

Attuazione dell'Art.11 della Legge 24 giugno 2009 n.77

MICROZONAZIONE SISMICA DI I° LIVELLO

Relazione Tecnica

Comune di Vaiano



Febbraio 2015

INDICE

1 Premessa.....	1
1.1 Gli elaborati dello studio di MS 1° livello.....	4
2 Selezione e delimitazione delle aree di indagine.....	4
3 Inquadramento geologico e geomorfologico del territorio comunale.....	5
3.1 Geologia.....	5
3.1.1 Stratigrafia.....	5
3.2 Geomorfologia.....	7
4 La raccolta dei dati geognostici.....	9
5 Le nuove indagini geofisiche.....	10
5.1 Le prove HVSR.....	10
5.2 Brevi cenni sulla tecnica HVSR.....	10
5.3 Attrezzatura.....	11
5.4 Elaborazione.....	12
5.5 Monografie misure HVSR.....	13
5.6 Le indagini di sismica a rifrazione.....	18
6 La carta Geologico-tecnica per la microzonazione sismica.....	19
7 La carta delle Frequenze fondamentali dei depositi.....	21
8 La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).....	23
8.1 La legenda della carta MOPS.....	24
8.1.1 Zone stabili.....	24
8.1.2 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.....	25
8.1.3 Zone suscettibili di instabilità.....	27
8.2 La carta MOPS del territorio comunale	28
8.2.1 Vaiano fondovalle.....	28
8.2.2 Schignano.....	29
8.2.3 Fornaci-Sofignano.....	29

Appendice 1: Schede tecniche delle singole misure HVSR

Appendice 2: Indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh

Appendice 3: Valutazione della qualità della carta MS livello 1

1. Premessa

Questo documento costituisce la relazione di sintesi dello studio di Microzonazione Sismica di primo livello elaborato su incarico del Comune di Vaiano che ha usufruito del finanziamento di cui all'Ordinanza CDPC n.52/13 essendo stata inserita nella graduatoria dei comuni ammissibili a finanziamento. Tutto il lavoro prodotto è stato archiviato secondo lo *Standard di Rappresentazione Grafica e Archiviazione Informatica - Versione 3.0* utilizzando il software SoftMS per l'archiviazione dei dati geognostici. Tutti i dati sono contenuti in un DVD allegato, comprese le cartografie in formato .pdf che non sono state stampate su carta.

Risulta ormai largamente riconosciuto che la microzonazione sismica (MS) è uno strumento molto utile per il governo del territorio, per la progettazione e per la pianificazione per l'emergenza ai fini della prevenzione sismica e della valutazione del rischio sismico.

Gli studi di microzonazione sismica hanno lo scopo di individuare e riconoscere, ad una scala sufficientemente di dettaglio (comunale o sub comunale), le condizioni geologiche locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (ampiezza dello scuotimento) fino a produrre deformazioni rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

I risultati dello studio di MS sono sintetizzati in una carta del territorio nella quale sono indicate:

- le **zone stabili**, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base (valori di accelerazione indicati negli allegati alle NTC 2008 – D.M. 14.01.2008);
- le **zone stabili suscettibili di amplificazione sismica**, dove il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche (presenza di coperture sedimentarie) e/o morfometriche del territorio (pendenze versanti, creste, valli strette, ecc.), anche sepolte;
- le **zone suscettibili di instabilità**, cioè suscettibili di attivazione/riattivazione di fenomeni di deformazione permanente del terreno indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiali, cedimenti differenziali, ecc.).

Il documento tecnico di riferimento per la realizzazione degli studi di MS è rappresentato dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (di seguito indicato con la sigla ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome opportunamente integrato dalle "Specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica" approvate con la delibera GR Toscana n.261/2011 e successivamente aggiornate con la delibera GRT n.971/2013.

Gli ICMS individuano tre livelli di approfondimento, con complessità ed impegno crescenti, in funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi degli studi di MS:

- **livello 1**, propedeutico ai successivi studi di MS, consiste in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e di informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Il prodotto finale è la carta delle "Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)";

- **livello 2**, con il quale si introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee (MOPS) mediante metodologie di analisi numerica di tipo semplificato (abachi regionalizzati, modellazione 1D, leggi empiriche) e l'esecuzione di ulteriori e più mirate indagini. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della "Carta di Microzonazione Sismica";
- **livello 3**, rappresenta il livello più approfondito che permette di giungere ad una microzonazione del territorio basata su metodologie analitiche di tipo quantitativo. L'elaborato conclusivo dello studio è la "Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti".

La normativa regionale della Toscana (D.P.G.R n.53R/2011 "Regolamento di attuazione dell'art.62 della L.R. n.51/2005 in materia di indagini geologiche") prevede, come supporto agli strumenti urbanistici, la redazione obbligatoria di uno studio di microzonazione di **livello 1 "pesante"**, dove ai contenuti dello studio di primo livello degli ICMS si aggiungono misure di microtremore (HVSR) realizzate in campagna per integrare l'informazione, sostanzialmente bibliografica, con una valutazione qualitativa delle frequenze fondamentali dei depositi sedimentari e delle amplificazioni attese del moto sismico, in modo da ottenere una informazione già di buona significatività per le attività di pianificazione.

Tabella 1 – indagini, analisi ed elaborati del livello 1 di MS (da del.GRT 971/2013)

LIVELLO 1	
INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell'area</u>: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi; • <u>Rilevamenti geologici di controllo sul terreno</u>; • <u>Nuove indagini</u>: Esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geotecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 1; • <u>Misura passive del rumore ambientale</u>, mediante tecnica a stazione singola;
ANALISI ED ELABORAZIONI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili</u>; • <u>Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici</u>.
PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Carta delle indagini</u> (sia esistenti che di nuova realizzazione); • <u>Carta geologico-technica per la microzonazione sismica</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000; • <u>Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000; • <u>Relazione tecnica illustrativa della carta MOPS</u>; • <u>Carta delle frequenze fondamentali dei depositi</u>.

Il principale elaborato a fini pianificatori previsto nel livello 1 pesante è la "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)", che individua differenti areali dove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e di indagini geofisiche, è probabile individuare l'occorrenza delle diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.).

Di particolare importanza a questo scopo risulta la ricostruzione del modello geologico-technico dell'area che dovrà focalizzarsi sulle "coperture" (depositi detritici, sedimenti sciolti, coltri di alterazione) e sulla individuazione dei litotipi che possono rappresentare il substrato rigido (ovvero quei litotipi caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S – convenzionalmente assunta superiore a 800 m/sec - significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti); in particolare dovrà essere realizzata una stima approssimativa della profondità del substrato rispetto al piano di campagna e del contrasto di impedenza sismica atteso all'interfaccia deposito/substrato.

Le finalità degli studi di MS di livello 1 sono quindi:

- individuare il modello geologico di sottosuolo preliminare;
- definire le tipologie di effetti attesi;
- individuare qualitativamente le aree che necessitano di approfondimenti.

L'individuazione delle microzone a diversa propensione di amplificazione della risposta sismica di base fornisce pertanto un supporto conoscitivo della pericolosità sismica locale che permette di orientare le scelte pianificatorie alla scala dello strumento urbanistico comunale e di definire in dettaglio la tipologia di indagini geologiche e geofisiche da realizzare a supporto degli interventi edilizi.

Infine la normativa regionale accoglie e impone la proposta del Gruppo di Lavoro MS (rapporto interno del Dipartimento Protezione Civile – 2011) per una valutazione del livello di qualità della carta MOPS, attraverso una procedura semi-quantitativa multiparametrica, nella quale vengono sommati gli apporti dei vari parametri delle conoscenze di base che contribuiscono alla costruzione della carta MOPS.

Tabella 2 - Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi (da Del. GRT n. 971/2013)

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000		> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo <i>et alii</i>)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Lunedi, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

La procedura di valutazione di qualità della cartografia è usata:

- in fase di predisposizione dello studio di MS di livello 1 dal soggetto realizzatore, al fine di poter valutare se il quadro conoscitivo desunto sia sufficiente per la redazione dello studio di MS di livello 1 o se al contrario debbano essere effettuati approfondimenti di indagine, anche in relazione

alla complessità geologico-tecnica dell'area;

– in fase di controllo sui risultati prodotti, da parte del soggetto validatore (ufficio del Genio Civile competente), come strumento di ausilio e supporto in fase istruttoria.

1.1. Gli elaborati dello studio di MS 1° livello

Come specificato nel programma delle attività per le indagini e gli studi di MS di livello 1 predisposto per il Comune di Vaiano gli elaborati prodotti sono sostanzialmente di tipo cartografico, accompagnati da una relazione tecnica illustrativa:

- a) carta delle indagini,
- b) carta geologica-tecnica per la microzonazione sismica,
- c) carta delle frequenze fondamentali dei depositi,
- d) carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS),
- e) relazione tecnica illustrativa (il presente documento).

Tutte le cartografie prodotte sono in scala 1:5.000.

I capitoli seguenti illustrano le modalità di redazione dei vari elaborati e le considerazioni da essi desumibili per lo specifico territorio comunale di Vaiano in modo da fornire anche gli elementi necessari alla realizzazione della carta della pericolosità sismica che, insieme a quella della pericolosità geologica e della pericolosità idraulica, costituisce lo scenario di riferimento per la redazione del Piano Strutturale e del Regolamento Urbanistico.

2. Selezione e delimitazione delle aree di indagine

La predisposizione degli studi di dettaglio di microzonazione sismica prevede preliminarmente l'individuazione degli areali entro i quali tali approfondimenti devono essere sviluppati; infatti lo studio MS non si estende a tutto il territorio comunale, ma unicamente alle zone urbanizzate o fortemente infrastrutturate.

I criteri per la delimitazione delle aree di indagine sono contenuti nel capitolo 1B1.2 "Criteri per la delimitazione delle aree per la realizzazione della cartografia geologica, geomorfologica, litologico-tecnica" delle Istruzioni tecniche del Programma VEL. Una volta individuate le aree, la delimitazione delle stesse viene effettuata secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS. Sostanzialmente questi criteri combinano aspetti morfologici, geologici e antropici di interesse ai fini della valutazione degli effetti locali.

I principali elementi antropici, in ordine di priorità, sui quali si è ulteriormente basata la delimitazione sono i seguenti:

1. numero degli abitanti delle frazioni;
2. edifici pubblici e strategici;
3. centri storici;
4. aree industriali;
5. aree urbane in espansione;
6. viabilità.

Applicando tali criteri al territorio vaianese, caratterizzato dalla presenza del capoluogo sul fondovalle e da un considerevole numero di frazioni minori posti lungo i versanti, sono stati individuati, in accordo con i tecnici della Regione Toscana del Coordinamento regionale prevenzione sismica e secondo le esigenze segnalate dall'Amm.ne Comunale, tre areali in cui risultassero contenuti tutti gli elementi morfologici, geologici e antropici più rilevanti. La prima zona comprende tutto il fondovalle del territorio comunale e le località poste ai piedi dei versanti, la

seconda zona interessa tutto l'abitato della località di Schignano, mentre la terza zona comprende le località di Fornaci e Sofignano oltre alle frazioni minori poste nelle vicinanze. Con gli stessi accordi sono stati definiti anche la tipologia ed il numero delle indagini geofisiche (misure HVSR e di sismica a rifrazione) necessarie per poter idoneamente sviluppare una cartografia MOPS di adeguato livello qualitativo.

3. Inquadramento geologico e geomorfologico del territorio comunale

Per meglio comprendere i capitoli che descrivono i risultati delle indagini di supporto alla redazione delle carte delle MOPS e le considerazioni, anche di natura interpretativa, sui comportamenti desumibili per le varie unità litologico-tecniche individuate, occorre procedere alla descrizione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche generali del territorio.

3.1. Geologia

La carta geologica utilizzata come base per questo lavoro, derivata dagli studi di supporto agli strumenti urbanistici del Comune, è stata costruita integrando anche alcuni dati della nuova cartografia geologica del Progetto CARG (sezioni 263020 e 263060) del foglio n.263 Prato. I dati contenuti sono quindi aggiornati alle ultime conoscenze acquisite sulle diverse formazioni geologiche ed i relativi rapporti stratigrafici.

3.1.1. Stratigrafia

Di seguito si riportano le descrizioni delle formazioni affioranti suddivise in base alle unità tettoniche di appartenenza; all'interno di ciascuna unità le formazioni sono riportate in successione cronologica.

DEPOSITI E COPERTURE QUATERNARIE

Depositi alluvionali attuali e recenti

Si tratta di un'alternanza di depositi ghiaiosi, sabbiosi, limosi e argillosi, ad andamento lenticolare, con frequenti eteropie laterali, talora con stratificazione incrociata, costituenti i sedimenti più recenti del fiume Bisenzio e dei suoi affluenti laterali.

Depositi alluvionali terrazzati

Si tratta di depositi alluvionali costituiti da ciottoli, sabbie e sabbie argillose, dovuti ad una successione alterna di erosione e sedimentazione ad opera dei corsi d'acqua principali. Si ritrovano quasi esclusivamente sui versanti della Val di Bisenzio.

Conoide alluvionale

Si tratta di una struttura morfologica derivante dall'accumulo di sedimenti fluviali allo sbocco degli affluenti nella valle principale del Bisenzio. In generale si tratta di accumuli detritici eterogenei nelle dimensioni degli elementi che variano dalle ghiaie alle sabbie e limi. In tutti i casi si tratta di forme non più attive.

Depositi eluviali

Questi depositi sono costituiti da materiali a granulometria fine, tipo limi e sabbie, con rari frammenti litoidi grossolani. Si originano prevalentemente dall'alterazione e dalla dissoluzione chimica delle formazioni litoidi che sciogliendosi subiscono un trasporto lungo il versante ed una rideposizione in zone poco acclivi.

Detrito di versante

Sono costituiti da frammenti litici eterometrici, frequentemente monogenici, con matrice sabbiosa o sabbioso-limosa in quantità variabile accumulati per effetto della gravità e del ruscellamento superficiale nelle porzioni meno acclivi dei versanti oppure ai piedi delle scarpate più ripide. Materiali più fini si accumulano, talvolta, sui ripiani o sui versanti a debole pendenza per alterazione in posto del substrato roccioso. In qualche caso tutte queste tipologie di accumuli possono presentare indizi di evoluzione gravitativa attuale o passata.

Riporti e rilevati

Costituiscono principalmente il tratto di rilevato ferroviario della linea Firenze-Bologna e sono costituiti da materiali eterogenei posti in opera con costipamento tipico della realizzazione di rilevati artificiali. In alcuni punti raggiungono spessori significativi anche superiori ai dieci metri

UNITA' TETTONICHE LIGURI

Unità tettonica Morello

Formazione di M. Morello (MLL)

Si tratta di una formazione torbiditica, costituita da prevalenti calcari e calcari marnosi in strati da medi a spessi (talvolta a base calcarenitica) a cui si intercalano strati da sottili a molto sottili di marne, argilliti calcaree ed argilliti; la formazione è inoltre caratterizzata dalla presenza di rare intercalazioni di calcareniti ed arenarie calcaree che diminuiscono di spessore salendo nella sequenza. Lo spessore massimo si aggira sui 700-800 m e l'età della formazione è compresa tra il Eocene inferiore - Eocene medio/superiore?.

Formazione di Sillano (SIL)

Si tratta di una formazione a dominante pelitica costituita da argilliti e siltiti, in genere fissili, di colore prevalentemente grigio scuro o nerastro (ma anche marrone, nocciola, ocre e verdastro) cui si intercalano strati di altra litologia. Tra questi litotipi predominano calcari e calcari marnosi a grana fine di colore grigio nocciola o giallastri, spesso silicei ed in genere fittamente interessati da vene e fratture. Subordinatamente si osservano calcareniti grigio scure con areniti e siltiti. Questa formazione, che rappresenta il deposito di materiale terrigeno in ambiente pelagico, mostra una deformazione pervasiva alla scala dell'affioramento tale da mascherare, nella maggior parte dei casi, l'originario ordine stratigrafico, visibile solo per spessori modesti e per estensioni laterali ridotte. Lo spessore geometrico può essere stimato intorno agli 800 metri; l'età è compresa tra il Cretaceo superiore e l'Eocene inferiore.

UNITÀ TETTONICHE TOSCANE

Unità di Cervarola-Falterona

Arenarie di M. Falterona – Membro di fosso delle valli (FAL5)

Marne di colore grigio verdastro con stratificazione sottile e non sempre evidente con rati e sottili intercalazioni di areniti sempre di colore verdastro.

Arenarie di M. Falterona – Membro di Lonano (FAL4)

Alternanza pelitico arenacea in strati gradati prevalentemente da sottili a medi. La granulometria delle areniti varia da fine a grossolana in funzione dello spessore degli strati. Rapporto A/P da $\ll 1$ a < 1 con tendenza ad aumentare verso il basso (Aquitaniense - Burdigaliano)

Arenarie di M. Falterona – Membro arenaceo pelitico (FAL2)

Torbiditi arenaceo pelitiche con arenarie in strati gradati prevalentemente da medi a grandi, talvolta alternati a peliti costituiti da siltiti e argilliti. Le arenite hanno grana da fine a grossolana in funzione dello spessore degli strati. Rapporto A/P da $a > 1$ con tendenza ad aumentare verso il basso (Chattiano? - Aquitaniano)

3.2. Geomorfologia

L'individuazione delle forme del terreno e l'attribuzione di esse ai vari processi morfogenetici è stata effettuata utilizzando i dati relativi alla Carta Geomorfologica di supporto al Piano Strutturale, datata Marzo 2009, aggiornandola, dove necessario, con le più recenti perimetrazioni e classificazioni della carta delle aree a pericolosità da frana del PAI, derivante dall'inventario dei fenomeni frano (IFFI), livello di dettaglio scala 1:10.000. Le perimetrazioni così ottenute sono state verificate mediante controlli di campagna per valutare direttamente quelle situazioni che apparivano di dubbia interpretazione.

La carta geomorfologica di supporto al P.S. individua e riconosce le varie forme fisiche prodotte dagli agenti morfogenetici naturali (tra i quali inseriamo anche l'attività antropica) come la gravità, lo scorrimento delle acque superficiali, la dissoluzione chimica, i rilevati, gli sbancamenti, ecc.

Lo studio delle caratteristiche geomorfologiche del territorio segue immediatamente quello litologico in quanto l'individuazione delle dinamiche attive e delle forme derivate da eventi passati è un indice della maggiore o minore stabilità e/o propensione al dissesto del terreno; la possibilità di verificarsi di determinati fenomeni è legata soprattutto alle caratteristiche litotecniche dei terreni e alla pendenza dei versanti.

Le forme dovute agli agenti morfogenetici sono state, quindi, raggruppate secondo i seguenti temi:

- 1) processi fluviali dovuti all'azione delle acque correnti superficiali che producono forme di erosione e forme di accumulo
- 2) processi sui versanti dovuti all'azione della gravità che producono forme di denudazione e forme di accumulo
- 3) processi carsici dovuti all'azione chimica delle acque che producono esclusivamente forme di erosione
- 4) processi poligenici dovuti all'azione concomitante di più agenti morfogenetici
- 5) attività antropica quali i rilevati delle infrastrutture viarie, gli sbarramenti dei laghetti collinari, l'estrazione di materiale lapideo ecc.

Processi fluviali

Le forme dovute all'erosione delle acque superficiali risultano diffuse su tutti i rilievi e talora sono più o meno estese in base alla litologia, alla pendenza ed alla copertura vegetazionale presente. E' ben evidente, infatti come sui depositi detritici di versante i corsi d'acqua risultino in forte incisione e, in qualche caso, tale azione modellatrice produca uno scalzamento al piede degli stessi accumuli tale da innescare un movimento gravitativo verso il fondovalle. Questa situazione è ben evidente, per esempio, nel tratto terminale del Rio della Nosa e del Rio del Castagnolo.

L'alto potere erosivo delle acque permette anche lo sviluppo di profonde incisioni e forre laddove sono affioranti litotipi facilmente erodibili quali i depositi detritici e i terreni argillitici. Queste forme sono osservabili nei numerosi fossi localizzati sul versante tra Schignano ed il Fiume Bisenzio, lungo il Fosso di Popigliano e lungo il Rio di Castagnolo.

Tra le forme di accumulo i depositi fluviali, terrazzati e non, risultano sviluppati quasi esclusivamente lungo il corso del Bisenzio, per lo più in forma relitta. In alcuni casi gli affluenti laterali del Bisenzio hanno prodotto dei piccoli conoidi di deiezione ancora rilevabili per la forma debolmente rilevata rispetto al fondovalle principale.

Processi sui versanti

Le fenomenologie legate all'azione della gravità risultano disseminate sul territorio secondo uno "schema" che trova stretta relazione con l'andamento delle pendenze e con i tipi litologici del substrato.

Infatti i fenomeni legati all'azione della gravità in senso lato, ovvero quelli attivi (frane), quelli quiescenti (paleofrane) e quelli ormai mascherati da successivi rimodellamenti (corpi detritici), pur essendo osservabili un po' in tutto il territorio collinare e montano risultano concentrati in talune aree ben definite.

Come esempio delle relazioni esistenti tra situazione di pericolosità potenziale e di rischio reale si può riportare il versante di Popigliano che è interessato, presumibilmente, da un movimento attivo, anche se lento, che interessa vecchi accumuli detritici dovuti, principalmente, a delle paleofrane (la delimitazione dell'area in frana riportata in cartografia deriva dai risultati di uno specifico studio geologico-tecnico, elaborato dal sottoscritto nel luglio del 2000 per conto del Comune di Vaiano). Tali accumuli tendono a rimobilizzarsi non solo sotto l'azione della gravità ma anche a causa dell'infiltrazione delle acque superficiali all'interno del corpo detritico, favorita anche dal recente sviluppo dell'urbanizzazione.

In queste condizioni è evidente come da una parte sia opportuno intervenire sul corpo attivo della frana e dall'altra adottare tutti gli interventi possibili per la riduzione dell'infiltrazione delle acque superficiali che tendono a rimobilizzare le masse detritiche alla naturale ricerca di un nuovo profilo di equilibrio.

Processi carsici

Le fenomenologie carsiche dovute alla dissoluzione chimica della roccia calcarea da parte delle acque meteoriche sono tipiche delle zone di affioramento della Formazione dell'"Alberese". Nel territorio di Vaiano tale formazione affiora estesamente in sinistra idrografica del Bisenzio ed in minor misura sul versante opposto; complessivamente l'area di affioramento è valutabile intorno ai 14,5 km². Le forme carsiche risultano evidenti prevalentemente sul lato sinistro in corrispondenza della dorsale dei Monti della Calvana; qui sono ben visibili, nelle aree sommitali semipianeggianti, le tipiche doline prodotte dal ristagno delle acque meteoriche nelle aree morfologicamente più depresse e pianeggianti. Sempre sulla Calvana si rilevano, inoltre, numerose grotte alcune delle quali sono ispezionabili e inserite nei percorsi del CAI.

Processi poligenici

Alcune forme particolari possono essere attribuite a vari fattori morfogenetici che hanno agito in combinazione tra di loro. In particolare sono state osservate numerose scarpate lungo i versanti che possono essere attribuite a due o più dei seguenti fattori: differenze litologiche, presenza di lineamenti tettonici (fratture, faglie), fenomeni gravitativi ed erosione, variazione del livello di base dei corsi d'acqua.

Tali scarpate si presentano nette o smussate e perciò la variazione di pendenza del versante può risultare più o meno repentina, ma comunque ben evidente; a monte di queste forme generalmente si osservano tratti di versante a debole pendenza o semispianati.

Forme antropiche

Sul fondovalle del Bisenzio si rileva la presenza di rilevati ferroviari e stradali che possono costituire, in alcuni casi, uno sbarramento al naturale deflusso delle acque superficiali, specialmente quando queste vengono incanalate e intubate all'altezza dei margini delle aree

urbanizzate.

Altre forme artificiali sono riconoscibili negli sbarramenti in terra per la realizzazione dei piccoli invasi artificiali utilizzati esclusivamente a scopo irriguo.

Le cave presenti sul territorio risultano dismesse e sono localizzate in due areali; il primo è posto immediatamente a monte dell'abitato di Schignano dove sono presenti vecchi luoghi di estrazione per l'utilizzo di materiale lapideo di tipo arenaceo. Il secondo è localizzato sulla Calvana, in Loc. Rimaggio, dove in una estensione di pochi ettari veniva estratta la roccia calcarea. Attualmente entrambi i luoghi sono lasciati alla rivegetazione naturale spontanea.

L'ultima forma antropica ben individuabile è la discarica del Pozzino, posta sul versante sinistro del Bisenzio, che è stata di recente bonificata. In questo impianto venivano smaltiti i rifiuti solidi urbani.

4. La raccolta dei dati geognostici

La raccolta dei dati esistenti è consistita nel reperimento presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico comunale delle indagini geognostiche realizzate su tutto il territorio a supporto alle pratiche edilizie in un arco temporale compreso tra il 2000 e il 2014, quelle relative agli anni precedenti erano già state archiviate nel database delle indagini del Comune di Vaiano come corredo agli strumenti urbanistici esistenti. Tra le indagini esistenti, sono state recuperate anche due prove sismiche in foro tipo Down-Hole e quattro stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e Sh, eseguiti nell'ambito del progetto della Regione Toscana per l'adeguamento sismico degli edifici scolastici. Per i pozzi profondi si è consultato la banca dati dell'Istituto ISPRA, rilevando 12 stratigrafie significative all'interno delle aree d'indagine. Nella successiva tabella sono riportati, per le sole aree di approfondimento dello studio di microzonazione sismica, il numero di indagini geognostiche e geofisiche presenti e di quelle che hanno raggiunto il substrato.

Come si può notare le indagini prevalenti sono rappresentate dai sondaggi a carotaggio continuo che forniscono di per sé valide informazioni ai fini della MS.

L'integrazione delle informazioni mediante la realizzazione di trentasei misure di microtremore e tre stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e Sh, ha permesso di arrivare ad un quadro informativo di base sufficientemente adeguato alla predisposizione delle carte MOPS, come testimoniato dalle valutazioni di qualità riportate nel successivo capitolo 8 che riporta la verifica di qualità prevista dalla "procedura semiquantitativa" delle Specifiche tecniche regionali per la microzonazione sismica allegata alla Del. GRT. n.971/2013.

Tabella 3 – Dati geognostici e geofisici disponibili per l'area di approfondimento dello studio di MS, con individuazione di quelli che hanno raggiunto il substrato

	tipo indagine	numero indagine	numero substrato
area studio di microzonazione sismica	prova penetrometrica dinamica pesante	17	
	sondaggio a carotaggio continuo	43	29
	prova sismica in foro tipo Down-Hole	2	2
	misura di frequenza HVSR	36	36
	profilo sismico a rifrazione con onde P	26	26
	profilo sismico a rifrazione con onde P e SH	7	7
	MASW	1	1
	pozzo con stratigrafia e profondità superiore a 30 m riportato nel database ISPRA	12	12

L'insieme di tutte le indagini geognostiche raccolte, sia quelle pregresse che di nuova realizzazione, sono state riportate nello specifico elaborato cartografico “*Carta delle Indagini*”, redatto in scala 1:5000 su due quadranti (Nord e Sud).

5. Le nuove indagini geofisiche

Il quadro delle prove esistenti, raccolte dalla documentazione disponibile presso il comune di Vaiano, ha permesso di individuare alcune lacune informative da colmare attraverso la predisposizione di indagini geofisiche aggiuntive.

In particolare, di concerto con i tecnici della Regione Toscana, è stata prevista l'esecuzione di 37 prove HVSR, da distribuire in maniera uniforme all'interno delle tre aree d'indagine, e di 3 linee di sismica a rifrazione con onde P e Sh, di cui due della lunghezza di 120 metri e una di 96 metri, eseguite in corrispondenza dei principali centri abitati posti lungo il fondovalle.

5.1. Le prove HVSR

Come già ricordato, la normativa della Regione Toscana prescrive già al livello 1 della MS la elaborazione di misure di microtremore a stazione singola; infatti questi rilievi strumentali in campagna permettono di ottenere, già a questa scala di approfondimento, dati quali-quantitativi per l'individuazione di possibili fenomeni di amplificazione della sollecitazione sismica e una misura della frequenza fondamentale di vibrazione dei depositi (che costituisce una indicazione di particolare importanza per la valutazioni di possibili fenomeni di risonanza dei manufatti e quindi della necessità di assumere particolari accorgimenti progettuali o escludere particolari tipologie costruttive in zone particolari).

La campagna di misure strumentali è stata realizzata distribuendo i punti di indagine in modo uniforme, tenendo conto della distribuzione di tutte le indagini geognostiche disponibili e delle condizioni di pericolosità geologica del sito.

5.2. Brevi cenni sulla tecnica HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticali del rumore sismico ambientale misurato nelle tre direzioni ortogonali del moto. Le *frequenze di risonanza naturali* corrispondono ai massimi della curva dei rapporti spettrali in funzione della frequenza. L'ampiezza di questi massimi è qualitativamente proporzionale all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura.

Considerazioni quali-quantitative, derivanti da valori mediamente osservati, permettono di poter assumere che la frequenza di risonanza f_0 di una copertura sedimentaria di spessore H sovrapposta a un basamento rigido e in condizioni di stratificazione piana è data dal rapporto fra la velocità media delle onde S nel sedimento (V_s) e 4 volte lo spessore H, (cioè $f_0 = V_s/4H$); è quindi possibile risalire dalla frequenza di risonanza misurata all'ordine di grandezza dello spessore H della copertura una volta nota la velocità delle onde di taglio (V_s) o, viceversa, a quest'ultima se lo spessore H è noto.

La misura della funzione H/V richiede l'acquisizione del rumore sismico ambientale in un singolo punto per tempi dell'ordine di diverse decine di minuti, allo scopo di garantire la misura del campo di rumore generato da una molteplicità di sorgenti dalle diverse direzioni dello spazio. La misura viene effettuata utilizzando un sistema di acquisizione tri-direzionale caratterizzato da sufficiente sensibilità. I dati raccolti sono quindi analizzati per determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sul piano orizzontale e verticale.

Sono anche stati sviluppati specifici test statistici per valutare l'adeguatezza delle condizioni sperimentali alle richieste del metodo (Sesame, 2002) ai quali si aggiungono ulteriori criteri "fisici" (D.Albarello e S.Castellaro: *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola* – Ingegneria Sismica n.2/2011) per giungere ad una classificazione delle misure utile a fornire una indicazione immediata circa la qualità della singola misura H/V effettuata, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati. Tale classificazione costituisce non tanto un elemento per scartare misure che non raggiungono requisiti ritenuti adeguati, quanto un "warning" per avvisare l'operatore sulla necessità di approfondire, attraverso correlazioni con altre misure (sia dirette sia indirette) e una visione di area più ampia, il risultato della singola prova.

L'interpretazione delle curve H/V risulta agevole in condizioni di stratificazione piano parallela e in presenza di contrasti di impedenza significativi alla base dello strato sedimentario. Il progressivo allontanamento da queste condizioni rende sempre più problematico l'utilizzo dei dati H/V per caratterizzare il sottosuolo a partire da *modelli interpretativi semplici* (da cui l'ausilio dei "warning" della classificazione di qualità delle misure); pertanto entrano in gioco *criteri interpretativi* che cercano di mettere a sistema tutte le informazioni geologiche dirette ed indirette disponibili per lo specifico luogo in esame.

Le misure HVSR ai fini della MS di livello 1 si prestano a due ordini di interpretazioni:

- *qualitativo* – l'insieme dei dati ottenuti permette di identificare le aree dove esistono fenomeni di risonanza sismica nel campo delle frequenze di interesse ingegneristico (0.5-10 Hz – cioè il range di frequenze di risonanza di edifici e manufatti);
- *semi-qualitativo* – alle misure sono associate stime grossolane sia dello spessore delle coperture responsabili del fenomeno della risonanza, sia dell'entità del contrasto di impedenza responsabile degli effetti osservati; questo tipo di risultato non sostituisce un'analisi di dettaglio, ma ha lo scopo (sotto stretto controllo geologico) di fornire indicazioni preliminari sulla struttura di sottosuolo e dare indicazioni per orientare le indagini successive di approfondimento.

Tabella 4 – Abachi preliminari per una stima semi-qualitativa dello spessore coperture (a) e dell'entità del contrasto sismico (b)

a)

f_0 (Hz)	h (m)	
< 1	> 100	Centinaia di metri
1 – 2	50 – 100	
2 – 3	30 – 50	
3 – 5	20 – 30	Decine di metri
5 – 8	10 – 20	
8 – 20	5 – 10	
> 20	< 5	Qualche metro

H/V >3 Alto contrasto

2<H/V<3 Basso Contrasto

b)

f_0 (Hz)	h (m)	
< 1	> 100	Centinaia di metri
1 – 2	50 – 100	
2 – 3	30 – 50	
3 – 5	20 – 30	Decine di metri
5 – 8	10 – 20	
8 – 20	5 – 10	
> 20	< 5	Qualche metro

H/V >3 Alto contrasto

2<H/V<3 Basso Contrasto

5.3. Attrezzatura

Per l'effettuazione delle prove HVSR eseguite per questo studio si è utilizzato uno strumento con le seguenti caratteristiche:

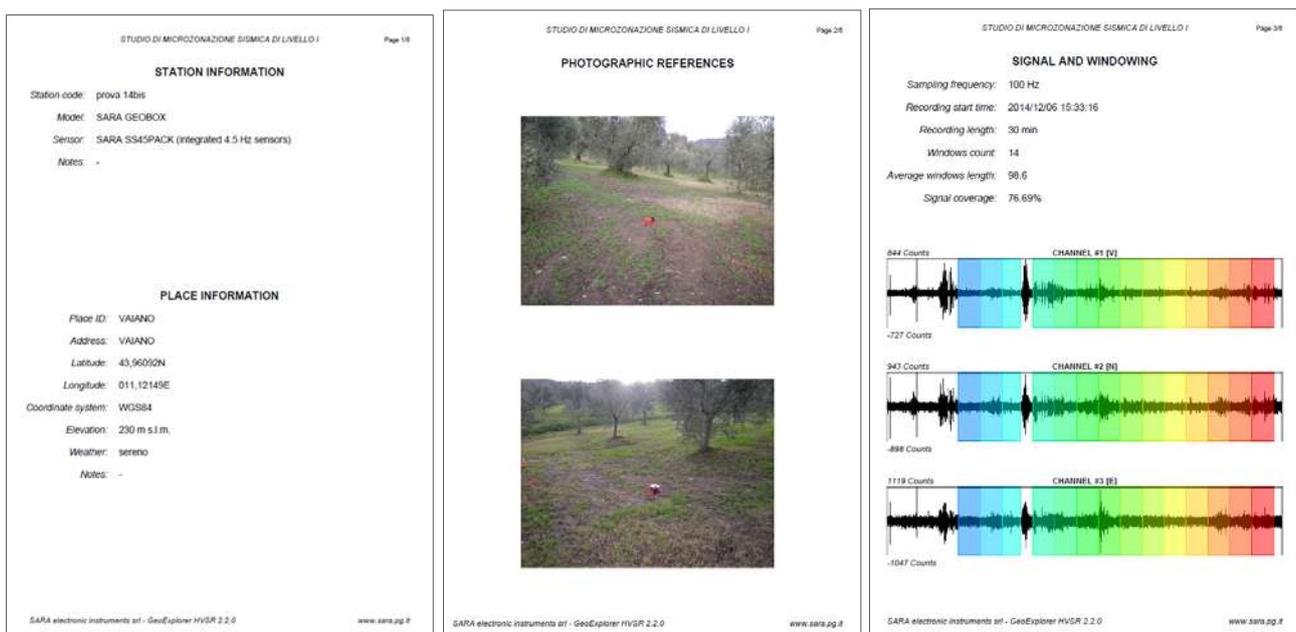
- Sismografo SR04S3 GeoBox della ditta Sara Electronic Instruments di Perugia, equipaggiato con tre velocimetri con frequenza 4,5Hz.

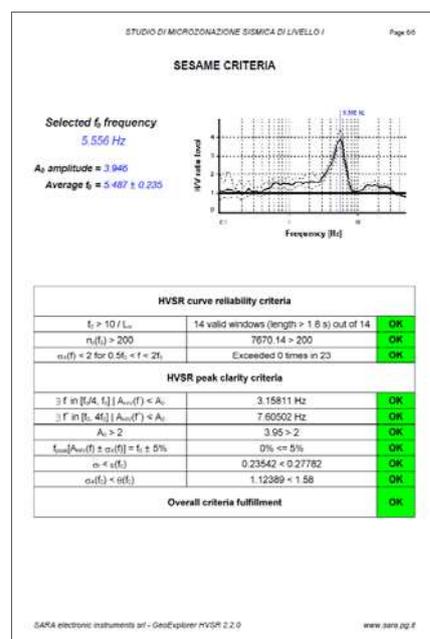
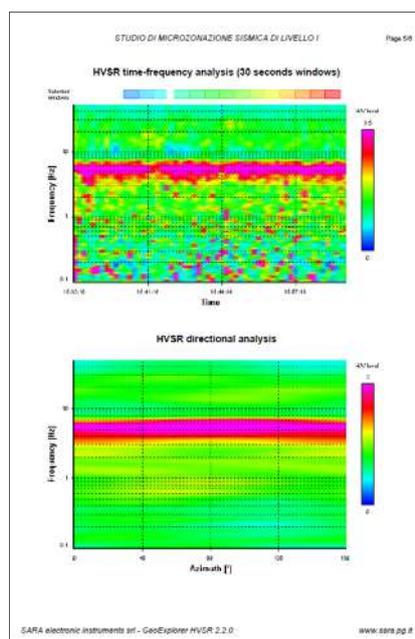
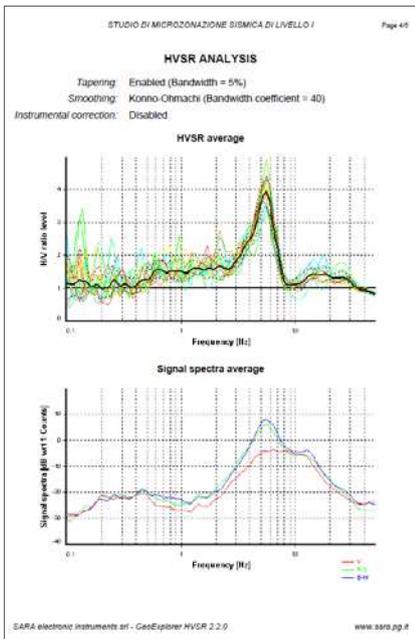
- Alimentazione: 10-16Vdc o da batteria interna < 1W
- Numero canali: 3 a 24 bit ($\Sigma\Delta$)
- Range dinamico: 124dB (144dB, 24 bit effettivi [enob], fra 0.1 e 10Hz)
- Campionamento: simultaneo sui tre canali
- Sampling rates: da 10-600 Hz
- Real Time Clock: +/-10ppm (-20/+50°C)
- Precisione rispetto a UTC: <50 μ s
- Formato dati: protocollo binario SADC20HS
- Velocità: 115200 baud

5.4. Elaborazione

Le elaborazioni delle registrazioni effettuate sono state eseguite con il software *GeoExplorerHVSR* della ditta Sara Electronic Instruments di Perugia. Questo software permette la verifica della rispondenza ai criteri statistici definiti dal progetto Sesame in merito alla affidabilità della registrazione, opportunamente completati con i criteri definiti da Albarello-Castellaro 2011, fornendo una serie di uscite grafiche che vengono riportate nelle schede relative a ciascuna misura effettuata (in Appendice 1). L'elaborazione dei dati prevede che per ciascuna misura vengano individuati i picchi di H/V significativi da analizzare singolarmente per rilevarne la significatività anche in chiave di qualità della misura. Le schede di output di ciascuna misura (figura 1) riportano le informazioni "di campagna" del sito oggetto di indagine, le principali assunzioni adottate per l'analisi delle registrazioni e quindi i risultati "grafici" dell'elaborazione e la verifica del soddisfacimento dei criteri per giungere all'attribuzione della classe di qualità della misura. Dove siano presenti più picchi, l'elaborazione prevede una prima scansione della registrazione su tutto il range di frequenze significative comprese fra 0.2 Hz e 50 Hz (sempre allegata al fine di rendersi conto della forma del grafico H/V), quindi una successiva scansione con range di frequenze campionate più ristretto (intorno al picco relativo) per evidenziare le caratteristiche dello specifico picco di interesse e valutare la qualità della misura in quello specifico range.

figura 1 – schede di output dell'elaborazione misure HVSR





5.5. Monografie misure HVSr

In questo paragrafo si discutono sinteticamente gli aspetti significativi, le considerazioni e le valutazioni che emergono dall'esame delle misure effettuate nell'area interessata dall'indagine di MS.

La visione d'insieme permette di inquadrare correttamente ciascuna singola misura nel contesto più ampio e quindi con il contributo di una interpretazione svolta su più punti e con più riferimenti connessi alle stratigrafie delle indagini dirette disponibili.

Le considerazioni sono di carattere "stratigrafico", inquadrando le risposte delle prove con le conoscenze geologiche disponibili (individuazione di modeste coperture e zone di detensionamento superficiale per alterazione), ma divengono sostanziali, dal punto di vista "ingegneristico", là dove i picchi di risonanza rientrano nel range di frequenze di vibrazione di edifici e manufatti (0.5-10 Hz) per le implicazioni dirette che possono avere con fenomeni di risonanza delle strutture.

prova 1: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente intorno a 13,673 Hz con contrasto di impedenza basso ($A_0=2.208$); in accordo con le evidenze di superficie e dei dati diretti disponibili, il picco individuato può essere riconducibile al passaggio, posto entro 5,0 m di profondità, tra la copertura di detrito di versante e il substrato litoide costituito dalle Arenarie del M. Falterona (Membro di Lonano).

prova 2: misura di classe B (affidabile considerando il contesto), massimo risonante evidente intorno a 3,158 Hz con contrasto di impedenza basso ($A_0=2.394$); in accordo con le evidenze di superficie, il picco individuato può essere riconducibile al passaggio, posto ad una profondità compresa tra 10 e 30 m, tra la copertura di detrito di versante e il substrato litoide costituito dalle Arenarie del M. Falterona (Membro di Lonano).

prova 3: misura affidabile (classe A) massimo risonante evidente intorno a 4,901 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3,029$); come per la prova 2, il picco individuato può essere riconducibile al passaggio, posto ad una profondità compresa tra 10 e 30 m di profondità, tra la copertura di detrito di versante e il substrato litoide costituito dalle Arenarie del M. Falterona (Membro di Lonano).

prova 4: misura di classe C (affidabile considerando il contesto), con massimo risonante intorno a

12,566 Hz con basso contrasto d'impedenza basso ($A_0=1,803$), da considerarsi piatta perché la misura è stata eseguita in una zona in cui il substrato geologico risulta sub-affiorante (Arenarie del M. Falterona - Membro di Lonano).

prova 5: misura affidabile (classe A) massimo risonante evidente intorno a 4,901 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=2,929$); questa misura risulta ben correlabile con la prova 3 e come per questa, il picco individuato può essere riconducibile al passaggio, posto ad una profondità compresa tra 10 e 30 m di profondità, tra la copertura di detrito di versante e il substrato litoide costituito dalle Arenarie del M. Falterona (Membro di Lonano).

prova 6: misura di classe C (affidabile considerando il contesto), con massimo risonante a 50 Hz con basso contrasto d'impedenza basso ($A_0=2,474$), da considerarsi piatta perché la misura è stata eseguita su substrato affiorante costituito dalla Formazione di Sillano.

prove 7: misura di classe B (affidabile considerando il contesto), massimo risonante poco evidente intorno a 4,323 Hz con un basso contrasto d'impedenza ($A_0=2,022$); da considerarsi piatta perché nelle immediate vicinanze del punto di misura affiora il substrato litoide costituito dalla Formazione di Sillano.

prova 8ter: misura affidabile (classe A) massimo risonante evidente intorno a 8,098 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3,687$); il picco individuato può essere riconducibile al passaggio, posto entro una decina di metri di profondità, tra la copertura di detrito di versante e il substrato litoide costituito dalla Formazione di Sillano.

prova 9: misura di classe C (affidabile considerando il contesto), con massimo risonante a 1,157 Hz con basso contrasto d'impedenza basso ($A_0=2,395$), da considerarsi piatta perché la misura è stata eseguita in una zona in cui il substrato geologico, costituito dalla Formazione di Sillano, risulta sub-affiorante.

prova 10: misura di classe B (affidabile considerando il contesto), massimo risonante intorno a 8,293 Hz con contrasto di impedenza basso ($A_0=2.616$); il picco individuato può essere riconducibile al passaggio, posto ad una profondità compresa entro 10 m, tra i depositi alluvionali di fondovalle e il substrato litoide costituito dalle Arenarie del M. Falterona (Membro arenaceo pelitico).

prova 11: misura di classe C (affidabile considerando il contesto), con massimo risonante a 6,30 Hz con basso contrasto d'impedenza basso ($A_0=2,202$), da considerarsi piatta perché la misura è stata eseguita in una zona in cui il substrato geologico, costituito dalla Formazione di Sillano, risulta sub-affiorante.

prova 12: misura di classe B (affidabile considerando il contesto), massimo risonante intorno a 4,06 Hz con contrasto di impedenza basso ($A_0=2.485$); il picco individuato può essere riconducibile al passaggio, posto entro una decina di metri di profondità, tra la copertura di detrito di versante e il substrato litoide costituito dalla Formazione di Sillano.

prove 13: misura di classe B (affidabile considerando il contesto), massimo risonante intorno a 15,17 Hz con contrasto di impedenza basso ($A_0=2.506$); in accordo con i risultati della indagine geofisica di sismica a rifrazione (ST5) eseguita nella stessa area, la prova appare confermare la presenza nell'area di una copertura di depositi alluvionali sostanzialmente omogenea, di spessore compreso tra 5 m e 10 m, che poggia sul substrato litoide rappresentato dai calcari e calcari marnosi della Formazione di M. Morello. La prova individua un secondo picco a frequenze più basse (2,265 Hz) caratterizzato da un basso contrasto d'impedenza ($A_0=2.121$) riconducibile ad una soluzione di continuità all'interno del substrato litoide posta entro 30 m di profondità.

prove 14bis: misura affidabile (classe A) massimo risonante ben evidente intorno a 5,556 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3,946$); il picco individuato può essere riconducibile al passaggio,

posto ad una profondità compresa tra 10 e 30 m di profondità, tra la copertura di detrito di versante e il substrato litoide costituito presumibilmente dalla Formazione di Sillano.

prove 15: misura affidabile (classe A), con picco risonante ben evidente intorno a 2,966 Hz con un alto contrasto d'impedenza alto ($A_0=3,05$); la misura evidenzia la presenza di una copertura omogenea costituita da detrito di versante, di spessore compreso entro 30 m, posta al di sopra del substrato litoide che presumibilmente può essere rappresentato dalla Formazione di Sillano.

prove 16: misura affidabile (classe A) massimo risonante ben evidente intorno a 1,583 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3,226$); il picco può essere riconducibile alla superficie di sovrascorrimento, posta ad una profondità superiore a 30 m, tra la Formazione di Sillano, sub-affiorante nell'intorno della misura, e i calcari e calcari marnosi della Formazione del M. Morello.

prova 17: misura affidabile (classe A), con picco risonante ben evidente intorno a 2,966 Hz con un alto contrasto d'impedenza alto ($A_0=3,982$); in accordo con la prova 15, la misura evidenzia la presenza di una copertura omogenea costituita da detrito di versante, di spessore compreso entro 30 m, posta al di sopra del substrato litoide che presumibilmente può essere rappresentato dalla Formazione di Sillano.

prova 19: misura affidabile (classe A), con picco risonante intorno a 5,916 Hz con un alto contrasto d'impedenza alto ($A_0=3,175$); la misura evidenzia la presenza di una copertura omogenea costituita da detrito di versante, di spessore superiore a 10 m, posta al di sopra del substrato litoide che presumibilmente può essere rappresentato dalla Formazione di M. Morello.

prove 20: misura di classe B2 (affidabile considerando il contesto), massimo risonante ad alte frequenze intorno a 14,247 Hz con contrasto di impedenza basso ($A_0=2,055$); la prova è da considerarsi piatta perché la misura è stata eseguita in una zona in cui il substrato geologico, costituito dalla Formazione di M. Morello, risulta sub-affiorante.

prova 21bis: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente intorno a 7,14 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=4,910$); la prova rileva la presenza di una copertura di depositi alluvionali sostanzialmente omogenea (non sono presenti picchi secondari), di spessore compreso tra 5 e 10 m, che poggia su di un substrato rigido rappresentato dai calcari e calcari marnosi della Formazione di M. Morello.

prova 22bis: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente intorno a 2,457 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3,117$); la prova rileva la presenza di una copertura di detrito di versante sostanzialmente omogenea (non sono presenti picchi secondari), di spessore superiore a 30 m, che poggia sul substrato litoide rappresentato presumibilmente dalla Formazione di Sillano.

prove 23: misura affidabile (classe A), massimo risonante ben evidente a 3,158 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3,878$); la prova rileva la presenza di una ridotta copertura di detrito di versante sostanzialmente omogenea (non sono presenti picchi secondari rilevanti a più alte frequenze), di spessore compreso tra 10 m e 30 m, che poggia sul substrato litoide rappresentato dai calcari e calcari marnosi della Formazione di M. Morello.

prova 24: misura affidabile (classe A), massimo risonante ad alte frequenze intorno a 16,153 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3,972$); la prova rileva la presenza di una copertura di detrito di versante, di spessore compreso entro 10 m, che poggia sul substrato litoide rappresentato dalla Formazione di Sillano.

prova 25: misura affidabile (classe A), massimo risonante ben evidente intorno a 8,098 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=5,001$); il picco è riconducibile al passaggio, posto entro 10 m di profondità, tra la copertura di depositi alluvionali, sostanzialmente omogenea, ed il substrato litoide costituito dalla Formazione di Sillano.

prova 26: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente intorno a 3,581 Hz con

contrasto di impedenza basso ($A_0=2,661$); il picco è riconducibile al passaggio, posto entro 30 m di profondità, tra la copertura di detrito di versante, sostanzialmente omogenea, ed il substrato litoide costituito dai calcari e calcari marnosi della Formazione di M. Morello.

prova 27ter: misura di classe B (affidabile considerando il contesto), massimo risonante intorno a 9,181 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3,126$); in accordo con le evidenze di campagna la prova conferma la presenza nell'area di una copertura sostanzialmente omogenea (non sono presenti picchi secondari a frequenze più alte) di detrito di versante, caratterizzato da uno spessore non superiore a 10 m, che poggia sul substrato litoide rappresentato dai calcari e calcari marnosi della Formazione di M. Morello.

prova 28: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente intorno a 8,098 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3,225$); il picco è riconducibile al passaggio, posto ad una profondità compresa tra 10 m e 30 m, tra la copertura di detrito di versante, sostanzialmente omogenea, ed il substrato litoide costituito dai calcari e calcari marnosi della Formazione di M. Morello.

prova 29: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente intorno a 20.763 Hz con contrasto di impedenza basso ($A_0=2.715$); il picco è riconducibile al passaggio, posto ad una profondità compresa entro 10 m, tra i depositi alluvionali più superficiali ed il substrato litoide costituito dai calcari e calcari marnosi della Formazione di M. Morello.

prova 30: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente intorno a 1,487 Hz con contrasto di impedenza basso ($A_0=2.220$); il picco può essere riconducibile alla superficie di sovrascorrimento, posta ad una profondità superiore a 30 m, tra la Formazione di Sillano, sub-affiorante nell'intorno della misura, e i calcari e calcari marnosi della Formazione del M. Morello.

prova 31: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente intorno a 5.916 Hz con contrasto di impedenza basso ($A_0=2.934$); data la presenza in corrispondenza del punto di misura di una faglia con cinematisma non definito, si ritiene plausibile che il picco individuato sia riconducibile al contatto tettonico, posto entro una decina di metri di profondità, tra la Formazione di Sillano e la Formazione di M. Morello. Questa interpretazione giustificherebbe anche la marcata direzionalità del segnale causata dall'effetto 2D connesso alla morfologia della superficie di contatto.

prova 32: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente alle alte frequenze intorno a 32.221 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3.021$); il picco è riconducibile al passaggio, posto ad una profondità inferiore a 5 m, tra la copertura di detrito di versante, sostanzialmente omogenea, ed il substrato litoide costituito dai calcari e calcari marnosi della Formazione di M. Morello.

prova 33bis: misura affidabile (classe A), massimo risonante intorno a 2.307 Hz con contrasto di impedenza basso ($A_0=2.820$); poiché il substrato litoide, costituito presumibilmente dalla Formazione di Sillano, risulta affiorante nelle immediate vicinanze del punto di misura e che indagini vicine rilevano uno spessore di detrito di versante inferiore a 10 m, si ritiene che il picco individuato possa essere riconducibile alla superficie di sovrascorrimento, posta ad una profondità superiore a 30 m, tra la la Formazione di Sillano e la Formazione di M. Morello.

prova 34bis: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente intorno a 8,098 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3.605$); il picco è riconducibile al passaggio, posto ad una profondità compresa entro 10 m, tra la copertura di detrito di versante, sostanzialmente omogenea, ed il substrato litoide costituito dalla Formazione di Sillano.

prova 35: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente intorno a 7,605 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=3.323$); come per la prova 34bis, il picco individuato è

riconducibile al passaggio, posto ad una profondità compresa entro 10 m, tra la copertura di detrito di versante, sostanzialmente omogenea, ed il substrato litoide che in questo caso però risulta costituito dai calcari e calcari marnosi della Formazione di M. Morello.

prova 36ter: misura affidabile (classe A), massimo risonante evidente intorno a 6,30 Hz con contrasto di impedenza basso ($A_0=2.681$); questa misura risulta bene confrontabile con la prova 35 infatti, anche in questo caso, il picco individuato è riconducibile al passaggio, posto ad una profondità compresa entro 10 m, tra la copertura di detrito di versante ed il substrato litoide costituito dai calcari e calcari marnosi della Formazione di M. Morello.

prova 37: misura affidabile (classe A), massimo risonante intorno a 11,083 Hz con contrasto di impedenza alto ($A_0=4.817$); il picco individuato può essere riconducibile al passaggio, posto ad una profondità compresa entro 10 m, tra i depositi alluvionali di fondovalle e il substrato litoide costituito dalle Arenarie del M. Falterona (Membro arenaceo pelitico).

Assunzioni generali: l'acquisizione e l'elaborazione delle prove di microtremore eseguite si è presentata subito abbastanza complessa, poiché tutta la valle presenta un diffuso rumore di fondo non isolabile, dovuto molto probabilmente alla presenza della ferrovia e della relativa stazione, di molti e dimensionalmente significativi siti industriali con macchinari attivi h24 e 7 giorni su 7, di una morfologia molto incisa della valle che genera tutta una serie di "echi 2-3 D" che ripetono/moltiplicano i disturbi antropici scalandoli sul campo delle frequenze.

In alcuni casi si è ripetuto la prova sia di notte che durante il fine settimana per cercare di ridurre i disturbi antropici (le prove denominate bis o ter); purtroppo la risposta non è stata quella attesa e, addirittura, in taluni casi il segnale è risultato ancora più disturbato. In un unico caso (prova 18), in cui era stato previsto di eseguire la misura all'interno della zona industriale di Vaiano, dopo aver ripetuto la prova varie volte, allungando anche la registrazione fino a 45 minuti, si è deciso di eliminarla riducendo il numero totale di prove a 36.

Il disturbo del vento non sembrerebbe essere stato un elemento significativo; in genere le misure sono state fatte con vento debole o assente e anche dove si presentava a raffiche il transiente della raffica non apportava significative perturbazioni al "fondo" già molto rumoroso.

Infine la "localizzazione" del punto di misura è stata variata rispetto a quella concordata con i tecnici della Regione, restando comunque sempre vincolata dalla particolarmente scarsa accessibilità del territorio (recinzioni diffusissime).

Verificato che i disturbi non erano legati ai transienti facilmente osservabili sulle registrazioni e che le frequenze di disturbo erano distribuite anche nel range delle frequenze di interesse e che pertanto il segnale non poteva essere ripulito attraverso un filtraggio, pena la perdita delle informazioni utili, si è optato per un'ampiezza di finestra di campionamento più lunga, anche di 100 sec. Tutto ciò per cercare di esaltare i segnali "naturali" evitando di pulire i "corti" transienti dovuti a disturbi antropici di breve durata (sostanzialmente transito di mezzi).; ciò ha permesso, nella maggior parte dei casi un "affinamento" grafico della risposta dell'analisi effettuata sulle registrazioni, mantenendo comunque una adeguata lunghezza complessiva della registrazione analizzata.

Considerazioni conclusive: le misure effettuate confermano le evidenze geologiche di superficie, anche come attestate dalle indagini dirette presenti ancorché non particolarmente numerose.

La stretta fascia di fondovalle impostata sulle alluvioni del F. Bisenzio, a tratti sovrastate da spessori anche oltre i dieci metri di riporto connesso ai rilevati ferroviari e allo smarino delle gallerie, presenta netti picchi risonanti strettamente connessi allo spessore delle alluvioni che

risulta anch'esso intorno a 10 m.

Sui versanti della valle si rileva la presenza di coltri detritiche con spessori mediamente di una decina di metri poste al di sopra del substrato geologico; localmente si ha presenza di spessori più significativi della copertura detritica e della fascia detensionata superficiale che raggiungono valori fino a 30 metri (Popigliano, Schignano paese, sponda destra di Vaiano e una piccola area in zona Faltugnano), presentando in tal caso effetti di amplificazione significativi che rientrano nel campo delle frequenze ingegneristiche.

In alcune misure è stato possibile rilevare la superficie di sovrascorrimento (prove 16 e 30) e di contatto tettonico (prova 31) tra la Formazione di Sillano, sub-affiorante, e la sottostante Formazione di M. Morello

I picchi marcatamente direzionali e generalmente molto "frastagliati" presenti in alcune misure (che danno caratteristiche figure ad "occhio") appaiono riconducibili ad effetti 2D connessi alla morfologia particolarmente direzionale del substrato litoide, specialmente in zone in cui è presente la Formazione di Sillano caratterizzata sia da un andamento stratigrafico irregolare sia da un elevato grado di tettonizzazione.

5.6. Le indagini di sismica a rifrazione

L'indagine di tipo geofisico si è basata su tre rilievi di sismica a rifrazione in onde P ed SH in aree poste lungo il fondovalle del Torrente Bisenzio; due all'interno del centro abitato di Vaiano (ST5 e ST6) ed una all'altezza delle località Camino (ST3) (nell'Appendice 2 la relazione tecnica completa). Le condizioni logistiche operative sono risultate particolarmente disagiate, risultando le aree di indagine intensamente urbanizzate e pertanto interessate sia dalla presenza di sottoservizi, non sempre di agevole individuazione o di posizione conosciuta, che dall'interessamento di "rumore" ambientale antropico, derivante dalle attività quotidiane degli abitanti, agli impianti domestici di refrigerazione o di pompaggio e dagli edifici e strutture murarie di contenimento immediatamente prospicienti lo sviluppo degli stendimenti. A tali sorgenti di disturbo si sono sommate quelle legate al transito di automezzi lungo la viabilità provinciale di fondovalle e di quella comunale nelle aree limitrofe alle zone di rilievo, oltre al transito ferroviario periodico lungo la direttrice ferrata comunque presente nel fondovalle, che con la particolare geometria di sviluppo determina un effetto di amplificazione per risonanza di alcune frequenze ambientali e oggetto di contestuale registrazione agli eventi impulsivi di rilevamento. In riferimento alle specifiche di indagine, i rilievi micro-sismici a rifrazione in onde P ed SH sono stati condotti impiegando catene geofoniche su basi della lunghezza variabile tra 102 e 125 metri, operando con 24 velocimetri di frequenza propria di 4.5 Hz verticali e con 24 velocimetri di 4.5 Hz orizzontali, producendo specifiche energizzazioni su postazioni esterne allo stendimento (esterne con distanza dal primo e dall'ultimo geofono pari a $\frac{1}{2}$ dell'intervallo geofonico ove possibile), intermedie (minimo n.1 ogni 6 geofoni) ed esterne (ad una distanza dal primo ed ultimo geofono pari a $\frac{1}{2}$ della lunghezza geofonica, nei limiti dei condizionamenti logistici dei luoghi). Relativamente alle energizzazioni, si è operata una sommatoria di una serie di registrazioni successive in numero variabile tra 5 e 8. Anche se le condizioni operative potevano risultare particolarmente disagiate, l'esito finale delle elaborazioni è risultato di buona qualità, permettendo comunque di individuare l'andamento del comportamento sismico del substrato geologico che in tutti e tre gli stendimenti sismici è presente a profondità intorno ai 10 m.

In particolare nei profili ST5 e ST6 le sezioni geofisiche evidenziano la presenza, nell'immediato sottosuolo, di terreni caratterizzati da velocità delle onde dell'ordine di 280-360 m/sec, sino alla profondità media di m 7-8 dal p.c., che ricomprendono i riporti antropici ed i depositi alluvionali di

fondovalle. Alla base di tali terreni, nel caso della sezione ST5, si rileva la presenza di un rifratore caratterizzato da litotipi riconducibili alla porzione più alterata e fratturata del substrato litoide, qualificato da velocità delle onde sismiche S di 550-680 m/sec, al di sotto del quale è presente la porzione più competente caratterizzata da velocità di 800-900 m/s. Nella sezione ST6, al di sotto dei terreni di copertura, si individua un repentino incremento di rigidità qualificato da velocità delle onde S comprese tra 780 e 900 m/s. Per quanto riguarda la sezione ST7 è possibile individuare, nei primi 2-3 m di profondità, terreni che ricomprendono i riporti antropici di regolarizzazione topografica locale caratterizzati da una velocità delle onde S compresa tra 280 e 350 m/s, al disotto dei quali, distinti da un repentino aumento del gradiente di rigidità, sono presenti terreni riconducibili ad una copertura detritica di versante costituita da elementi litici anche di grosse dimensioni, caratterizzata da una velocità delle onde S compresa tra 500 e 600 m/s. Oltre 8-12 metri di profondità è presente la porzione più alterata del substrato litoide, caratterizzata da un andamento a gradini e qualificata da velocità delle onde sismiche S intorno a 750 m/s. Infine è possibile ritrovare il substrato litoide più competente caratterizzato da velocità delle onde sismiche S comprese tra 850 e 950 m/s.

6. La Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica

La cartografia di base geologico-tecnica per la microzonazione sismica, prevista per giungere alla definizione della carta MOPS, è stata elaborata, in scala 1:5.000, all'interno delle tre aree d'indagine individuate per lo studio di MS.

Questo elaborato è il risultato dell'integrazione delle cartografie geologiche, geomorfologiche e litotecniche prodotte per lo studio di supporto al Piano Strutturale unitamente a tutti i dati litologici, stratigrafici e litotecnici acquisiti con la raccolta dati geognostici.

Particolare cura è stata rivolta ad individuare, anche attraverso rilevamenti di controllo in loco, la delimitazione dei depositi di copertura (con riferimento a quelli con spessore maggiore di 3 metri) e la ricostruzione delle forme geomorfologiche (in particolare dei fenomeni gravitativi di versante e delle aree instabili) nonché il substrato geologico. Per la delimitazione e la valutazione dello stato d'attività dei fenomeni gravitativi presenti sul territorio sono state considerate anche le perimetrazioni delle aree a pericolosità da frana del PAI, livello di dettaglio scala 1:10.000.

La carta è corredata da sei sezioni geologico-tecniche orientate sia trasversalmente che longitudinalmente rispetto ai principali elementi geologico-strutturali presenti nelle tre aree d'indagine, al fine di permettere una migliore descrizione e una più immediata comprensione del modello geologico di sottosuolo.

La legenda della carta, studiata in prospettiva sismica, prevede l'accorpamento delle informazioni sia geologico formazionali che litologiche in unità che presentano una risposta analoga alla sollecitazione sismica; pertanto le informazioni risultano sintetizzate ed il numero di "tipi" geologico-tecniche è ridotto rispetto alle carte descrittive geologiche s.l. o esplicative delle modalità di comportamento geomeccanico legate alla litologia anche a scala ridotta.

In particolare le informazioni sul substrato geologico sono state raccolte in quattro tipologie:

- *flysh calcarei e arenacei, con alternanza di litotipi, stratificati* [ALS della legenda ICMS 2008 versione 3.0] che comprende tutte le formazioni francamente lapidee e che quindi presentano una risposta alla sollecitazione sismica di tipo sostanzialmente rigido, quali Formazione di M. Morello, Arenarie di M. Falterona (Membro arenaceo pelitico FAL2, Membro di Lonano FAL4 e Membro di fosso delle valli FAL5) ;
- *coesivo sovraconsolidato, stratificato* [COS della legenda ICMS 2008 versione 3.0] – raccoglie le formazioni con litologie che presentano un comportamento "plastico" alla scala della

sollecitazione sismica e che quindi possono non rappresentare un substrato sismico in termini di velocità delle onde S (V_s) come la Formazione di Sillano (in zona generalmente molto fratturata e tettonizzata);

- *substrato molto fratturato o alterato* [SF della legenda ICMS 2008 versione 3.0] – individua una zona in cui il substrato geologico, rappresentato dalla Formazione di M. Morello, risulta molto fratturato o alterato a causa di intense deformazioni tettoniche e per questo motivo può non rappresentare un substrato rigido in termini di velocità delle onde S (V_s).

Sulla base delle informazioni di carattere geologico-tecnico è stato possibile individuare sette diverse tipologie di terreni di copertura: depositi alluvionali di piana di fondovalle, depositi alluvionali terrazzati, depositi di conoide alluvionale, depositi fluvio lacustri, detrito di versante, depositi eluvio-colluviali e terreni di riporto. Ogni tipologia può essere generalmente considerata omogenea alla scala del sisma. In particolare:

- lungo il fondovalle dove si rilevano depositi alluvionali attuali e recenti, le coperture sono state attribuite mediamente alle *ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla [GCpd]*; infatti si tratta di depositi granulometricamente molto variabili, connessi ad ambienti deposizionali che hanno visto nel tempo rapide variazioni di competenza delle correnti fluide di trasporto dei sedimenti. I depositi generatisi presentano quindi una elevata variabilità sia verticale che orizzontale delle dimensioni granulometriche e delle tessiture che comunque alla scala della sollecitazione sismica costituiscono un corpo unico come confermato anche dalle misure di microtremore che non mostrano picchi intermedi nel corpo sedimentario di copertura.
- Lungo il fondovalle, in corrispondenza dell'estremo più meridionale del territorio comunale, si individua un modesto areale in cui sono presenti i depositi alluvionali terrazzati costituiti, come quelli attuali e recenti, da terreni granulometricamente molto variabili ma caratterizzati da un grado di consistenza ed addensamento leggermente più elevato; questi terreni sono stati assimilati alle *ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla [Gctf]*.
- Sempre lungo il fondovalle si rilevano sei areali in cui sono presenti depositi di conoide. Tre di questi, localizzati in corrispondenza dell'abitato e della zona industriale di Vaiano, possiedono un'estensione significativa mentre gli altri, ubicati più a sud, risultano di più ridotte dimensioni. Questi terreni sono stati assimilati alle *ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo [GMca]*.
- Dalle stratigrafie di alcuni sondaggi ubicati nelle località di Popigliano e Faltugnano, a quote di circa 50/100 metri superiori a quelle del fondovalle, a profondità di circa 5,0 metri, si è rilevato la presenza di depositi di origine fluvio lacustre da moderatamente consistenti a consistenti, caratterizzati da spessori anche di una decina di metri; questi terreni sono stati assimilati alle *argille inorganiche di alta plasticità [CHlc]*.
- I depositi eluviali, presenti su entrambi i versanti della Val di Bisenzio, sono costituiti da materiali a granulometria fine, tipo limi e sabbie, con rari frammenti litoidi grossolani. Si sono originati dall'alterazione e dalla dissoluzione chimica delle formazioni litoidi che sciogliendosi hanno subito un trasporto lungo il versante ed una rideposizione in zone poco acclivi. In questo elaborato vengono assimilati alle *sabbie limose, miscela di sabbia e limo [SMec]*.
- Il detrito di versante è stato attribuito mediamente alle *ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo [GMfd]*; si tratta di depositi granulometricamente molto eterogenei costituiti da frammenti litoidi di varie dimensioni e natura, prodotti dall'alterazione del substrato, caratterizzati generalmente da una matrice limosa-sabbiosa. Anche in questo caso tali depositi, alla scala della sollecitazione sismica, costituiscono un corpo unico come confermato anche dalle misure di microtremore che non mostrano picchi intermedi tra il piano di campagna ed il substrato litoide

sottostante.

- I riporti antropici sono stati attribuiti ai *terreni contenenti resti di attività antropiche, terreni di riporto e rilevati [RI]*. Questi terreni sono localizzati principalmente lungo il fondovalle, in sinistra idraulica del F. Bisenzio, e costituiscono il tratto di rilevato ferroviario della linea Firenze-Bologna oltre a poche aree dove questi terreni sono stati utilizzati per creare gli spazi necessari all'urbanizzazione.

7. La carta delle Frequenze fondamentali dei depositi

La cartografia delle frequenze fondamentali dei depositi per la microzonazione sismica, è stata realizzata a partire dalle misure speditive di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSr) che vengono ubicate in carta attraverso un simbolo puntuale (\otimes), ciascuna contraddistinta dal proprio nome identificativo. Il colore e la dimensione del simbolo variano rispettivamente in funzione della frequenza fondamentale (f_0) e dell'ampiezza (A_0) di picco. I valori della frequenza fondamentale (f_0) sono stati suddivisi in dieci classi mentre i valori dell'ampiezza di picco sono stati divisi in cinque classi (figura 2). La simbologia adottata non è in questo caso standardizzata negli ICMS; è stata comunque utilizzata una rappresentazione che si ritrova spesso in bibliografia e che risulta di facile lettura e quindi utile per completare l'informazione immediata che si può avere dalle rappresentazioni cartografiche.

figura 2 - estratto della legenda della carta delle frequenze fondamentali dei depositi

f_0 (hz)	A_0
• nessuna risonanza	• nessuna risonanza
● $0.1 < f_0 < 0.5$	\otimes $1.1 < A_0 < 2.0$
● $0.5 < f_0 < 1.0$	\otimes $2.0 < A_0 < 3.0$
● $1.0 < f_0 < 2.5$	\otimes $3.0 < A_0 < 5.0$
● $2.5 < f_0 < 5.0$	\otimes $5.0 < A_0$
● $5.0 < f_0 < 7.5$	
● $7.5 < f_0 < 10.0$	
● $10.0 < f_0 < 15.0$	
● $15.0 < f_0 < 20.0$	
● $20.0 < f_0$	

$f_0(\text{hz})$ =frequenza di picco A_0 =ampiezza di picco

Come spiegato in precedenza, è possibile risalire, attraverso stime grossolane, dal valore della frequenza fondamentale (f_0) all'ordine di grandezza dello spessore dei terreni di copertura e dal valore dell'ampiezza di picco (A_0) all'entità del contrasto d'impedenza tra le varie litologie. Attraverso queste relazioni è possibile distinguere qualitativamente zone caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (con nessun massimo relativo significativo di f_0 nell'intervallo 0,1-10 Hz) da zone caratterizzate dalla presenza di fenomeni di risonanza. Inoltre, sulla base della stima dell'ampiezza del picco fondamentale, possono essere distinte, in via del tutto qualitativa, le zone caratterizzate da alti contrasti di impedenza ed aree caratterizzate da minore contrasto. L'informazione fornisce quindi in modo diretto, anche se semi-quantitativo, indicazioni sui possibili

effetti attesi di amplificazione della sollecitazione sismica. Infatti dalla formula molto semplificata proposta da G. Pratt (da utilizzare solamente in prima approssimazione) che mette in correlazione il periodo proprio di vibrazione di un edificio con la sua altezza è possibile orientativamente individuare quale tipologia di edifici si potrebbe trovare a vibrare a frequenze simili a quelle riscontrate nei terreni e quindi subire i pericolosi effetti di risonanza.

Il grafico seguente, utilizzando la correlazione empirica

$$T_{ed} \cong Ch_{ed}^{3/4}$$

dove: T_{ed} indica il periodo proprio di vibrazione dell'edificio espresso in secondi,

C è un coefficiente che dipende dalla tipologia costruttiva dell'edificio (muratura o telaio c.a.)

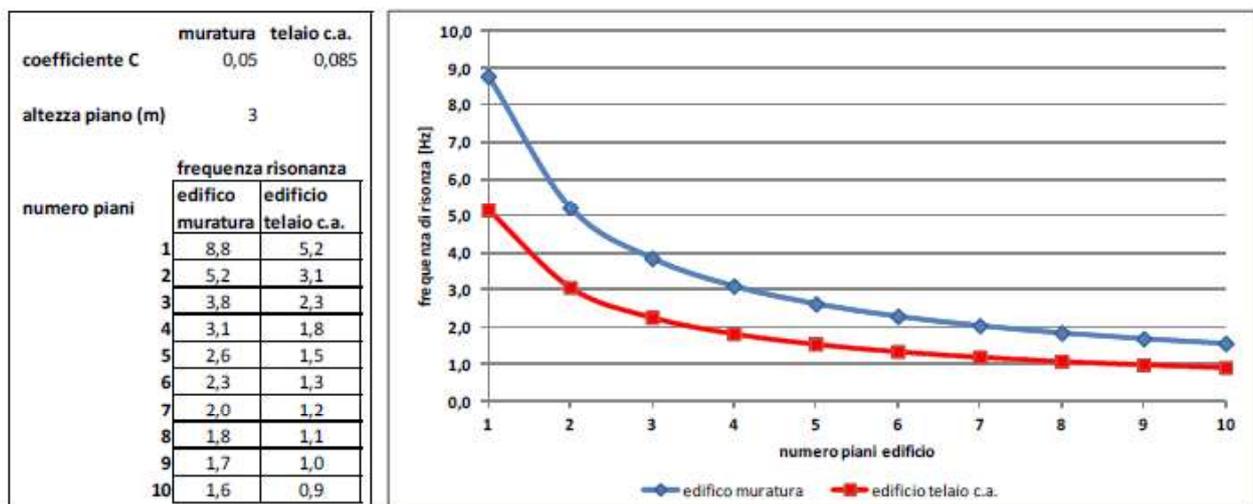
h_{ed} è l'altezza dell'edificio in metri

e ricordando che la frequenza è l'inverso del periodo

$$f = \frac{1}{T}$$

permette di valutare in modo speditivo le tipologie di edifici che possono risentire degli effetti di massima amplificazione connessi alla frequenza fondamentale di vibrazione espressa dal terreno (quando le due frequenze corrispondono si hanno effetti di risonanza catastrofica).

figura 3 – rapporti indicativi fra numero dei piani di un edificio e sua frequenza di vibrazione



8. La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

Questo elaborato rappresenta la principale sintesi dello studio di microzonazione di livello 1 in quanto individua gli areali (microzone) dove, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche, dei dati geognostici e geofisici, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.).

Di fondamentale importanza diviene quindi l'individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido (ovvero delle litologie caratterizzate da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S – convenzionalmente superiori a 800 m/sec - significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti), accompagnata dalle informazioni che abbiamo visto nel capitolo precedente sulla frequenze fondamentali dei depositi (stima approssimativa della profondità del contrasto di impedenza sismica e della intensità attesa).

Evidentemente assume particolarmente rilievo l'individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte potenzialmente in grado di causare inversioni della velocità di propagazione delle onde di taglio ed effetti di risposta sismica locale bi e tri-dimensionali.

La carta delle MOPS è quindi finalizzata ad ottenere un adeguato dettaglio nella:

- caratterizzazione del substrato geologico,
- caratterizzazione dei terreni di copertura,
- ricostruzione delle aree potenzialmente interessate da deformazioni permanenti in caso di evento sismico,
- definizione di forme geomorfologiche di superficie e sepolte, particolarmente importanti per problematiche sismiche.

La sintesi delle informazioni e la perimetrazione delle diverse zone permette di:

- valutare le condizioni di pericolosità sismica ai sensi del DPGR n.53R/2011;
- identificare le aree per le quali sono necessari ulteriori studi e indagini ed i relativi livelli di approfondimento;
- definire gli interventi ammissibili in una data area e le eventuali modalità di intervento nelle aree urbanizzate (condizioni o criteri costruttivi connessi al valore delle frequenze fondamentali delle coperture).

Nell'area d'indagine non sono state rilevate situazioni mappabili che possano dare origine a fenomeni di liquefazione a seguito di un evento sismico; infatti, come anche rilevato nei capitoli precedenti, anche attraverso un'attenta analisi delle indagini geognostiche eseguita nella zona di pianura, non è stato possibile individuare, all'interno dei depositi alluvionali di fondovalle o nelle altre tipologie di terreni di copertura, areali in cui sono presenti orizzonti di sabbie pulite con spessore superiore a 1,5 m e con superficie della falda freatica e delle eventuali falde in pressione inferiore a 15 metri dal piano campagna. Le indagini di dettaglio, alla scala progettuale del singolo intervento, dovranno comunque verificare tale aspetto ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni, congiuntamente a quello legato ai fenomeni di liquefazione che, come ricordato in premessa, sono di fatto potenzialmente possibili in corrispondenza di tutti i depositi di copertura rilevati nelle quattro aree di indagine.

Consultando il database del progetto ITHACA (Italy Hazard from Capable faults), nel quale sono raccolte e cartografate tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia che possono creare deformazioni in superficie, si è potuto verificare che nel territorio comunale di Vaiano non sono presenti faglie attive e capaci.

8.1. La legenda della carta MOPS

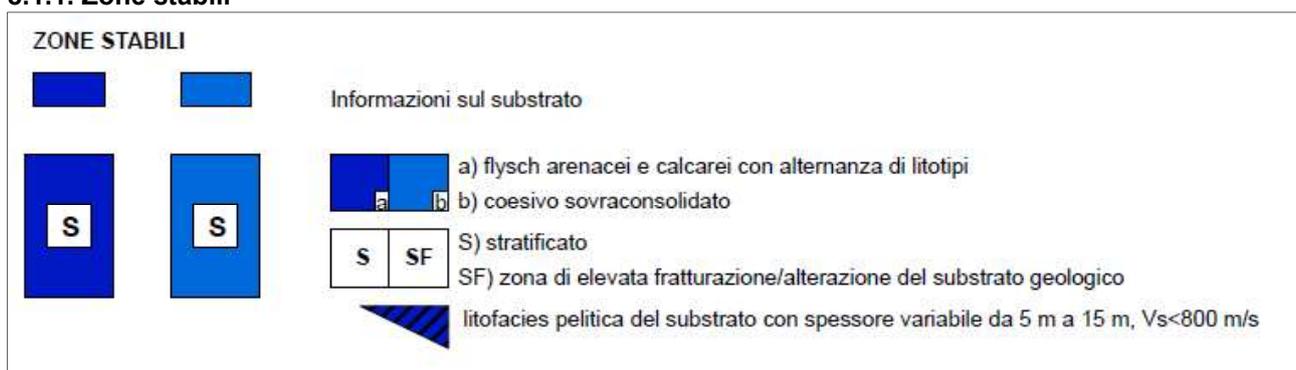
Rispetto alle ultime indicazioni ad oggi disponibili (*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica* versione 3.0 del ottobre 2013) si è preferito mantenere nella legenda in carta la rappresentazione con le colonne stratigrafiche, poiché ci sembra risultare più intuitiva e capace di rendere maggiormente leggibile l'elaborato anche da parte delle professionalità che dovranno utilizzarne i risultati a fini pianificatori o di progettazione di dettaglio.

Come più volte richiamato nei capitoli precedenti, le carte MOPS accorpano in tre tipologie di zone le modalità di risposta alla sollecitazione sismica che ci si può attendere dalle caratteristiche del substrato:

- le *zone stabili*, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli calcolati dagli studi di pericolosità di base che forniscono i valori di accelerazione indicati per la categoria A di sottosuolo negli allegati alle NTC 2008 – D.M. 14.01.2008;
- le *zone stabili suscettibili di amplificazione sismica*, dove il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche (presenza di coperture sedimentarie) e/o morfometriche del territorio (pendenza dei versanti, creste, valli strette, ecc.), anche sepolte. In questo caso, si dovrà indagare, alla scala del progetto di dettaglio, l'effetto di amplificazione connesso alla risposta sismica locale utilizzando gli abachi delle NTC 2008 – categorie di sottosuolo - o provvedendo attraverso specifiche indagini ed analisi dove gli abachi semplificati non sono applicabili;
- le *zone suscettibili di instabilità*, cioè passibili di attivazione/riattivazione di fenomeni di deformazione permanente del terreno indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiali, cedimenti differenziali, ecc.) da indagare con specifiche indagini geotecniche e geofisiche in relazione allo stato di attività in accordo alle prescrizioni dettate per le aree a diversa pericolosità geologica.

La definizione della legenda segue quindi l'articolazione delle suddette zone.

8.1.1. Zone stabili



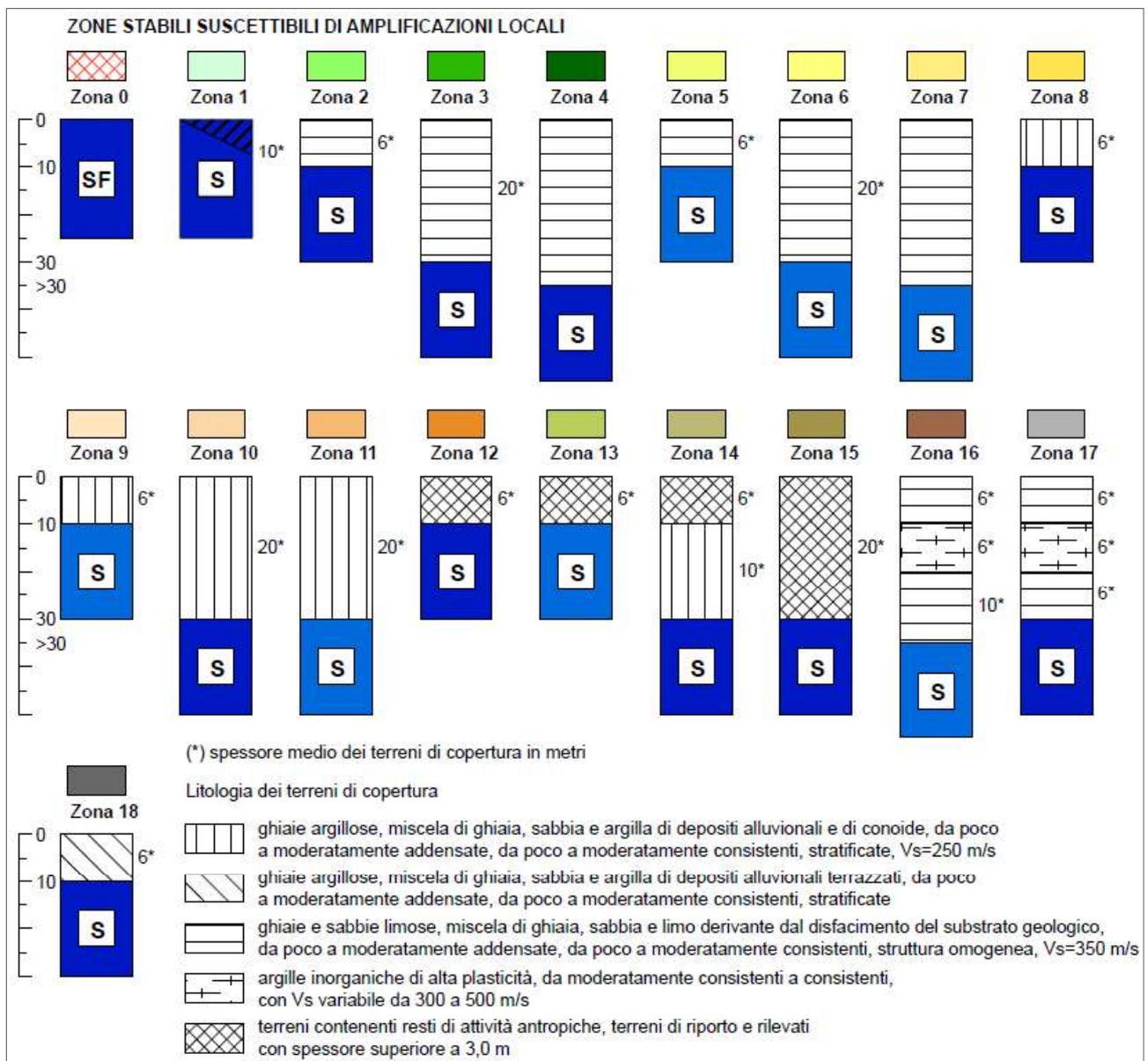
Ricomprendono le zone dove affiorano le formazioni rocciose in posto, con spessori di eventuali coltri di alterazione o depositi colluviali inferiori a 3 metri (spessore che non comporta fenomeni di amplificazione dell'onda sismica rilevanti per le strutture edilizie ed i manufatti in genere).

In legenda vengono accorpati i litotipi a risposta francamente rigida con V_s maggiore di 800 m/sec e quelli con una V_s che in superficie non raggiunge il valore standard di 800 m/sec (che viene comunque raggiunta progressivamente in profondità ma in modo graduale senza bruschi salti di impedenza sismica – quindi senza generare fenomeni di amplificazione locale). I primi sono definiti

come substrato con *alternanza di litotipi stratificati* (ALS) e ricomprendono tutti i flysh arenacei o carbonatici della Falda Toscana e dei Complessi Liguri presenti (Arenarie del M.Falterona e Formazione di M.Morello); i secondi, denominati substrato *coesivo sovra consolidato stratificato* (COS), comprendono le formazioni flyshoidi a componente siltitico-argillitica largamente prevalente e interessati da significativi fenomeni di tettonizzazione più o meno spinti (rappresentati prevalentemente dalla Formazione di Sillano).

Poiché alcune delle formazioni flyshoidi maggiormente rappresentate nell'area e ascrivibili al tipo *alternanza di litotipi stratificati* presentano ampi spessori con litofacies a componente prevalentemente siltitico-argillitica dove le Vs possono presentarsi con velocità inferiori a 800 m/sec, si è indicato tale evenienza con l'inserimento di un triangolo sommitale nella colonna tipo della zona 1 delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

8.1.2. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Raccogliono le zone dove si hanno terreni di copertura di spessore maggiore di 3 metri e con valori di Vs significativamente inferiori a quelli del substrato geologico (zone da 2 a 18) e dove alcune

delle formazioni flyshoidi maggiormente rappresentate nell'area e ascrivibili al tipo *alternanza di litotipi stratificati* presentano ampi spessori (tra 5,0 e 15,0 metri) con litofacies a componente prevalentemente siltitico-argillitica dove le Vs possono presentarsi con velocità inferiori a 800 m/sec. Anche in questo caso tale evenienza è stata indicata con l'inserimento di un triangolo sommitale nella colonna tipo della zona 1. E' stata inoltre inserita una zona, indicata in legenda con la sigla "zona 0", in cui il substrato geologico, rappresentato dalla Formazione di M. Morello, risulta molto fratturato e/o fortemente alterato a causa di intense deformazioni tettoniche. Per questo motivo può non rappresentare un substrato rigido in termini di velocità delle onde S (Vs). In queste condizioni, infatti, si possono generare fenomeni di amplificazione dello scuotimento sismico in superficie collegati alla presenza di una interfaccia fra materiali con una significativa differenza di impedenza sismica in prossimità della superficie.

Poiché gli effetti di amplificazione sulle costruzioni esistenti (tipologie e altezze degli edifici) sono legati allo spessore delle coperture, sono state individuate tre classi, anche secondo le indicazioni contenute nel vademecum delle "Specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica", da mettere in relazione alle possibili frequenze di risonanza dei terreni secondo la seguente suddivisione:

- $f_0 < 2$ Hz per spessori delle coperture maggiori di 30 metri;
- $2\text{Hz} < f_0 < 8$ Hz per spessori compresi tra 30 e 10 metri;
- $f_0 > 8$ Hz per spessori minori di 10 metri.

Tutte le tipologie di coperture sono state considerate intrinsecamente omogenee (non essendo disponibili dati sufficienti per una loro "zonazione" interna, comunque sostanzialmente impossibile considerando gli ambienti di deposizione e le dimensioni areali modeste).

In particolare per quanto riguarda i depositi alluvionali recenti e quelli di conoide, ubicati lungo il fondovalle del F.Bisenzio, le coperture sono state attribuite mediamente alle "*ghiaie argillose, miscela di ghiaia sabbia e argilla [GC]*". Trattandosi, infatti, di depositi granulometricamente molto variabili, connessi ad ambienti deposizionali che hanno visto nel tempo rapide variazioni di competenza delle correnti fluide di trasporto dei sedimenti, i depositi generatisi presentano quindi una elevata variabilità sia verticale che orizzontale, in spazi ristretti, delle dimensioni granulometriche e delle tessiture (zone 8, 9, 10, 11 e 14). Dalle indagini geofisiche recuperate e da quelle di nuova realizzazione è stato possibile valutare che questi depositi sono caratterizzati mediamente da una velocità delle onde di taglio (Vs) di circa 250 m/s.

Anche i depositi alluvionali terrazzati sono stati attribuiti alle "*ghiaie argillose, miscela di ghiaia sabbia e argilla [GC]*" come i depositi alluvionali recenti ma, a differenza di quest'ultimi, si ritiene che siano caratterizzati da un maggiore livello di consistenza/addensamento e per questo motivo si differenziano con la zona 18. Non essendo presenti indagini geognostiche in corrispondenza di questi terreni non è possibile definirne la velocità media delle onde di taglio (Vs).

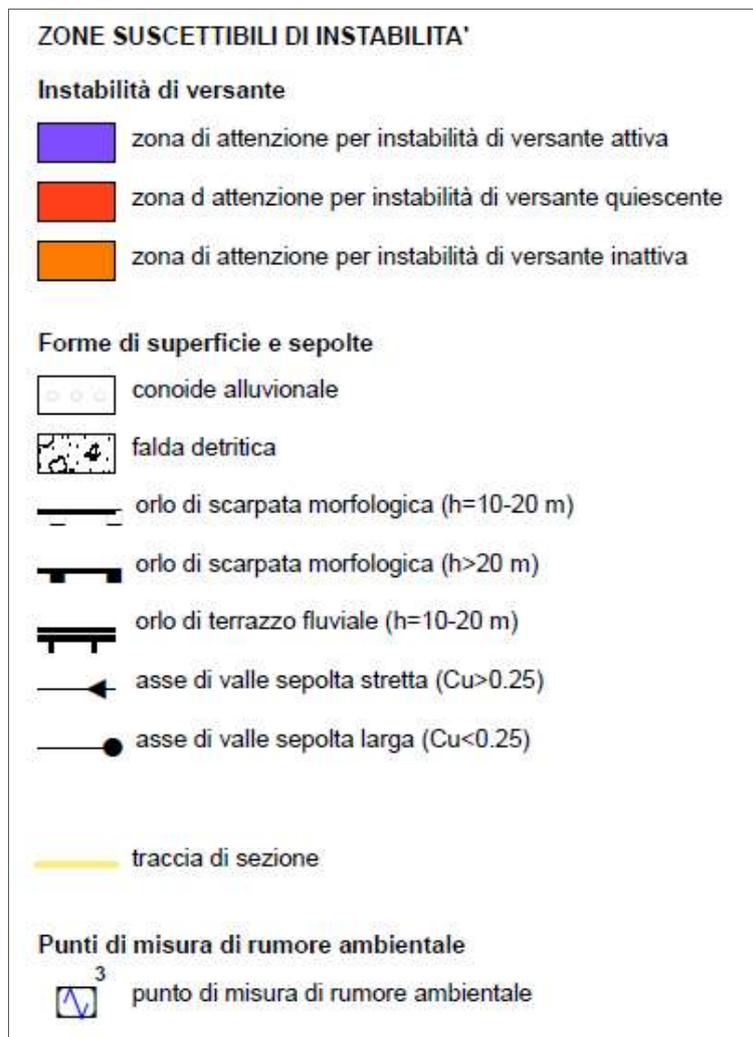
Per le coperture sui versanti riconducibili ai depositi eluvio colluviali si può parlare di spessori generalmente inferiori a 3,0 metri e per questo motivo si è scelto di accorparli ai depositi detritici di versante e da frana. La categoria adottata è quella relativa a "*ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo [GM]*", che meglio rappresenta la notevole ampiezza del fuso granulometrico in una omogeneità sostanziale della massa che ha subito un trasporto molto limitato (zone 2, 3, 4, 5, 6, 7, 16 e 17). In generale le indagini geofisiche individuano per questi terreni una velocità media delle onde di taglio (Vs) intorno ai 350 m/s.

In corrispondenza delle località di Popigliano e Faltugnano si è potuto rilevare ad una profondità media di circa 5,0 metri, la presenza di depositi di origine fluvio-lacustre da moderatamente consistenti a consistenti e caratterizzati da spessori anche di una decina di metri. Questi terreni

sono stati assimilati alle *argille inorganiche di alta plasticità [CHlc]* e rappresentati con le zone 16 e 17. In generale le indagini geofisiche individuano per questi terreni una velocità media delle onde di taglio (V_s) variabile tra 300 a 500 m/s.

Infine, poiché rappresentano un litotipo rilevante in termini areali per tutta la zona di fondovalle, sono stati distinti anche i “*terreni contenenti resti di attività antropiche [RI]*” che costituiscono principalmente i rilevati ferroviari della linea Firenze-Bologna individuati dalle zone 12, 13, 14 e 15 in base allo spessore ed al tipo di substrato locale sottostante.

8.1.3. Zone suscettibili di instabilità



Sono qui raccolte tutte le porzioni di territorio dove si hanno evidenze geomorfologiche di fenomeni che possono essere attivati o riattivati dall'evento sismico.

Nelle aree indagate non sono state rilevate situazioni mappabili relative a cedimenti differenziali per differenti capacità di addensamento dei terreni a seguito di fenomeni di scuotimento sismico; infatti, come anche rilevato nei capitoli precedenti, le coperture “addensabili” non sono state articolate al loro interno a seguito della variabilità granulometrica in spazi ristretti (e in ogni caso tale occorrenza appare assai remota). La legenda sottolinea anche quelle forme di superficie e sepolte che possono indicare l'insorgenza di fenomeni 2D connessi alla presenza di strutture fortemente direzionali (orli di scarpate e di terrazzi fluviali, valli sepolte) che possono focalizzare l'onda sismica relativamente alla particolare morfologia locale.

Sono infine riportati, con apposita simbologia, i punti relativi alle indagini di microtremore effettuate, con indicato il numero di riferimento di ciascuna misura per una facile consultazione dei relativi report dettagliati nell'Appendice 1.

8.2. La carta MOPS del territorio comunale

Di seguito si riporta una descrizione delle carte sviluppate per ciascun centro abitato esaminato, sottolineando gli aspetti interpretativi che hanno condotto alla perimetrazione delle MOPS e quindi la valutazione della qualità della carta suddivisa nelle tre macro-aree di indagine.

8.2.1. Vaiano fondovalle

L'areale di indagine comprende tutto il fondovalle del F. Bisenzio ed alcuni tratti dei versanti sia occidentale che orientale maggiormente urbanizzati (zona di Villa Mulinaccio, Popigliano e Faltugnano). L'agglomerato urbano di Vaiano capoluogo si sviluppa prevalentemente nel fondovalle orientato circa N-S del Fiume Bisenzio. Lungo il versante orientale affiorano prevalentemente le litologie appartenenti alla Formazione di Sillano che in questa zona risulta sovrascorsa alla Formazione di M. Morello che affiora più a valle. Il versante occidentale è caratterizzato invece da un substrato litoide costituito, data la presenza di due sistemi di faglie dirette con direzione NO-SE e SO-NE, da tre diverse formazioni; nella parte nord affiorano le Arenarie del M. Falterona, nella zona di Villa Il Mulinaccio si ritrova la Formazione di Sillano mentre a sud è presente la Formazione di M. Morello. In questi contesti le Arenarie del M. Falterona sono generalmente caratterizzate da ampi spessori (tra 5,0 e 15,0 metri) con litofacies a componente prevalentemente siltitico-argillitica dove le Vs possono presentarsi con velocità < 800 m/sec (zona 1). Morfologicamente la valle si presenta asimmetrica, con pendenze maggiori sul versante orientale e meno accentuate su quello occidentale che risulta anche quello maggiormente urbanizzato. Il versante orientale presenta ridotte coperture detritico/colluviali, generalmente con spessori molto modesti dell'ordine di qualche metro (zona 2 e 5), mentre lungo il versante occidentale gli spessori delle coperture possono spingersi fino ad una trentina di metri di profondità (zona 6). Dal punto di vista geomorfologico è importante rilevare la presenza, ai piedi del versante occidentale, di tre fenomeni attivi, due dei quali interessano zone abitate. In corrispondenza di Vaiano capoluogo, anche se il fondovalle alluvionale del F. Bisenzio risulta ampio, gli spessori delle alluvioni non superano generalmente una decina di metri (zona 8 e 9), tranne che per un breve tratto, in corrispondenza della zona industriale, dove gli spessori possono raggiungere anche una ventina di metri (zona 10).

Spostandosi verso sud, il fondovalle risulta più stretto e le pendenze dei versanti tendono ad aumentare. Lungo il fondovalle e nel tratto di versante orientale compreso tra le località L'Isola e La Briglia, il substrato geologico è rappresentato prevalentemente dalla Formazione di Sillano, mentre nella zona più meridionale affiorano esclusivamente le litologie appartenenti alla Formazione di M. Morello. Lo spessore dei depositi alluvionali non supera, anche qui, una decina di metri, eccezione fatta per la zona in corrispondenza della località La Briglia dove possono raggiungere anche una ventina di metri (zona 11). Per quanto riguarda le coperture, gli spessori maggiori si rilevano in località Pogliano e Faltugnano, dove nel primo caso possono superare anche una trentina di metri (zona 16 e 17) e dove è presente un'ampia zona in frana, attualmente stabilizzata artificialmente e classificata come quiescente, che interessa tutto l'abitato. Dal punto di vista geomorfologico, nel tratto a sud della località La Briglia, si rileva la presenza di tre fenomeni attivi che però non interferiscono con i centri abitati, uno di questi però interessa un tratto della pista ciclabile che si sviluppa lungo il fondovalle in sinistra idraulica del F. Bisenzio. Infine, ai piedi

del versante occidentale dei Monti della Calvana, assumono una certa rilevanza geotecnica i riporti antropici costituiti dai rilevati ferroviari e dallo “smarino” delle gallerie, con spessori che generalmente risultano di qualche metro (zona 12, 13, 14), ma che localmente possono superare anche una decina di metri (zona 15).

Il livello di qualità finale della carta risulta di classe **A** (Appendice 3); il calcolo è stato sviluppato su una maglia di celle quadrate di 250 metri per lato sovrapposta a tutta l'area d'indagine e non solo alle porzioni interessate dalle coperture, come previsto dai criteri metodologici.

8.2.2. Schignano

L'abitato di Schignano si sviluppa lungo un ampio ripiano morfologico a mezzacosta sul versante in destra idrografica del Bisenzio, dove la pendenza risulta minore rispetto alle zone poste immediatamente più a valle e più o monte. Il substrato geologico è interessato dalla presenza di due faglie dirette, perpendicolari tra loro, con andamento SO-NE e NO-SE, che separano le Arenarie del M. Falterona (zona 1) a nord dell'area in esame dalla Formazione di Sillano affiorante a sud. Sulle Arenarie di M.Falterona si sono sviluppate coltri detritico/colluviali di spessore significativo che può variare da pochi metri (zona 2) ad alcune decine di metri (zona 3); in particolare la zona di Schignano paese risulta ubicata su una copertura detritica di versante caratterizzata da uno spessore di alcune decine di metri. Le coperture impostate sulla Formazione di Sillano risultano invece di spessore più ridotto, sempre entro una decina di metri (zona 5).

Il livello di qualità finale della carta risulta di classe **B** (Appendice 3); anche in questo caso il calcolo è stato sviluppato su una maglia di celle quadrate di 250 metri per lato sovrapposta a tutta l'area d'indagine e non solo alle porzioni interessate dalle coperture, come previsto dai criteri metodologici.

8.2.3. Fornaci-Sofignano

I due abitati si sviluppano a mezzacosta sul versante occidentale dei Monti della Calvana, questo tratto di versante risulta caratterizzato da una zona di monte a maggiore pendenza (dal 20% al 35%), dove il substrato geologico è costituito dai calcari e calcari marnosi della Formazione di M.Morello, e da una zona di valle a minore pendenza (da 10% a 20%), dove affiora la Formazione di Sillano che risulterebbe sovrascorsa su quella di M.Morello, come interpretabile dalla misura di microtremore 33bis che sembrerebbe individuare la superficie di sovraccorrimiento ad una profondità superiore a 30 metri. In tutta l'area d'indagine le coltri detritico/colluviali sono arealmente estese, specialmente quelle sviluppate sulla Formazione di Sillano, ma comunque di spessore modesto in quanto le misure HVSR e le prove geofisiche con sismica in foro e a rifrazione indicano uno spessore superiore ai 10 metri. Dal punto di vista geomorfologico si rileva la presenza di tre fenomeni attivi che però non interessano centri abitati.

Il livello di qualità finale della carta risulta di classe **B** (Appendice 3); anche in questo caso il calcolo è stato sviluppato su una maglia di celle quadrate di 250 metri per lato sovrapposta a tutta l'area d'indagine e non solo alle porzioni interessate dalle coperture, come previsto dai criteri metodologici.

Prato, 24 febbraio 2015

Appendice 1

Schede tecniche delle singole misure HVSR

STATION INFORMATION

Station code: prova 1

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: SCHIGNANO

Latitude: 43,96457N

Longitude: 011,10320E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 300 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

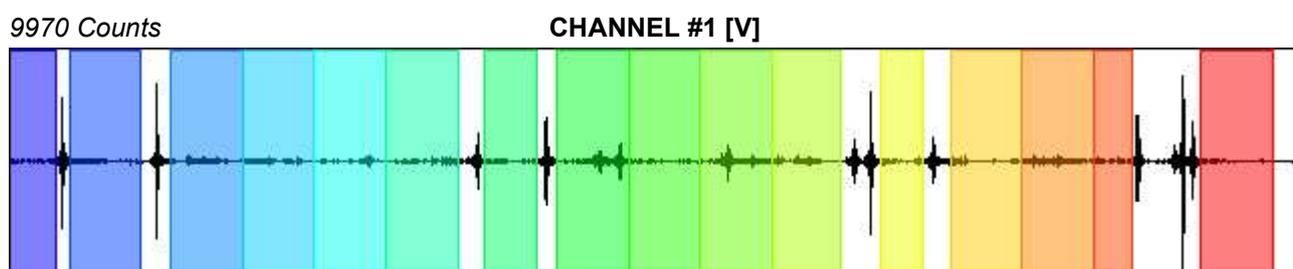
Recording start time: 2014/10/07 16:09:09

Recording length: 30 min

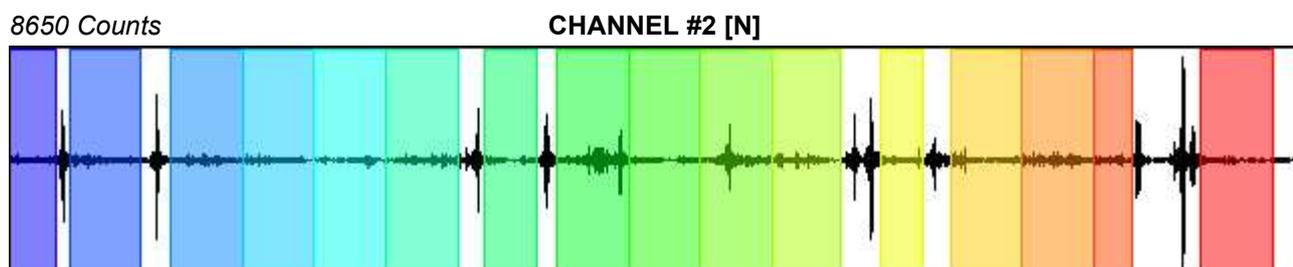
Windows count: 16

Average windows length: 90.32

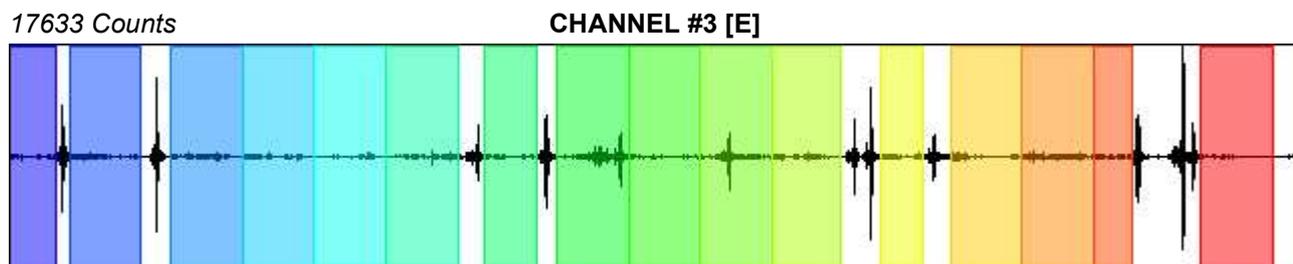
Signal coverage: 80.29%



-12849 Counts



-9233 Counts



-14887 Counts

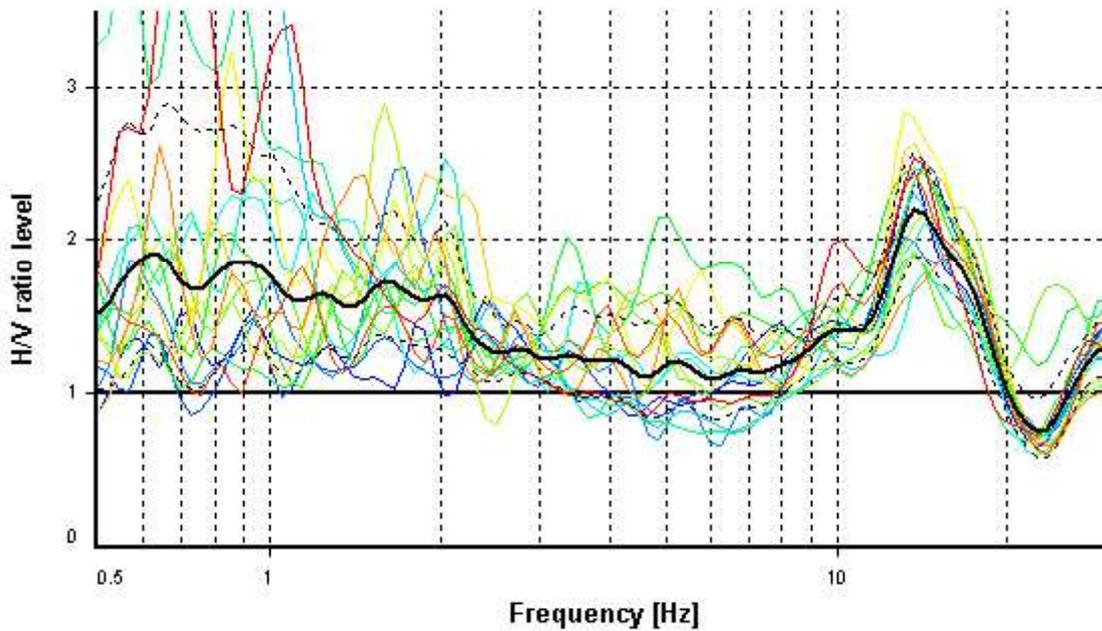
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

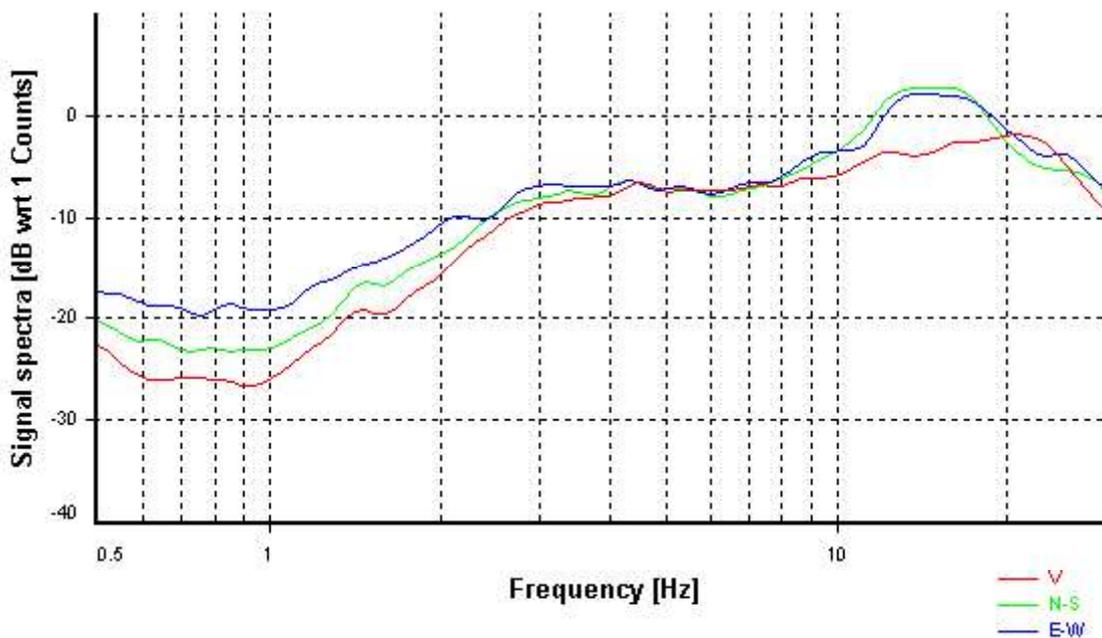
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

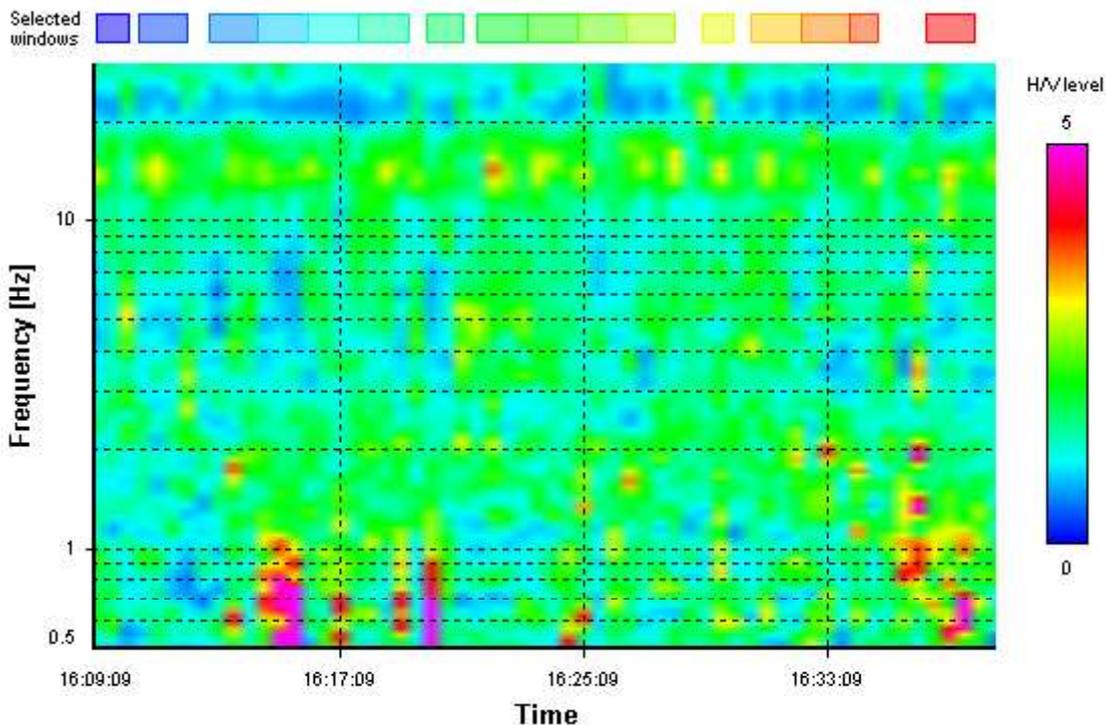
HVSR average



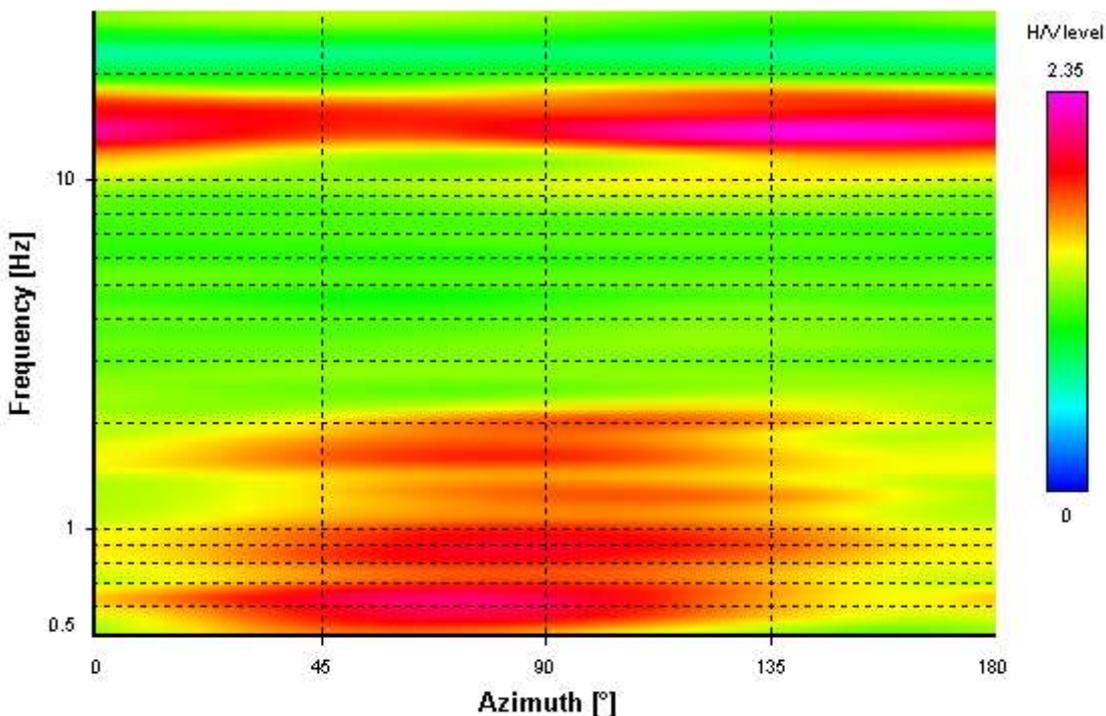
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



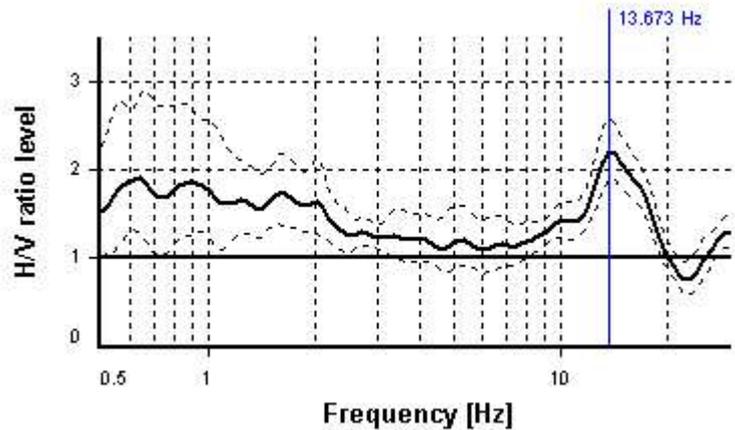
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

13.673 Hz

A_0 amplitude = 2.208

Average $f_0 = 14.141 \pm 1.101$



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	16 valid windows (length > 0.73 s) out of 16	OK
$n_c(f_0) > 200$	19759.22 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 33	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	6.23159 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	19.83855 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.21 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.22% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.10084 >= 0.68364	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.16861 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 2

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: SCHIGNANO

Latitude: 43,96531N

Longitude: 011,10492E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 480 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico moderato

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/07 16:50:00

Recording length: 30 min

Windows count: 12

Average windows length: 150

Signal coverage: 100%

10046 Counts

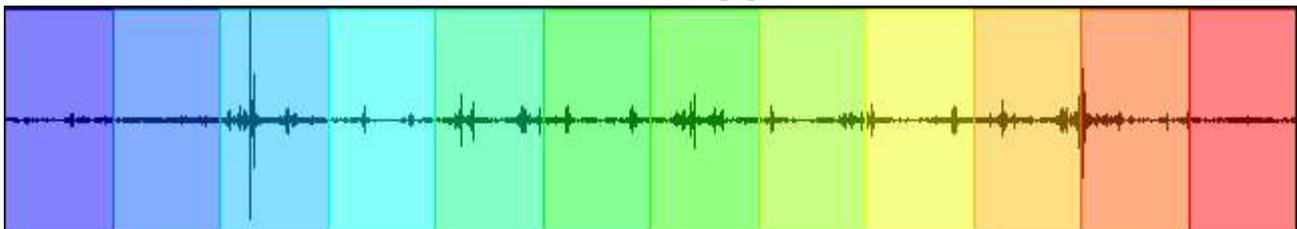
CHANNEL #1 [V]



-9783 Counts

11171 Counts

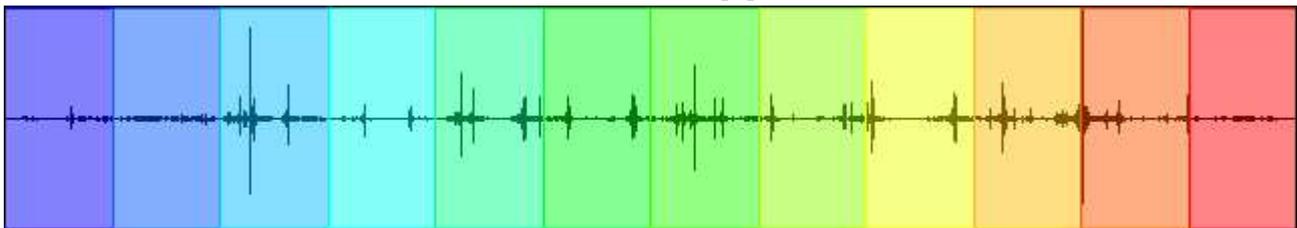
CHANNEL #2 [N]



-9967 Counts

16050 Counts

CHANNEL #3 [E]



-12324 Counts

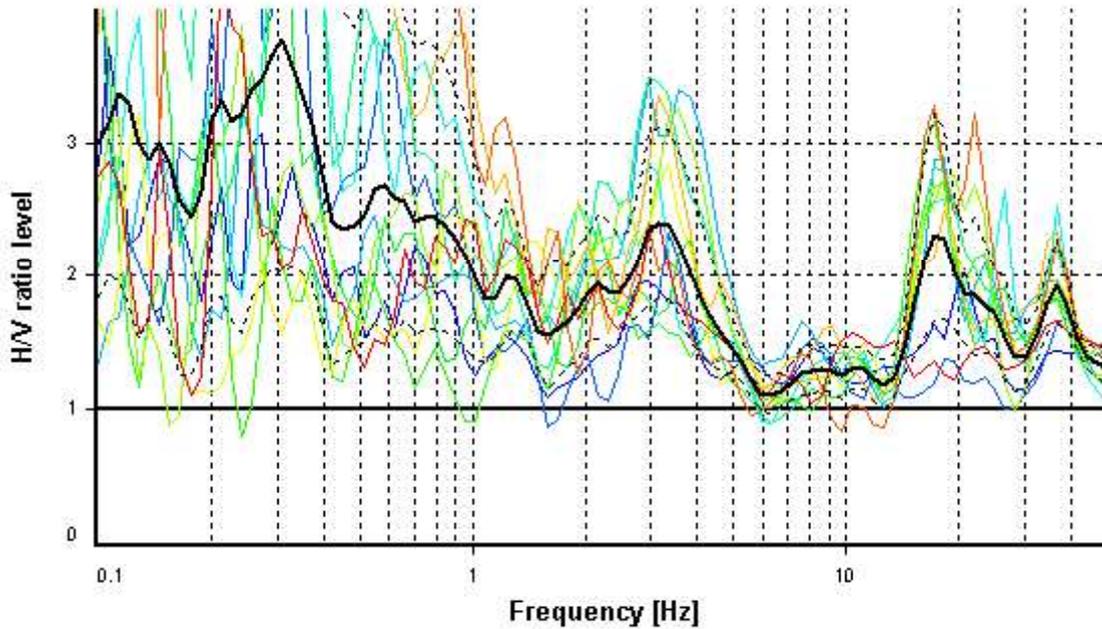
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

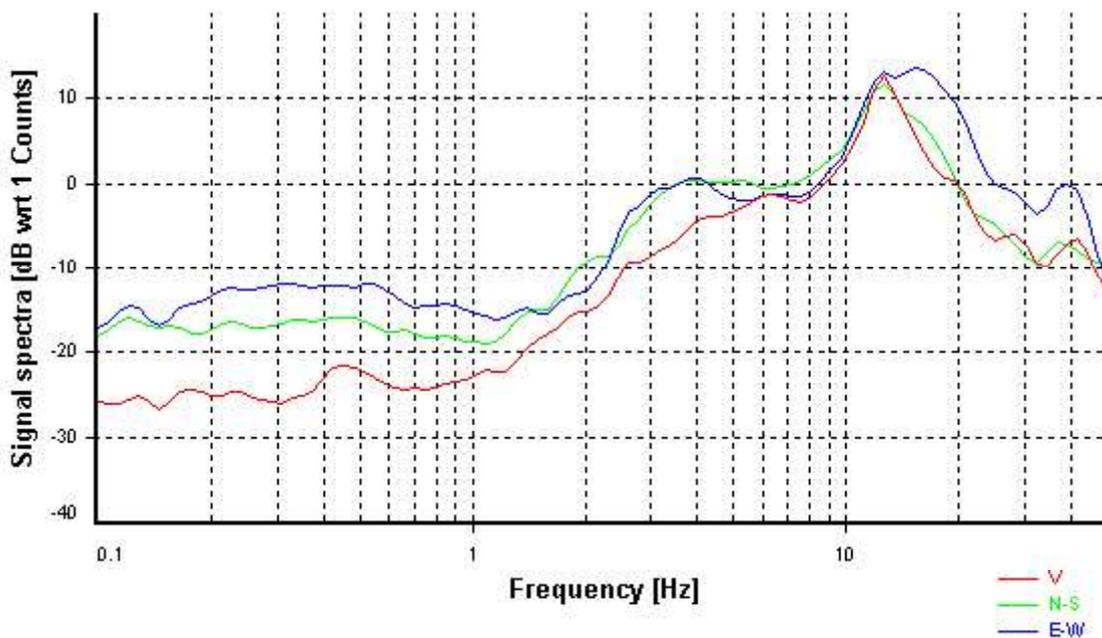
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

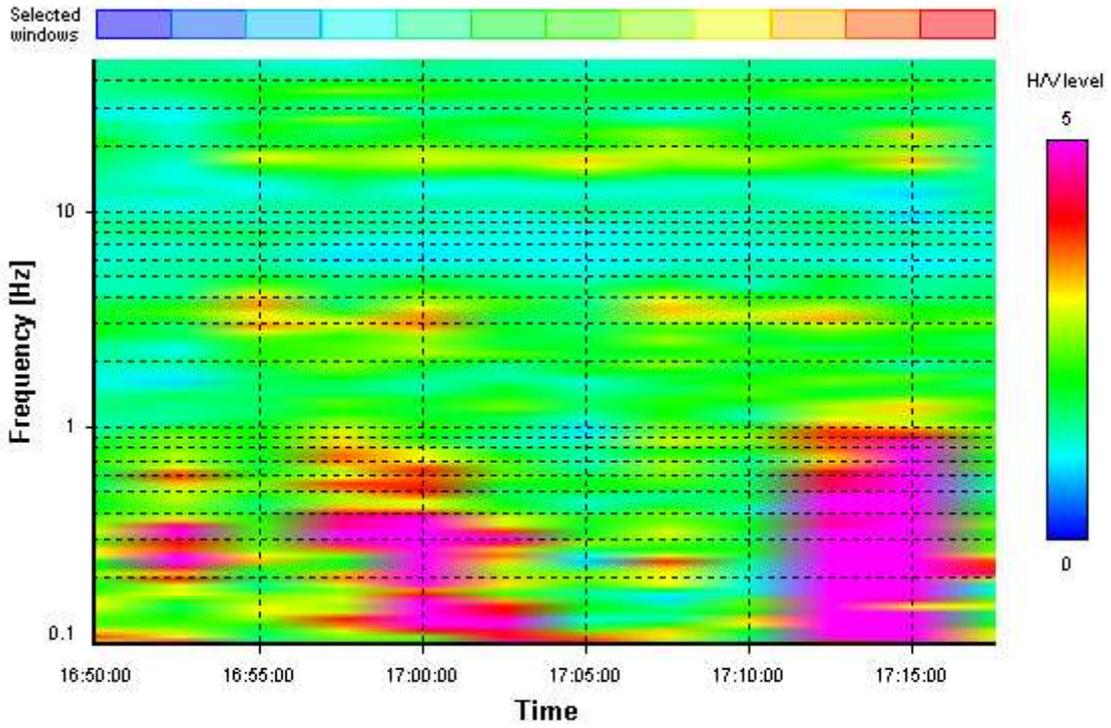
HVSR average



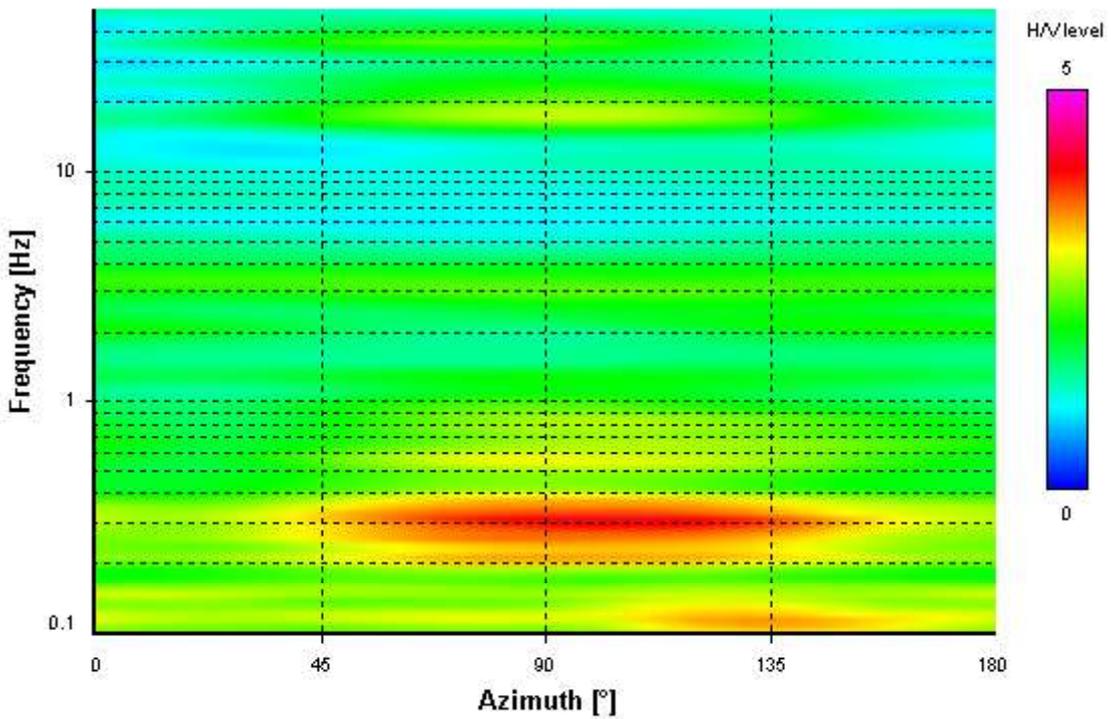
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (150 seconds windows)



HVSR directional analysis



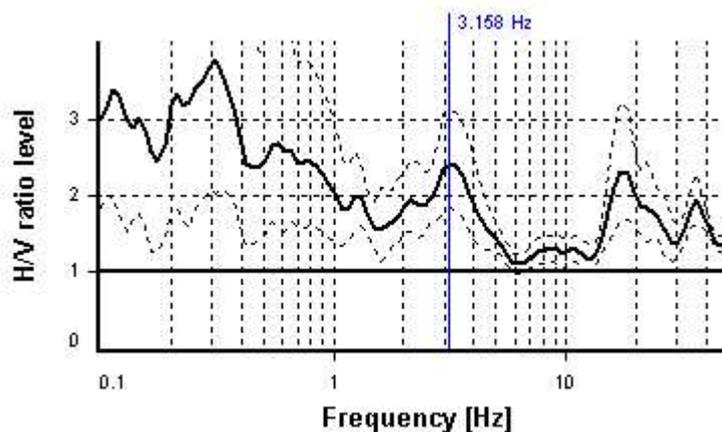
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.158 Hz

A_0 amplitude = 2.394

Average f_0 = 2.994 ± 0.408



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	12 valid windows (length > 3.17 s) out of 12	OK
$n_c(f_0) > 200$	5684.6 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	5.91631 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.39 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% ≤ 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.40779 ≥ 0.15791	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.30038 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: prova 3

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: SCHIGNANO

Latitude: 43,96664N

Longitude: 011,10289E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 525 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico intenso

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

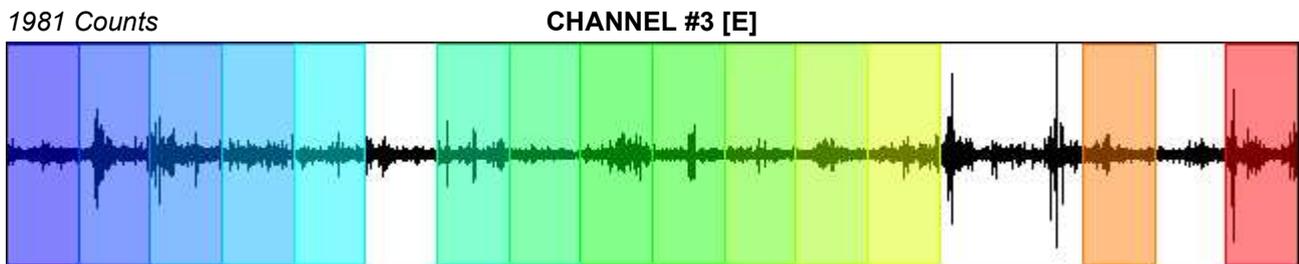
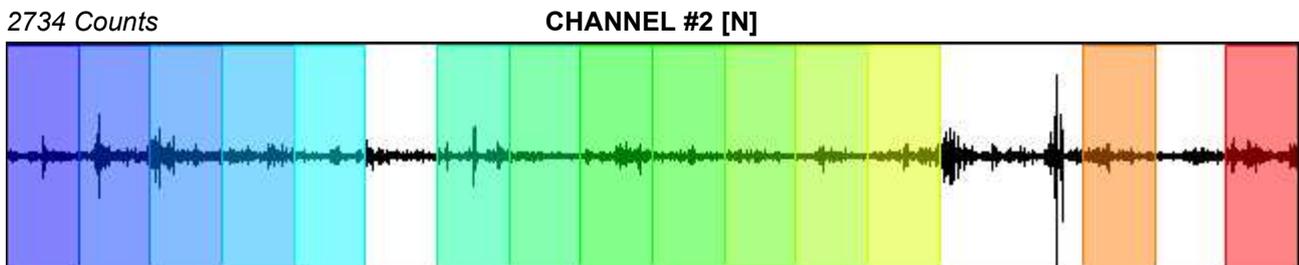
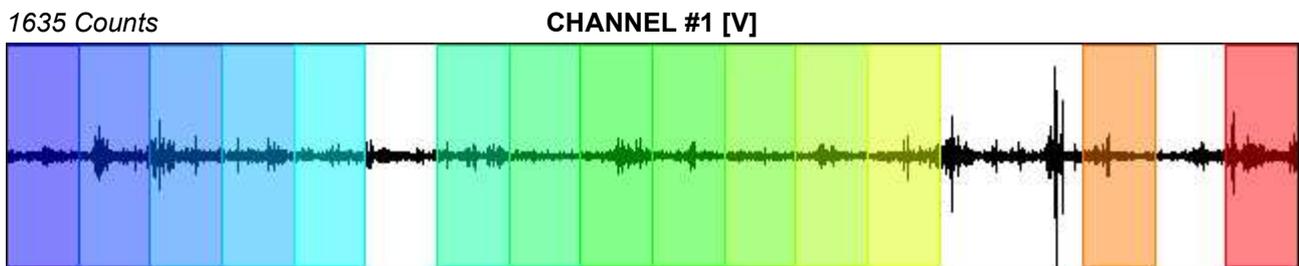
Recording start time: 2014/10/07 17:35:23

Recording length: 30 min

Windows count: 14

Average windows length: 100

Signal coverage: 77.78%



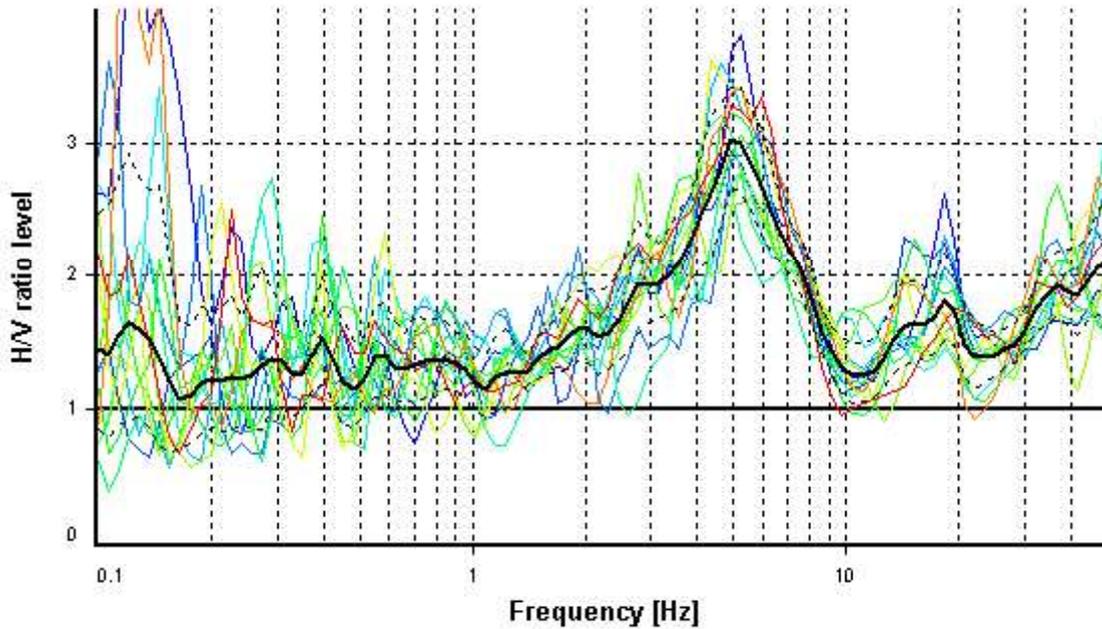
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

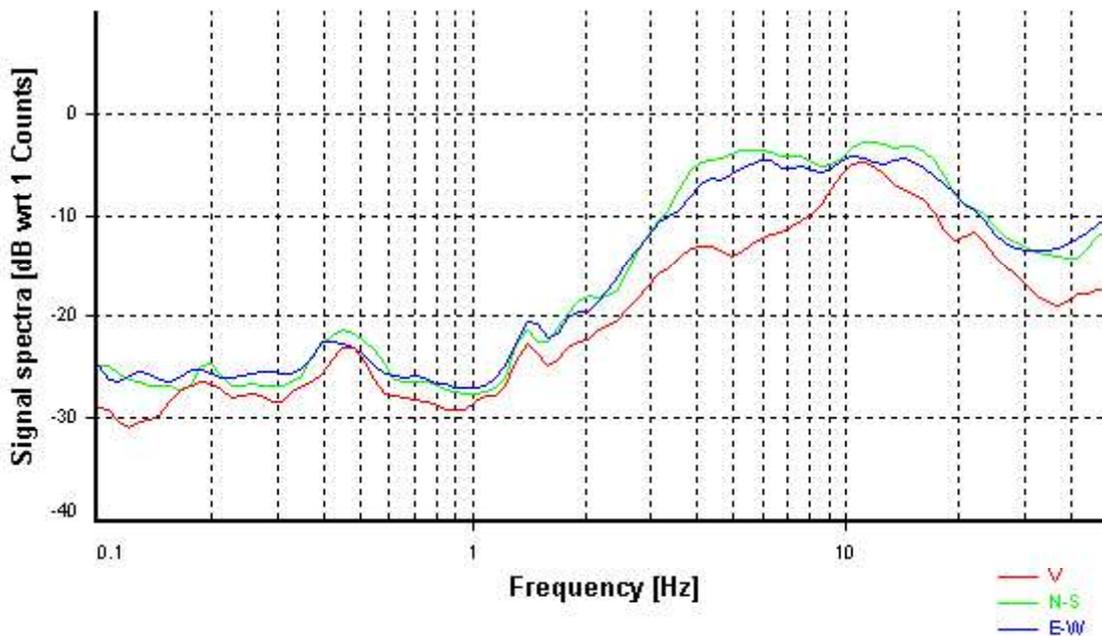
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

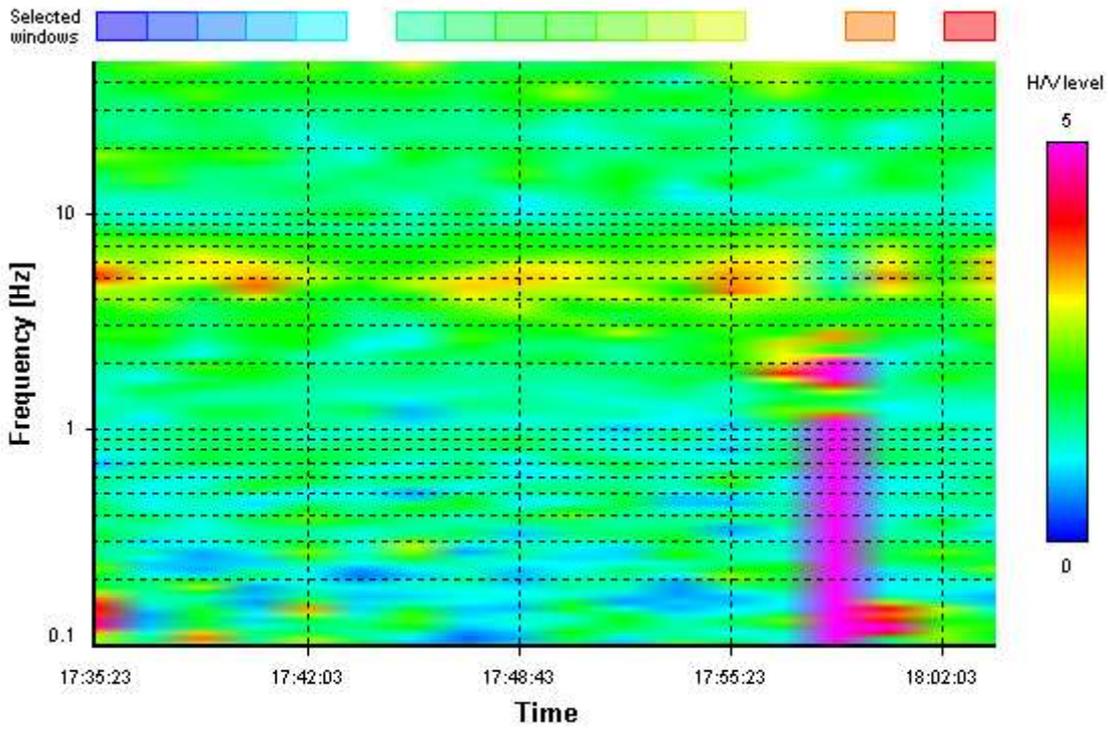
HVSR average



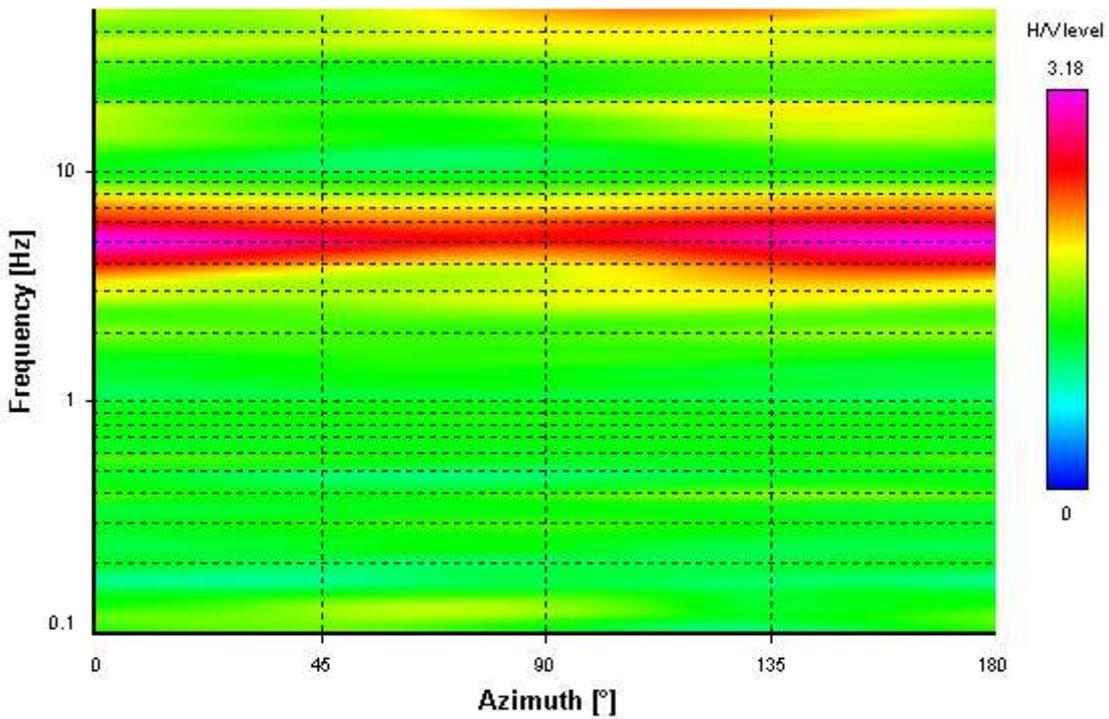
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



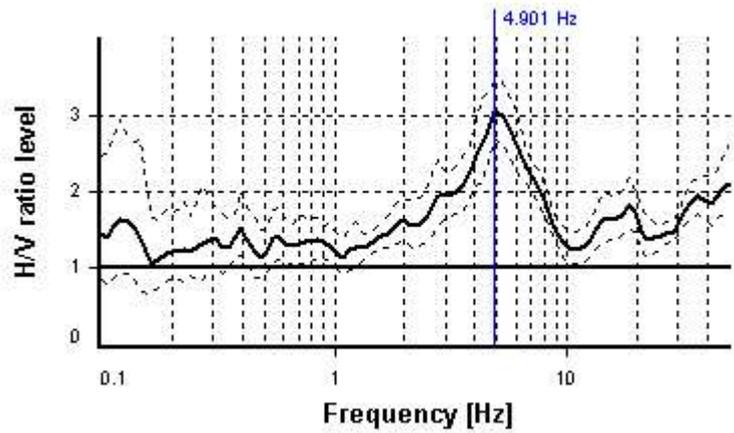
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

4.901 Hz

A_0 amplitude = 3.029

Average $f_0 = 4.994 \pm 0.537$



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	14 valid windows (length > 2.04 s) out of 14	OK
$n_c(f_0) > 200$	6861.07 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	1.68579 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	9.18094 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.03 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.53736 >= 0.24504	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.13019 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 4

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: SCHIGNANO

Latitude: 43,97003N

Longitude: 011,10974E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 450 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

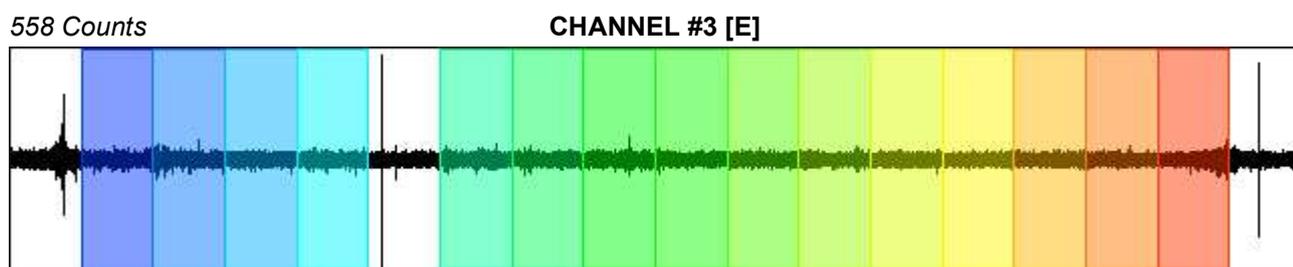
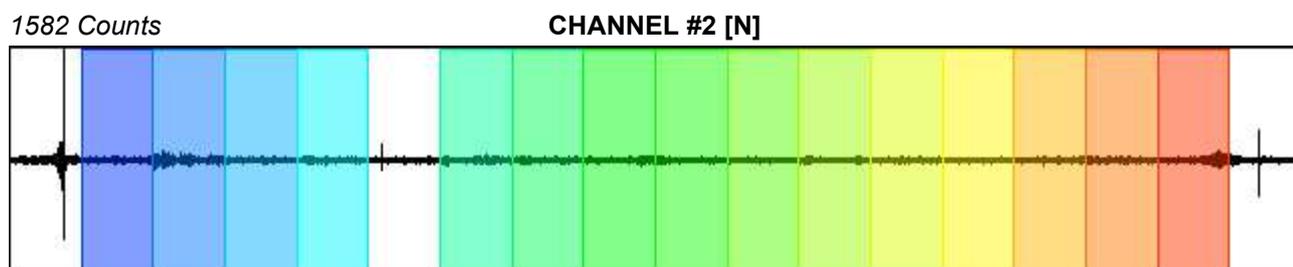
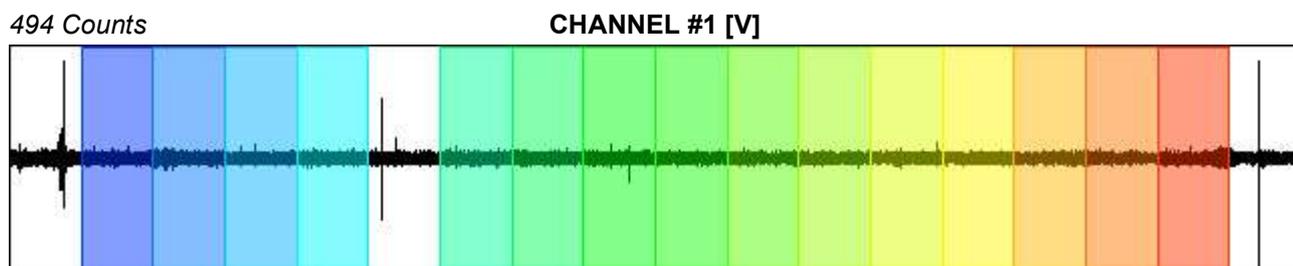
Recording start time: 2014/10/07 18:19:49

Recording length: 30 min

Windows count: 15

Average windows length: 100

Signal coverage: 83.33%



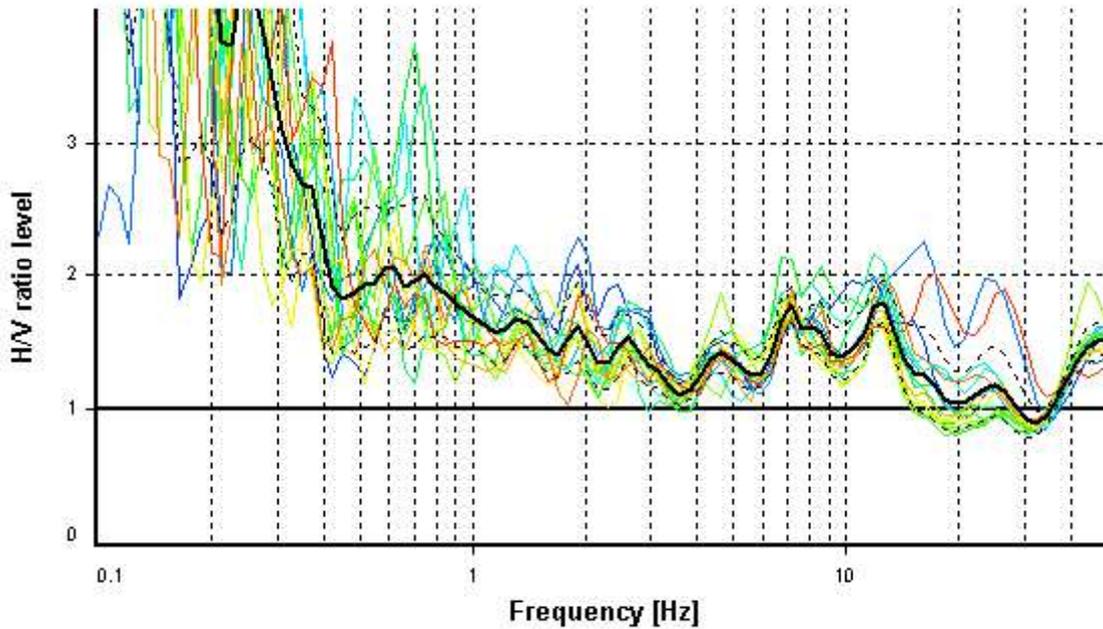
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

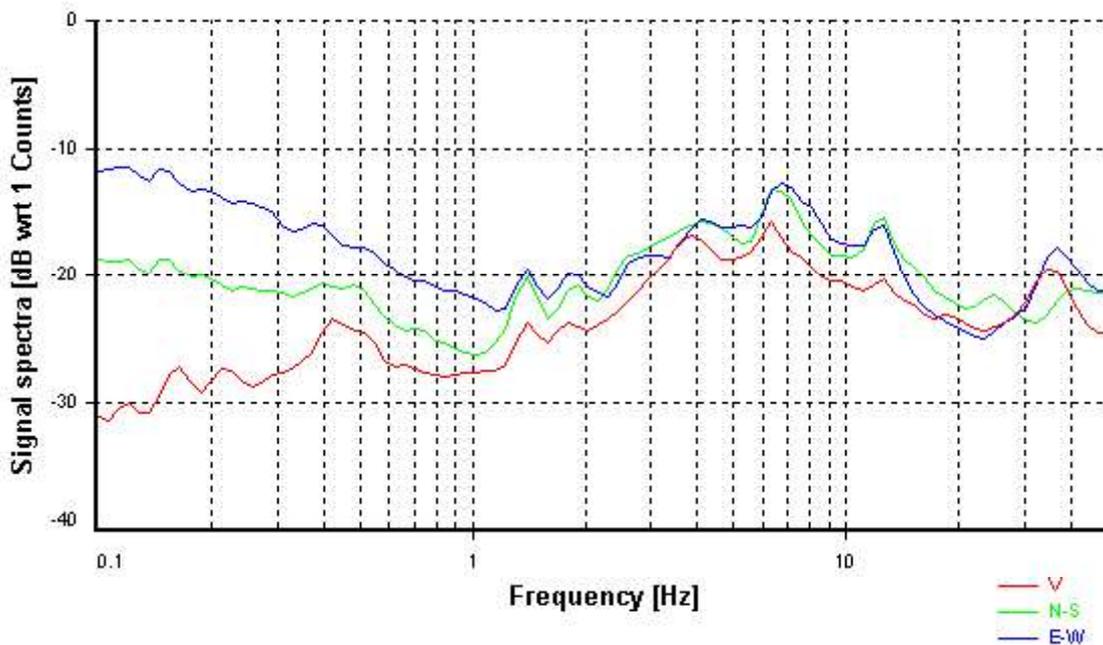
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

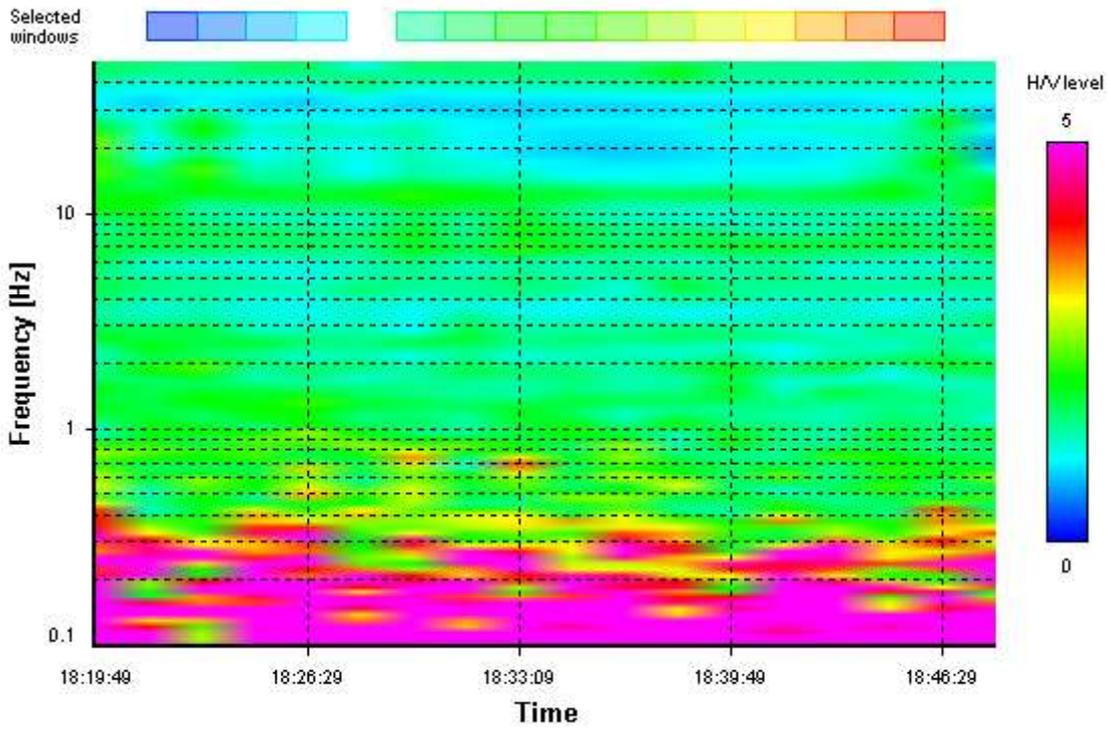
HVSR average



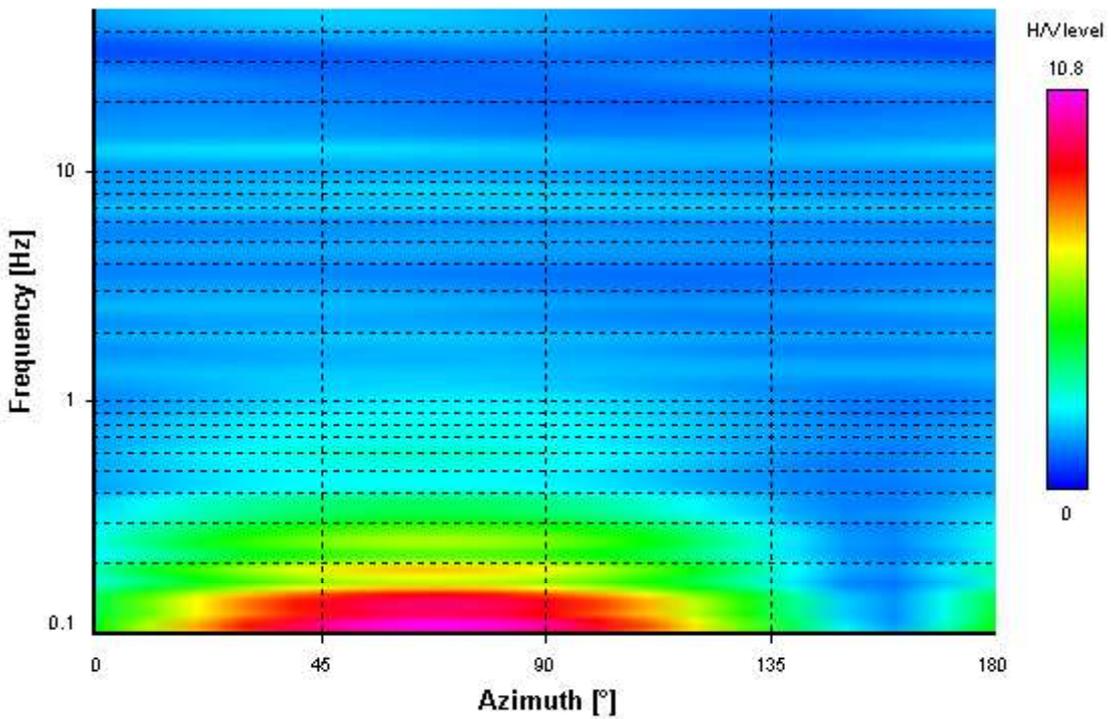
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



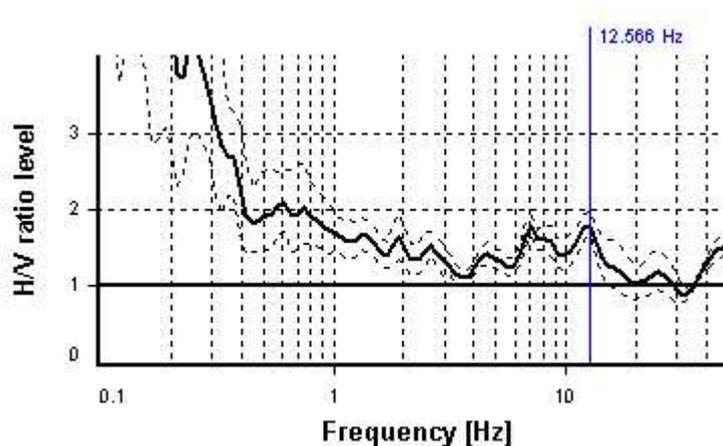
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

12.566 Hz

A_0 amplitude = 1.803

Average $f_0 = 12.684 \pm 1.850$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	15 valid windows (length > 0.8 s) out of 15	OK
$n_c(f_0) > 200$	18849.08 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	32.22061 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.8 \leq 2	NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.85007 \geq 0.6283	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.08908 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: prova 5

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: SCHIGNANO

Latitude: 43,96315N

Longitude: 011,10042E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 530 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/07 15:25:18

Recording length: 30 min

Windows count: 17

Average windows length: 100

Signal coverage: 94.44%

493 Counts

CHANNEL #1 [V]



-506 Counts

1023 Counts

CHANNEL #2 [N]



-1367 Counts

694 Counts

CHANNEL #3 [E]



-568 Counts

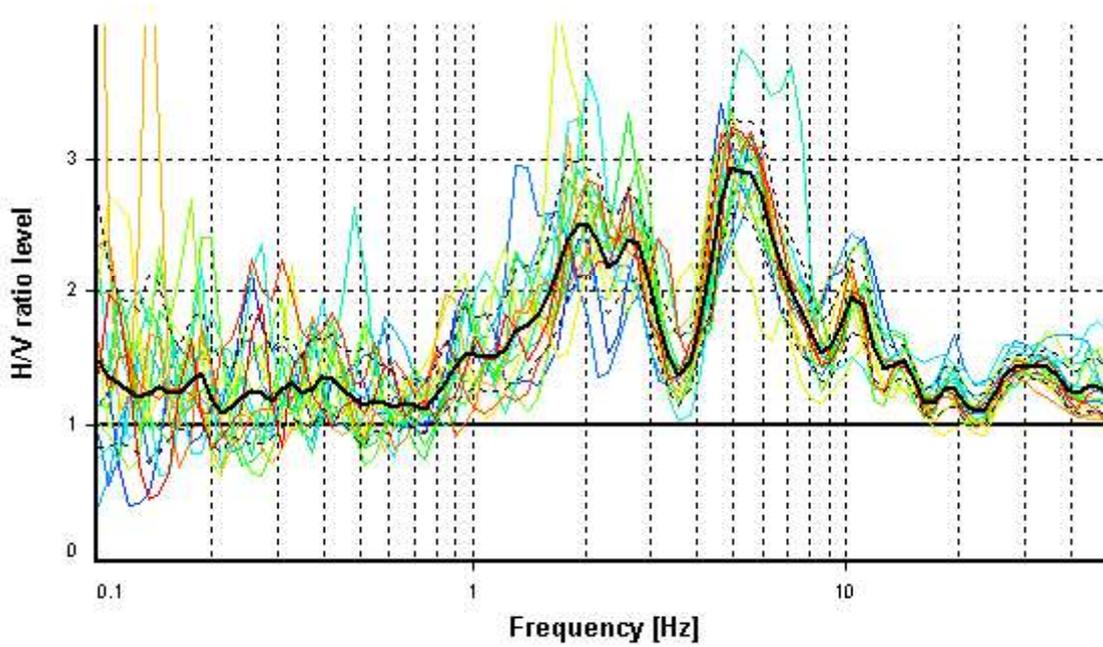
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

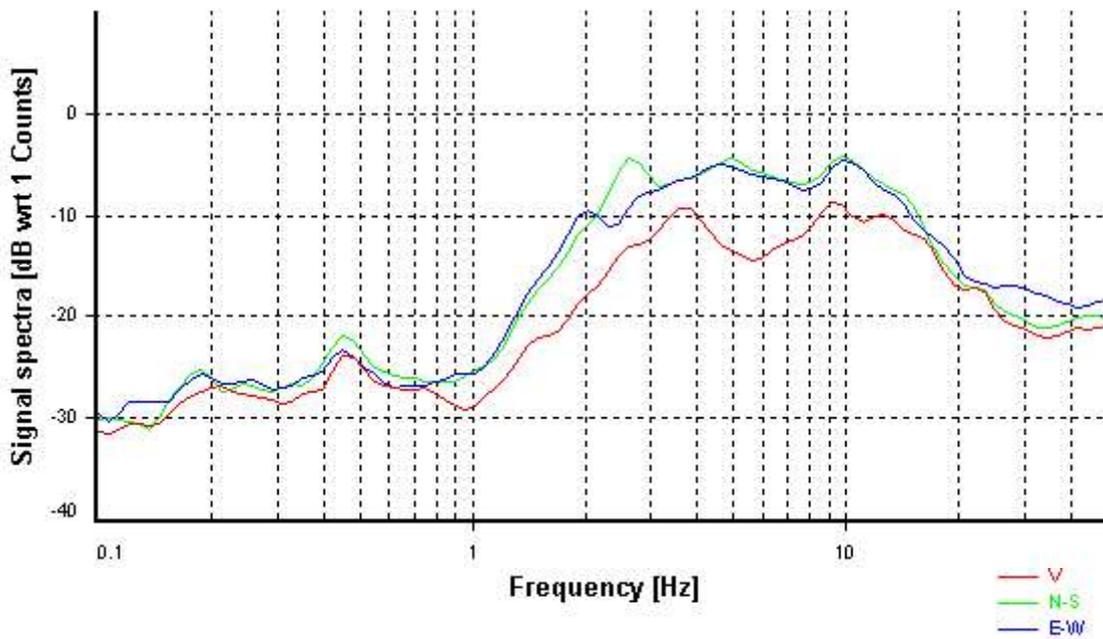
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

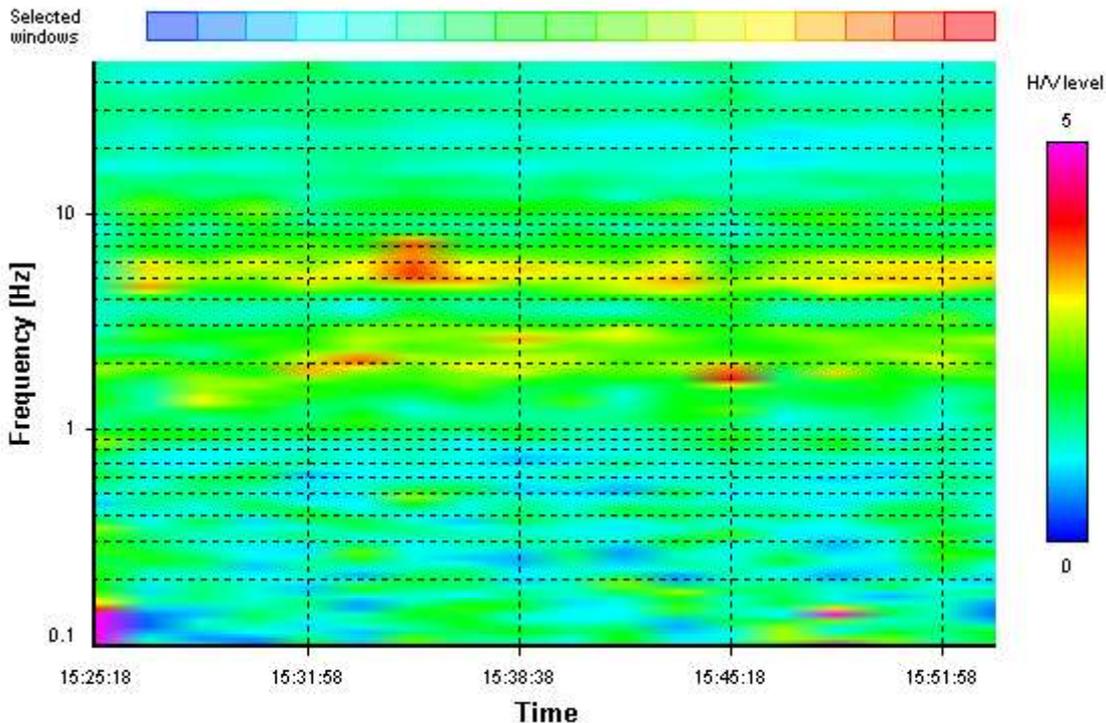
HVSR average



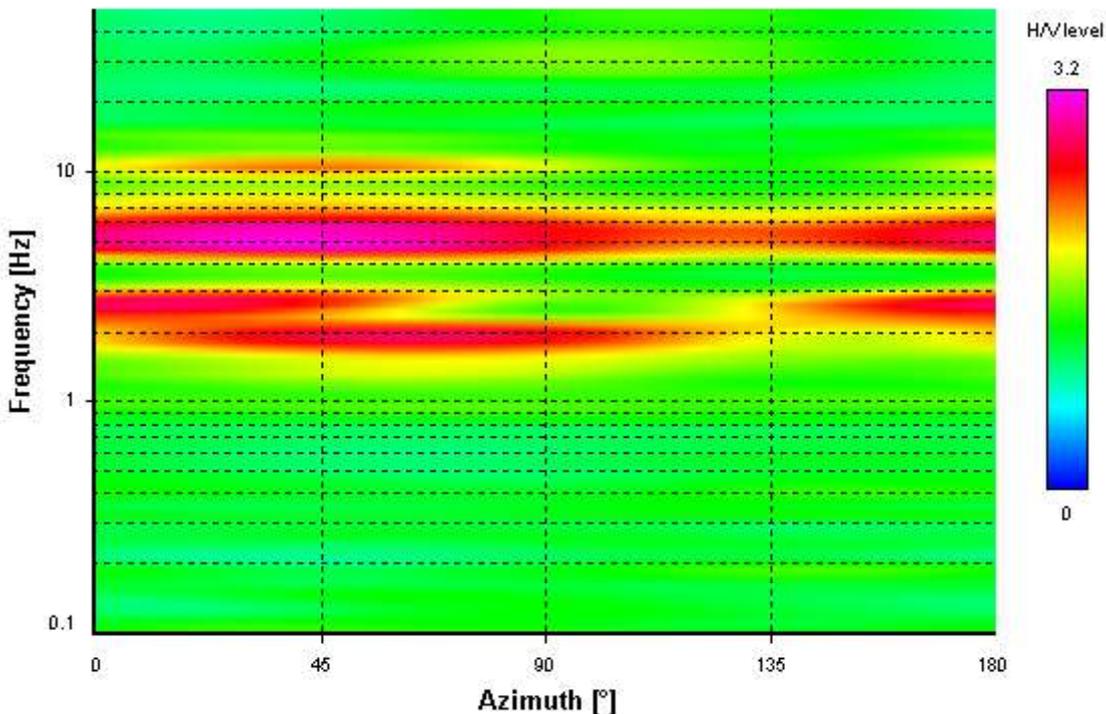
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



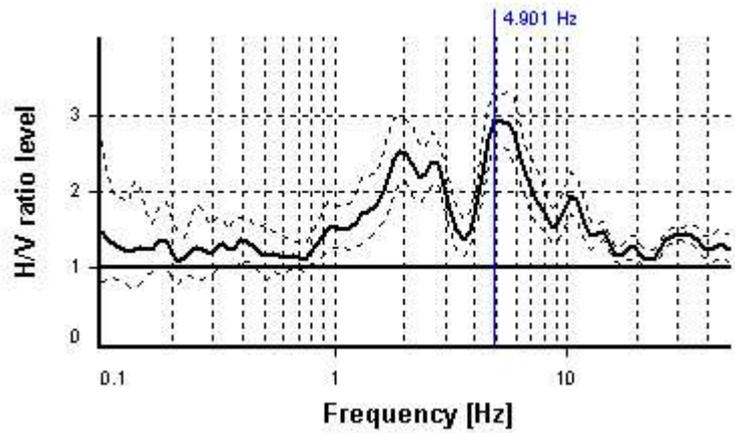
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

4.901 Hz

A_0 amplitude = 2.929

Average $f_0 = 5.118 \pm 0.397$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	17 valid windows (length > 2.04 s) out of 17	OK
$n_c(f_0) > 200$	8331.3 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	3.58057 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	12.56605 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.93 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.39656 >= 0.24504	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.13201 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 6

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: SCHIGNANO

Latitude: 43,95793N

Longitude: 011,09336E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 500 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico moderato

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/07 10:50:09

Recording length: 30 min

Windows count: 14

Average windows length: 100

Signal coverage: 77.78%

577 Counts

CHANNEL #1 [V]



-602 Counts

1120 Counts

CHANNEL #2 [N]



-1149 Counts

990 Counts

CHANNEL #3 [E]



-889 Counts

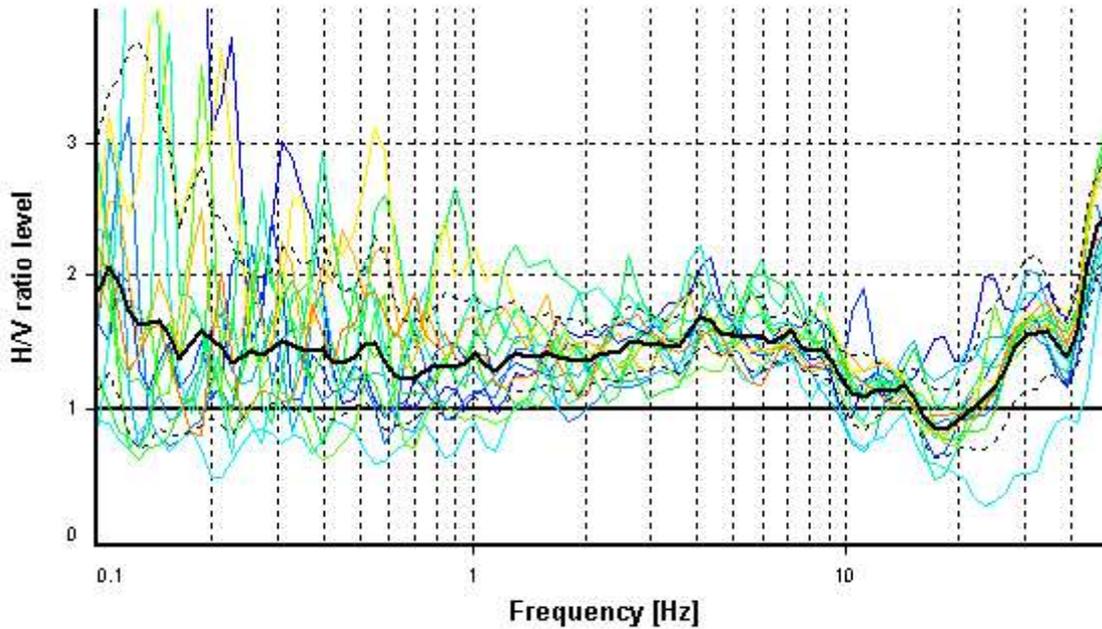
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

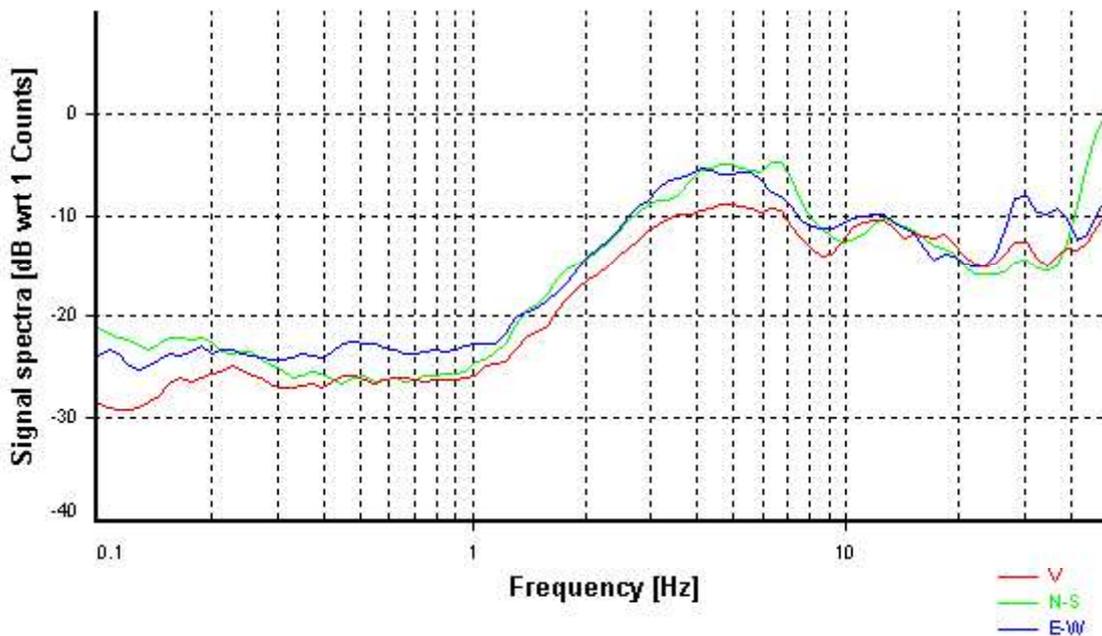
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

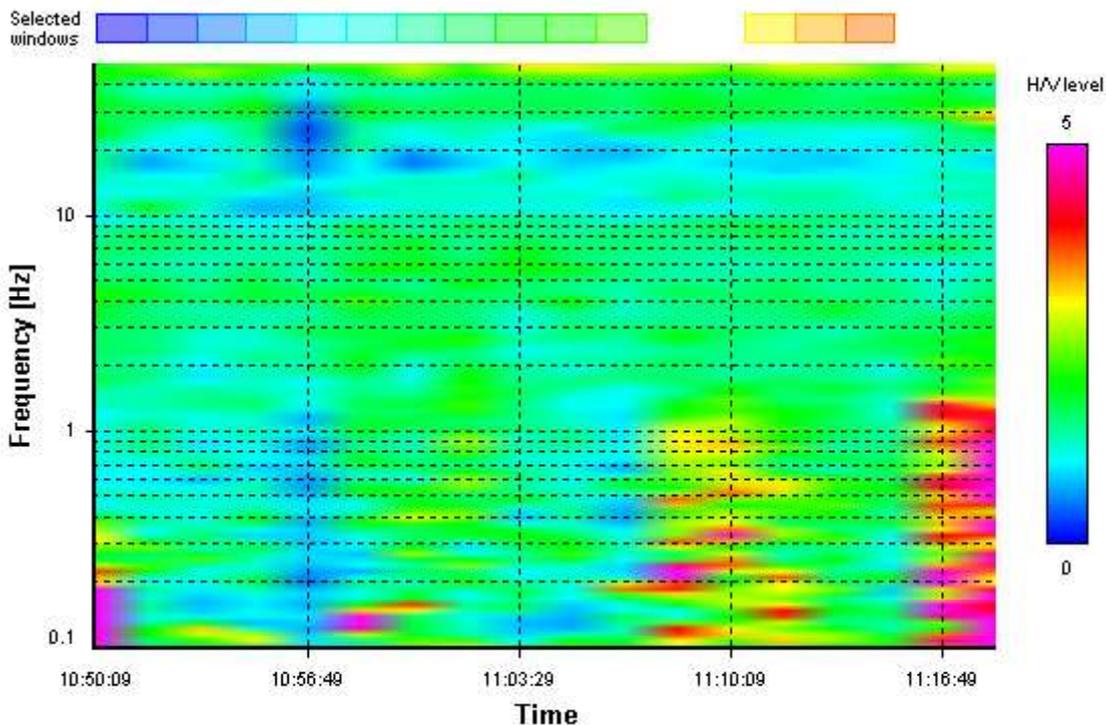
HVSR average



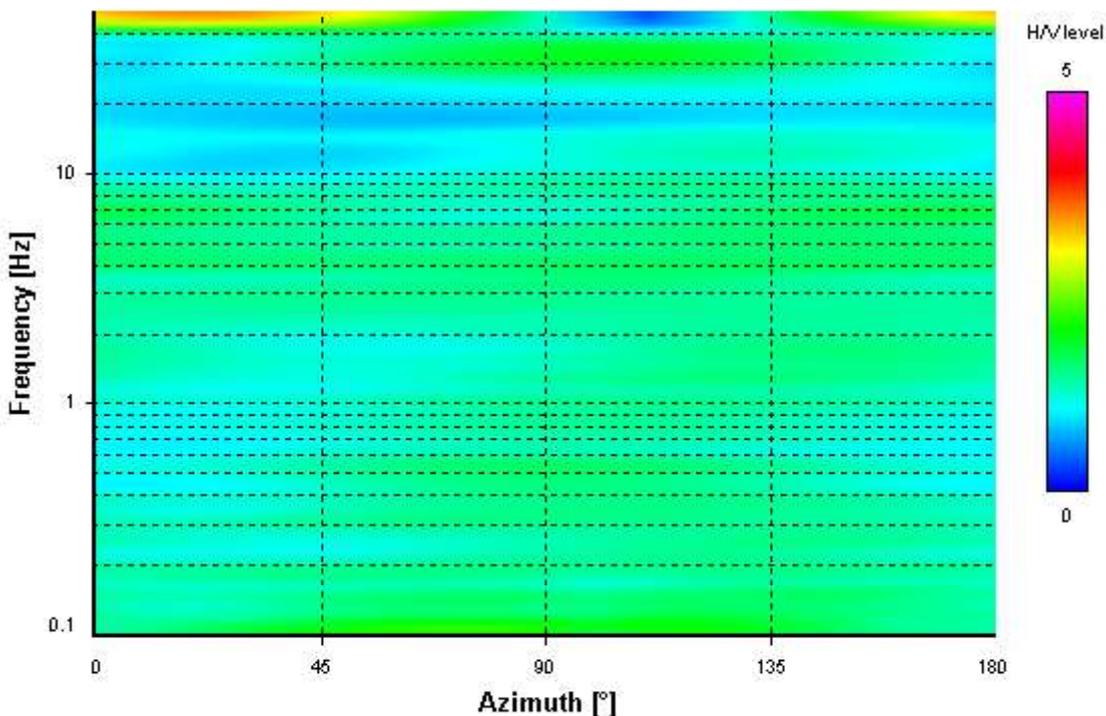
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



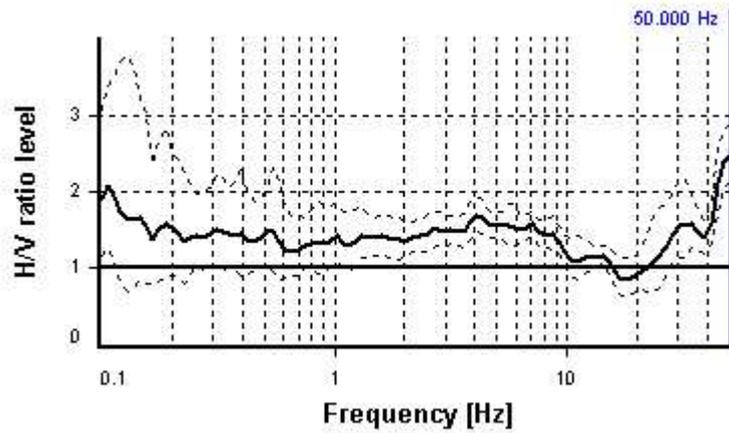
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

50.000 Hz

A_0 amplitude = 2.474

Average $f_0 = 48.709 \pm 1.932$



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	14 valid windows (length > 0.2 s) out of 14	OK
$n_c(f_0) > 200$	70000 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 12	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	25.06597 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.47 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.93159 < 2.5	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.16279 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 7

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: SCHIGNANO

Latitude: 43,95256N

Longitude: 011,09642E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 470 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico moderato

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/07 10:03:39

Recording length: 30 min

Windows count: 16

Average windows length: 100

Signal coverage: 88.89%

2956 Counts

CHANNEL #1 [V]



-2859 Counts

1775 Counts

CHANNEL #2 [N]



-2002 Counts

1356 Counts

CHANNEL #3 [E]



-1529 Counts

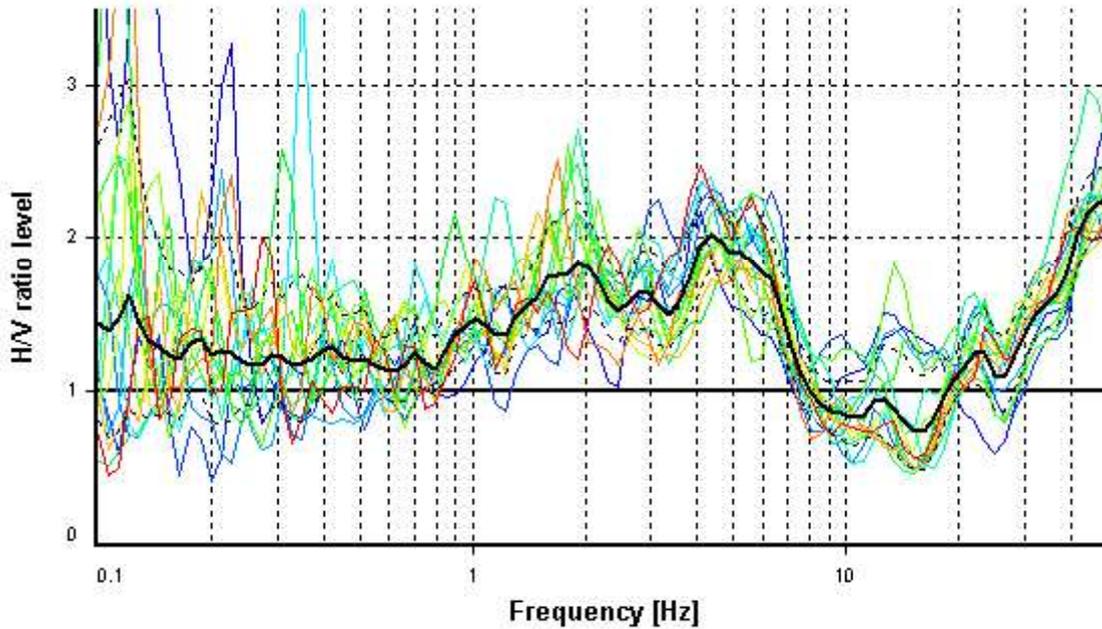
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

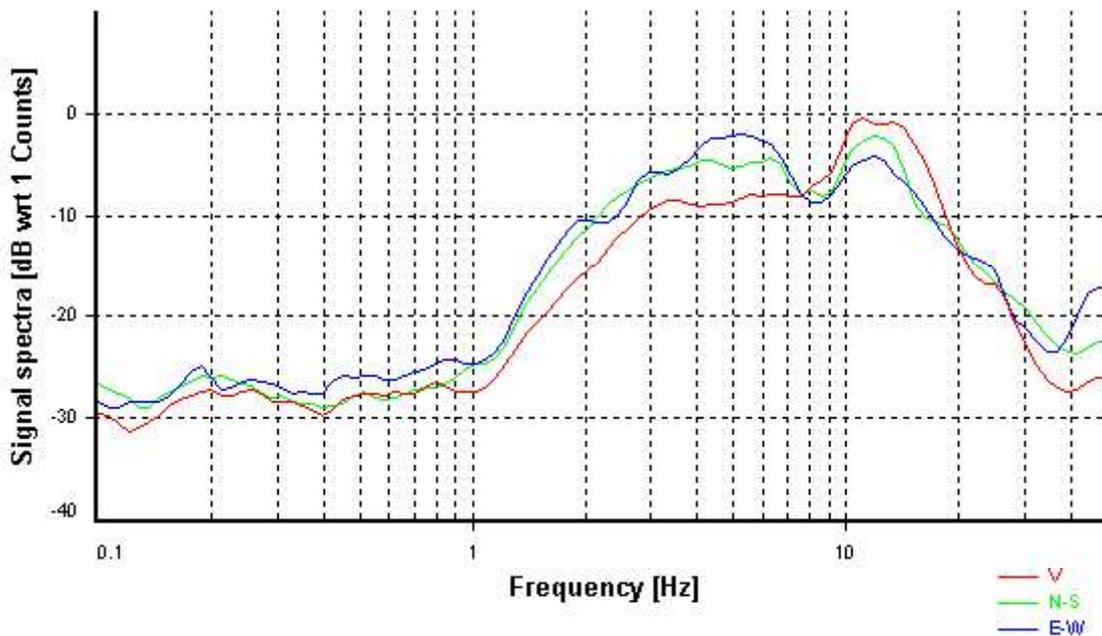
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

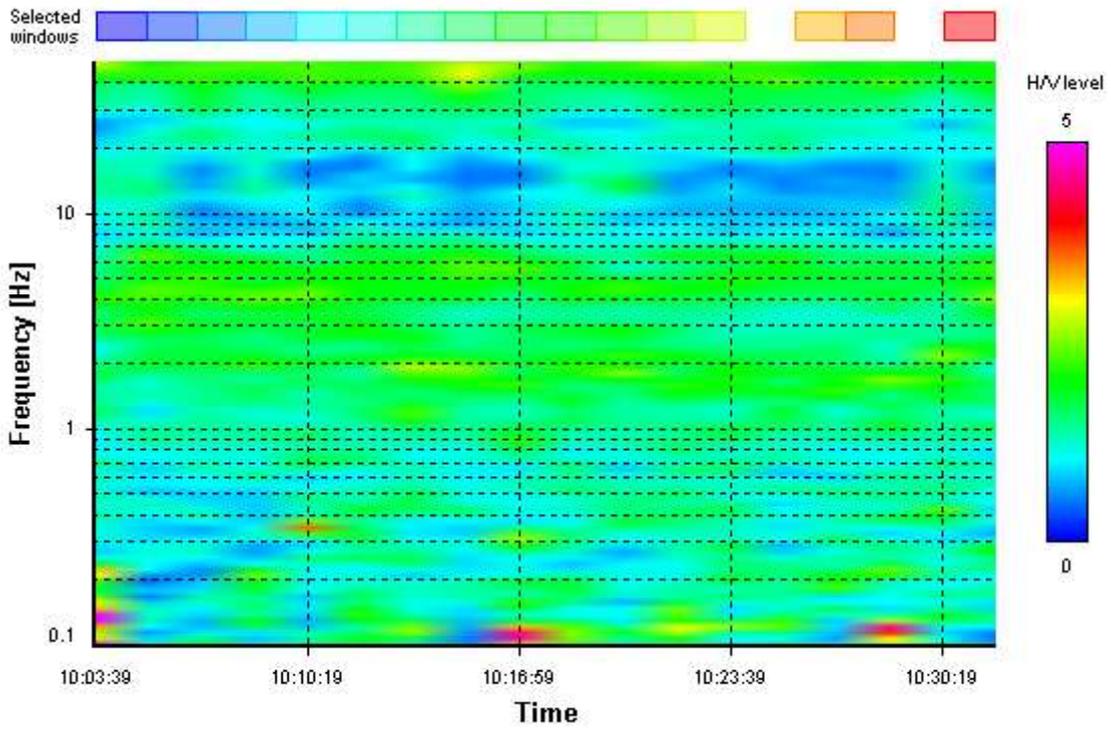
HVSR average



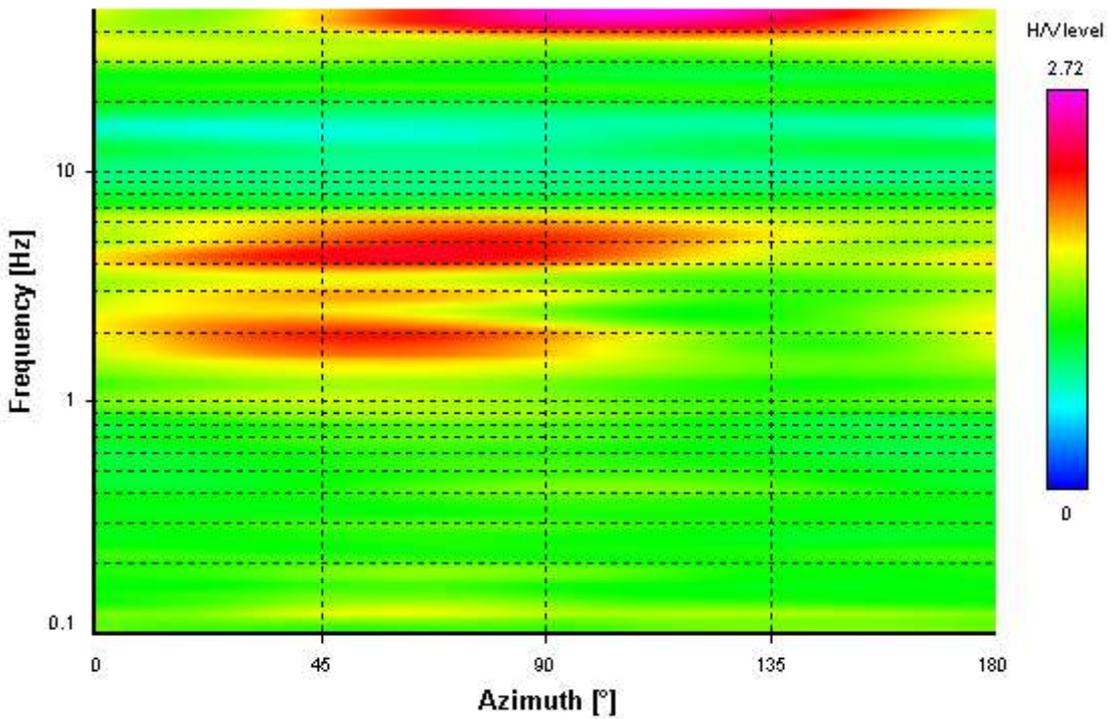
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



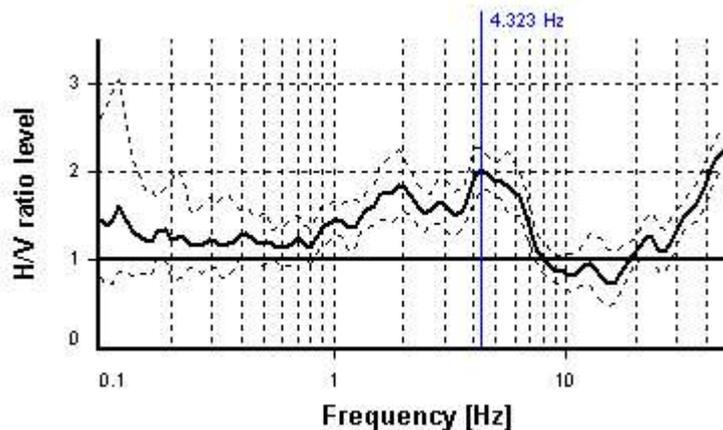
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

4.323 Hz

A_0 amplitude = 2.022

Average $f_0 = 4.691 \pm 0.596$



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	16 valid windows (length > 2.31 s) out of 16	OK
$n_c(f_0) > 200$	6916.07 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	8.09772 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.02 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.59643 >= 0.21613	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.12356 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: prova 8ter

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: SCHIGNANO

Latitude: 43,95831N

Longitude: 011,10029E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 465 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

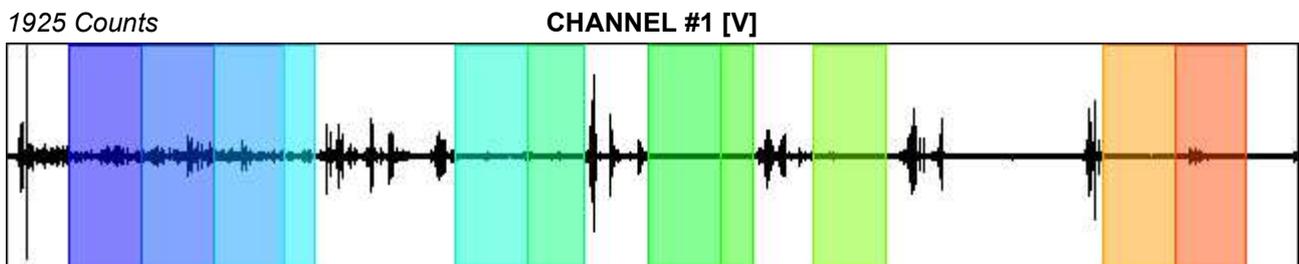
Recording start time: 2014/12/10 22:08:54

Recording length: 30 min

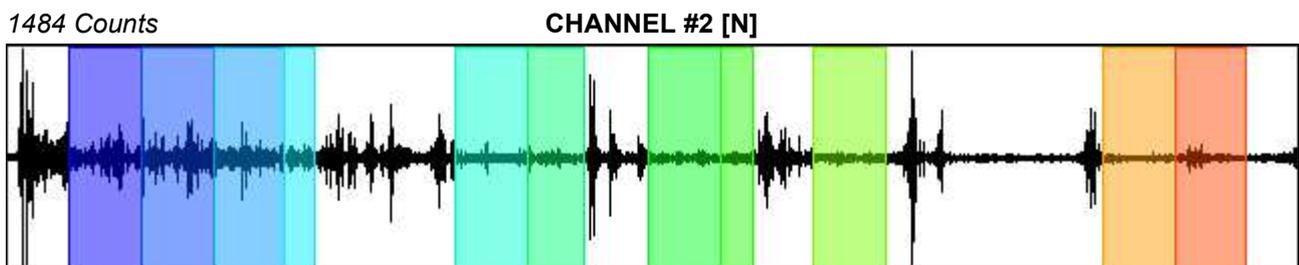
Windows count: 11

Average windows length: 87.97

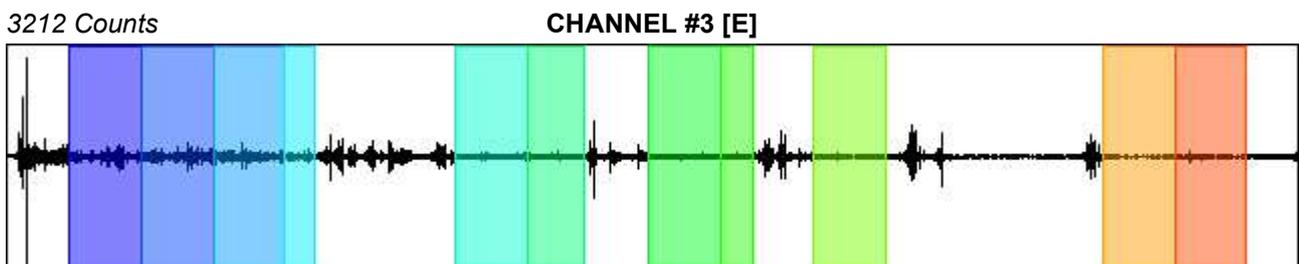
Signal coverage: 53.76%



-1805 Counts



-1503 Counts



-3579 Counts

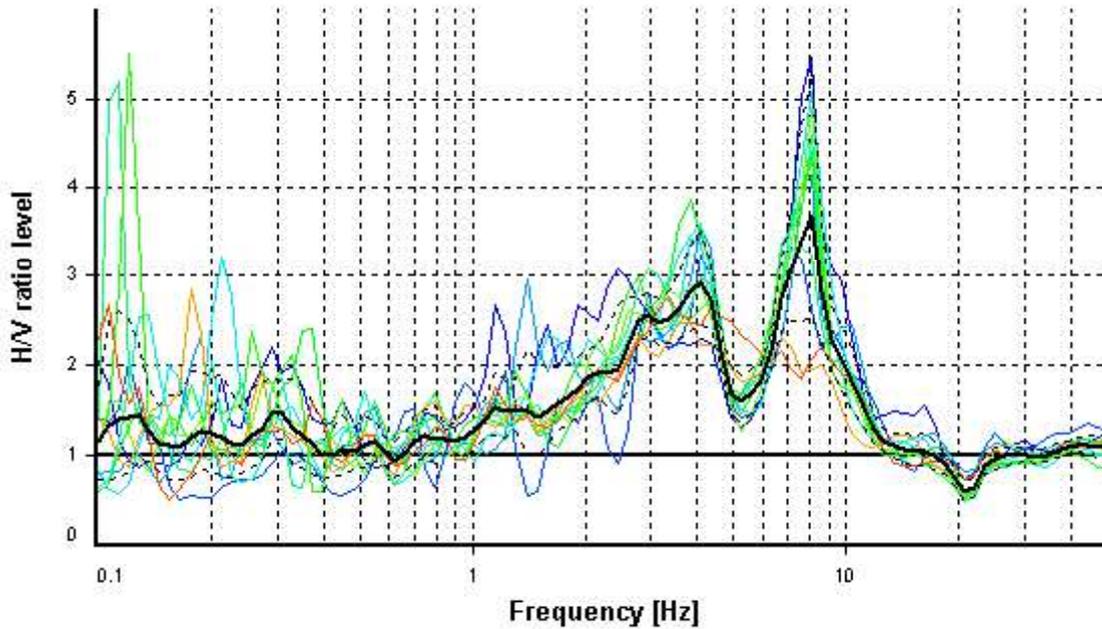
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

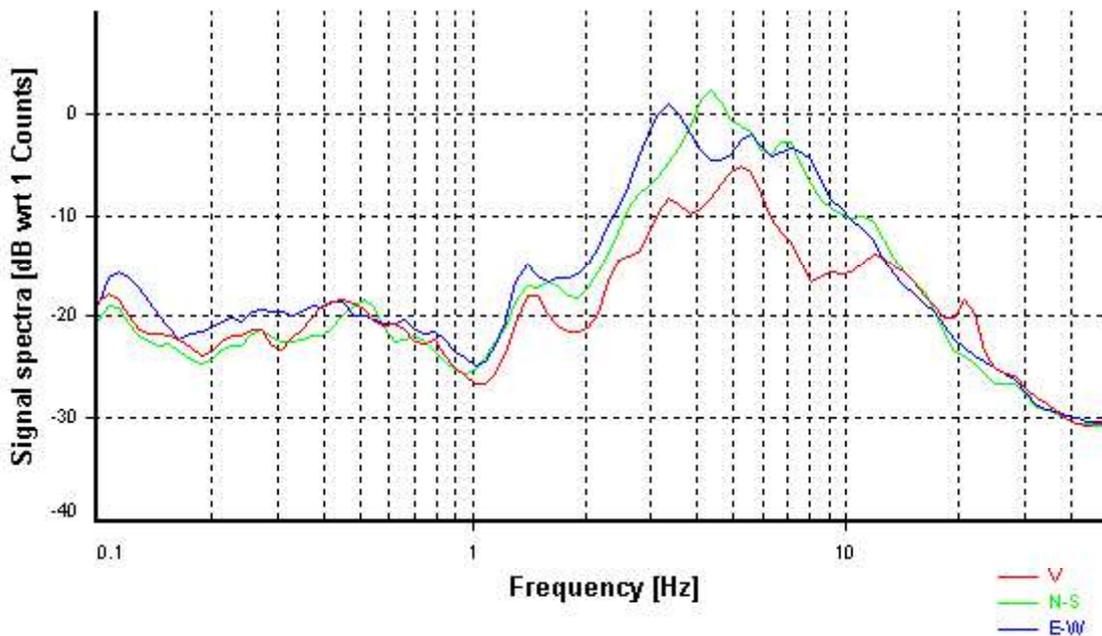
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

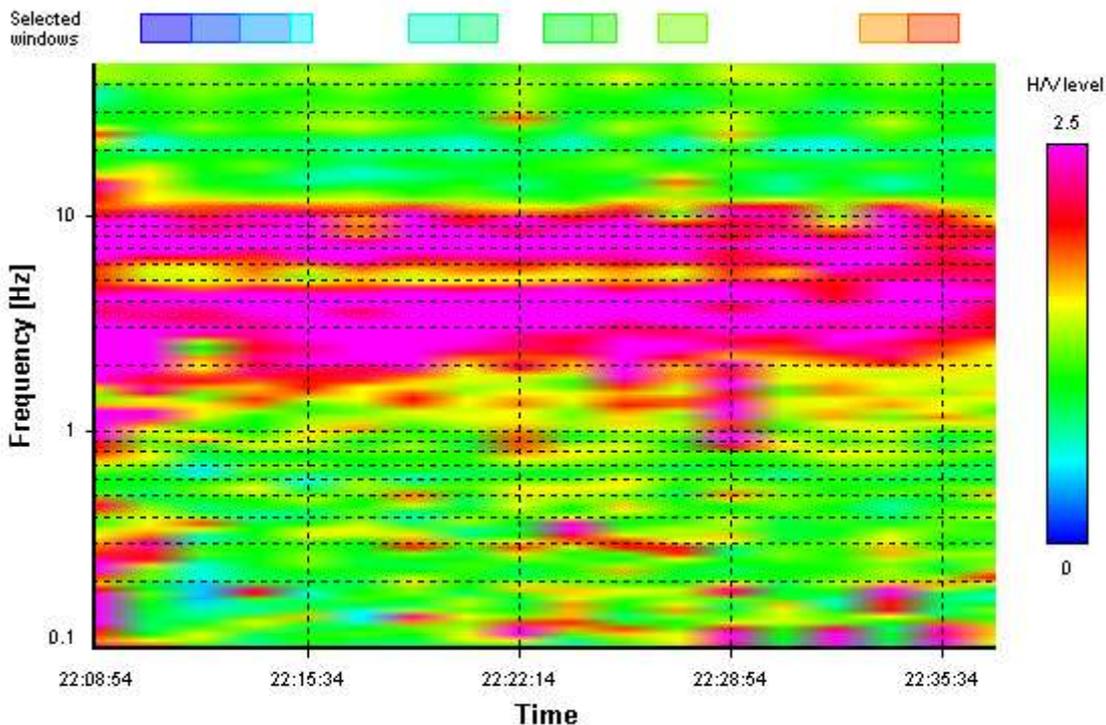
HVSR average



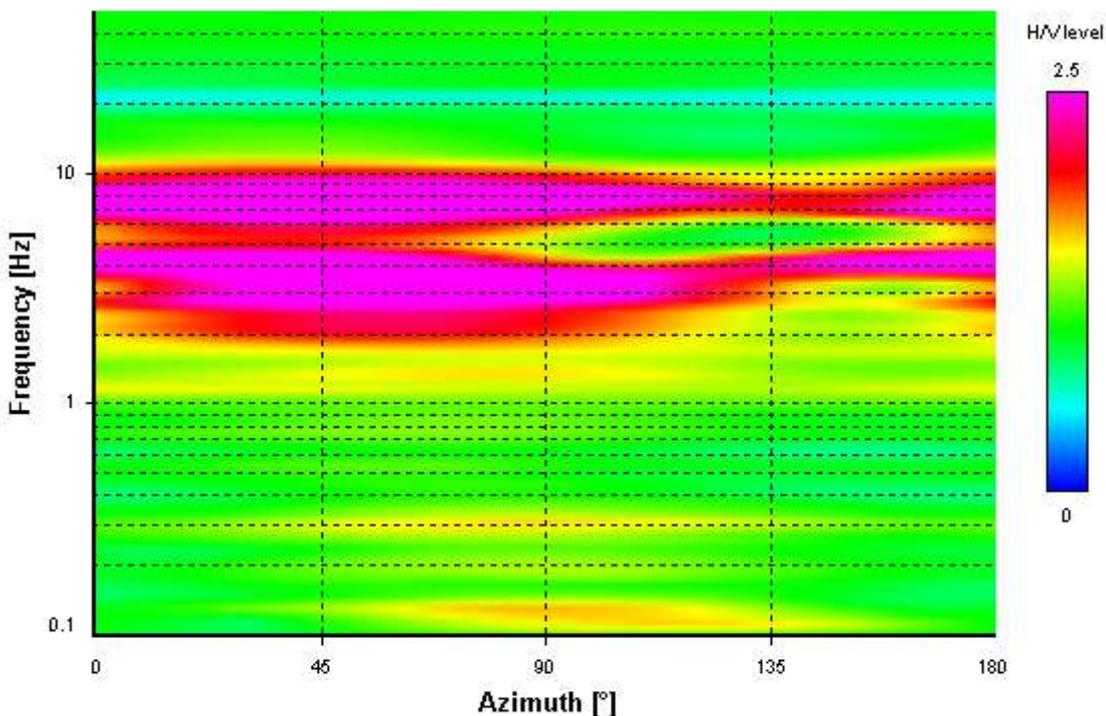
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



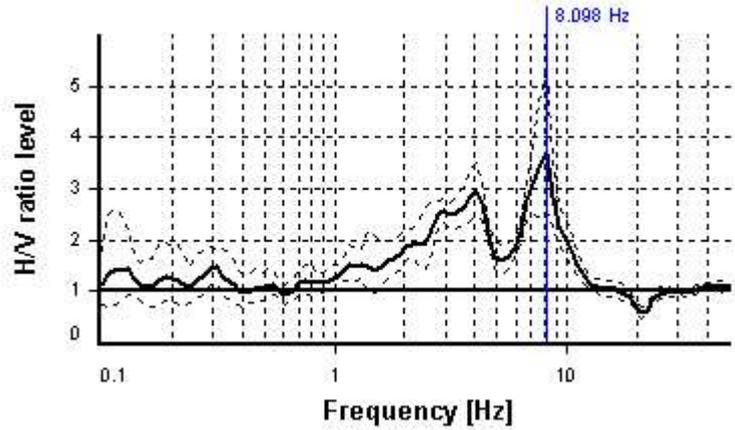
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

8.098 Hz

A_0 amplitude = 3.687

Average $f_0 = 7.609 \pm 0.832$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	11 valid windows (length > 1.23 s) out of 11	OK
$n_c(f_0) > 200$	7836.08 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	5.91631 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	10.40907 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.69 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.83159 \geq 0.40489	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.43888 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 9

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: SCHIGNANO

Latitude: 43,96005N

Longitude: 011,10231E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 440 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

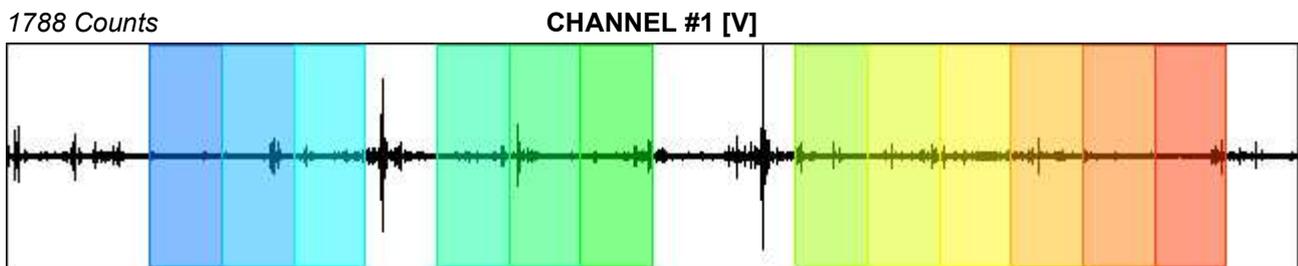
Recording start time: 2014/10/07 12:23:30

Recording length: 30 min

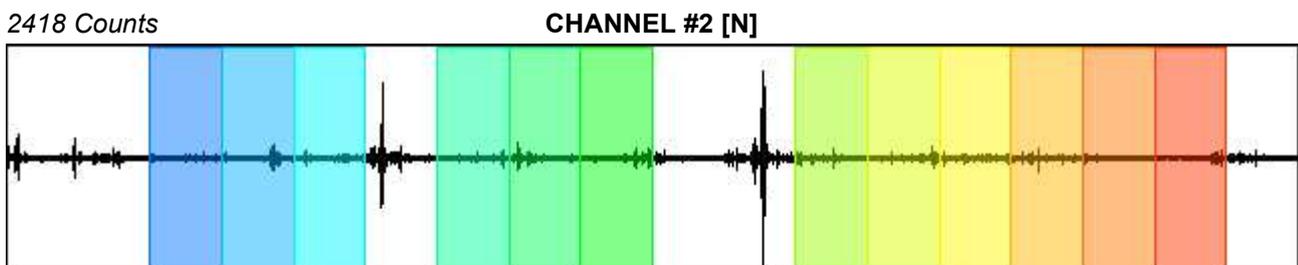
Windows count: 12

Average windows length: 100

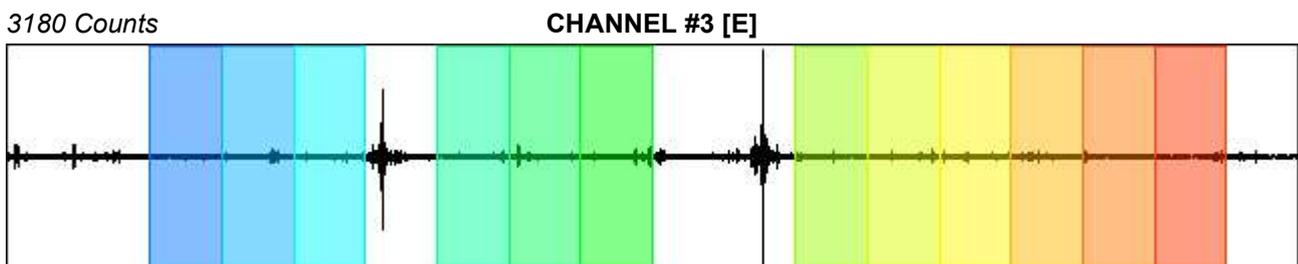
Signal coverage: 66.67%



-1499 Counts



-3099 Counts



-3312 Counts

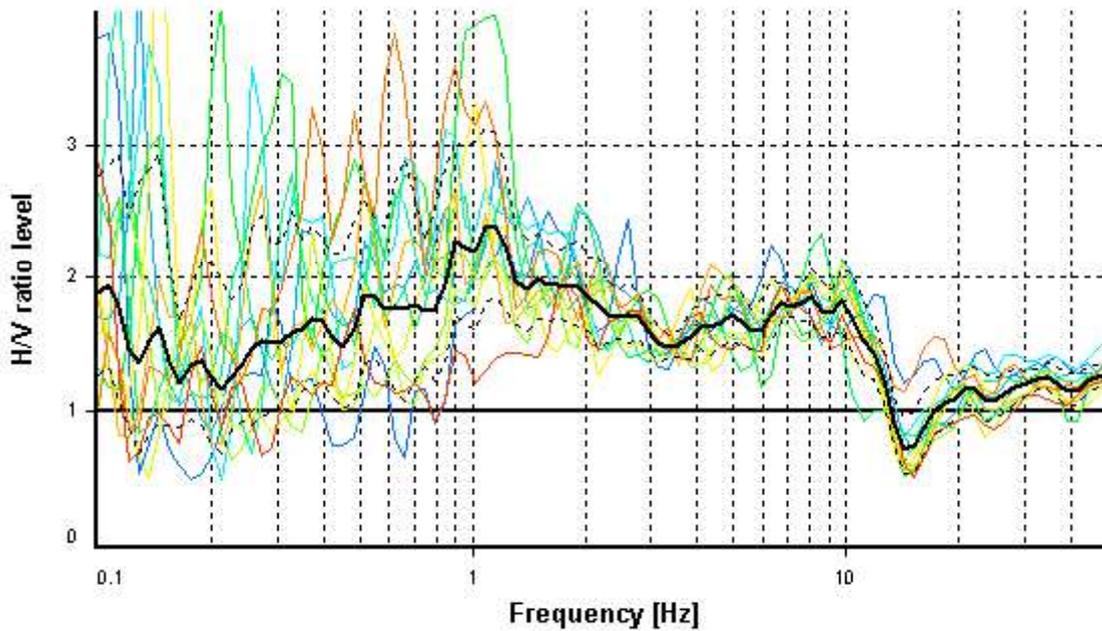
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

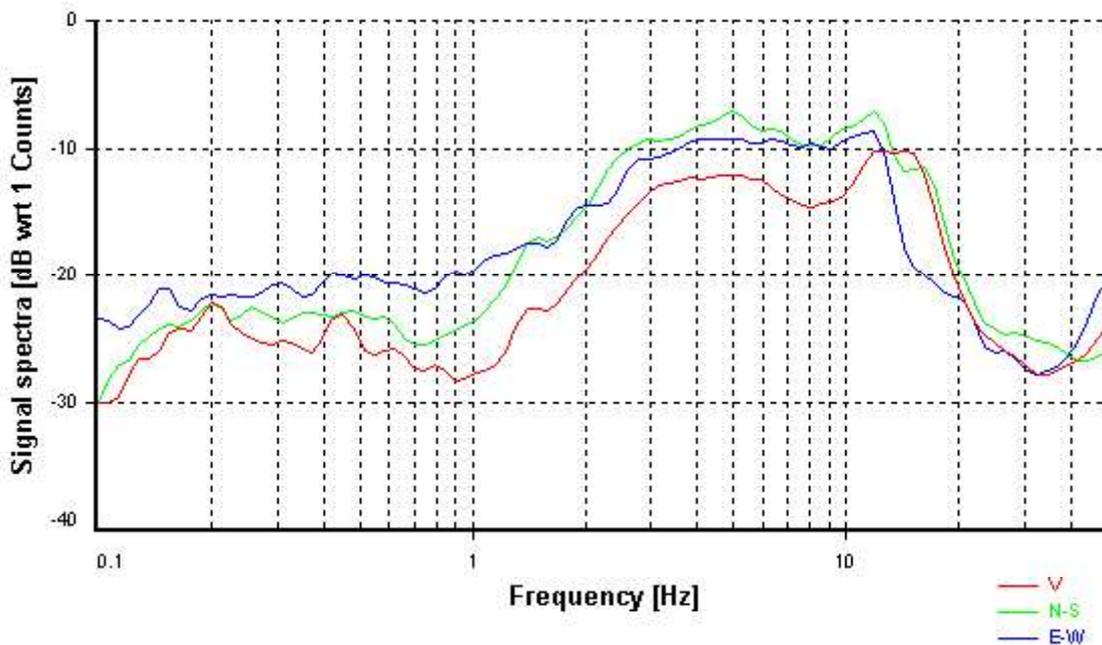
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

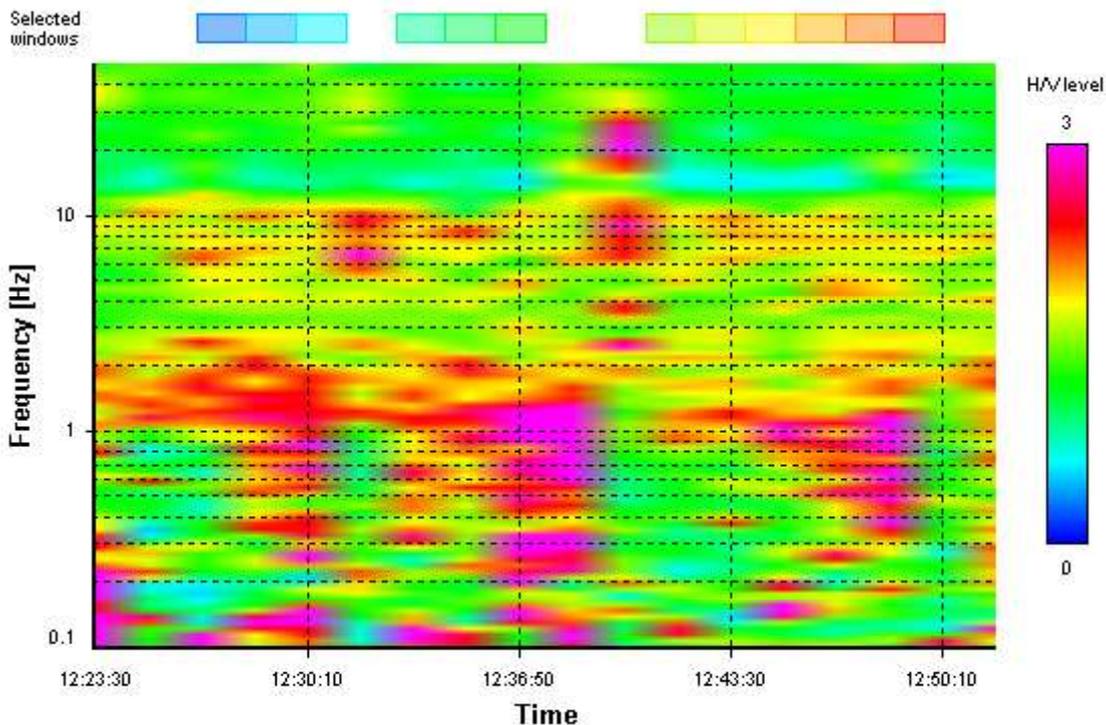
HVSR average



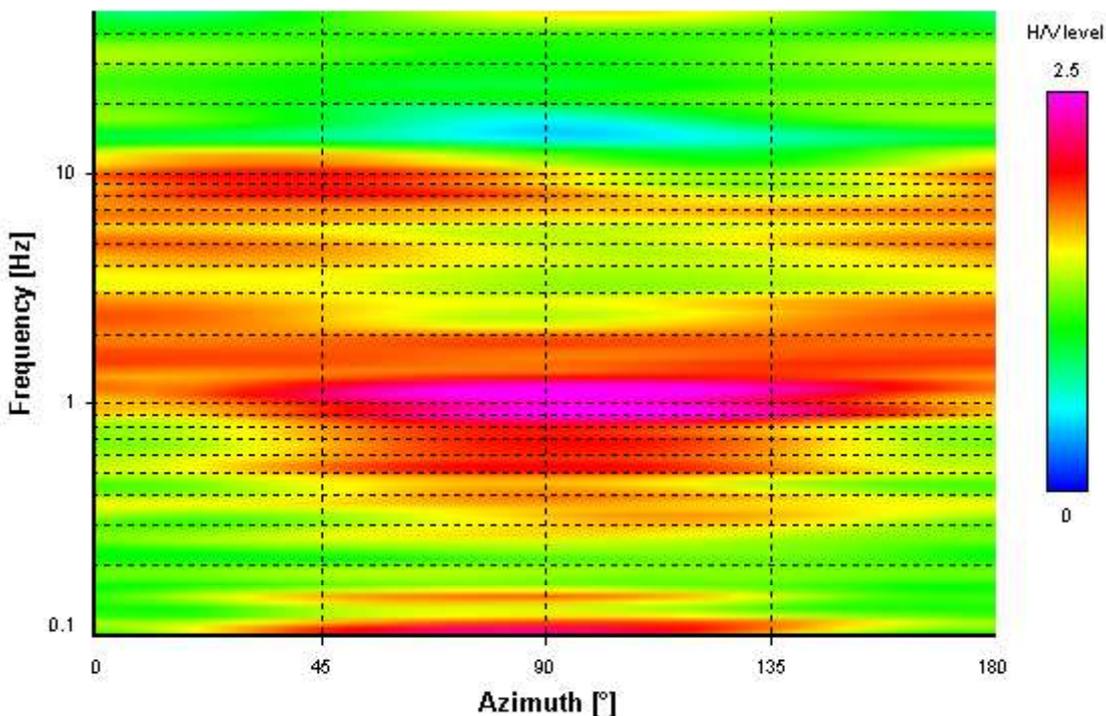
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



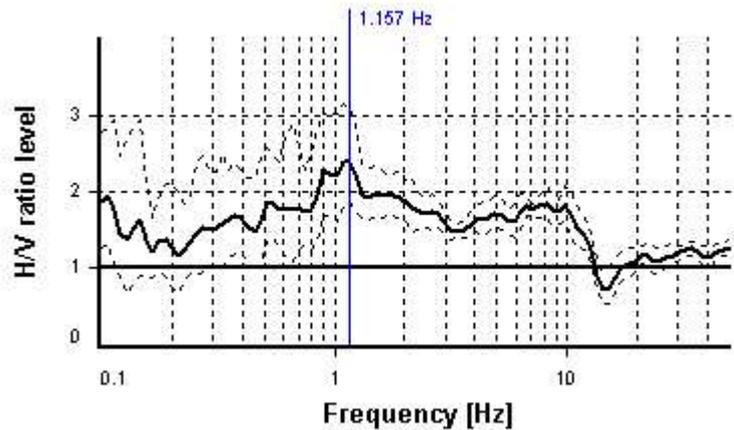
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.157 Hz

A_0 amplitude = 2.395

Average $f_0 = 1.147 \pm 0.267$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	12 valid windows (length > 8.65 s) out of 12	OK
$n_c(f_0) > 200$	1388.07 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.4 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	6.08% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.26725 >= 0.11567	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.28885 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: prova 10

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,96990N

Longitude: 011,12524E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 160 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico cittadino intenso

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

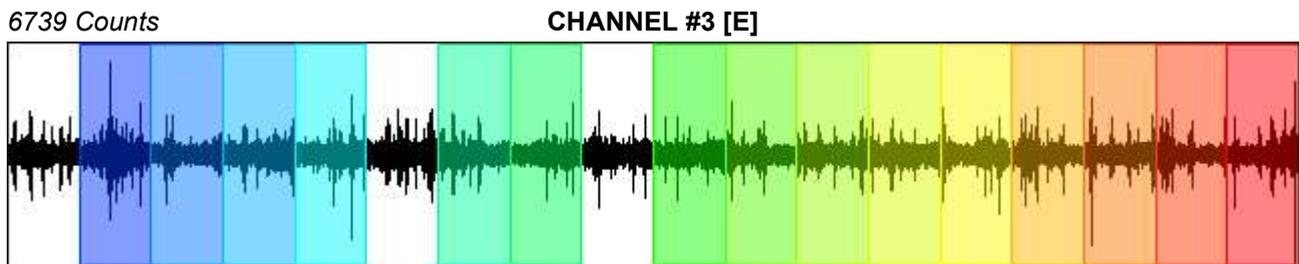
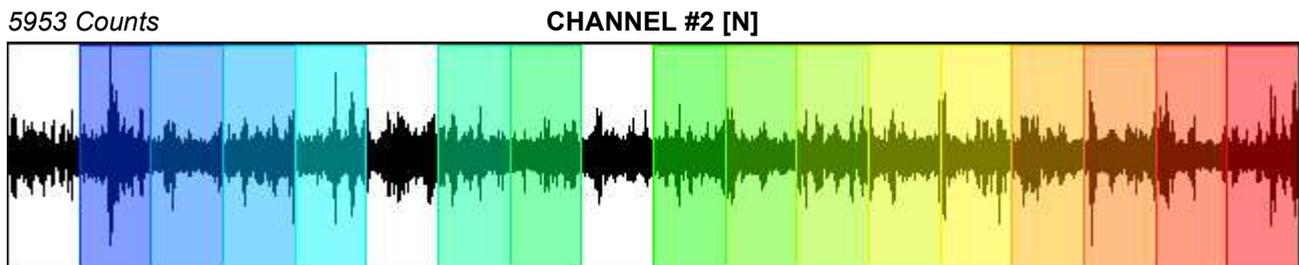
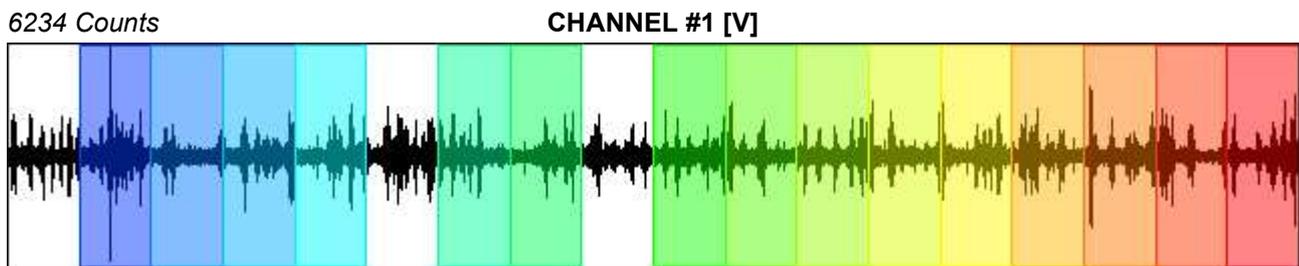
Recording start time: 2014/10/30 11:14:08

Recording length: 30 min

Windows count: 15

Average windows length: 100

Signal coverage: 83.33%



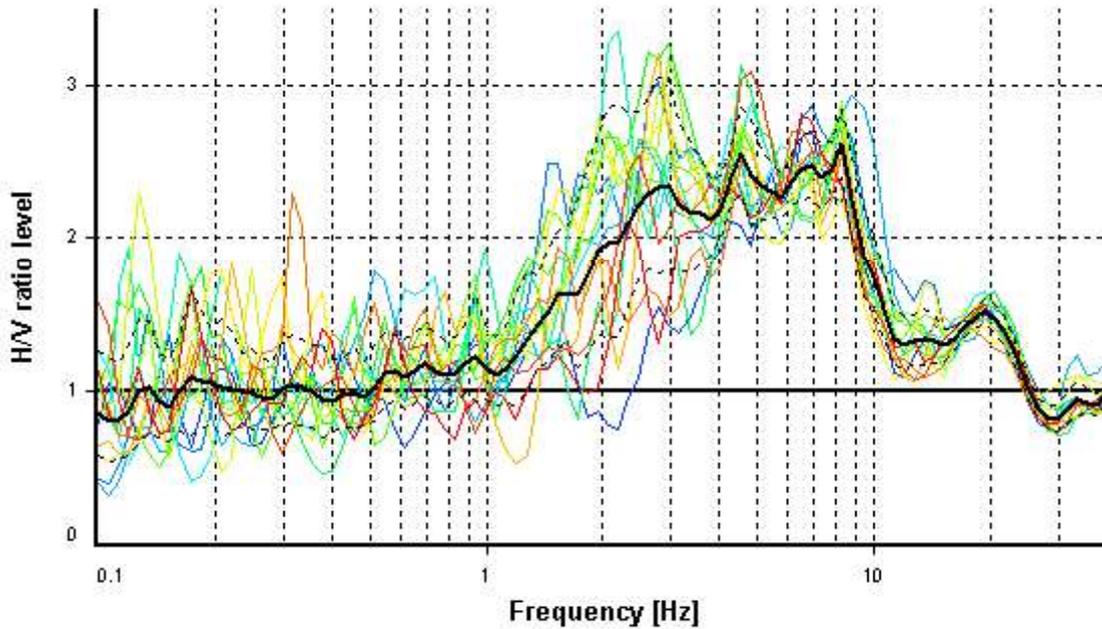
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

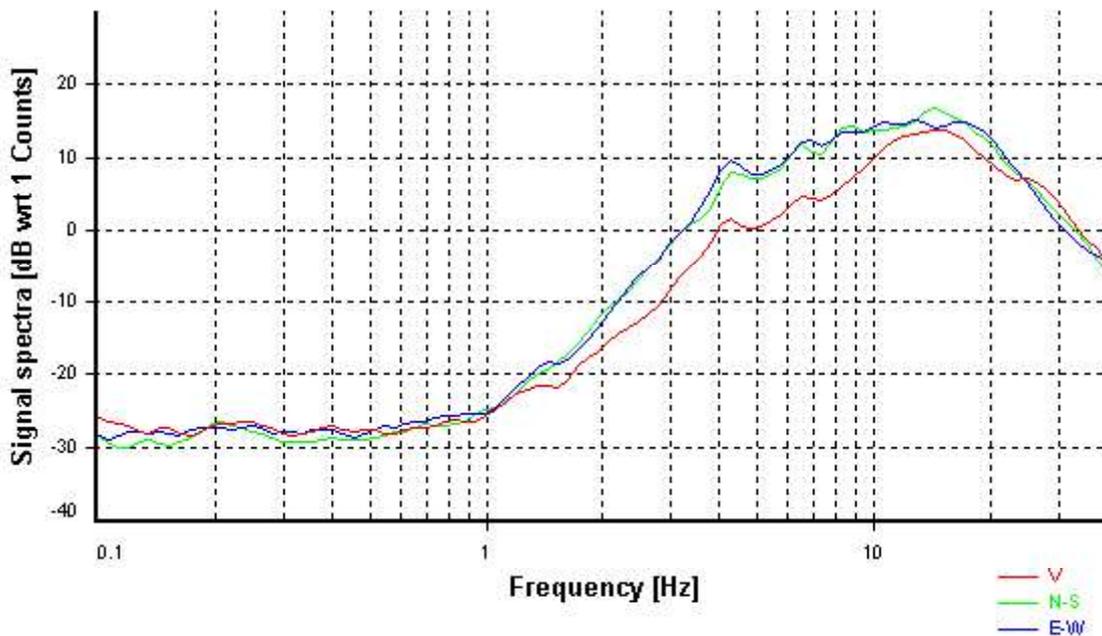
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

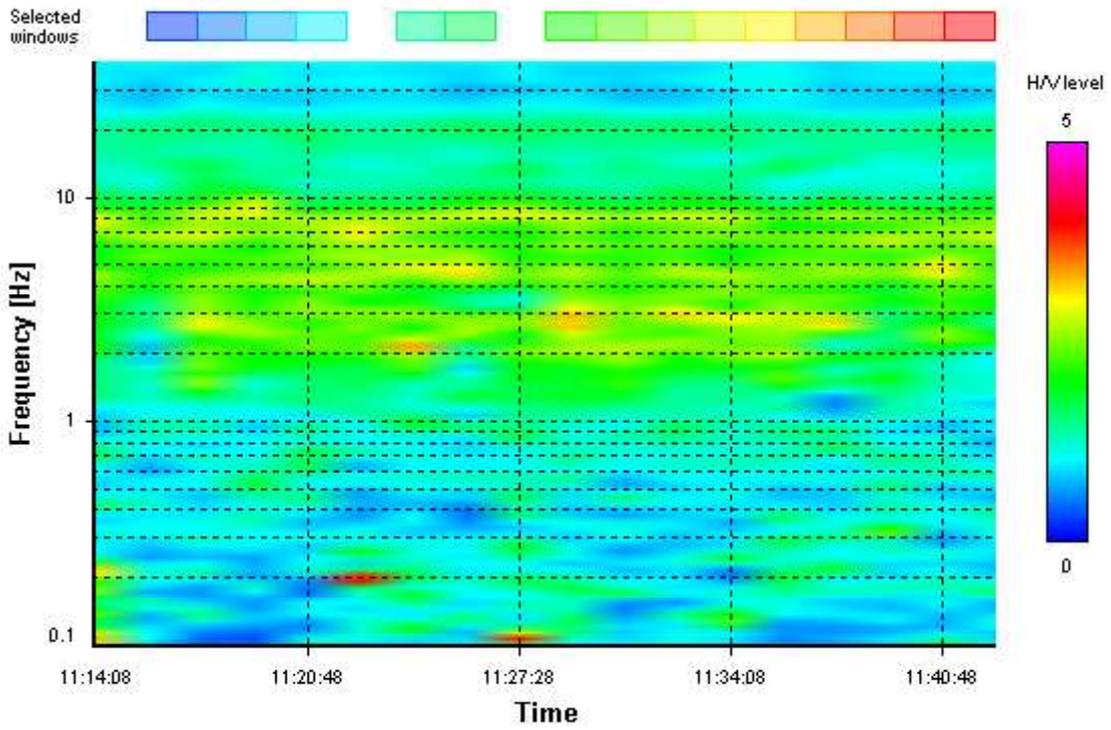
HVSR average



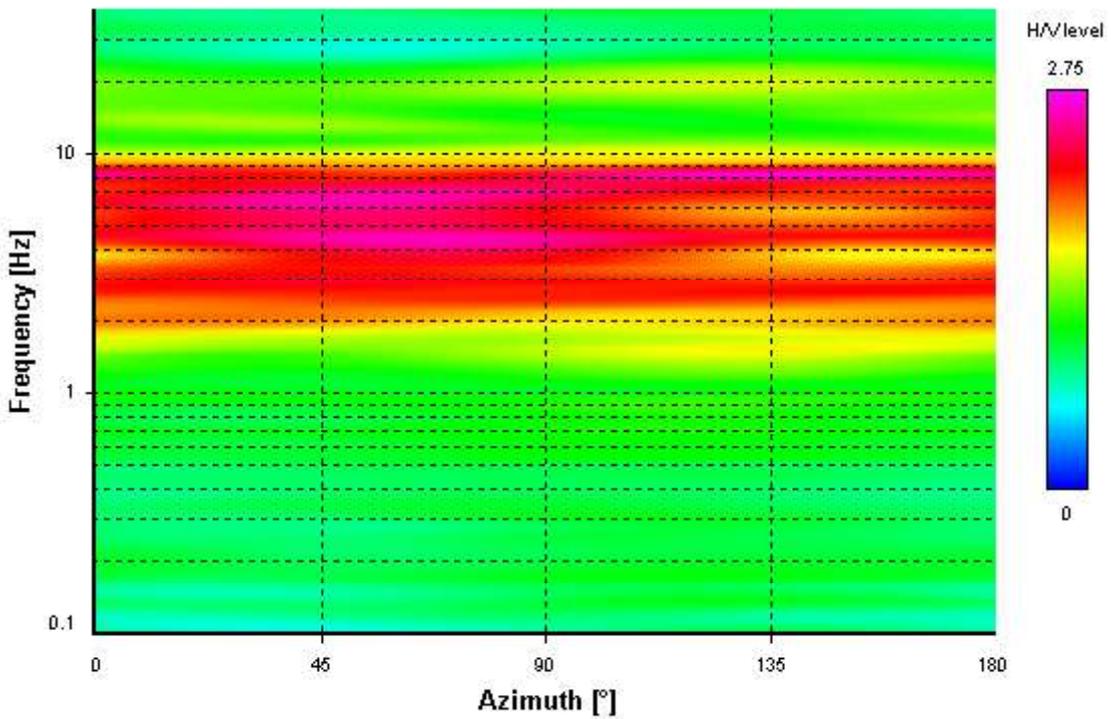
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



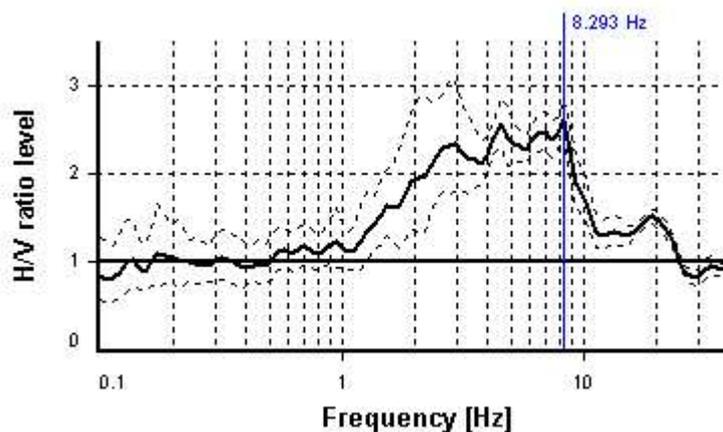
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

8.293 Hz

A_0 amplitude = 2.616

Average $f_0 = 7.663 \pm 0.836$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	15 valid windows (length > 1.21 s) out of 15	OK
$n_c(f_0) > 200$	12438.9 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	11.92316 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.62 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.83565 >= 0.41463	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.08921 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: prova 11

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,96754N

Longitude: 011,13090E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 185 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: forte rumore di fondo e passaggio di treni sulla ferrovia

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/30 12:00:07

Recording length: 30 min

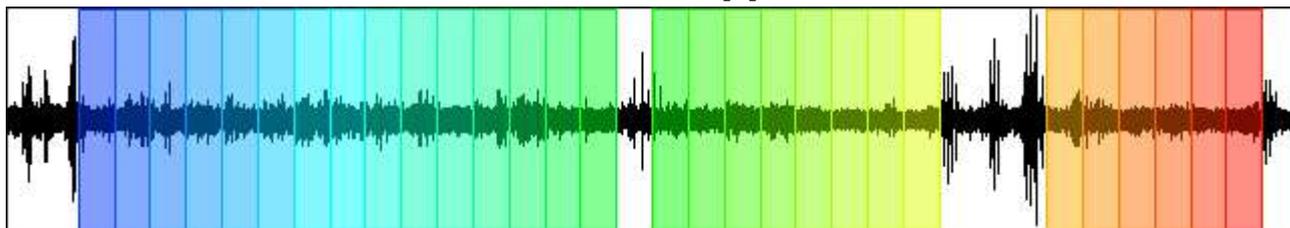
Windows count: 29

Average windows length: 50

Signal coverage: 80.56%

1071 Counts

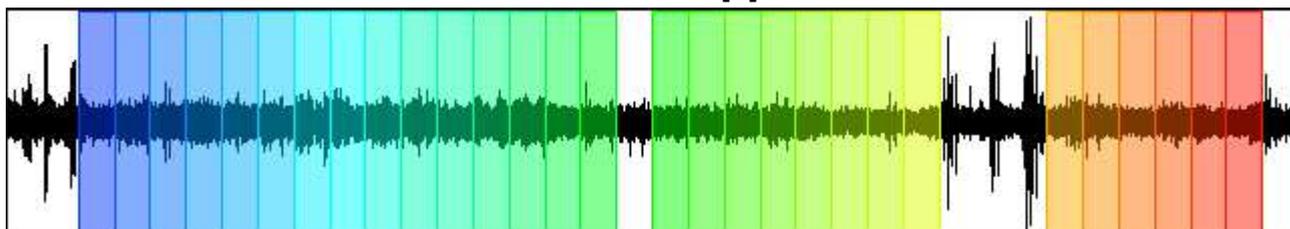
CHANNEL #1 [V]



-1016 Counts

1404 Counts

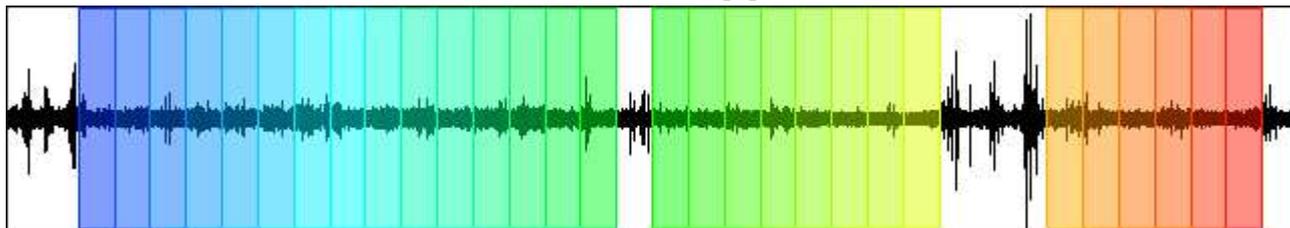
CHANNEL #2 [N]



-1470 Counts

2129 Counts

CHANNEL #3 [E]



-2245 Counts

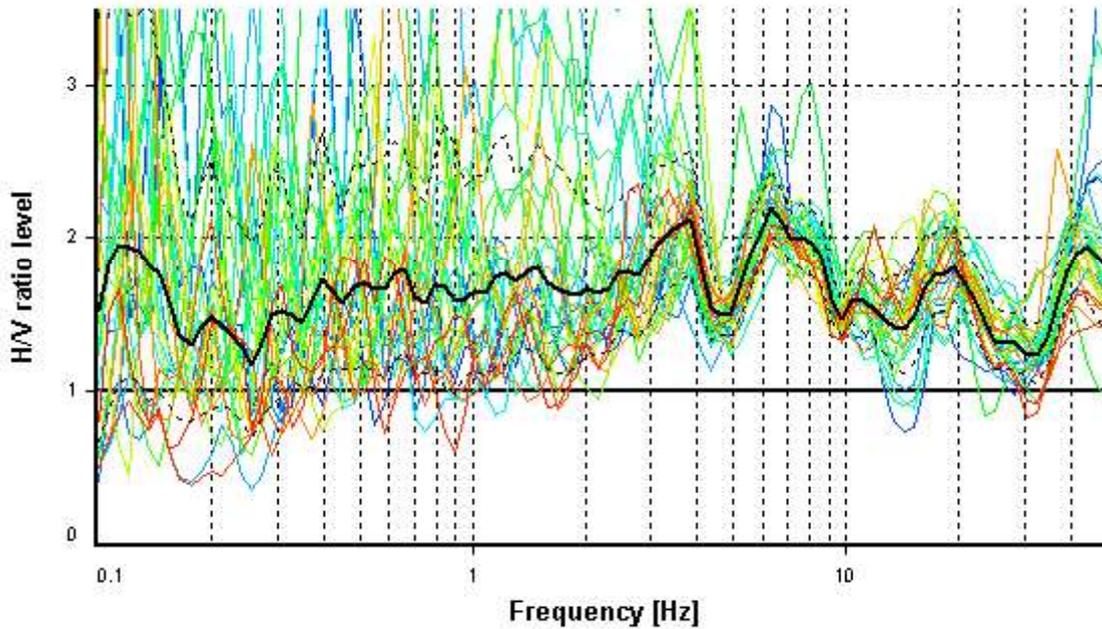
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

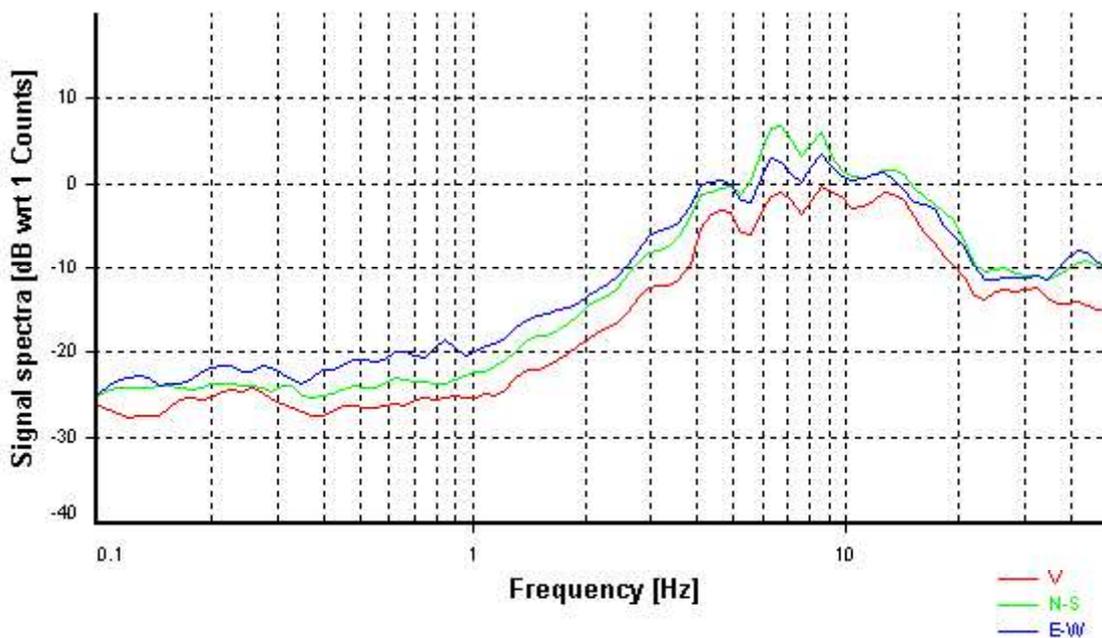
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

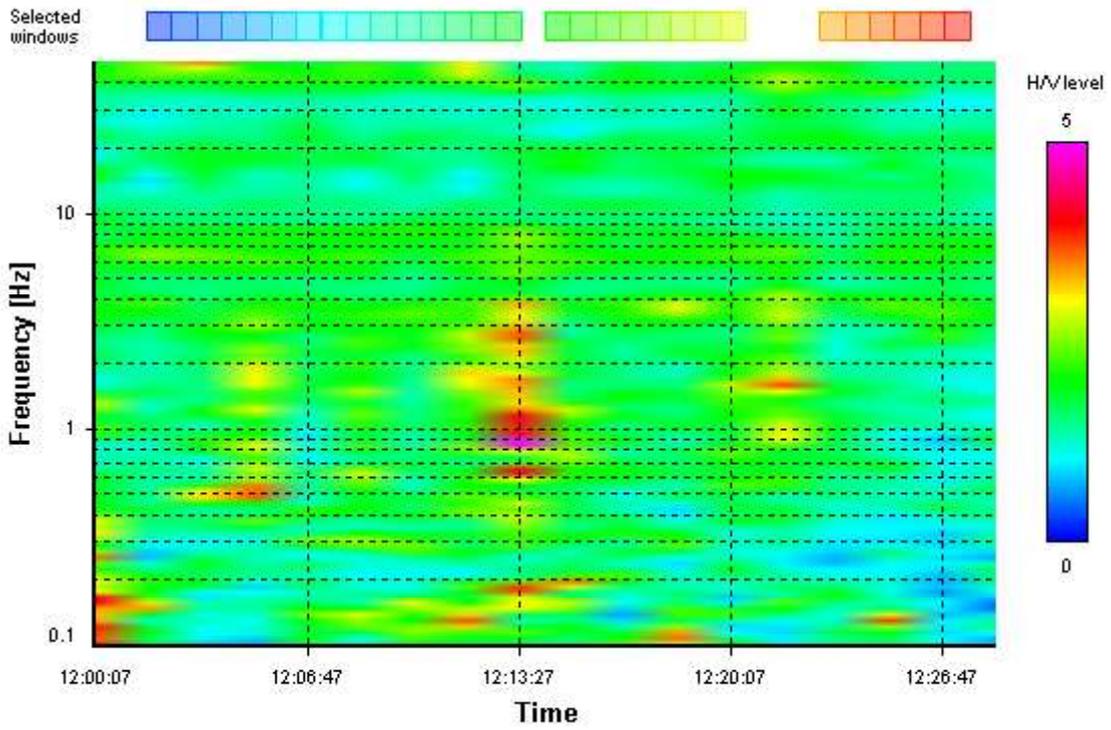
HVSR average



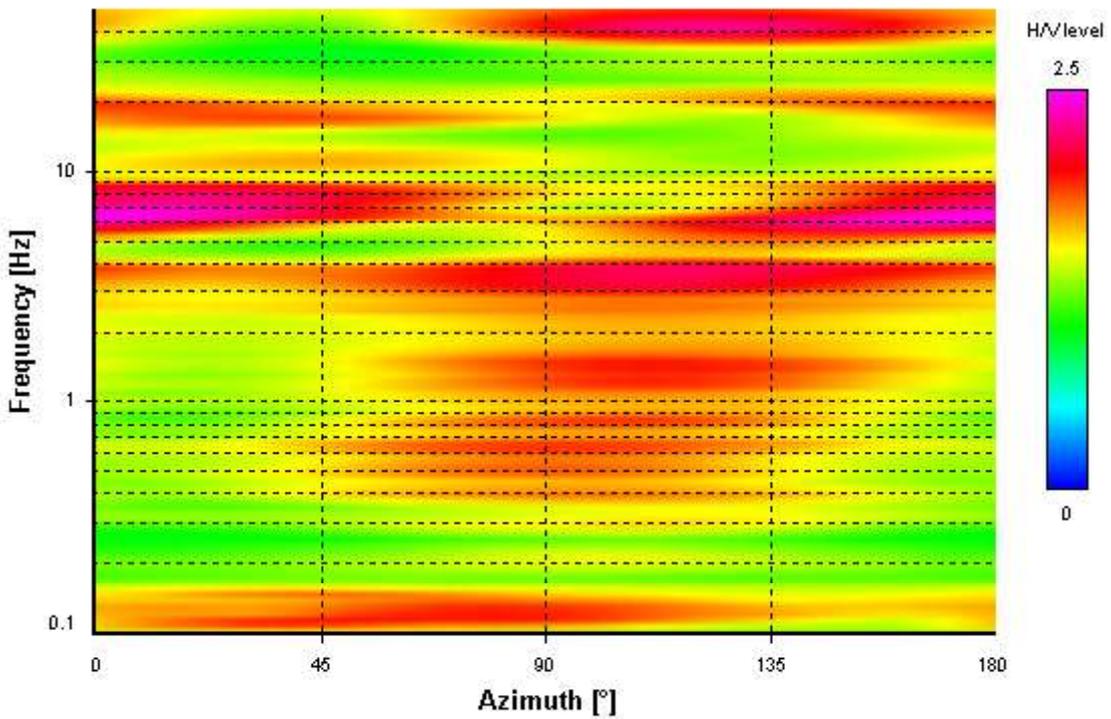
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



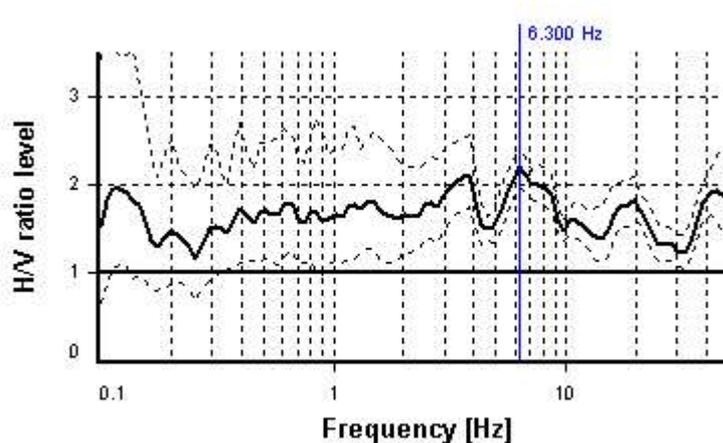
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

6.300 Hz

A_0 amplitude = 2.202

Average $f_0 = 6.433 \pm 0.918$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	29 valid windows (length > 1.59 s) out of 29	OK
$n_c(f_0) > 200$	9134.43 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.2 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.91802 >= 0.31498	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.11187 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: prova 12

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,96404N

Longitude: 011,12399E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 160 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico intenso sulla SS325

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/30 16:48:05

Recording length: 30 min

Windows count: 15

Average windows length: 100

Signal coverage: 83.33%

2493 Counts

CHANNEL #1 [V]



-2421 Counts

3025 Counts

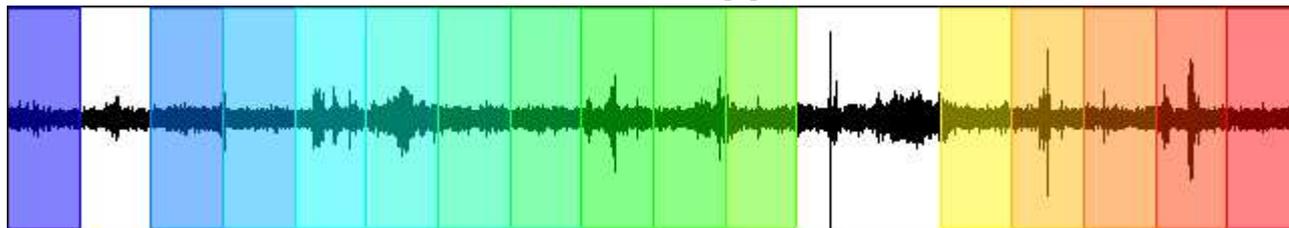
CHANNEL #2 [N]



-3261 Counts

2381 Counts

CHANNEL #3 [E]



-3025 Counts

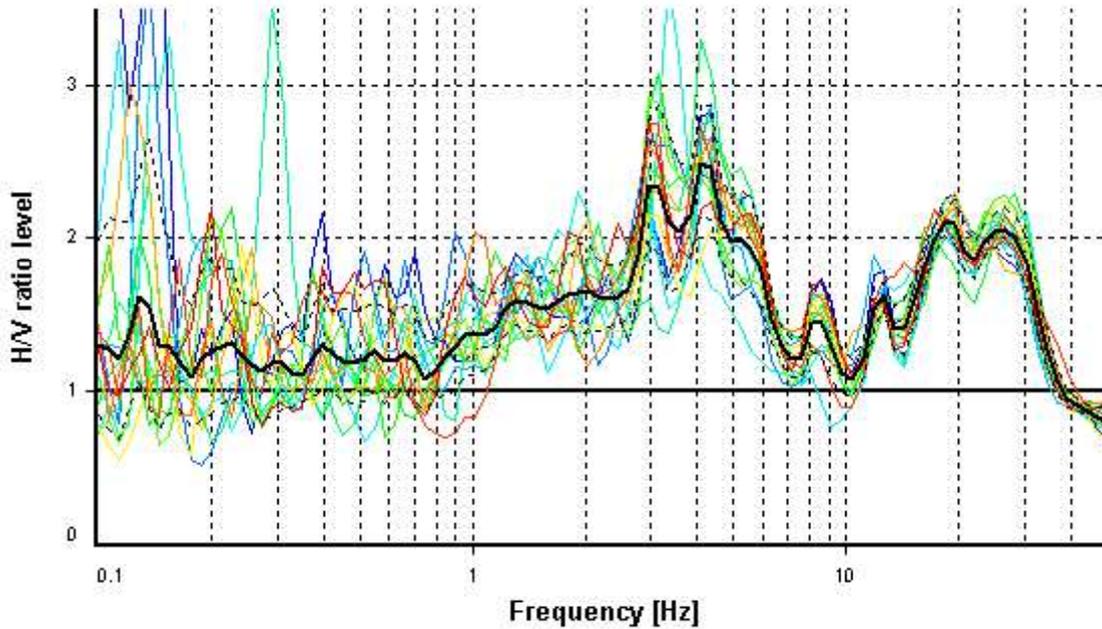
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

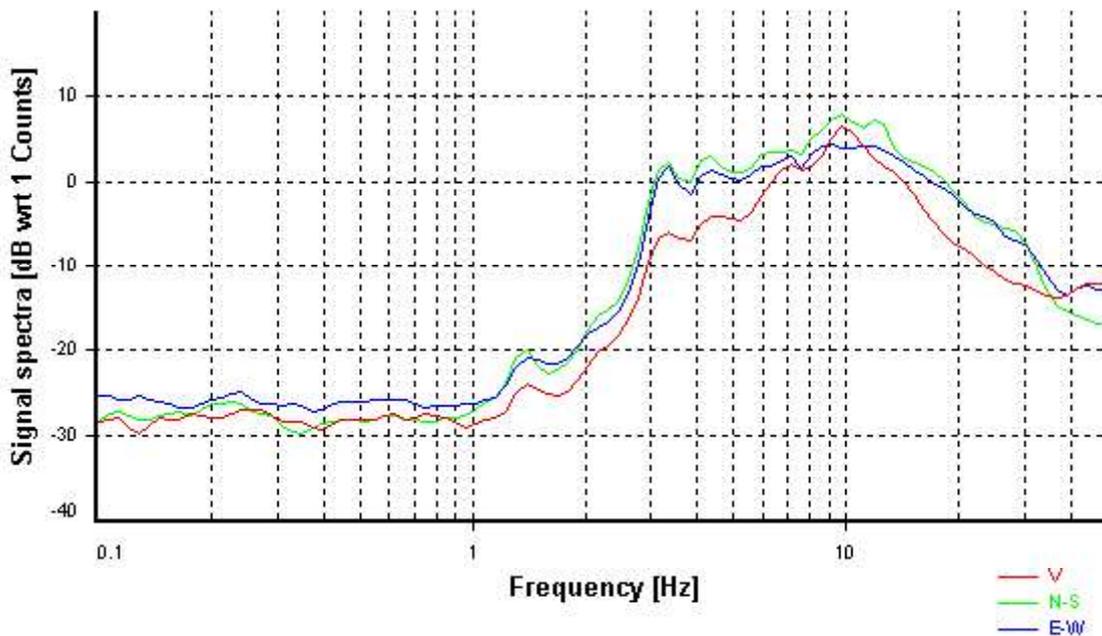
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

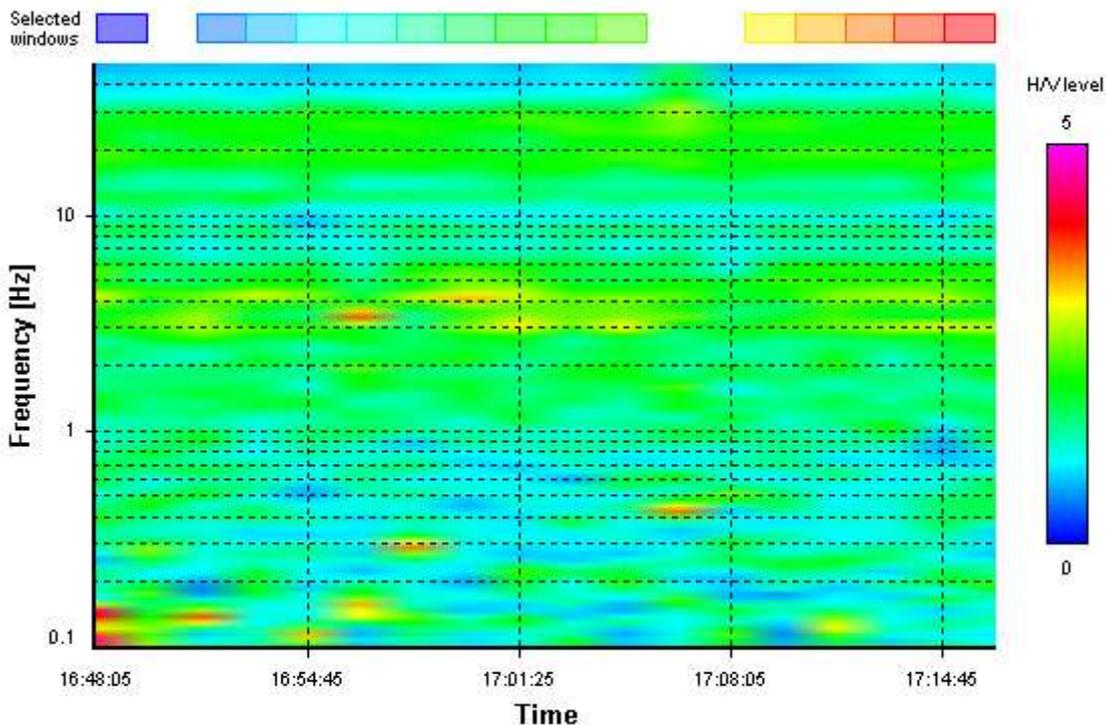
HVSR average



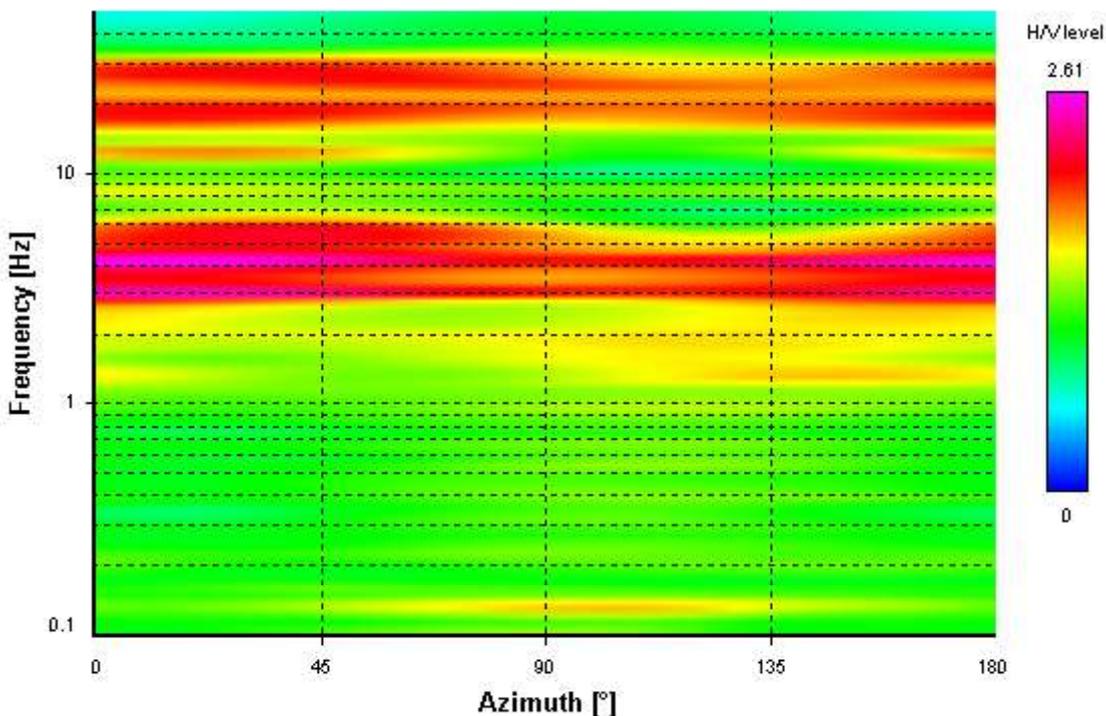
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



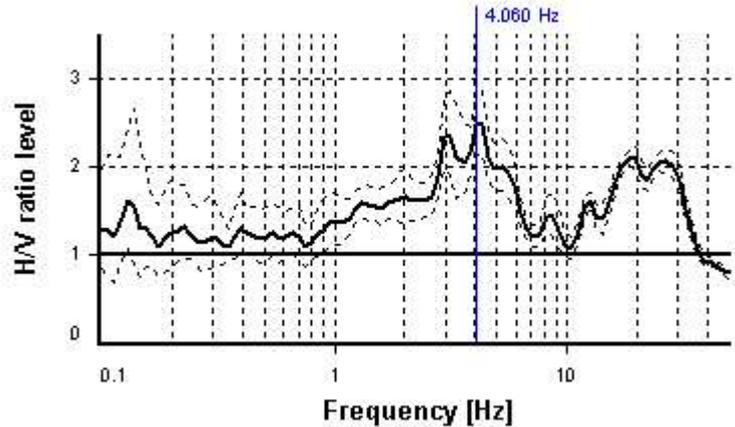
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

4.060 Hz

A_0 amplitude = 2.485

Average $f_0 = 3.761 \pm 0.697$



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	15 valid windows (length > 2.46 s) out of 15	OK
$n_c(f_0) > 200$	6089.31 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	7.1423 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.48 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.69681 \geq 0.20298	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.15869 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: prova 13

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,96155N

Longitude: 011,12849E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 135 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: forte rumore di fondo dovuto principalmente al traffico cittadino intenso

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

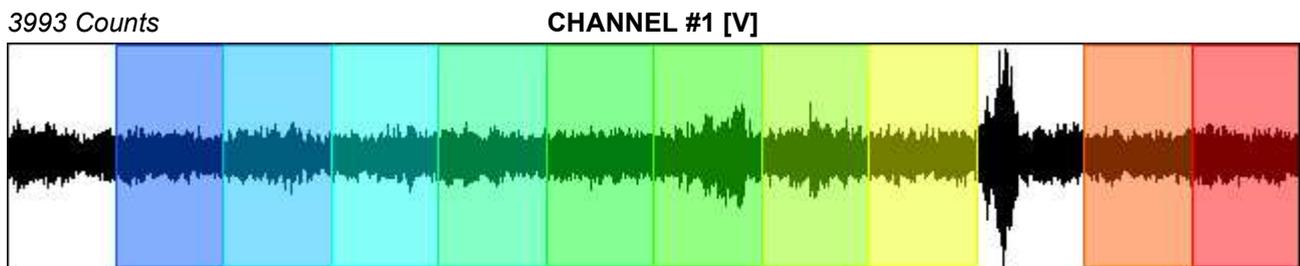
Recording start time: 2014/10/15 19:06:38

Recording length: 30 min

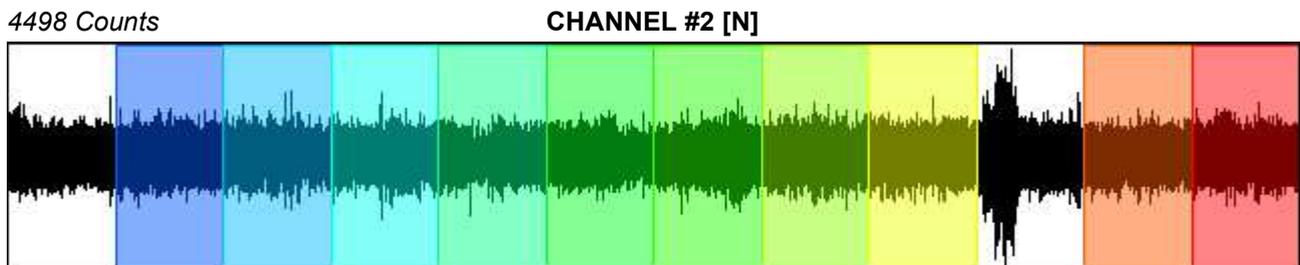
Windows count: 10

Average windows length: 150

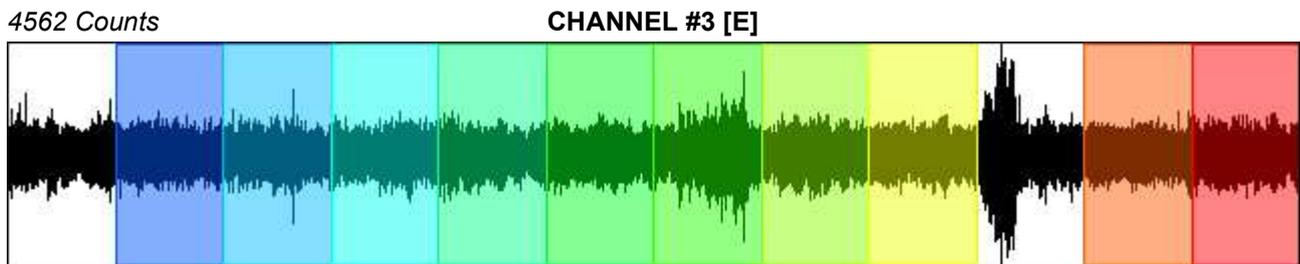
Signal coverage: 83.33%



-4125 Counts



-4626 Counts



-4599 Counts

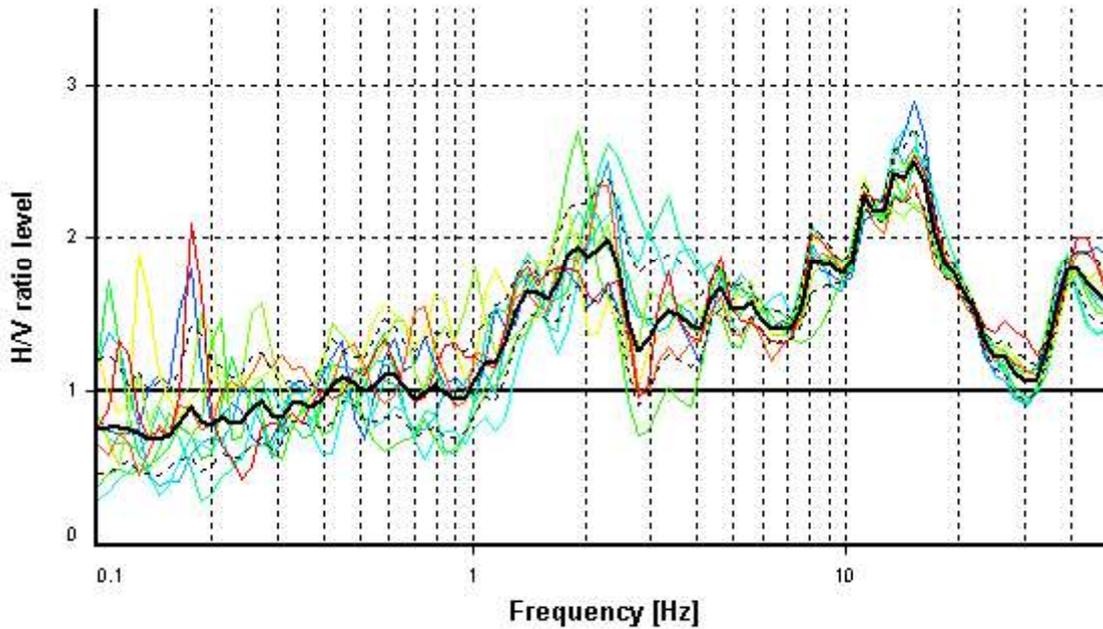
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

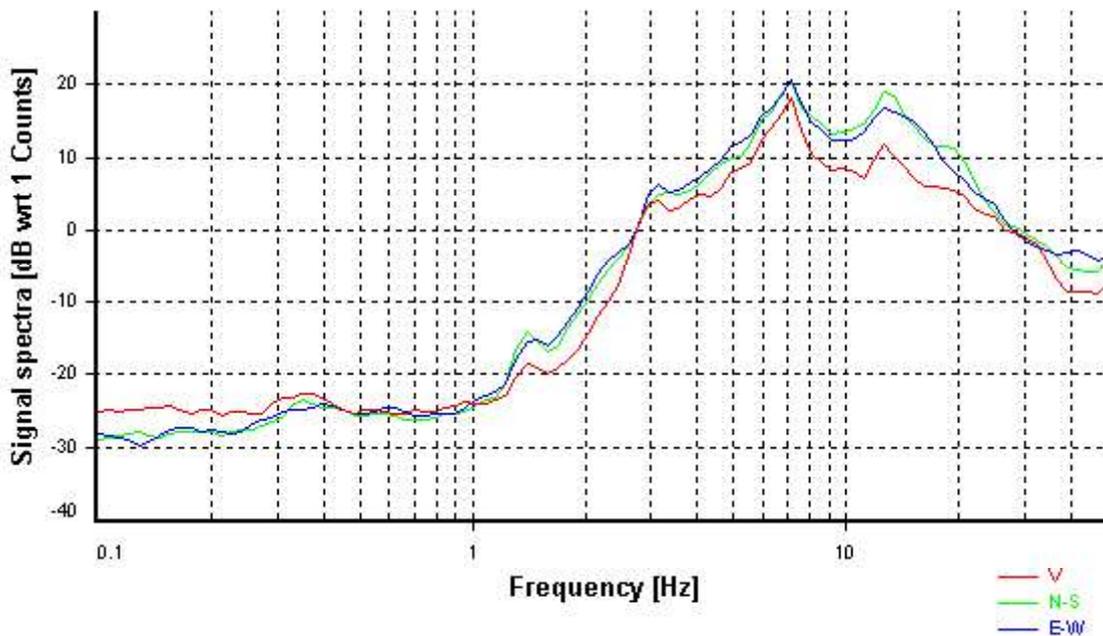
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

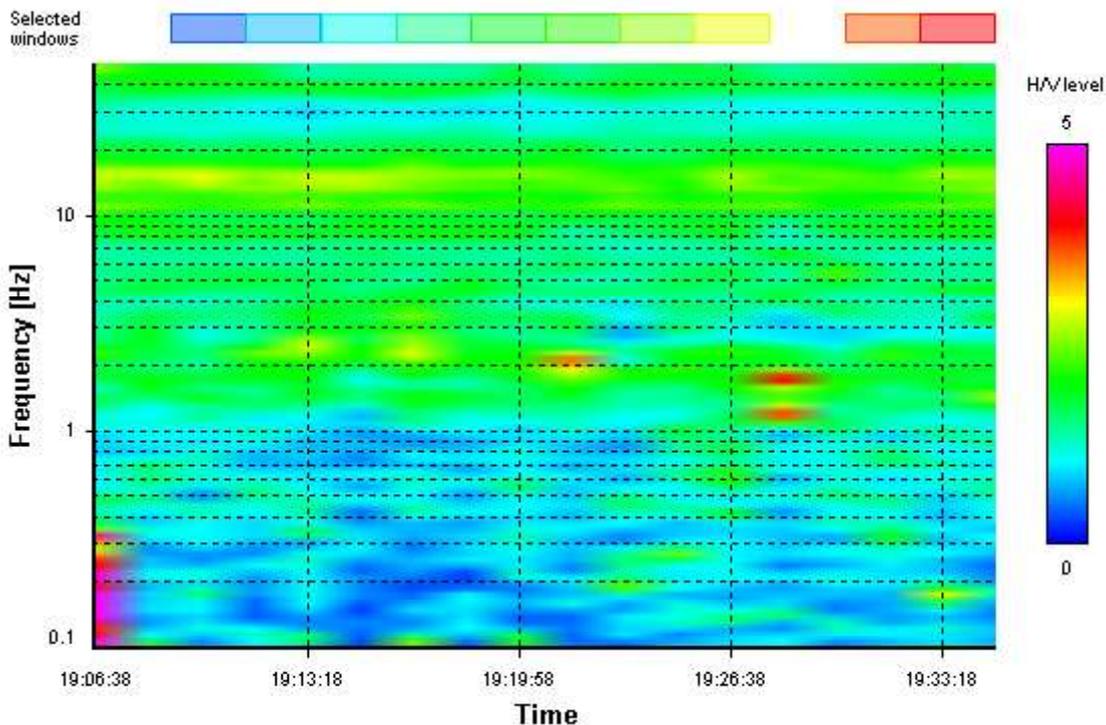
HVSR average



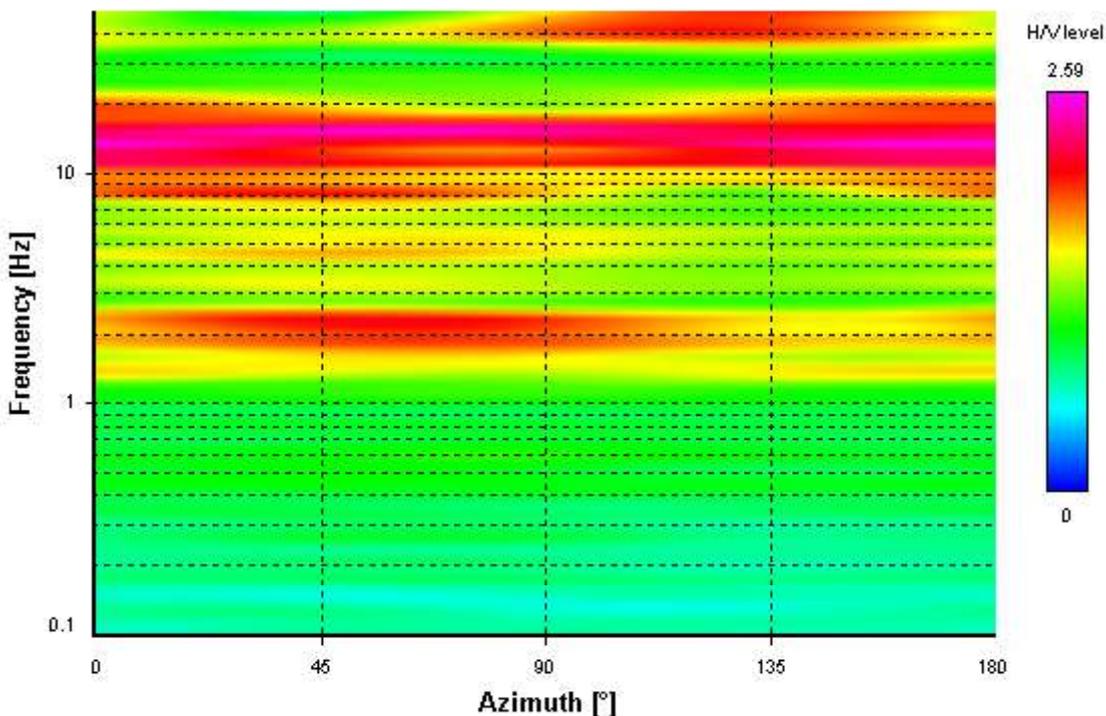
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



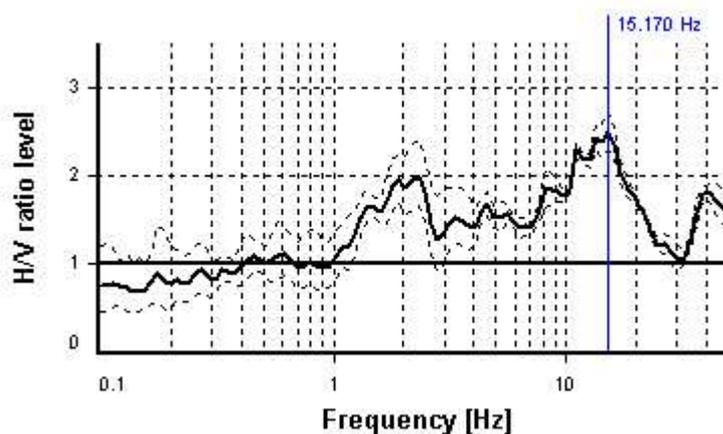
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

15.170 Hz

A_0 amplitude = 2.506

Average $f_0 = 14.311 \pm 1.357$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	10 valid windows (length > 0.66 s) out of 10	OK
$n_c(f_0) > 200$	22755.01 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	25.06597 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.51 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.35735 >= 0.7585	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.08716 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: prova 13

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,96155N

Longitude: 011,12849E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 135 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: forte rumore di fondo dovuto principalmente al traffico cittadino intenso

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/15 19:06:38

Recording length: 30 min

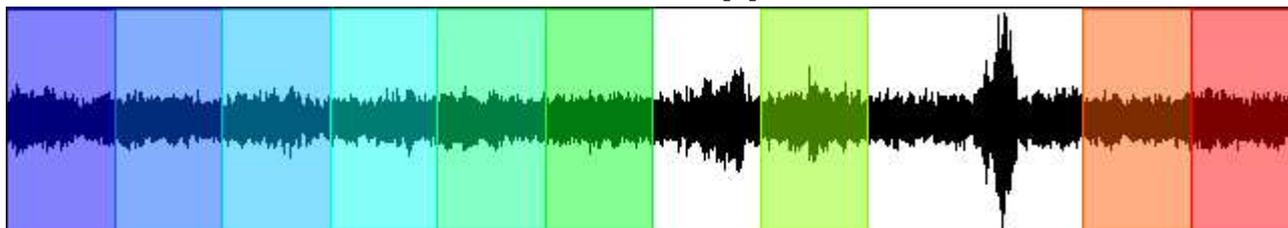
Windows count: 9

Average windows length: 150

Signal coverage: 75%

3993 Counts

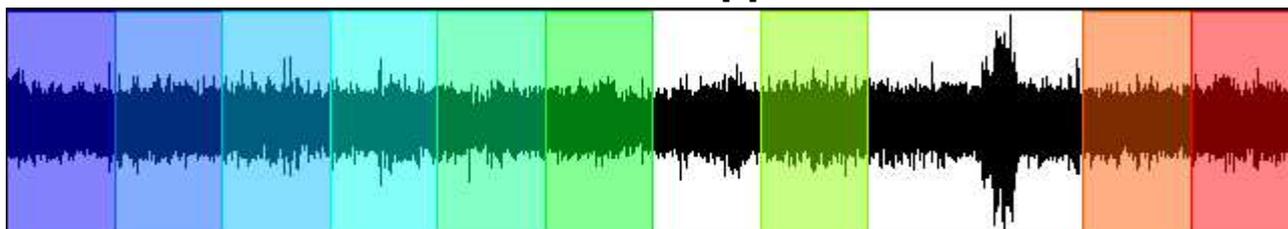
CHANNEL #1 [V]



-4125 Counts

4498 Counts

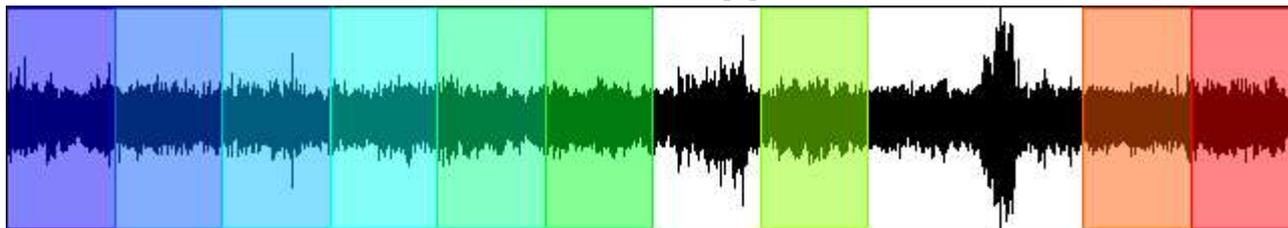
CHANNEL #2 [N]



-4626 Counts

4562 Counts

CHANNEL #3 [E]



-4599 Counts

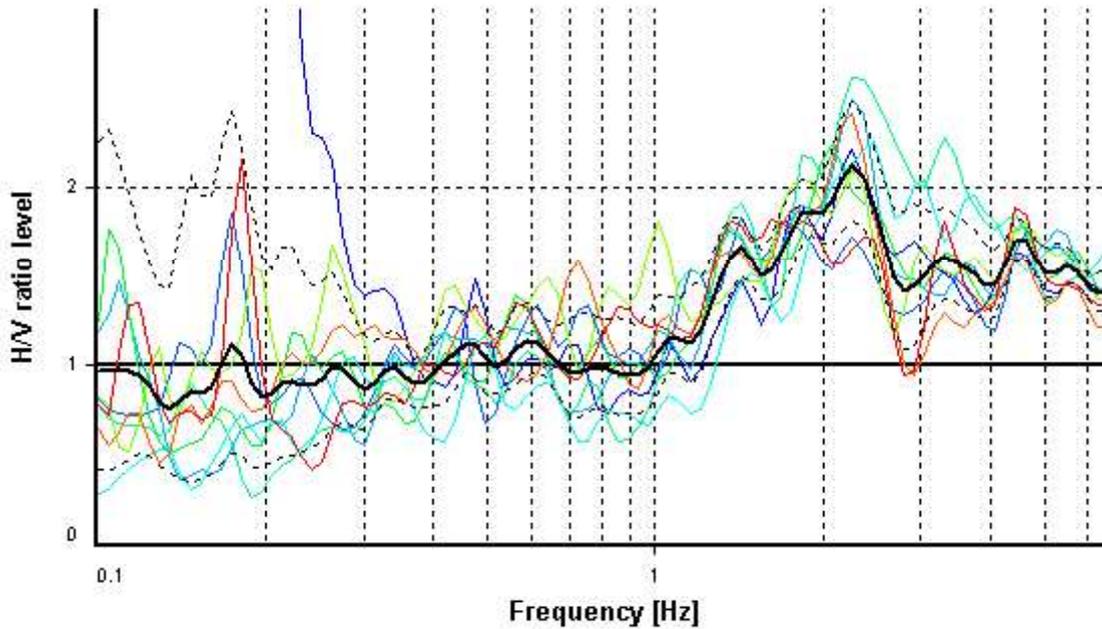
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

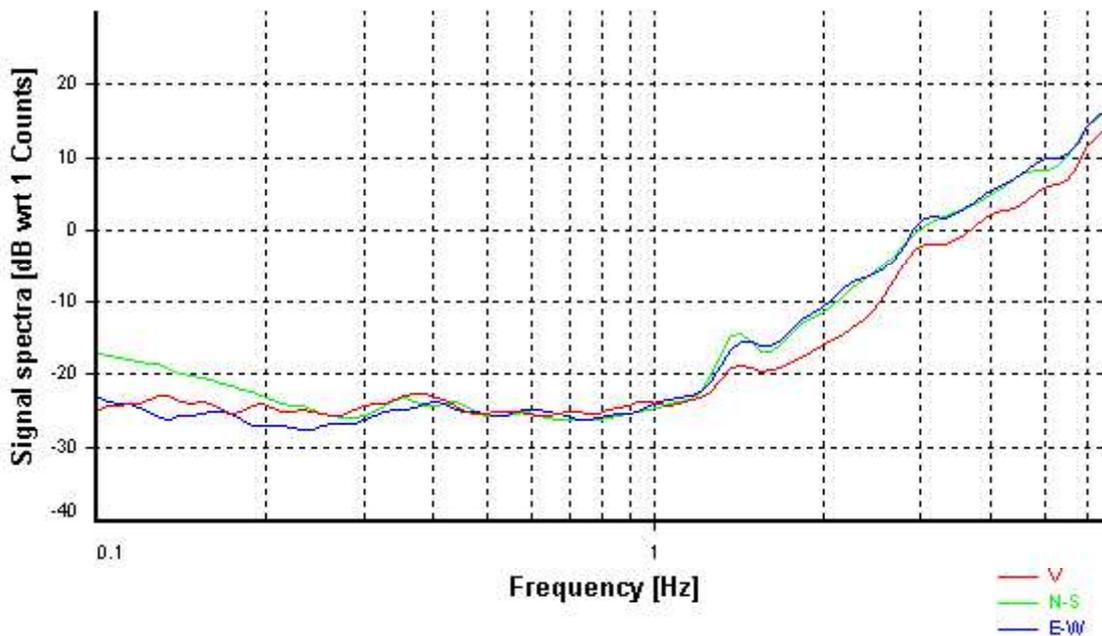
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

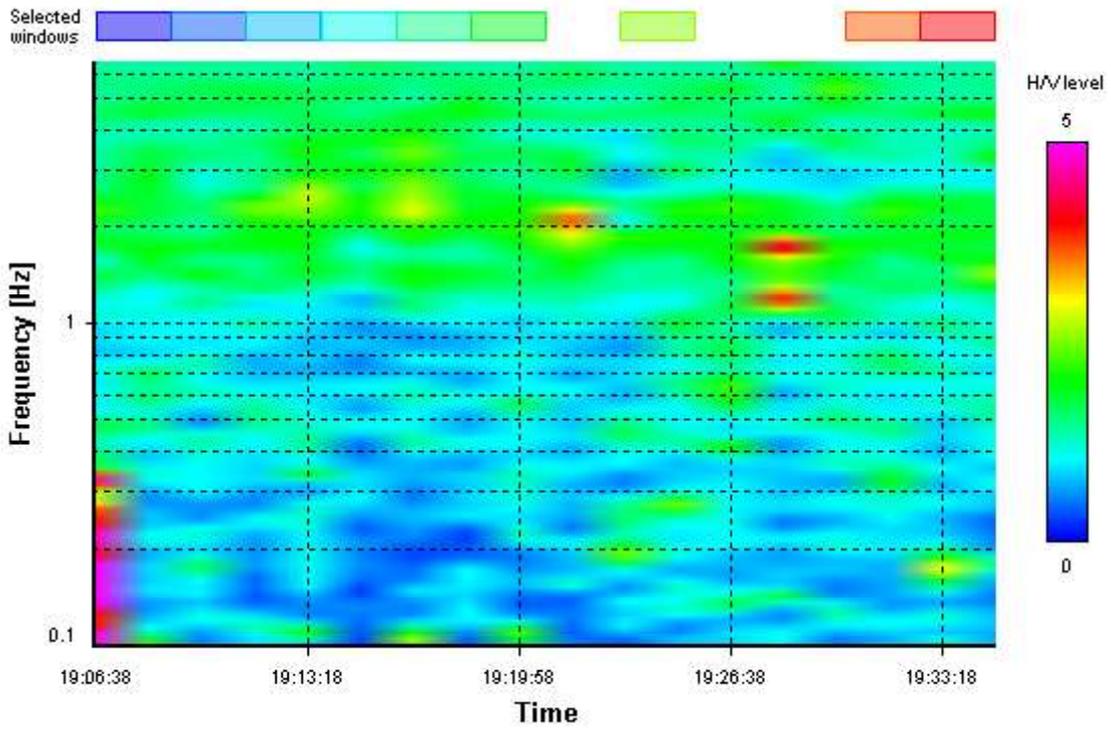
HVSR average



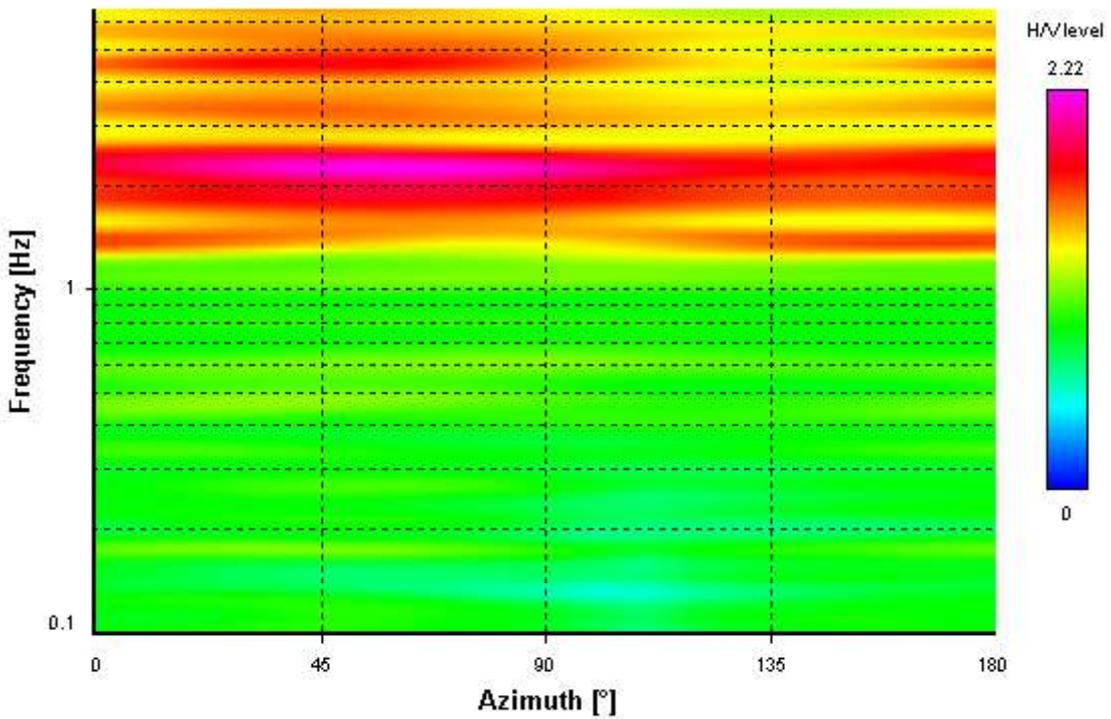
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



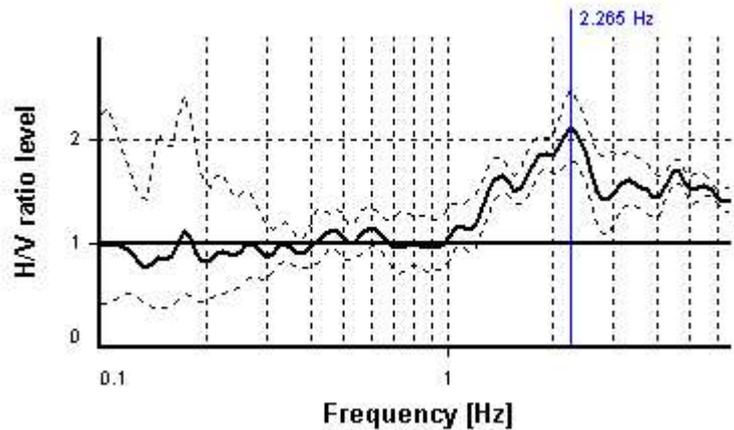
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.265 Hz

A_0 amplitude = 2.121

Average $f_0 = 2.131 \pm 0.289$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	9 valid windows (length > 4.41 s) out of 9	OK
$n_c(f_0) > 200$	3058.02 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 33	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0.97468 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.12 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.28855 >= 0.11326	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.17236 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: prova 14bis

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,96092N

Longitude: 011,12149E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 230 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/12/06 15:33:16

Recording length: 30 min

Windows count: 14

Average windows length: 98.6

Signal coverage: 76.69%

844 Counts

CHANNEL #1 [V]



-727 Counts

943 Counts

CHANNEL #2 [N]



-898 Counts

1119 Counts

CHANNEL #3 [E]



-1047 Counts

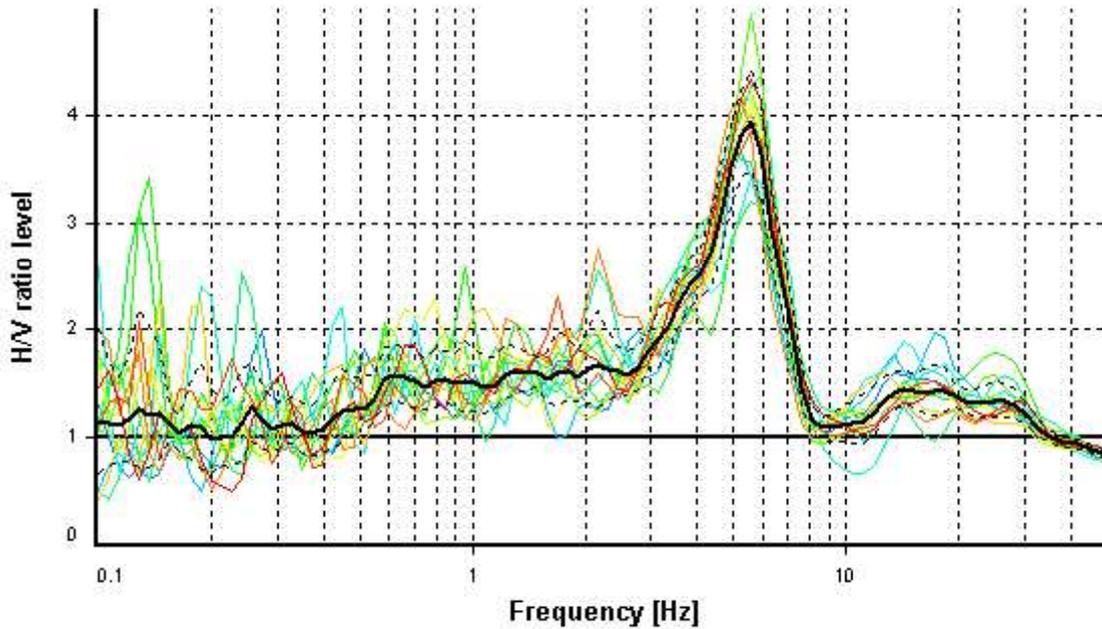
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

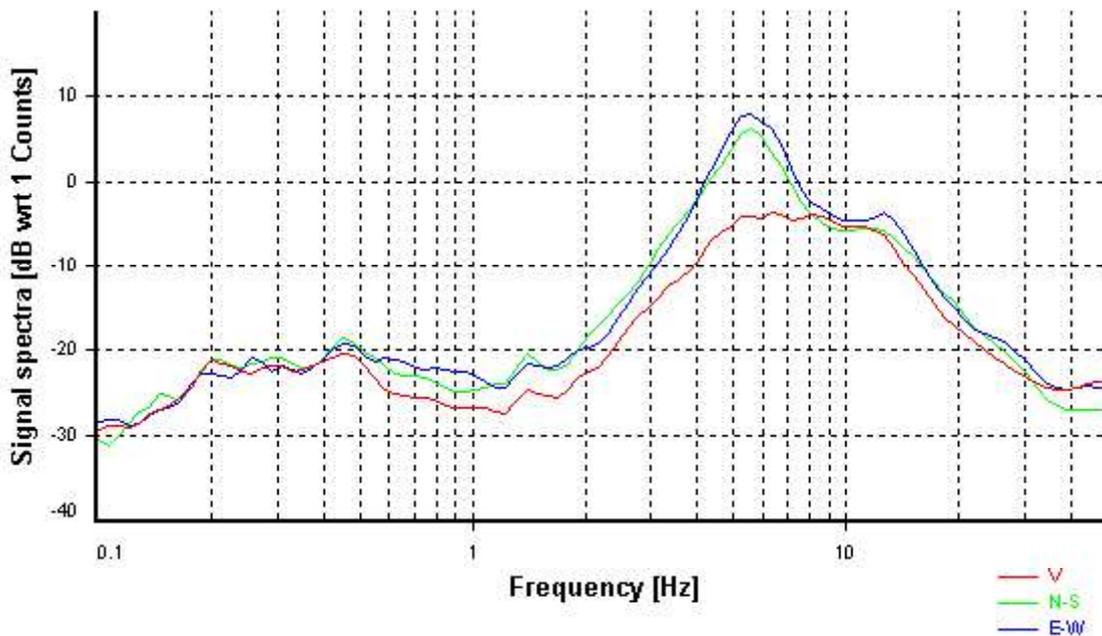
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

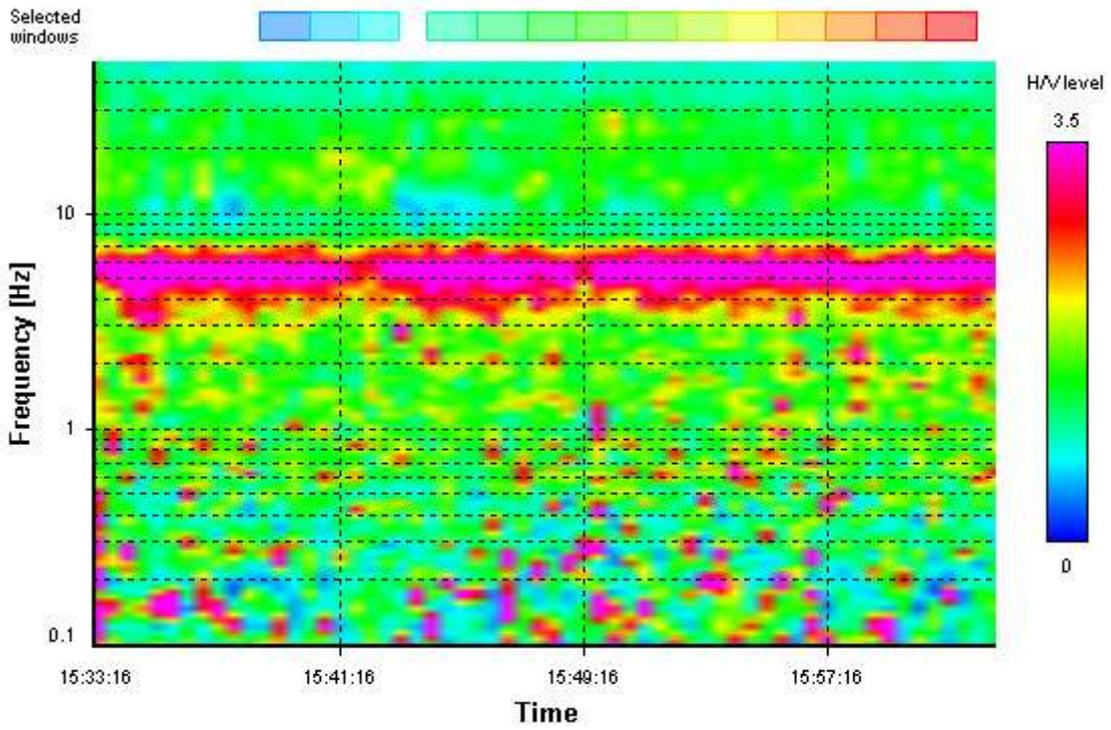
HVSR average



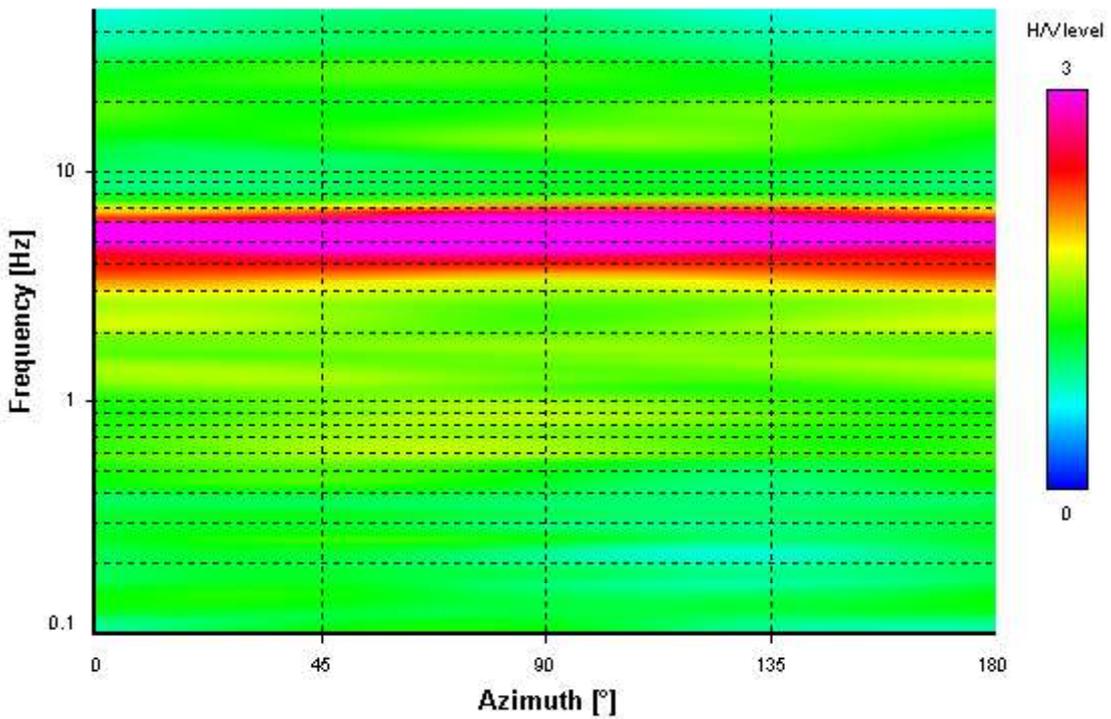
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



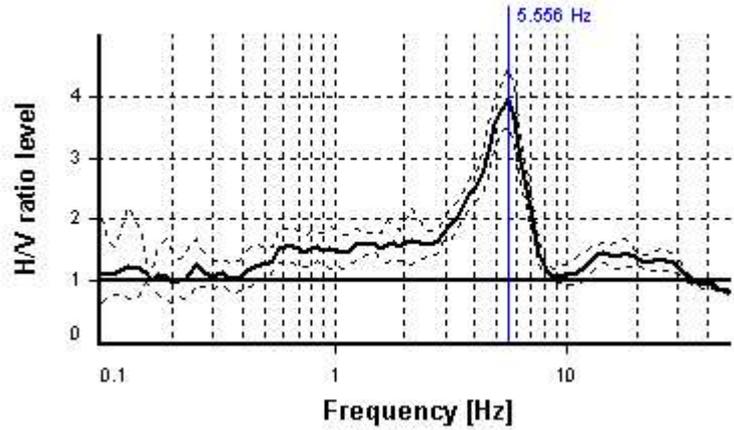
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

5.556 Hz

A_0 amplitude = 3.946

Average $f_0 = 5.487 \pm 0.235$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	14 valid windows (length > 1.8 s) out of 14	OK
$n_c(f_0) > 200$	7670.14 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	3.15811 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	7.60502 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.95 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.23542 < 0.27782	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.12389 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 15

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,95958N

Longitude: 011,11964E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 160 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

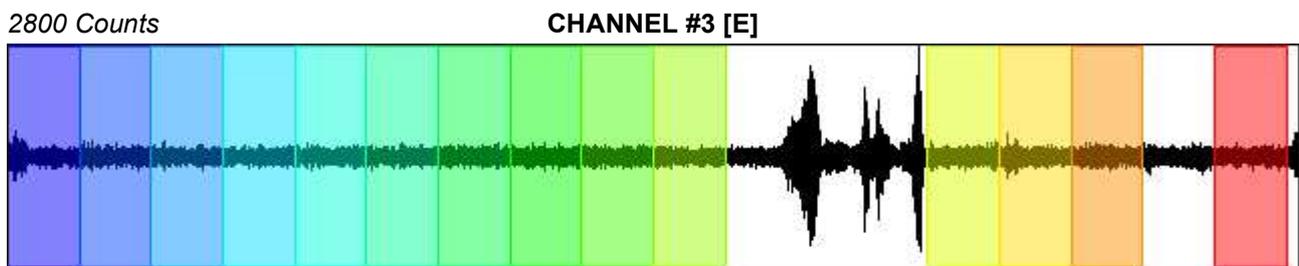
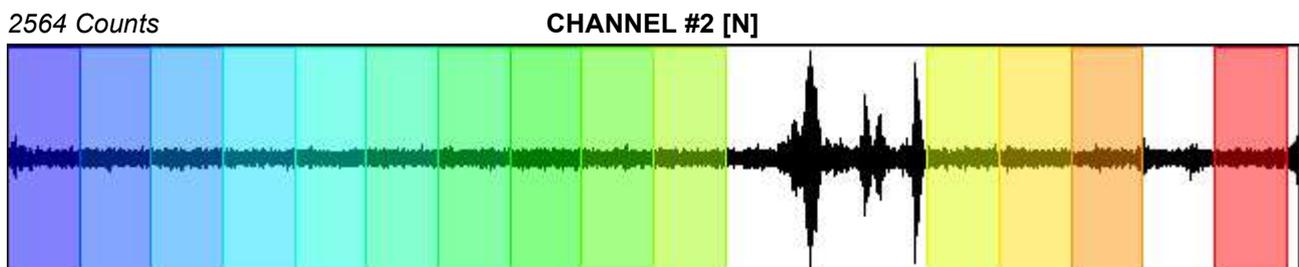
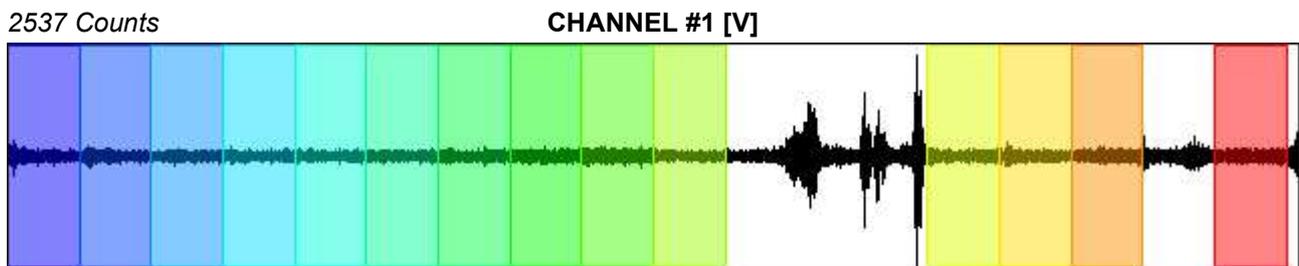
Recording start time: 2014/10/15 16:49:46

Recording length: 30 min

Windows count: 14

Average windows length: 100

Signal coverage: 77.78%



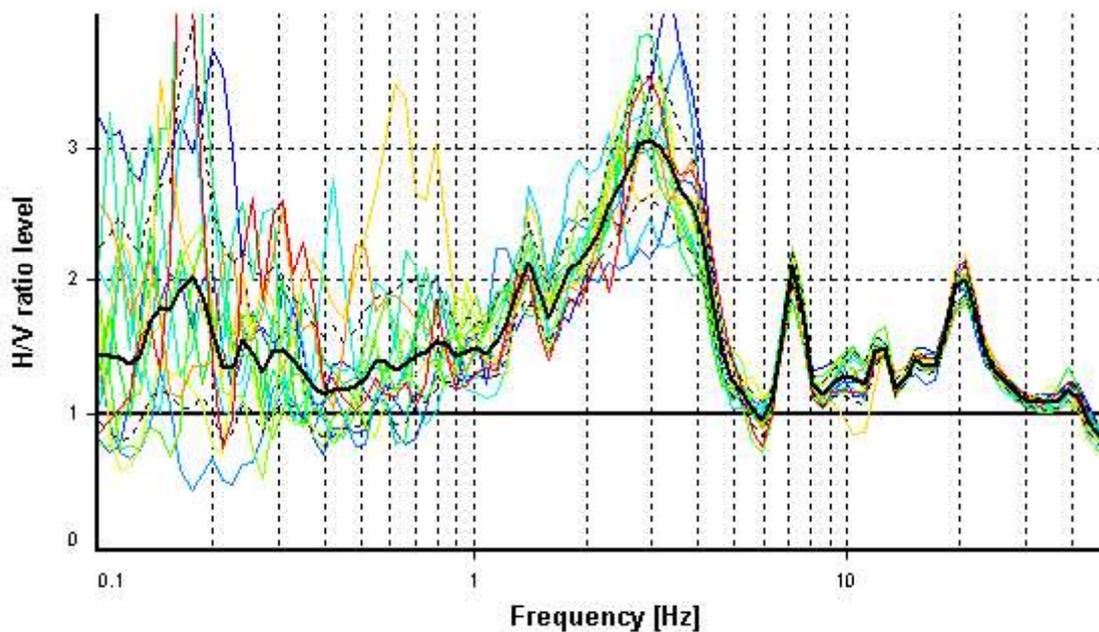
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

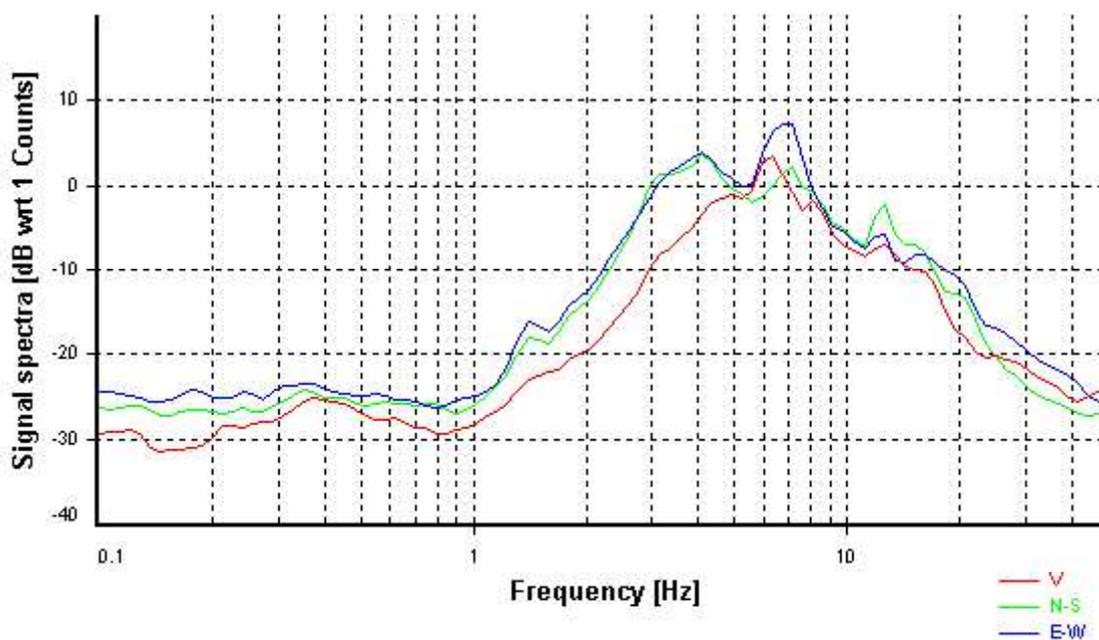
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

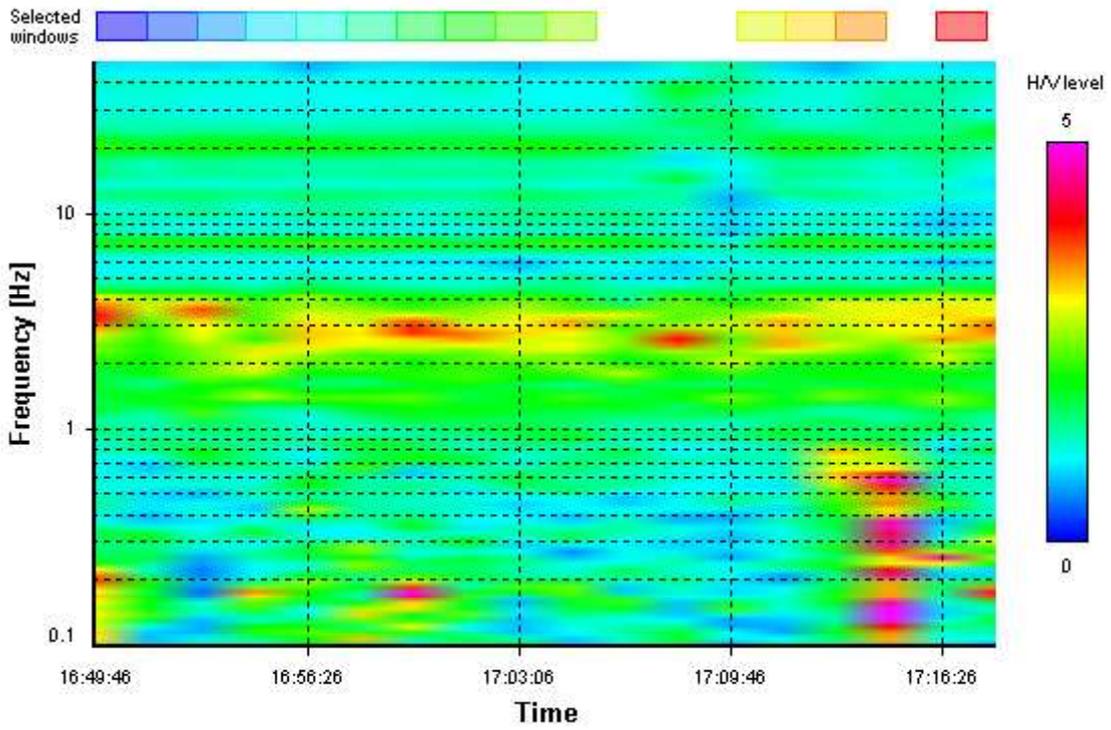
HVSR average



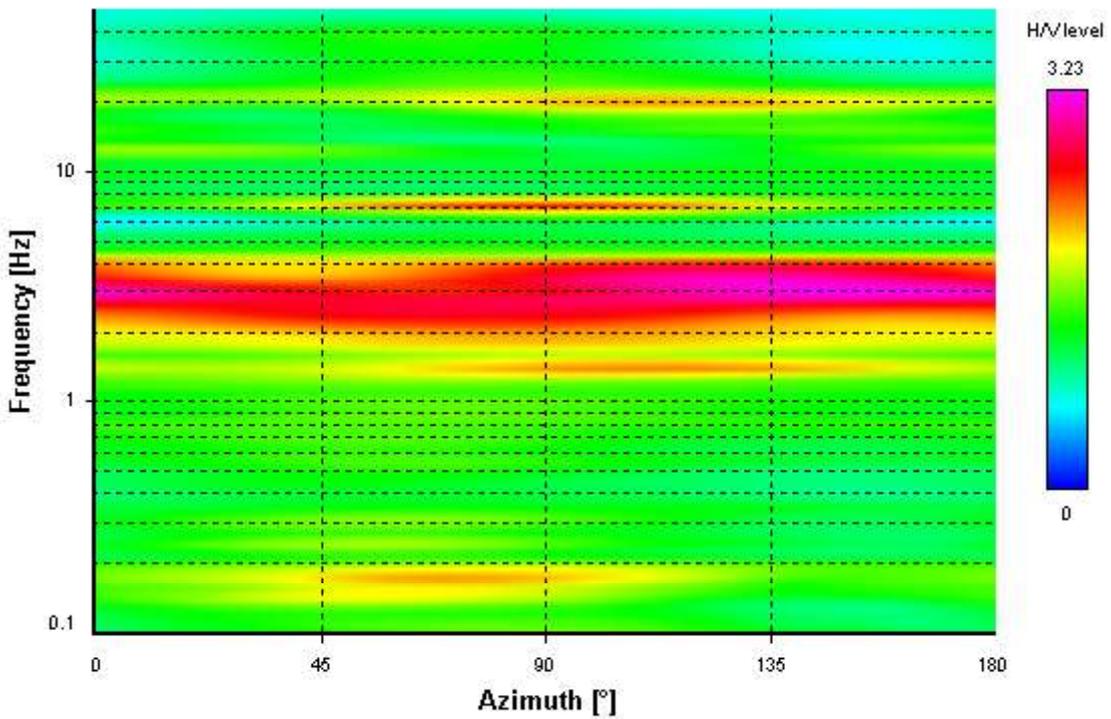
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



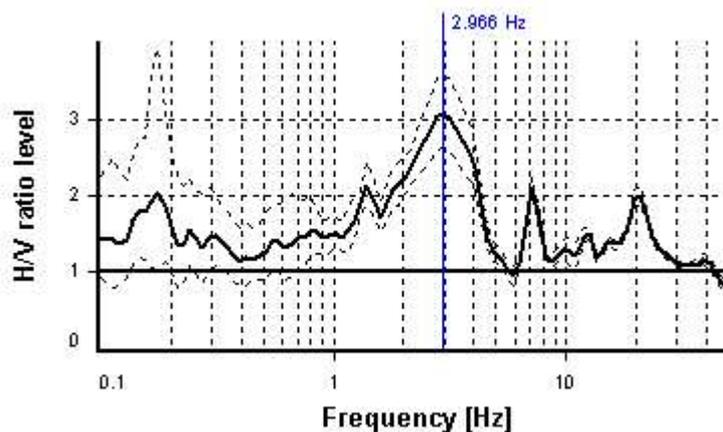
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.966 Hz

A_0 amplitude = 3.050

Average f_0 = 2.975 ± 0.373



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	14 valid windows (length > 3.37 s) out of 14	OK
$n_c(f_0) > 200$	4152.35 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	1.08635 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	4.60258 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.05 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% ≤ 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.37303 ≥ 0.1483	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.16103 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 16

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,96111N

Longitude: 011,13852E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 220 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico moderato

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/29 15:51:28

Recording length: 30 min

Windows count: 16

Average windows length: 99.24

Signal coverage: 88.21%

1525 Counts

CHANNEL #1 [V]



-1431 Counts

1769 Counts

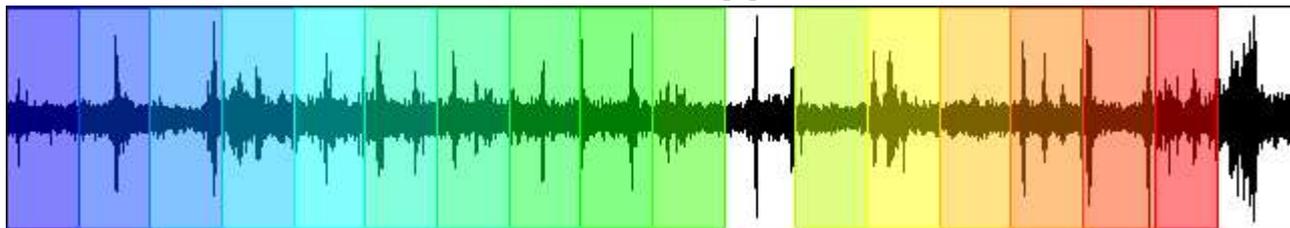
CHANNEL #2 [N]



-1729 Counts

1085 Counts

CHANNEL #3 [E]



-1099 Counts

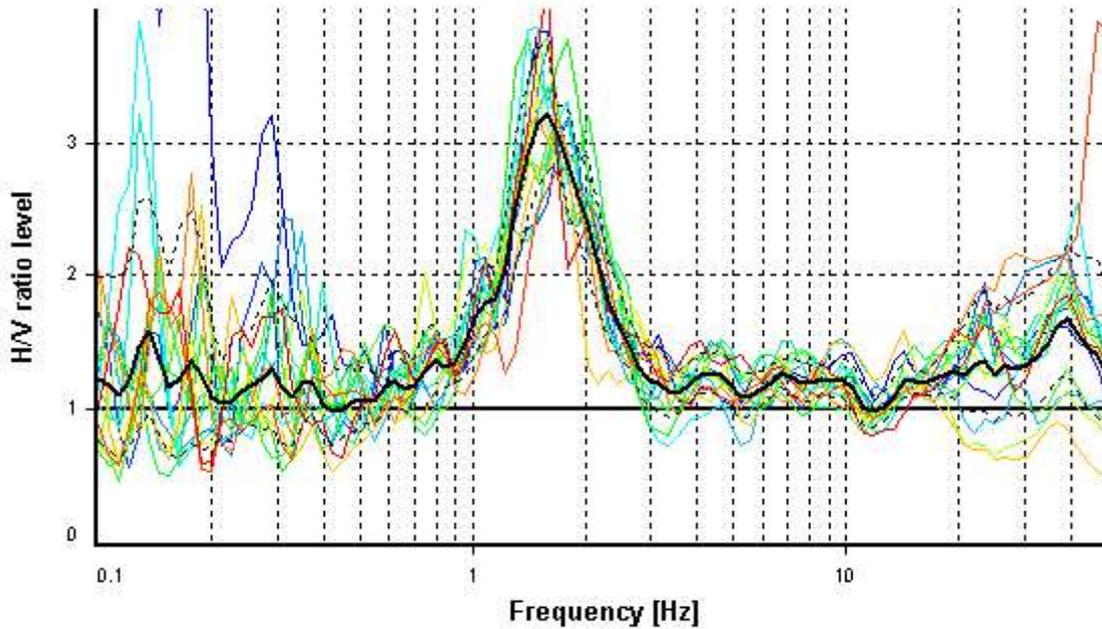
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

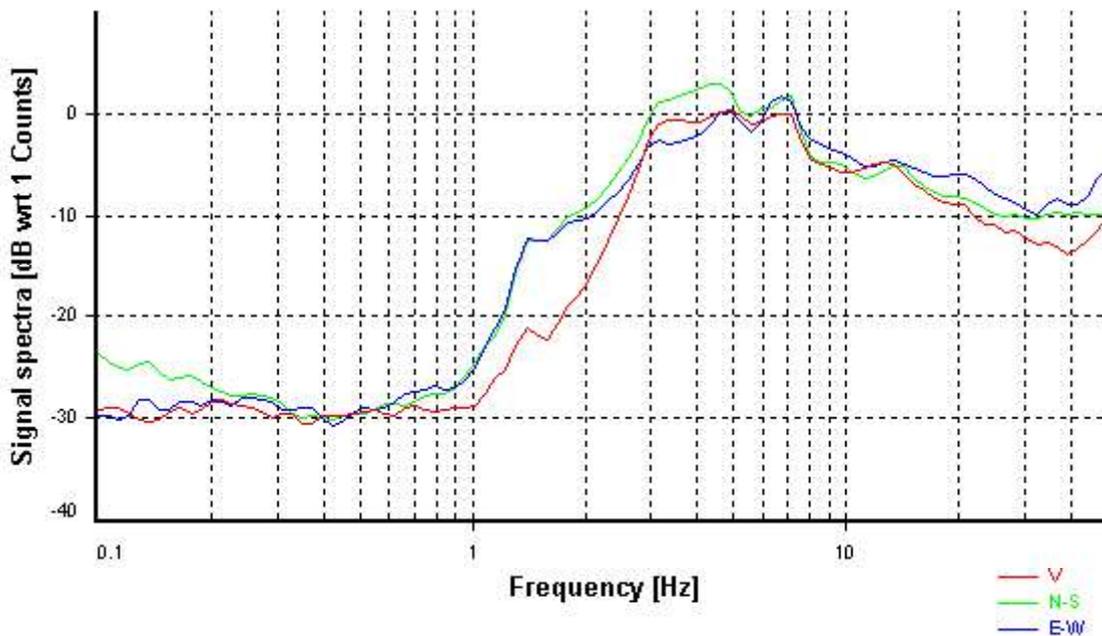
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

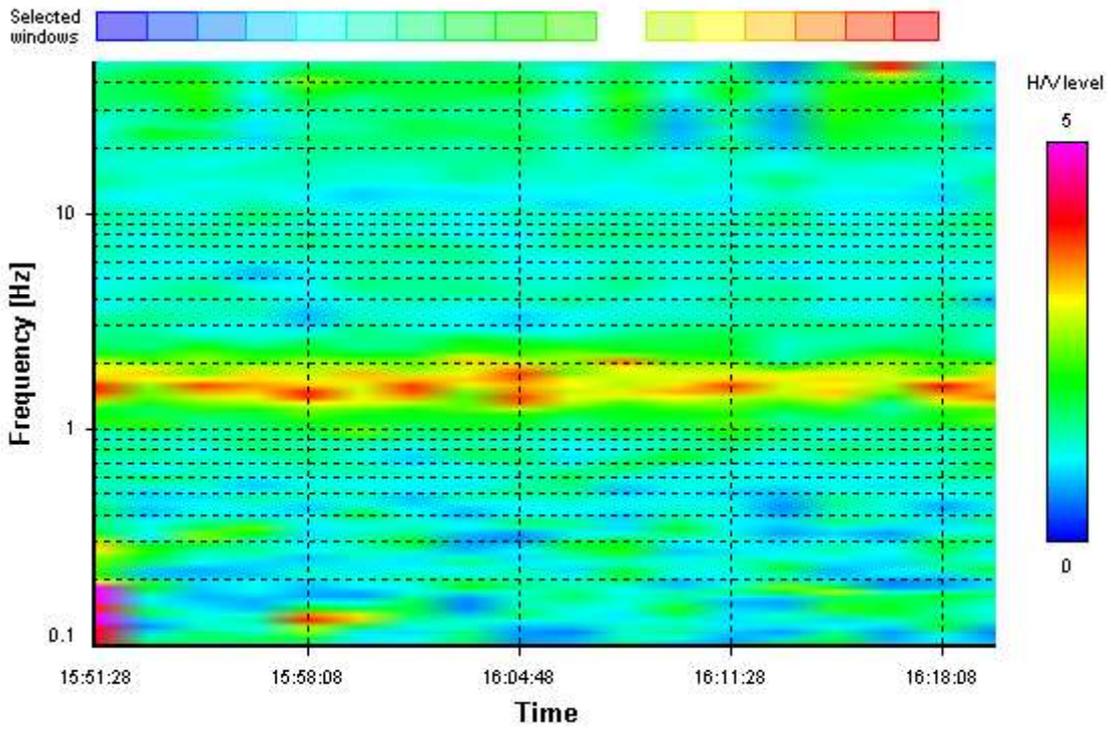
HVSR average



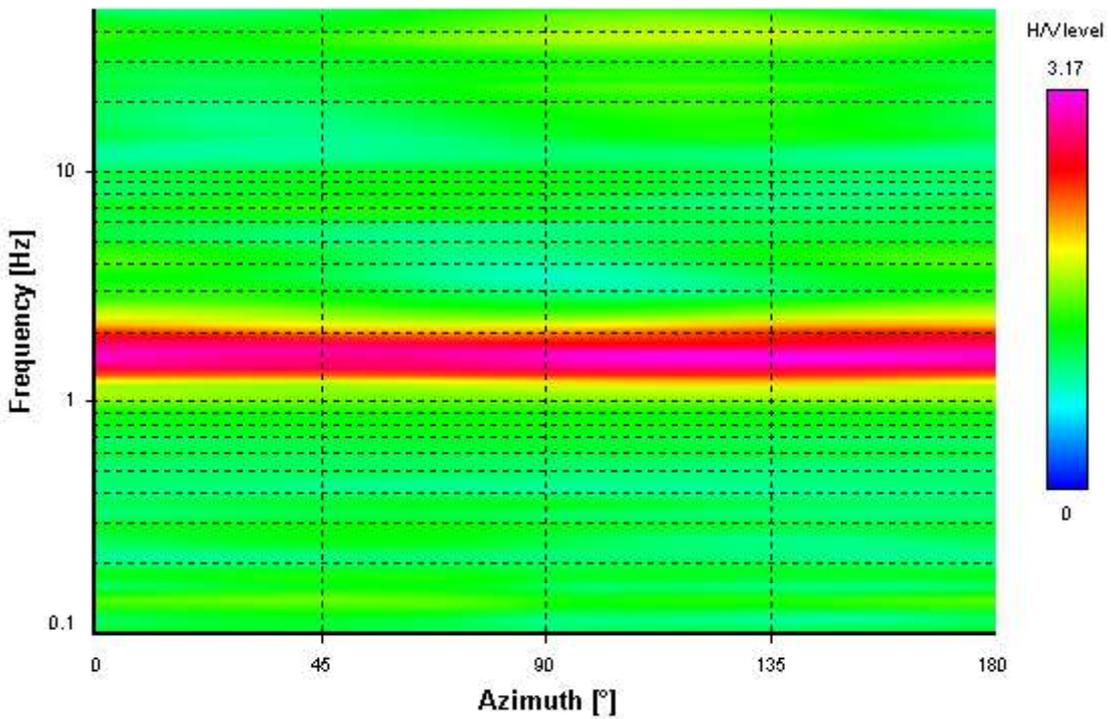
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



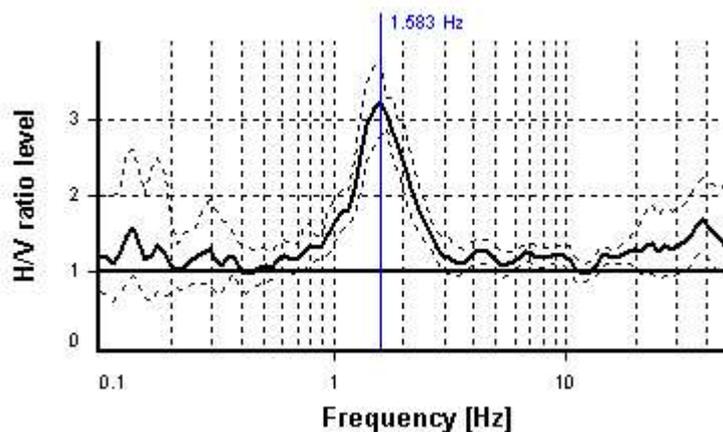
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.583 Hz

A_0 amplitude = 3.226

Average $f_0 = 1.615 \pm 0.157$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	16 valid windows (length > 6.32 s) out of 16	OK
$n_c(f_0) > 200$	2513.89 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0.95817 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	2.61602 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.23 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	6.48% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.15723 < 0.15832	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.16069 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 17

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,95816N

Longitude: 011,12328E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 180 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/30 15:18:57

Recording length: 30 min

Windows count: 17

Average windows length: 95.92

Signal coverage: 90.59%

1618 Counts

CHANNEL #1 [V]



-1460 Counts

1742 Counts

CHANNEL #2 [N]



-1864 Counts

2043 Counts

CHANNEL #3 [E]



-2407 Counts

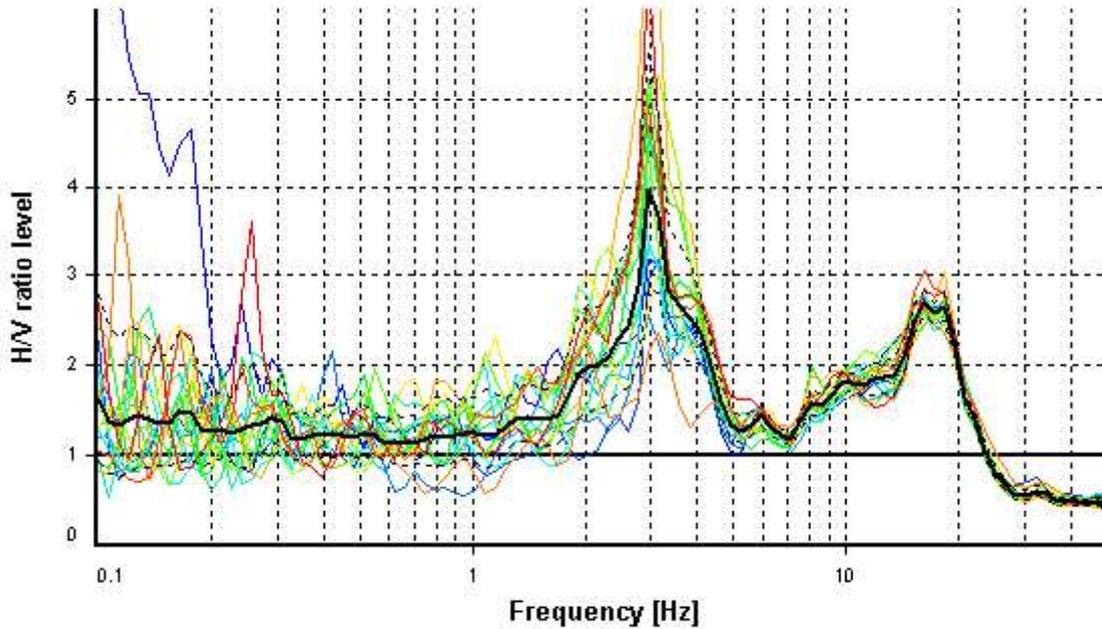
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

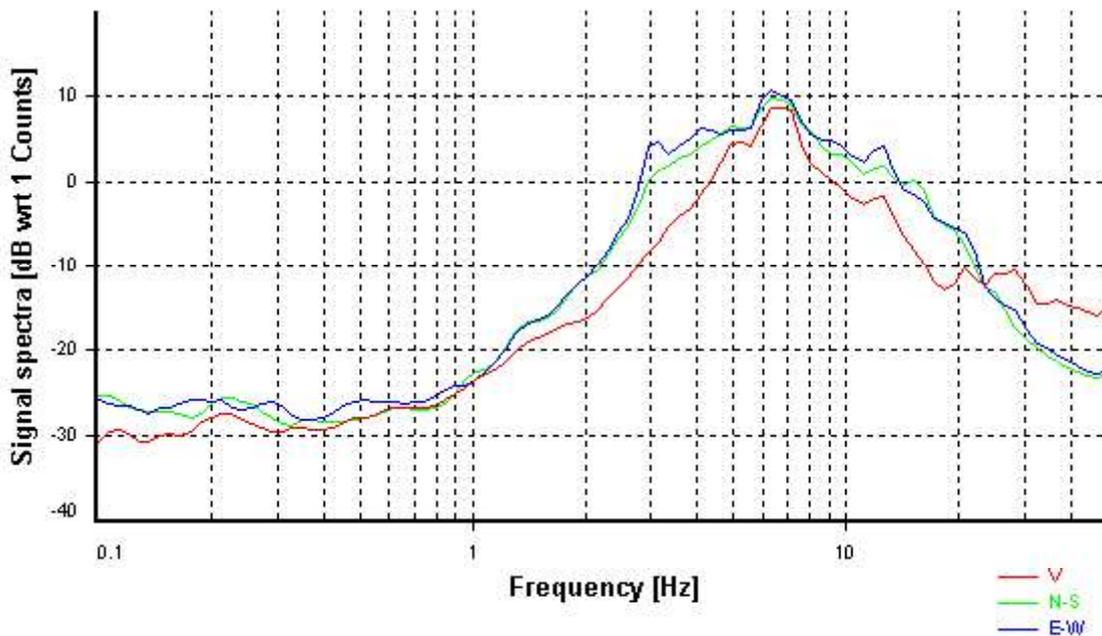
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

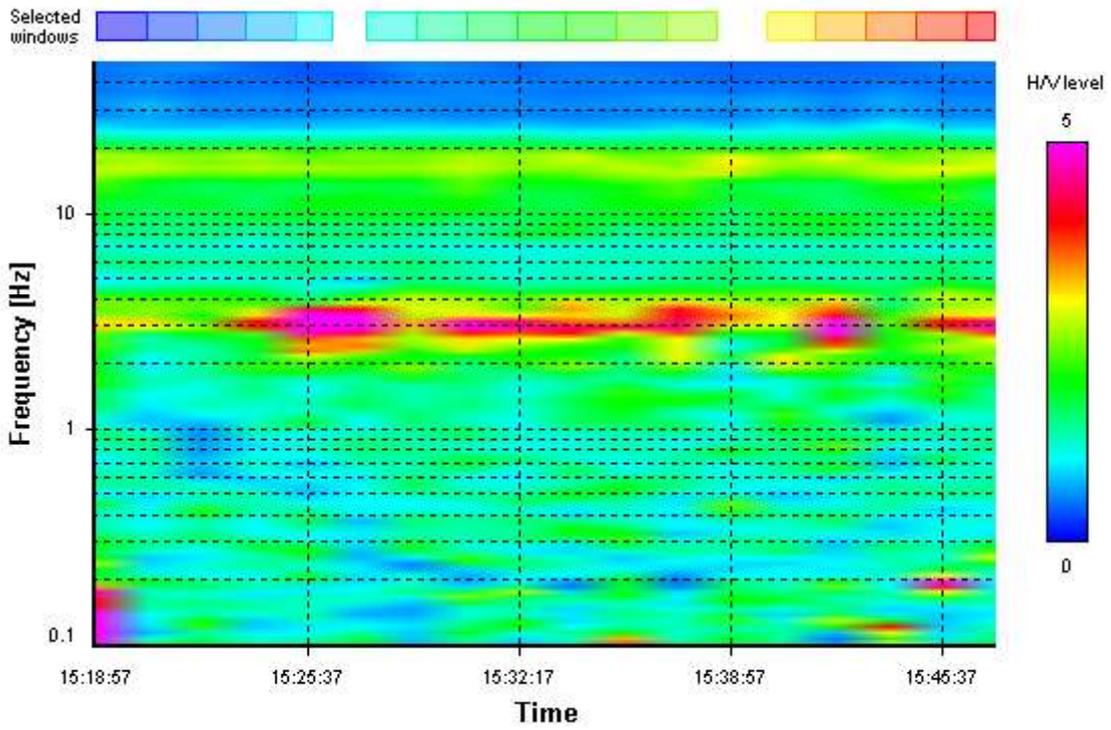
HVSR average



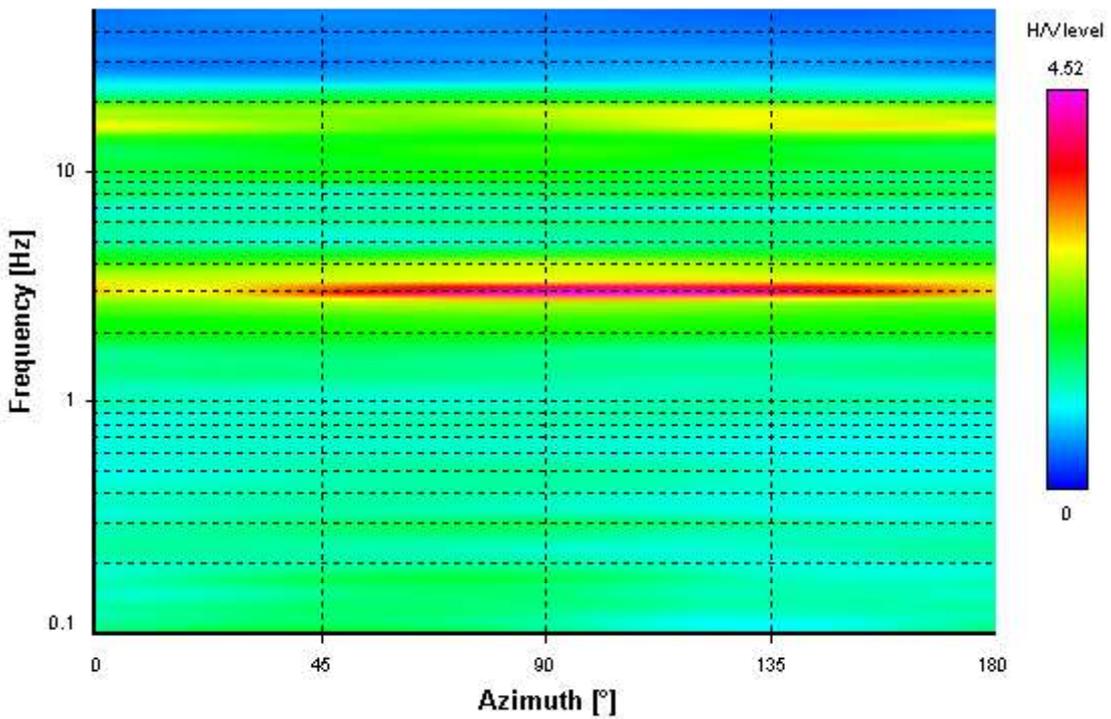
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



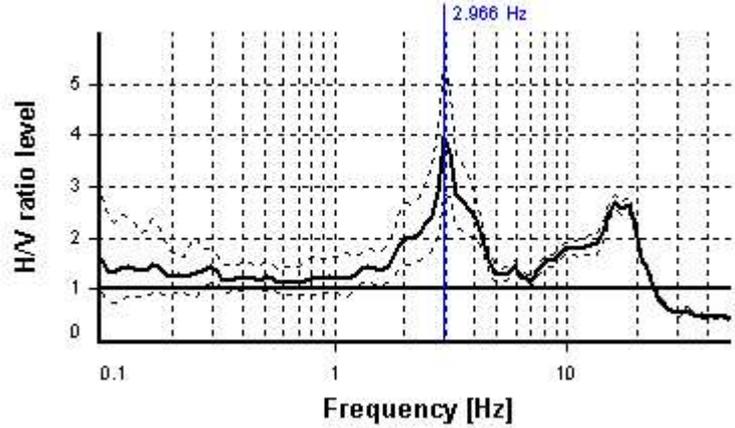
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.966 Hz

A_0 amplitude = 3.982

Average $f_0 = 3.035 \pm 0.119$



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	17 valid windows (length > 3.37 s) out of 17	OK
$n_c(f_0) > 200$	4836.24 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	2.03513 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	4.60258 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.98 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.11864 < 0.1483	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.39607 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 19

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,94790N

Longitude: 011,12387E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 170 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

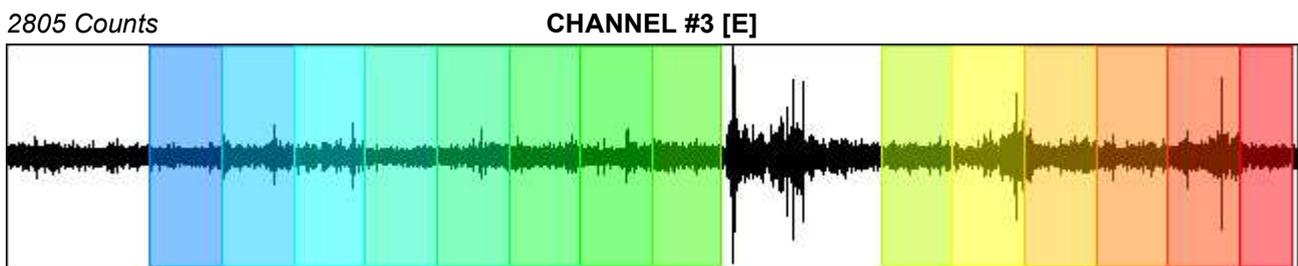
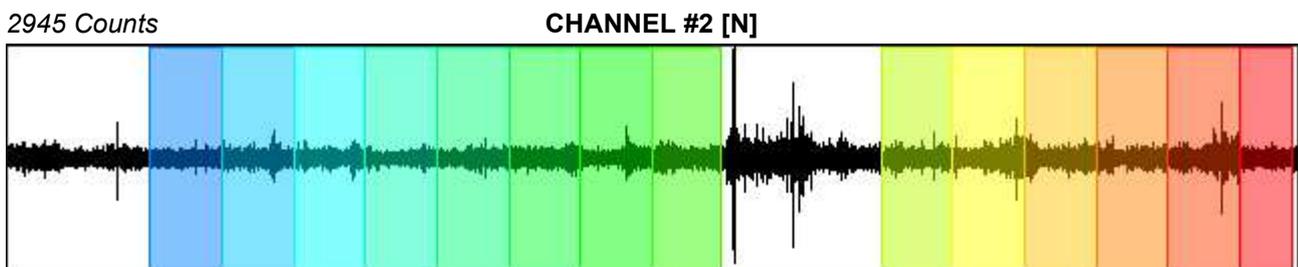
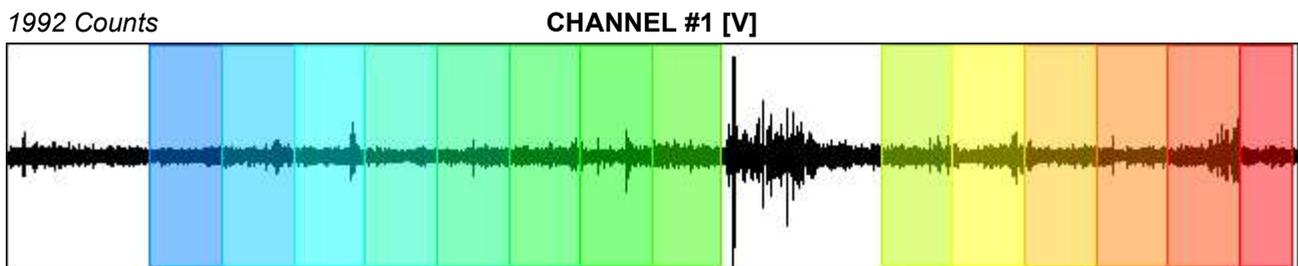
Recording start time: 2014/10/14 17:20:26

Recording length: 30 min

Windows count: 14

Average windows length: 97.8

Signal coverage: 76.06%



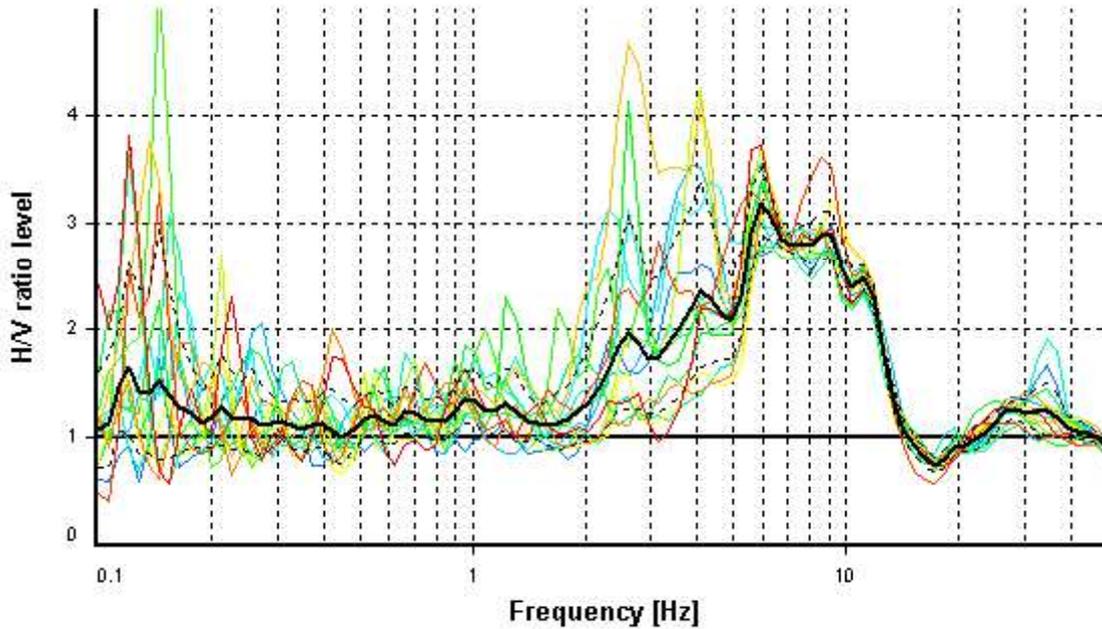
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

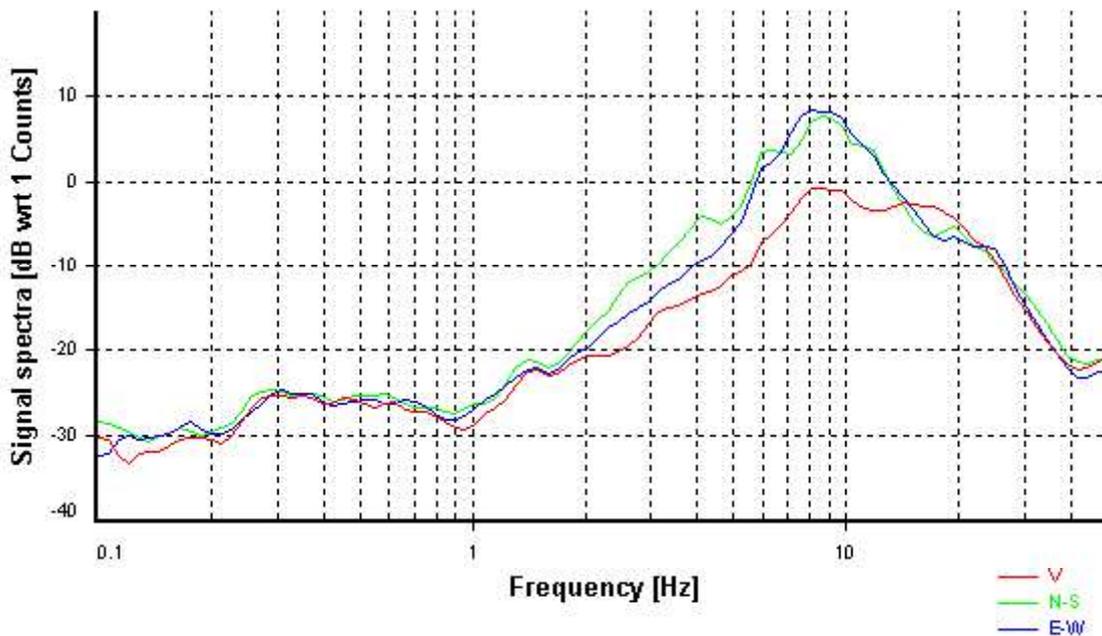
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

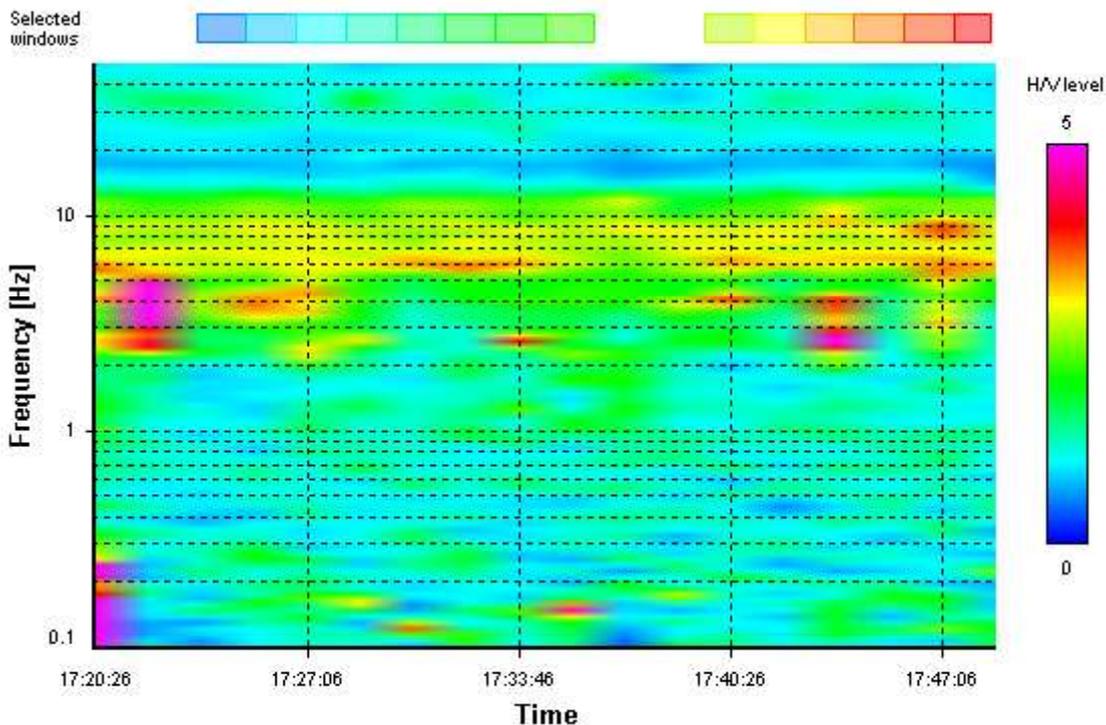
HVSR average



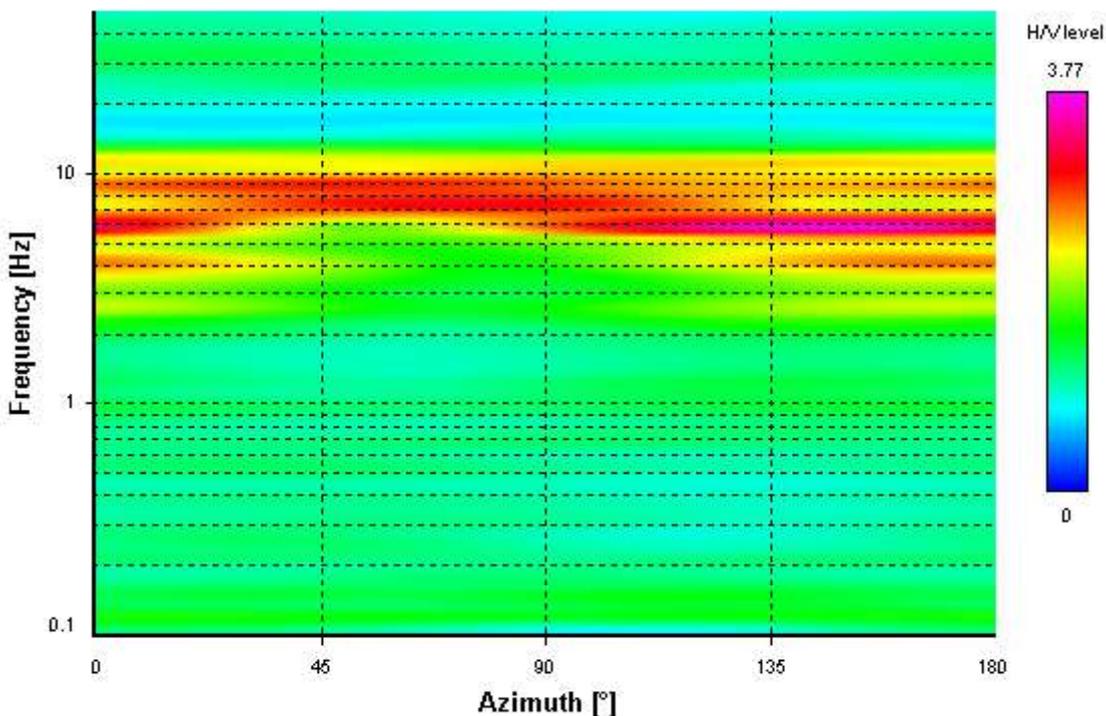
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



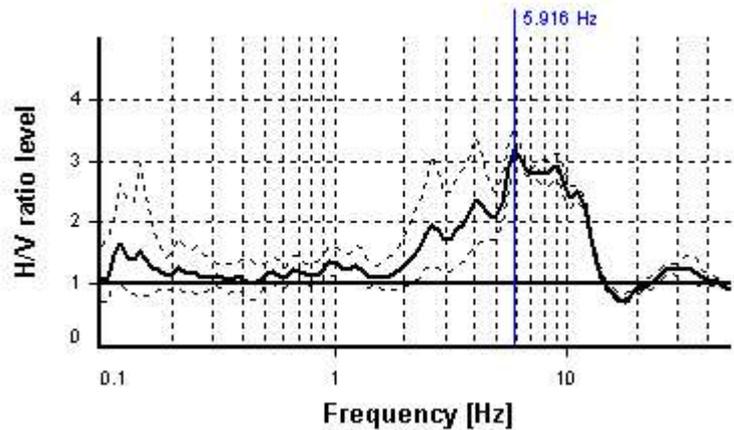
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

5.916 Hz

A_0 amplitude = 3.175

Average $f_0 = 5.654 \pm 1.236$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	14 valid windows (length > 1.69 s) out of 14	OK
$n_c(f_0) > 200$	8100.38 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	2.16697 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	13.38016 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.18 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.23636 >= 0.29582	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.1113 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 20

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: LA BRIGLIA

Latitude: 43,94419N

Longitude: 011,12412E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 130 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

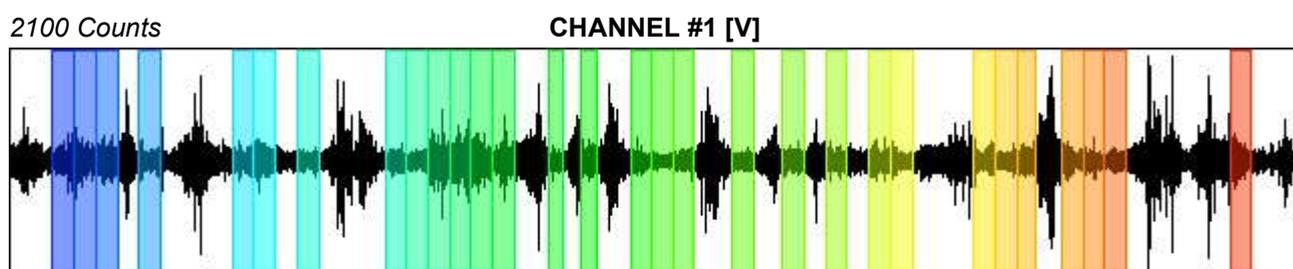
Recording start time: 2014/10/14 16:40:08

Recording length: 30 min

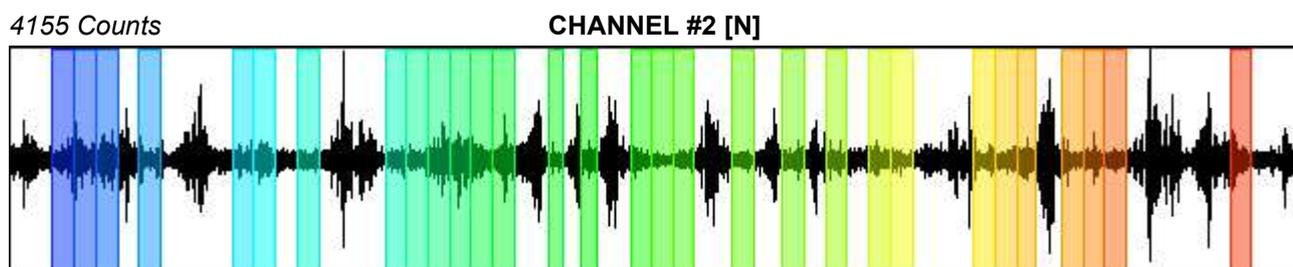
Windows count: 30

Average windows length: 29.3

Signal coverage: 48.84%



-2199 Counts



-3805 Counts



-4978 Counts

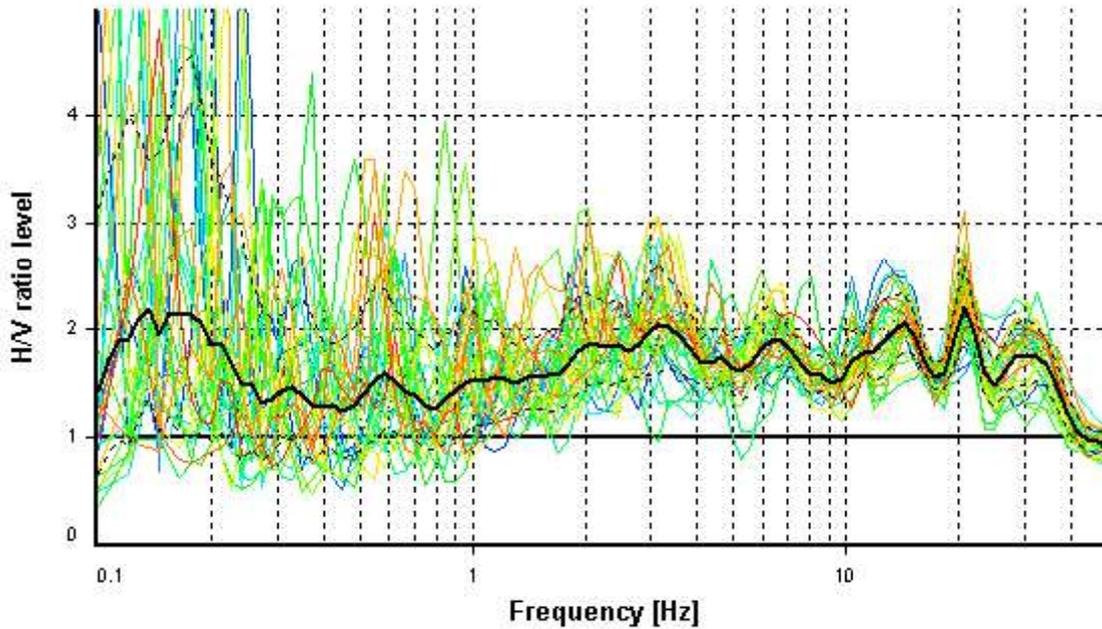
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

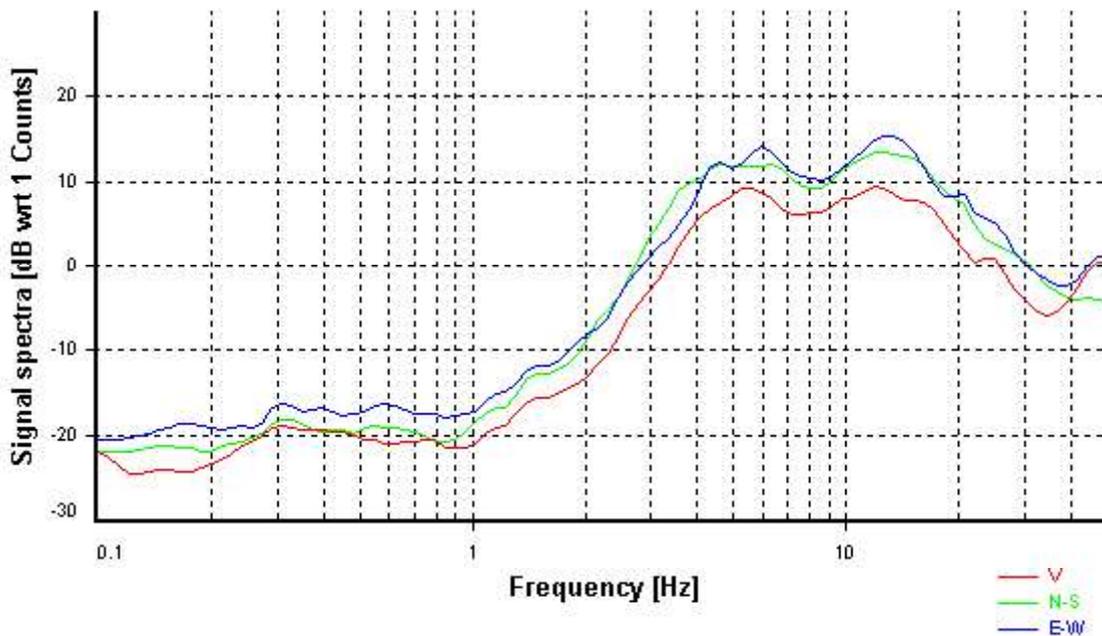
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

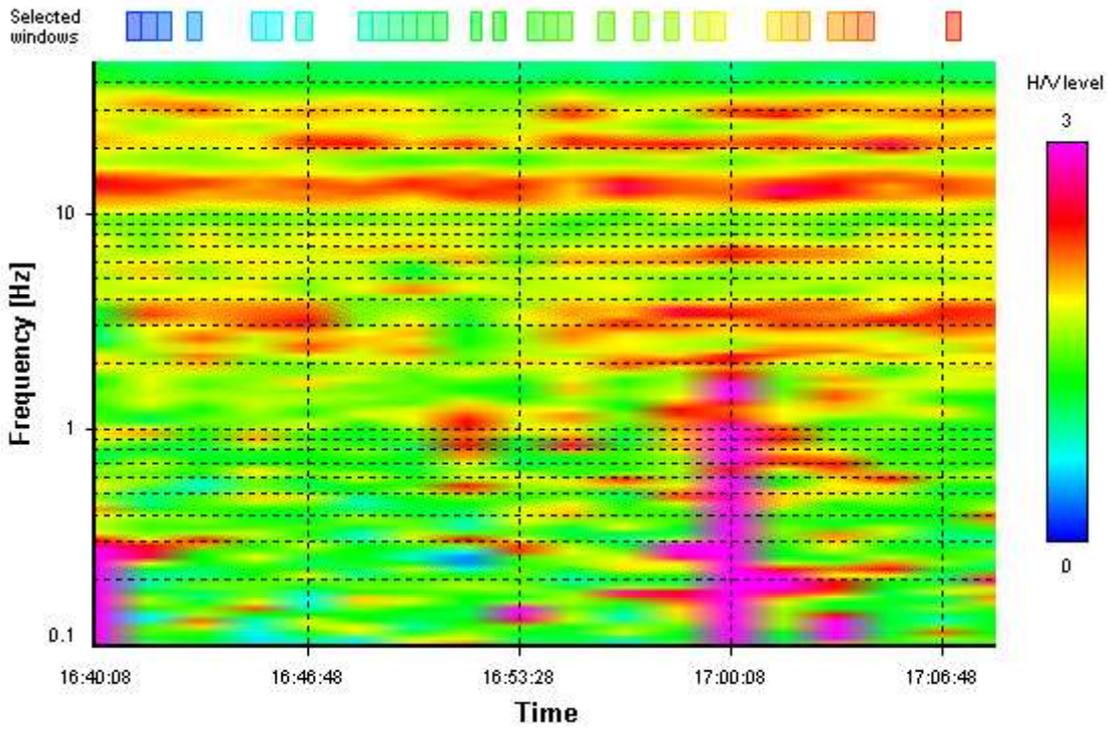
HVSR average



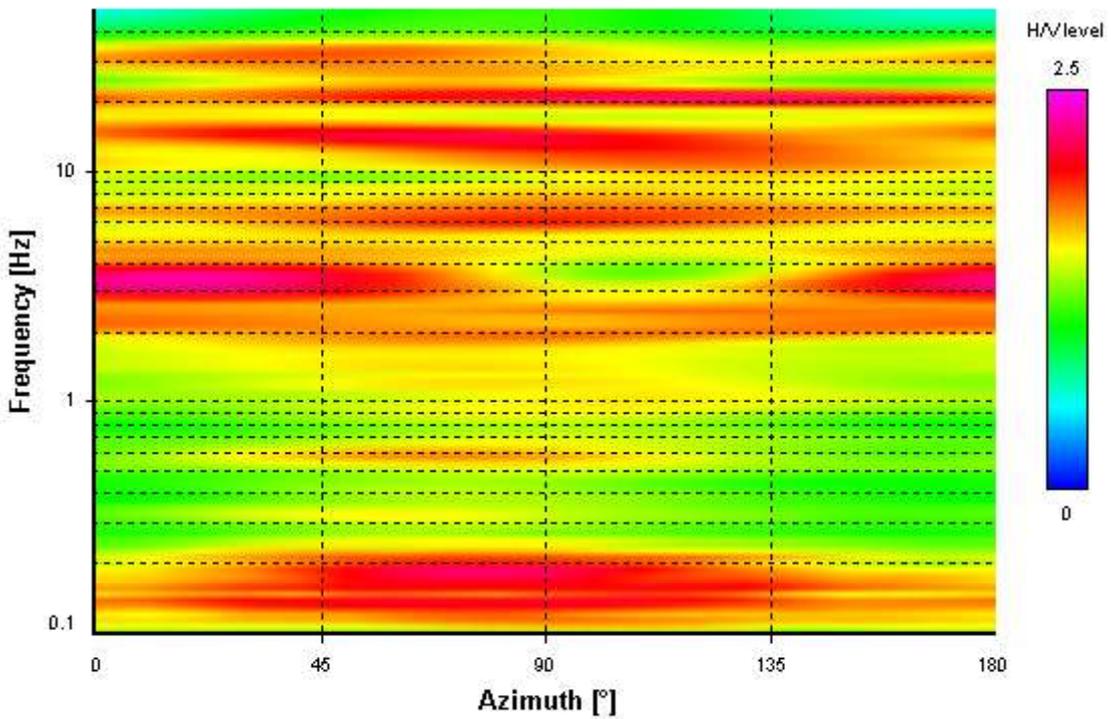
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



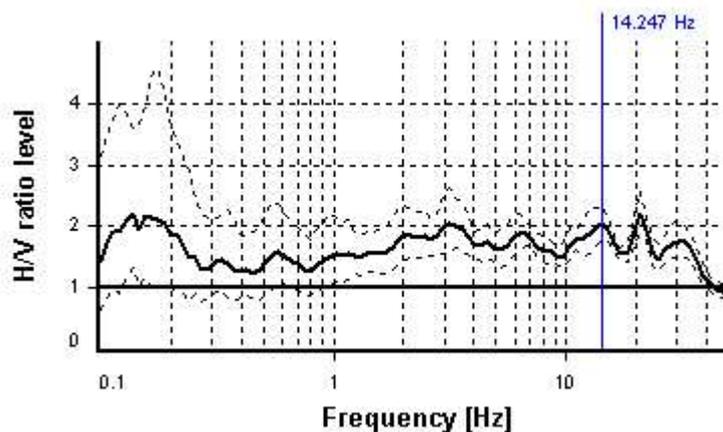
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

14.247 Hz

A_0 amplitude = 2.055

Average $f_0 = 14.476 \pm 3.047$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	30 valid windows (length > 0.7 s) out of 30	OK
$n_c(f_0) > 200$	12523.69 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	44.10069 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.06 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.04733 \geq 0.71235	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.1414 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: prova 21bis

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: LA BRIGLIA

Latitude: 43,94278N

Longitude: 011,12672E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 125 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico intenso sulla SS325

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/11/21 09:55:01

Recording length: 30 min

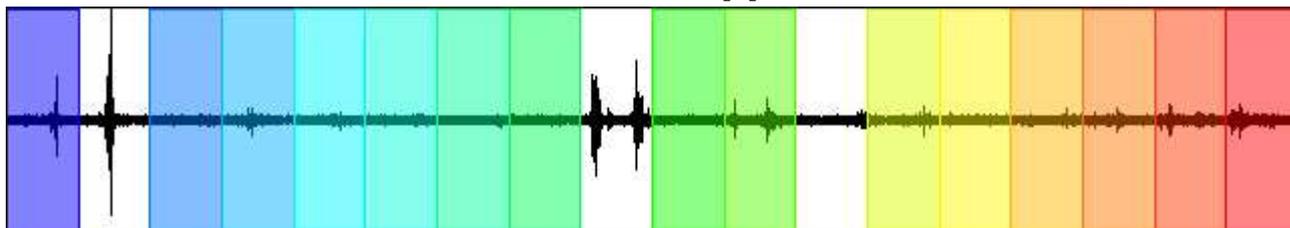
Windows count: 15

Average windows length: 100

Signal coverage: 83.33%

23446 Counts

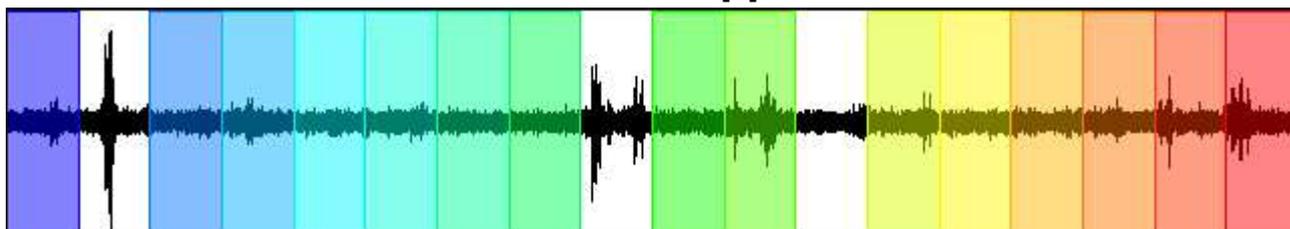
CHANNEL #1 [V]



-19912 Counts

9902 Counts

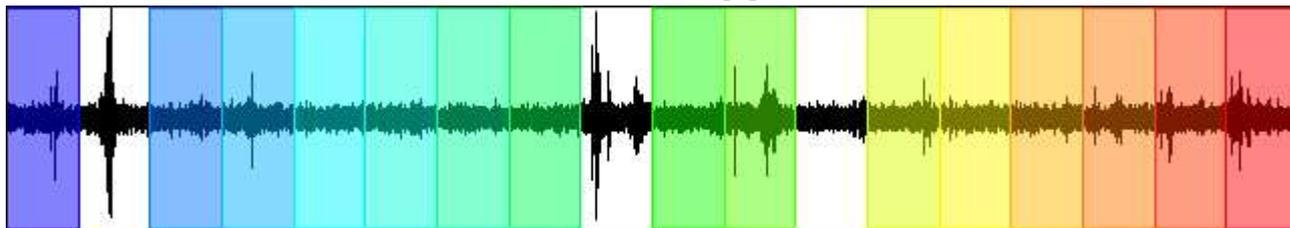
CHANNEL #2 [N]



-12103 Counts

13638 Counts

CHANNEL #3 [E]



-12490 Counts

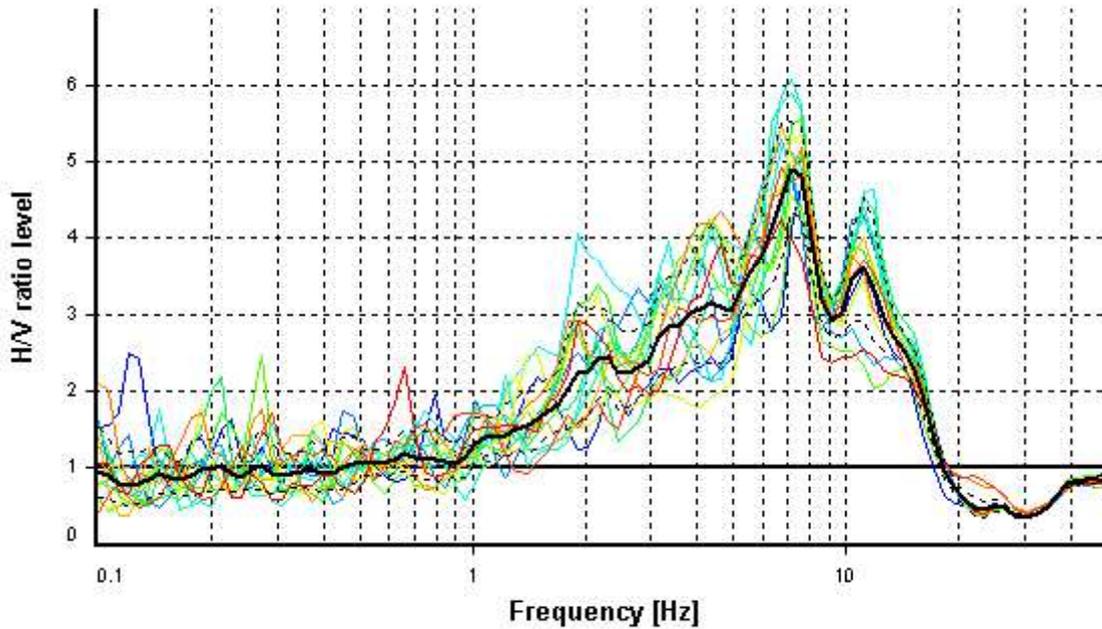
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

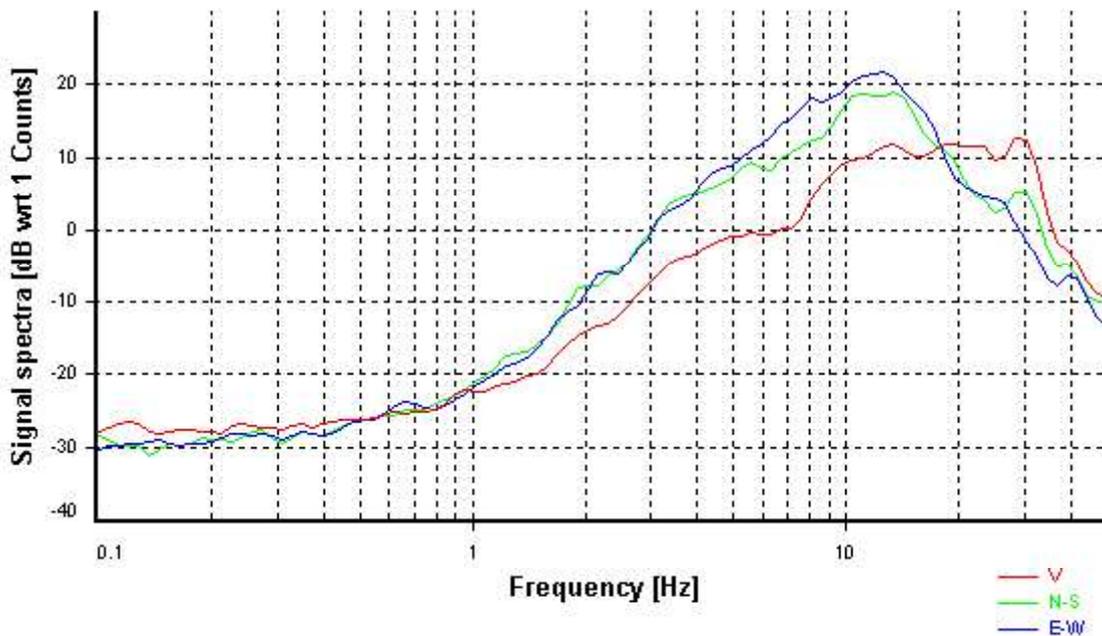
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

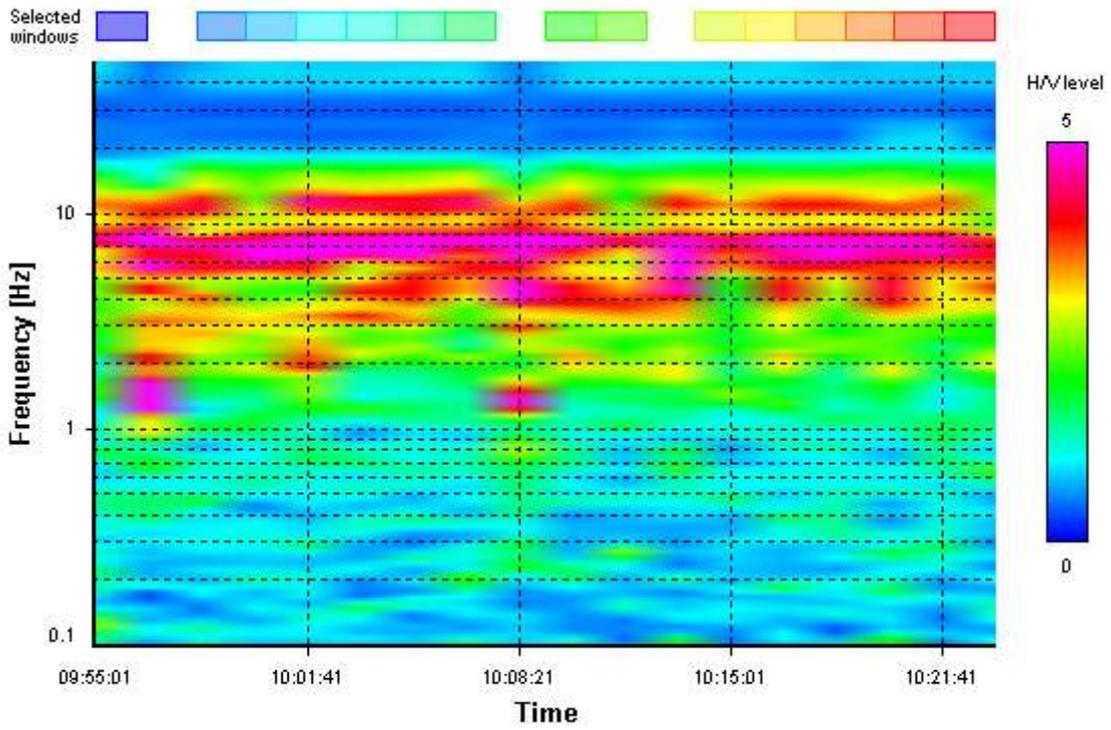
HVSR average



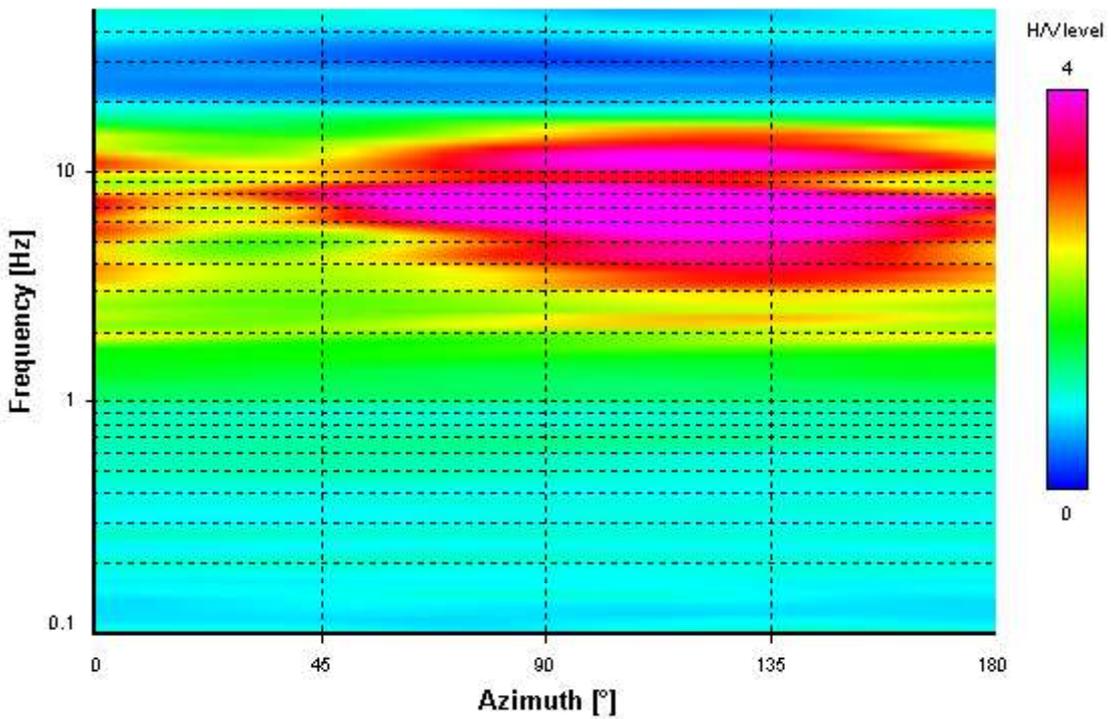
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



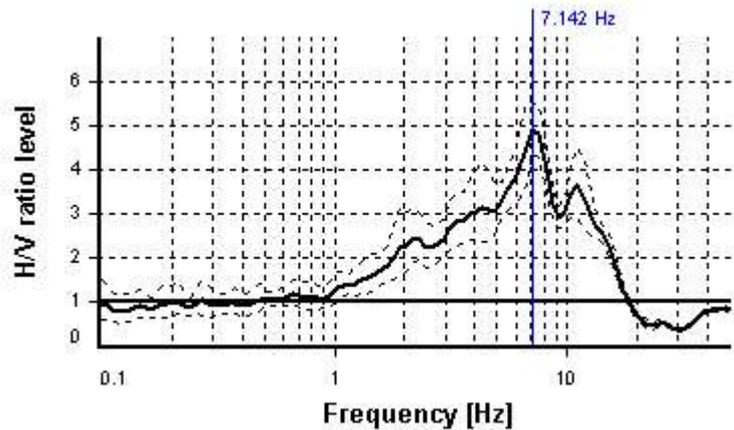
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

7.142 Hz

A_0 amplitude = 4.910

Average $f_0 = 7.183 \pm 0.397$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	15 valid windows (length > 1.4 s) out of 15	OK
$n_c(f_0) > 200$	10713.45 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	2.96596 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	15.17001 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.91 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.39683 >= 0.35711	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.12817 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 22bis

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: LA BRIGLIA

Latitude: 43,93989N

Longitude: 011,12470E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 300 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

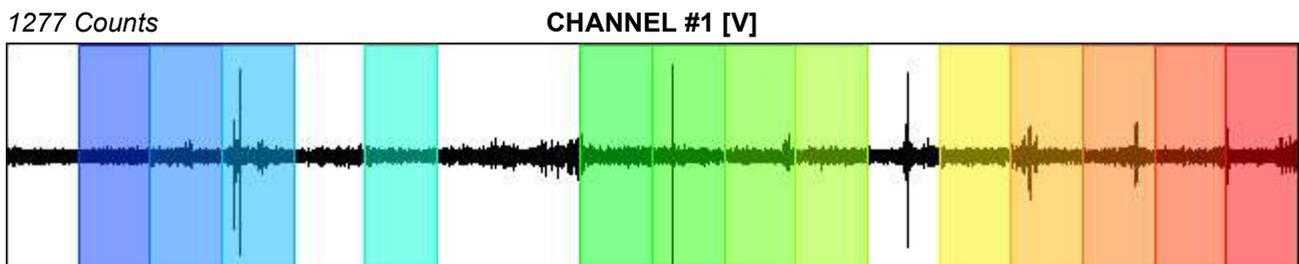
Recording start time: 2014/12/06 13:42:26

Recording length: 30 min

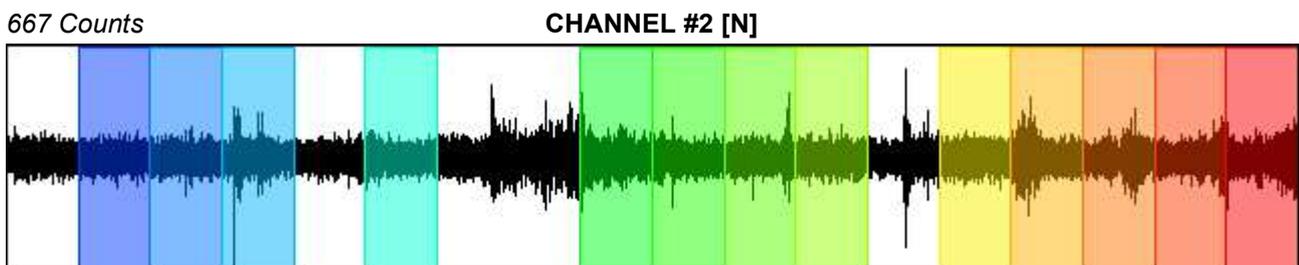
Windows count: 13

Average windows length: 100

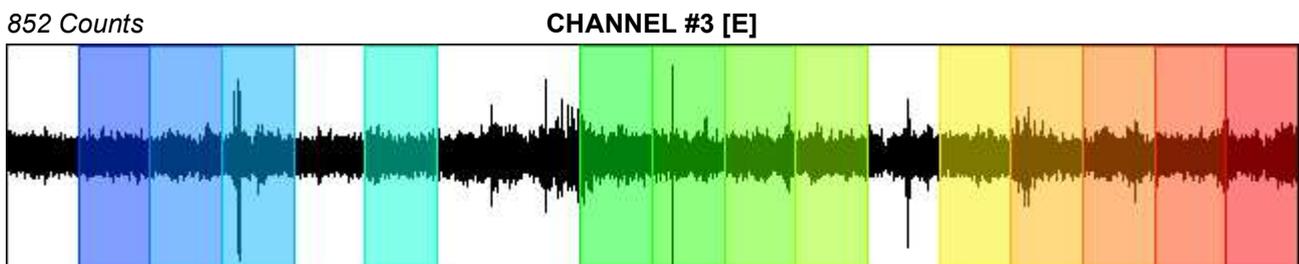
Signal coverage: 72.22%



-1547 Counts



-823 Counts



-1038 Counts

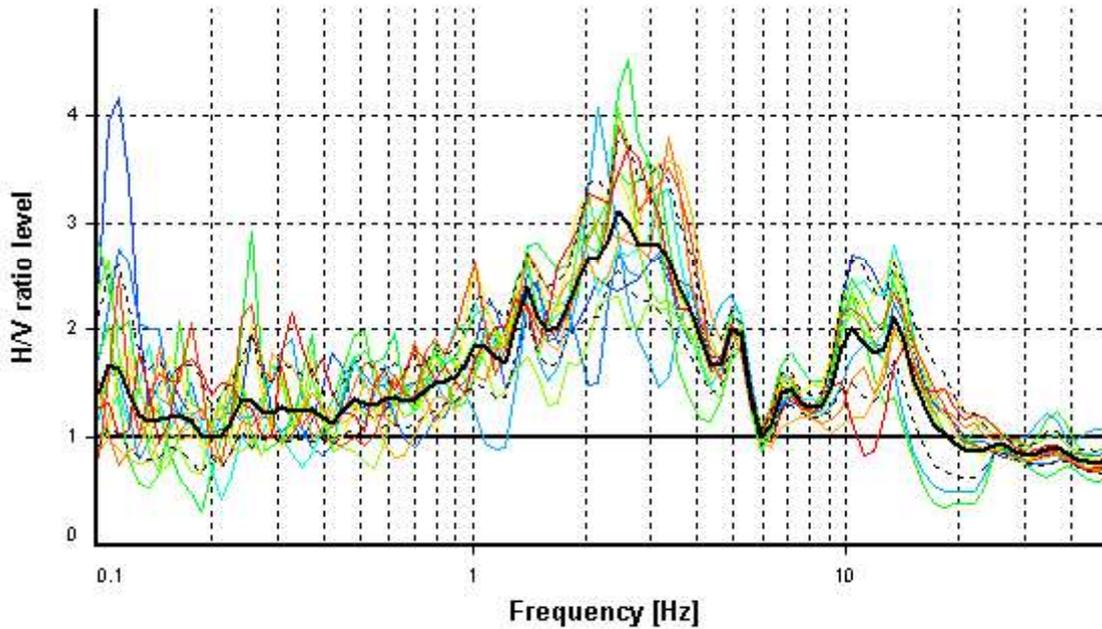
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

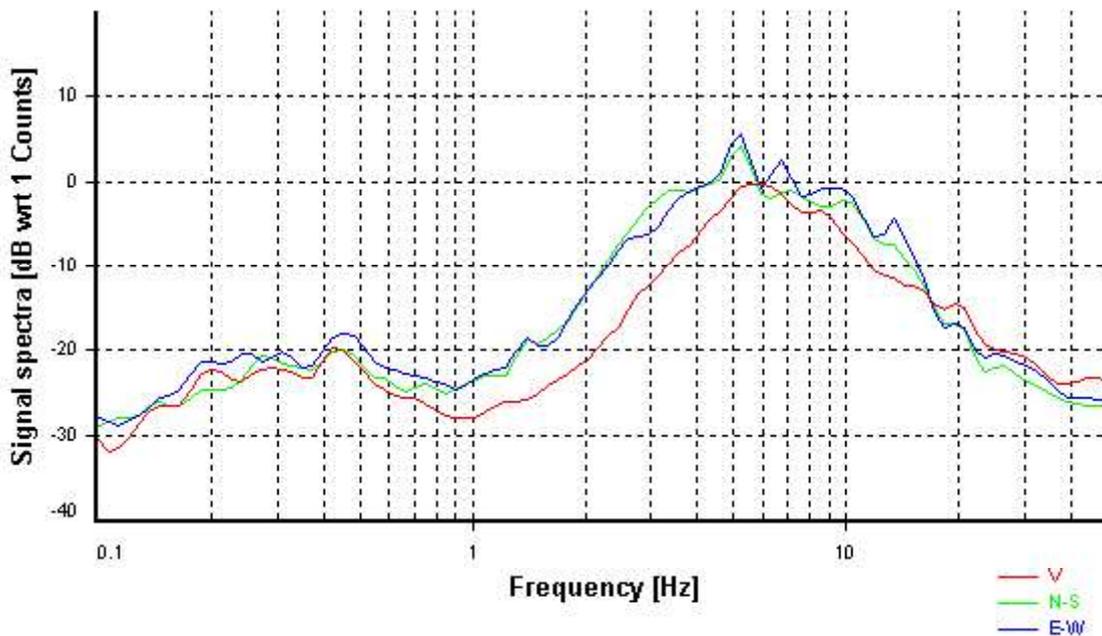
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

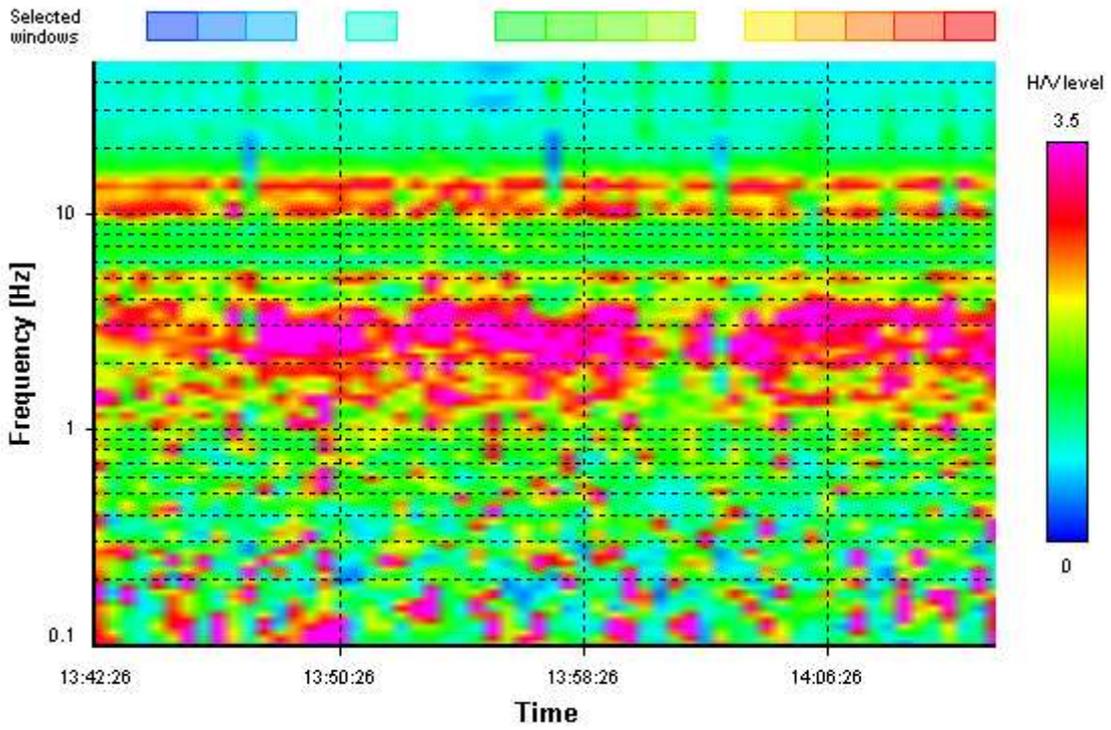
HVSR average



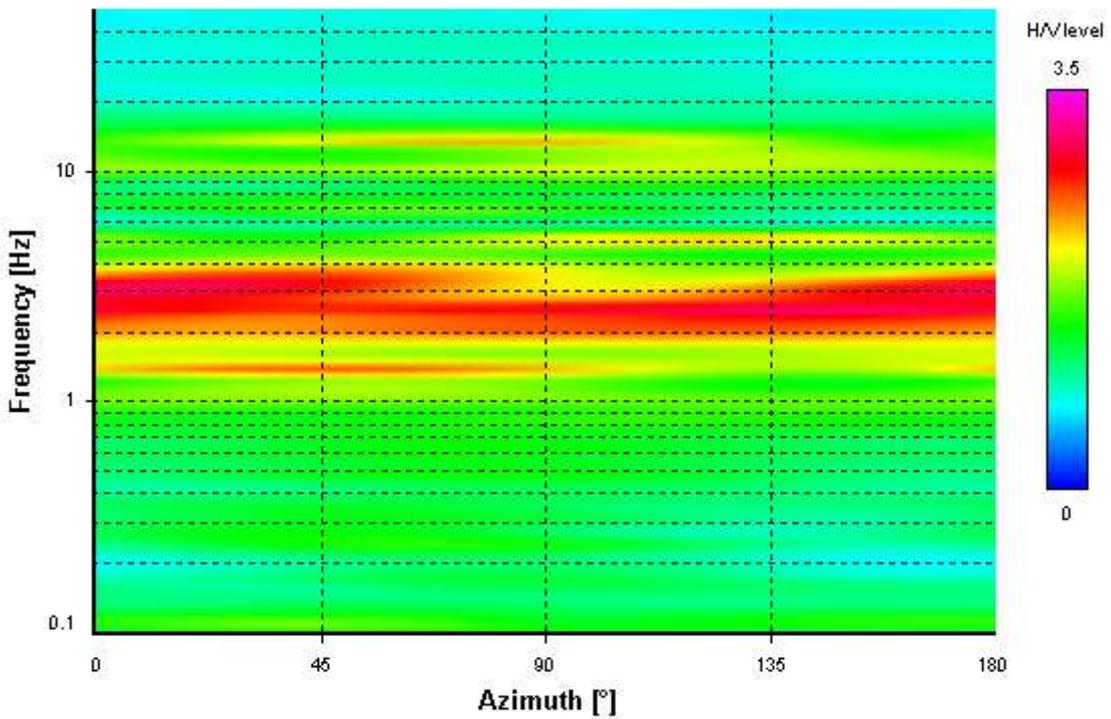
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



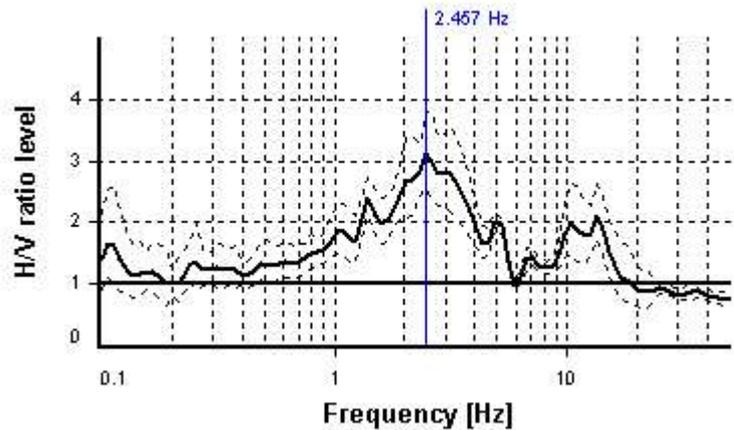
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.457 Hz

A_0 amplitude = 3.117

Average $f_0 = 2.815 \pm 0.425$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	13 valid windows (length > 4.07 s) out of 13	OK
$n_c(f_0) > 200$	3193.9 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0.89987 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	5.55634 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.12 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.42529 \geq 0.12284	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.22238 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 23

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: LA BRIGLIA

Latitude: 43,93900N

Longitude: 011,12211E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 200 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

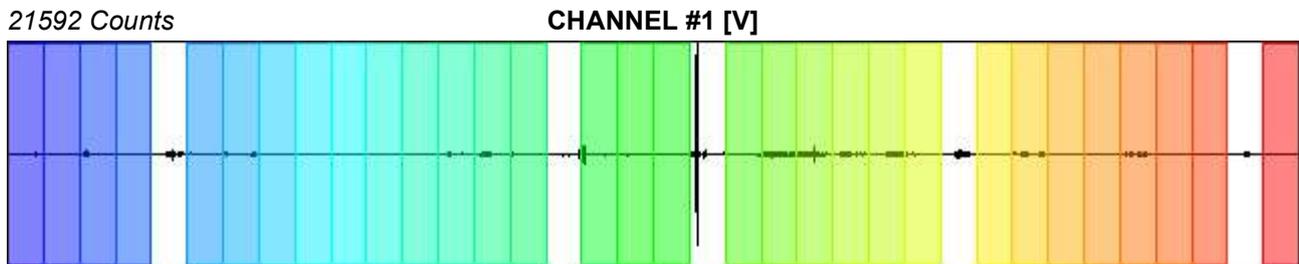
Recording start time: 2014/10/09 16:55:16

Recording length: 30 min

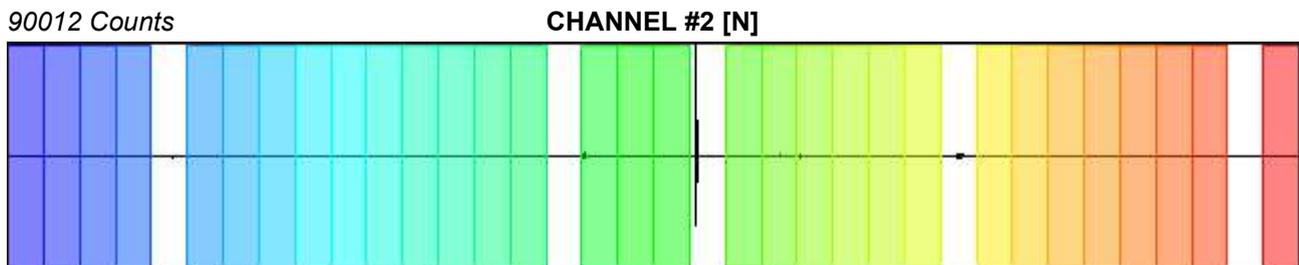
Windows count: 31

Average windows length: 50

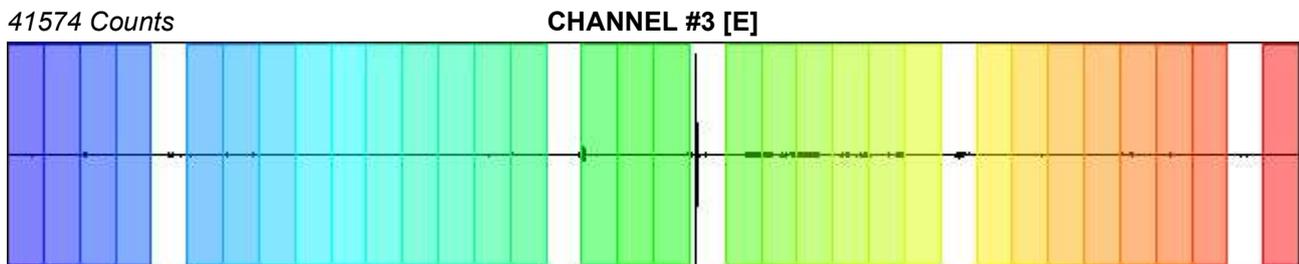
Signal coverage: 86.11%



-17758 Counts



-56262 Counts



-45224 Counts

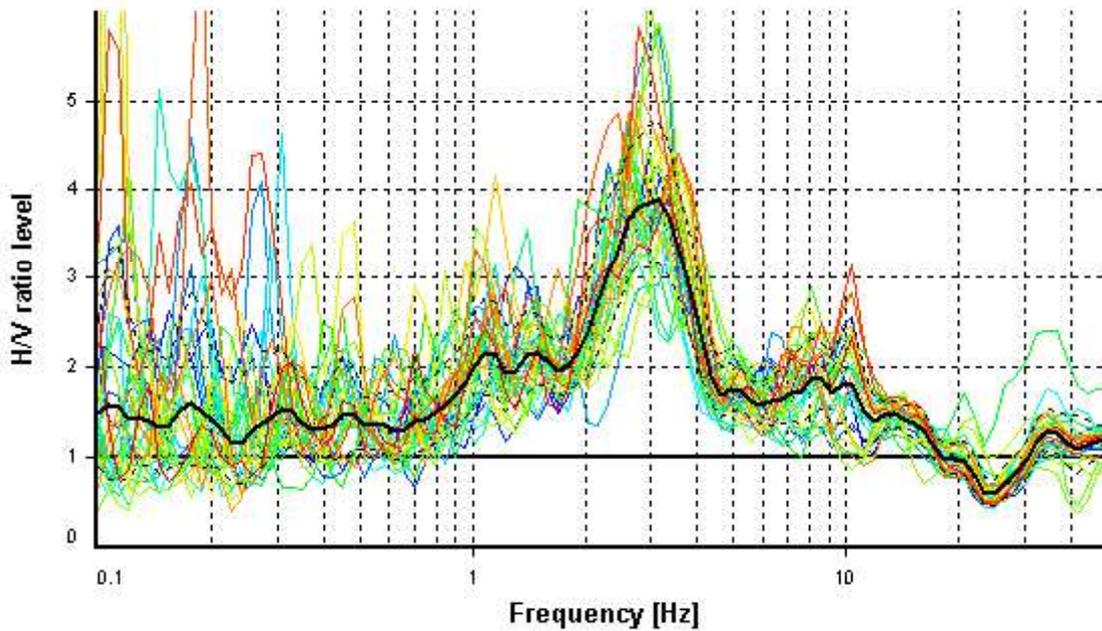
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

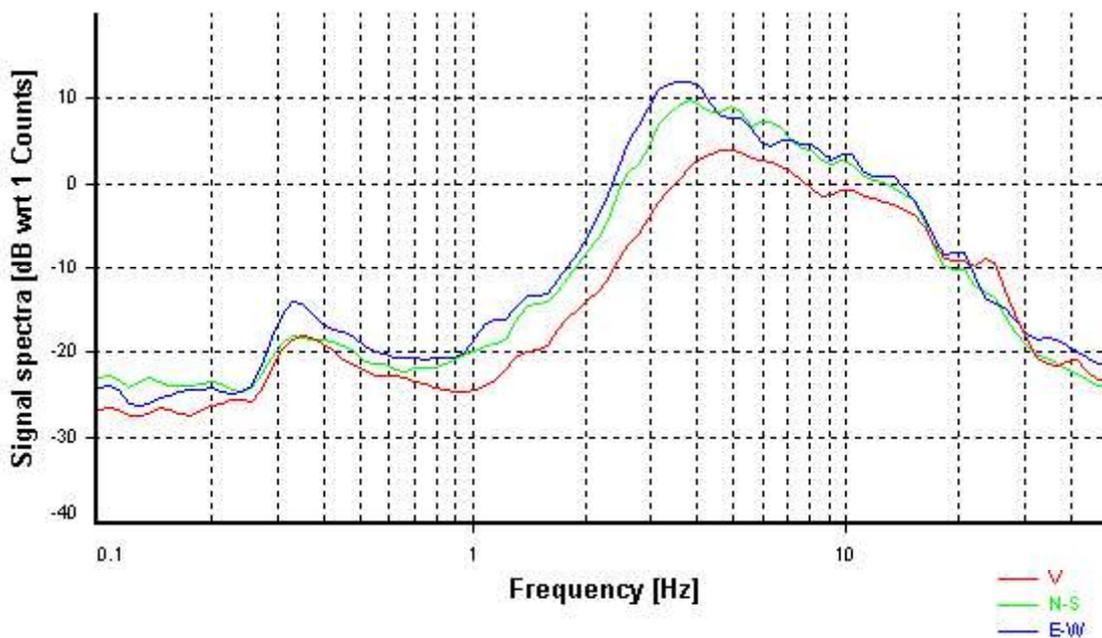
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

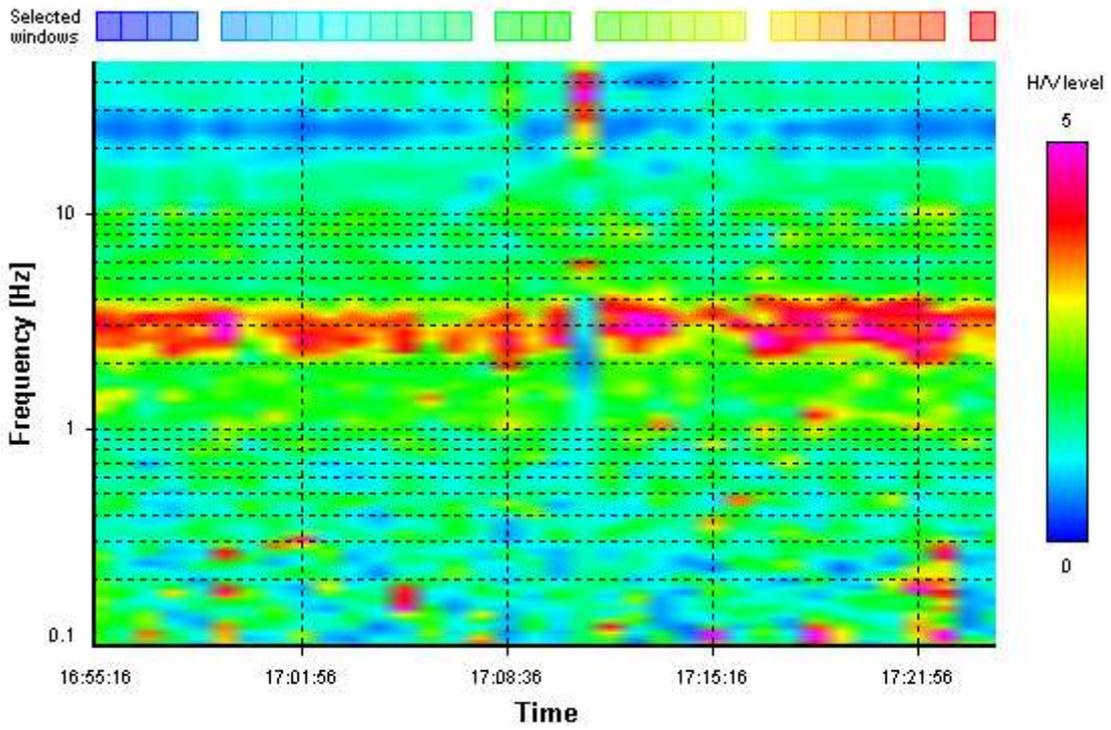
HVSR average



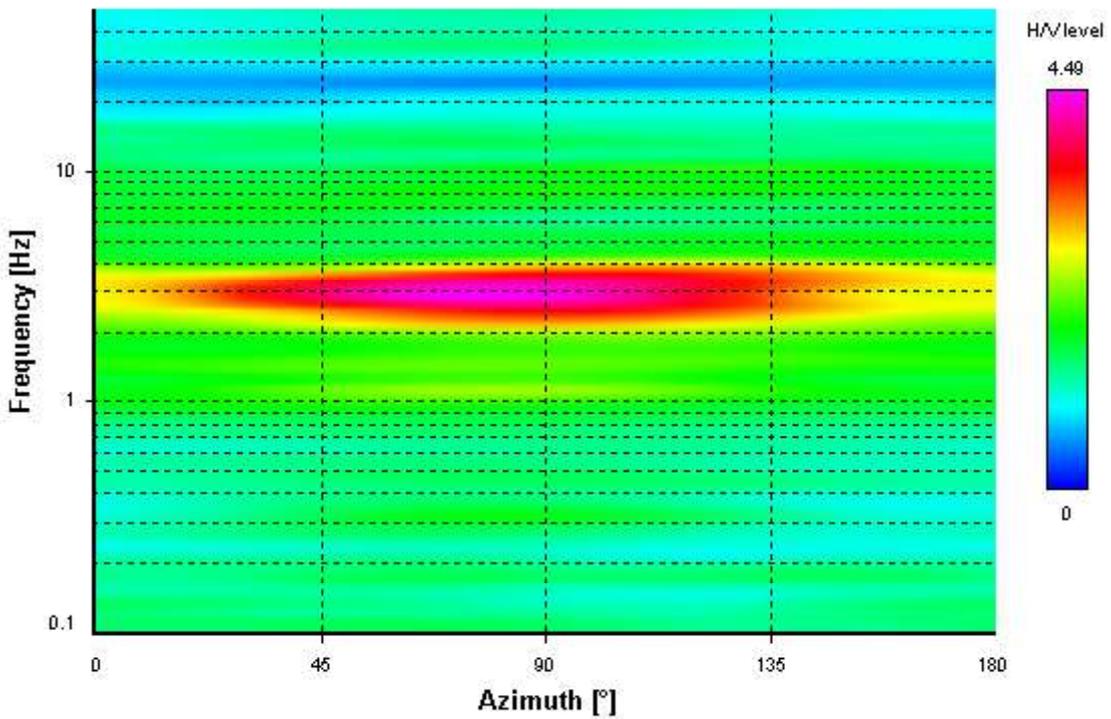
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (50 seconds windows)



HVSR directional analysis



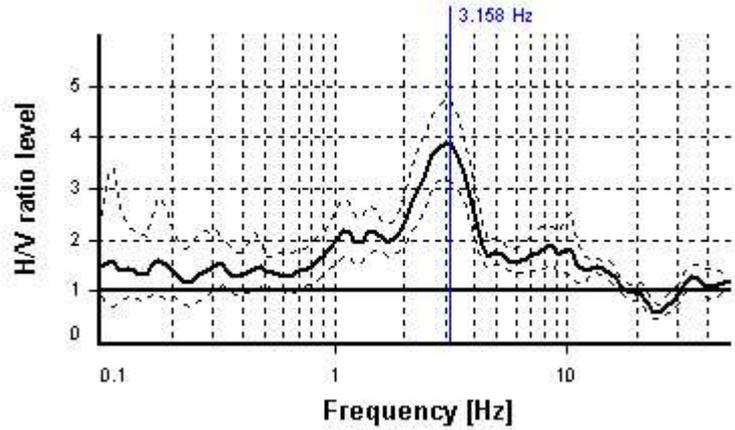
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.158 Hz

A_0 amplitude = 3.878

Average $f_0 = 2.910 \pm 0.360$



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	31 valid windows (length > 3.17 s) out of 31	OK
$n_c(f_0) > 200$	4895.08 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	1.23167 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	4.32254 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.88 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.36046 >= 0.15791	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.22555 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 24

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: LA BRIGLIA

Latitude: 43,93656N

Longitude: 011,13385E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 175 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

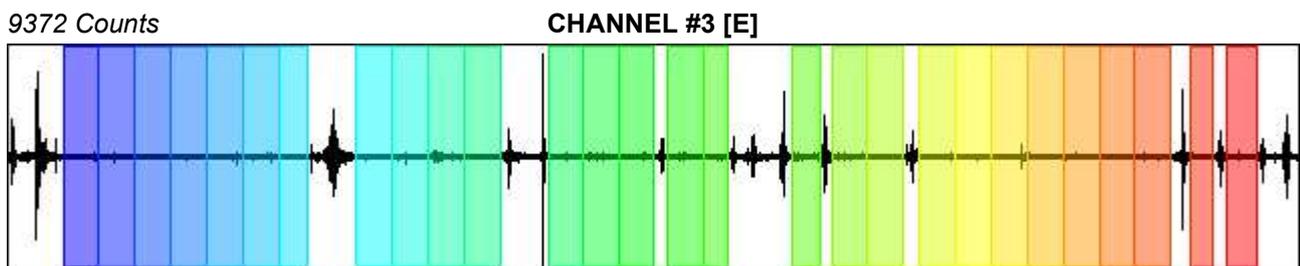
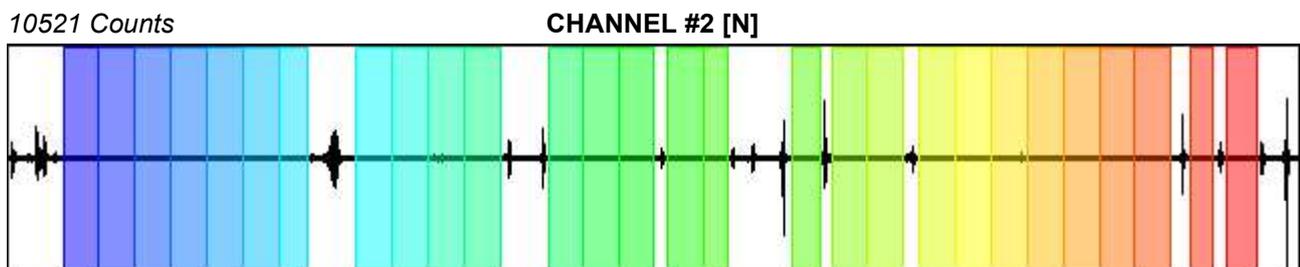
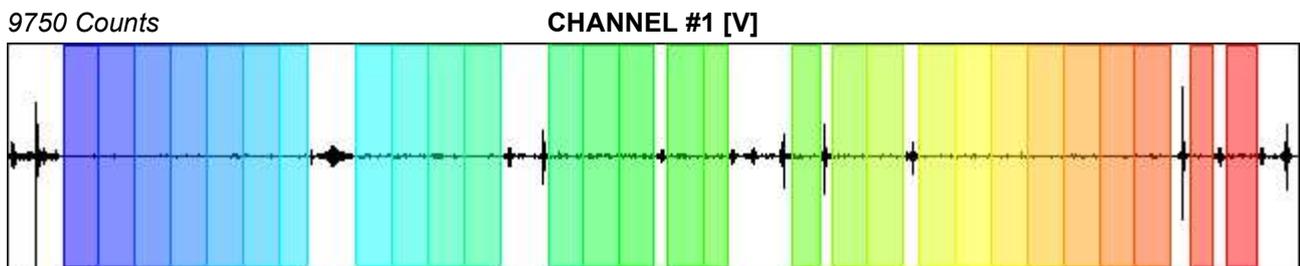
Recording start time: 2014/10/09 16:11:14

Recording length: 30 min

Windows count: 28

Average windows length: 47.73

Signal coverage: 74.24%



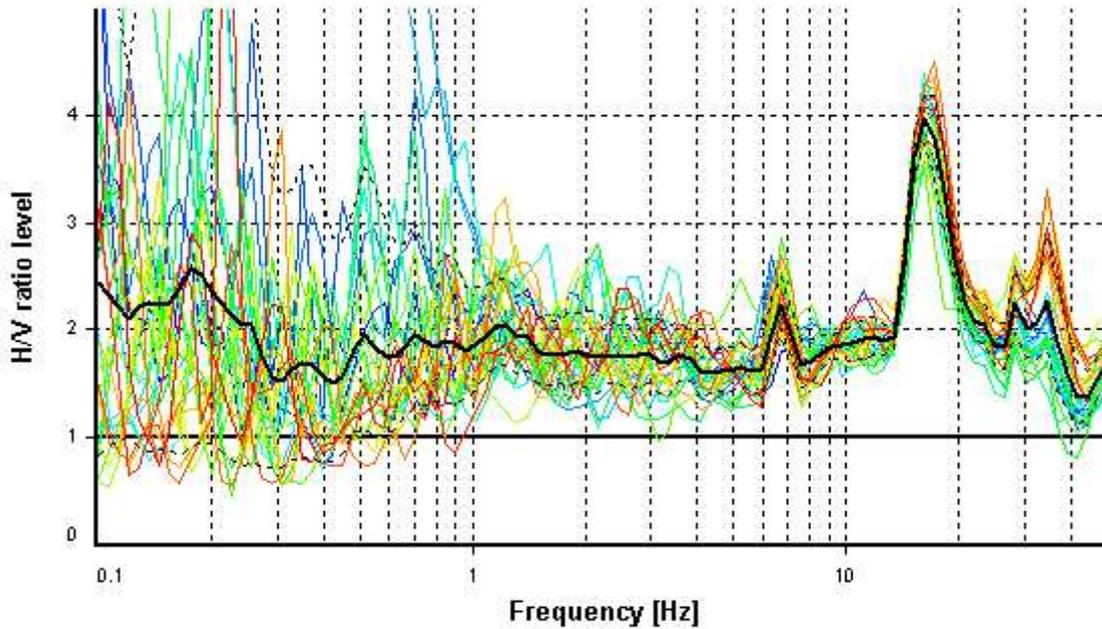
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

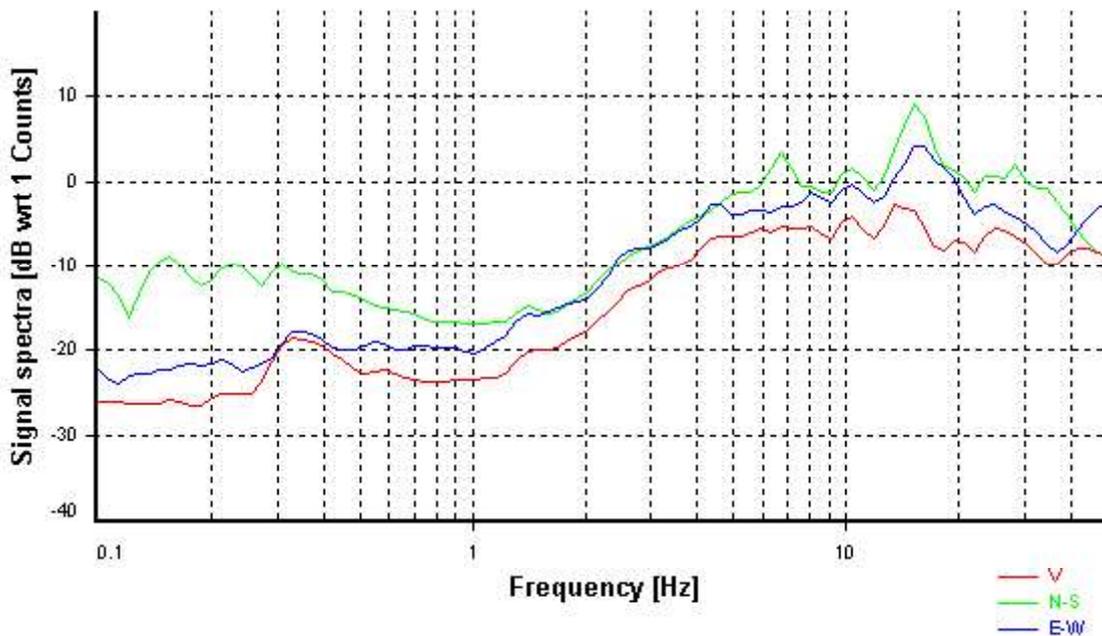
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

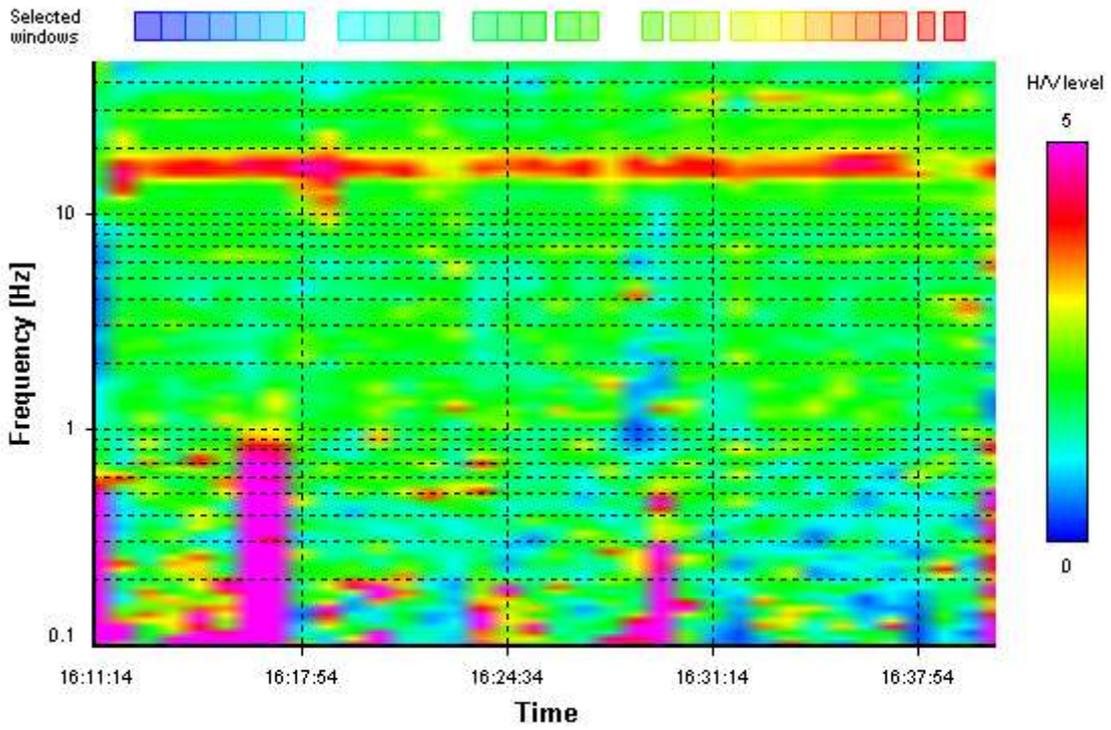
HVSR average



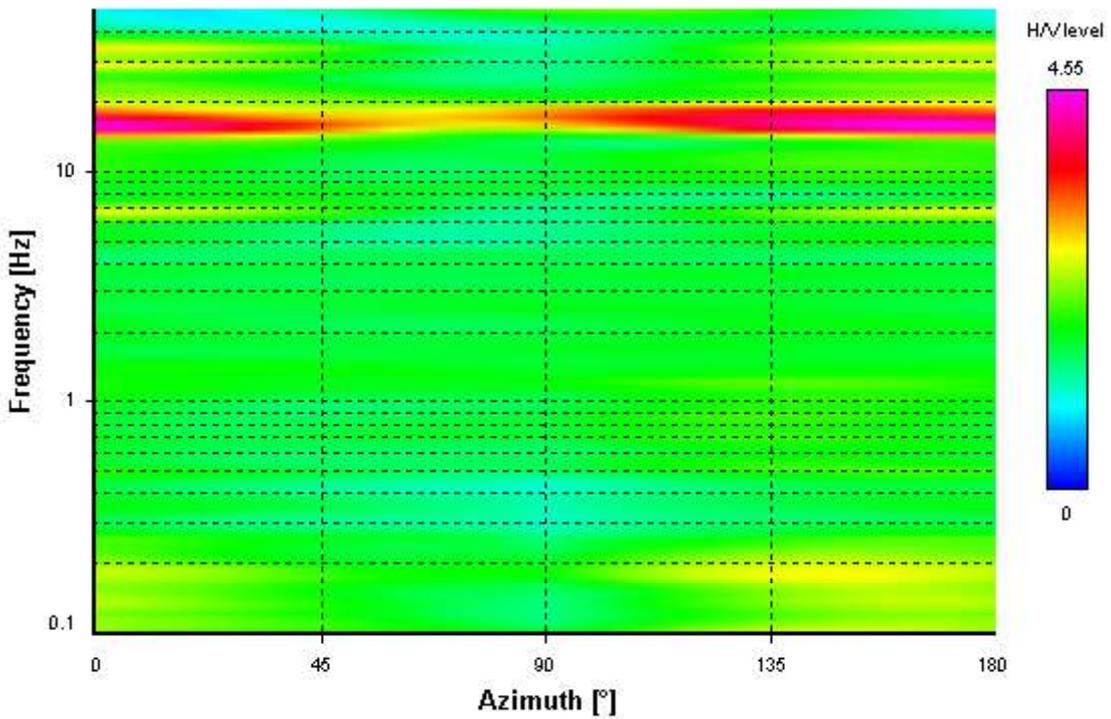
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (50 seconds windows)



HVSR directional analysis



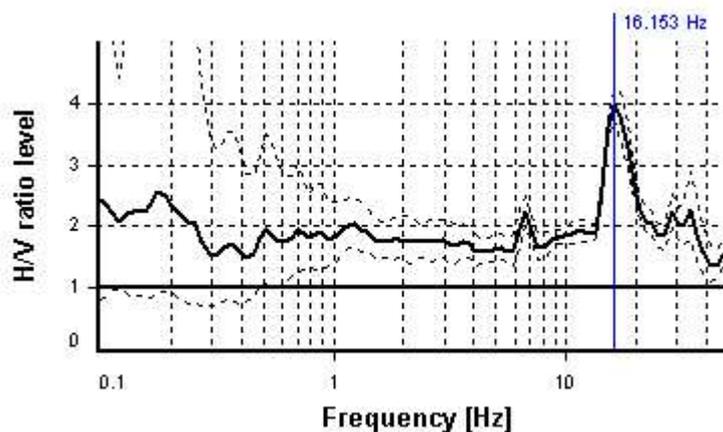
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

16.153 Hz

A_0 amplitude = 3.972

Average $f_0 = 16.342 \pm 0.492$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	28 valid windows (length > 0.62 s) out of 28	OK
$n_c(f_0) > 200$	21586.62 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	13.38016 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	25.06597 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.97 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.49197 < 0.80764	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.05934 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 25

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: LA BRIGLIA

Latitude: 43,93882N

Longitude: 011,13090E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 120 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: forte rumore di fondo dovuto alle fabbriche ed al traffico

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/29 17:21:49

Recording length: 30 min

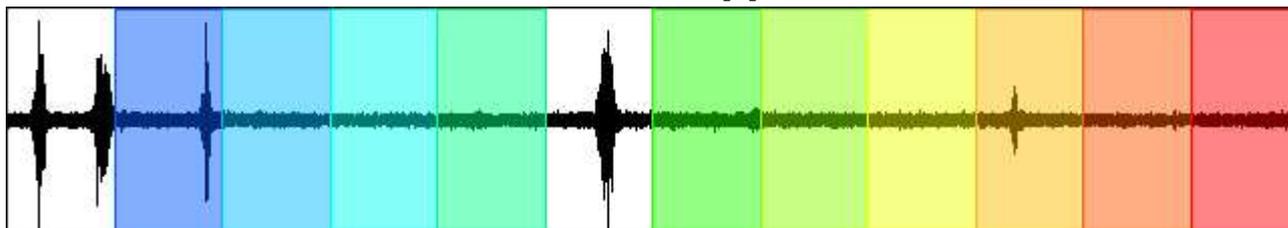
Windows count: 10

Average windows length: 150

Signal coverage: 83.33%

5399 Counts

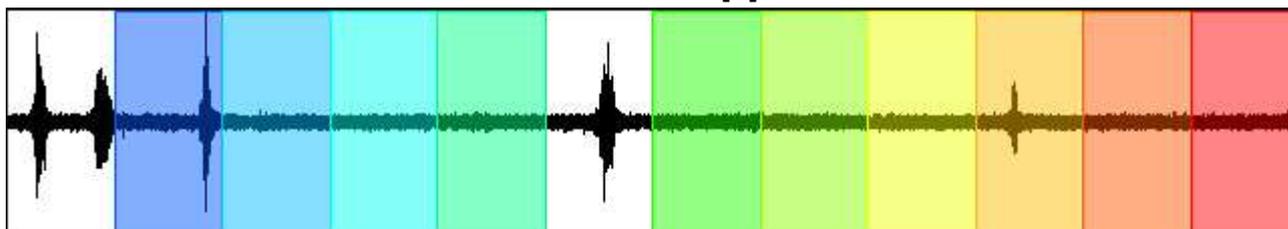
CHANNEL #1 [V]



-6027 Counts

13876 Counts

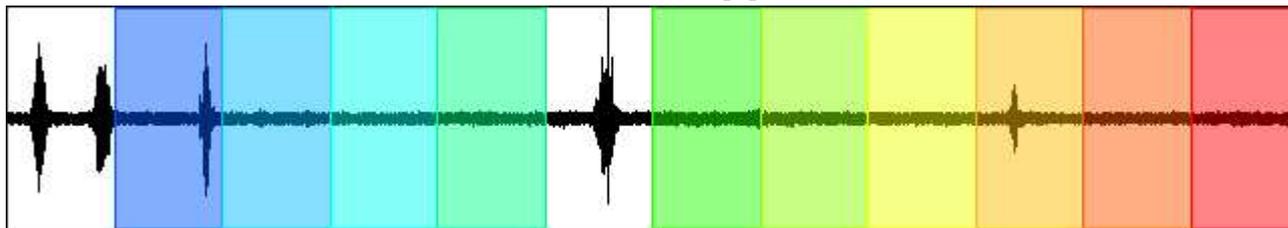
CHANNEL #2 [N]



-11055 Counts

15700 Counts

CHANNEL #3 [E]



-11960 Counts

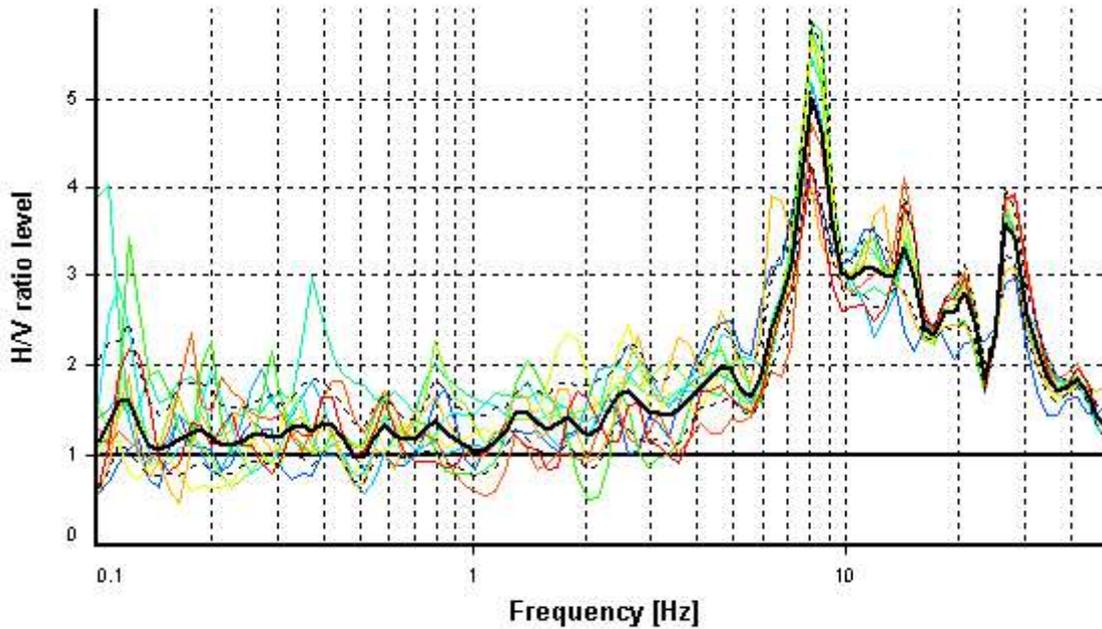
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

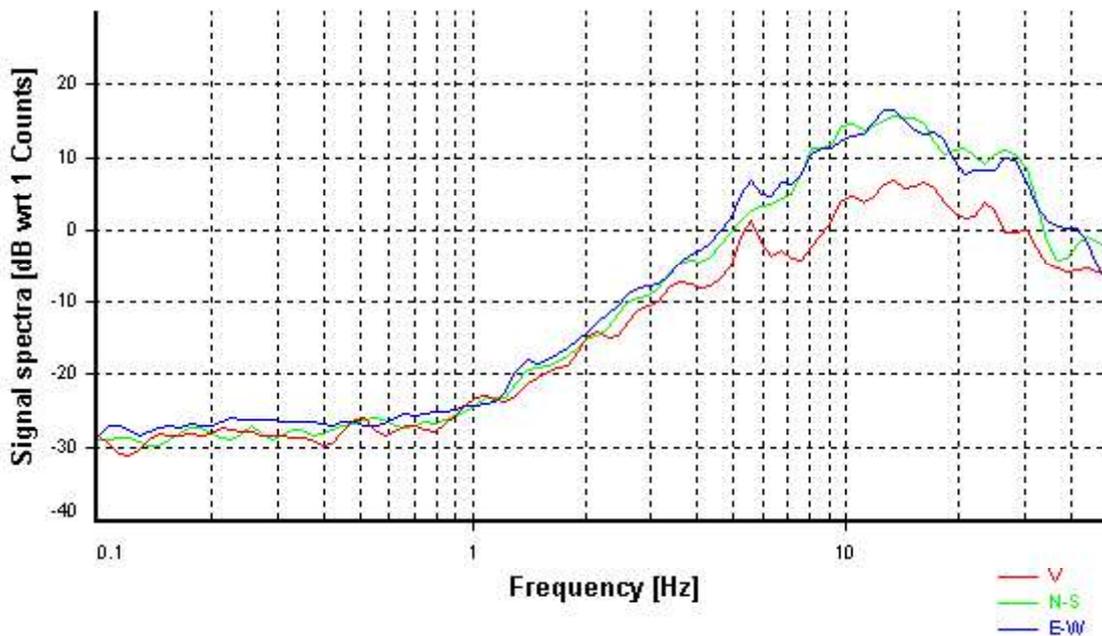
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

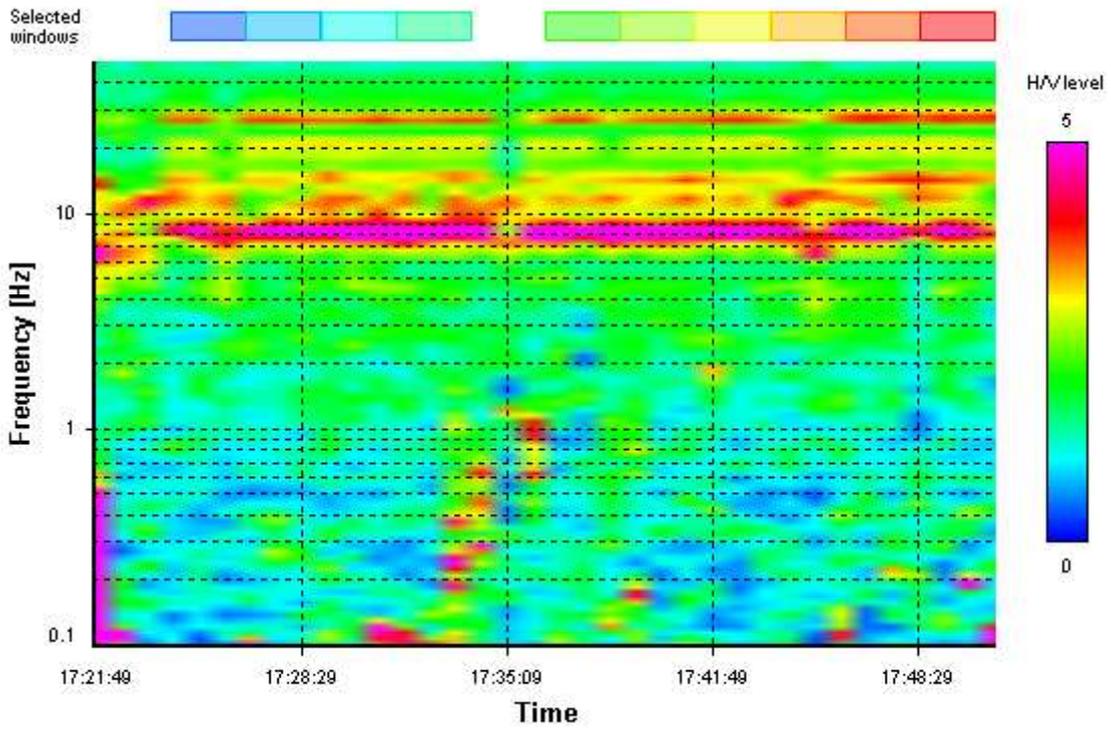
HVSR average



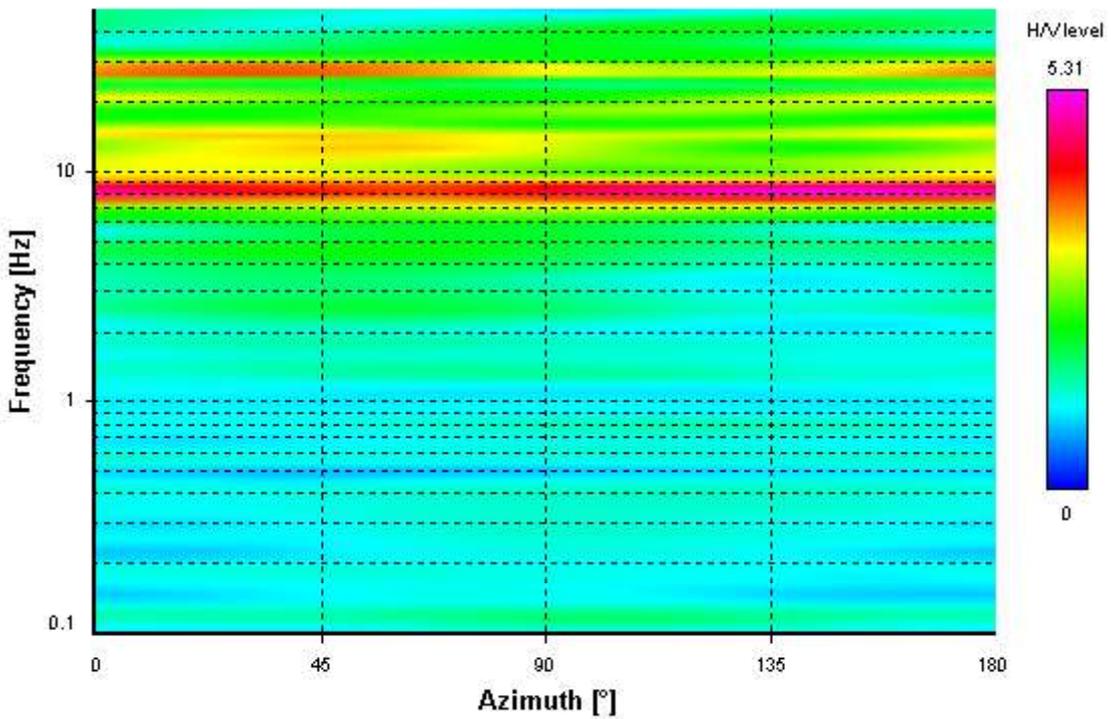
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (50 seconds windows)



HVSR directional analysis



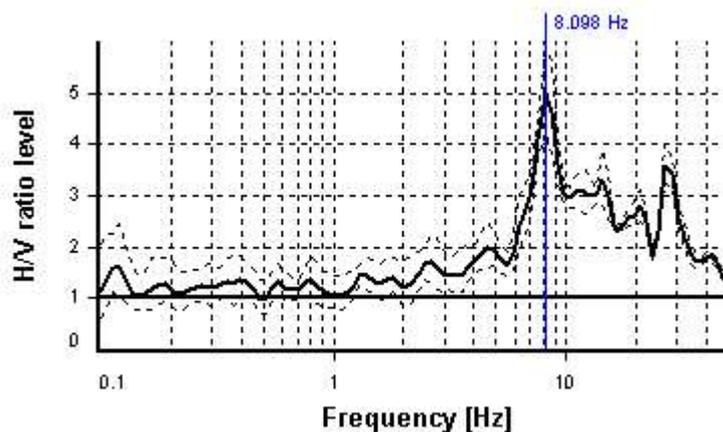
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

8.098 Hz

A_0 amplitude = 5.001

Average $f_0 = 8.048 \pm 0.156$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	10 valid windows (length > 1.23 s) out of 10	OK
$n_c(f_0) > 200$	12146.58 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	6.29961 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	16.15281 Hz	OK
$A_0 > 2$	5 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.1558 < 0.40489	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.17343 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 26

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: FALTUGNANO

Latitude: 43,92881N

Longitude: 011,13898E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 280 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

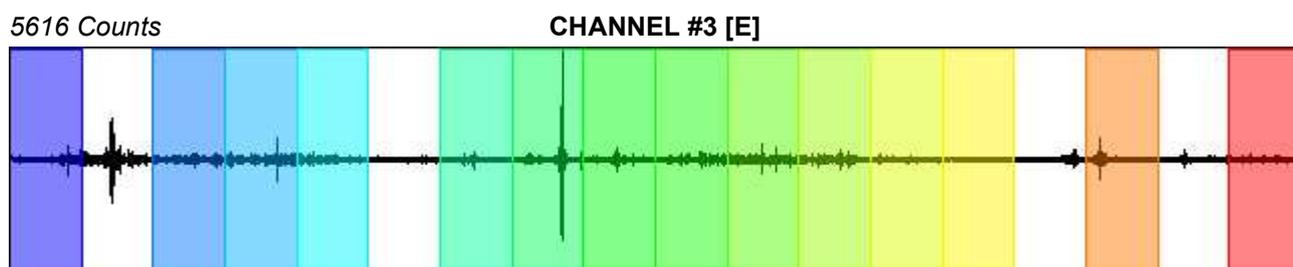
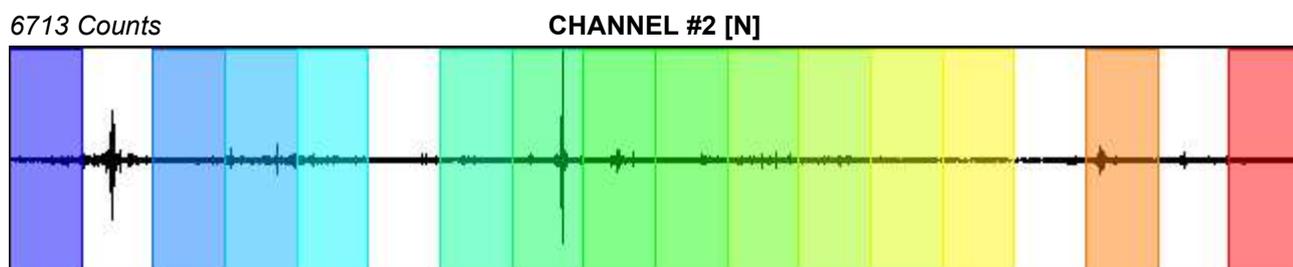
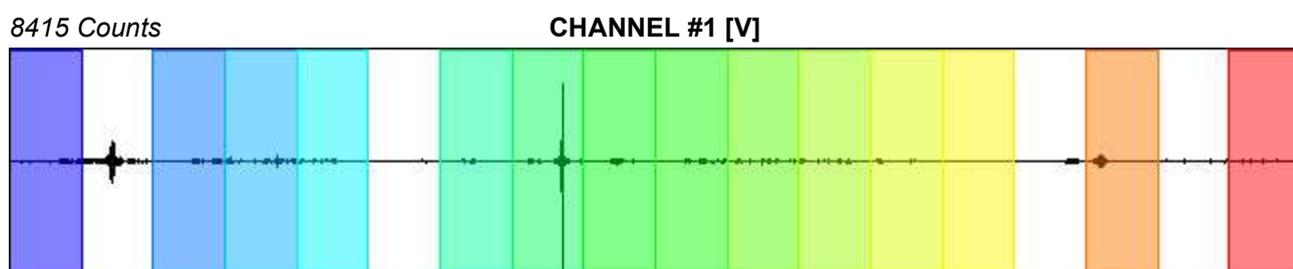
Recording start time: 2014/10/09 12:23:05

Recording length: 30 min

Windows count: 14

Average windows length: 100

Signal coverage: 77.78%



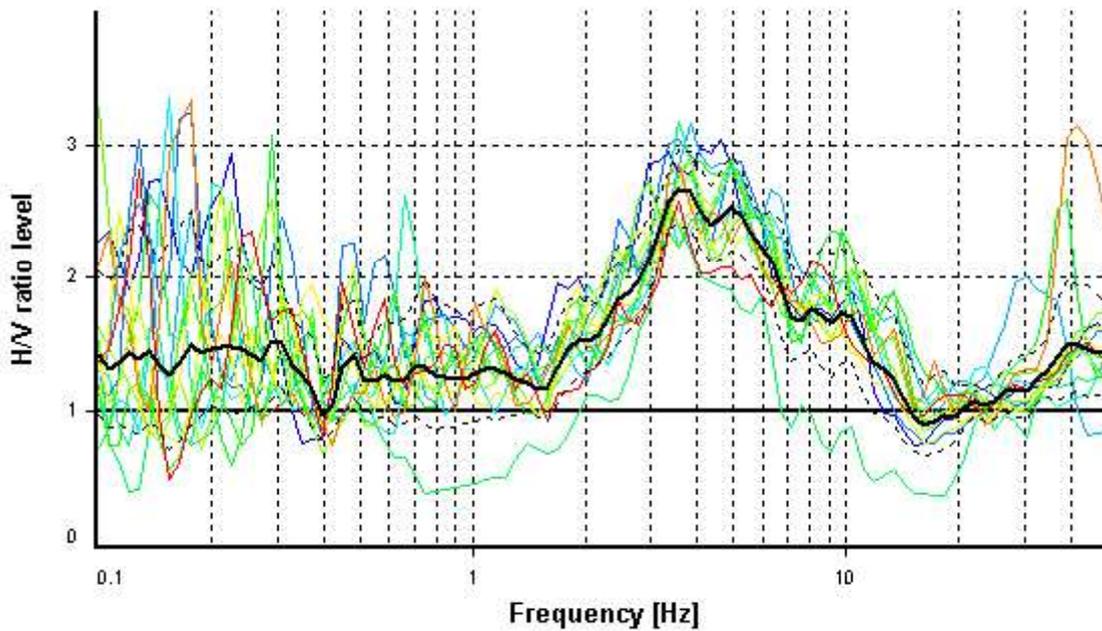
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

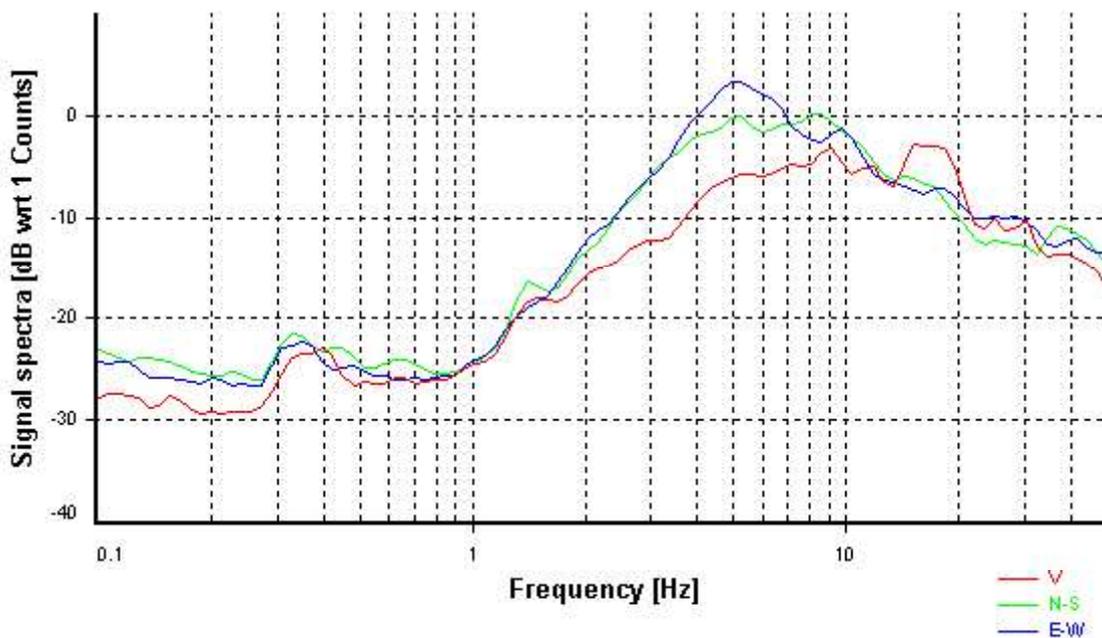
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

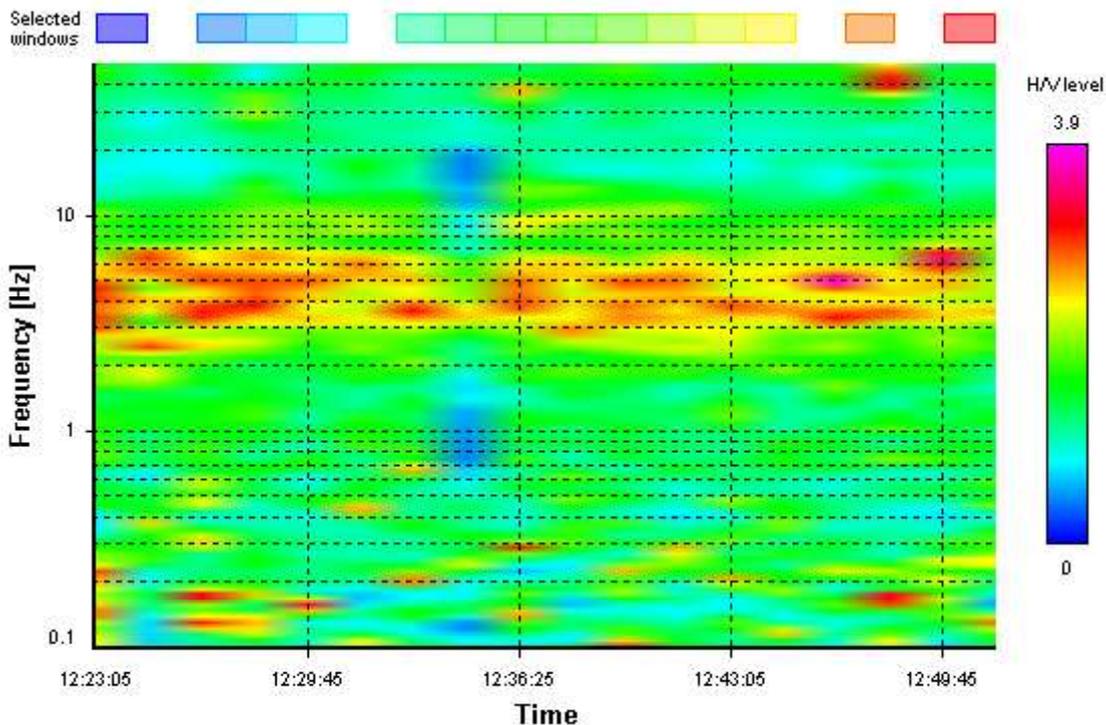
HVSR average



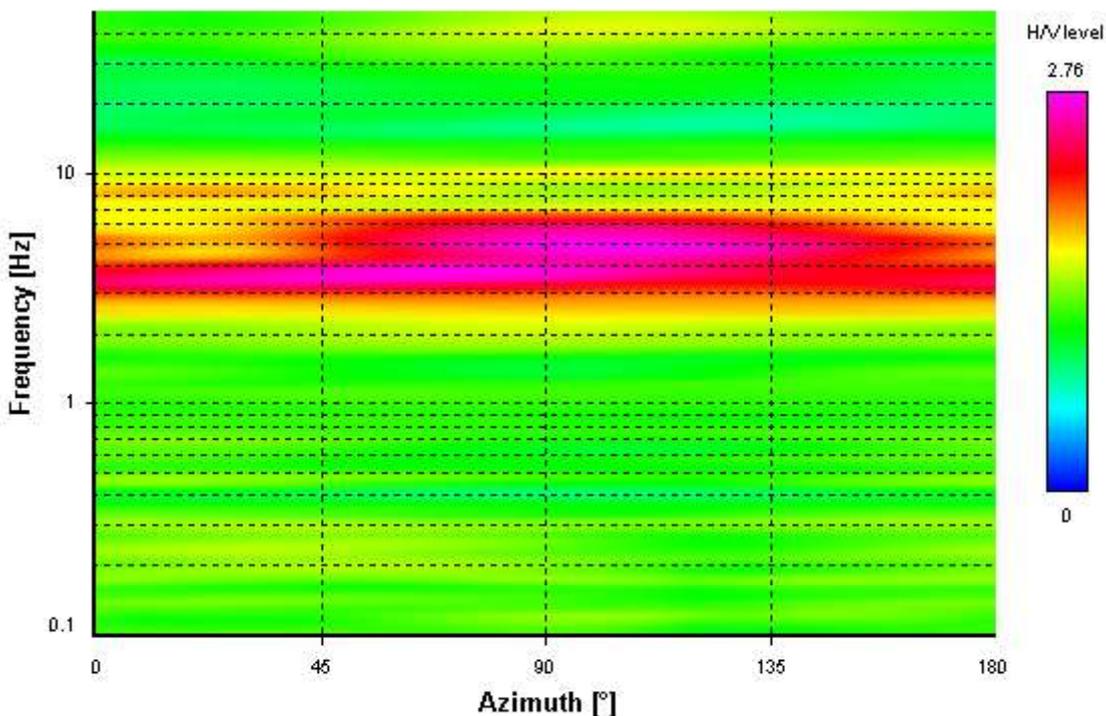
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



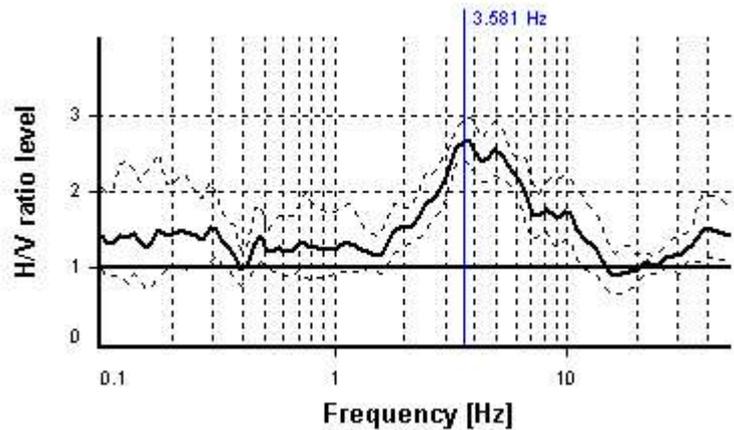
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.581 Hz

A_0 amplitude = 2.661

Average $f_0 = 3.927 \pm 0.631$



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	14 valid windows (length > 2.79 s) out of 14	OK
$n_c(f_0) > 200$	5012.8 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	1.68579 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	12.56605 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.66 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.63139 >= 0.17903	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.11245 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 27ter

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: LA BRIGLIA

Latitude: 43,93405N

Longitude: 011,12449E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 160 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

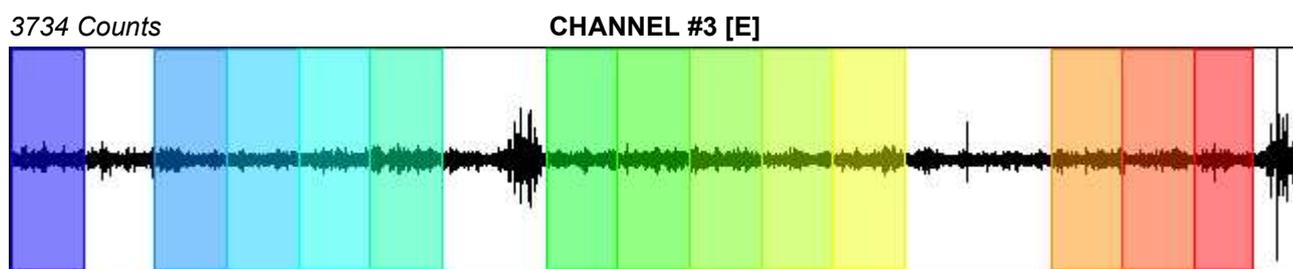
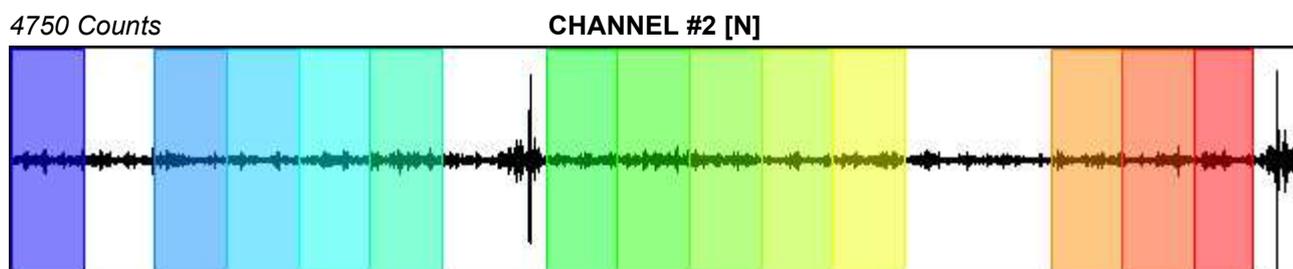
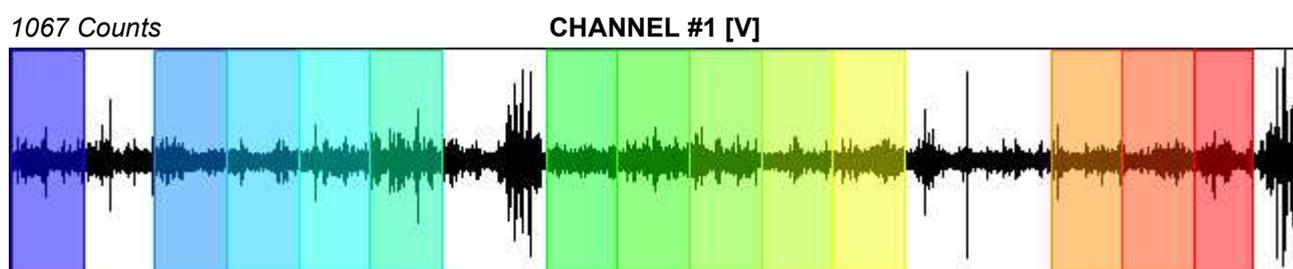
Recording start time: 2014/12/10 21:19:36

Recording length: 30 min

Windows count: 13

Average windows length: 98.61

Signal coverage: 71.22%



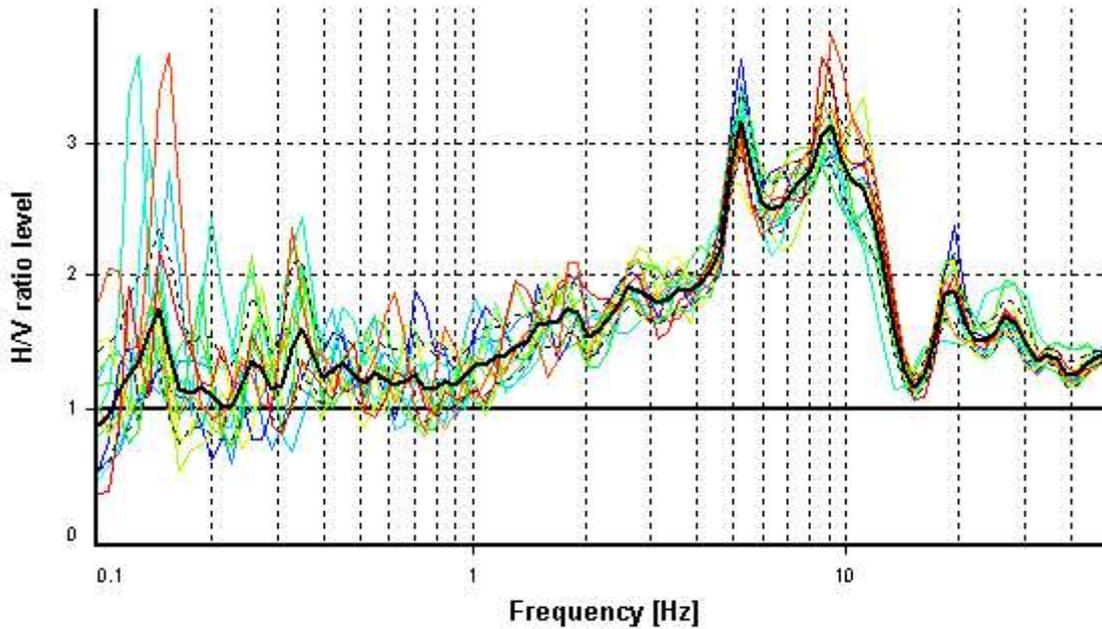
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

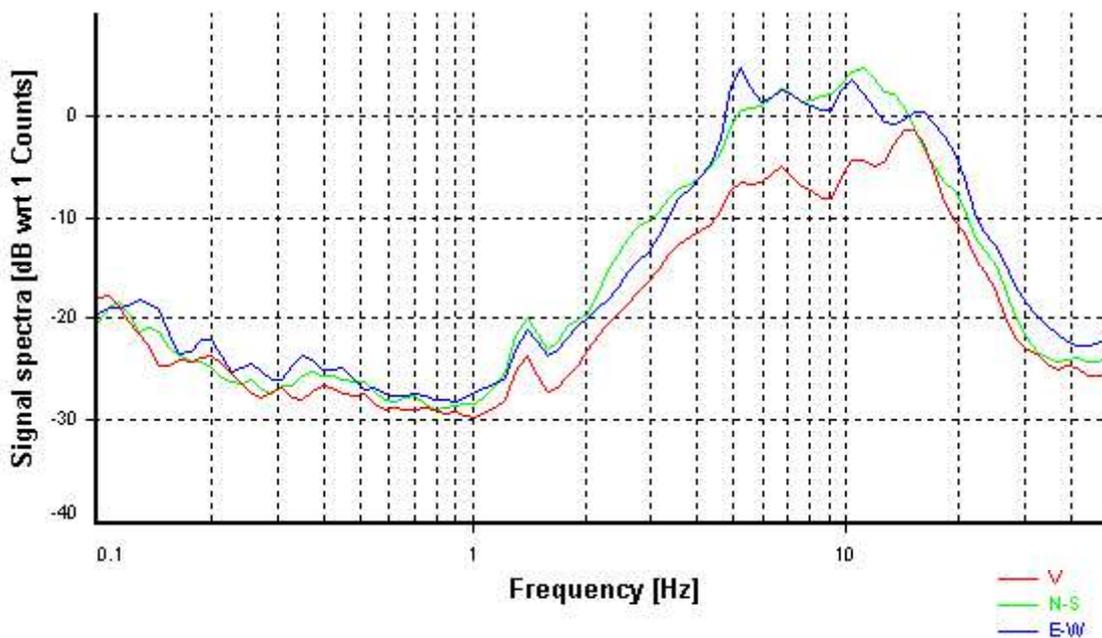
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

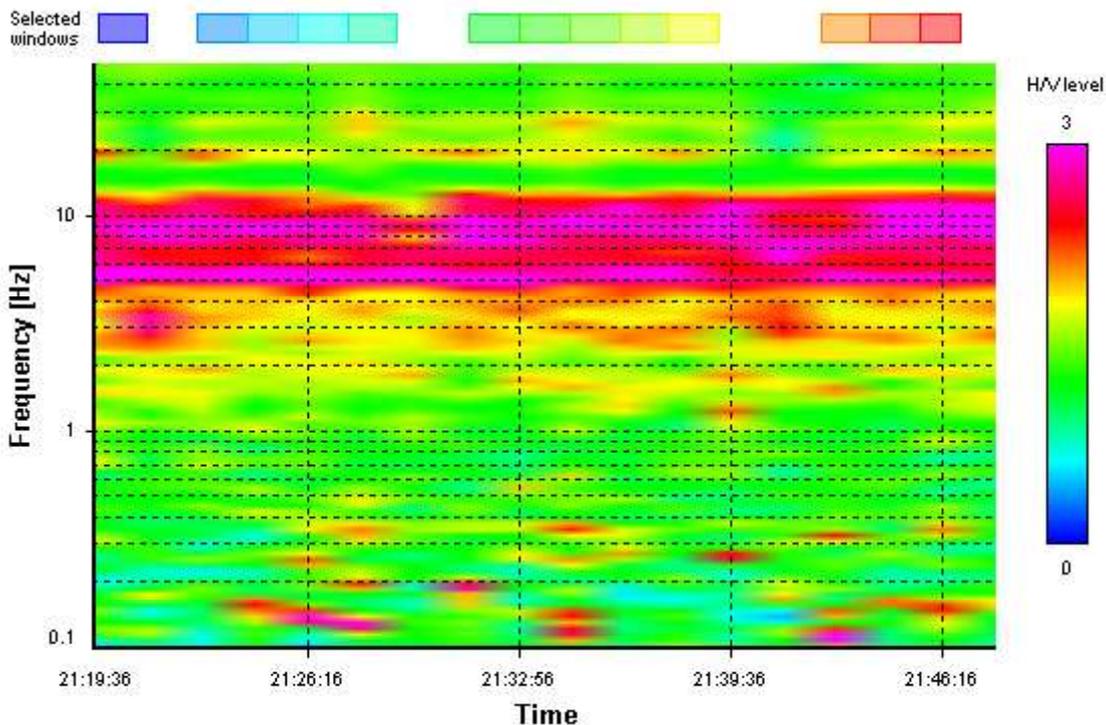
HVSR average



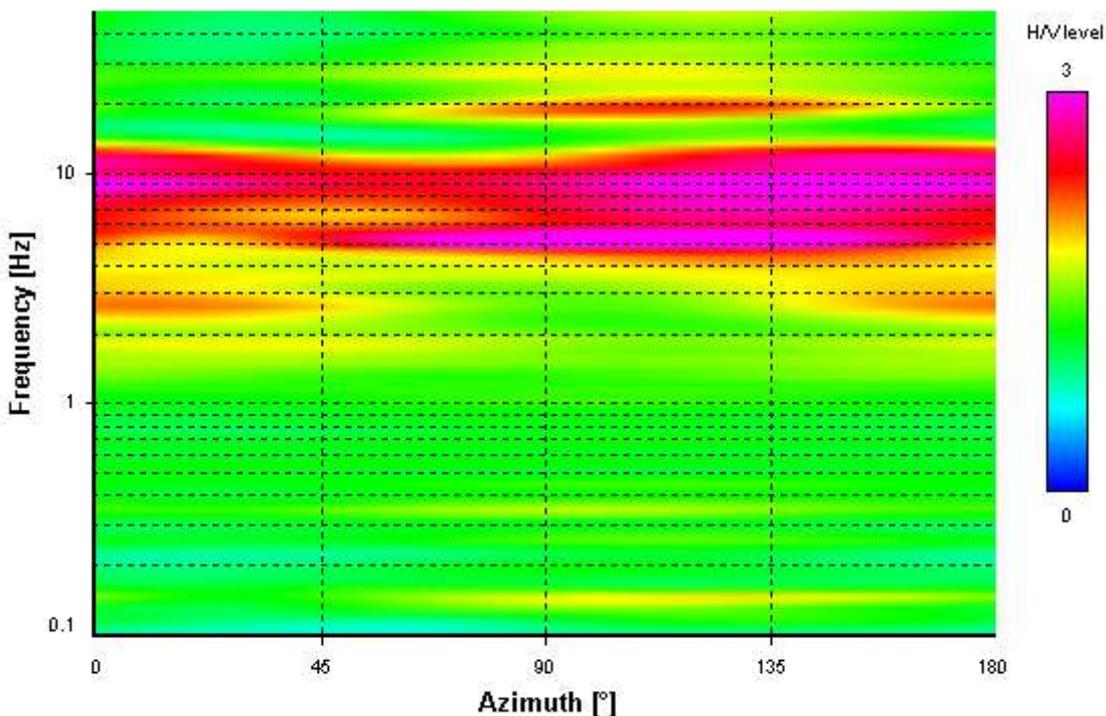
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



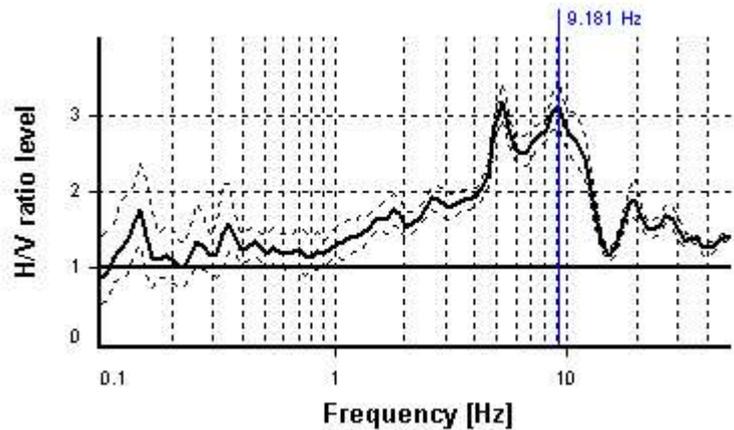
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

9.181 Hz

A_0 amplitude = 3.126

Average $f_0 = 9.155 \pm 0.636$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	13 valid windows (length > 1.09 s) out of 13	OK
$n_c(f_0) > 200$	11769.05 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	14.247 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.13 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.63634 >= 0.45905	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.10242 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: prova 28

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: GAMBERAME

Latitude: 43,92583N

Longitude: 011,12981E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 120 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico intenso e cantiere sulla SS325 e passaggio di treni lungo la ferrovia vicina

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/09 10:55:17

Recording length: 30 min

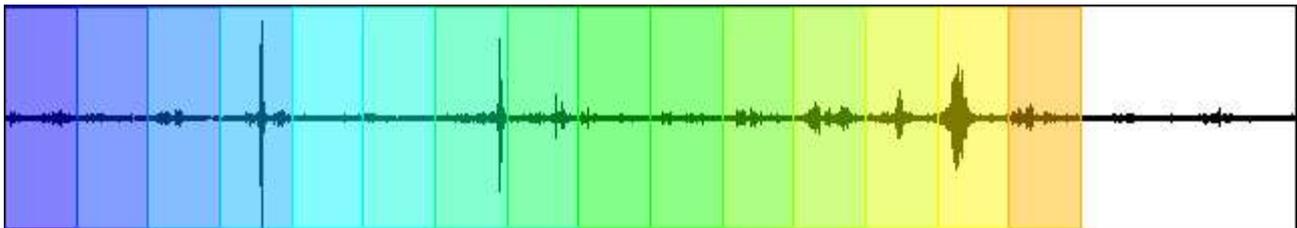
Windows count: 15

Average windows length: 100

Signal coverage: 83.33%

9119 Counts

CHANNEL #1 [V]



-10409 Counts

8515 Counts

CHANNEL #2 [N]



-9293 Counts

8512 Counts

CHANNEL #3 [E]



-8556 Counts

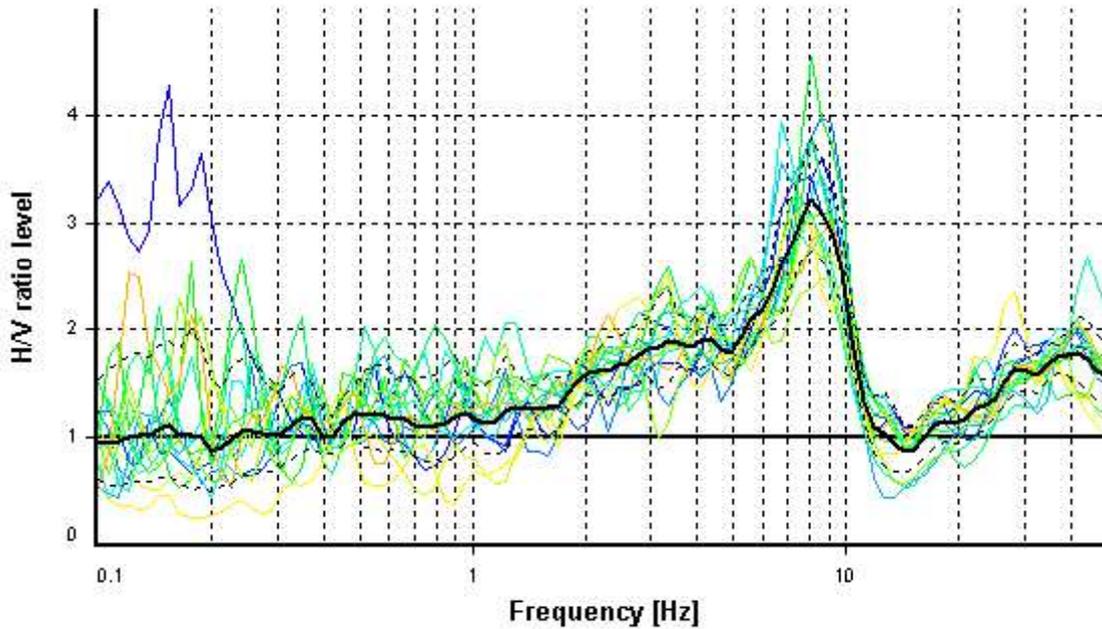
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

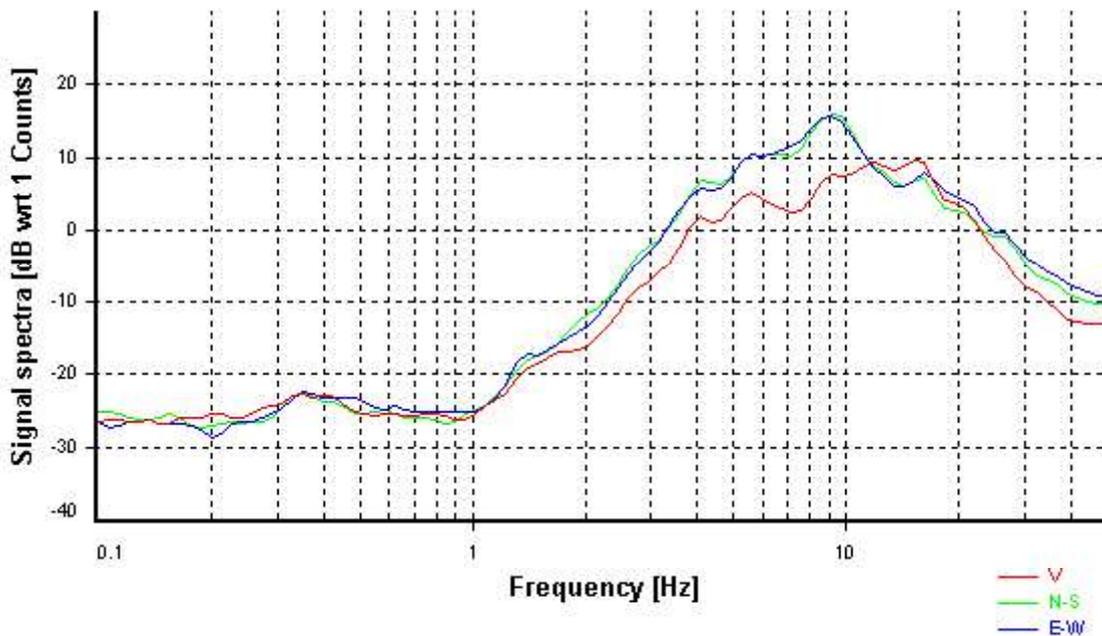
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

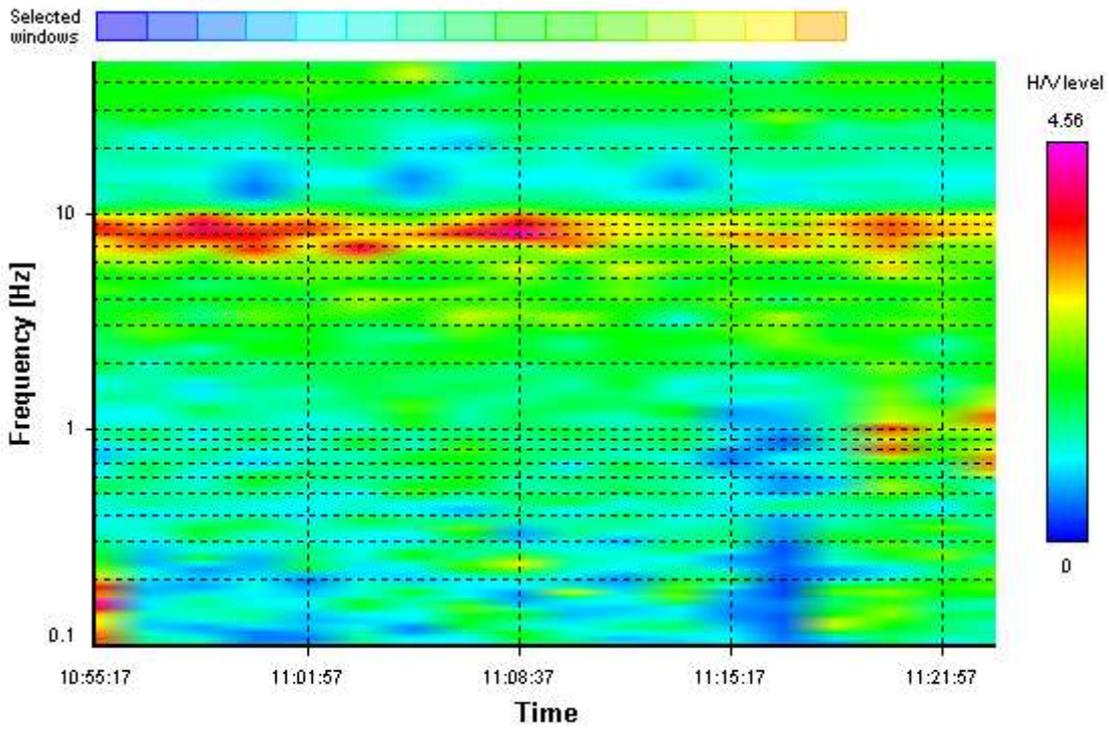
HVSR average



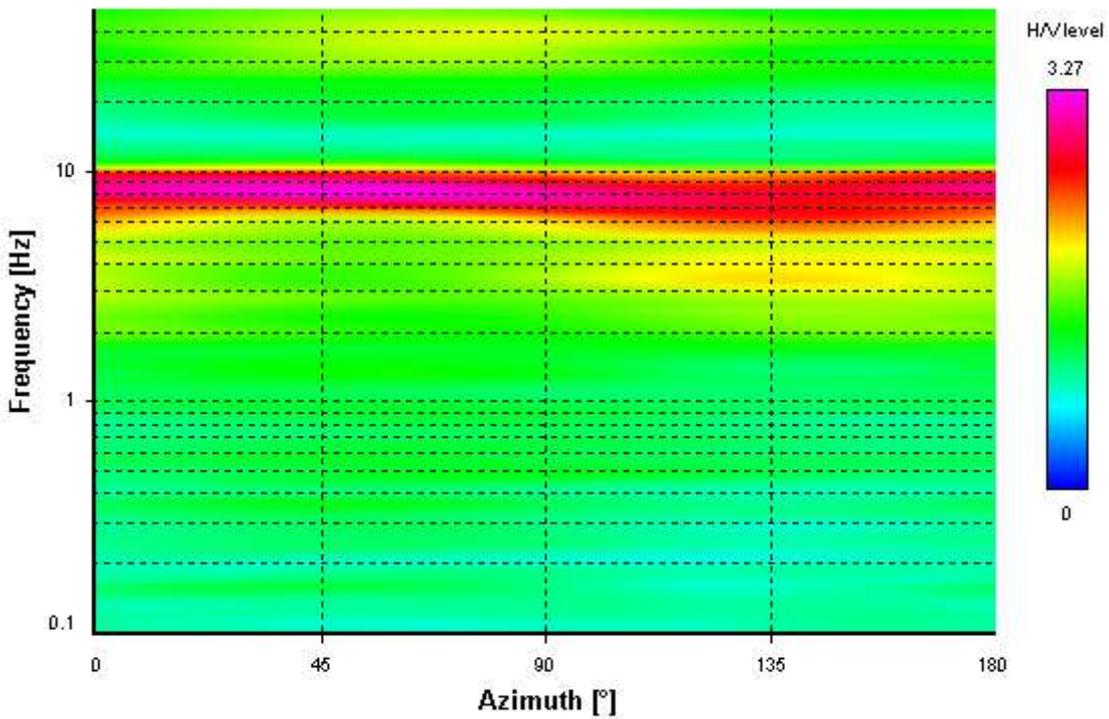
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



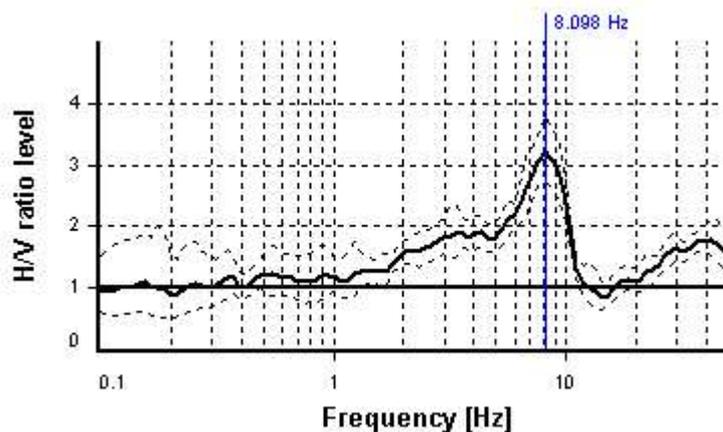
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

8.098 Hz

A_0 amplitude = 3.225

Average $f_0 = 8.189 \pm 0.625$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	15 valid windows (length > 1.23 s) out of 15	OK
$n_c(f_0) > 200$	12146.58 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	2.30736 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	11.08343 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.22 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.62483 >= 0.40489	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.17967 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 29

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: GAMBERAME

Latitude: 43,92027N

Longitude: 011,12759E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 115 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico intenso sulla SS325

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

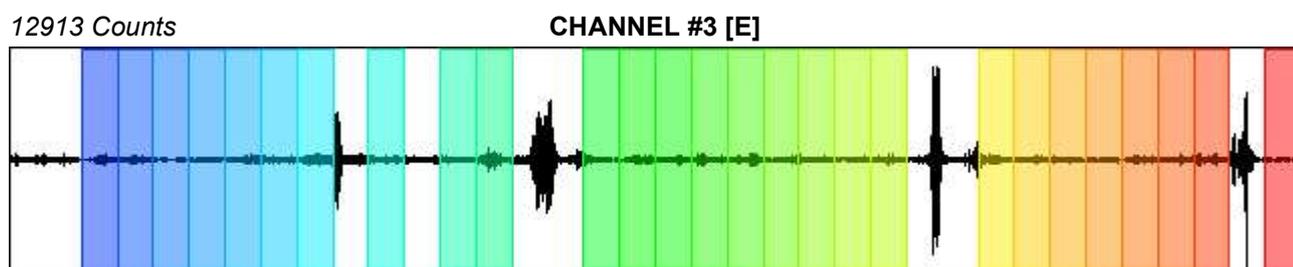
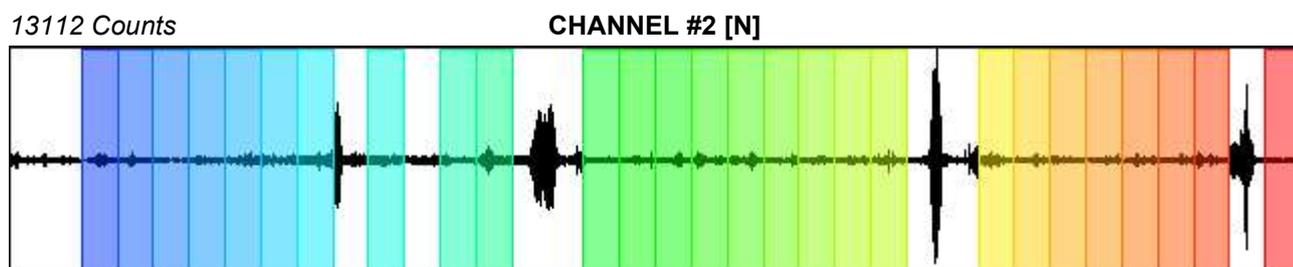
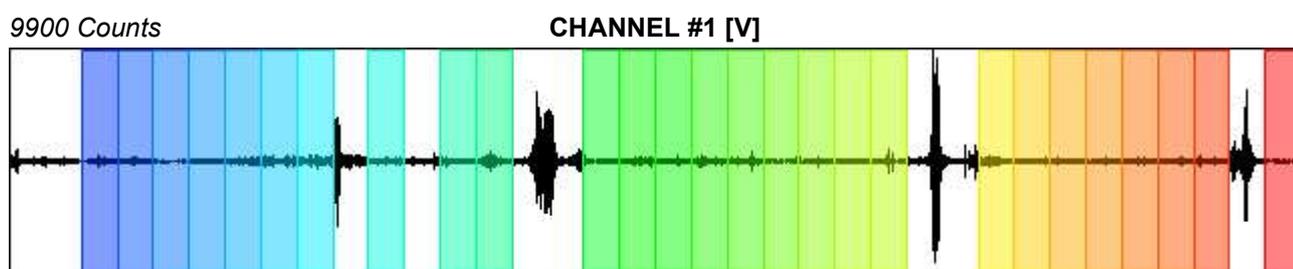
Recording start time: 2014/10/09 10:11:05

Recording length: 30 min

Windows count: 27

Average windows length: 50

Signal coverage: 75%



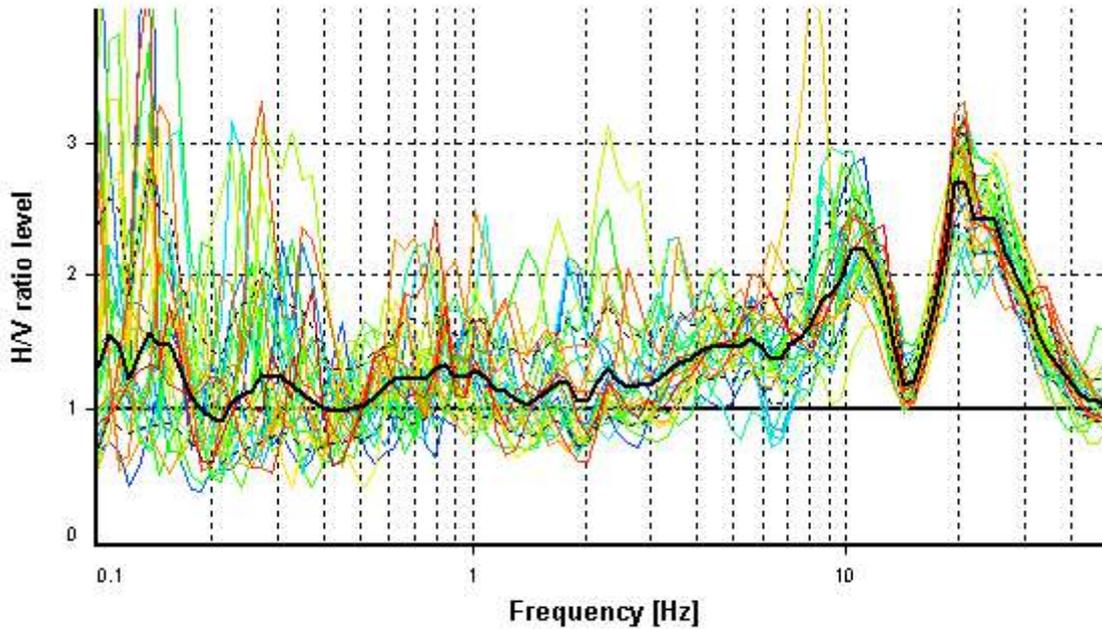
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

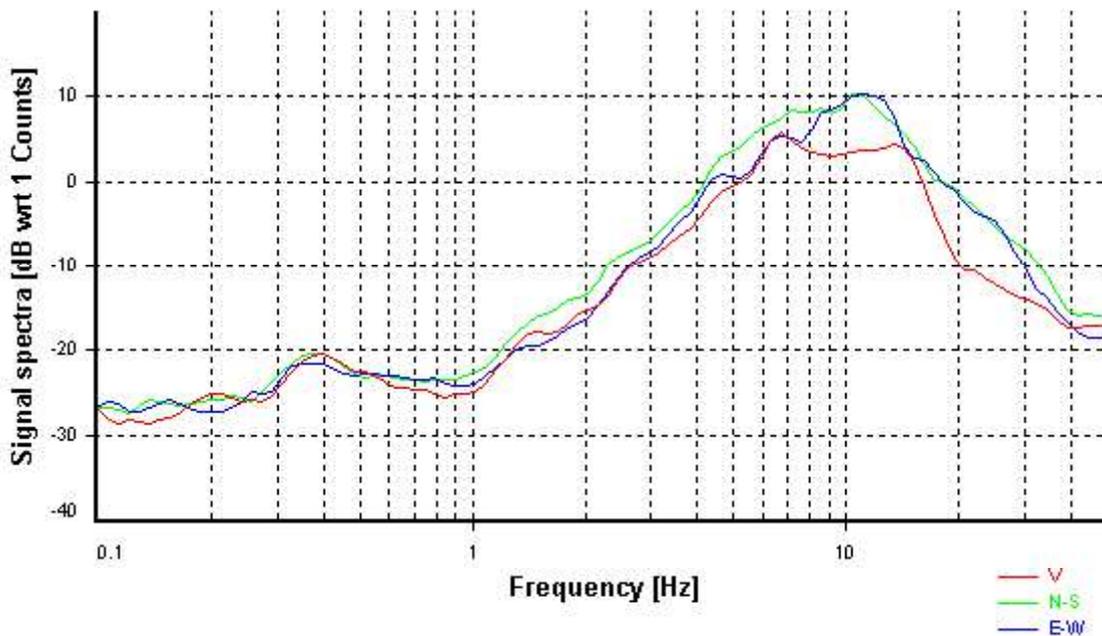
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

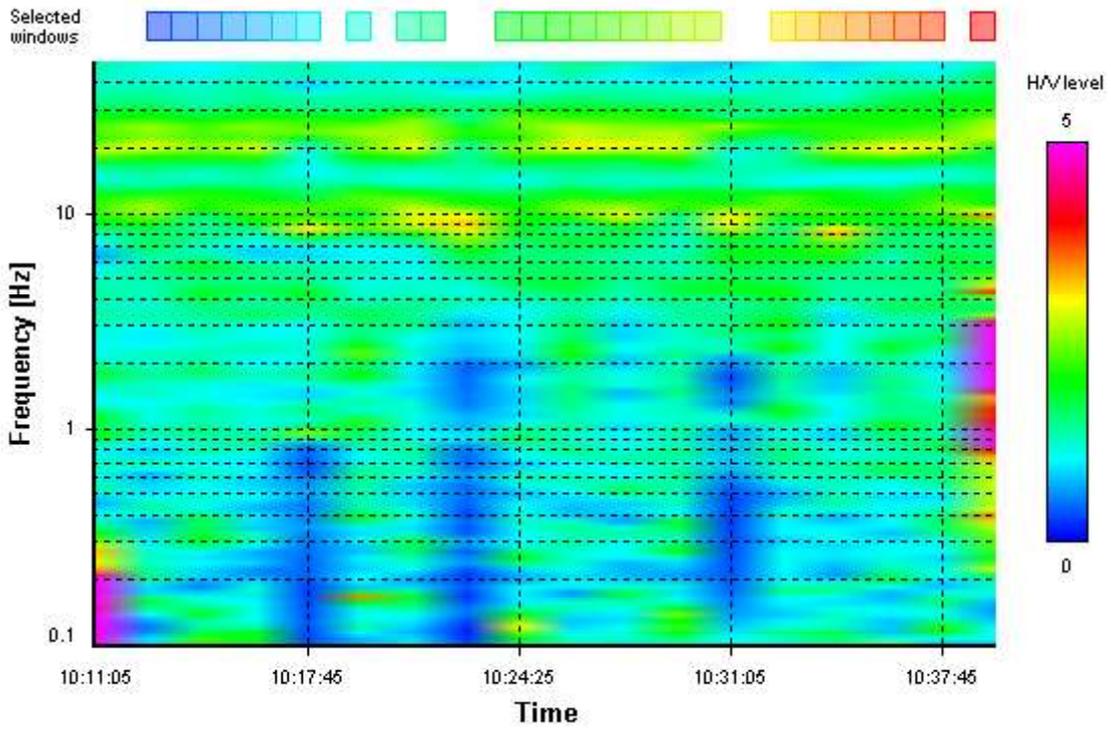
HVSR average



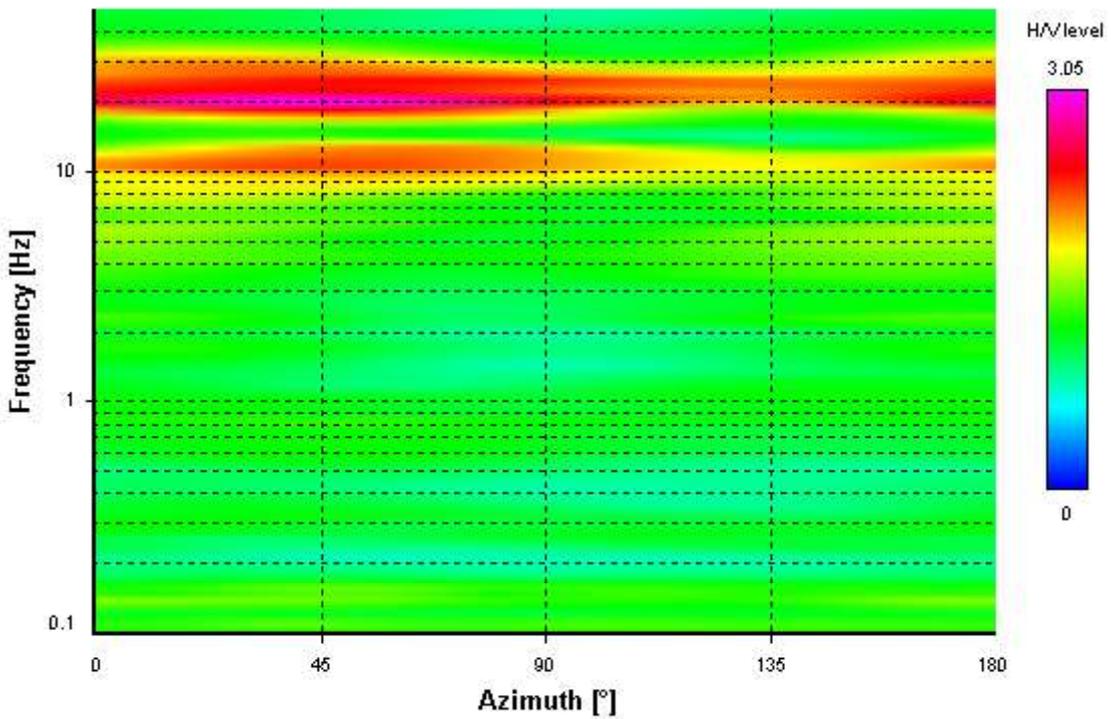
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



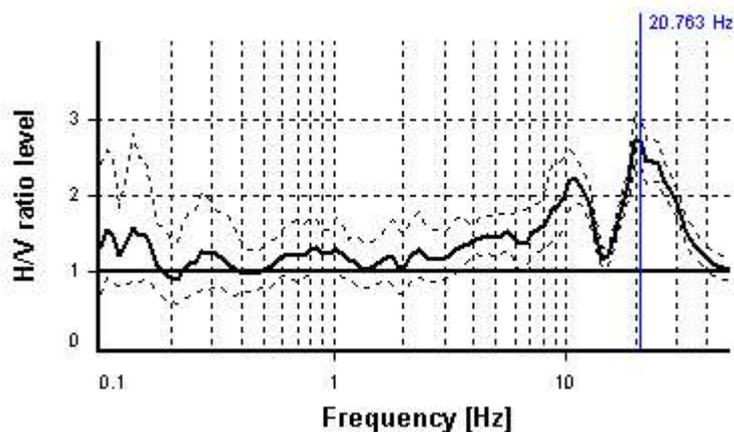
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

20.763 Hz

A_0 amplitude = 2.715

Average $f_0 = 20.937 \pm 1.912$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	27 valid windows (length > 0.48 s) out of 27	OK
$n_c(f_0) > 200$	28030.53 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	15.17001 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	36.53073 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.72 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.91164 >= 1.03817	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.1378 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 30

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,95813N

Longitude: 011,13407E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 180 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

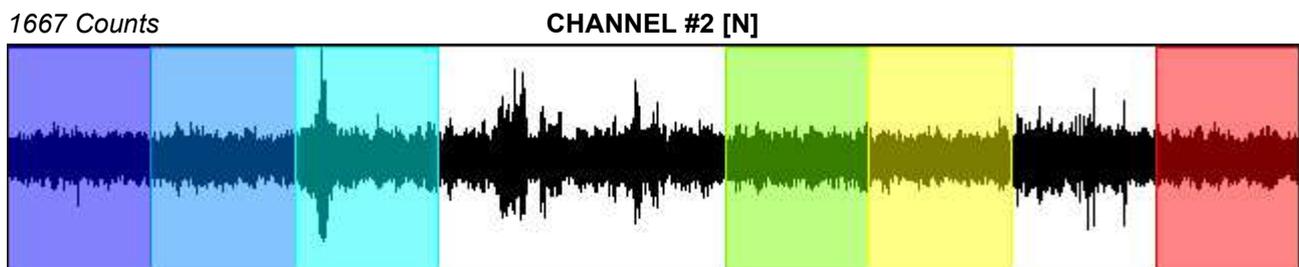
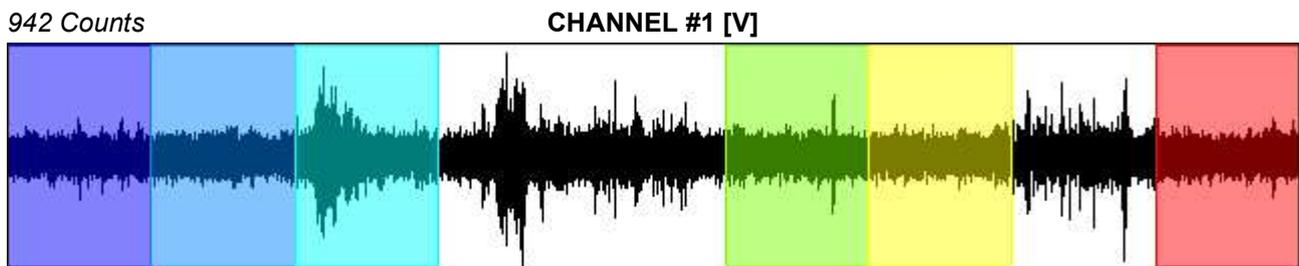
Recording start time: 2014/10/29 16:33:50

Recording length: 30 min

Windows count: 6

Average windows length: 200

Signal coverage: 66.67%



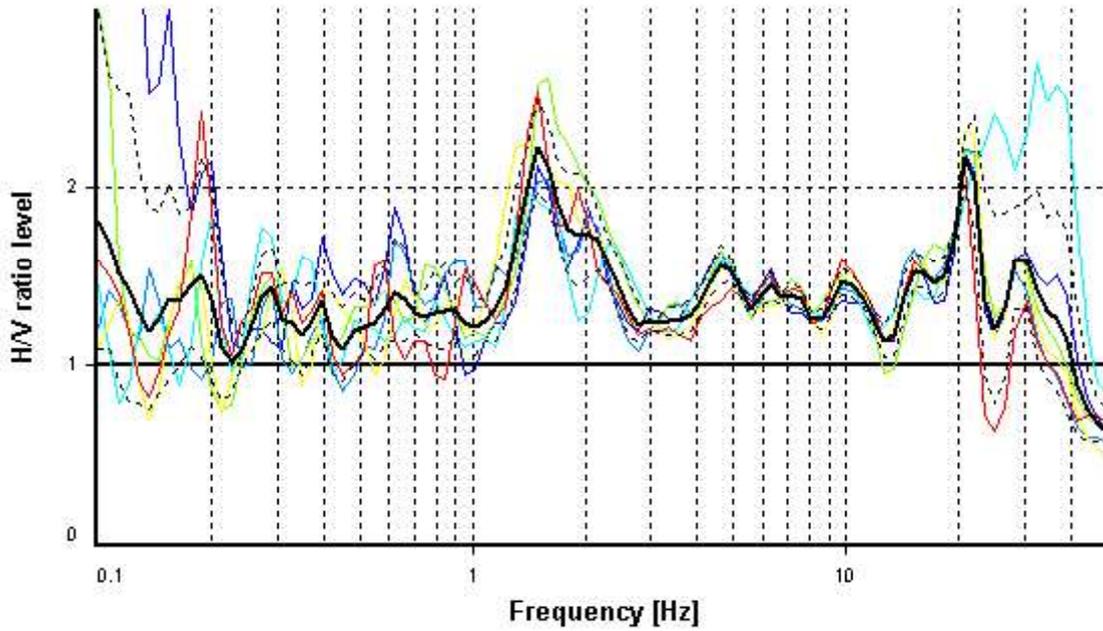
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

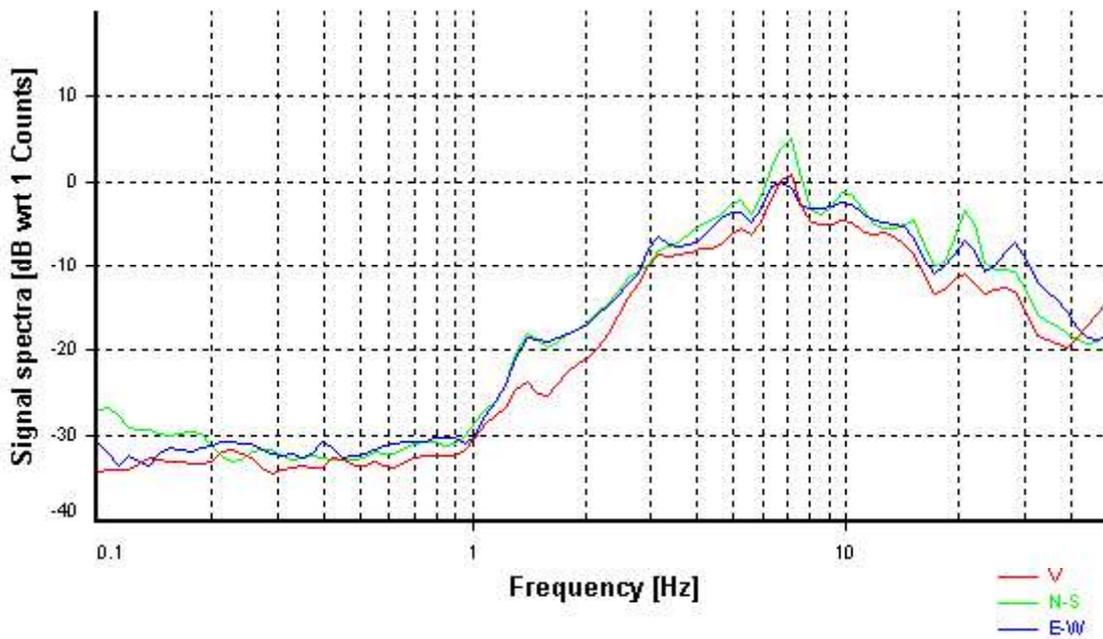
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

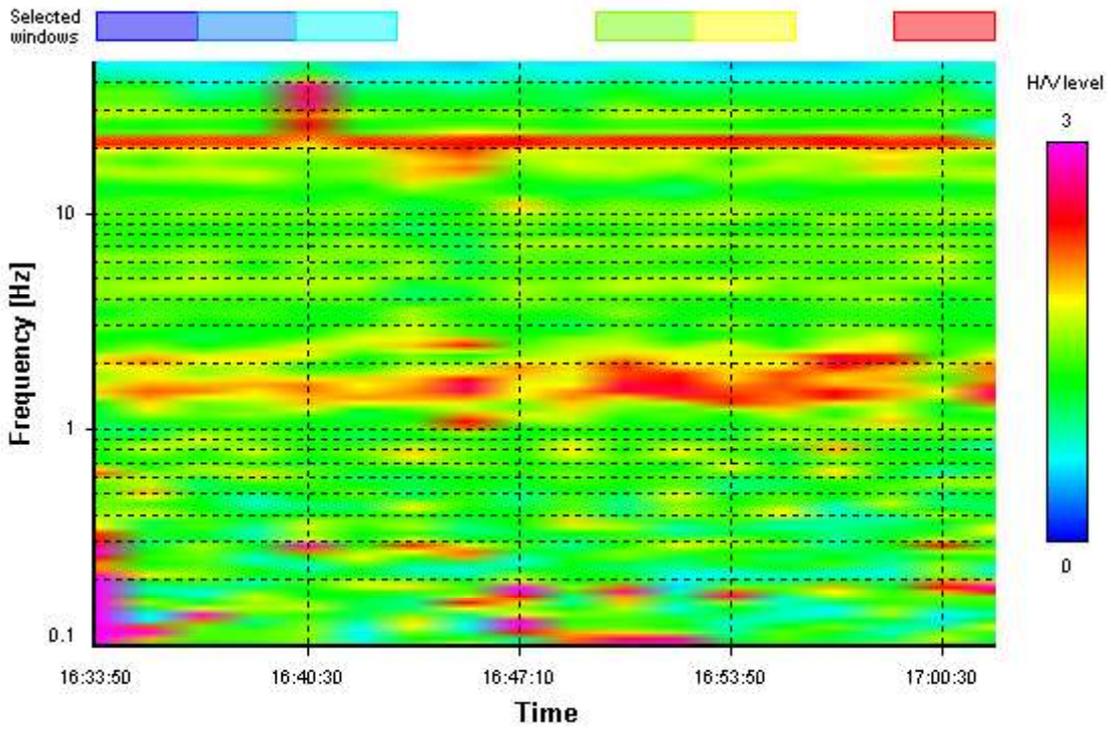
HVSR average



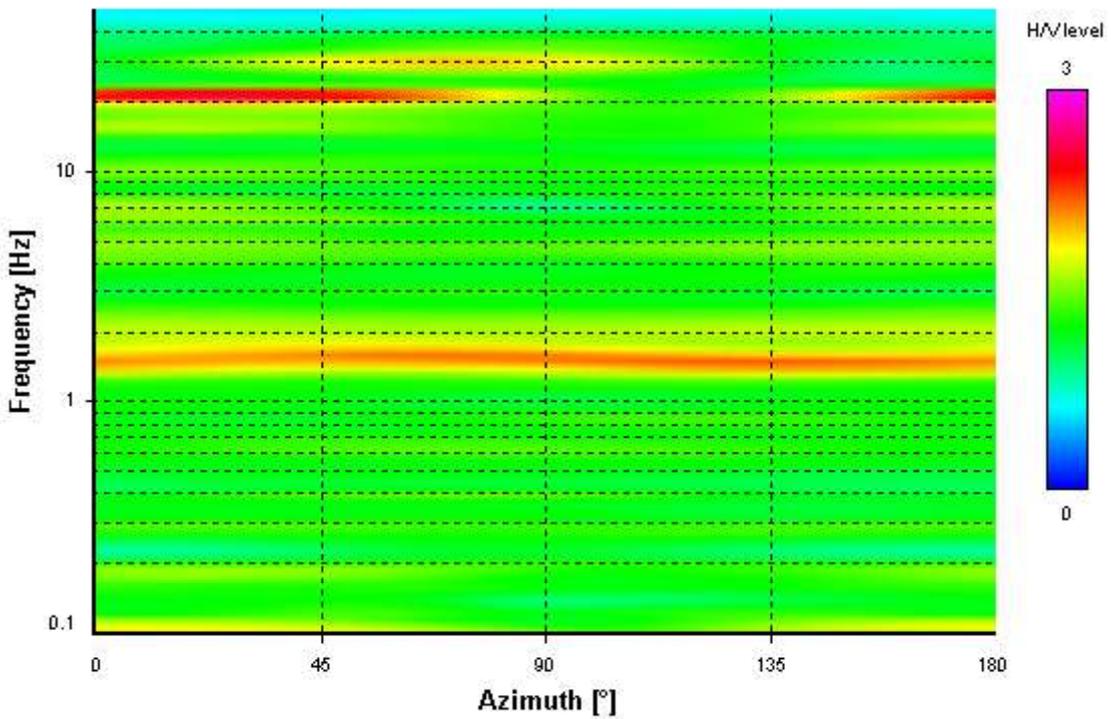
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



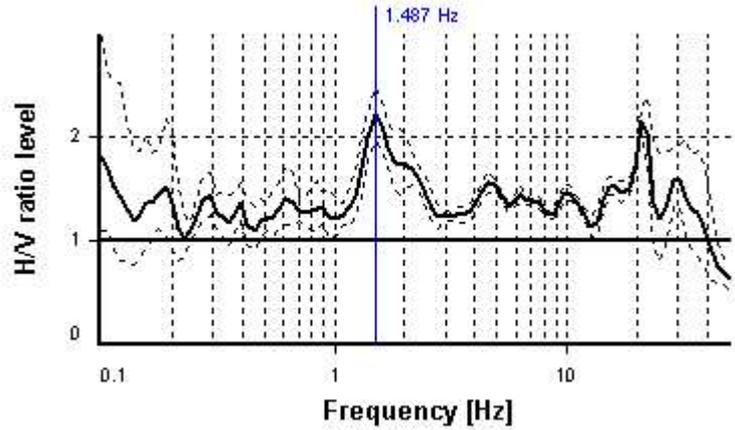
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.487 Hz

A_0 amplitude = 2.220

Average $f_0 = 1.489 \pm 0.084$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	6 valid windows (length > 6.73 s) out of 6	OK
$n_c(f_0) > 200$	1784.27 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0.45112 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.22 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.08355 < 0.14869	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.125 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 31

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,96049N

Longitude: 011,11249E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 290 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/15 16:04:29

Recording length: 30 min

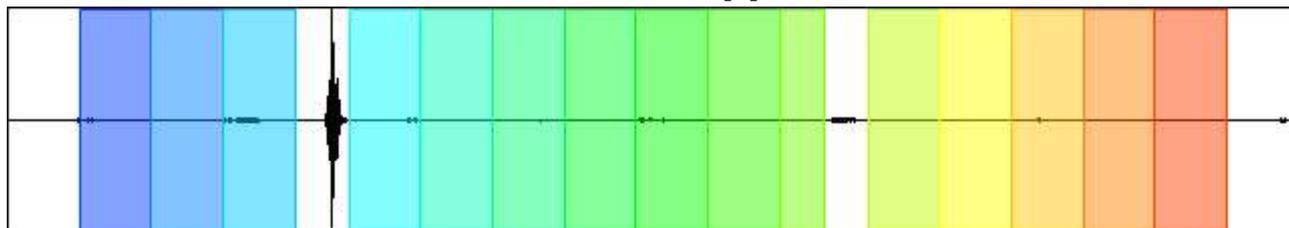
Windows count: 15

Average windows length: 97.49

Signal coverage: 81.24%

23750 Counts

CHANNEL #1 [V]



-22697 Counts

13200 Counts

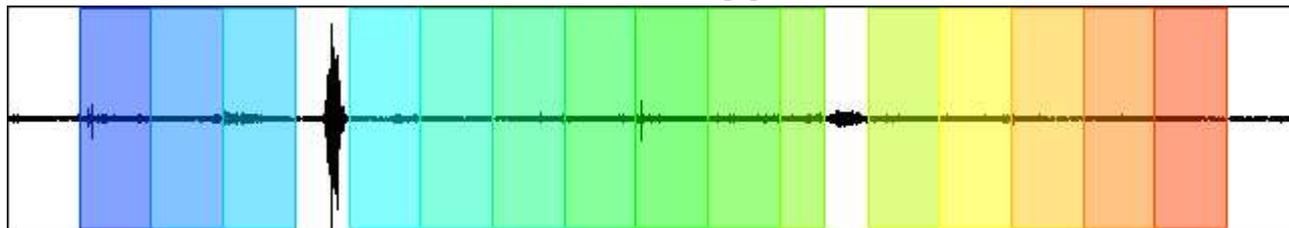
CHANNEL #2 [N]



-10130 Counts

8150 Counts

CHANNEL #3 [E]



-9506 Counts

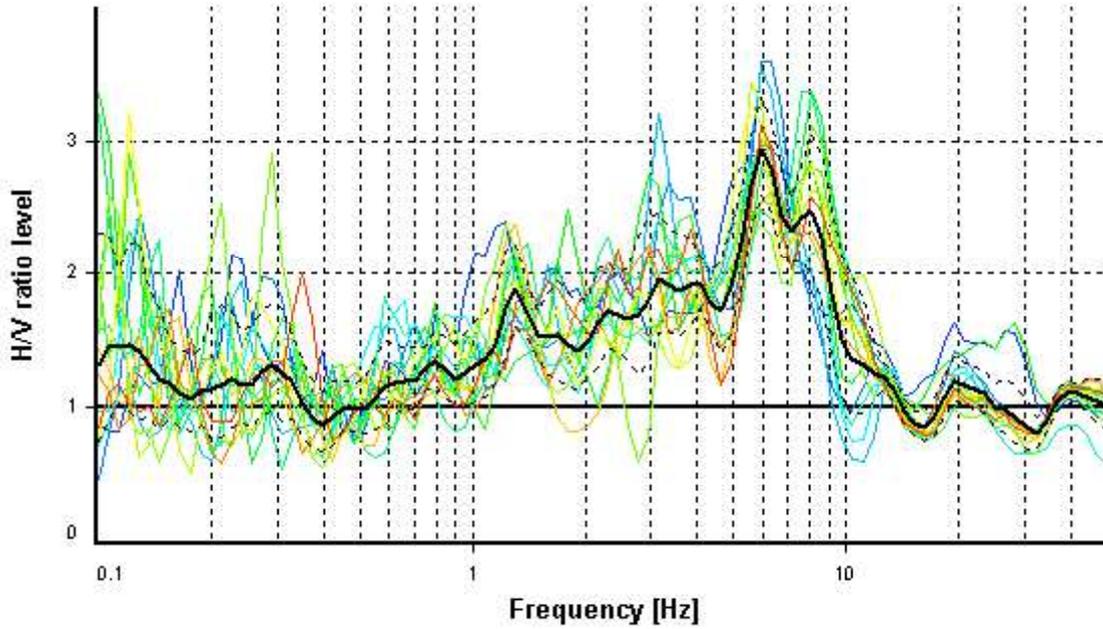
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

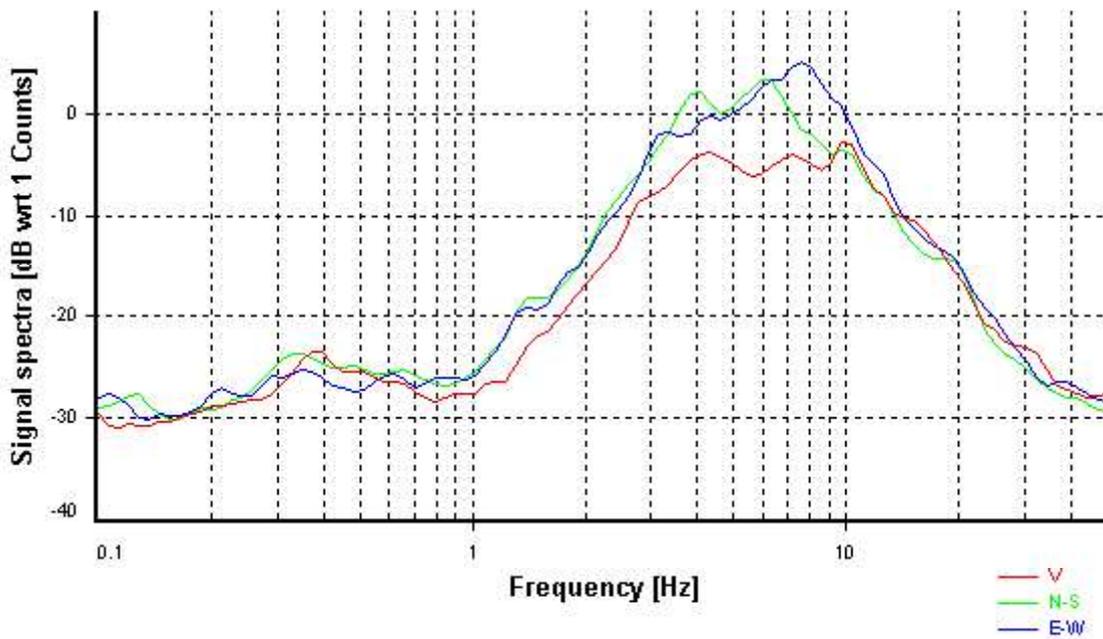
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

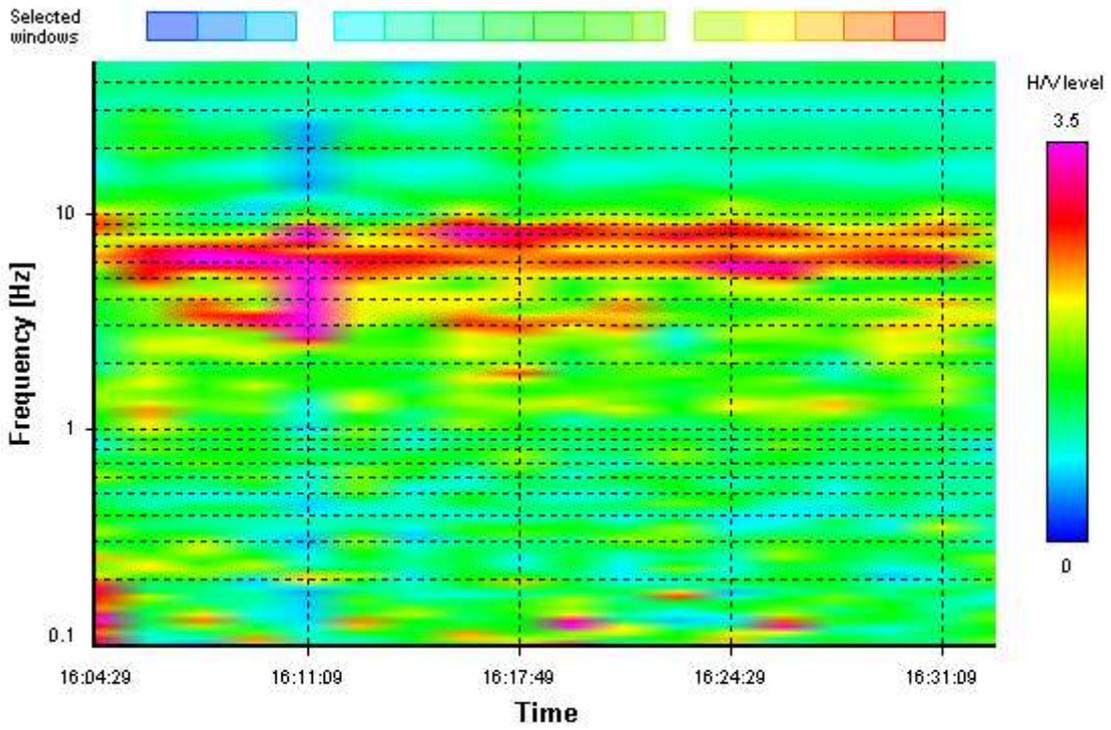
HVSR average



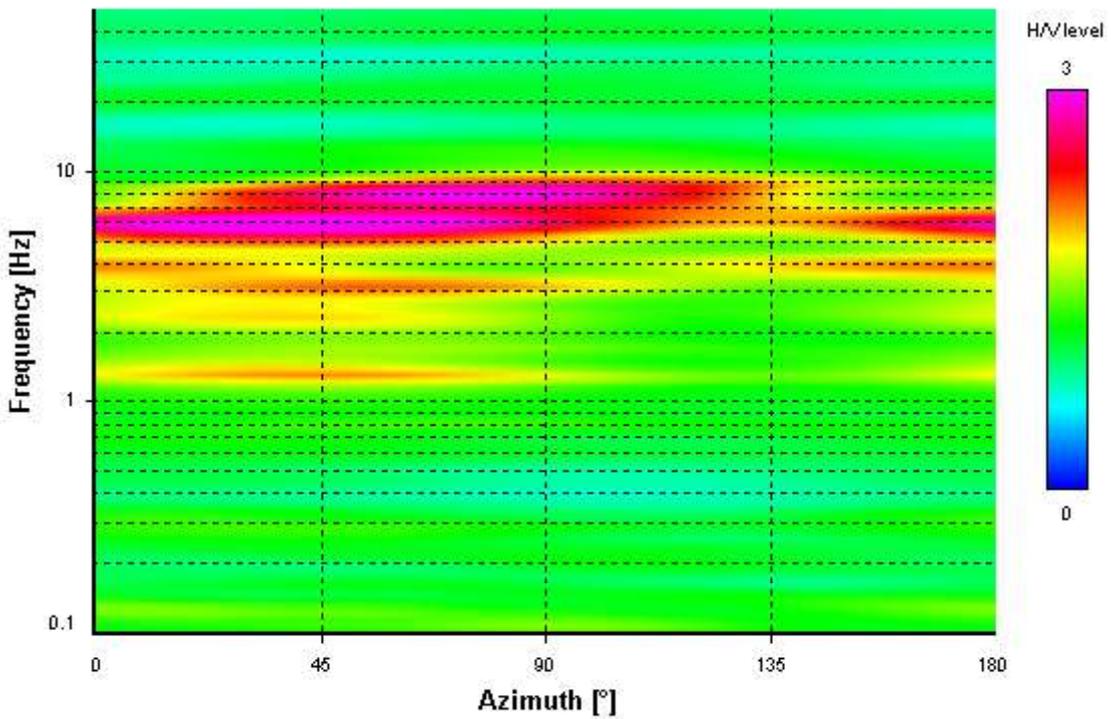
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



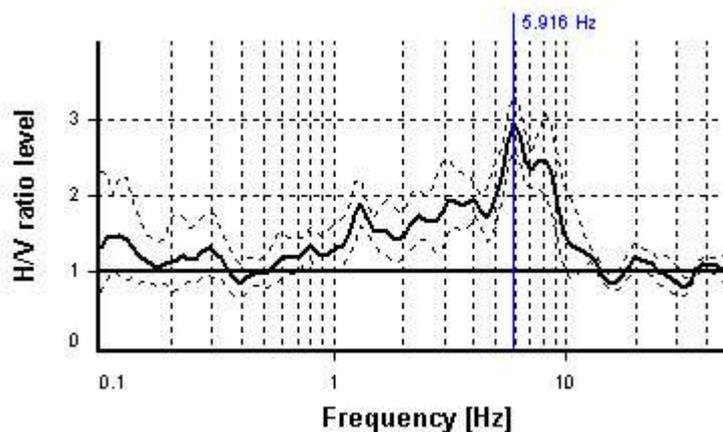
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

5.916 Hz

A_0 amplitude = 2.934

Average $f_0 = 6.494 \pm 0.957$



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	15 valid windows (length > 1.69 s) out of 15	OK
$n_c(f_0) > 200$	8651.54 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	1.9113 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	10.40907 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.93 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.95709 >= 0.29582	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.13253 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 32

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: FALTUGNANO

Latitude: 43,92645N

Longitude: 011,13369E

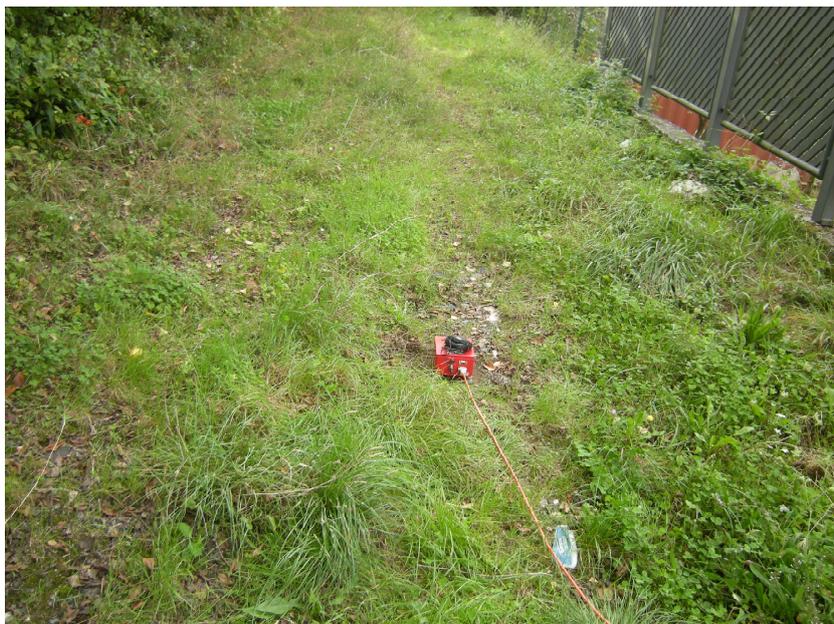
Coordinate system: WGS84

Elevation: 240 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico moderato sulla strada per Faltugnano

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

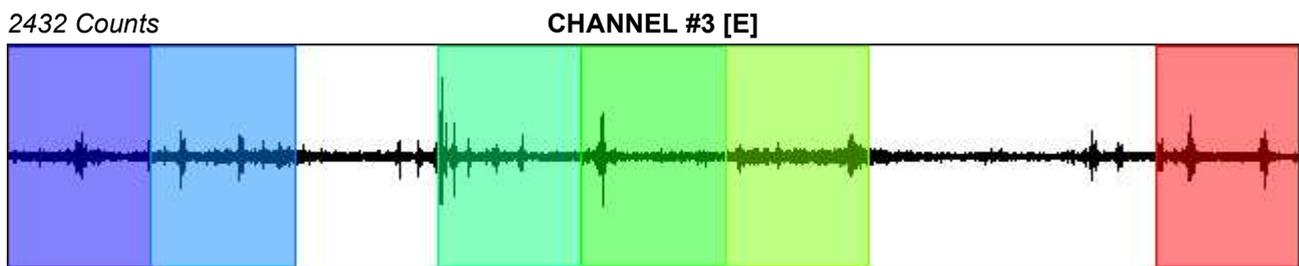
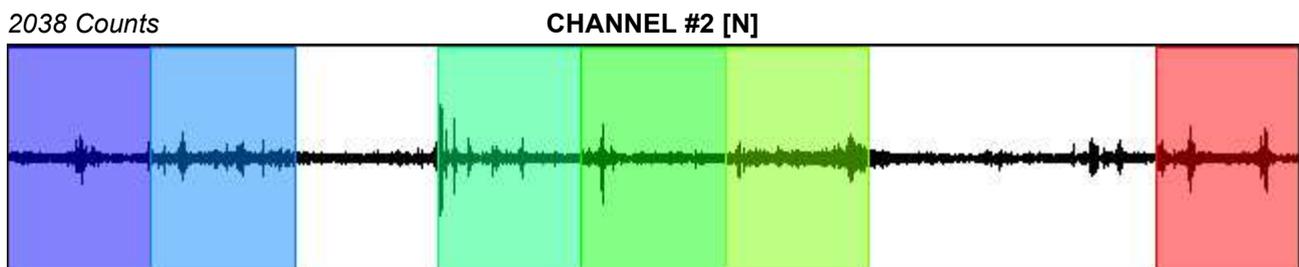
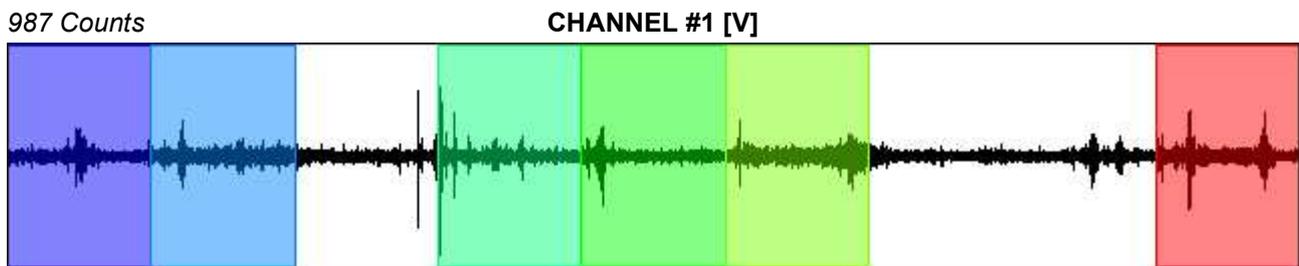
Recording start time: 2014/10/09 11:42:24

Recording length: 30 min

Windows count: 6

Average windows length: 200

Signal coverage: 66.67%



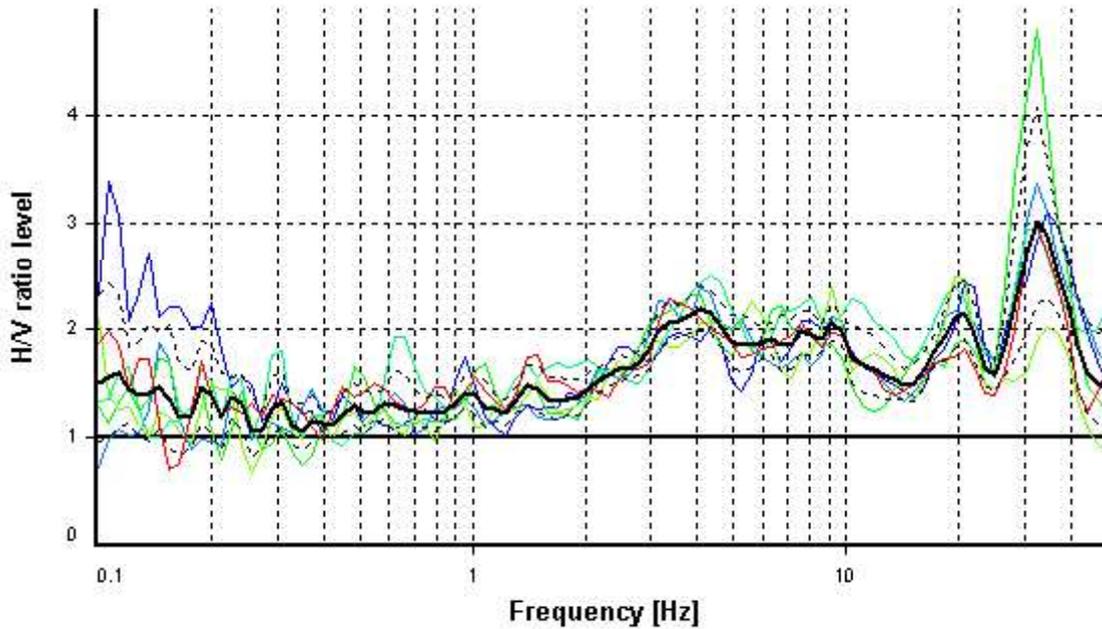
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

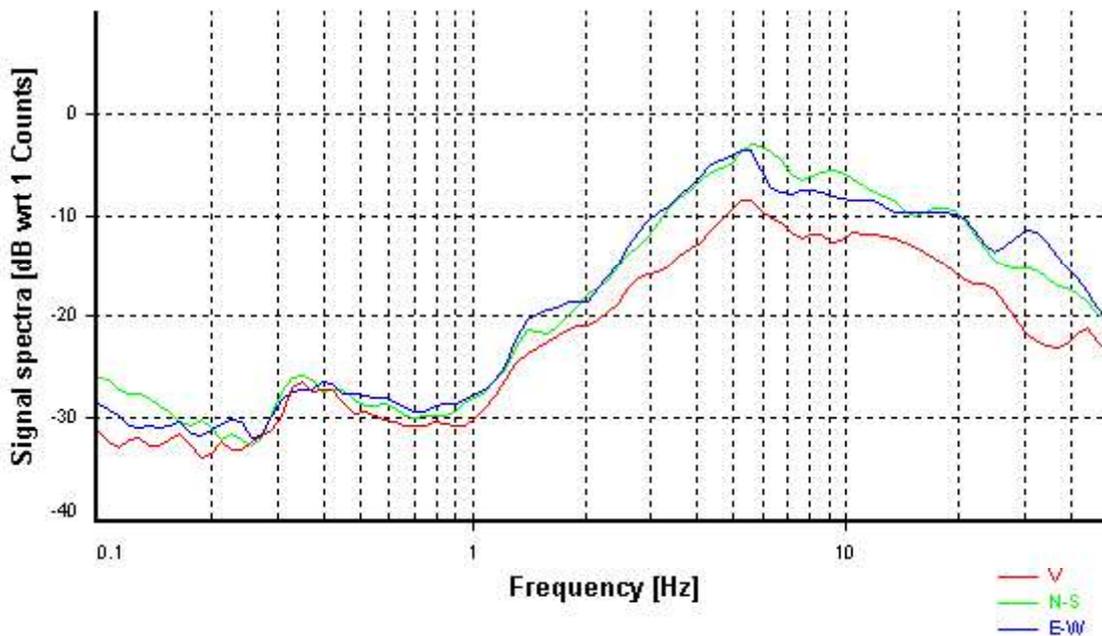
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

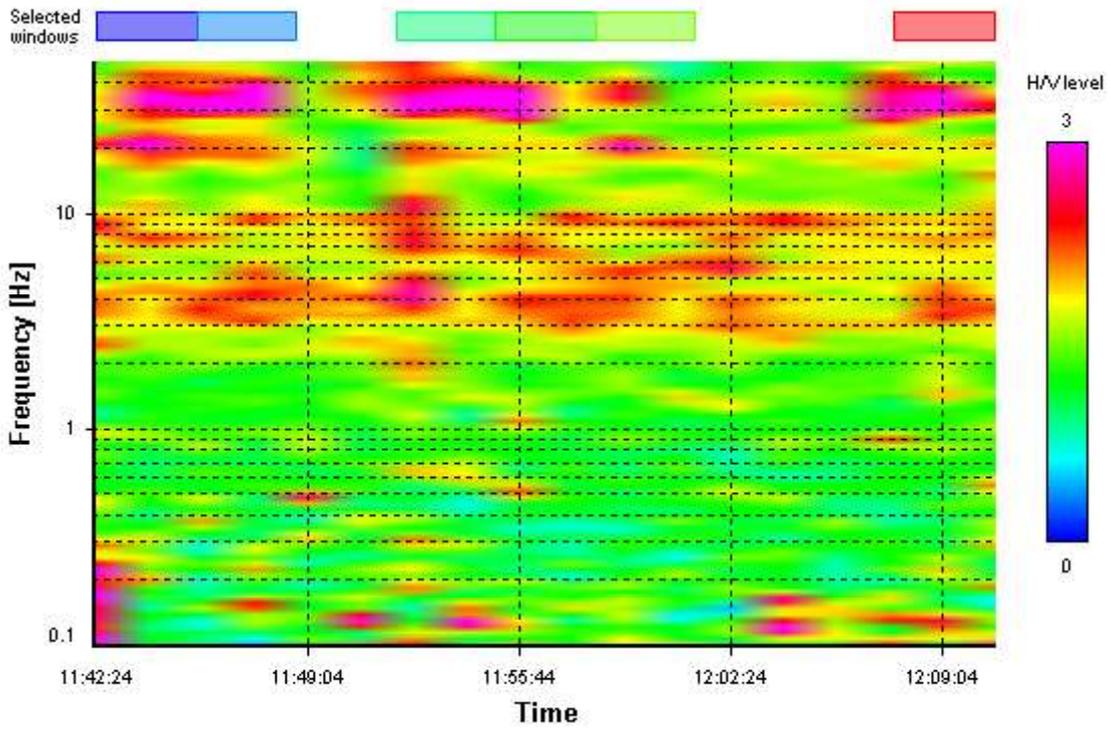
HVSR average



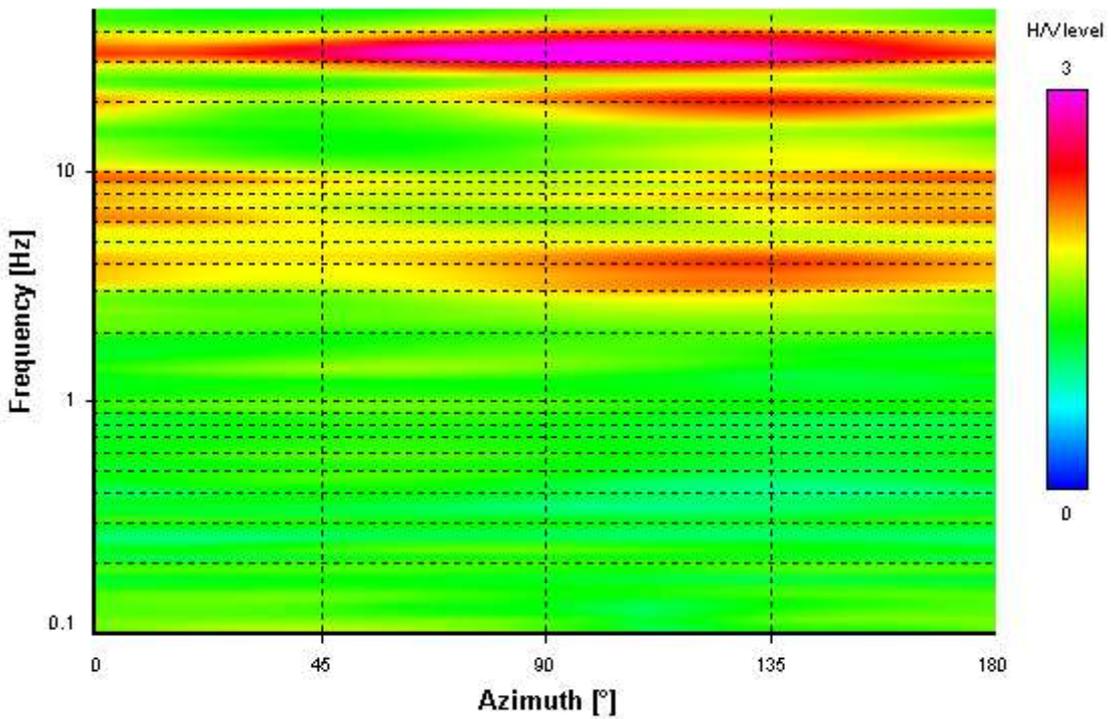
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



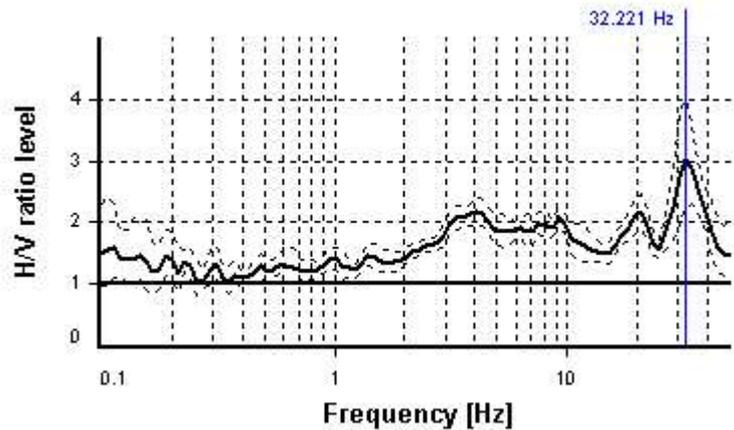
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

32.221 Hz

A_0 amplitude = 3.021

Average $f_0 = 32.916 \pm 1.078$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	6 valid windows (length > 0.31 s) out of 6	OK
$n_c(f_0) > 200$	38664.73 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 19	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	15.17001 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	46.95779 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.02 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	6.48% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.07795 < 1.61103	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.353 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 33bis

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: LE FORNACI

Latitude: 43,96883N

Longitude: 011,14083E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 310 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico moderato a circa 30 m di distanza

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/11/21 10:41:54

Recording length: 30 min

Windows count: 18

Average windows length: 49.89

Signal coverage: 49.89%



-999 Counts



-1307 Counts



-1218 Counts

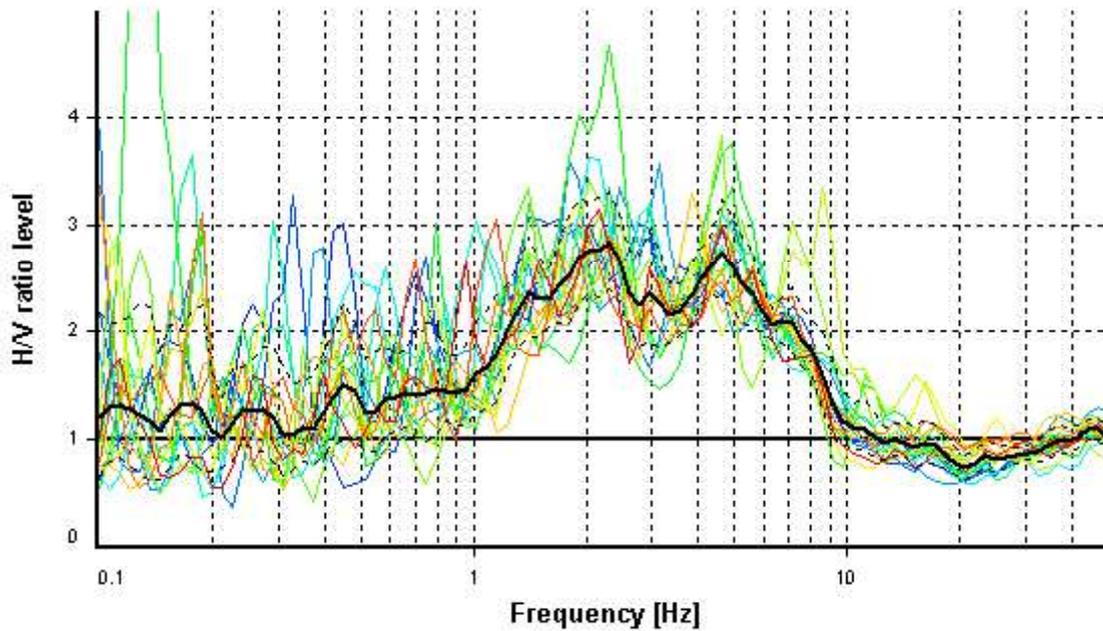
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

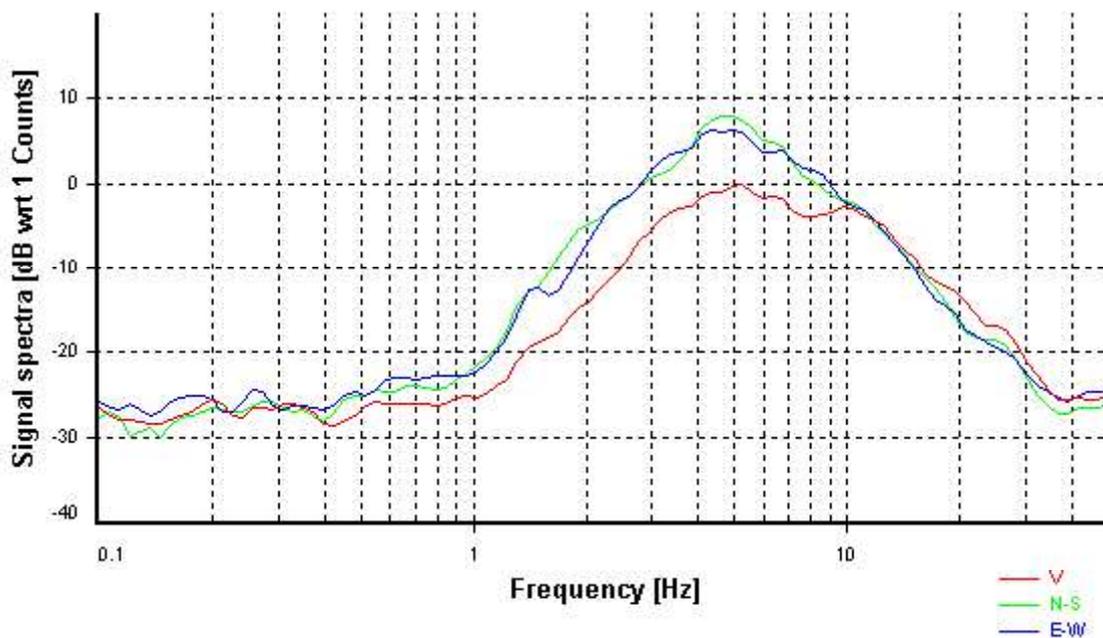
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

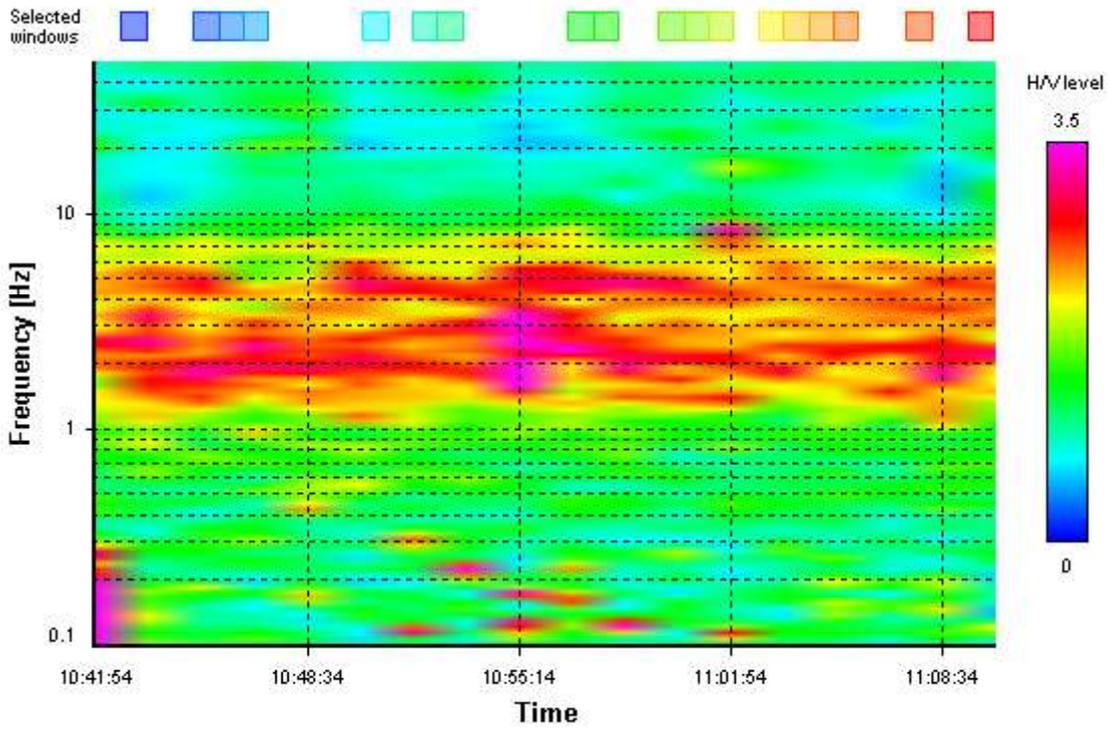
HVSR average



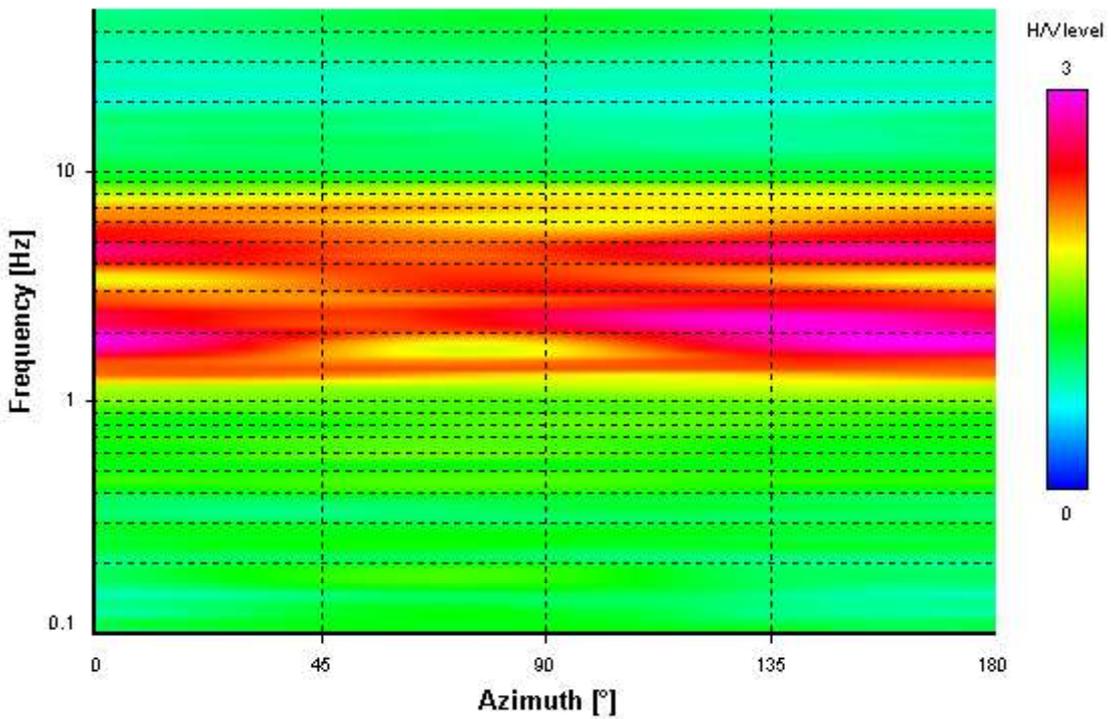
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



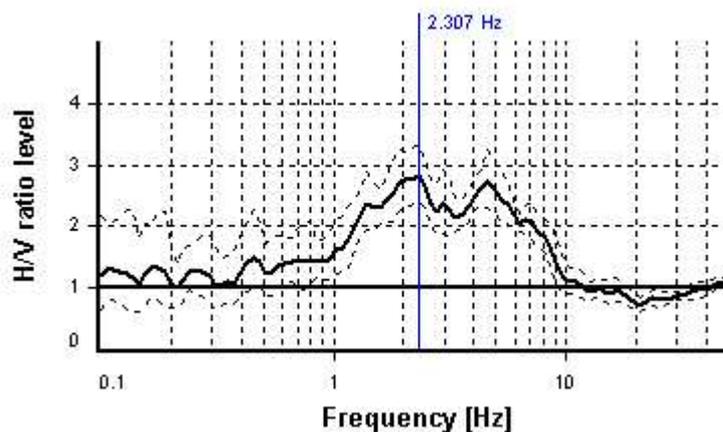
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.307 Hz

A_0 amplitude = 2.820

Average f_0 = 2.293 ± 0.415



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	18 valid windows (length > 4.33 s) out of 18	OK
$n_c(f_0) > 200$	2071.85 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0.61746 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	9.18094 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.82 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% ≤ 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.41466 ≥ 0.11537	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.17748 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 34bis

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: LE FORNACI

Latitude: 43,95984N

Longitude: 011,14872E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 320 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/11/21 11:31:12

Recording length: 30 min

Windows count: 17

Average windows length: 100

Signal coverage: 94.44%

850 Counts

CHANNEL #1 [V]



-775 Counts

1334 Counts

CHANNEL #2 [N]



-1446 Counts

972 Counts

CHANNEL #3 [E]



-1320 Counts

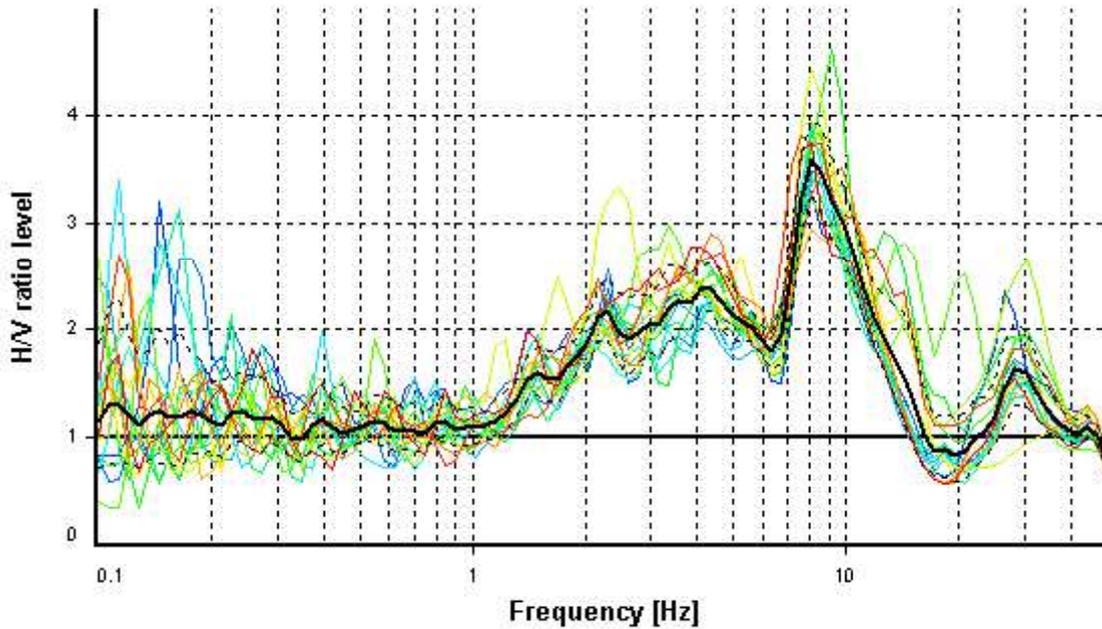
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

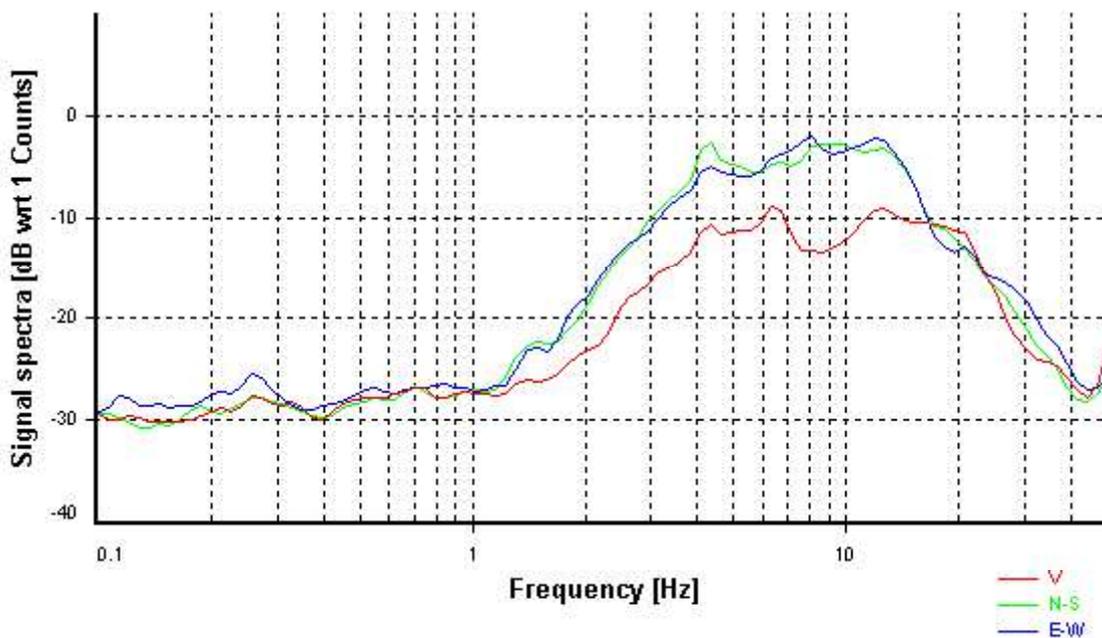
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

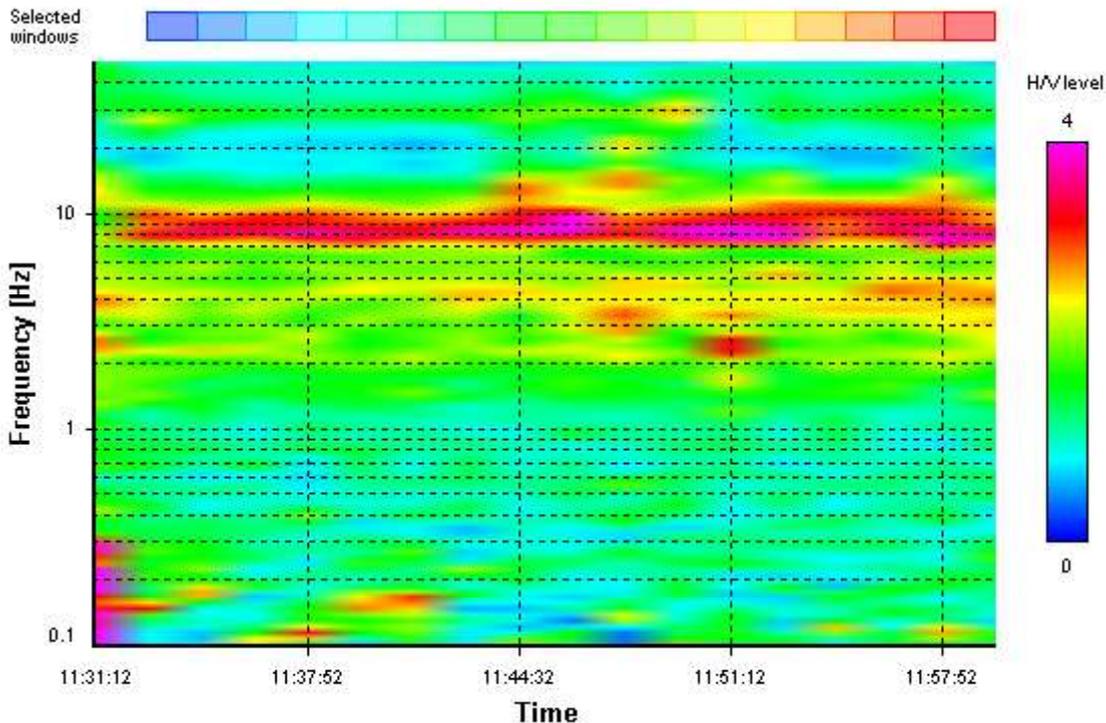
HVSR average



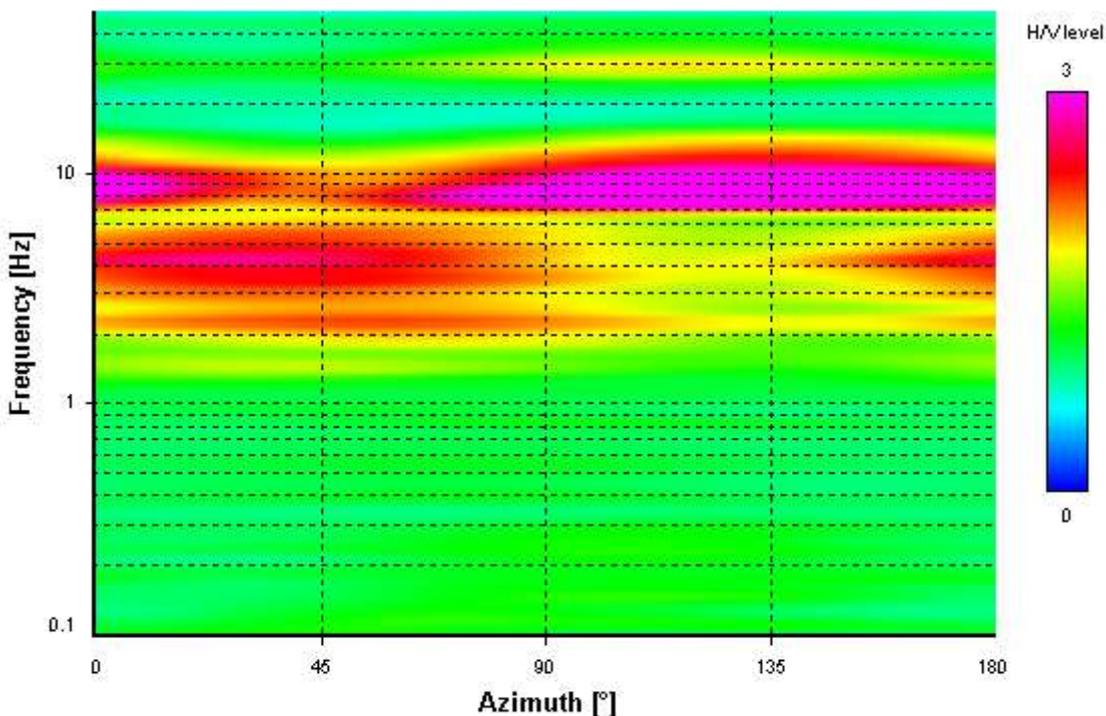
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



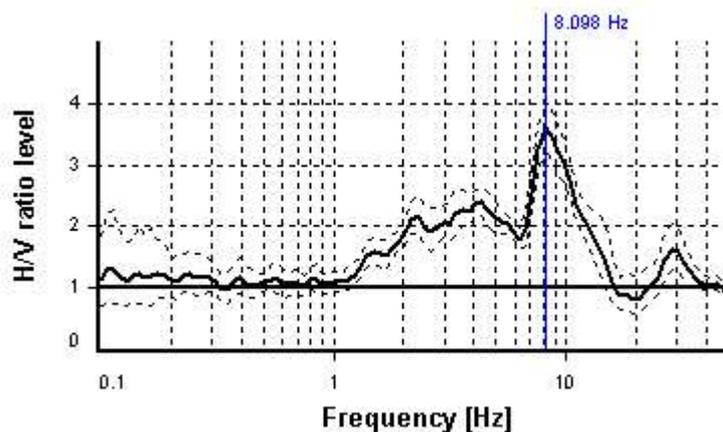
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

8.098 Hz

A_0 amplitude = 3.605

Average $f_0 = 8.398 \pm 0.721$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	17 valid windows (length > 1.23 s) out of 17	OK
$n_c(f_0) > 200$	13766.12 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	6.29961 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	13.38016 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.6 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.72097 >= 0.40489	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.10183 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 35

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: LE FORNACI

Latitude: 43,97077N

Longitude: 011,14971E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 390 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: passaggio frequente di automobili

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

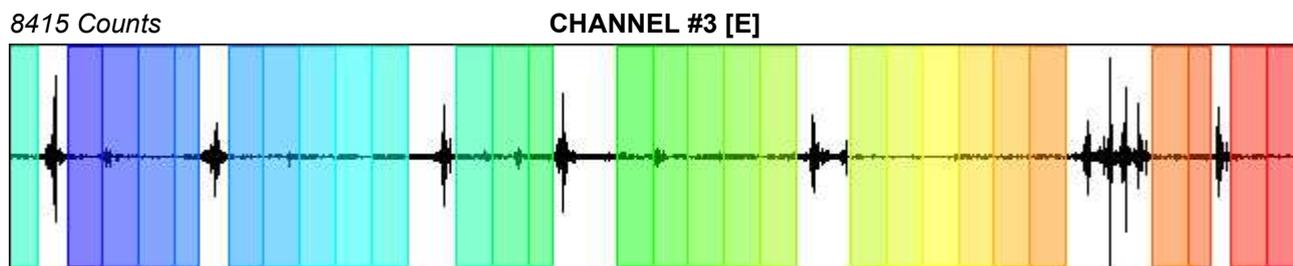
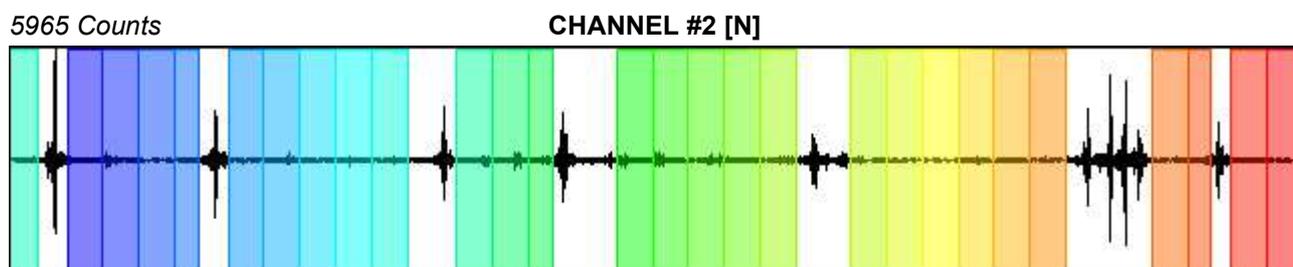
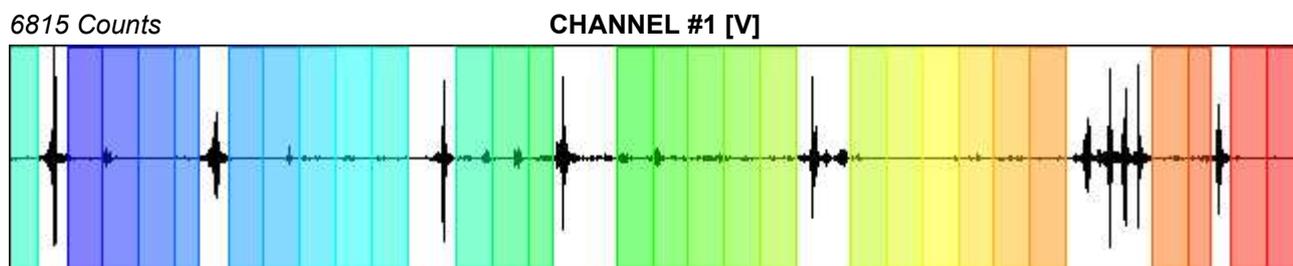
Recording start time: 2014/10/16 12:01:33

Recording length: 30 min

Windows count: 28

Average windows length: 47.84

Signal coverage: 74.42%



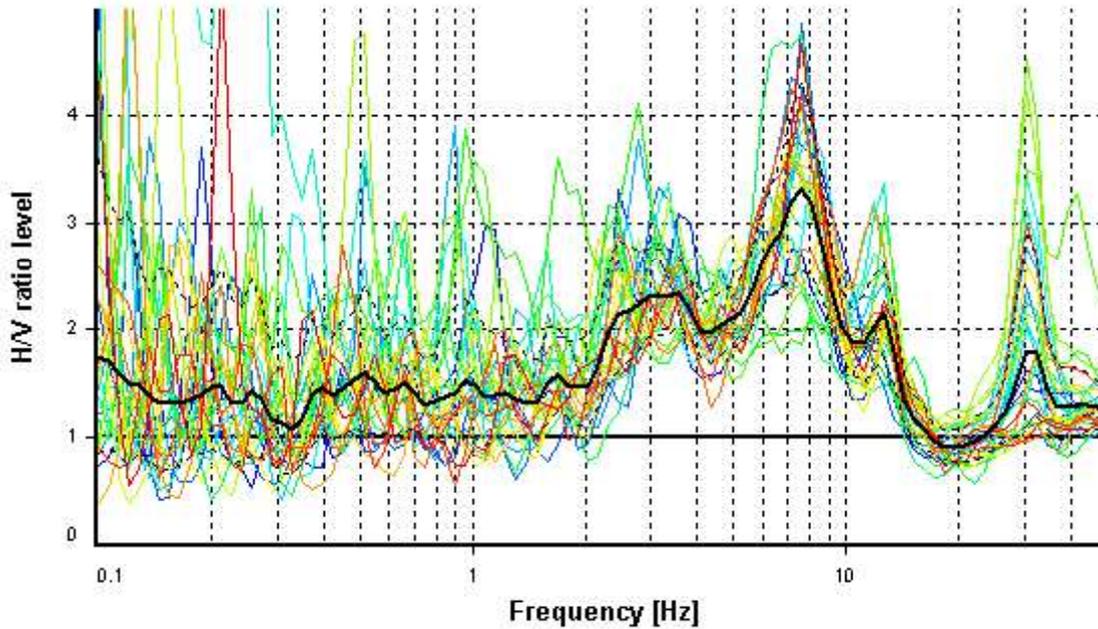
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

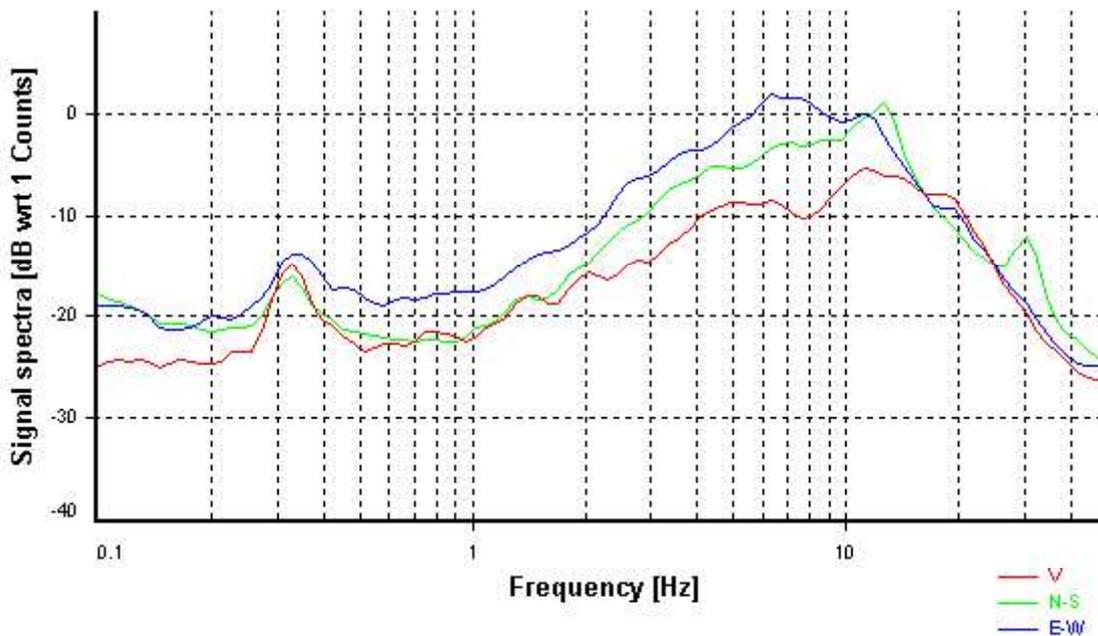
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

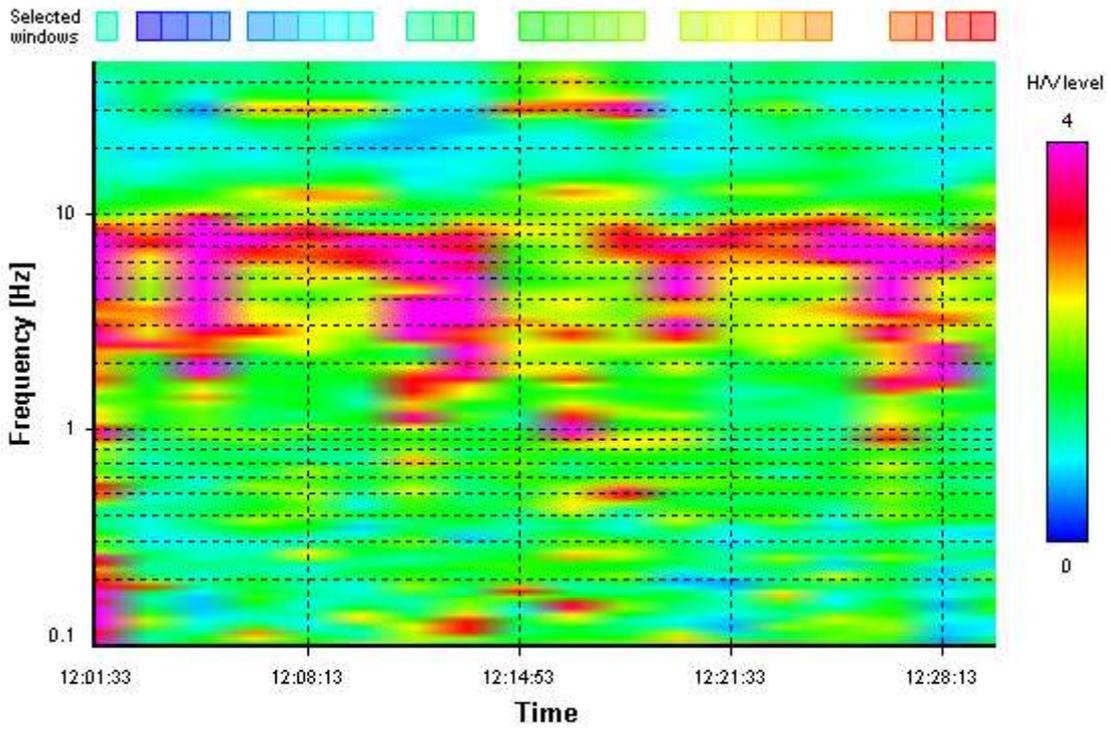
HVSR average



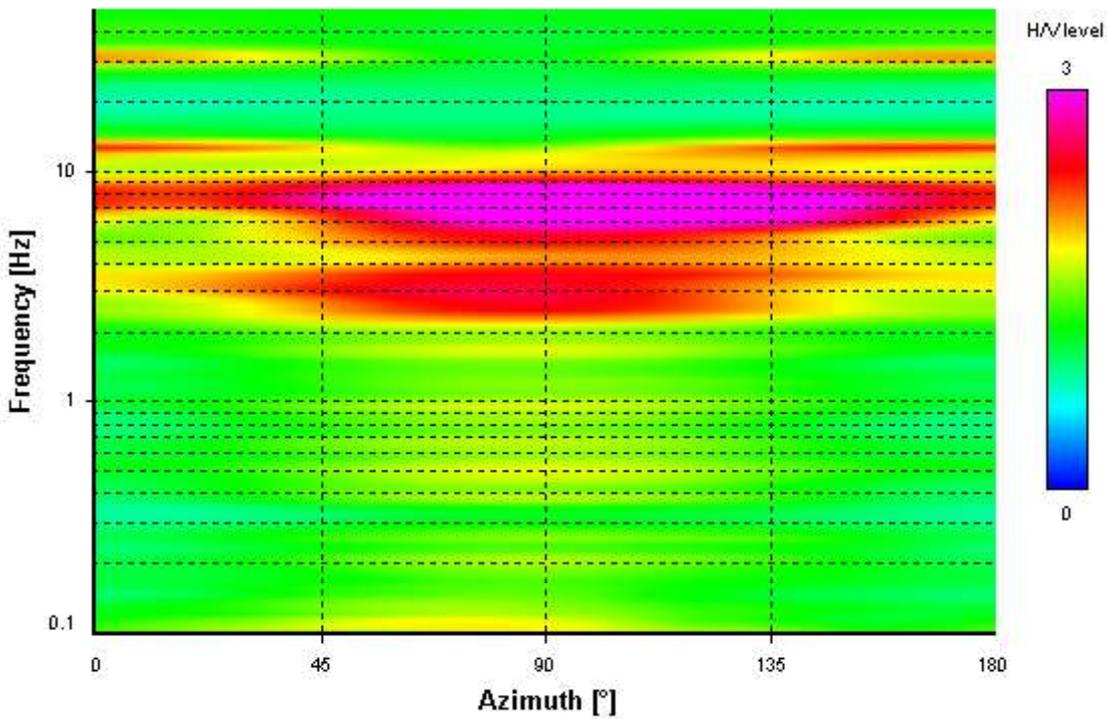
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



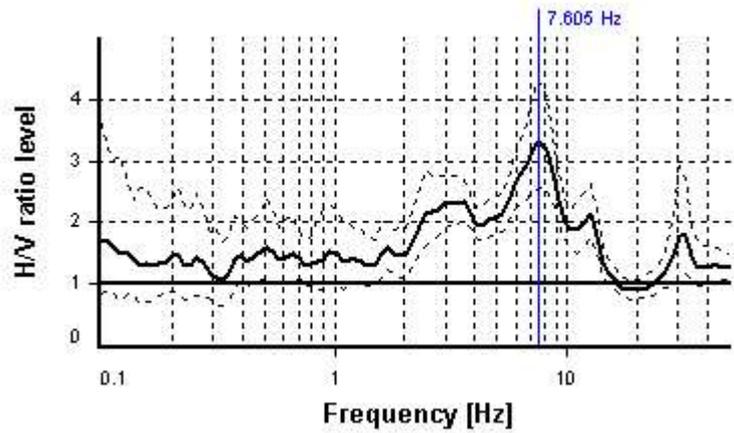
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

7.605 Hz

A_0 amplitude = 3.323

Average $f_0 = 7.526 \pm 0.586$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	28 valid windows (length > 1.31 s) out of 28	OK
$n_c(f_0) > 200$	10187 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	2.03513 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	14.247 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.32 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.58616 >= 0.38025	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.30255 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 36ter

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: LE FORNACI

Latitude: 43,96609N

Longitude: 011,15035E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 380 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

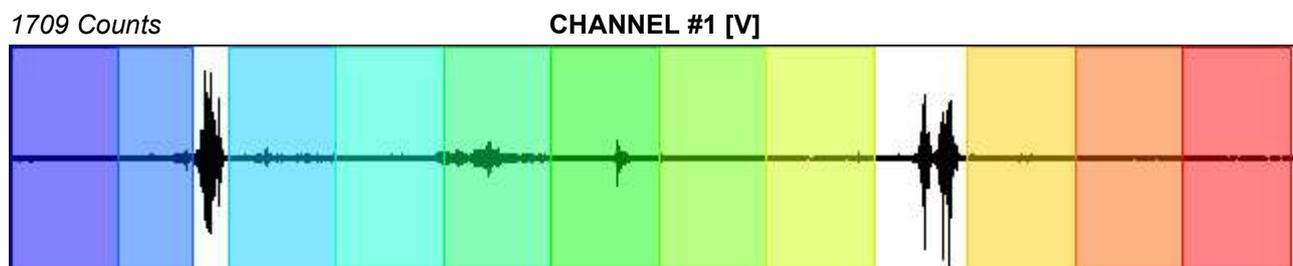
Recording start time: 2014/12/10 23:05:40

Recording length: 30 min

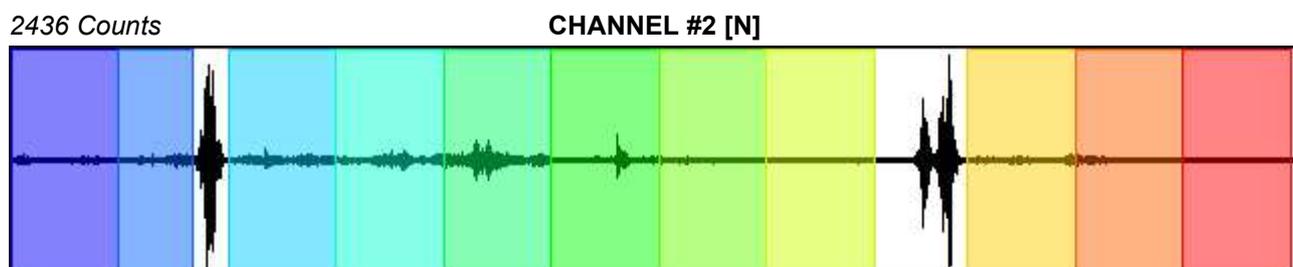
Windows count: 11

Average windows length: 145.79

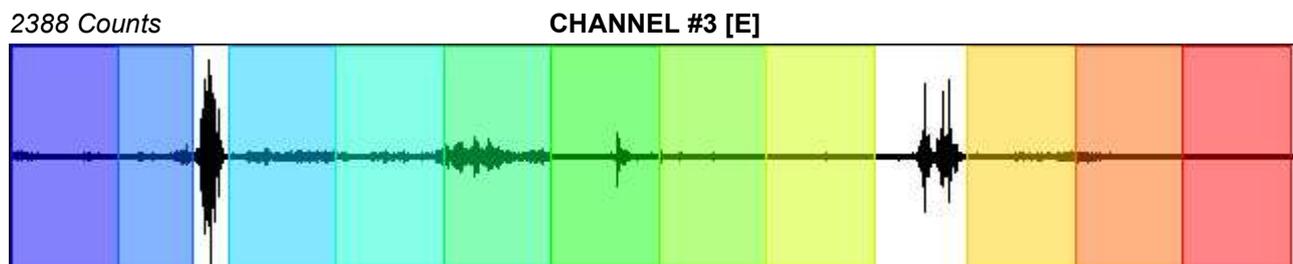
Signal coverage: 89.1%



-2184 Counts



-2575 Counts



-2707 Counts

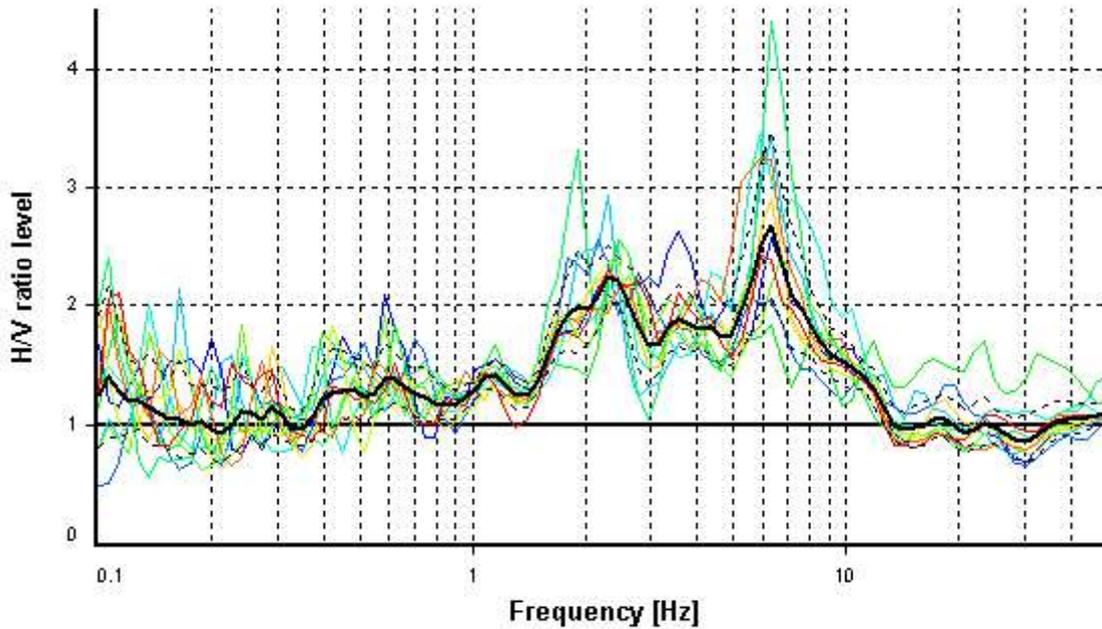
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

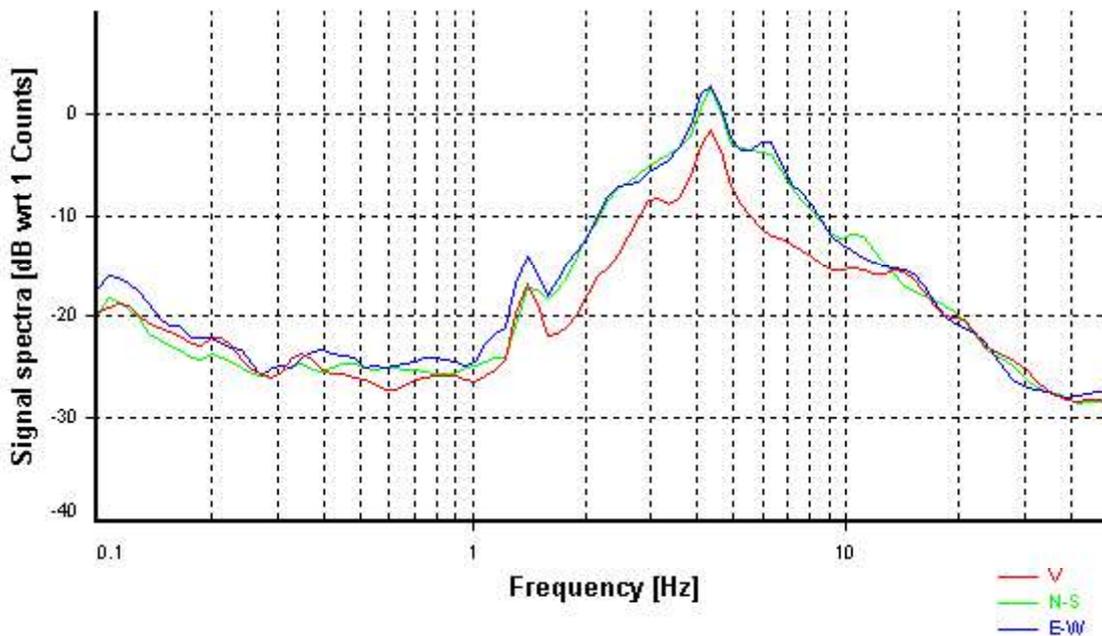
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

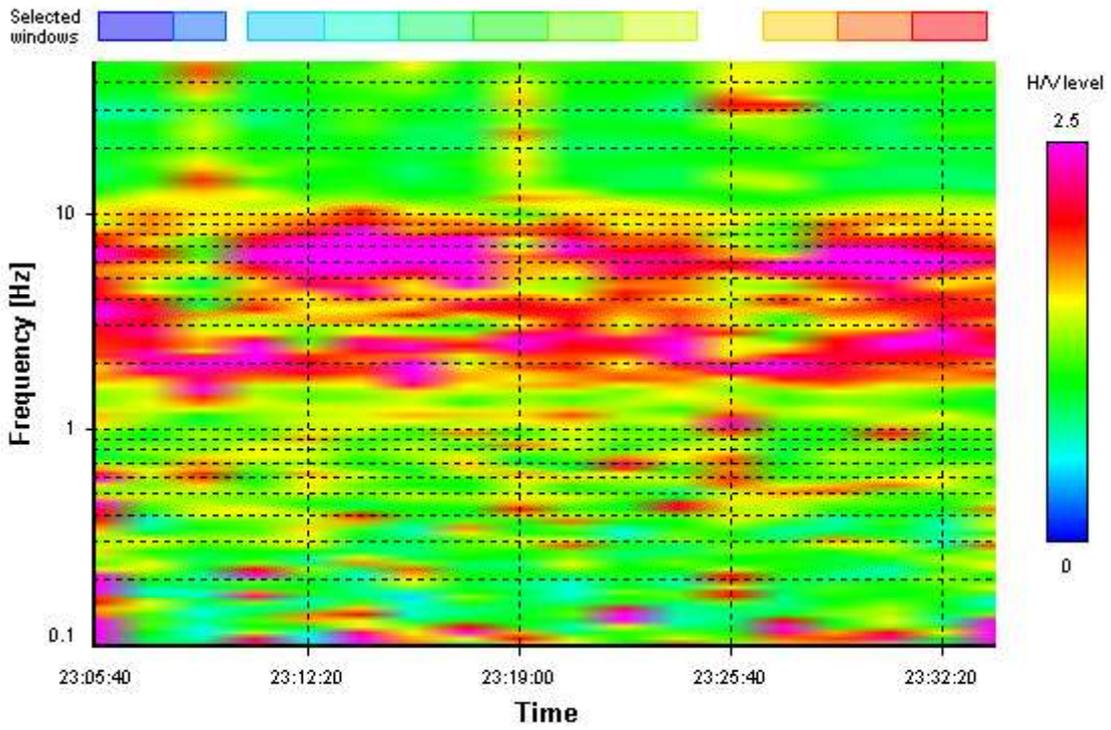
HVSR average



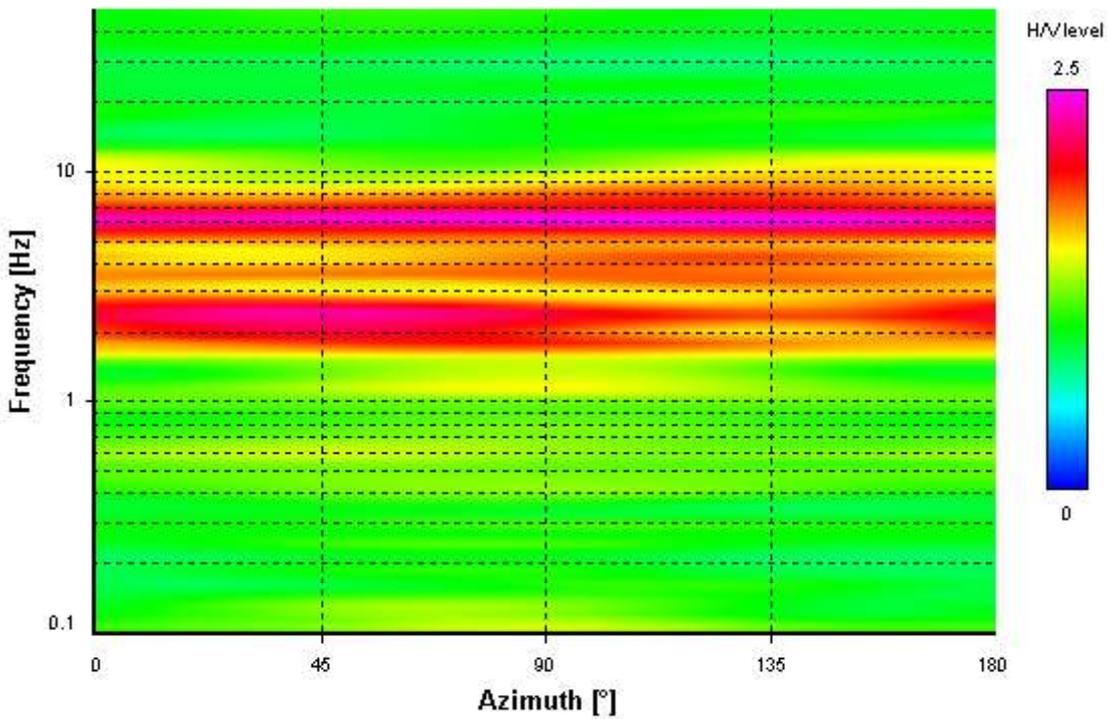
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



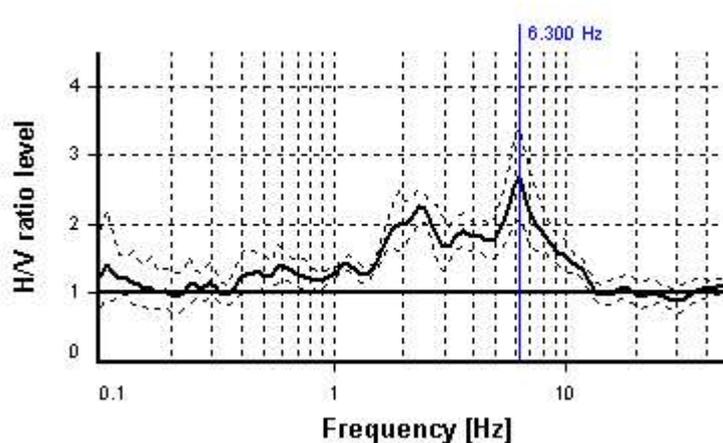
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

6.300 Hz

A_0 amplitude = 2.681

Average $f_0 = 6.165 \pm 0.310$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	11 valid windows (length > 1.59 s) out of 11	OK
$n_c(f_0) > 200$	10102.8 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	11.80148 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.68 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.30972 < 0.31498	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.29323 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: prova 37

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: VAIANO

Address: VAIANO

Latitude: 43,97468N

Longitude: 011,12496E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 160 m s.l.m.

Weather: sereno

Notes: traffico intenso sulla SS325

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 100 Hz

Recording start time: 2014/10/30 12:45:53

Recording length: 30 min

Windows count: 33

Average windows length: 50

Signal coverage: 91.67%

984 Counts

CHANNEL #1 [V]



-1150 Counts

1933 Counts

CHANNEL #2 [N]



-1850 Counts

1953 Counts

CHANNEL #3 [E]



-1607 Counts

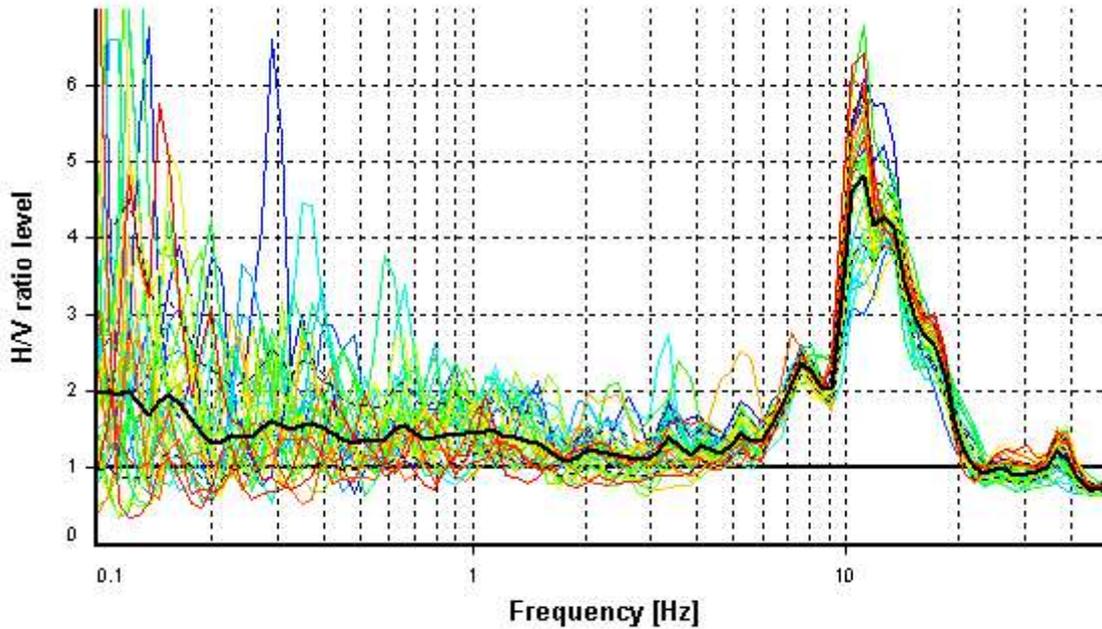
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

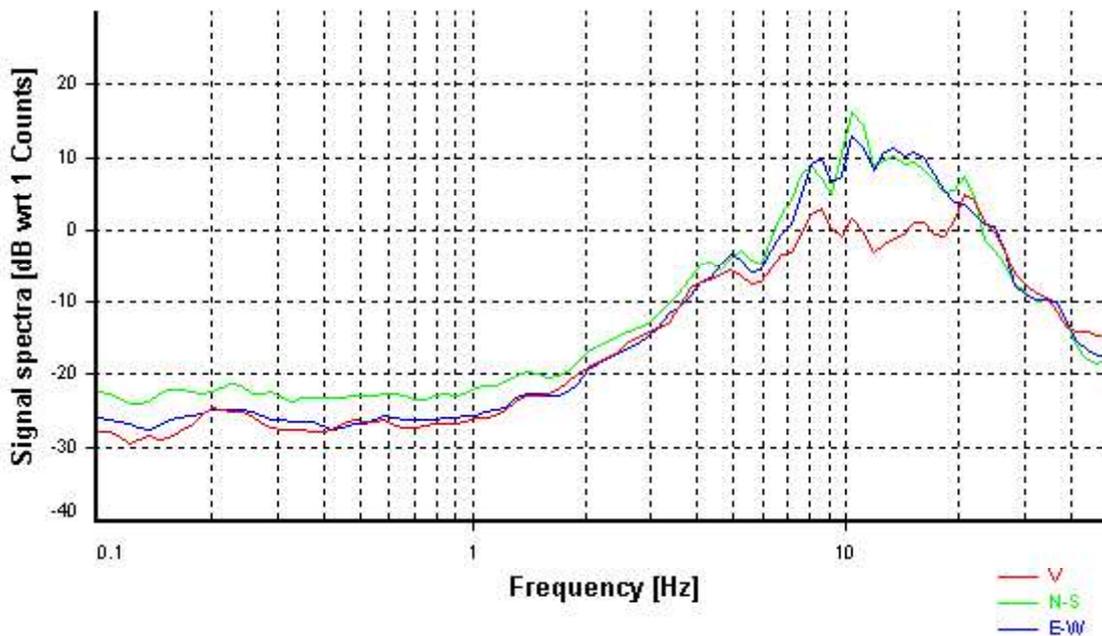
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

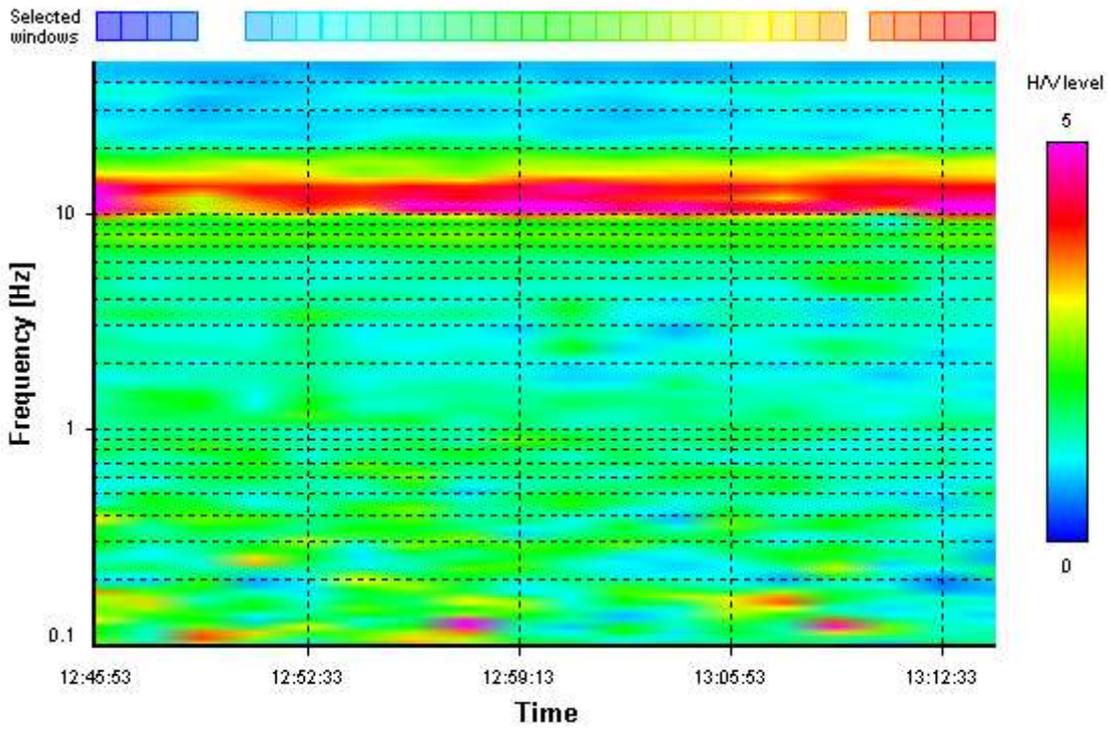
HVSR average



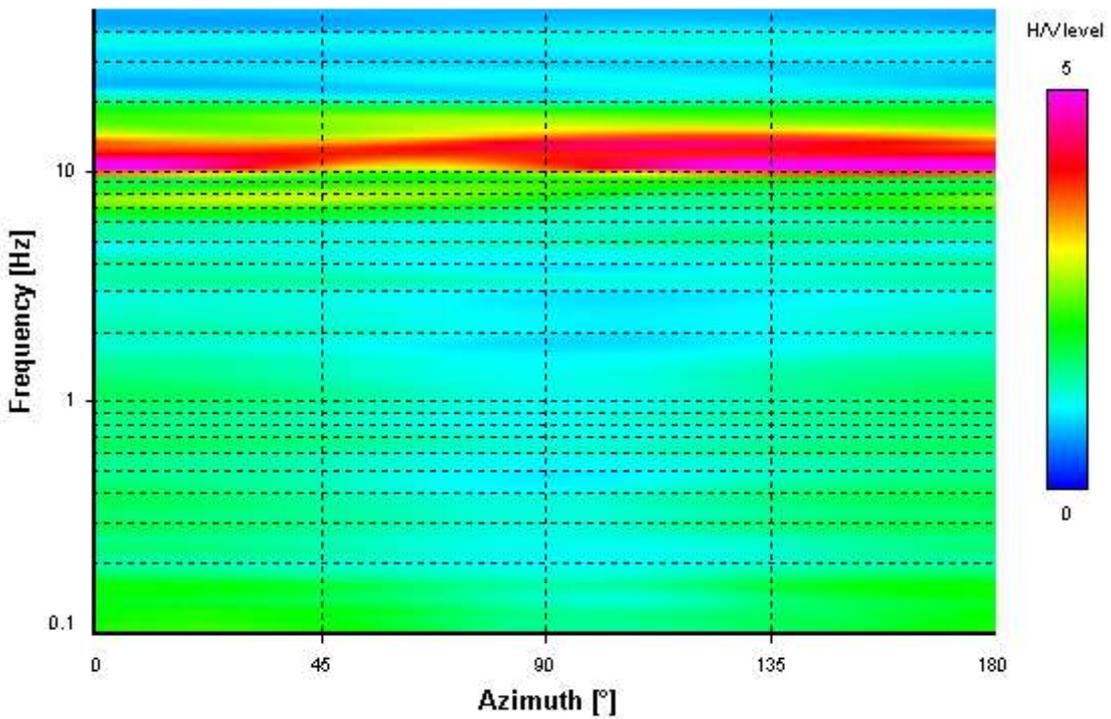
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (100 seconds windows)



HVSR directional analysis



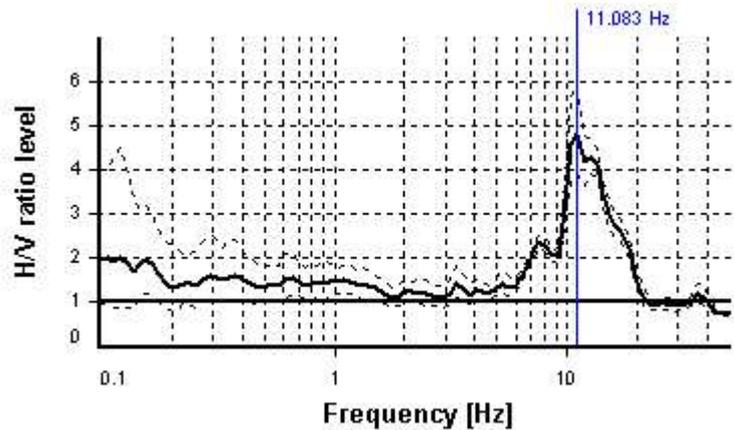
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

11.083 Hz

A_0 amplitude = 4.817

Average $f_0 = 11.237 \pm 0.803$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	33 valid windows (length > 0.9 s) out of 33	OK
$n_c(f_0) > 200$	18287.66 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0$	9.18094 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0$	18.31356 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.82 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.80251 >= 0.55417	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.22733 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Appendice 2

Indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh



Geol. Francesco Stragapede
Via V.P.le Montalbano 88/c
Serravalle P.se-Casalguidi (PT)
tel/fax 0573/929214
email soilpro@soilpro.it

relazione indagini geofisiche

prospezioni geofisiche
sismica a rifrazione in onde P ed SH

affettuate nell'ambito dello
studio di microzonazione sismica di I° livello

Comune di Vaiano (PO)

Serravalle P.se 10.12.2014

(geol. Francesco Stragapede)





SOIL PROSPECTING

Francesco Stragapede
GEOLOGO

**RELAZIONE
INDAGINI GEOFISICHE**

**prospezioni geofisiche
sismica a rifrazione in onde P ed SH
effettuate nell'ambito dello studio di microzonazione sismica di I° livello**

Comune di Vaiano (PO)

PREMESSA

La presente relazione riferisce i risultati dell'indagine di tipo geofisico, condotta attraverso rilievo sismico a rifrazione in onde P ed SH, sviluppata nell'ambito del territorio comunale di Vaiano (PO), lungo n.3 direttrici preventivamente indicate dalla Committenza, individuate nell'ambito del territorio urbanizzato del Comune ed effettuate nell'ambito dello studio di microzonazione sismica di I° livello.

I rilievi, condotti lungo le direttrici indicate, sono stati sviluppati in attenzione alle specifiche di cui al Programma Valutazione degli Effetti Locali (Programma VEL) – istruzioni tecniche: criteri e metodologie di indagine, operando con apparati di registrazione, sensori e sorgenti di energizzazione compatibili con le problematiche esecutive e logistiche in essere.

Le condizioni logistiche operative sono risultate particolarmente disagiati, risultando le aree di indagine intensamente urbanizzate e pertanto interessate sia dalla presenza di sottoservizi, non sempre di agevole individuazione o di posizione conosciuta, che dall'interessamento di "rumore" ambientale antropico, derivante dalle attività quotidiane degli abitanti, agli impianti domestici di refrigerazione o di pompaggio e dagli edifici e strutture murarie di contenimento immediatamente prospicienti lo sviluppo degli stendimenti; a tali sorgenti di disturbo si sono sommate quelle legate al transito di automezzi lungo la viabilità provinciale di fondovalle e di quella comunale nelle aree limitrofe alle zone di rilievo, e il transito ferroviario periodico lungo la direttrice ferrata comunque presente nella zona di fondovalle, che con la particolare geometria di sviluppo determina un effetto di amplificazione per risonanza di alcune frequenze ambientali e oggetto di contestuale registrazione agli eventi impulsivi di rilevamento.

In riferimento alle specifiche di indagine, i rilievi micro-sismici a rifrazione in onde P ed SH sono stati condotti impiegando catene geofoniche su basi della lunghezza variabile tra di ml 102 e m 125, operando con n.24 velocimetri di frequenza propria di 4.5 Hz verticali e con n.24 velocimetri di 4.5 Hz orizzontali, producendo specifiche energizzazioni su postazioni estreme allo stendimento (esterne con distanza dal primo e dall'ultimo geofono pari a $\frac{1}{2}$ dell'intervallo geofonico ove possibile), intermedie (minimo n.1 ogni 6 geofoni) ed esterne (ad una distanza dal primo ed ultimo geofono pari a $\frac{1}{2}$ della lunghezza geofonica, nei limiti dei condizionamenti logistici dei luoghi).

Relativamente alle energizzazioni, si e' operata una sommatoria di una serie di registrazioni successive in numero variabile tra n.5 e n.8.

CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Il rilievo e' stata condotto impiegando un sismografo "DOREMI" della SARA electronic instruments s.r.l.; l'elettronica e' distribuita lungo il cavo e la connessione al personal computer, dedicato all'osservazione grafica e al management del sistema, e' svolta da una interfaccia "DoReMi master".

Il sismografo e' pertanto distribuito con i suoi canali lungo la direttrice di rilevamento ed il software dedicato, che acquisisce il segnale analogico dai velocimetri al suolo impiegati per il rilievo, lo invia in forma digitale al sistema centrale in modo indipendente per ogni canale di registrazione, e dispone di una memoria di 30000 campioni a 16 bit.

Il software di gestione del sistema consente di impostare lunghezza e frequenza del campionamento, numero dei canali in registrazione, guadagno del singolo canale ed impostazioni di registrazione dei dati; le opzioni avanzate consentono di impostare operazioni di somma, media, differenza di energizzazioni multiple, di impiegare filtri passabanda al dato registrato ed eseguire operazioni di interlacciamento, concatenamento o workaway di diversi set di dati.

Alla strumentazione sismografica sono stati connessi sensori geofonici verticali da 4.5 Hz in numero di 24, posti a distanza reciproca di m 4 e, successivamente, sensori geofonici orizzontali orientati da 4.5 Hz in numero di 24; le energizzazioni, prodotte con maglio in caduta libera sul suolo di kg 150 di peso o mini bang e, dove l'impiego di tali utensili determinavano situazioni di pericolosita' non compatibili con le minime condizioni di sicurezza, mediante massa battente con energizzazioni multiple piu' numerose.

I dati acquisiti consistono nelle registrazioni dei treni d'onda a partire dall'istante di energizzazione (+/- 1 msec), per un intervallo di tempo di di minimo msec 1000, riprodotti da supporto magnetico sul quale e' stata eseguita l'interpretazione.

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P O LONGITUDINALI

L'indagine microsismica a rifrazione in onde P è stata effettuata disponendo lungo le direttrici prefissate n.24 sensori geofonici verticali, con frequenza propria di 4.5 Hz, ed operando energizzazioni esterne allo stendimento, ad una distanza dal primo e dall'ultimo sensori di m 48 (nei limiti di percorribilità ed agibilità dei luoghi), all'estremo, in posizione esterne ed a una distanza di $\frac{1}{2}$ della distanza geofonica dai sensori estremi, ed in posizioni intermedie, tra 3° e 4° geofono, tra 6° e 7° geofono, tra 9° e 10°, tra 12° e 13°, tra 15° e 16°, tra 18°-19° e tra 21° e 22°, relativamente alle basi sismiche indicate come ST5 ed ST6, mentre per la base ST7 tra 6° e 7° geofono, tra 12° e 13° e tra 18°-19°.

L'energizzazione è stata prodotta con maglio in caduta e energizzatore sismico "mini bang", lungo le basi ST5 ed ST6, mentre lungo la base ST7 è stato necessario operare con mini-bang sugli estremi dello stendimento e massa battente.

Lo schema dello sviluppo dello stendimento e della posizione delle energizzazioni è riferita nelle schede grafiche in allegato, dove è indicato, per ogni energizzazione, il nomefile relativo alla registrazione di analisi.

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S O TRASVERSALI

L'indagine microsismica a rifrazione in onde S è stata disposta lungo le direttrici prefissate n.24 sensori geofonici orizzontali, con frequenza propria di 4.5 Hz, ed operando energizzazioni esterne allo stendimento, ad una distanza dal primo e dall'ultimo sensori di m 48 (nei limiti di percorribilità ed agibilità dei luoghi), all'estremo, in posizione esterne ed a una distanza di $\frac{1}{2}$ della distanza geofonica dai sensori estremi, ed in posizioni intermedie, tra 6° e 7° geofono, tra 12° e 13° e tra 18°-19°.

L'energizzazione è stata prodotta sulla testata di una trave disposta trasversalmente allo stendimento, opportunamente zavorrata, energizzando alternativamente sui due estremi della stessa; in tal modo, variando la direzione di energizzazione si produce una variazione di fase dell'onda S ricercata, che viene evidenziata attraverso la sovrapposizione grafica delle tracce relative alle due differenti modalità di energizzazione.

Lo schema dello sviluppo dello stendimento e delle energizzazioni è riferita nelle schede grafiche in allegato, dove sono indicati, per ogni postazione di energizzazione, i nomefiles relativi alle registrazioni di analisi.

ANALISI ED INTERPRETAZIONE DEI DATI

I dati di registrazione sono stati acquisiti dal momento dell'energizzazione, determinata da un trigger, reso solidale al sistema di "battuta", per una durata minima di secondi 1, operando con una frequenza di campionamento di 5000 Hz per ognuno dei n.24 canali impiegati nella campagna di rilievo.

L'analisi dei dati e' stata effettuata operando, per ogni postazione di energizzazione, una sommatoria di registrazioni tra un minimo di n.3, su tutte quelle acquisite alla postazione, sino ad un massimo di n.7, che hanno consentito di mitigare gli effetti di disturbo delle sorgenti ambientali di rumore e di "amplificare" l'onda prodotta dalle perturbazioni specificamente determinate per le finalita' di indagine.

I sismogrammi risultanti sono quindi stati sottoposti a filtraggio specifico, escludendo dallo spettro caratteristico della registrazione le frequenze riferibili a sorgenti antropiche monotone presenti in un significativo intorno dei luoghi.

La scalatura e le modalita' grafiche di restituzione del segnale, hanno quindi consentito di effettuare il processo di picking dei dati.

Il picking, che consiste nella individuazione del "tempo di ritardo" nel quale si individua, dal momento della energizzazione impulsiva prodotta al suolo, l'arrivo del treno d'onda di interesse al sensore di studio, e' stato svolto su apposito software, esaminando nel dettaglio il tratto della registrazione alla necessaria scala di visualizzazione.

L'elaborazione delle dromocrone, risultato dalla graficizzazione dei tempi di ritardo, come sopra indicati, con la distanza energizzazione-sensori di riferimento, e' stata sviluppata impiegando, in prima istanza, tecniche di approccio "tradizionali", mediante il "Metodo Reciproco Generalizzato", altrimenti indicato come metodo GRM, impiegando software GRM-Vassallo-Pasi.

La presenza di singolarita' geometriche delle dromocrone di analisi, ha consigliato comunque di sviluppare anche una analisi dei dati attraverso tecniche di tipo tomografico, cercando di evidenziare eventuali locali inversioni di velocita' nel sottosuolo.

L'analisi dei dati, sviluppata sia attraverso tecniche "tradizionali" che con metodi "tomografici", descrive con entrambi la medesima situazione locale, illustra le medesime geometrie ed il medesimo generale assetto sismo-stratigrafico del sottosuolo, lungo le sezioni di investigazione.

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

L'interpretazione litologica dei terreni di investigazione, che dovrà essere riferita ad un processo di correlazione locale con dati stratigrafici derivanti da diverse tipologie di prospezione eseguite o programmate nell'area di studio, può essere guidata da tabellazioni che relazionano natura litologica e velocità delle onde longitudinali, del tipo

Tipo di terreno	V _p [m/s]
Argilla satura	1500
Sabbia fine e media	300 ÷ 500
Sabbia densa	400 ÷ 600
Ghiaia	500 ÷ 750
Arenaria	1500 ÷ 4500
Marna	1500 ÷ 4500

NOTAZIONI CONCLUSIVE

In relazione ai risultati della elaborazione dei dati, che presentano una chiara congruenza tra tecniche differenti di elaborazione e che pervengono a modelli sismo-stratigrafici compatibili con le generali condizioni sismo-stratigrafiche di sito, si rileva che i modelli sismo-stratigrafici interpretati interpretano verosimilmente le locali condizioni sismo-stratigrafiche di sito.

I rilievi, pertanto, si ritengono chiaramente idonei a sviluppare le valutazioni sulle condizioni di amplificazione sismica di sito, in riferimento alle specifiche di cui agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, a cui le attività di riferimento sono direttamente relazionate.

Serravalle P.se 10.12.2014

