

PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE

Unione dei Colli Marittimi Pisani

Comune di **Castellina Marittima, Montescudaio, Riparbella**

Provincia di Pisa

Capogruppo Progettista
Arch. Giovanni Parlanti

Responsabile VAS
Arch. Gabriele Banchetti

Studi geologici
GEOPROGETTI STUDIO ASSOCIATO
Geol. Emilio Pistilli

Dott. Geol. Gian Franco Ruffini
Dott. Geol. Leonardo Ruffini

Studi idraulici
H.S. Ingegneria s.r.l.
Ing. Simone Pozzolini

Studi agronomici forestali
Dott. Agr. Fausto Grandi

Valutazioni archeologiche
Dott.ssa Gloriana Pace

Profili giuridici
Avv. Enrico Amante

Elaborazione grafica e GIS
Paes. Giulia Mancini

Presidente Unione dei Colli Marittimi Pisani

Responsabile del Procedimento
Geom. Luciana Orlandini

Garante dell'informazione e della partecipazione
Segretario dell'Unione dei Colli Marittimi Pisani

COMUNE CASTELLINA MARITTIMA
Area Urbanistica
Arch. Eraldo Rossi

Sindaco
Manolo Panicucci

COMUNE MONTESCUDAIO
Area Tecnica
Arch. Ivan Fiaccadori

Sindaco
Simona Fedeli

COMUNE RIPARBELLA
Ufficio Urbanistica
Geom. Luciana Orlandini

Sindaco
Salvatore Neri

MISURE PASSIVE DEL RUMORE AMBIENTALE
con elaborazione HVSR

Doc.
QG 05

Adottato con Del. C.C. n. del
Dicembre 2019

Il presente documento contiene:

- **Tabella riassuntiva dei parametri delle misure di microtremore**
- **Dati e Certificati delle misure di microtremore**

HVSR da 1 a 6 sono estratti dalle indagini sismiche redatte nel 2014 a supporto del RU del Comune di Riparbella.

HVSR da 7 a 26 sono state eseguite nel corso della presente indagine,

HVSR da 27 a 32 sono estratte dalle indagini sismiche redatte a supporto della variante al RU del Comune di Castellina Marittima.

- **Relazione Tecnica relativa alle misure da 7 a 26 eseguite dal Geol. Calderini nel corso del presente studio**

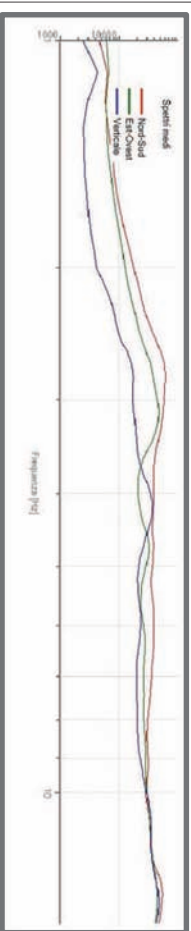
Sigla	Località	Comune	picco SESAME	Classificazione Albarello	Frequenza di picco	Valore di picco
HVSR_1	Campi da tennis	Riparbella	si	A1	2	3,59
HVSR_2	Via Della Fonte	Riparbella	no	A2	no	
HVSR_3	Vecchio cimitero	Riparbella	no	B1	1,7	2,6
HVSR_4	Serbatoi	Riparbella	no	A2	no	
HVSR_5	Apparita	Riparbella	si	A1	1,55	2,6
HVSR_6	San Martino	Riparbella	si	A1	1,6	2,2
HVSR_7a	Fagiolaia	Riparbella	no	B-2	20,04	3,07
HVSR_7b	Fagiolaia	Riparbella	no	B-2	0,42	1,95
HVSR_8	Via Pertini, area feste Fiorino - asilo	Montescudaio	si	A-1	2,12	3,1
HVSR_9	Via Gramsci, Fiorino	Montescudaio	no	B-2	0,3	3,42
HVSR_10a	Pian di Laghetto, Fiorino	Montescudaio	no	B-2	5,64	1,83
HVSR_10b	Pian di Laghetto, Fiorino	Montescudaio	no	B-2	0,32	2,45
HVSR_11a	Via I° maggio, Poggio Gagliardo	Montescudaio	no	B-2	5,64	1,77
HVSR_11b	Via I° maggio, Poggio Gagliardo	Montescudaio	no	B-2	0,32	1,91
HVSR_12	Bandita-Omnia Bausta	Montescudaio	si	A-1	1,26	2,92
HVSR_13a	Casa Giustri	Montescudaio	no	B-2	2	2,58
HVSR_13b	Casa Giustri	Montescudaio	no	B.2	0,42	2,48
HVSR_14a	Mezzavia	Montescudaio	no	B-2	0,42	3,45
HVSR_14b	Mezzavia	Montescudaio	no	B-2	6,71	1,84
HVSR_15a	Via delle Vedove, Santa Lucia	Montescudaio	si	A-1	9,48	2,93
HVSR_15b	Via delle Vedove, Santa Lucia	Montescudaio	no	B-2	0,38	3,04
HVSR_16	Scuole	Montescudaio	no	B-2	0,32	3,11
HVSR_17a	Piazza Cinotti	Montescudaio	no	B-2	7,11	2,44
HVSR_17b	Piazza Cinotti	Montescudaio	no	B-2	0,28	3,43
HVSR_18	Via Giovanni paolo II, Il Boschetto	Montescudaio	no	B-2	0,36	2,54
HVSR_19	Voltola	Castellina M.ma	no	B-2	3,99	1,66
HVSR_20	Lupaia	Castellina M.ma	no	B-2	5,98	2,98
HVSR_21	Via Alfieri, Campo Farina	Castellina M.ma	no	B-2	15,03	1,75
HVSR_22a	Marmolaio, Paradiso	Castellina M.ma	si	A-1	16,86	4,83
HVSR_22b	Marmolaio, Paradiso	Castellina M.ma	no	B-2	2,25	3,65
HVSR_22c	Marmolaio, Paradiso	Castellina M.ma	si	B-1	12,64	2,92
HVSR_23a	Fornaci	Castellina M.ma	si	B-1	1	3,53
HVSR_23b	Fornaci	Castellina M.ma	no	B-2	2,25	3,32
HVSR_24	Malandrone	Castellina M.ma	no	B-2	14,19	3,03
HVSR_25	Le Conche, Badie	Castellina M.ma	si	A-1	2,67	15,32
HVSR_26	Poggio 34.7, Badie	Castellina M.ma	no	B-2	4,48	4,16
HVSR_27	Poderino bassa	Castellina M.ma	no	??	1,12	2,44
HVSR_28a	Poderino alta	Castellina M.ma	no	B-2	16,17	4,56
HVSR_28b	Poderino alta	Castellina M.ma	no	B-2	7,84	3,46
HVSR_29a	Knauf alluvioni	Castellina M.ma	si	A-1	6,37	3,37
HVSR_29b	Knauf alluvioni	Castellina M.ma	no	A-2	1,02	3,19
HVSR_30	Knauf gessi	Castellina M.ma	si	B-1	9,4	2,24
HVSR_31	Malandrone alta	Castellina M.ma	si	A-1	5,97	5,21
HVSR_32	Malandrone alta	Castellina M.ma	no	B-2	0,89	3,26

Acquisizione HVSR 1/Campi Tennis

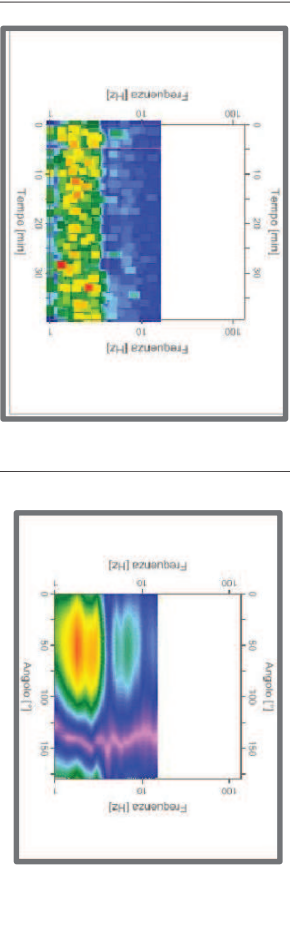
Strumentazione: sismografo MAE/ sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 23/05/2014
 Durata registrazione: 40 minuti
 Frequenza campionamento: 250 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: sereno con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

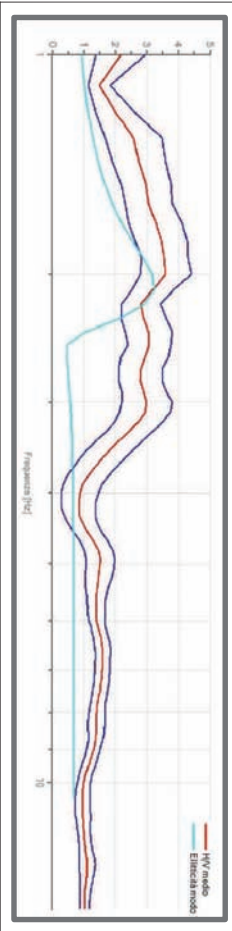


SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



HVSR 1

CRITERI SESAME (2004) (1)

Picco H/V a 2.00 +/- 0.4 Hz (interno dell'intervallo 1-15 Hz)		
Criteri per una curva HV affidabile		
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_s(f_0) > 200$		OK
$\alpha_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 > 0.5Hz$		OK
$\alpha_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 < 0.5Hz$		OK
Criteri per un picco HV chiaro		
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $ A_{HV}(f) < A_0/2$		OK
Esiste f in $[f_0, 4f_0]$ $ A_{HV}(f) < A_0/2$		OK
$A_0 > 2$		OK
$f_{max} A_{HV}(f) \pm \alpha_A(f) = f_0 \pm 5%$		OK
$\sigma < \epsilon(f)$		OK
$\alpha_A(f_0) < \epsilon(f_0)$		OK

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w \cdot n_w \cdot f_0$	numero di cicli significativi
f_0	frequenza attuale
σ	deviazione standard della frequenza del picco HV
$\epsilon(f)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma < \epsilon(f)$
A_0	ampiezza della curva HV alla frequenza f_0
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_0/2$
f^*	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^*) < A_0/2$
$\alpha_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\alpha_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\alpha_{equiv}(f)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\alpha_A(f) < \epsilon(f)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ e $\alpha_A(f)$	1.0 - 2.0	> 2.0
< 0.2	$0.2 - 0.5$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$
$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	2.0	1.78
3.0	2.5	2.0	1.58
$\log \epsilon(f)$ per $\alpha_{equiv}(f)$	0.40	0.30	0.25

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV (2) (3)

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

1)-1 a forma dell'HV nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura. 2)-Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo. 3)-Assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse. 4)-I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale. 5)-I primi 3 criteri SESAME per una curva HV affidabile sono verificati. 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.

Eccezioni: nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (HV tipo 2, v. sotto).

Classe B (HV da "interpretare" va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si riferisca all'eccezione sopra citata).

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

1)-Misura di tipo B con curva HV che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (defina) indica di movimento dello strumento durante la misura. 2)-misura di tipo B con presenza di rumore sismografico nell'intervallo di frequenza di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

Tipo 1: HV con almeno un picco chiaro secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

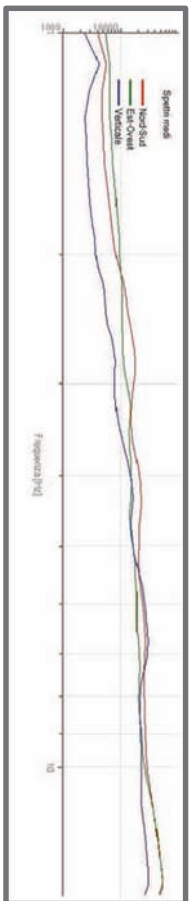
Tipo 2: HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad "1" assenza di risonanza)

NOTE

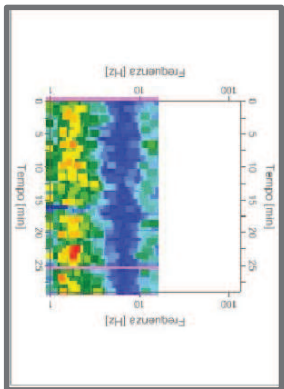
(1)- SESAME Picked (2004) - Guidelines for the implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation. WP12 deliverable no. 023.12.
 (2)- Albenroli D., Casti C., Emili V. et al (2010). The contribution of the ambient vibration recording procedure in seismic microzonings on example from the area damaged by the 26th April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Bull. Geosci.Tec. Appl., 5(13).
 (3) - Albenroli D. & Castellano S. (2011) - "Teorie struttive passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011."

Acquisizione HVSR 3/Vecchio Cimitero

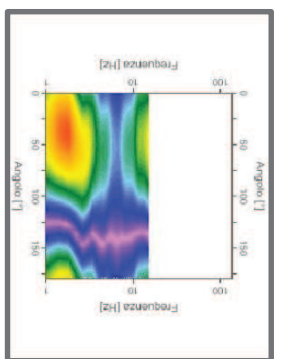
Strumentazione: sismografo MAE/sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 23/05/2013
 Durata registrazione: 30 minuti
 Frequenza campionamento: 250 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamiento curve: triangolare costante (10%)
 Metro: coperto con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico



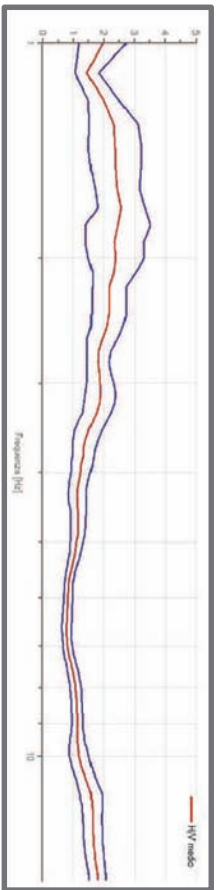
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

HVSR 3

CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco HV a 1.7 +/- 0.3 Hz (interno dell'intervallo 1-15 Hz)		
Criteri per una curva HV affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$		OK
$n_d(f_0) > 200$		OK
$\alpha(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz		OK
$\alpha(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		OK
Criteri per un picco HV chiaro [Almeno 5 su 8 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] A_{HV}(f^*) < A_v / 2$		NO
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] A_{HV}(f^*) < A_v / 2$		OK
$A_0 > 2$		OK
$f_{\text{fixed}} A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$		NO
$\sigma_A(f) < \sigma(f_0)$		OK
$\sigma_A(f_0) < \sigma(f_0)$		OK

L_w	lunghezza della finestra
N_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w \cdot n_w \cdot f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco HV
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco HV
$\sigma(f)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \sigma(f)$
A_0	deviazione standard della curva HV alla frequenza f_0
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_v/2$
f^*	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^*) < A_v/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\text{senza}(f)}$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\sigma(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \sigma(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$			
< 0.2	$0.2 - 0.5$	$0.5 - 1.0$	$1.0 - 2.0$	> 2.0
$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\sigma(f)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78
$\log \sigma(f_0)$ per $\sigma_{\text{senza}(f_0)}$	0.48	0.40	0.30	0.25

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV ^{(2) (3)}

CLASSE	B
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

1) La frequenza dell'HV/ mediovale di frequenza di interesse è stazionaria per almeno il 30% della durata della misura. 2) Le variazioni giornaliere di ampiezza della curva HV/ mediovale di frequenza di interesse e di deviazioni relative nella banda di frequenza di interesse (4) misurate sono caratterizzati da una distribuzione localizzata dello spazio della componente verticale. 3) I primi 3 criteri SESAME per una curva HV affidabile sono verificati. 4) L'andata della misura di almeno 15-20 minuti.

Eccezioni: nel caso di assenza di contrasti di impedenza sifficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (HV tipo 2, v. sotto).

Classe B (HV da interpretare, va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

Almeno una delle 8 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si tratti nell'eccezione sopra citata).

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione, non va utilizzata)

1) Misura di tipo B con curva HV che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deficit) indice di movimento dello strumento durante la misura. 2) Misura di tipo B con presenza di rumore sismografico nell'intervallo di frequenza di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

Tipo 1: HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

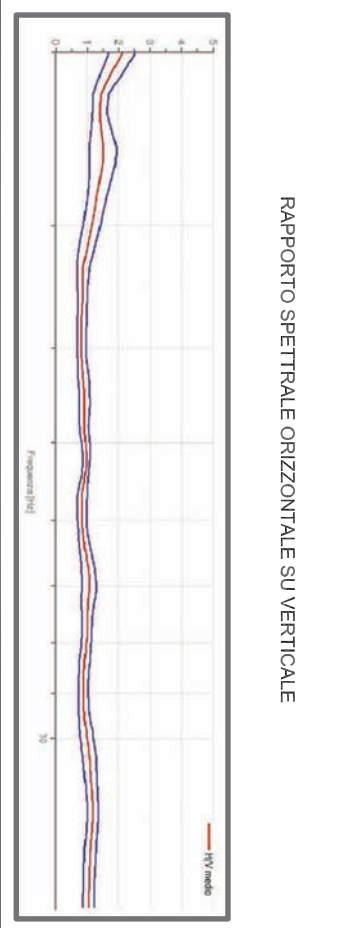
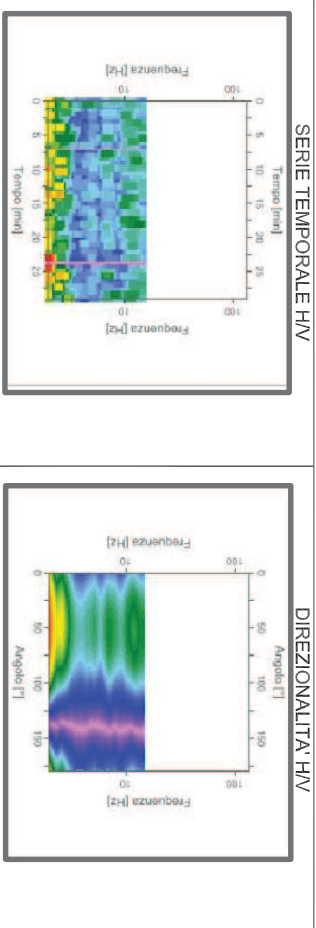
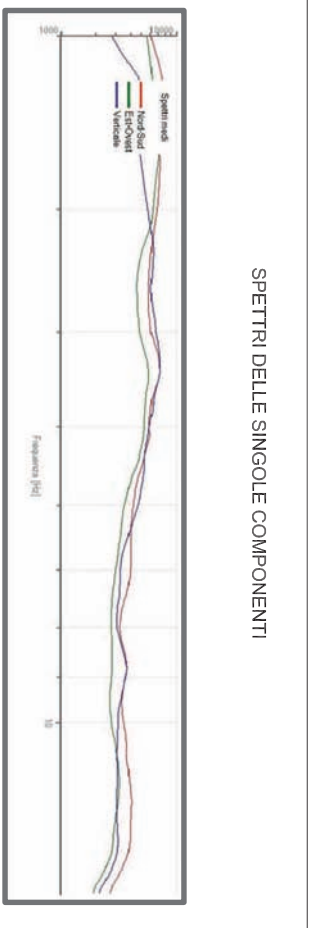
Tipo 2: HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad 1, assenza di risonanza)

NOTE

(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation. WP12 deliverable no. D23.12
 (2) - Albanello D., Casà C., Eulilli V. et al (2010). The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzonning: an example from the area damaged by the 26th April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Bull. Geophys. Teor. Appl., 52(13).
 (3) - Albanello D. & Castellano S. (2011) - Tecniche statistiche passive indagini a stazione sismica. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011.

Acquisizione HVSR 4/Serbatoi

Strumentazione:smografo MAE/sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione:10/06/2014
 Durata registrazione: 45 minuti
 Frequenza campionamento: 250 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamiento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo:sereno con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico



HVSR 4

CRITERI SESAME (2004) (1)

Nessun picco di frequenza significativo identificabile	
Criteri per una curva HVV affidabile (Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti)	
$f_0 > 10 / L_w$	OK
$n_0(f_0) > 200$	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	OK
Criteri per un picco HVV chiaro (Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti)	
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] \cup [A_{HV}(f^*) < A_V/2$	
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] \cup [A_{HV}(f^*) < A_V/2$	
$A_0 > 2$	
$f_{\text{picco}} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	
$\sigma_1 < \sigma(f_0)$	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	

L_w	lunghezza della finestra
n_{HV}	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w \cdot n_{\text{HV}} \cdot f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco HVV
σ_1	deviazione standard della frequenza del picco HVV
$\sigma(f)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_1 < \sigma(f)$
A_0	ampiezza della curva HVV alla frequenza f_0
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HVV alla frequenza f
f^+	frequenza tra $f/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^+) < A_V/2$
f^-	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^-) < A_V/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\text{logHV}}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_1 e $\sigma_A(f_0)$	1.0 - 2.0	> 2.0
< 0.2	$0.2 - 0.5$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$
$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	2.0	1.78
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.0	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\text{logHV}}(f_0)$	0.48	0.30	0.25

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV (2) (3)

CLASSE	A
TIPO	2

La classificazione delle curve HVV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HVV affidabile, può essere utilizzata anche da solo)

1) La forma dell'HVV nell'intervallo di frequenza di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2) le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3) assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4) i massimi sono verticali; 5) durata della misura di almeno 15-20 minuti. Eccezioni, nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (HVV tipo 2; v. sotto).

Classe B (HVV da interpretare 'a utilizzazione con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si tratti nell'eccezione sopra citata)

Classe C (HVV scadente e di difficile interpretazione, non va utilizzata)

1) Misura di tipo B con curva HVV che mostra ampiezza crescente al dipendere della frequenza (def/ra); indice di movimento dello strumento durante la misura; 2) misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenza di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

Tipo 1: HVV con almeno un picco chiaro (secondo i criteri SESAME (possibile risonanza))

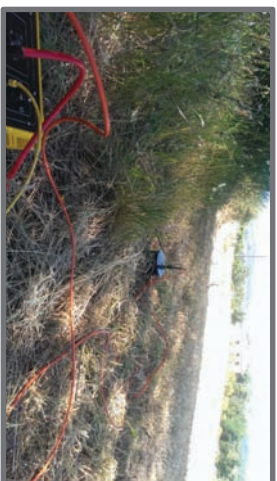
Tipo 2: HVV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenza di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad '1' assenza di risonanza)

NOTE

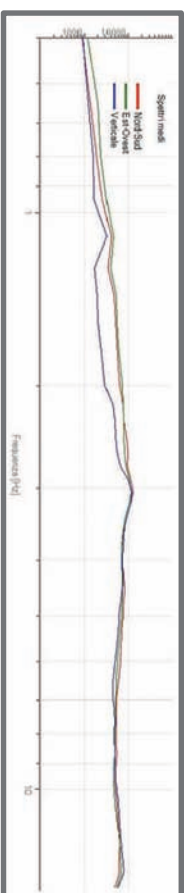
(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the HVV spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation. WP12, deliverable no. D23.12
 (2) - Albarèllo D., Ceal C., Eulilli V. et al (2010)X. The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzonning: an example from the area damaged by the 26th April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Boll. Geofis. Teor. Appl., 32 (3).
 (3) - Albarèllo D. & Castellano S. (2011) - Tecniche sismiche passive indagate a stazione siltigola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011.

Acquisizione HVSR 5/Apparita

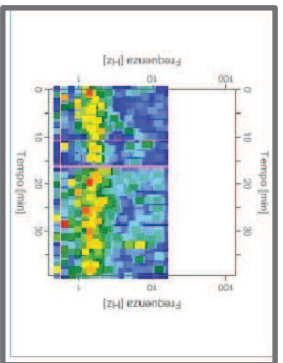
Strumentazione: sismografo MAE/sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 23/05/2014
 Durata registrazione: 40 minuti
 Frequenza campionamento: 250 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamiento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: sereno con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico



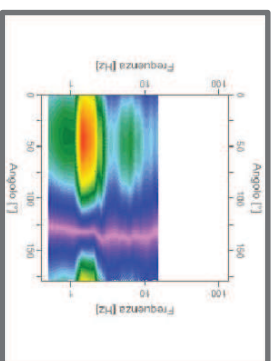
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



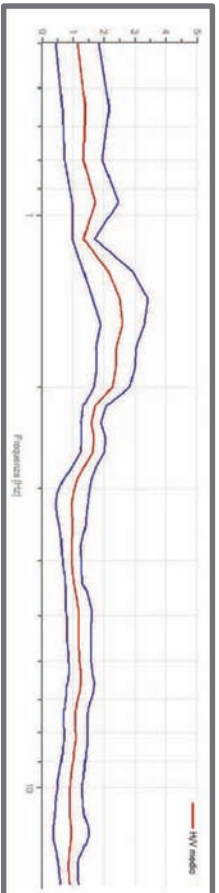
SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



HVSR 5

CRITERI SESAME (2004) (1)

Picco H/V a 1.55 +/- 0.27 Hz (interno dell'intervallo 1-15 Hz)		
Criteri per una curva HV affidabile (tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti)		
$f_0 > 10 / L_w$	$n_0(f_0) > 200$	OK
$\alpha(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		OK
$\alpha(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK
Criteri per un picco HV chiaro (Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti)		
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0] \cup [A_{HV}(f^*) < A_V/2$		OK
$A_V > 2$		OK
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0] \cup [A_{HV}(f^*) < A_V/2$		OK
$\sigma < \epsilon(f_0)$		NO
picco $[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
$\sigma < \epsilon(f_0)$		OK
$\alpha(f_0) < \theta(f_0)$		OK

L_w	lunghezza della finestra
n_0	numero di finestre usate nell'analisi
$n_0 = L_w \cdot n_w \cdot f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco HV
σ	deviazione standard della frequenza del picco HV
$\epsilon(f)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma < \epsilon(f)$
A_0	ampiezza della curva HV alla frequenza f
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f^*
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_V/2$
f^*	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^*) < A_V/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{A_{HV}(f)}$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\theta(f)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\alpha(f) < \theta(f)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\epsilon(f)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{A_{HV}(f_0)}$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV (2) (3)

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

1)-La forma dell'HV nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura. 2)-Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo. 3)-Assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse. 4)- I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale. 5)- I primi 3 criteri SESAME per una curva HV attendibile sono verificati. 6)- Durata della misura di almeno 15-20 minuti.

Esistono in caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (HV tipo 2, v. sotto).

Classe B (HV da "interpretare", va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (almeno due non si riferiti nell'eccezione sopra citata).

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione, non va utilizzata)

1)- Misura di tipo B con curva HV che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (derivata indice di movimento dello strumento durante la misura). 2)- Misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenza di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

Tipo 1 HV con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

Tipo 2 HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad 1, assenza di risonanza)

NOTE

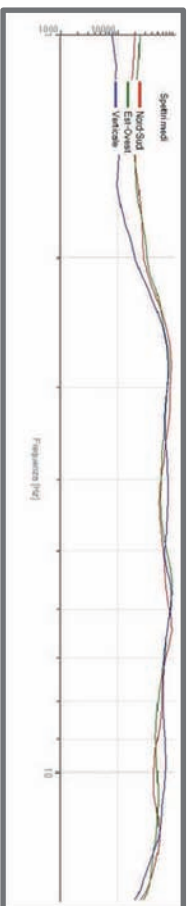
(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the Implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12
 (2) - Aberrato D., Cesa C., Ezzini V. et al (2010). The contribution of the ambient vibrator prospection to seismic microzonation: an example from the area damaged by the 28 April 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Bull. Geol. Soc. Lond., 132, (3)
 (3) - Aberrato D. & Castellanò S. (2011) - "Tecniche sismiche passive indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011."

Acquisizione HVSR 6/S. Martino

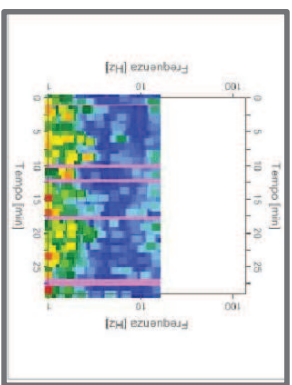


Strumentazione: sismografo MAE/ sensore 3d S3 MAE
 Data registrazione: 23/05/2014
 Durata registrazione: 30 minuti
 Frequenza campionamento: 250 Hz
 Lunghezza finestre: da 20 a 40 secondi
 Lisciamento curve: triangolare costante (10%)
 Meteo: coperto con vento da leggero a medio
 Tipo di terreno: naturale
 Disturbi: transienti dovuti a rumore antropico

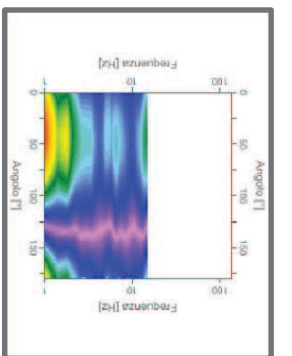
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



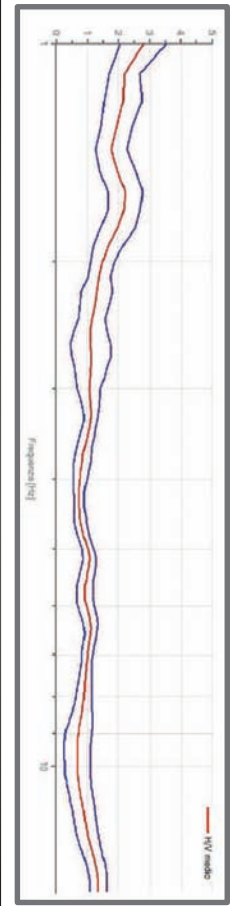
SERIE TEMPORALE HV



DIREZIONALITA' HV



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



HVSR 6

CRITERI SESAME (2004) (1)

Picco H/V a 1.6 +/- 0.26 Hz (interno dell'intervallo 1-15 Hz)	
Criteri per una curva HV affidabile	
$f_0 > 10/L_w$	OK
$n_2(f_0) > 200$	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 > 0.5$ Hz	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 < 0.5$ Hz	OK
Criteri per un picco HV chiaro	
[Almeno 5 sui 6 dovrebbero essere soddisfatti]	
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^*) < A_{0/2}$	OK
Esiste f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^*) < A_{0/2}$	OK
$f_{picco} [A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	OK
$\sigma_A < \sigma(f_0)$	OK
$\sigma_A(f_0) < \sigma(f_0)$	OK

L_w	Lunghezza della finestra
n_2	numero di finestre usate nell'analisi
$n_2 = L_w \cdot n_w \cdot f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco HV
$\sigma(f)$	deviazione standard della frequenza del picco HV
$A_{0/2}$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A < \sigma(f_0)$
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f
f^*	ampiezza della curva HV alla frequenza f^*
$\sigma_A(f)$	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^*) < A_{0/2}$
$\sigma_A(f_0)$	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^*) < A_{0/2}$
$\sigma_{log A_{HV}}(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$. $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma(f_0)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\sigma(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \sigma(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\sigma(f)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \sigma(f_0)$ per $\sigma_{log A_{HV}}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA HV (2) (3)

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve HV prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (HV affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

1) La forma dell'HV nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura. 2) Le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo. 3) Assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse. 4) I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata e pronunciata di almeno 5 dB. 5) Assenza di picchi spuri nella componente verticale. 6) I primi 3 criteri SESAME per una curva HV affidabile sono verificati. 7) Assenza di assenza di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. La condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (HV tipo 2, v. sotto).

Classe B (HV da interpretare, va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (e meno che non si tenti nell'interpretazione sopra data).

Classe C (HV scadente e di difficile interpretazione, non va utilizzata)

1) Misura di tipo B con curva HV che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (definisce l'indice di movimento dello strumento durante la misura). 2) Misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenza di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

Tipo 1: HV con almeno un picco chiaro secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)

Tipo 2: HV senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguale ad 1, assenza di risonanze)

NOTE

(1) - SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the HV spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation. WP12, deliverable no. D23.12
 (2) - Abateallo, D., Cesi, C., Emili, V., et al. (2010). The contribution of the ambient vibration processing in seismic microzonings: an example from the area damaged by the 26th April, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake. Boll. Geofis. Teor. Appl., 52 (3).
 (3) - Abateallo, D. & Castellierno S. (2011) - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2-2011.

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 7a

Address: Fagiolaia, Comune di Riparbella (PI)

Latitude: 1624509

Longitude: 4798968

Coordinate system: 3003

Elevation: 17 m s.l.m.

Weather: nuvoloso, senza vento

Notes: rumore da traffico veicolare

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2019/11/21 14:29:47

Recording length: 30 min

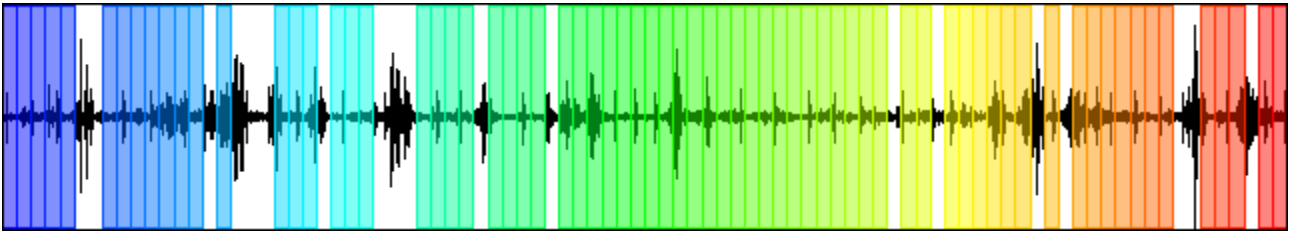
Windows count: 71

Average windows length: 20

Signal coverage: 78.89%

15333 Counts

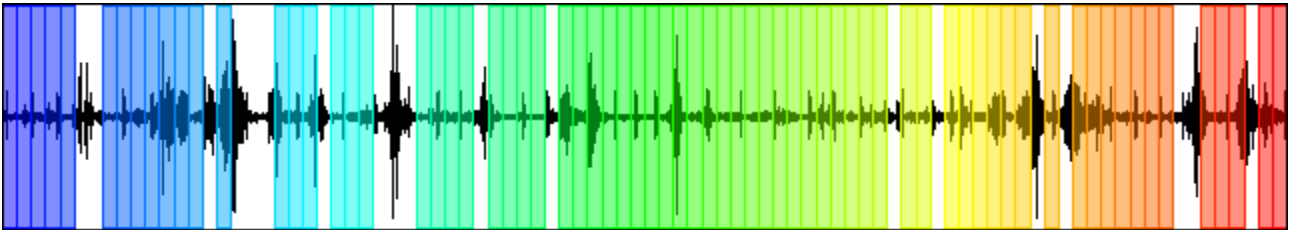
CHANNEL #1 [V]



-18667 Counts

23411 Counts

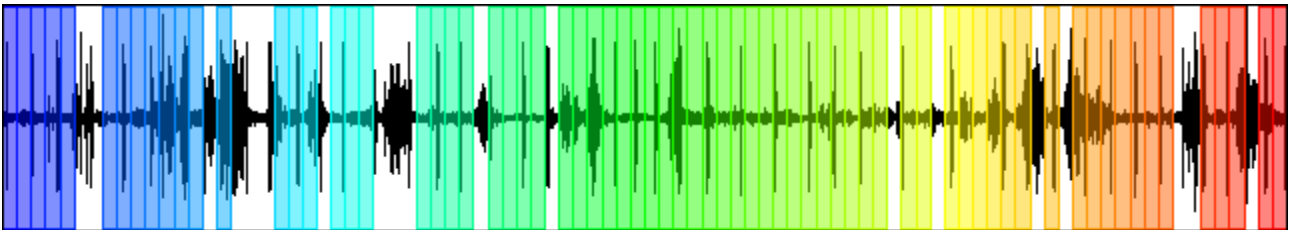
CHANNEL #2 [N]



-21244 Counts

17695 Counts

CHANNEL #3 [E]



-14942 Counts

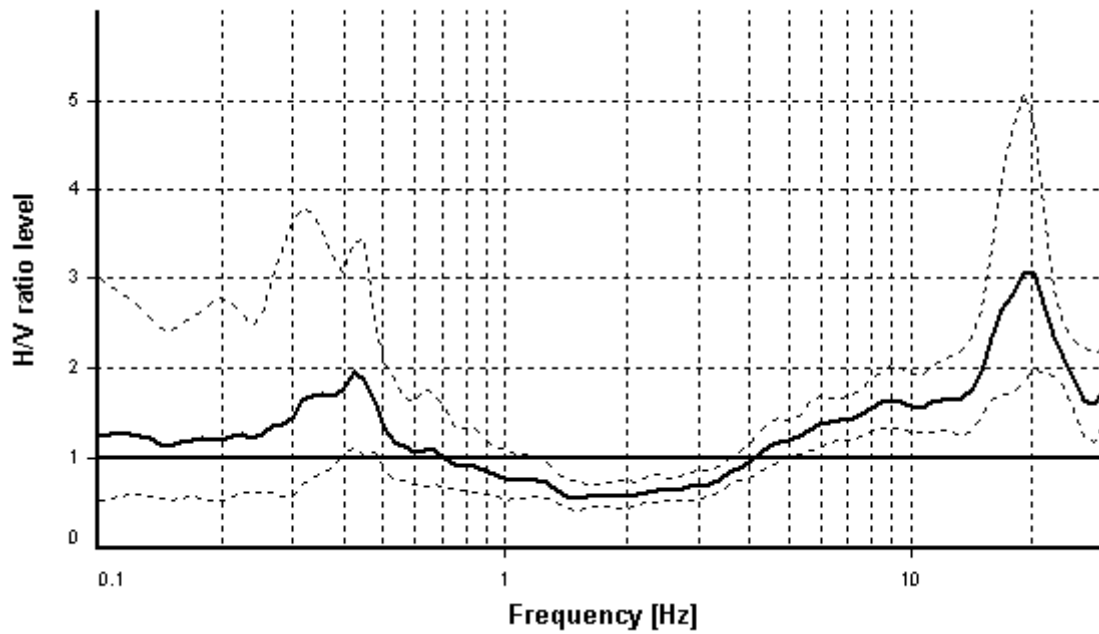
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

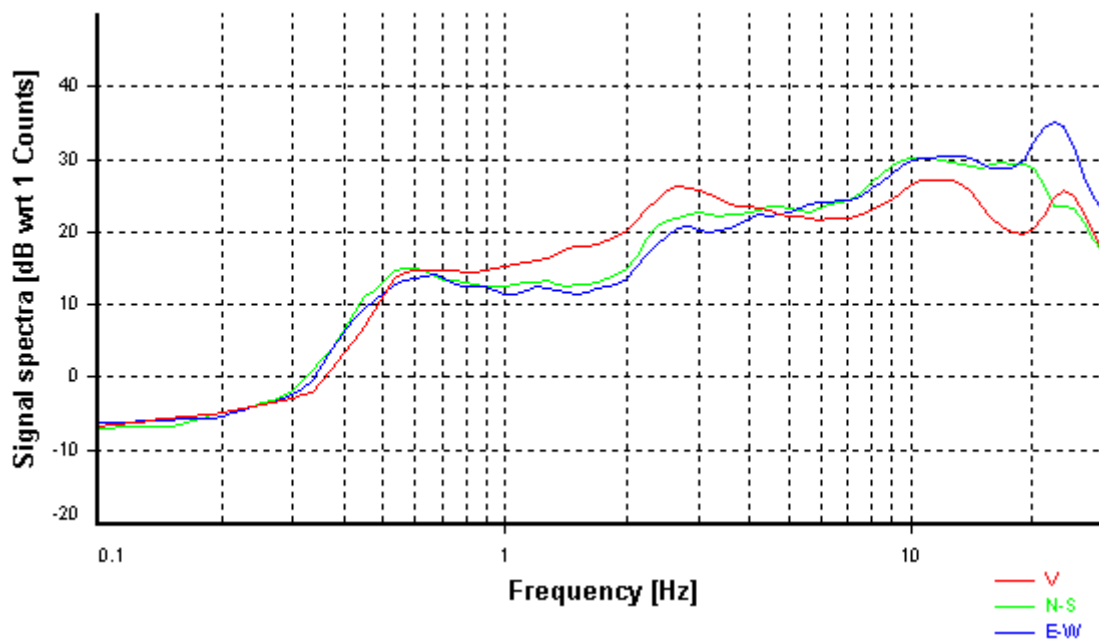
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

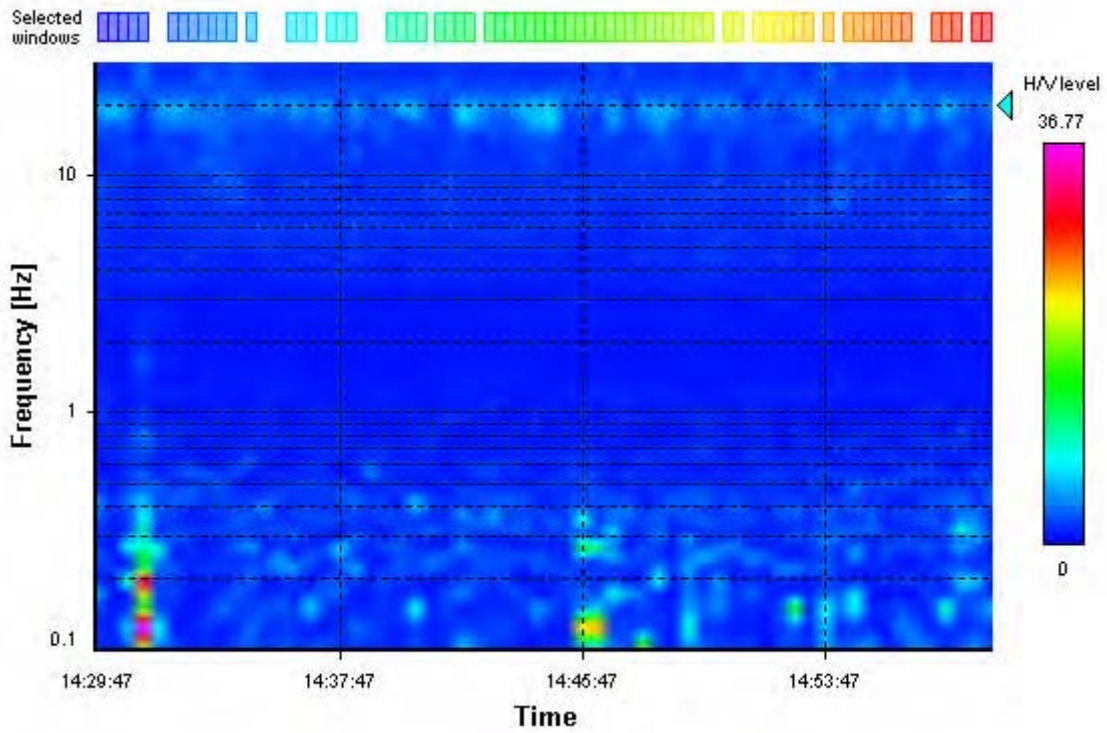
HVSR average



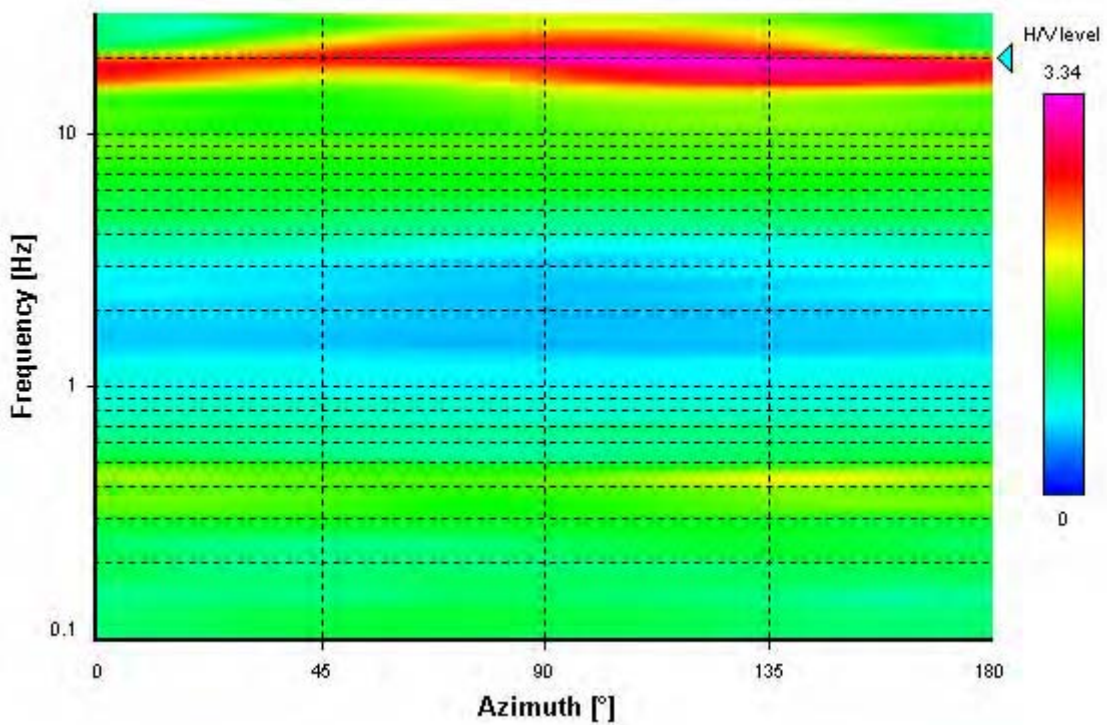
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



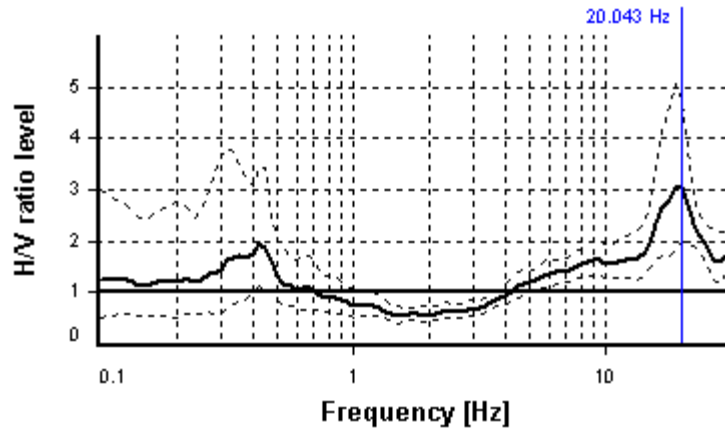
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

20.043 Hz

A_0 amplitude = 3.068

Average $f_0 = 20.467 \pm 2.644$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	71 valid windows (length > 0.5 s) out of 71	OK
$n_c(f_0) > 200$	28461.62 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 20	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	7.52674 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	3.07 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	5.6% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.64434 >= 1.00217	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.55366 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 7b

Address: Fagiolaia, Comune di Riparbella (PI)

Latitude: 1624509

Longitude: 4798968

Coordinate system: 3003

Elevation: 17 m s.l.m.

Weather: nuvoloso, senza vento

Notes: rumore da traffico veicolare

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2019/11/21 14:29:47

Recording length: 30 min

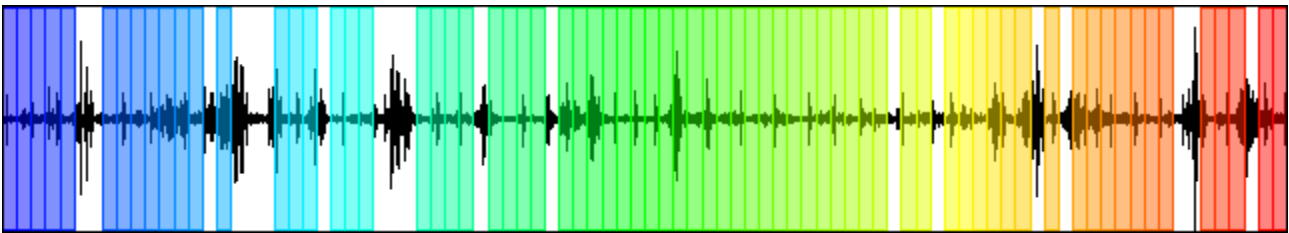
Windows count: 71

Average windows length: 20

Signal coverage: 78.89%

15333 Counts

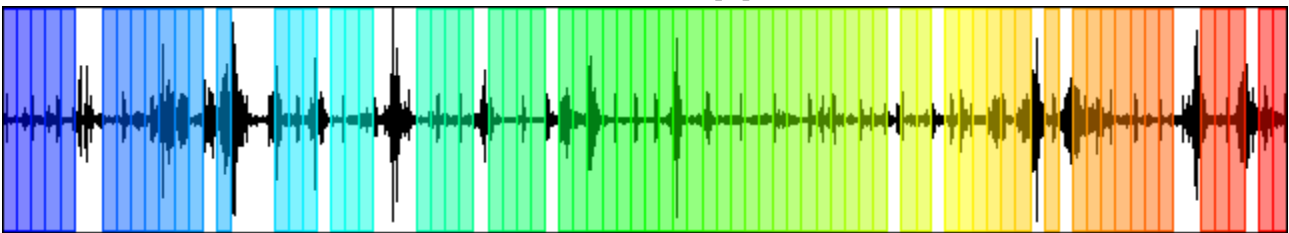
CHANNEL #1 [V]



-18667 Counts

23411 Counts

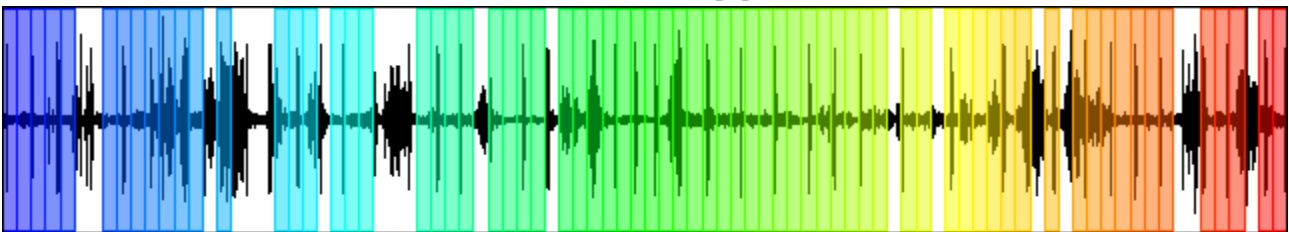
CHANNEL #2 [N]



-21244 Counts

17695 Counts

CHANNEL #3 [E]



-14942 Counts

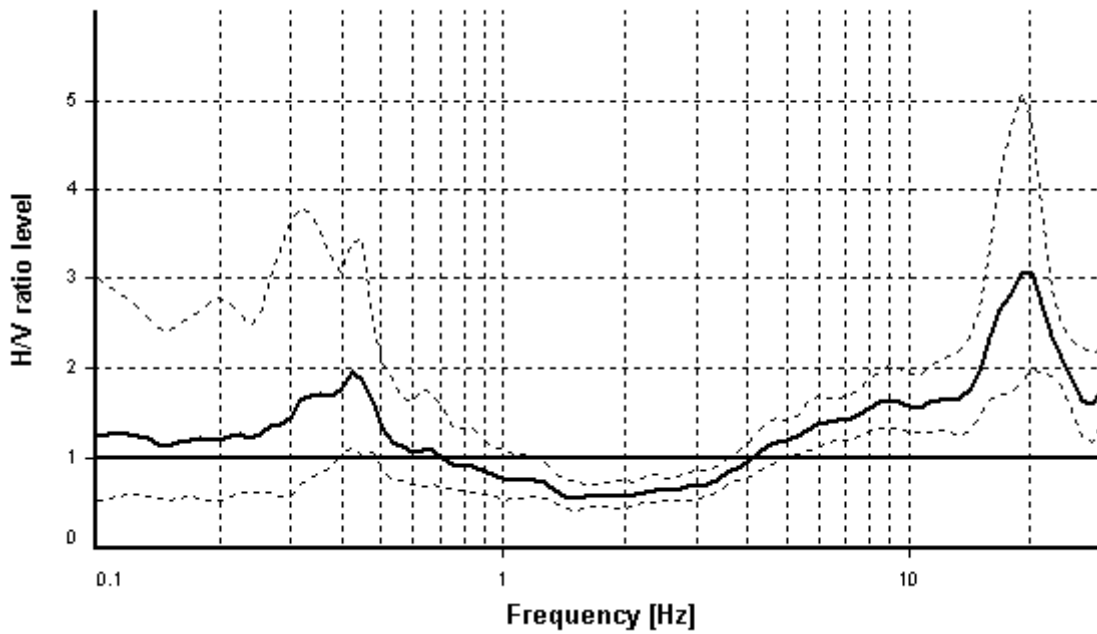
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

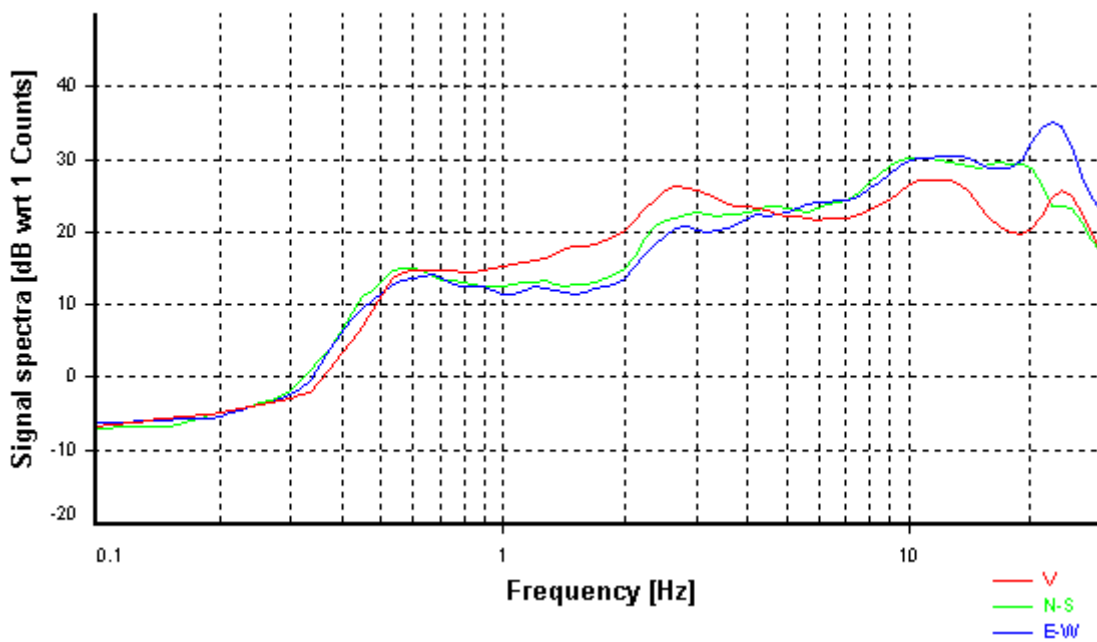
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

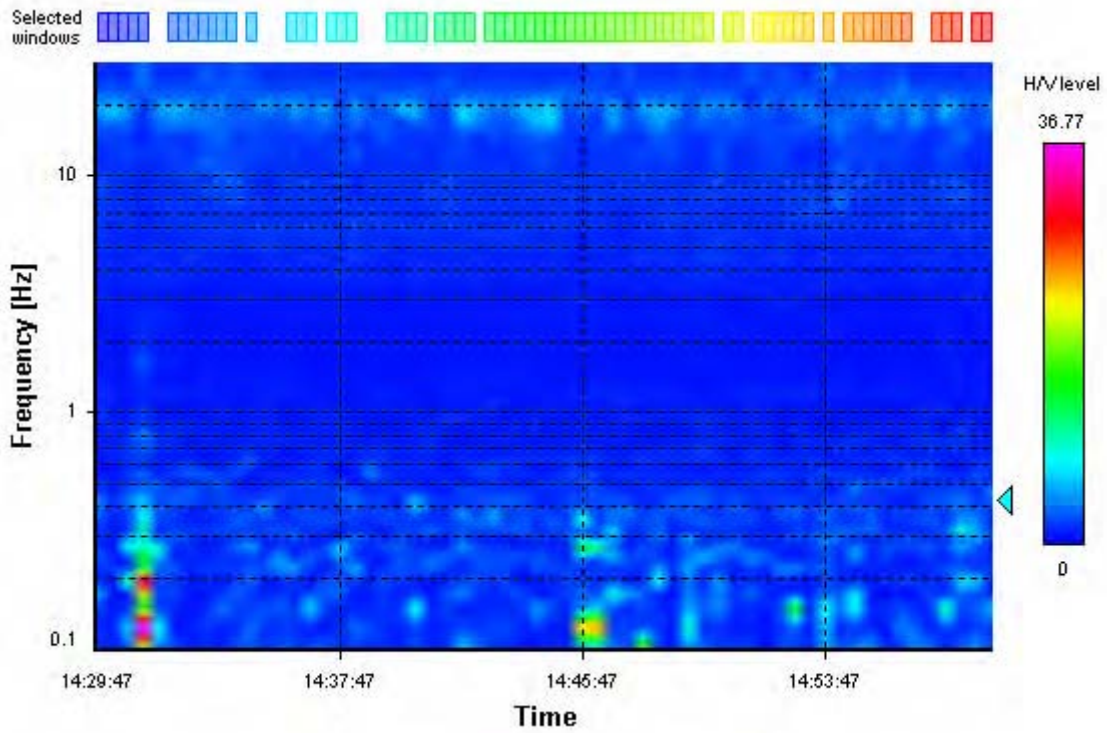
HVSR average



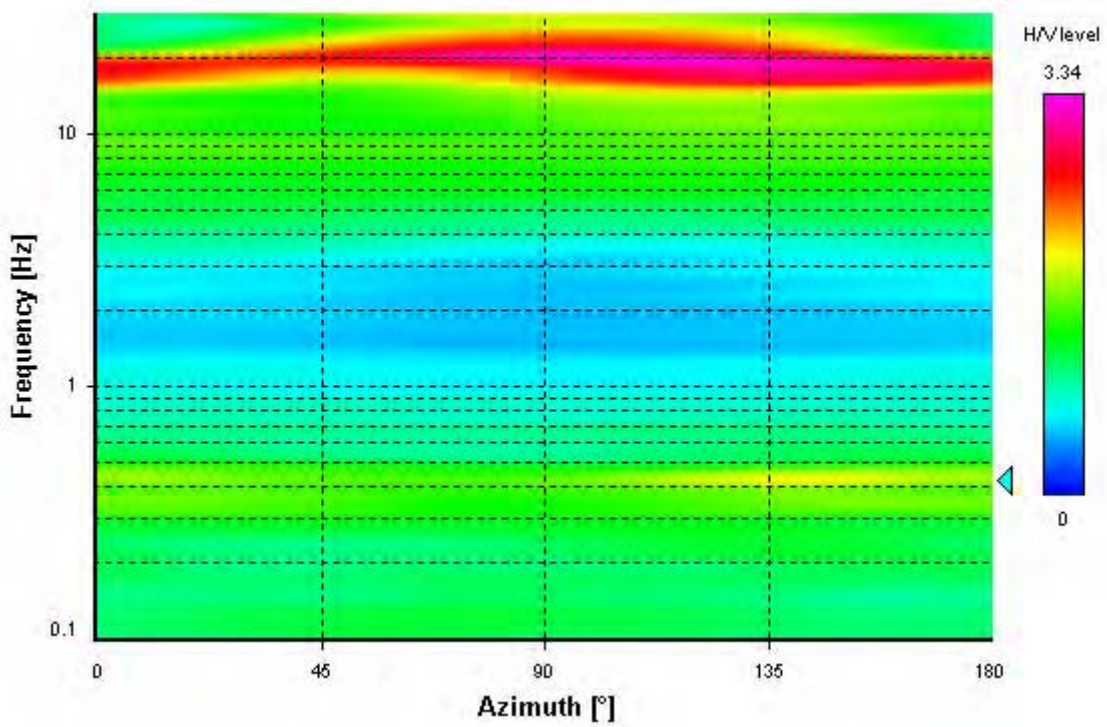
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



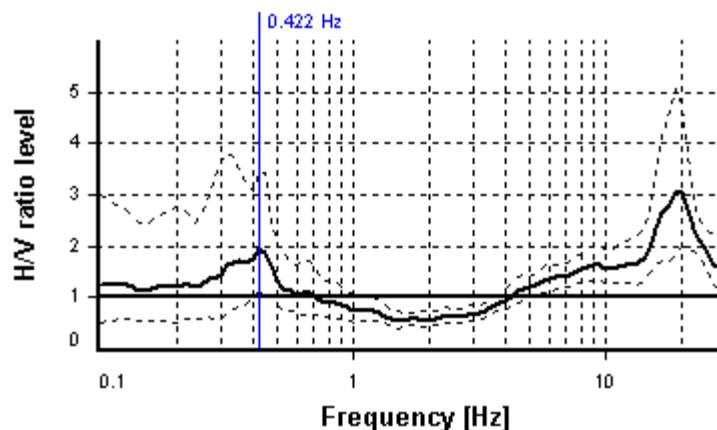
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.422 Hz

A_0 amplitude = 1.954

Average $f_0 = 0.416 \pm 0.087$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	0 valid windows (length > 23.68 s) out of 71	NO
$n_c(f_0) > 200$	0 \leq 200	NO
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0.75119 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.95 \leq 2	NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	25.03% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.08662 \geq 0.08444	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.7514 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 8

Address: via Pertini, area feste Fiorino, Montescudaio (PI)

Latitude: 1624586

Longitude: 4797619

Coordinate system: 3003

Elevation: 9.8 m s.l.m.

Weather: parzialmente nuvoloso, senza vento

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

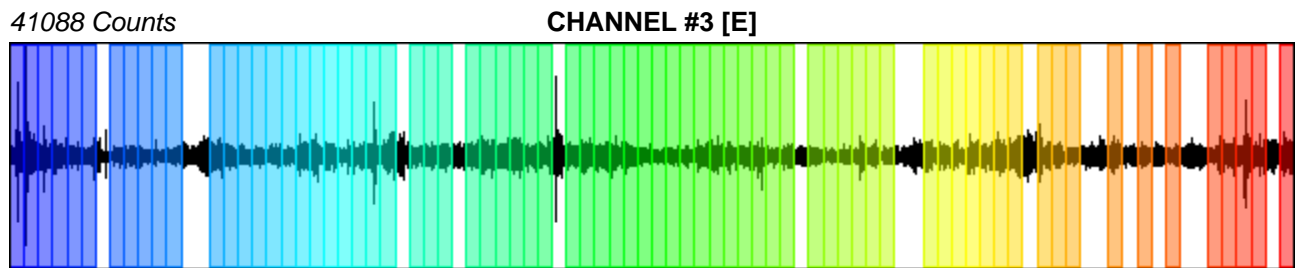
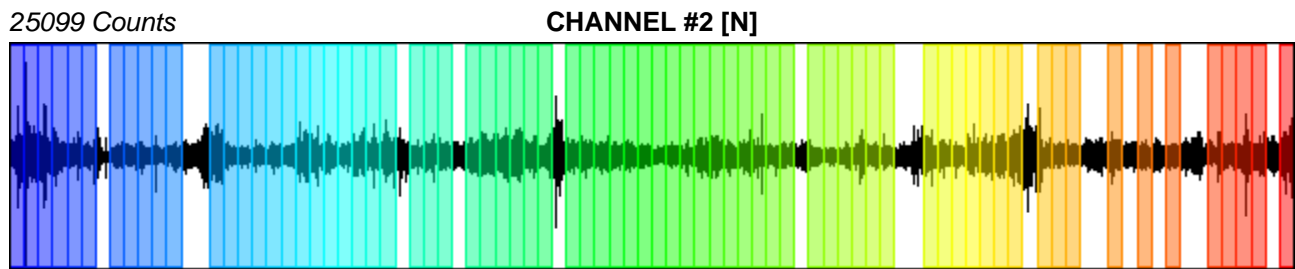
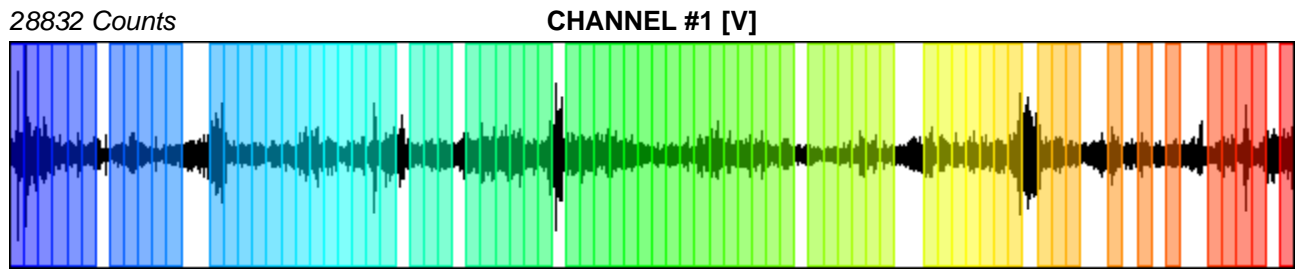
Recording start time: 2019/11/21 15:21:59

Recording length: 30 min

Windows count: 73

Average windows length: 20

Signal coverage: 81.11%



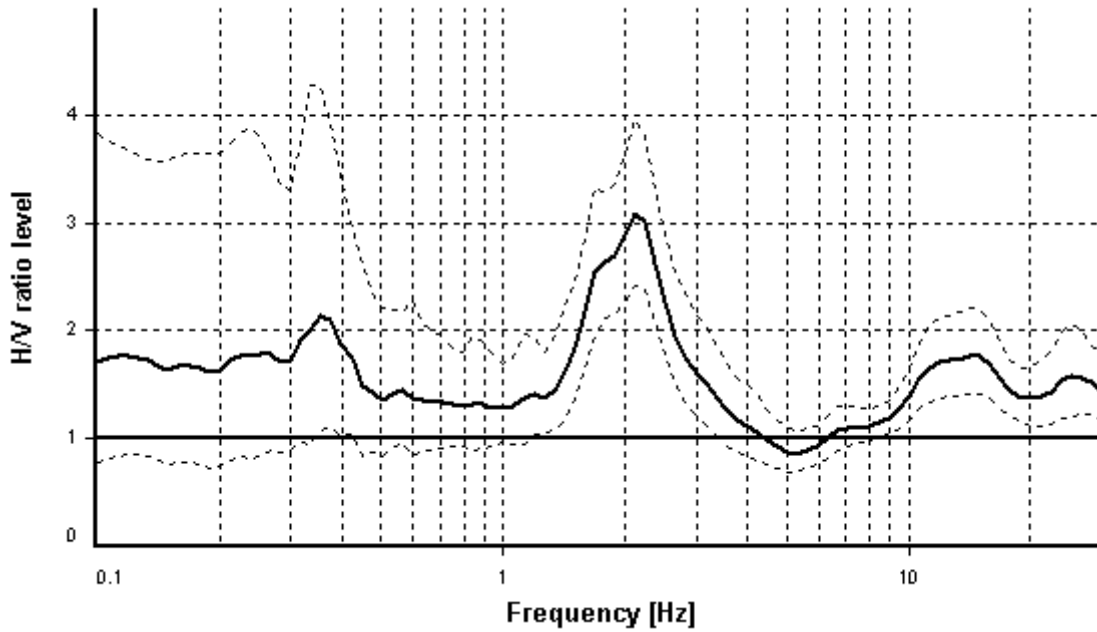
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

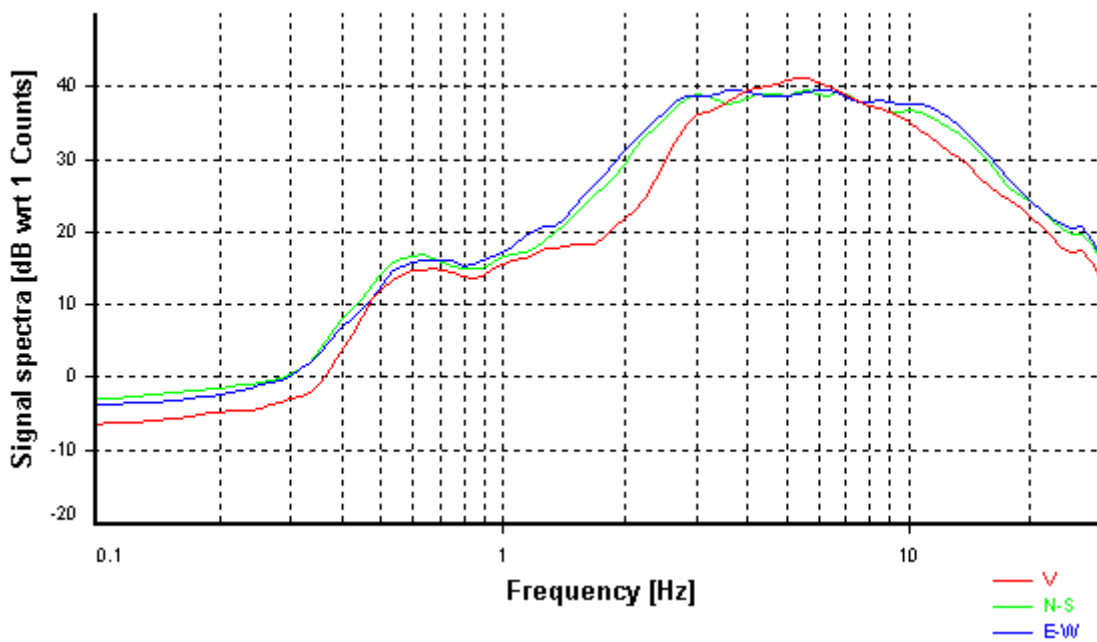
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

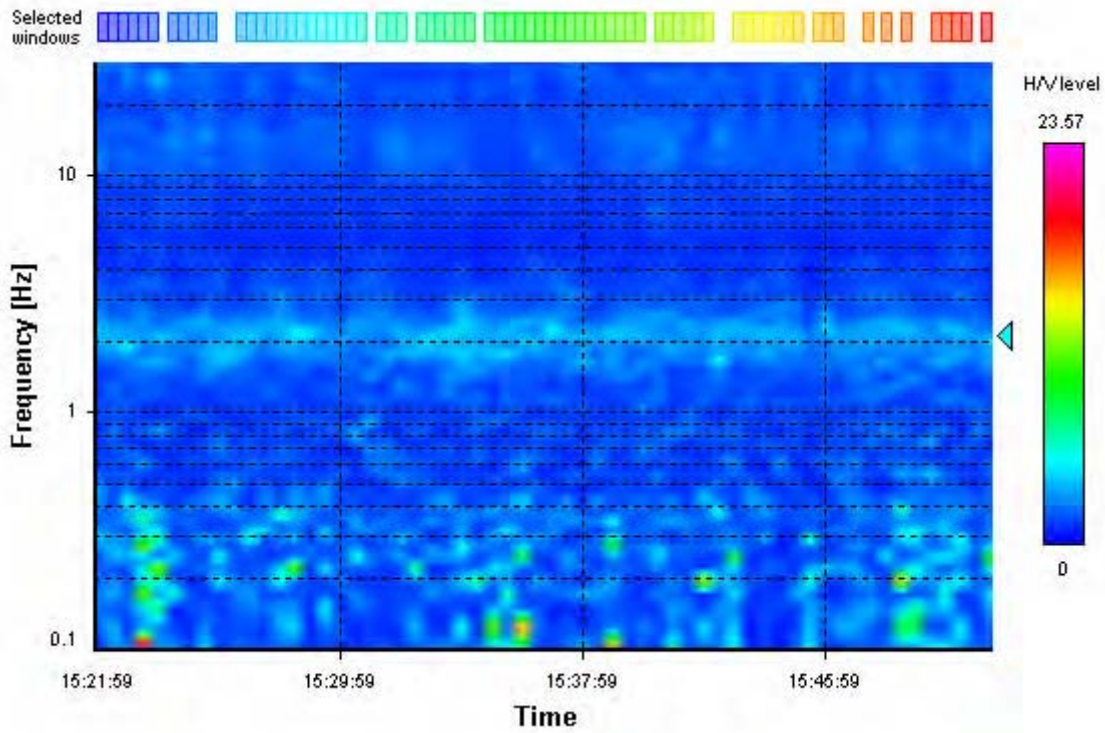
HVSR average



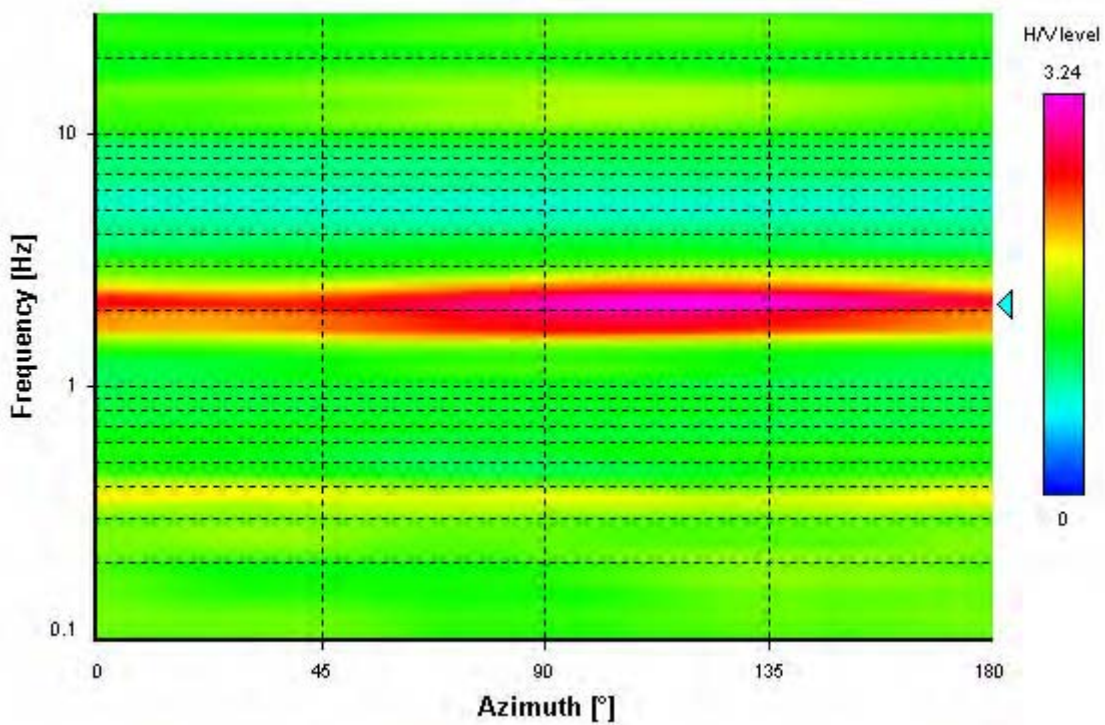
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



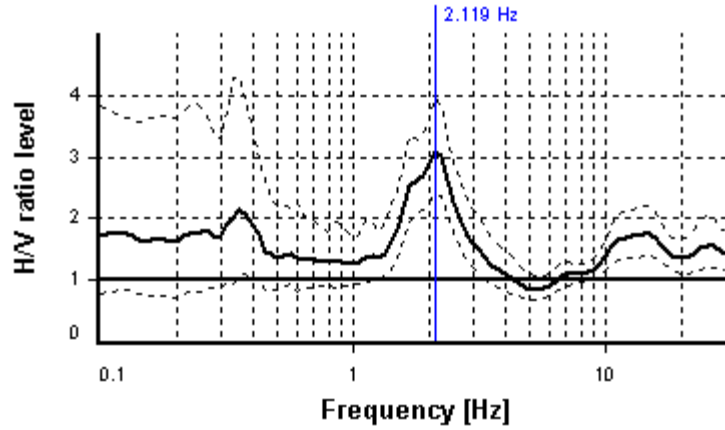
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.119 Hz

A_0 amplitude = 3.099

Average $f_0 = 2.080 \pm 0.236$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	73 valid windows (length > 4.72 s) out of 73	OK
$n_c(f_0) > 200$	3093.77 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	1.33649 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	3.17165 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.1 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.2358 >= 0.10595	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.28282 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 9

Address: via Gramsci, Fiorino, Montescudaio (PI)

Latitude: 1624843

Longitude: 4797513

Coordinate system: 3003

Elevation: 25 m s.l.m.

Weather: nuvoloso, vento da sud ovest, pioggia debole a tratti

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

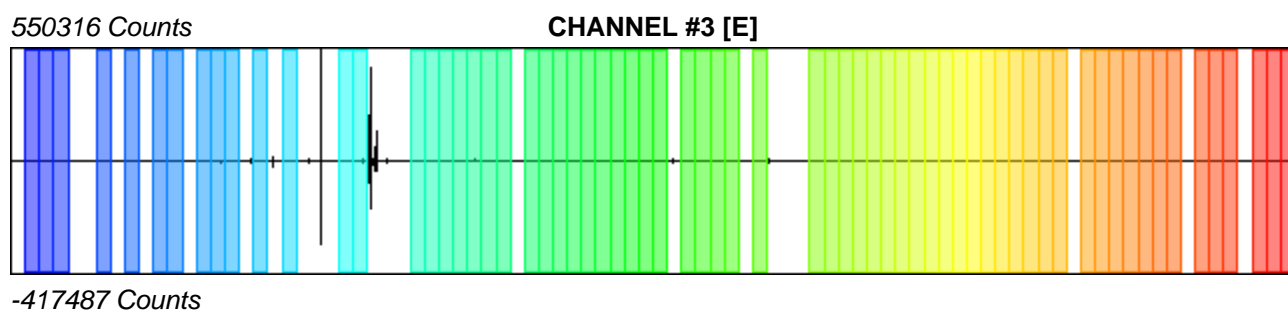
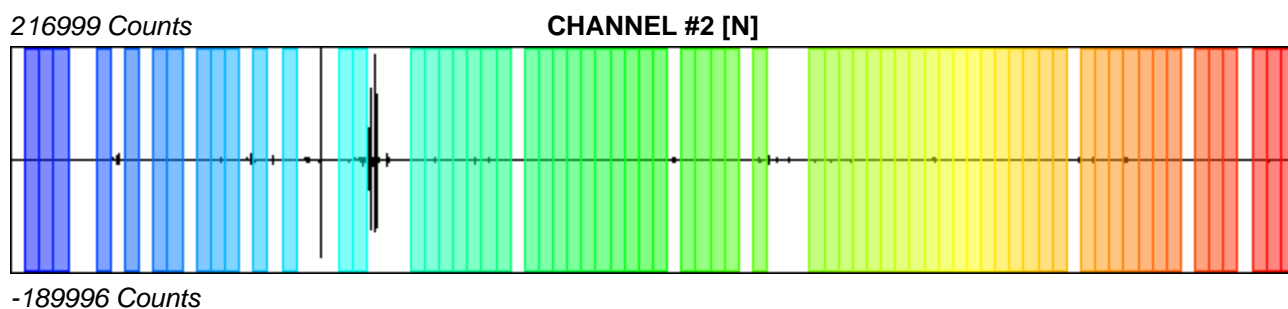
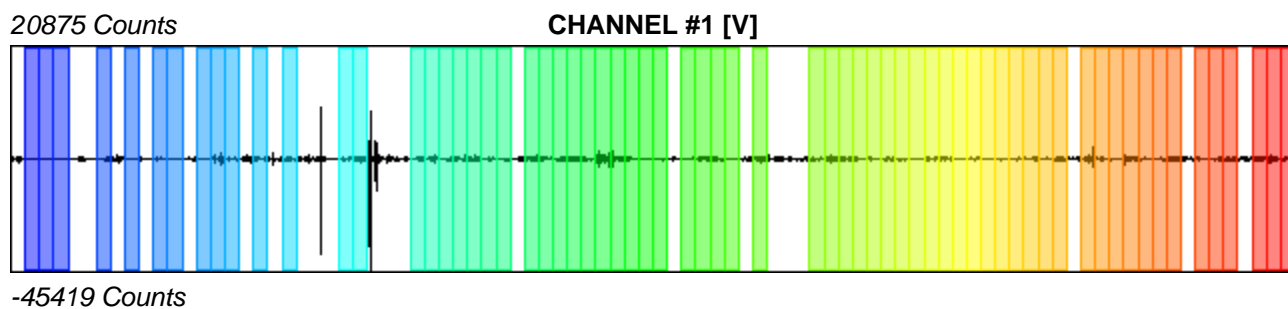
Recording start time: 2019/11/23 13:48:52

Recording length: 30 min

Windows count: 67

Average windows length: 20

Signal coverage: 74.44%



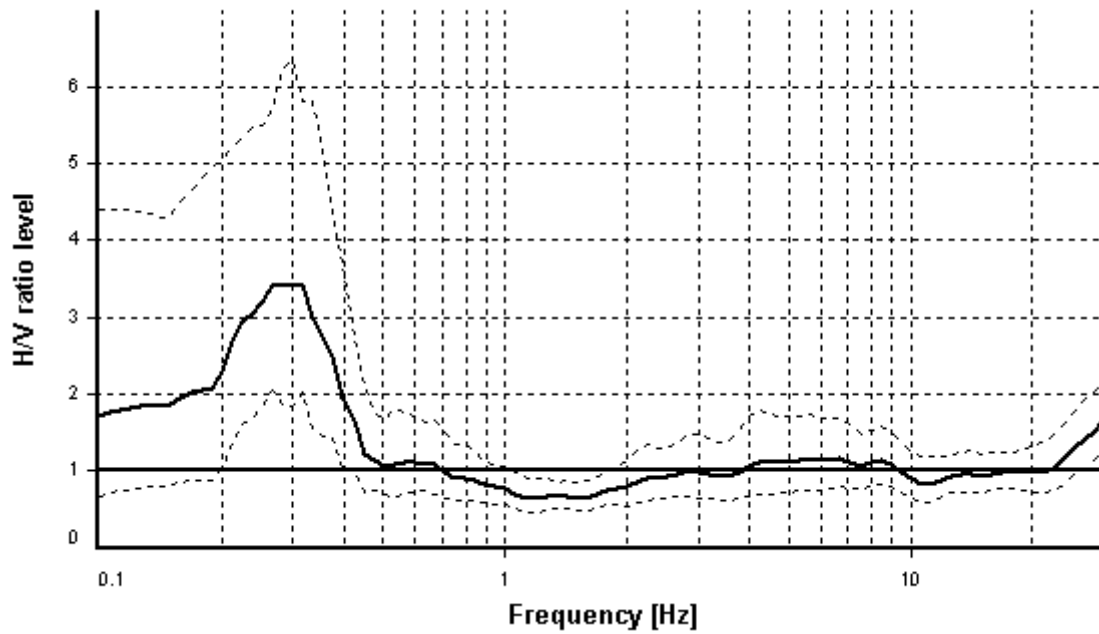
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

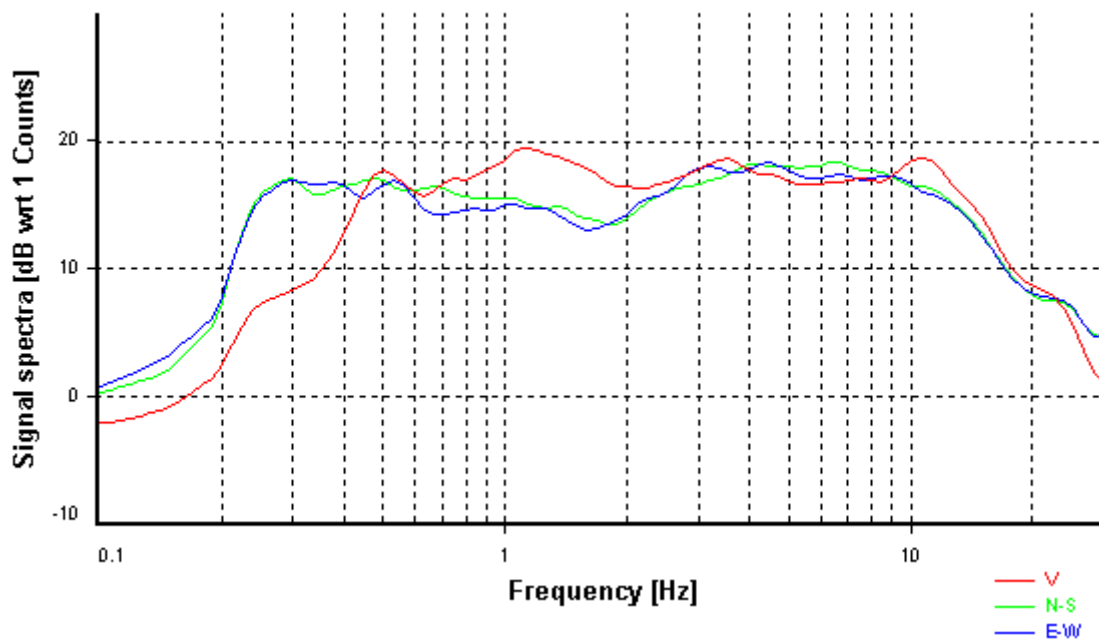
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

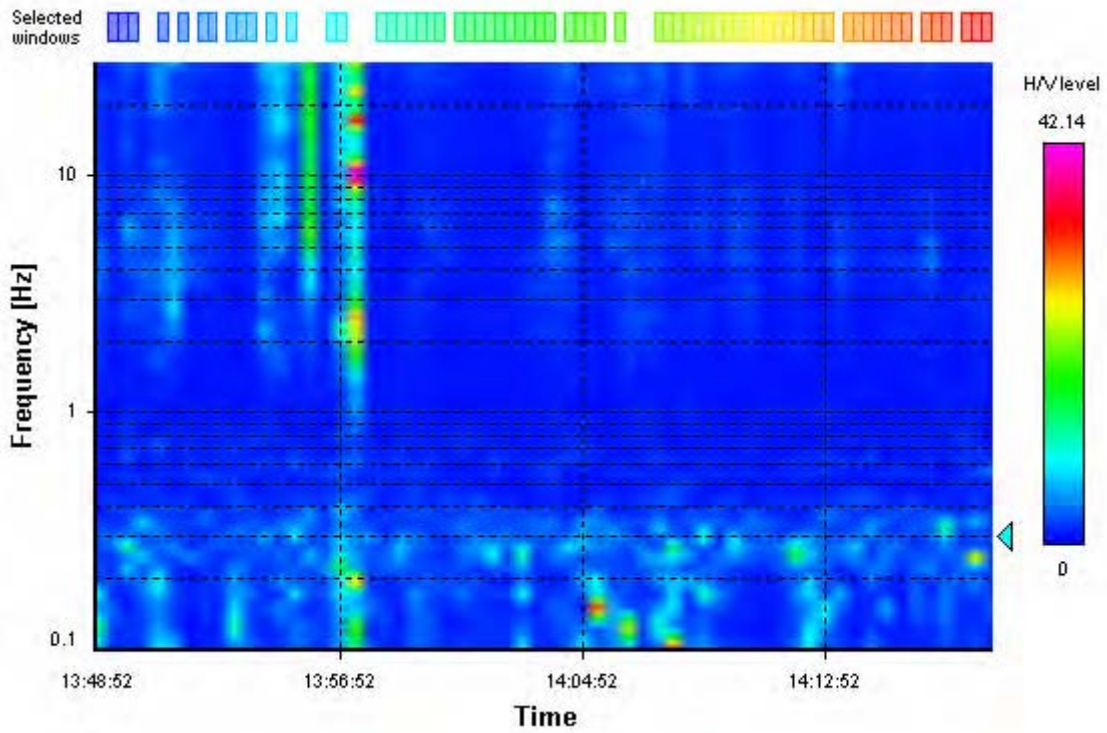
HVSR average



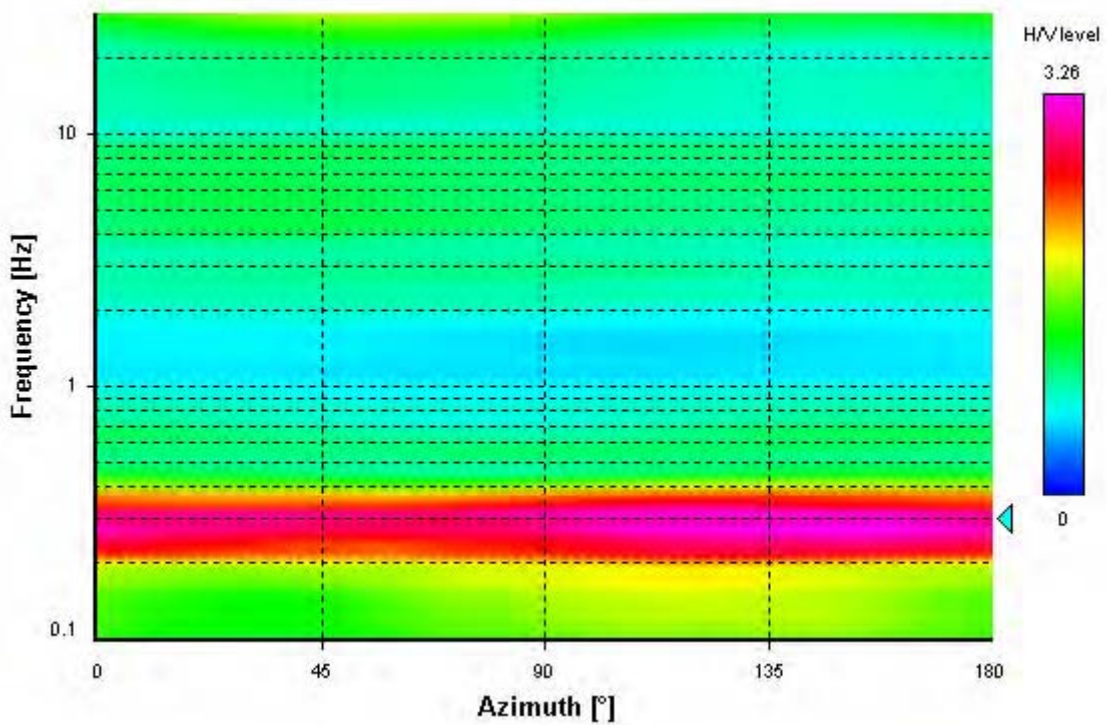
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



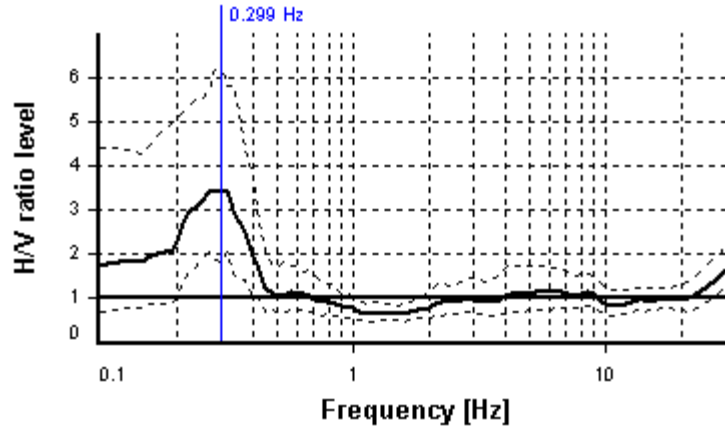
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.299 Hz

A_0 amplitude = 3.420

Average $f_0 = 0.294 \pm 0.060$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	0 valid windows (length > 33.47 s) out of 67	NO
$n_c(f_0) > 200$	0 \leq 200	NO
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0.42222 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.42 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	10.88% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.06031 \geq 0.05976	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.86121 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 10a

Address: Pian di Laghetto, Fiorino, Montescudaio (PI)

Latitude: 1625160

Longitude: 4797191

Coordinate system: 3003

Elevation: 14 m s.l.m.

Weather: soleggiato, senza vento

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

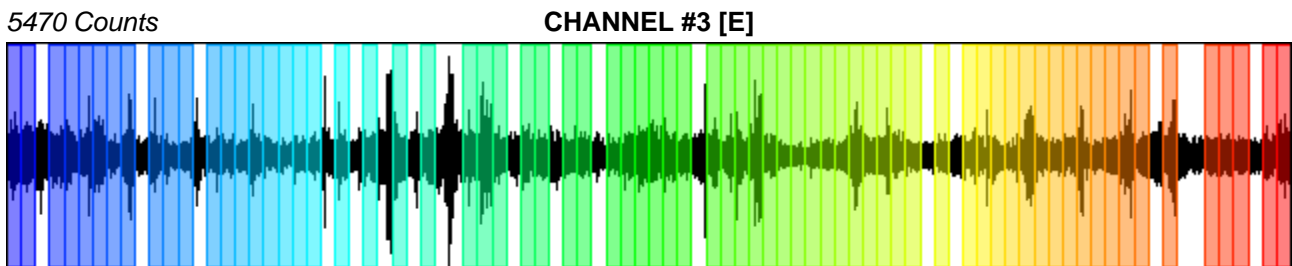
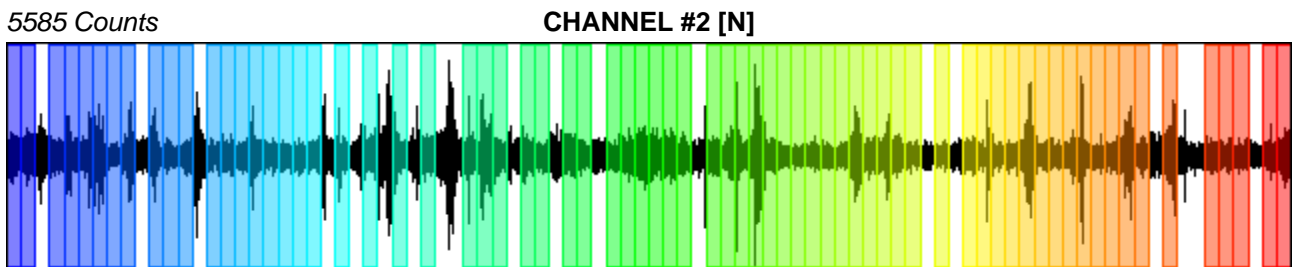
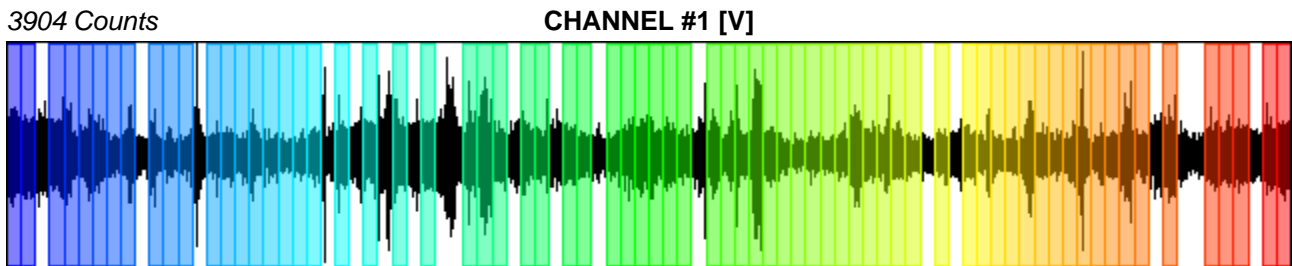
Recording start time: 2019/11/26 09:05:16

Recording length: 30 min

Windows count: 71

Average windows length: 20

Signal coverage: 78.89%



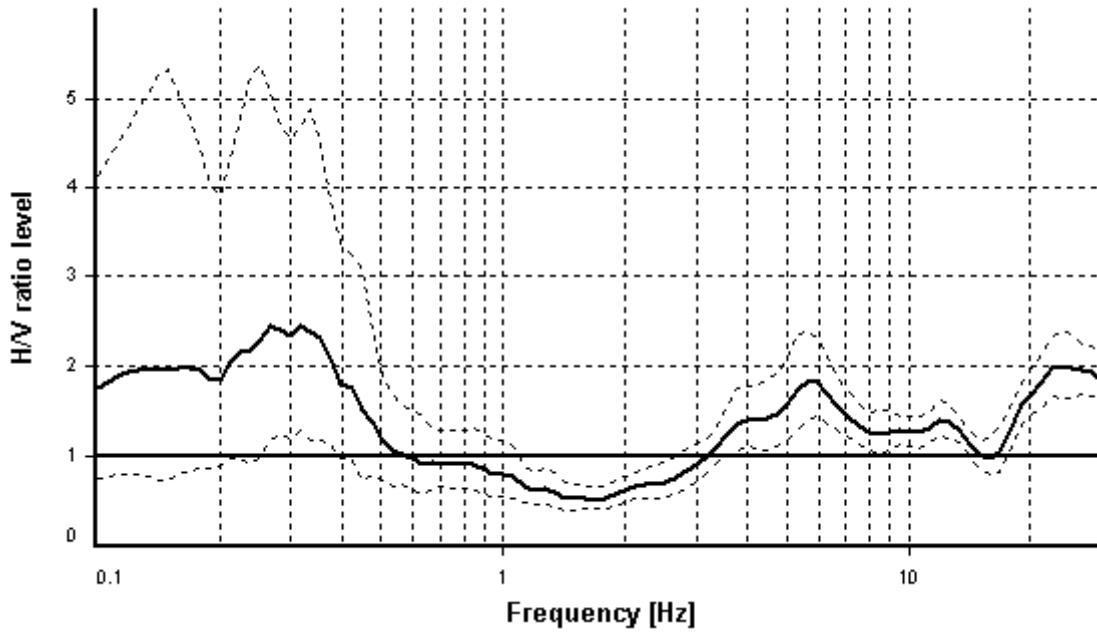
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

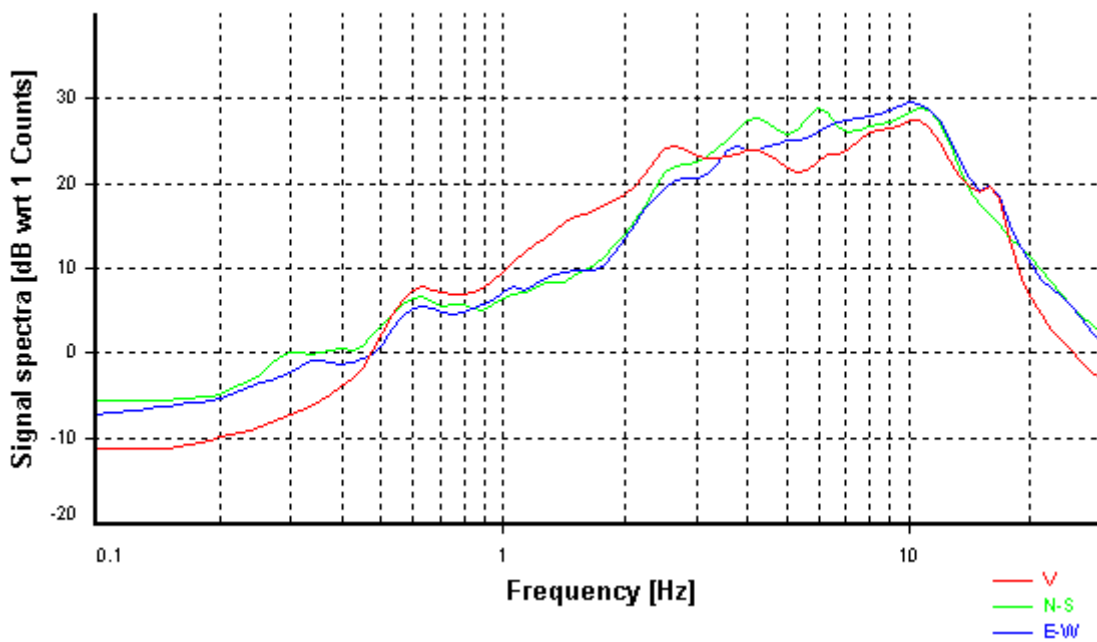
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

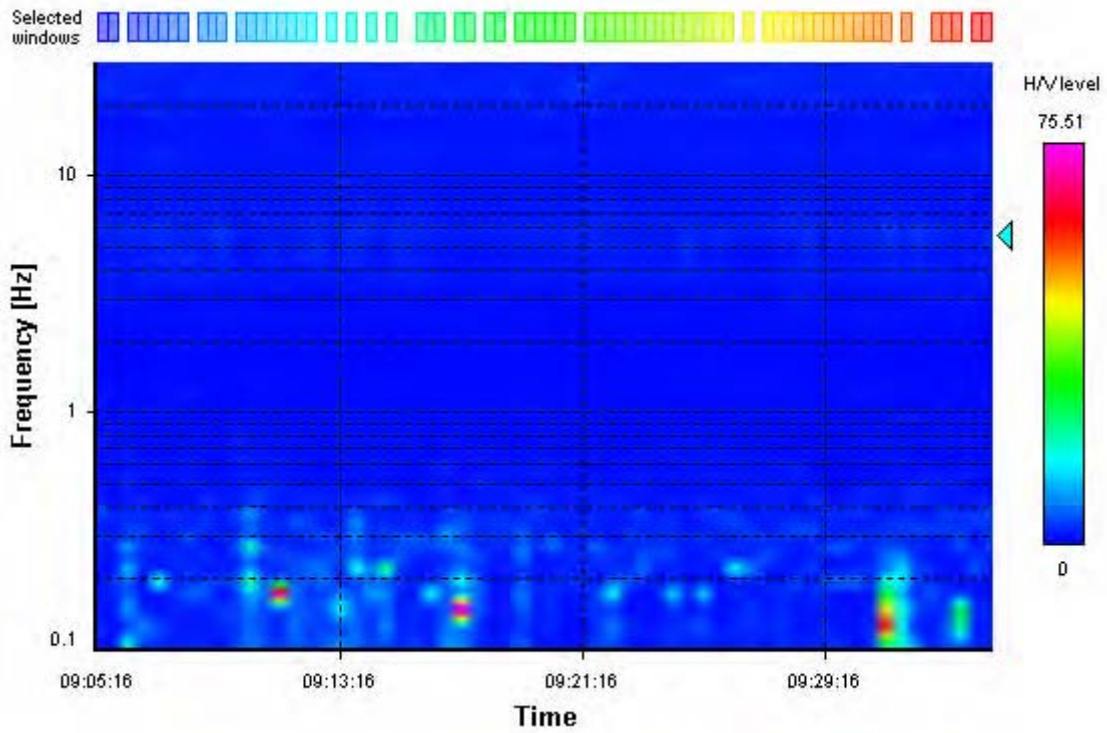
HVSR average



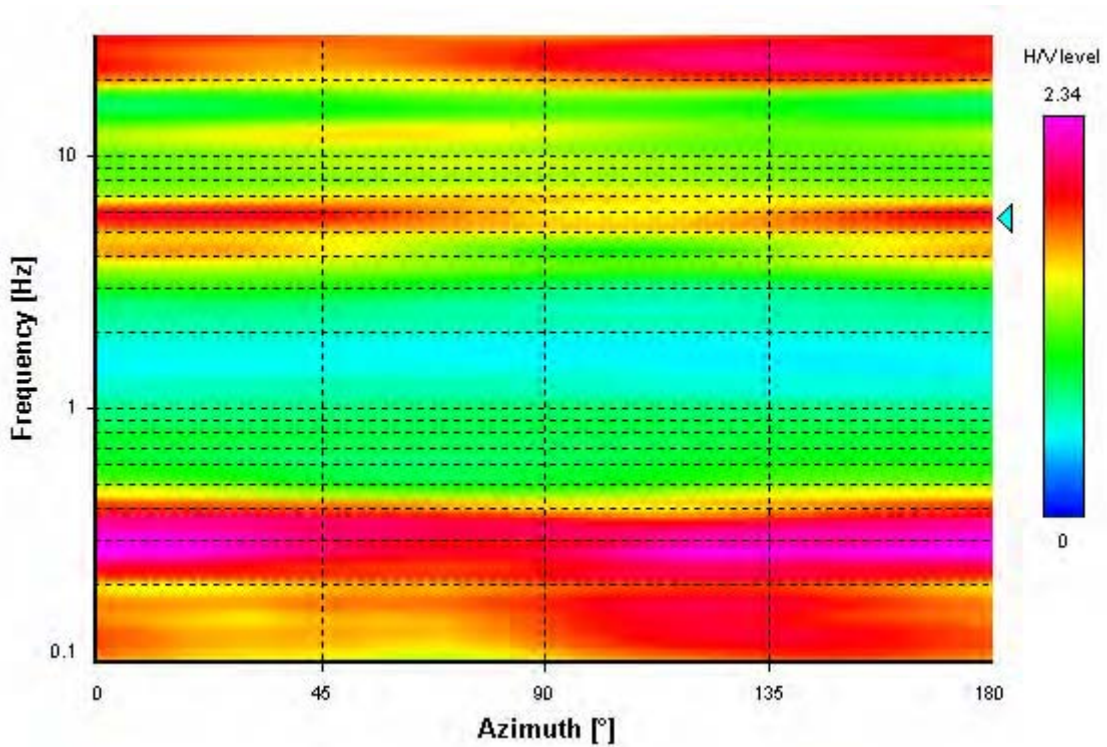
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



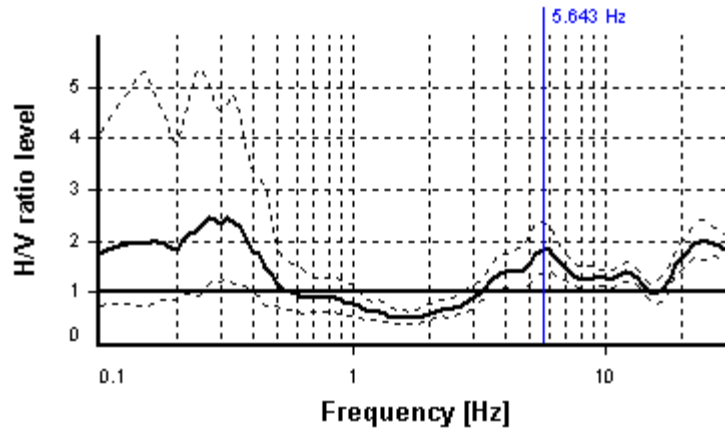
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

5.643 Hz

A_0 amplitude = 1.830

Average f_0 = 5.773 ± 0.732



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	71 valid windows (length > 1.77 s) out of 71	OK
$n_c(f_0) > 200$	8012.87 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.99409 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	1.83 <= 2	NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	5.93% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.73226 >= 0.28214	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.30377 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 10b

Address: Pian di Laghetto, Fiorino, Montescudaio (PI)

Latitude: 1625160

Longitude: 4797191

Coordinate system: 3003

Elevation: 14 m s.l.m.

Weather: soleggiato, senza vento

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

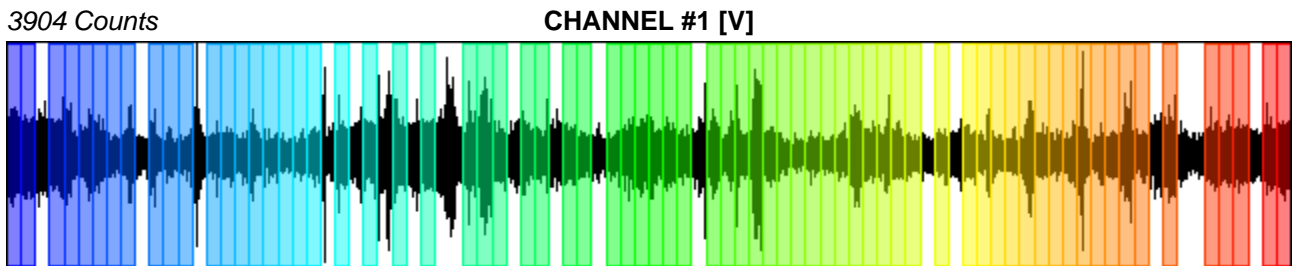
Recording start time: 2019/11/26 09:05:16

Recording length: 30 min

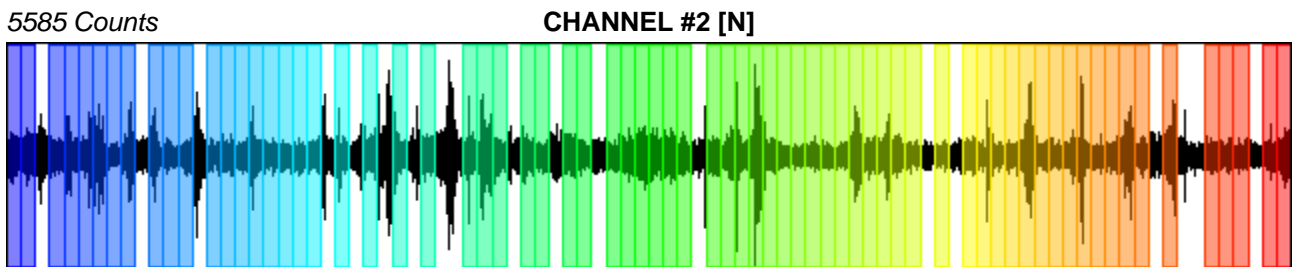
Windows count: 71

Average windows length: 20

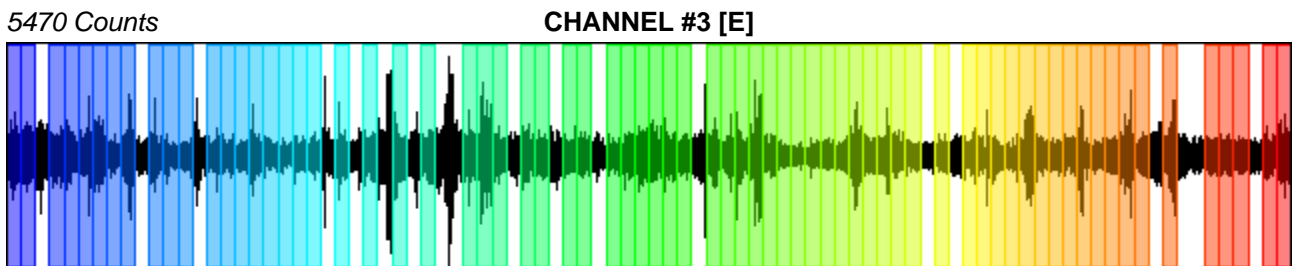
Signal coverage: 78.89%



-3778 Counts



-6466 Counts



-6084 Counts

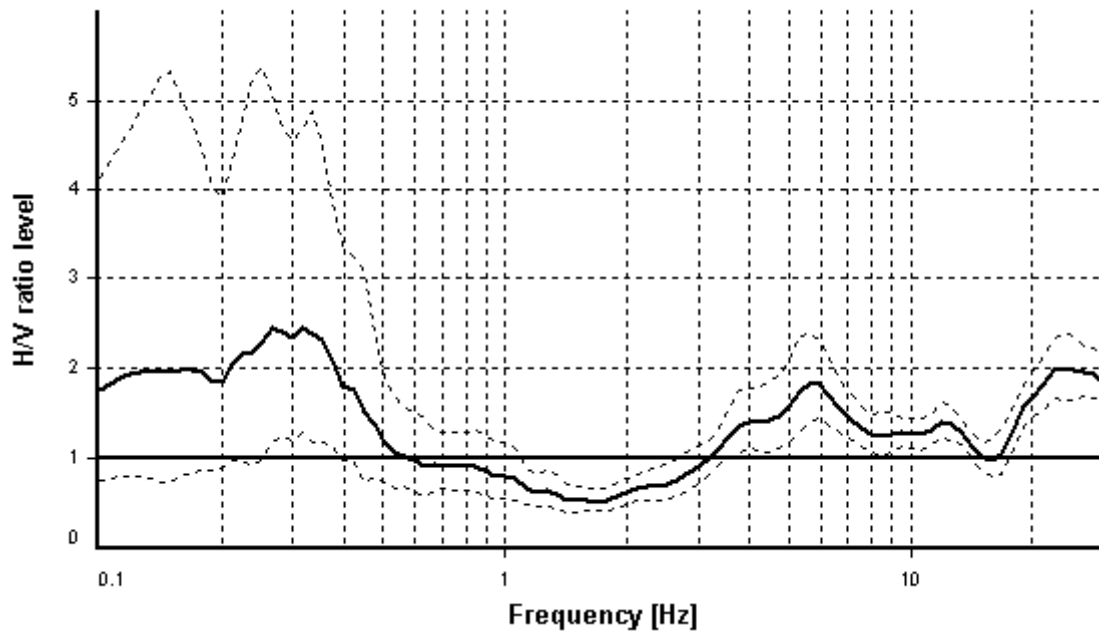
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

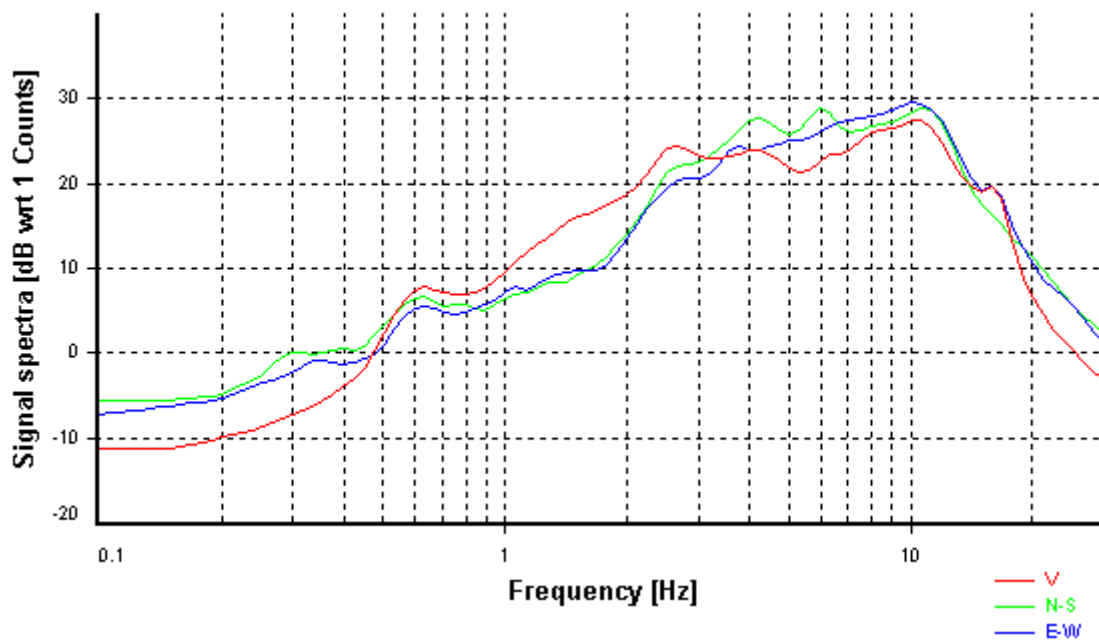
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

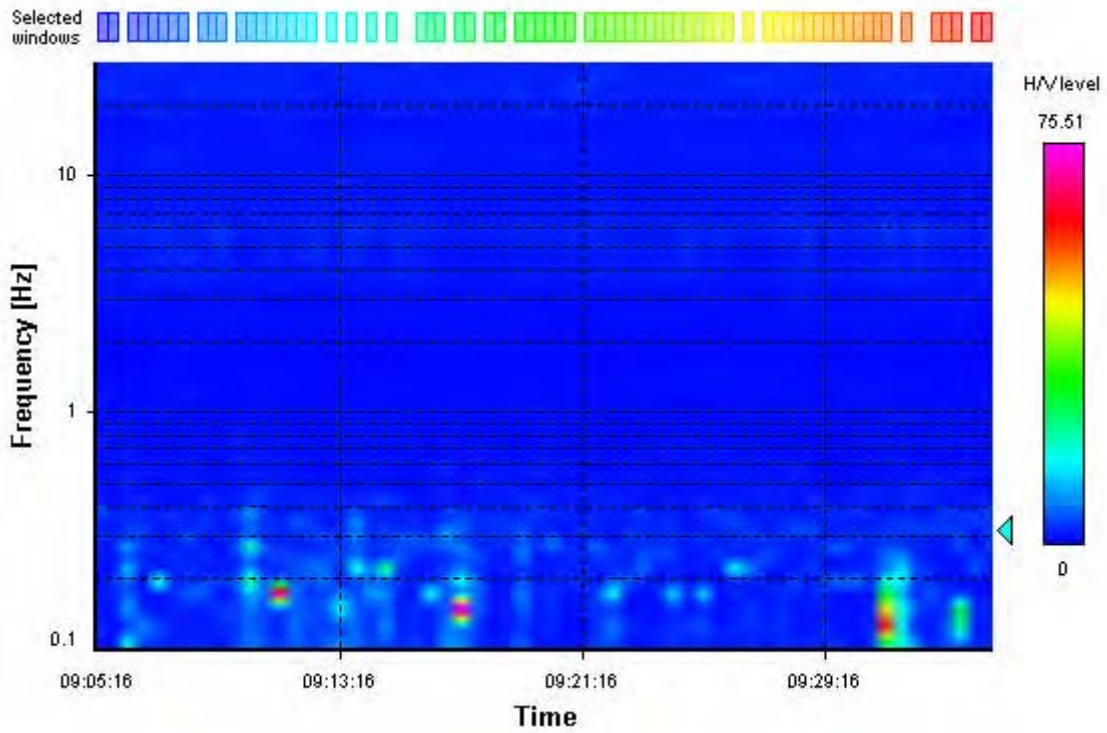
HVSR average



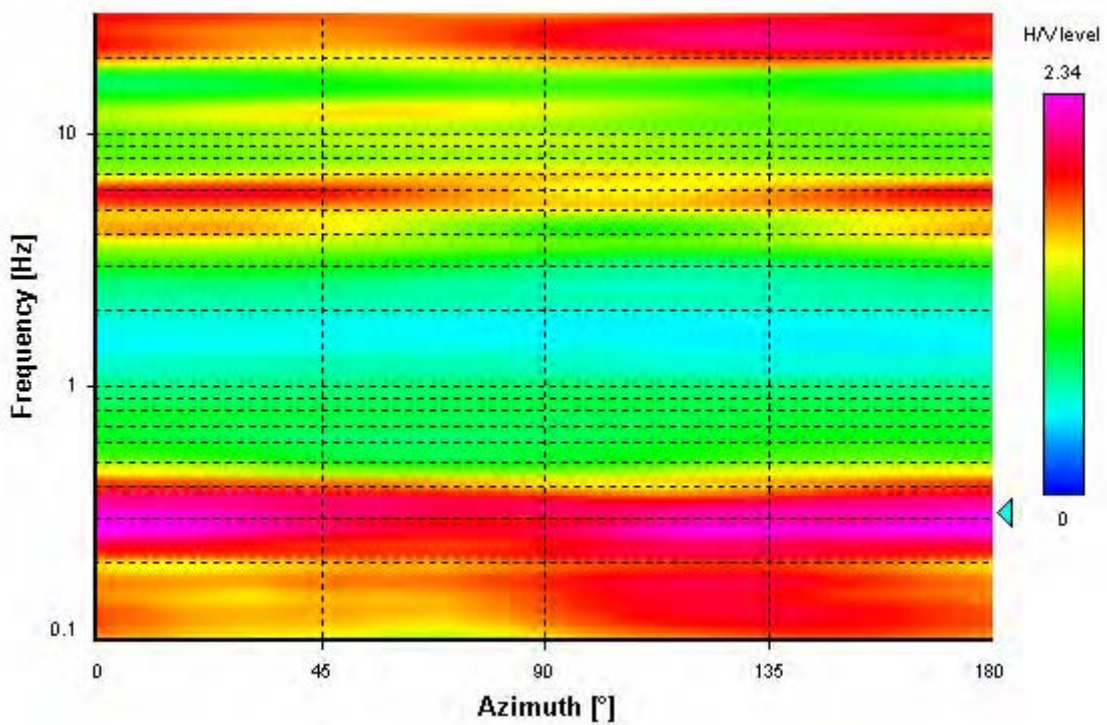
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



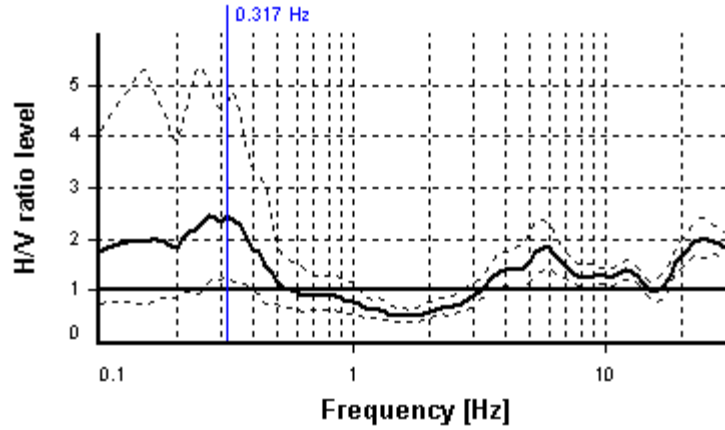
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.317 Hz

A_0 amplitude = 2.449

Average $f_0 = 0.320 \pm 0.080$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	0 valid windows (length > 31.59 s) out of 71	NO
$n_c(f_0) > 200$	0 <= 200	NO
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0.50188 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.45 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	20.58% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.07971 >= 0.06331	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.90454 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 11a

Address: via I° maggio, Poggio Gagliardo, Montescudaio (PI)

Latitude: 1625328

Longitude: 4796874

Coordinate system: 3003

Elevation: 27,50 m s.l.m.

Weather: soleggiato, senza vento

Notes: vicinanza traliccio Terna A/T, cabina M/B e modulo banda ultralarga

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

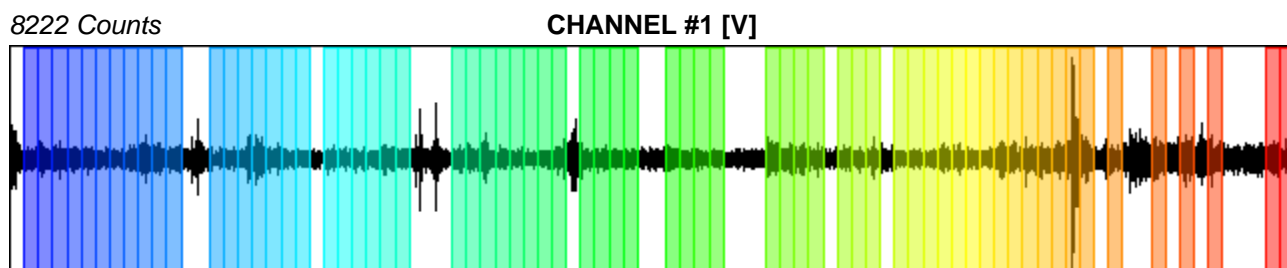
Recording start time: 2019/11/26 09:55:15

Recording length: 30 min

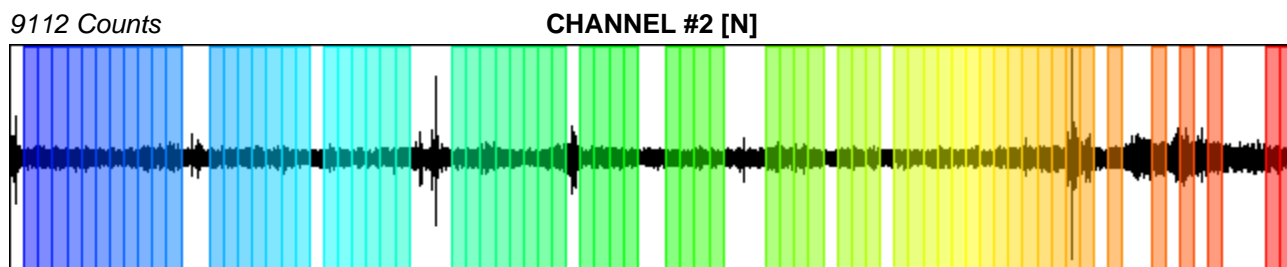
Windows count: 67

Average windows length: 20

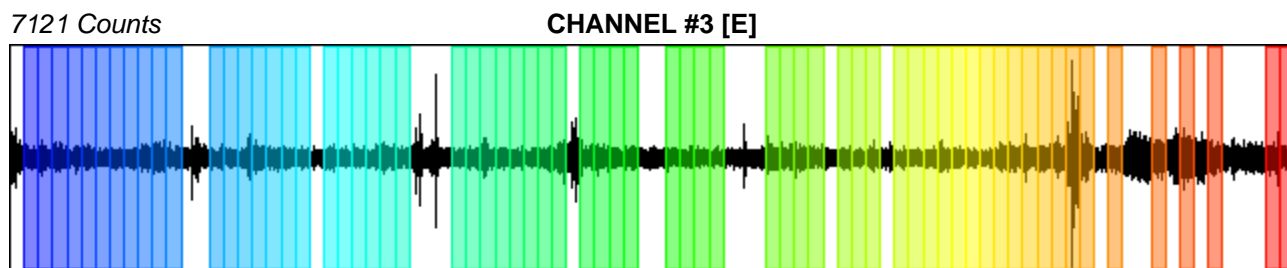
Signal coverage: 74.44%



-8942 Counts



-8379 Counts



-8097 Counts

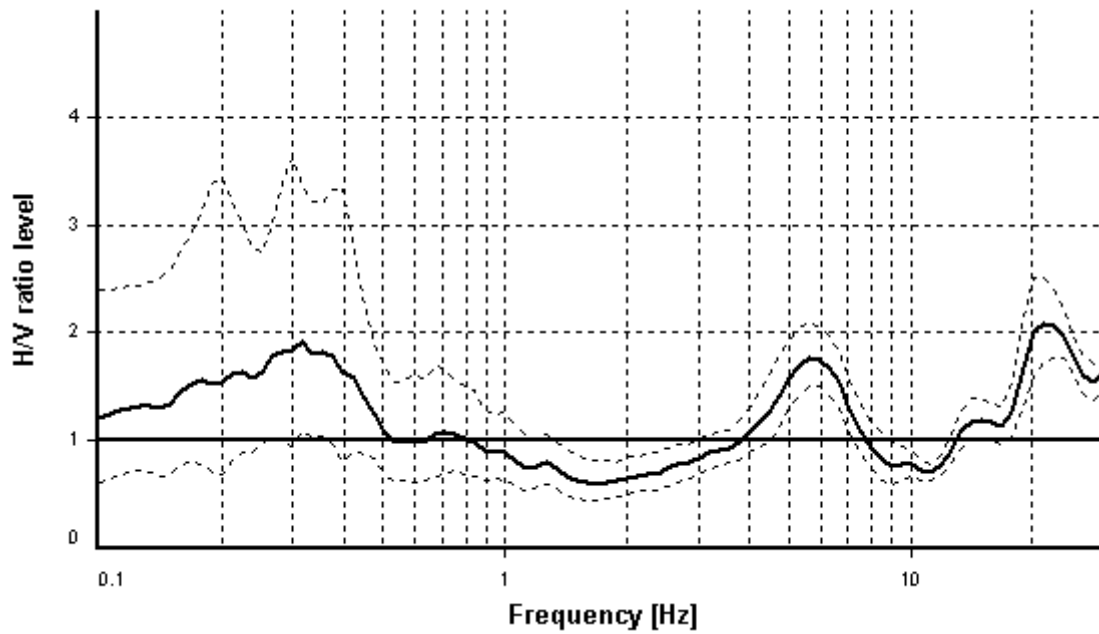
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

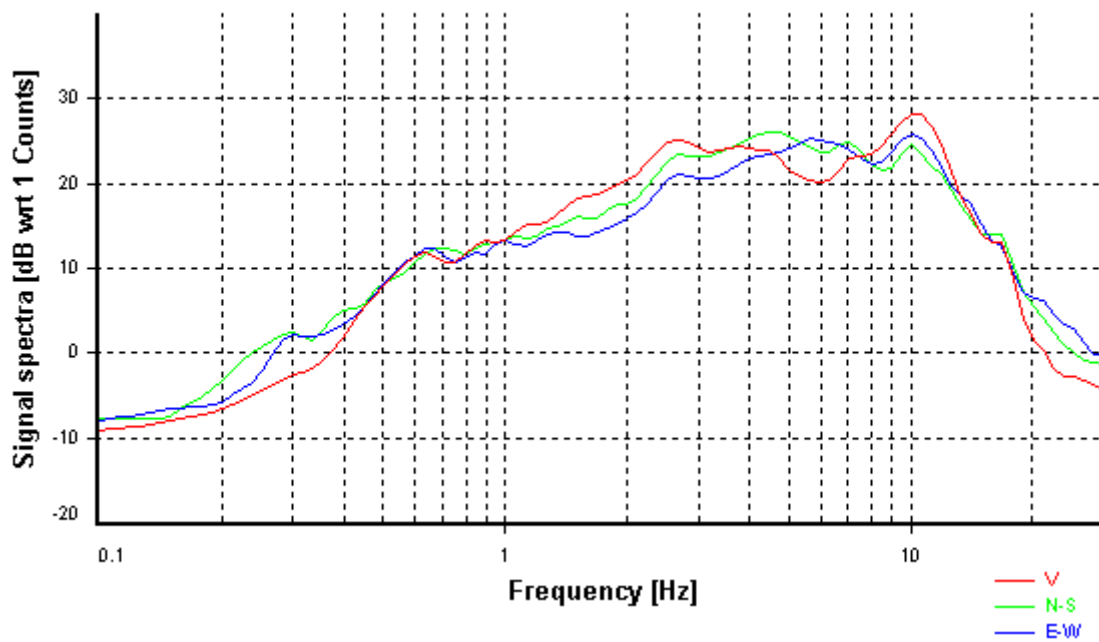
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

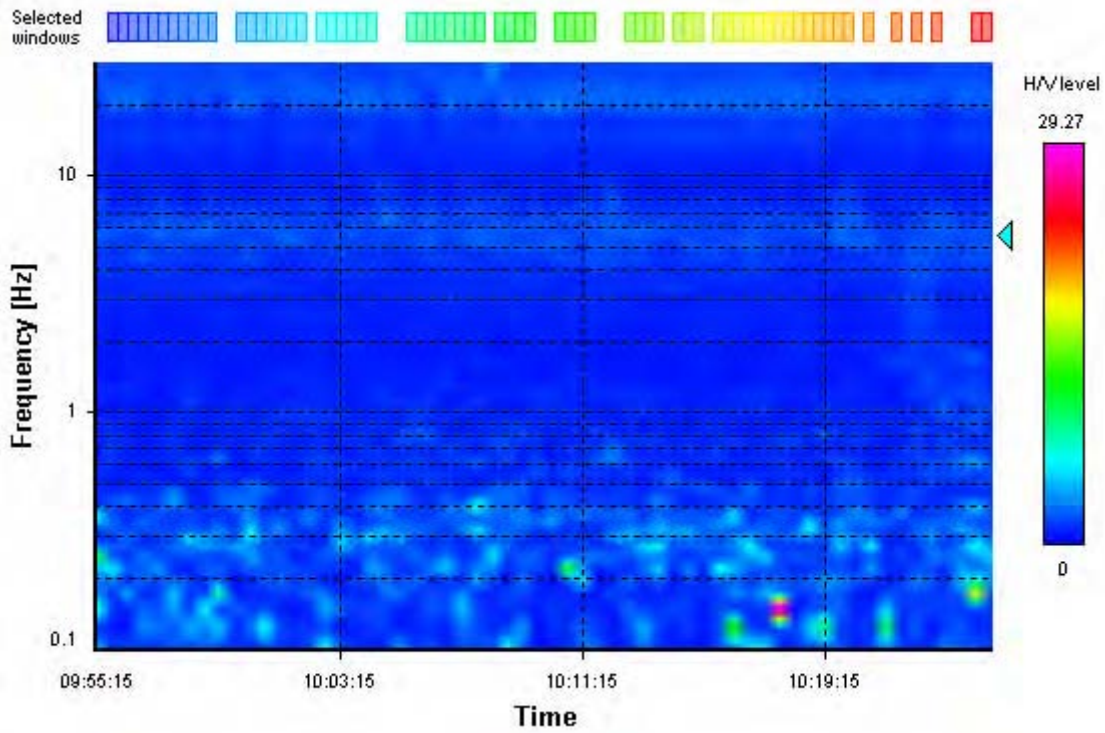
HVSR average



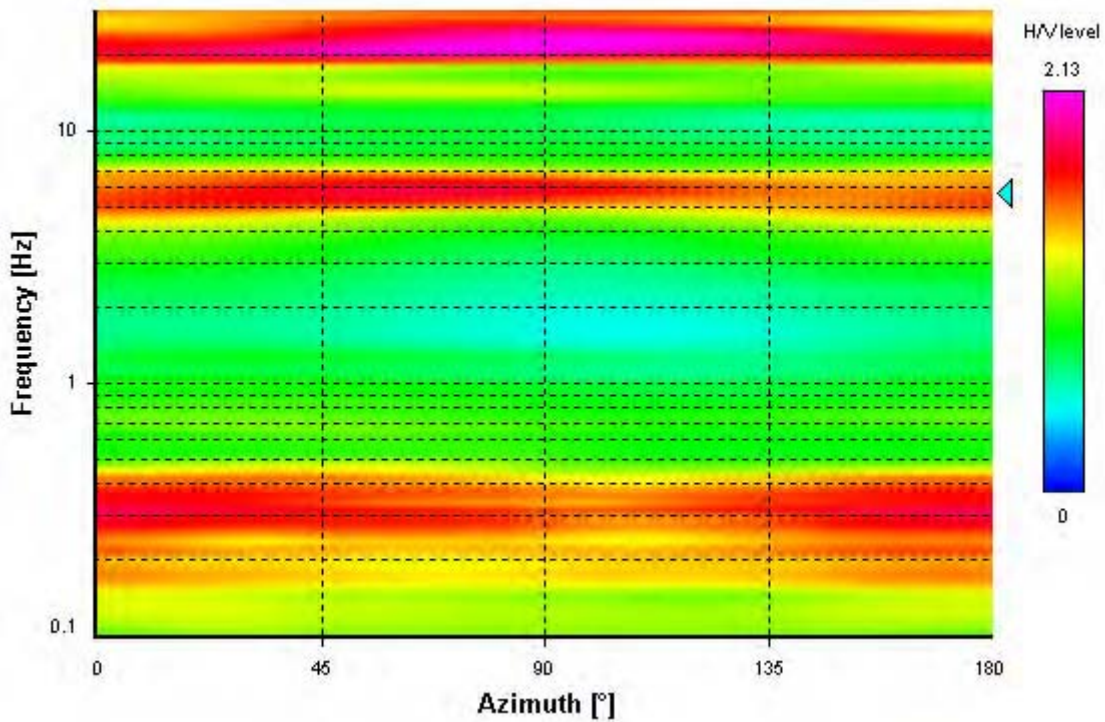
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



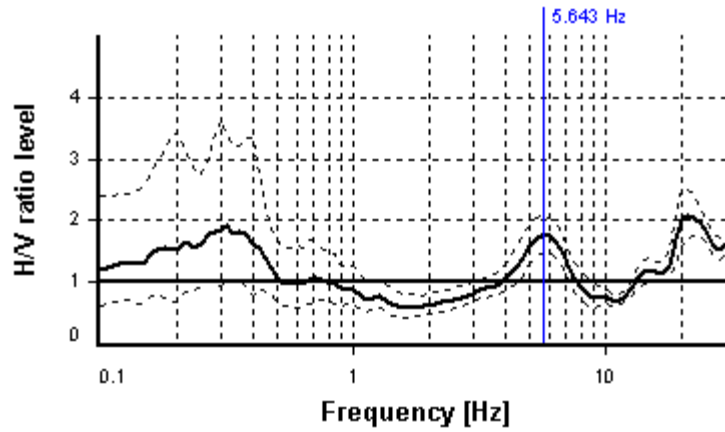
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

5.643 Hz

A_0 amplitude = 1.770

Average f_0 = 5.667 ± 0.575



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	67 valid windows (length > 1.77 s) out of 67	OK
$n_c(f_0) > 200$	7561.44 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	3.17165 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	8.44598 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.77 <= 2	NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.57491 >= 0.28214	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.18129 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 11b

Address: via I° maggio, Poggio Gagliardo, Montescudaio (PI)

Latitude: 1625328

Longitude: 4796874

Coordinate system: 3003

Elevation: 27,50 m s.l.m.

Weather: soleggiato, senza vento

Notes: vicinanza traliccio Terna A/T, cabina M/B e modulo banda ultralarga

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

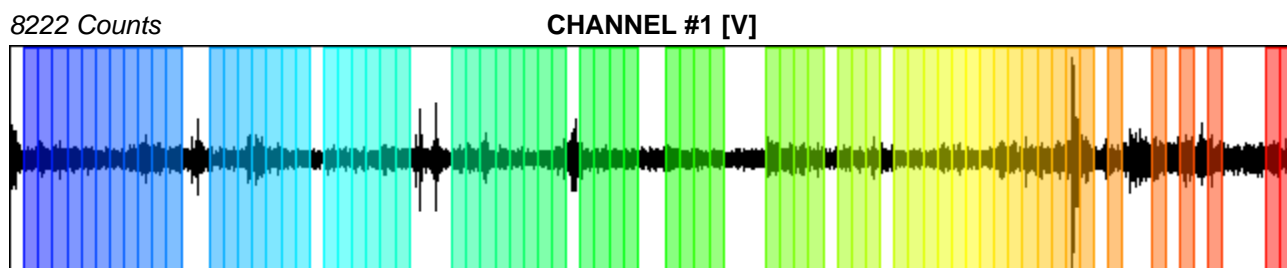
Recording start time: 2019/11/26 09:55:15

Recording length: 30 min

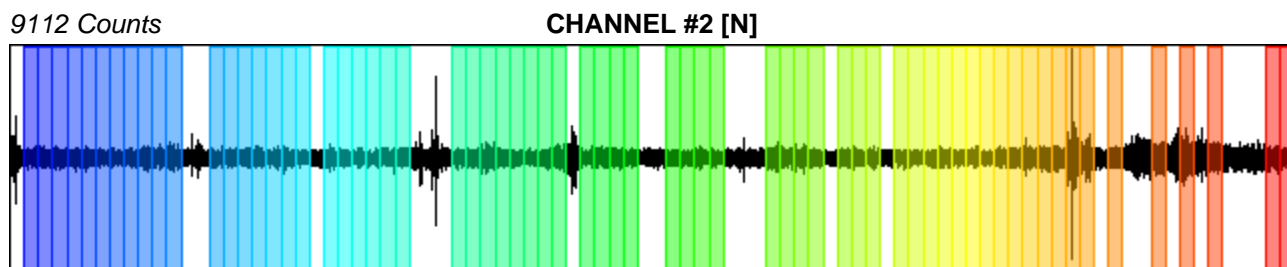
Windows count: 67

Average windows length: 20

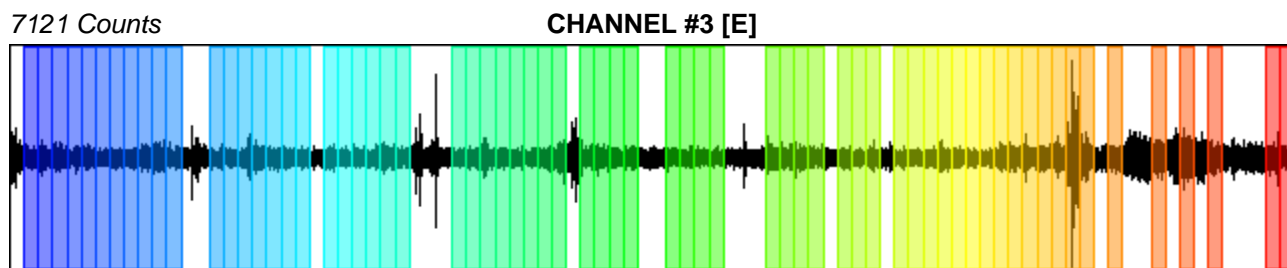
Signal coverage: 74.44%



-8942 Counts



-8379 Counts



-8097 Counts

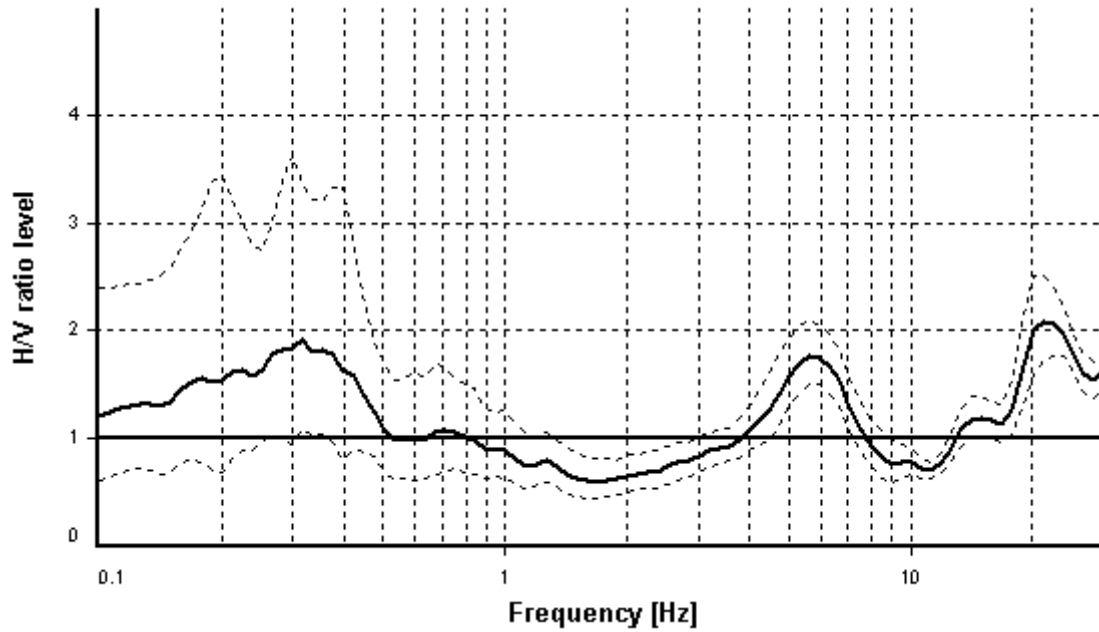
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

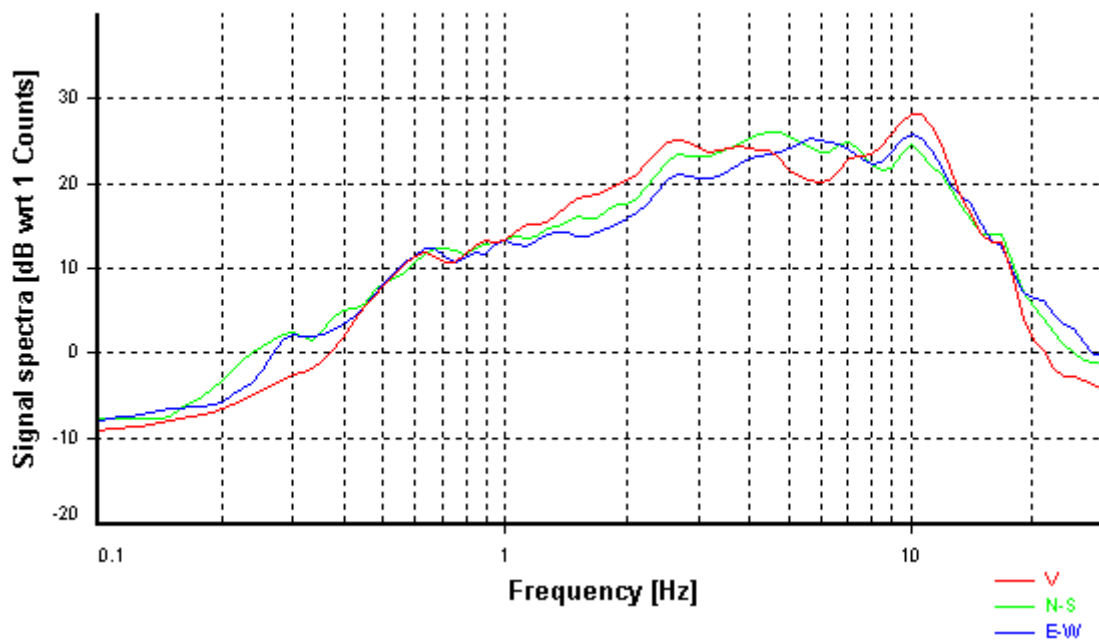
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

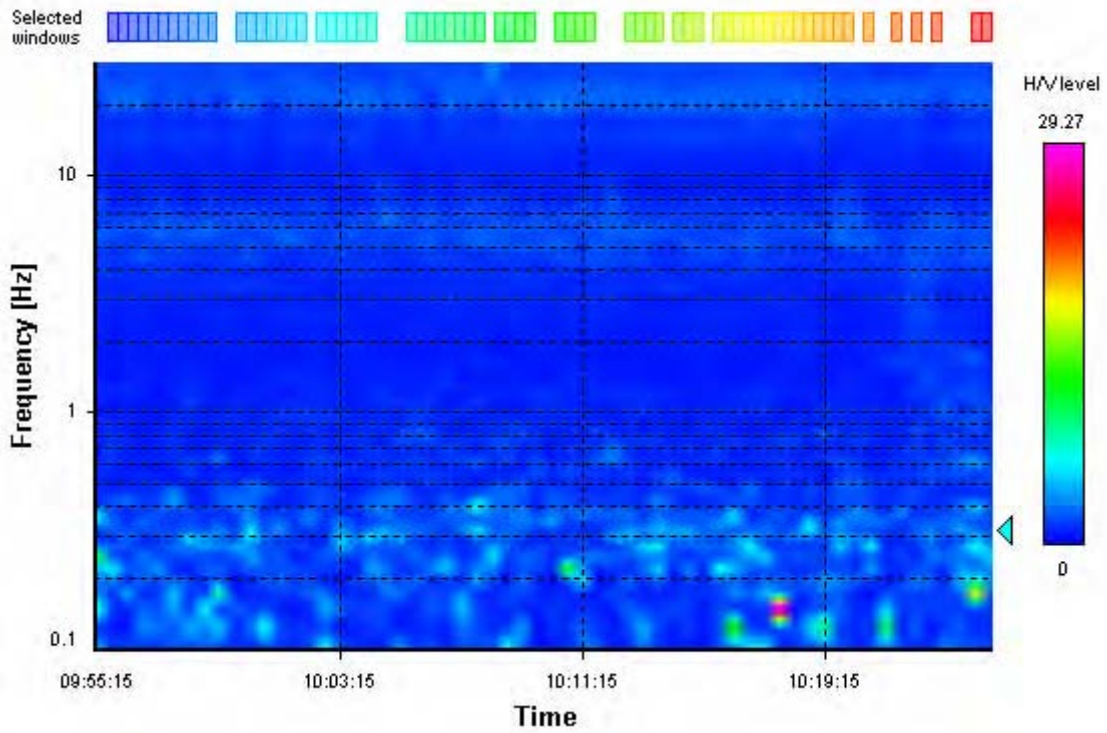
HVSR average



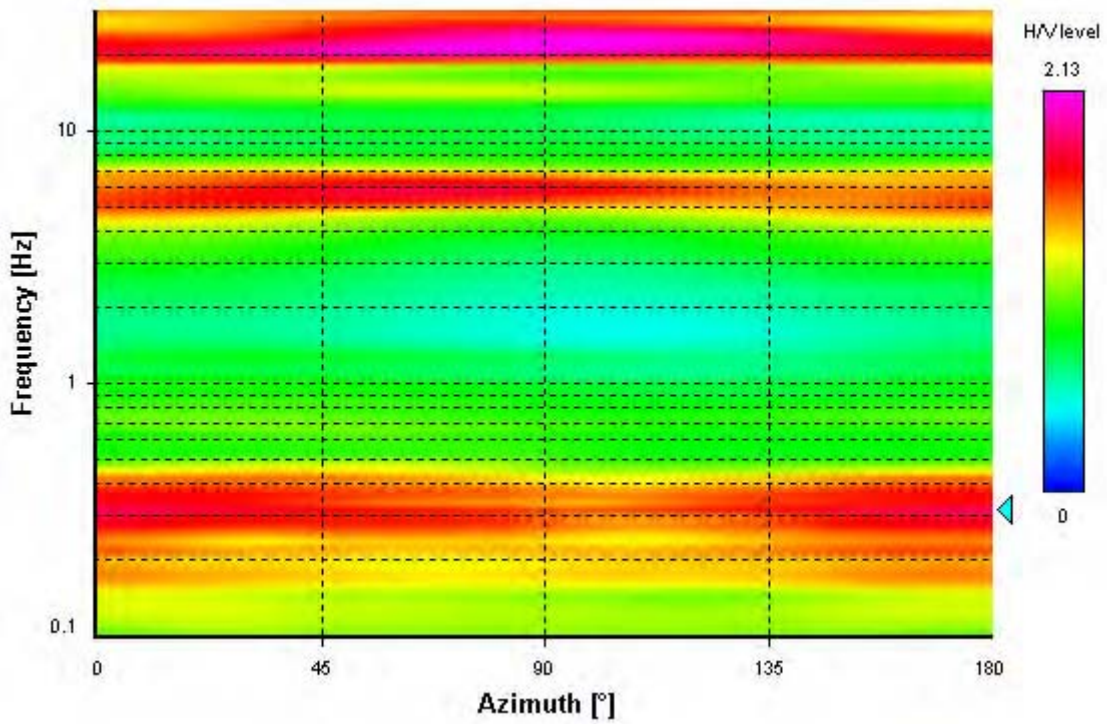
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



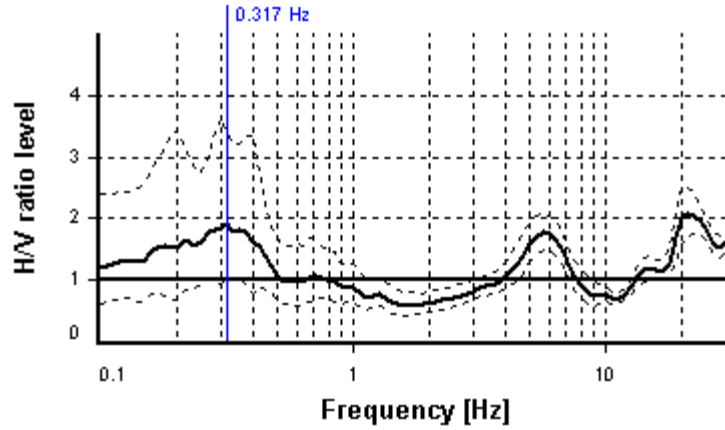
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.317 Hz

A_0 amplitude = 1.912

Average $f_0 = 0.327 \pm 0.077$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	0 valid windows (length > 31.59 s) out of 67	NO
$n_c(f_0) > 200$	0 <= 200	NO
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0.89292 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.91 <= 2	NO
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	5.6% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.07697 >= 0.06331	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.75913 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 12

Address: P. Bandita, Montescudaio (PI)

Latitude: 1625534

Longitude: 4798169

Coordinate system: 3003

Elevation: 12.4 m s.l.m.

Weather: soleggiato, senza vento

Notes: rumore da traffico veicolare

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2019/11/26 11:01:55

Recording length: 30 min

Windows count: 61

Average windows length: 20

Signal coverage: 67.78%

37242 Counts

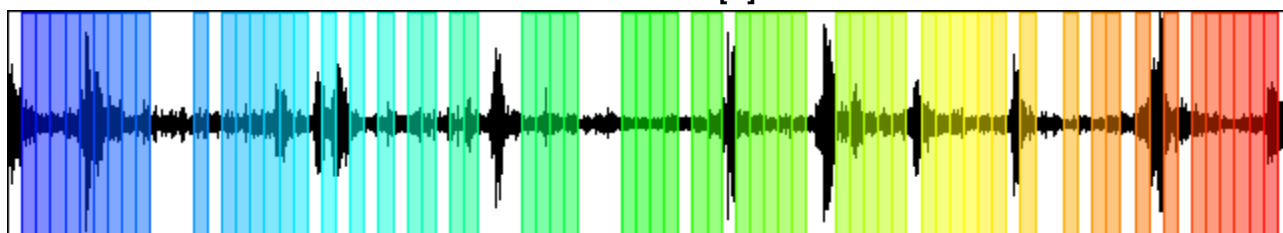
CHANNEL #1 [V]



-32714 Counts

33328 Counts

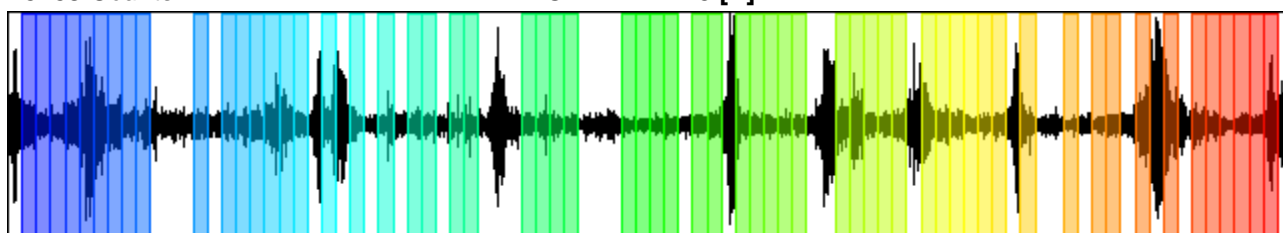
CHANNEL #2 [N]



-32159 Counts

26468 Counts

CHANNEL #3 [E]



-23671 Counts

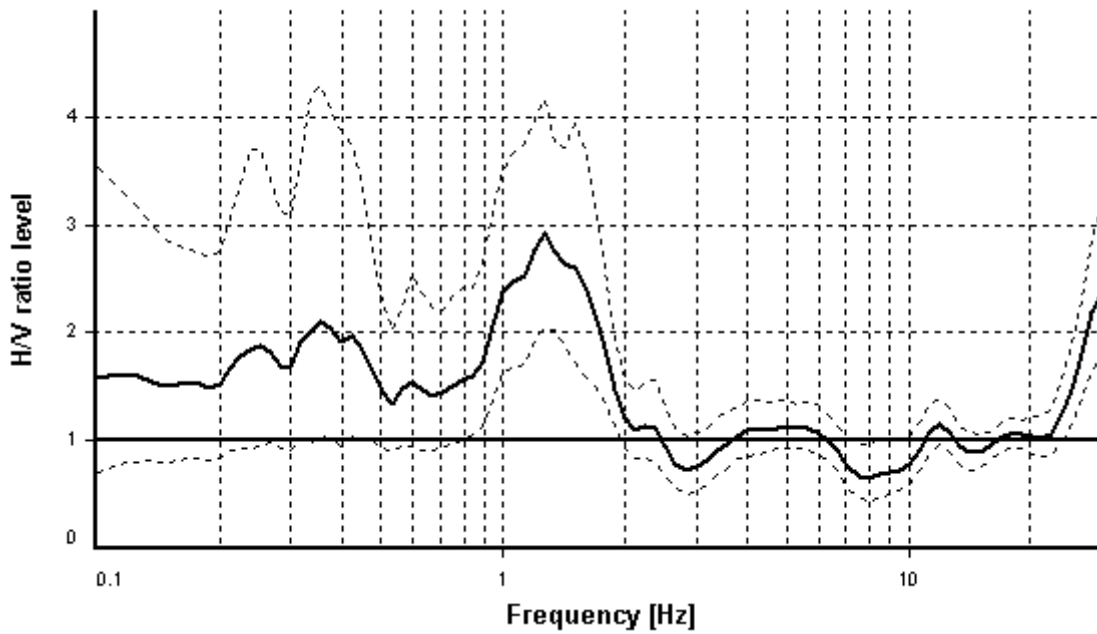
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

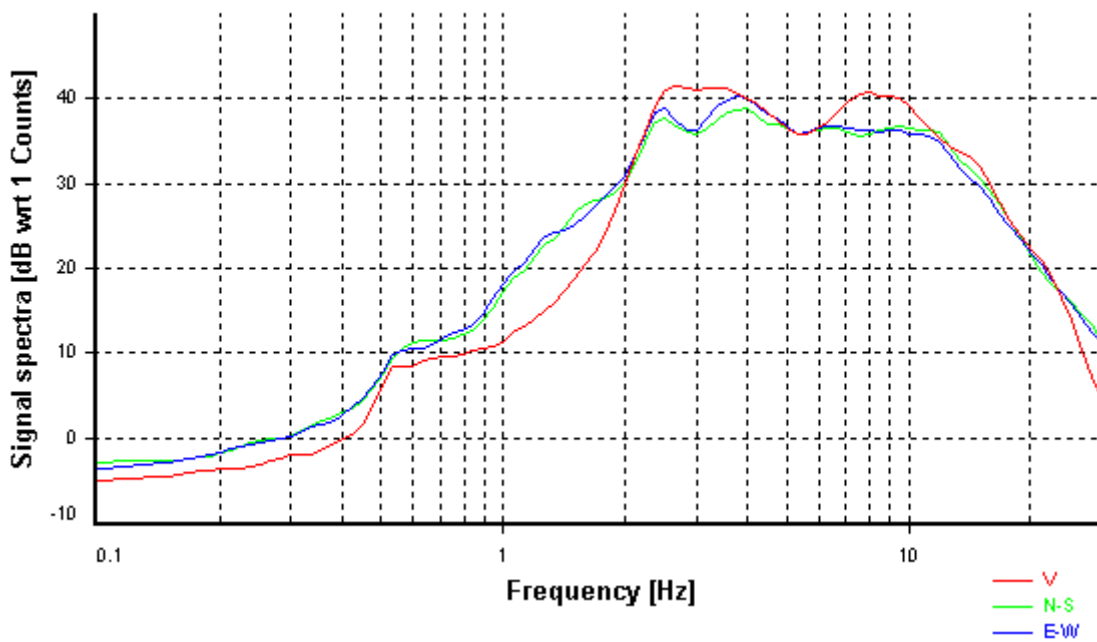
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

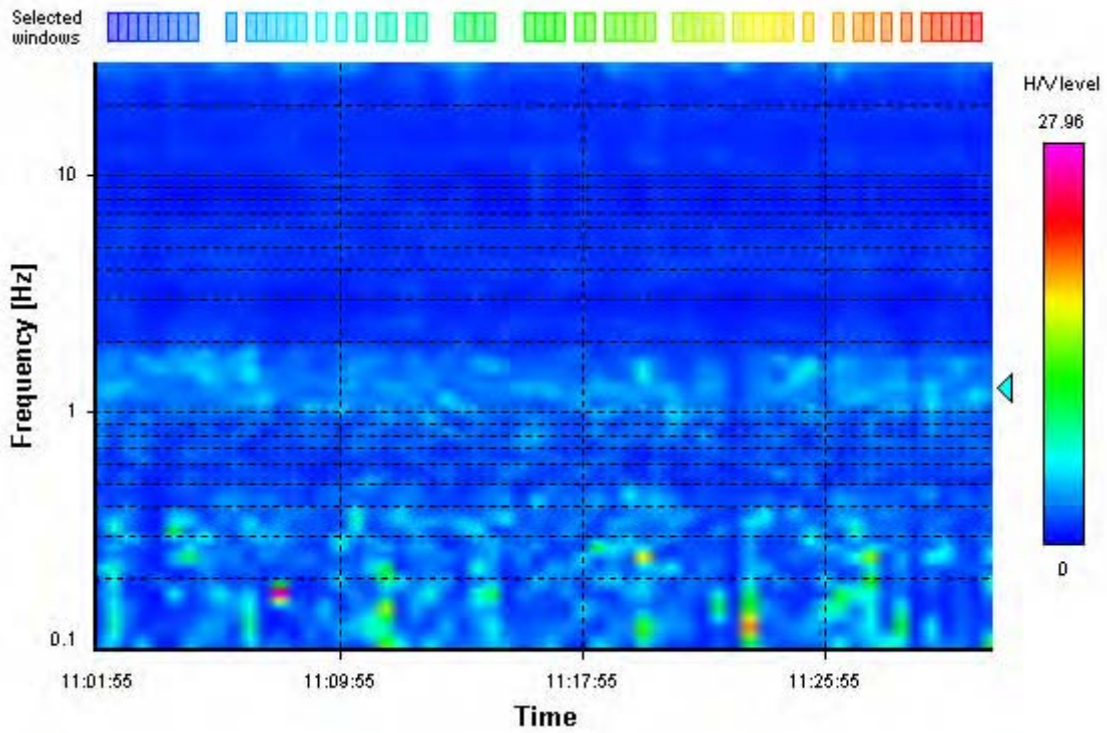
HVSR average



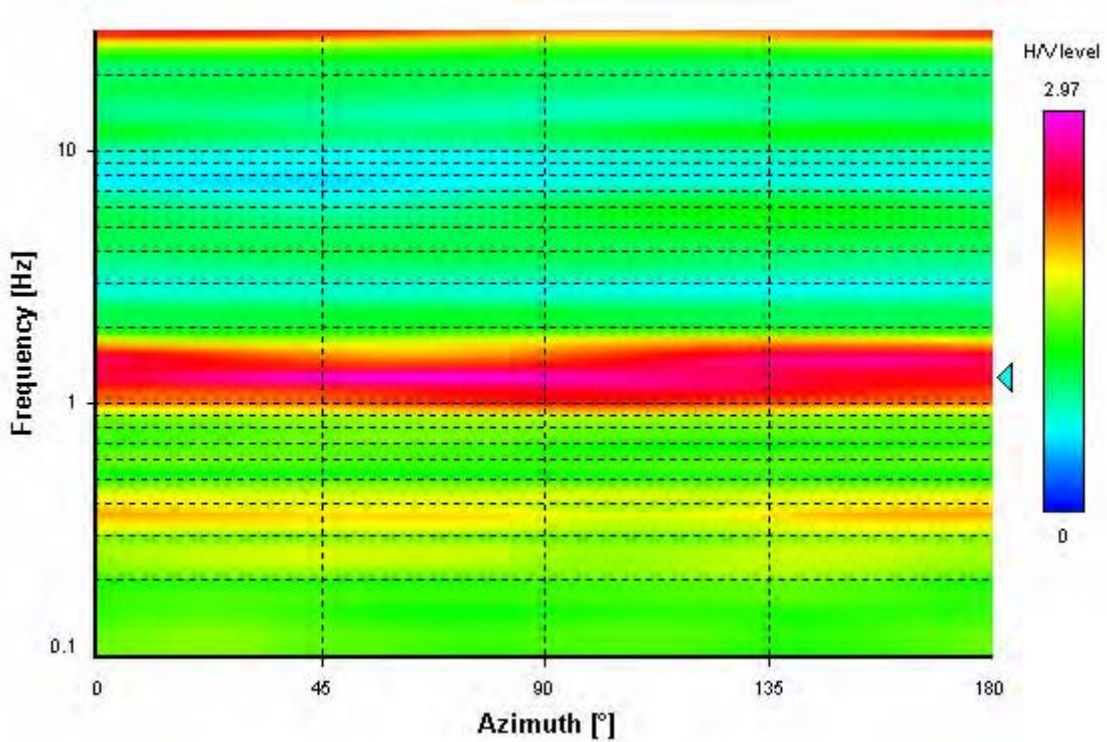
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



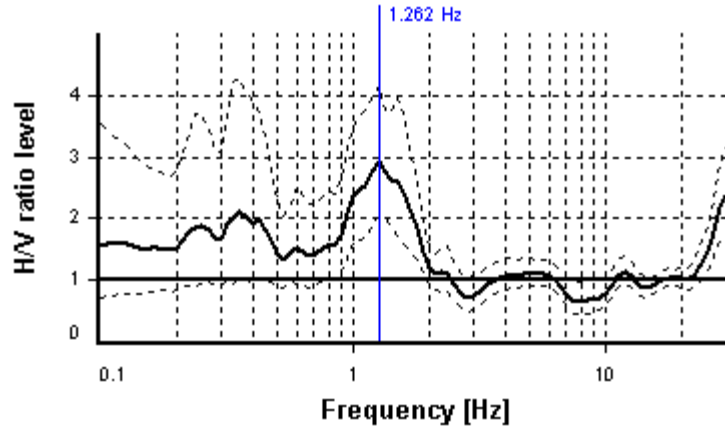
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.262 Hz

A_0 amplitude = 2.917

Average $f_0 = 1.275 \pm 0.212$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	61 valid windows (length > 7.93 s) out of 61	OK
$n_c(f_0) > 200$	1539.23 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.70913 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	2.00039 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.92 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.21192 >= 0.12617	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.42923 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 13a

Address: Casa Giustri, Montescudaio

Latitude: 1626509

Longitude: 4798879

Coordinate system: 3003

Elevation: 16.50 m s.l.m.

Weather: soleggiato, senza vento

Notes: rumore di traffico veicolare

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2019/11/26 11:48:20

Recording length: 30 min

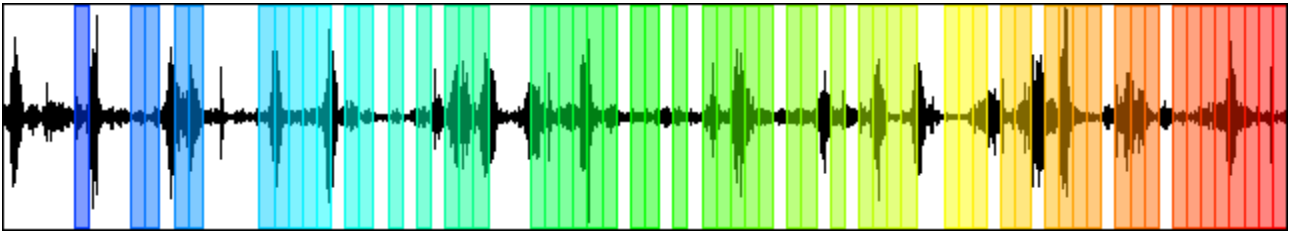
Windows count: 58

Average windows length: 20

Signal coverage: 64.44%

35715 Counts

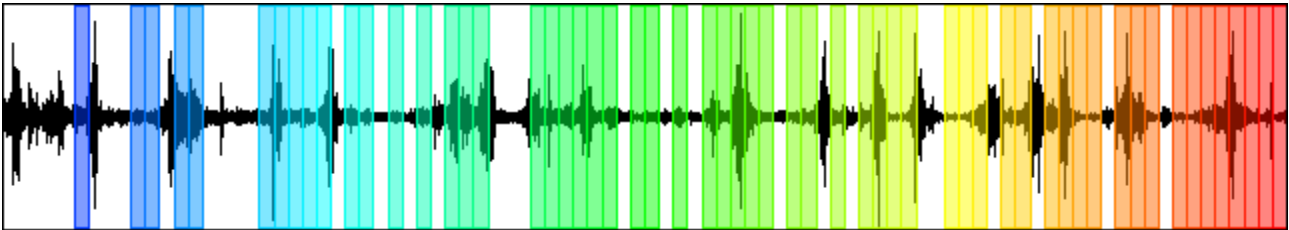
CHANNEL #1 [V]



-33790 Counts

36696 Counts

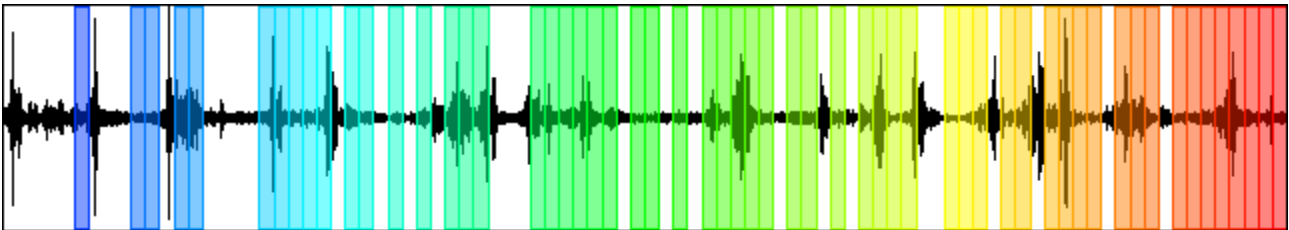
CHANNEL #2 [N]



-39490 Counts

41302 Counts

CHANNEL #3 [E]



-37983 Counts

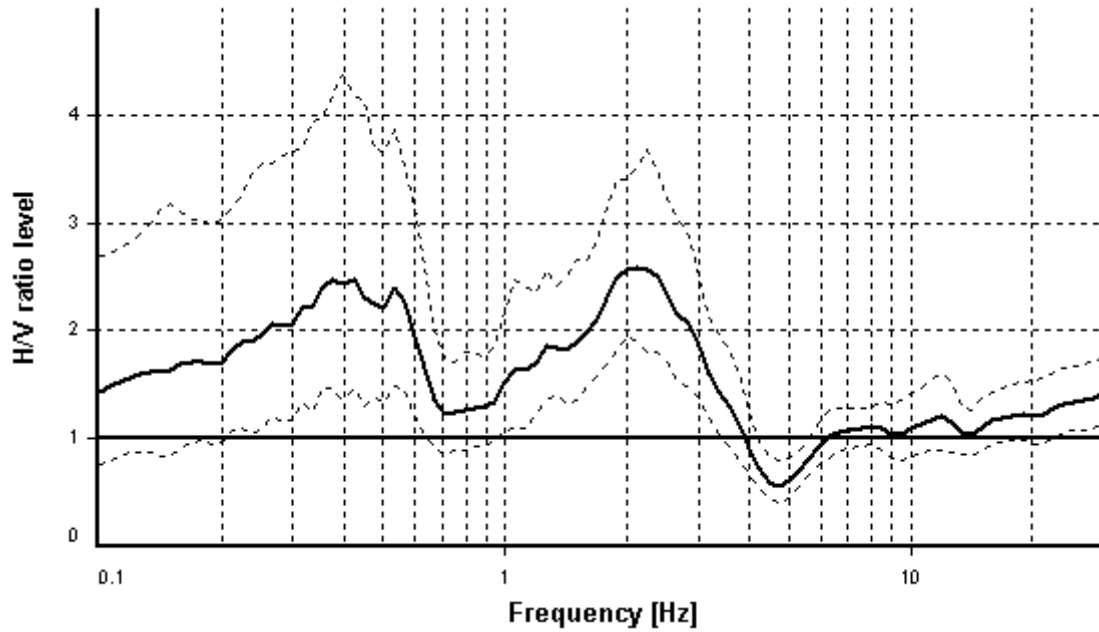
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

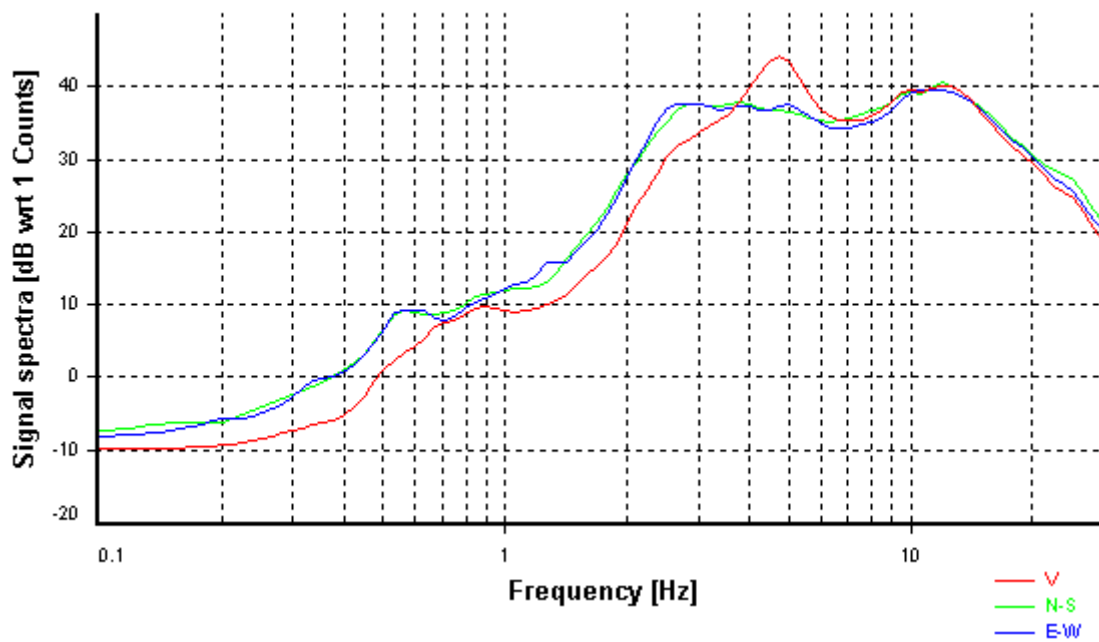
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

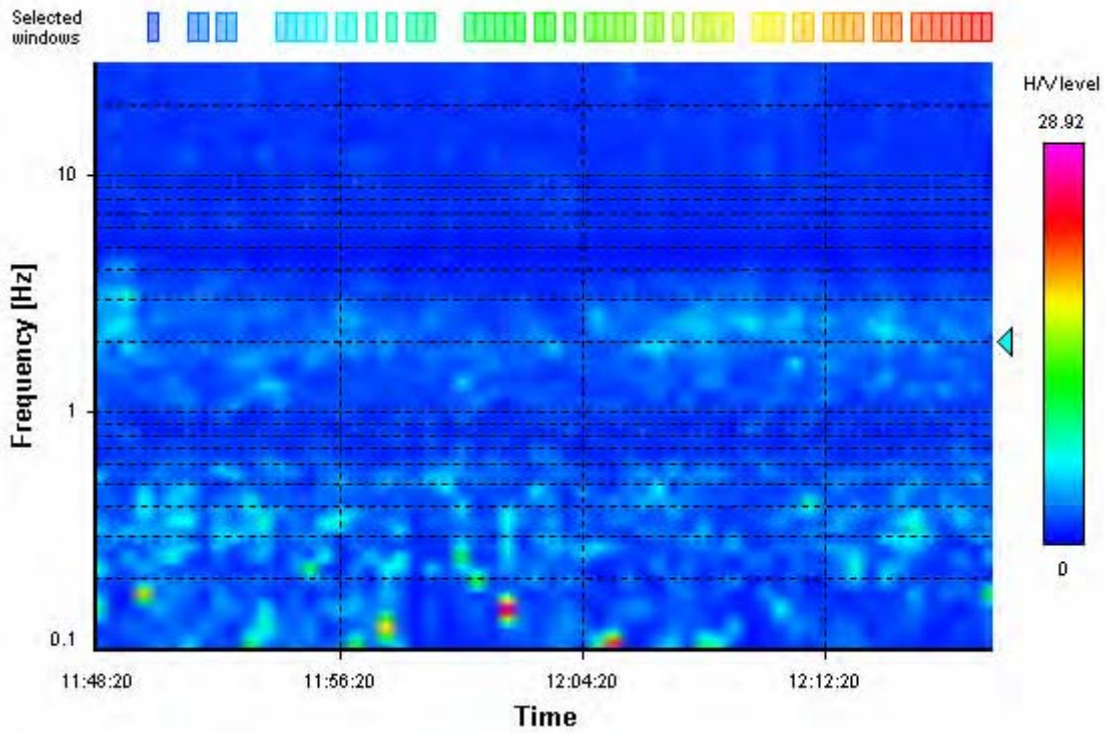
HVSR average



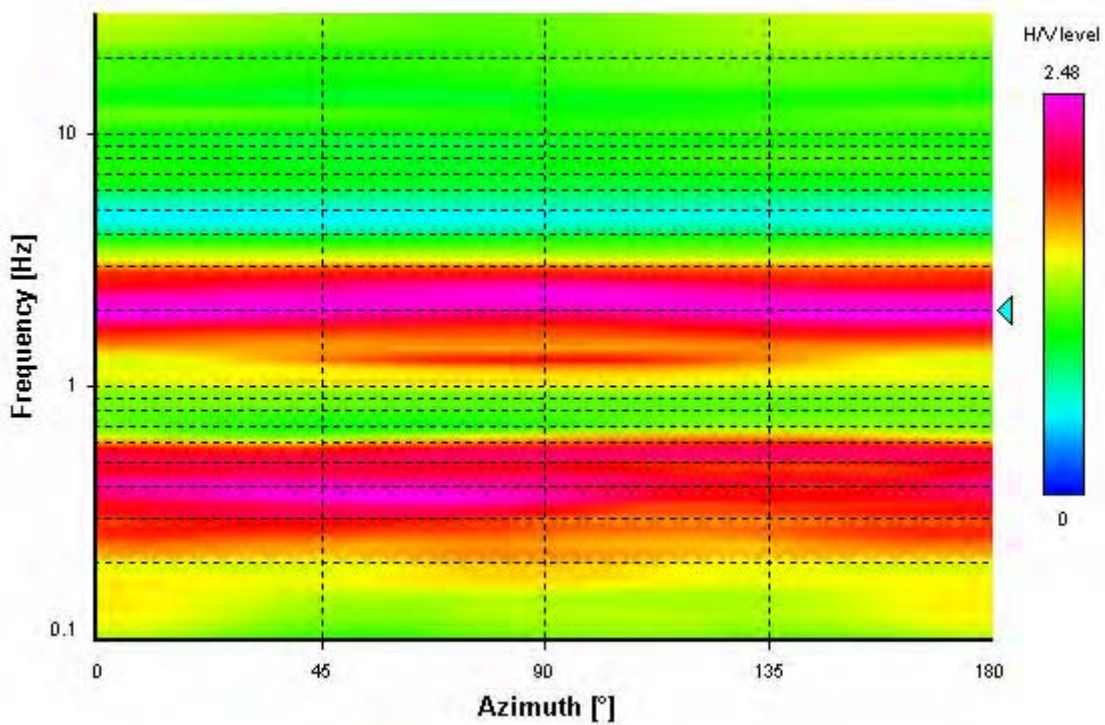
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



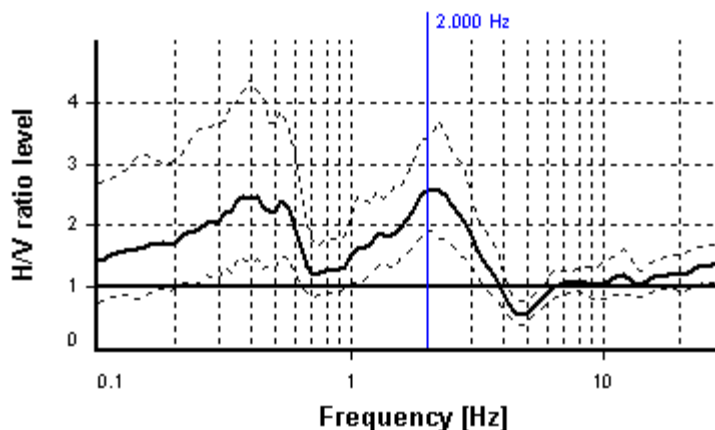
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.000 Hz

A_0 amplitude = 2.575

Average $f_0 = 2.056 \pm 0.336$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	58 valid windows (length > 5 s) out of 58	OK
$n_c(f_0) > 200$	2320.45 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.84293 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	3.77007 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.57 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	12.21% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.33599 >= 0.10002	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3266 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 13b

Address: Casa Giustri, Montescudaio

Latitude: 1626509

Longitude: 4798879

Coordinate system: 3003

Elevation: 16.50 m s.l.m.

Weather: soleggiato, senza vento

Notes: rumore di traffico veicolare

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2019/11/26 11:48:20

Recording length: 30 min

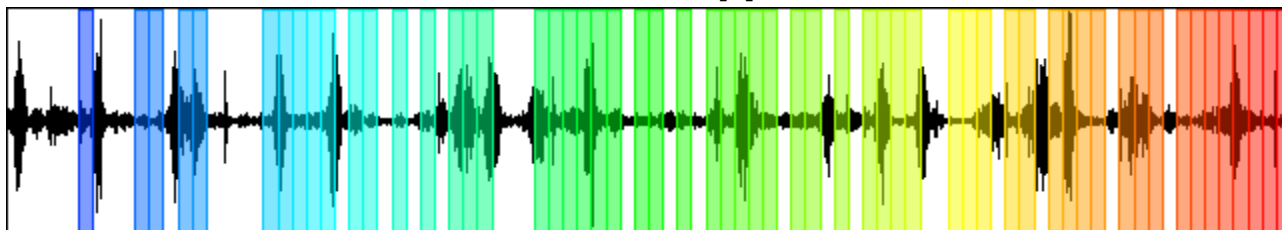
Windows count: 58

Average windows length: 20

Signal coverage: 64.44%

35715 Counts

CHANNEL #1 [V]



-33790 Counts

36696 Counts

CHANNEL #2 [N]



-39490 Counts

41302 Counts

CHANNEL #3 [E]



-37983 Counts

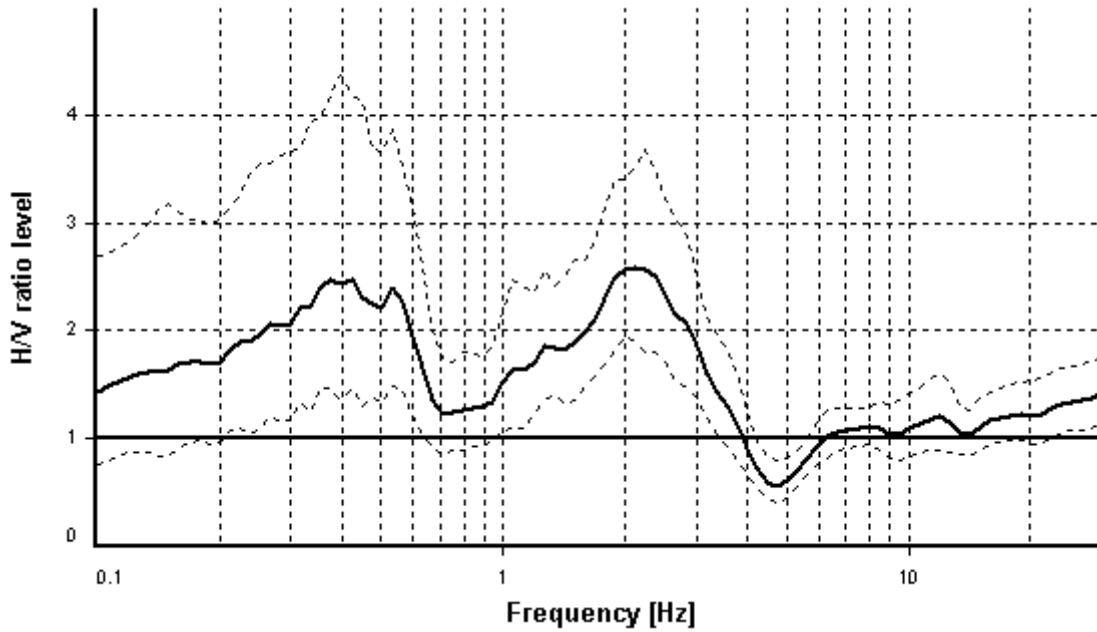
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

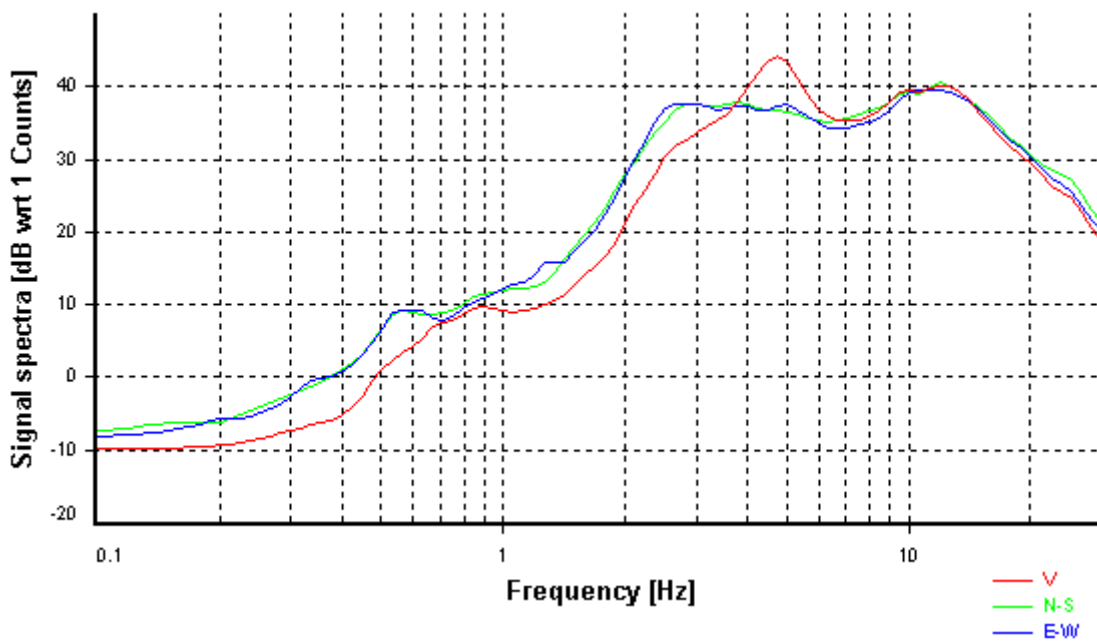
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

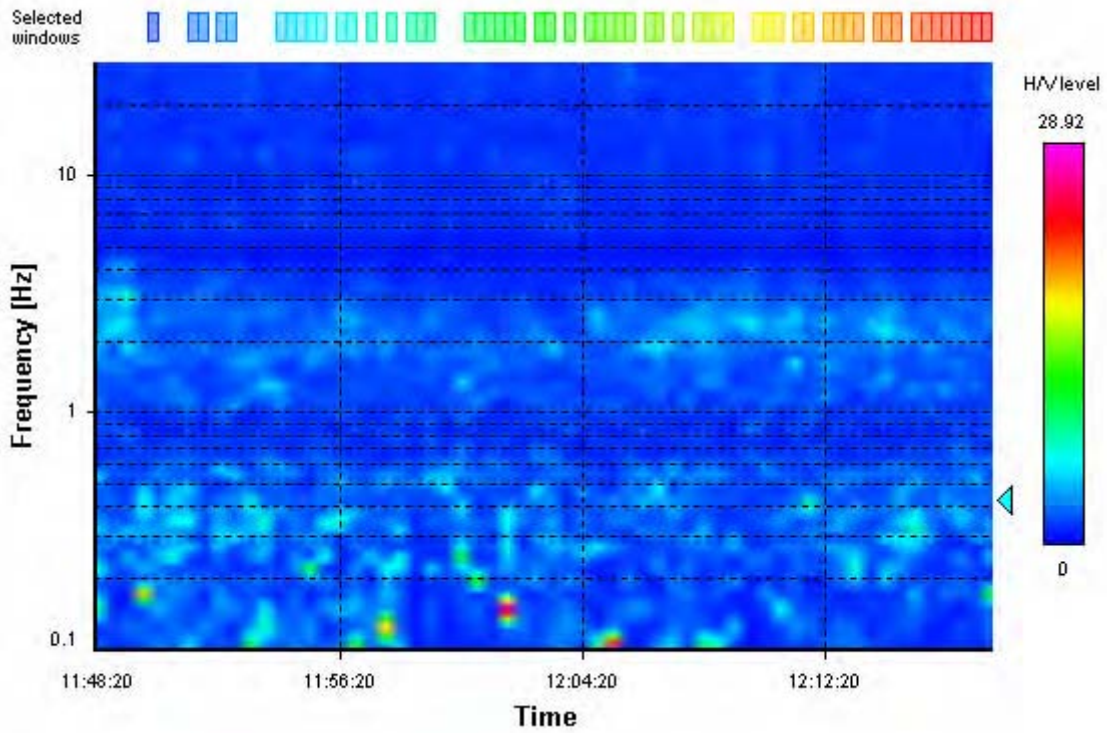
HVSR average



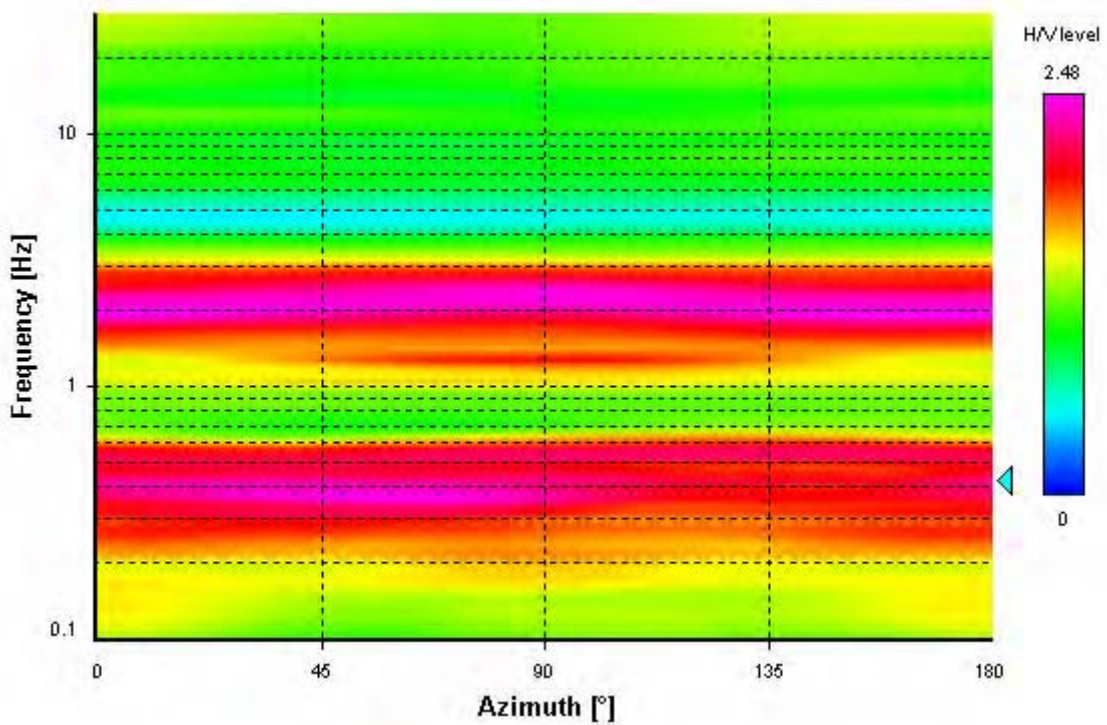
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



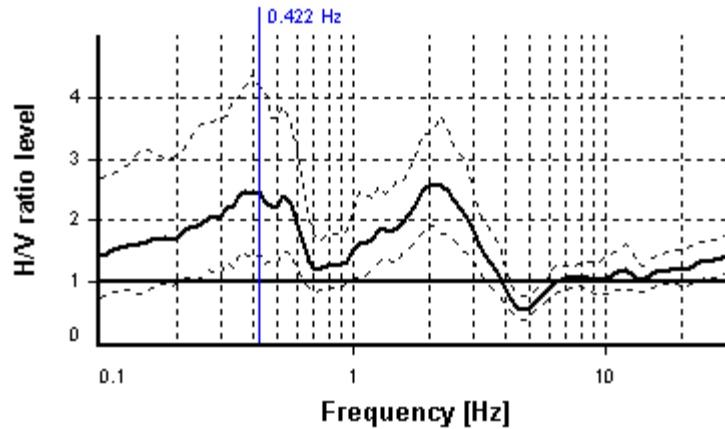
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.422 Hz

A_0 amplitude = 2.475

Average $f_0 = 0.431 \pm 0.093$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	0 valid windows (length > 23.68 s) out of 58	NO
$n_c(f_0) > 200$	0 <= 200	NO
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0.70913 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.47 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	25.92% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.09336 >= 0.08444	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.69855 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 14a

Address: Mezzavia, Montescudaio (PI)

Latitude: 1628970

Longitude: 4798484

Coordinate system: 3003

Elevation: 120 m s.l.m.

Weather: velato, senza vento

Notes: rumore di traffico veicolare e cantiere

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

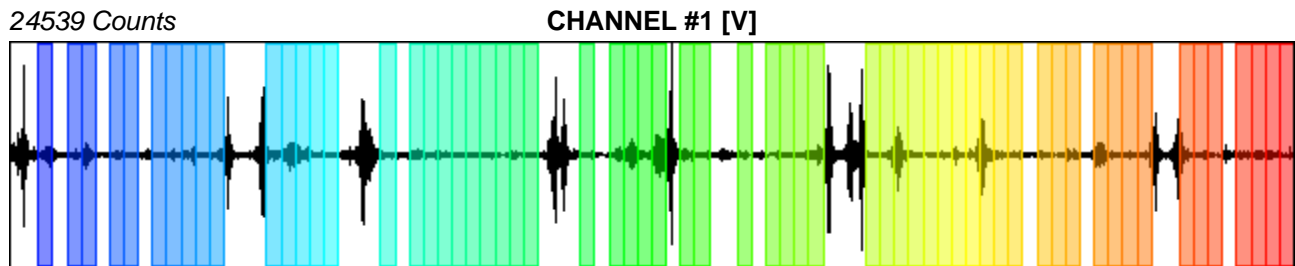
Recording start time: 2019/11/26 12:52:02

Recording length: 30 min

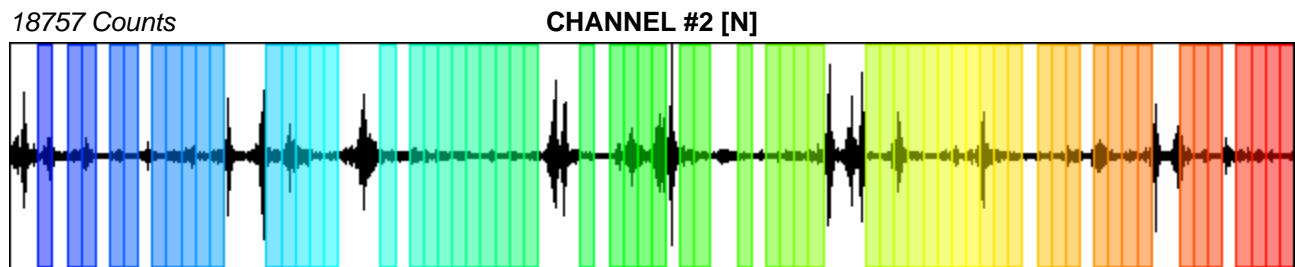
Windows count: 62

Average windows length: 20

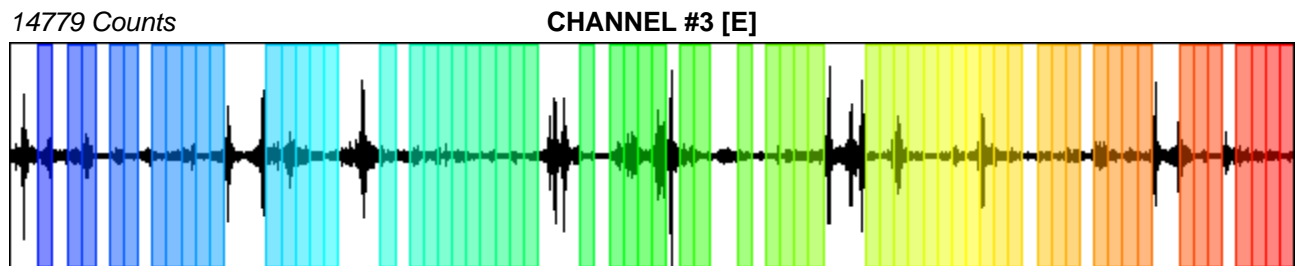
Signal coverage: 68.89%



-21010 Counts



-14975 Counts



-18367 Counts

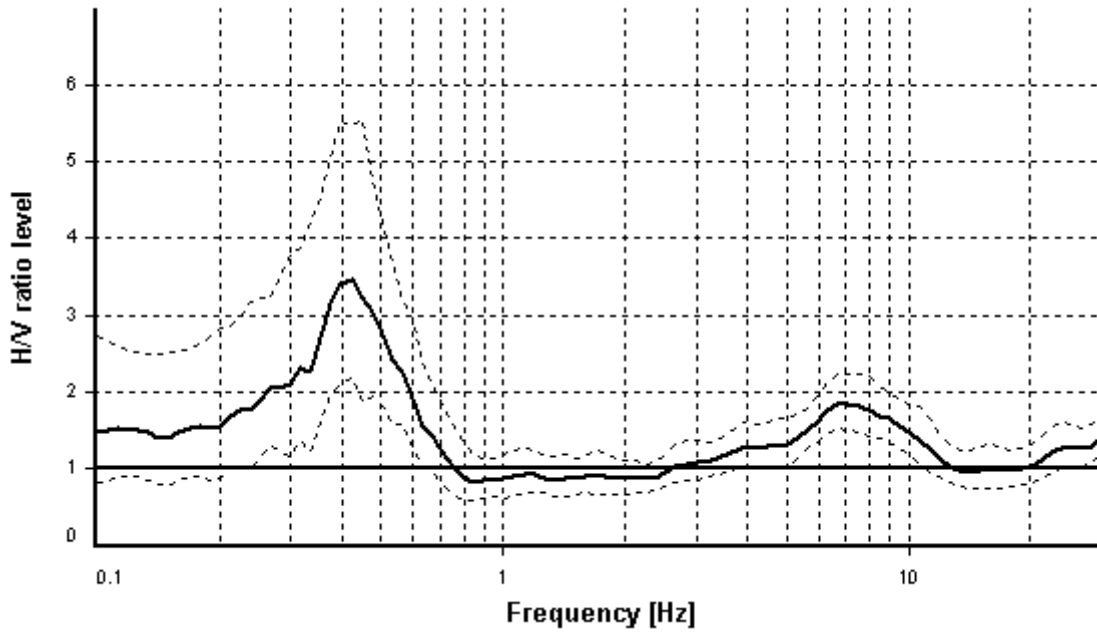
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

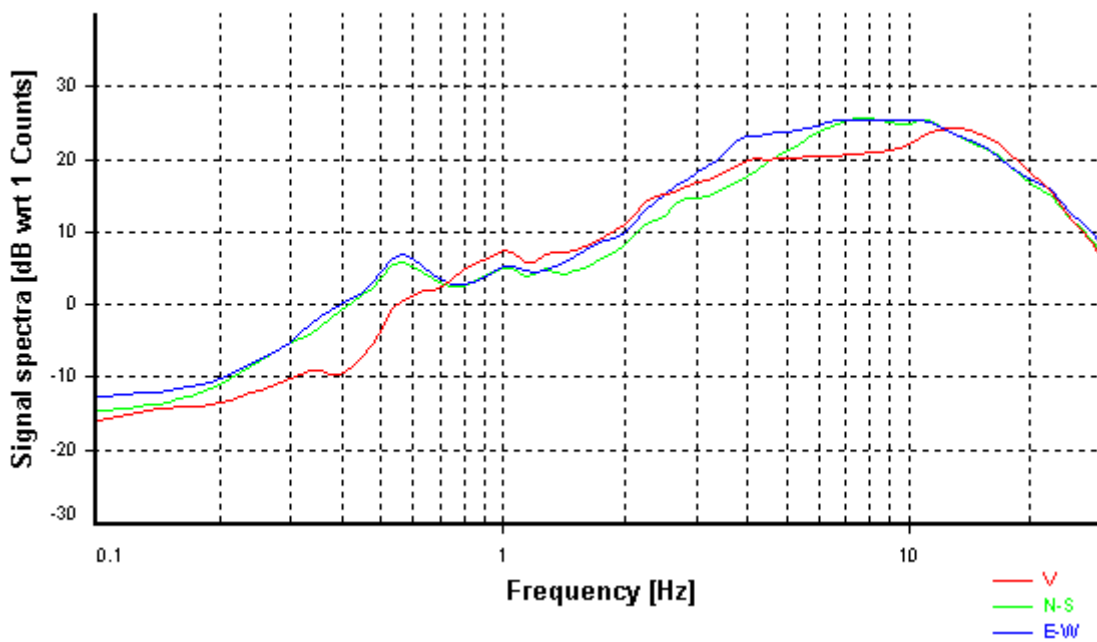
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

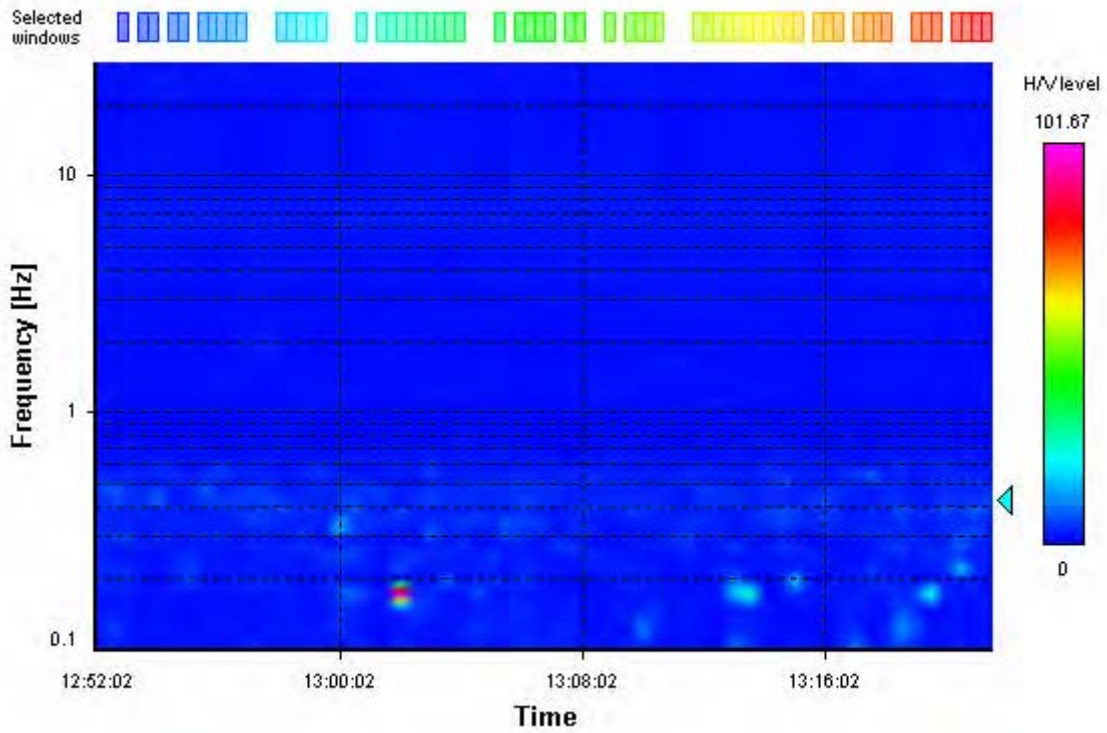
HVSR average



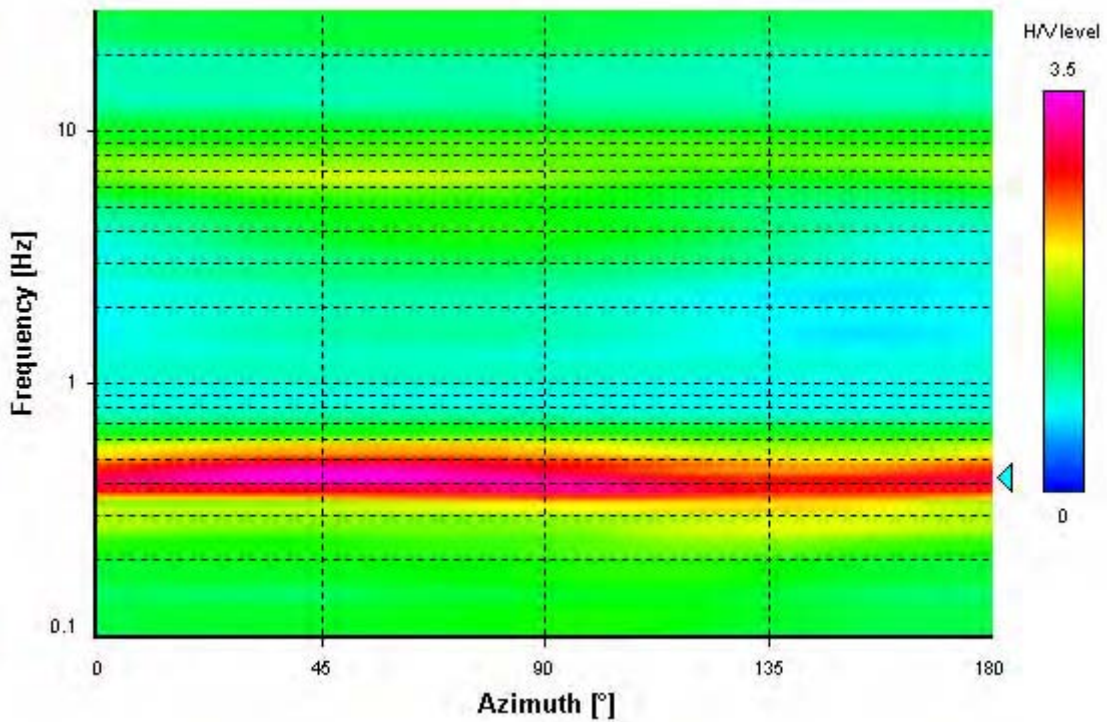
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



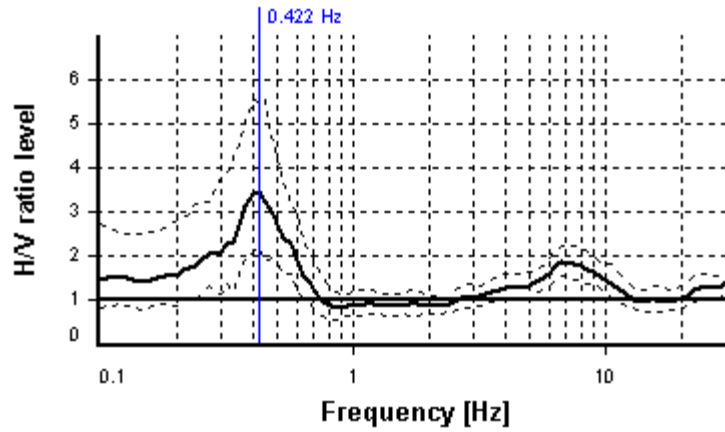
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.422 Hz

A_0 amplitude = 3.453

Average $f_0 = 0.424 \pm 0.078$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	0 valid windows (length > 23.68 s) out of 62	NO
$n_c(f_0) > 200$	0 <= 200	NO
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.21148 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0.63195 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.45 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	5.93% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.07775 < 0.08444	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.58834 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 14b

Address: Mezzavia, Montescudaio (PI)

Latitude: 1628970

Longitude: 4798484

Coordinate system: 3003

Elevation: 120 m s.l.m.

Weather: velato, senza vento

Notes: rumore di traffico veicolare e cantiere

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

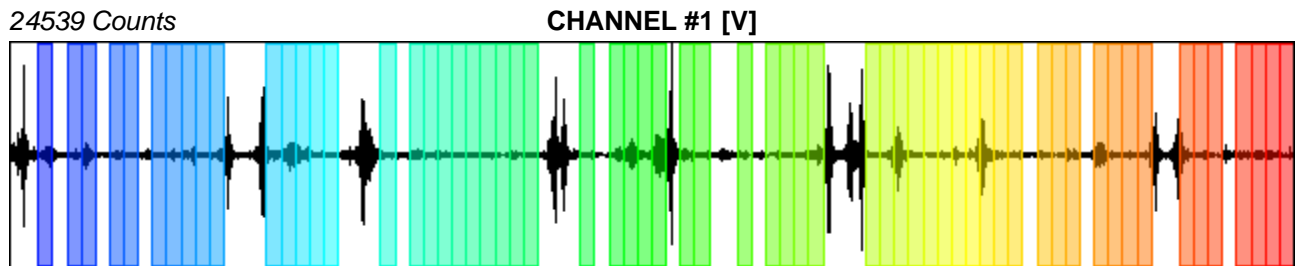
Recording start time: 2019/11/26 12:52:02

Recording length: 30 min

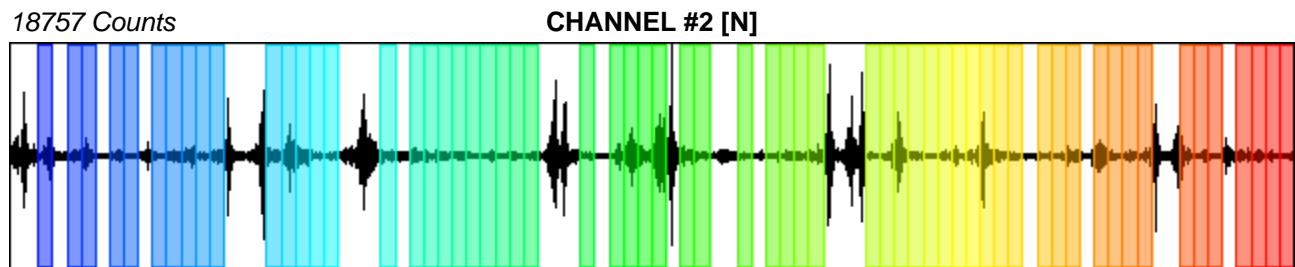
Windows count: 62

Average windows length: 20

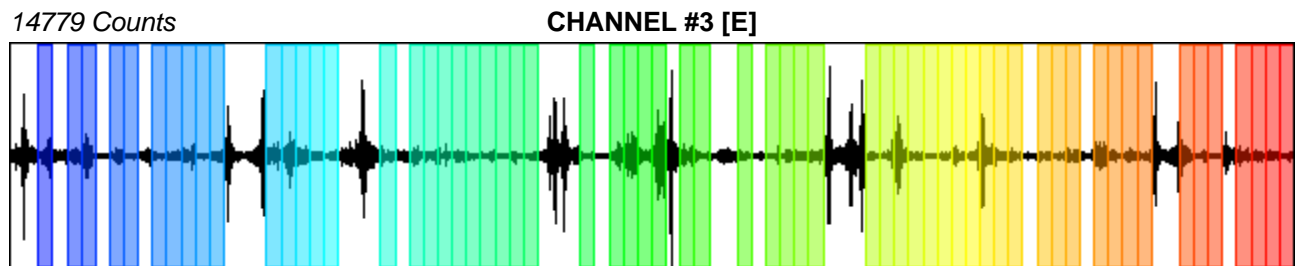
Signal coverage: 68.89%



-21010 Counts



-14975 Counts



-18367 Counts

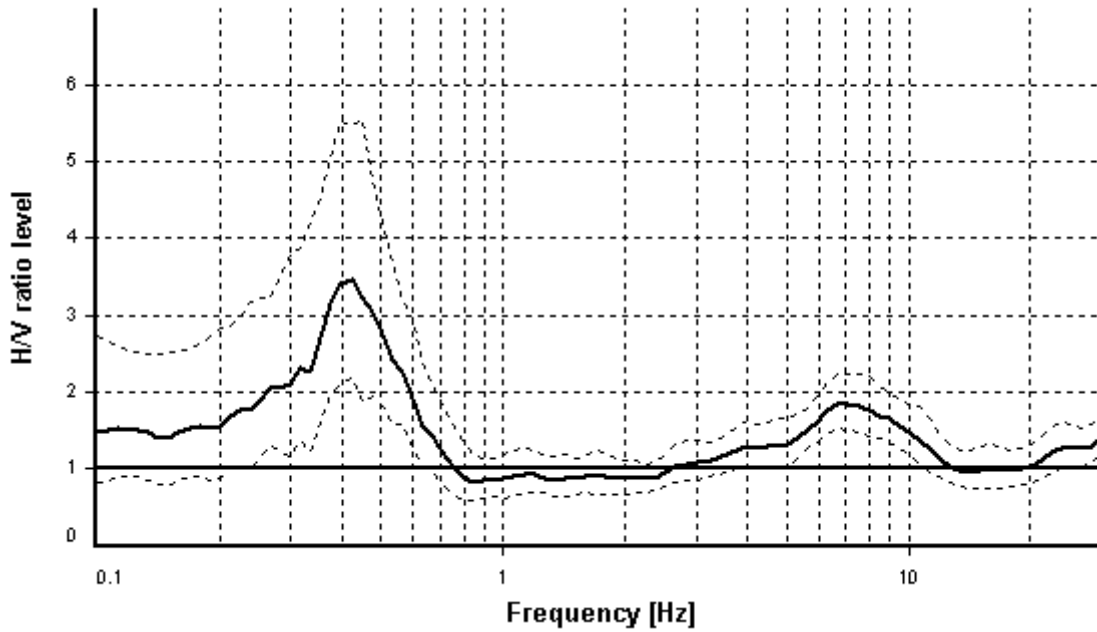
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

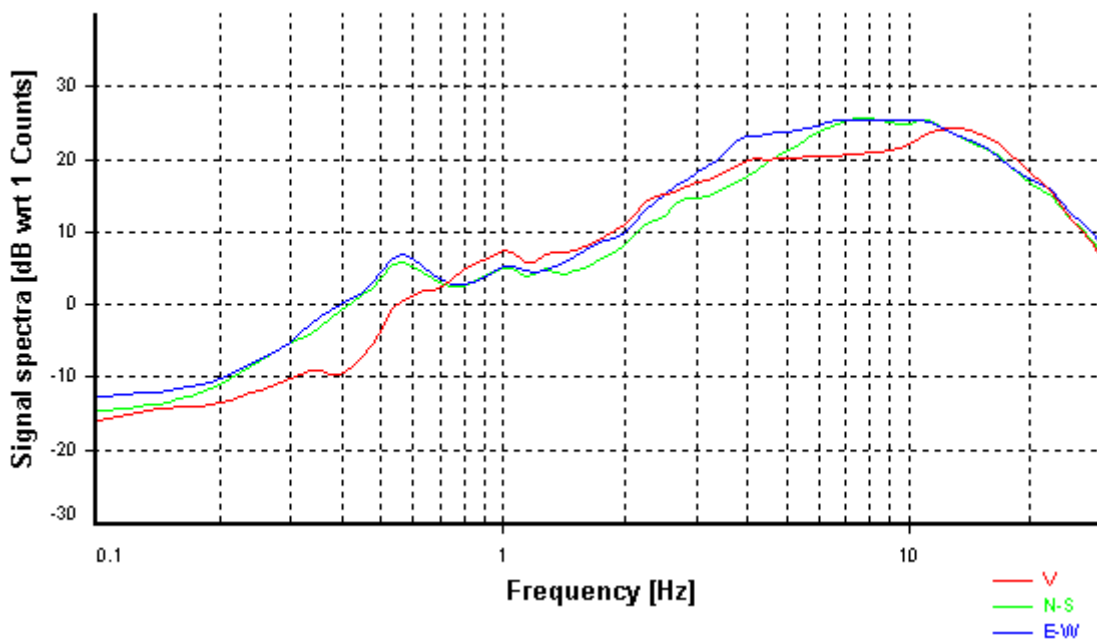
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

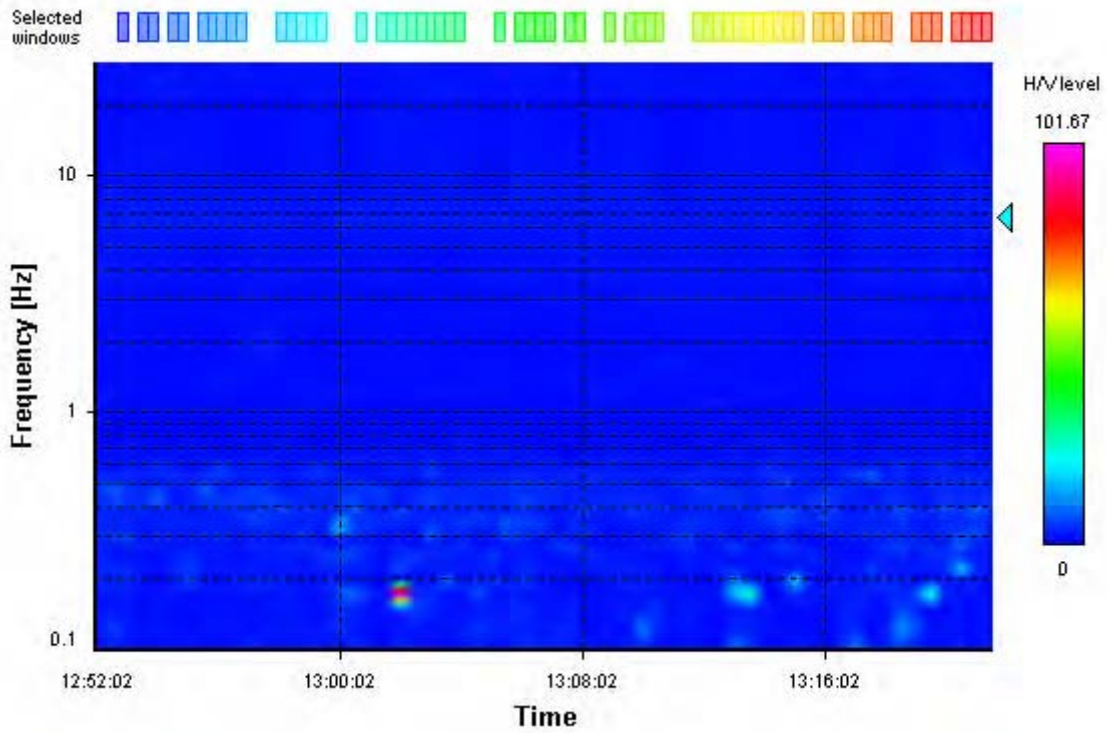
HVSR average



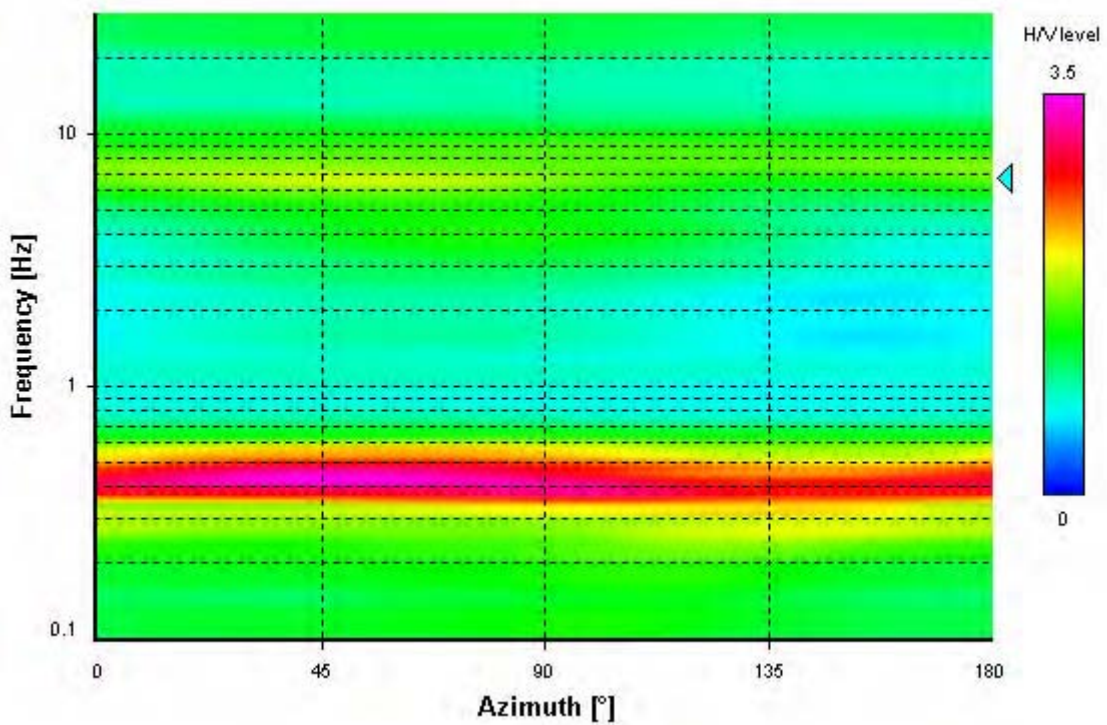
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



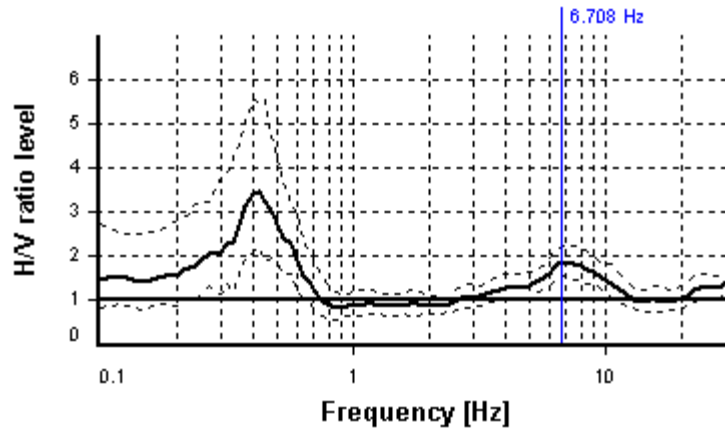
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

6.708 Hz

A_0 amplitude = 1.844

Average $f_0 = 7.241 \pm 1.126$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	62 valid windows (length > 1.49 s) out of 62	OK
$n_c(f_0) > 200$	8317.37 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.37782 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	1.84 <= 2	NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	12.21% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.1259 >= 0.33538	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.20935 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 15a

Address: via delle Vedove, Santa Lucia, Montescudaio (PI)

Latitude: 1630563

Longitude: 4798519

Coordinate system: 3003

Elevation: 190 m s.l.m.

Weather: velato, senza vento

Notes: rumore da traffico veicolare

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2019/11/26 13:45:42

Recording length: 30 min

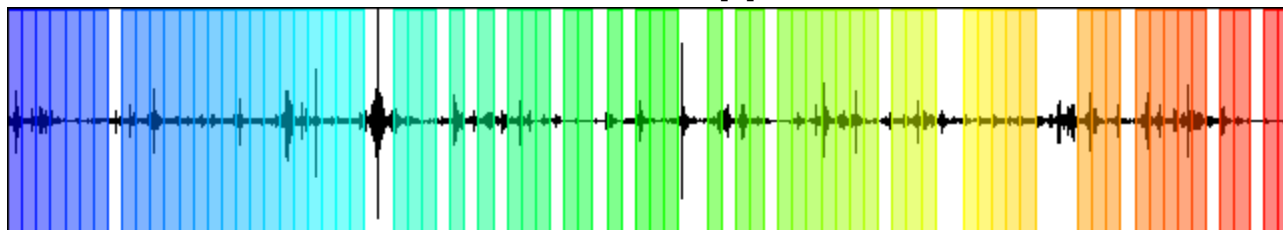
Windows count: 68

Average windows length: 20

Signal coverage: 75.56%

23495 Counts

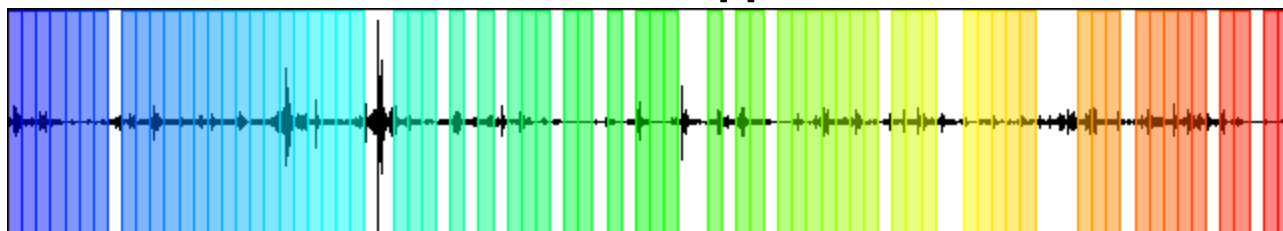
CHANNEL #1 [V]



-20446 Counts

34965 Counts

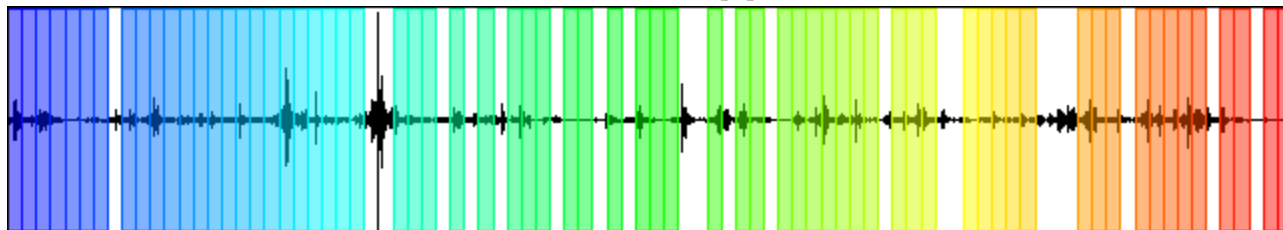
CHANNEL #2 [N]



-38157 Counts

36085 Counts

CHANNEL #3 [E]



-37509 Counts

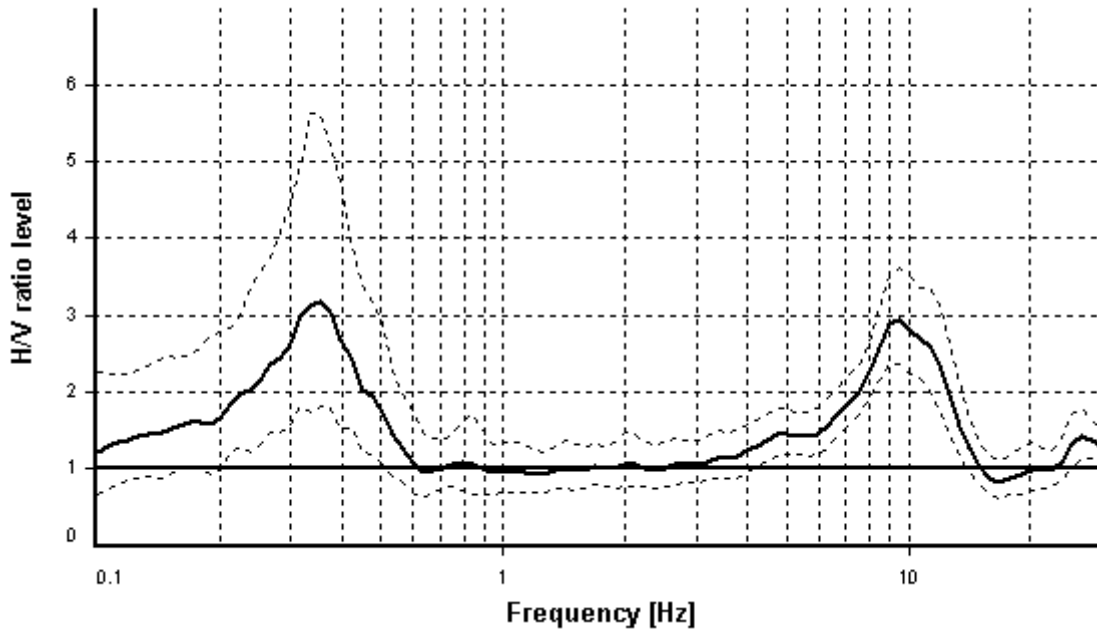
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

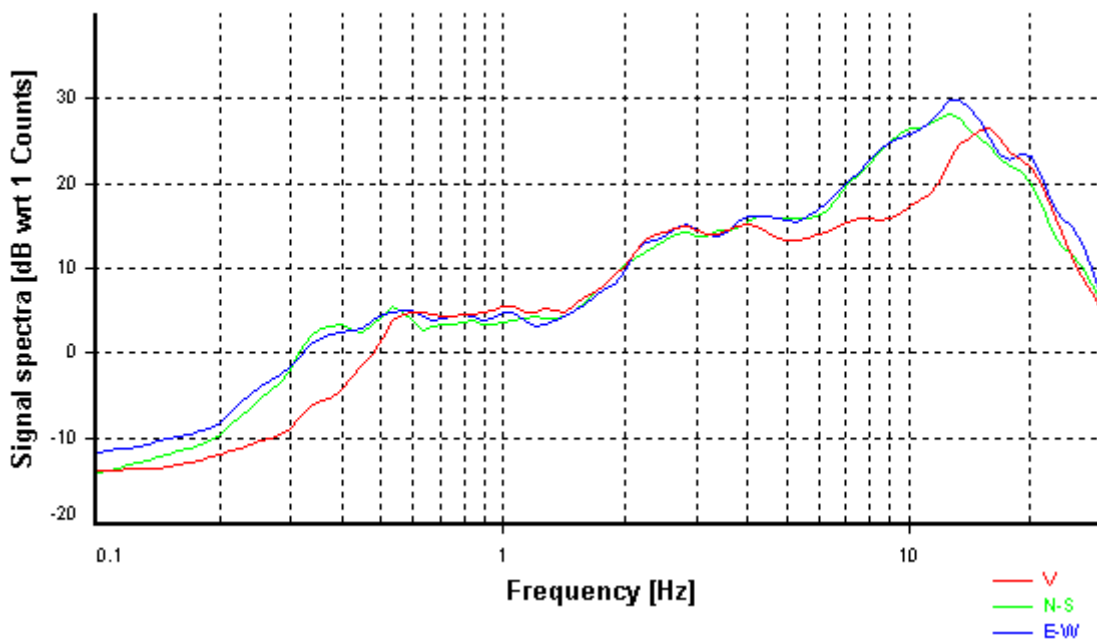
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

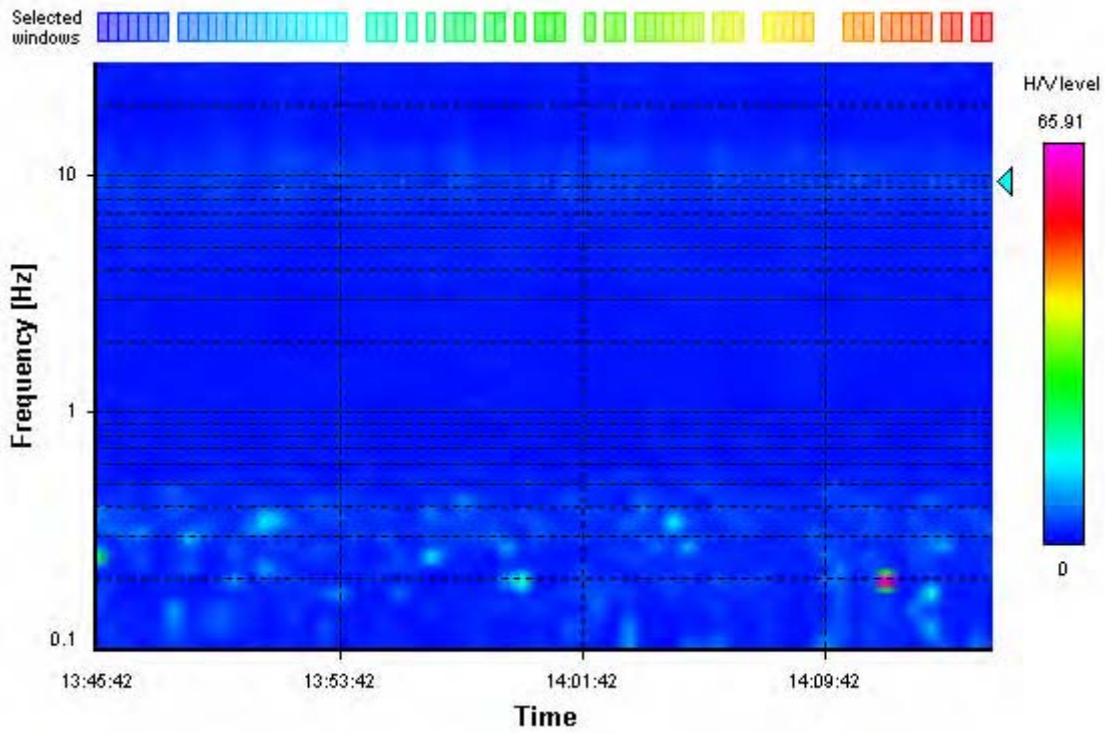
HVSR average



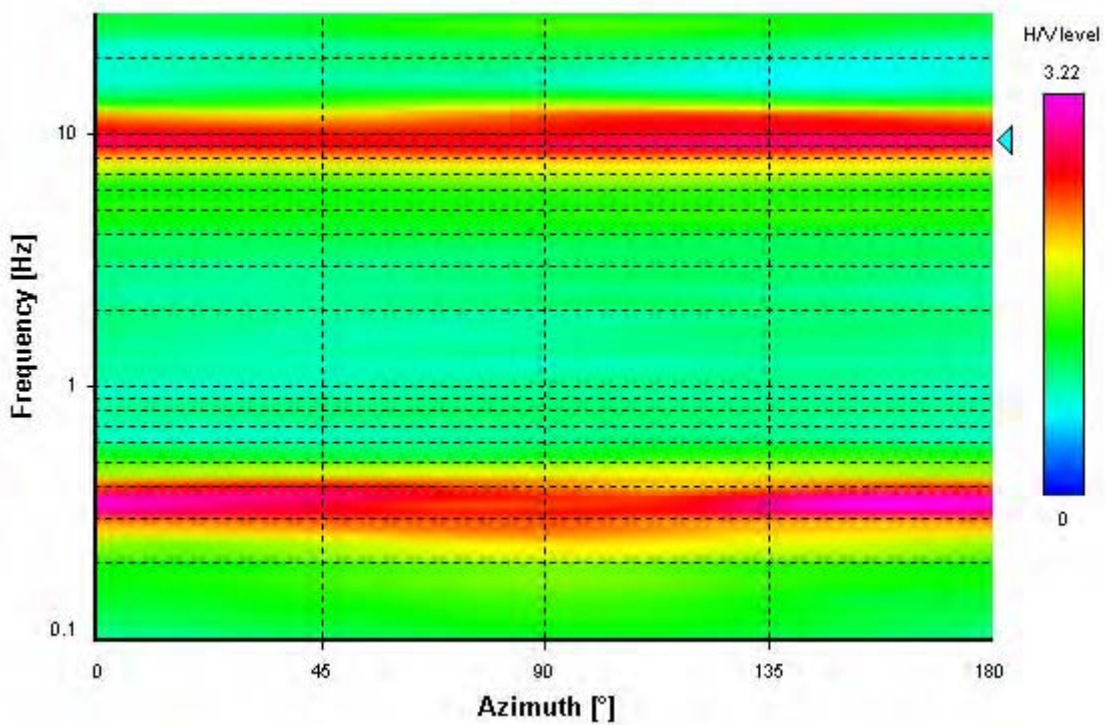
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



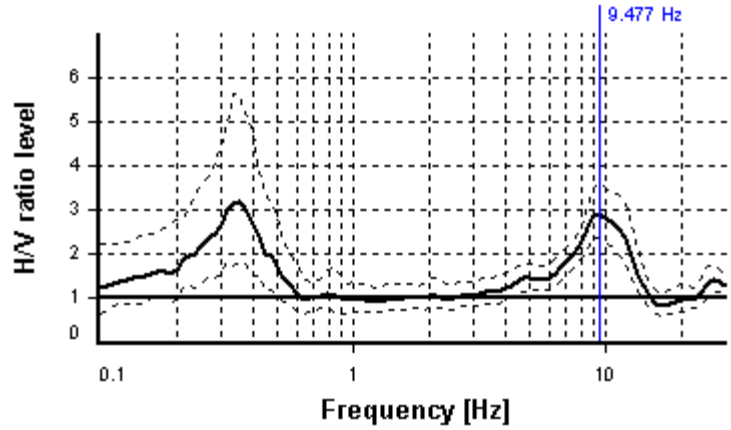
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

9.477 Hz

A_0 amplitude = 2.925

Average $f_0 = 9.791 \pm 1.101$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	68 valid windows (length > 1.06 s) out of 68	OK
$n_c(f_0) > 200$	12889.37 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	5.97752 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	14.18544 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.92 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.10052 >= 0.47387	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.23817 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 15b

Address: via delle Vedove, Santa Lucia, Montescudaio (PI)

Latitude: 1630563

Longitude: 4798519

Coordinate system: 3003

Elevation: 190 m s.l.m.

Weather: velato, senza vento

Notes: rumore da traffico veicolare

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

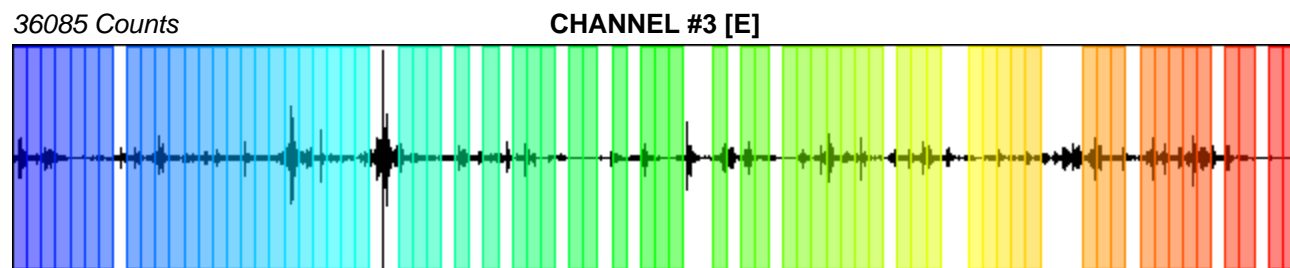
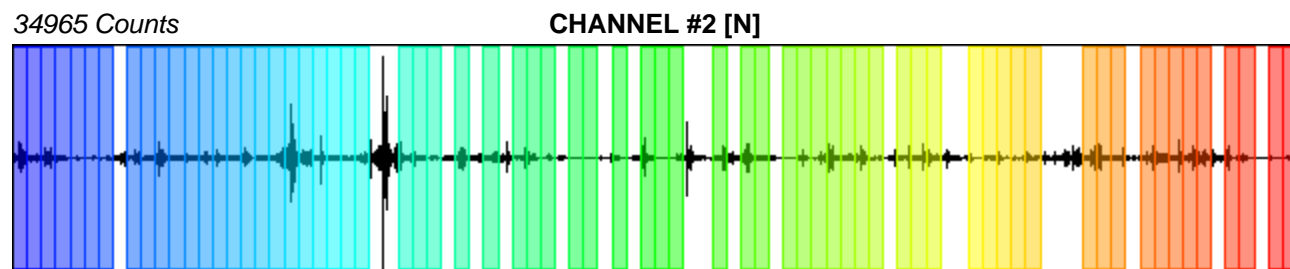
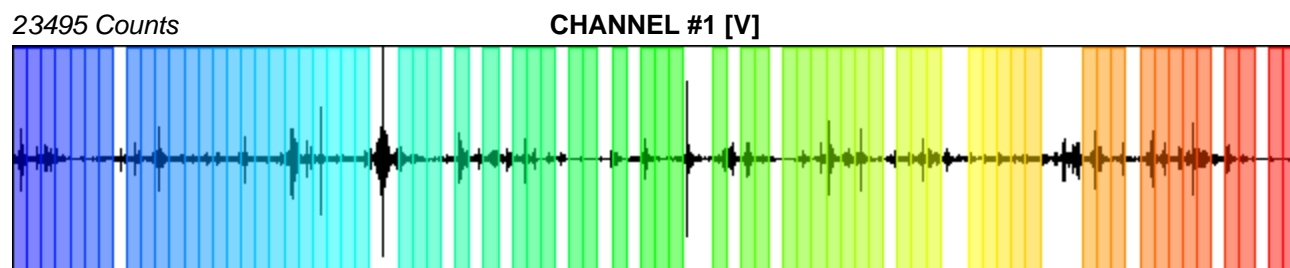
Recording start time: 2019/11/26 13:45:42

Recording length: 30 min

Windows count: 68

Average windows length: 20

Signal coverage: 75.56%



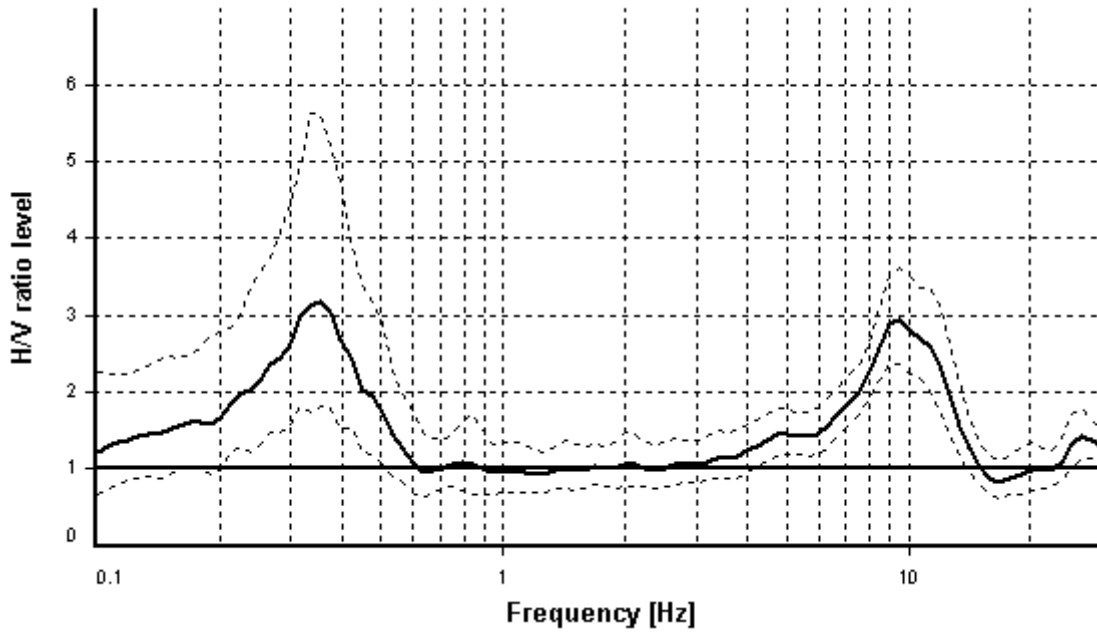
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

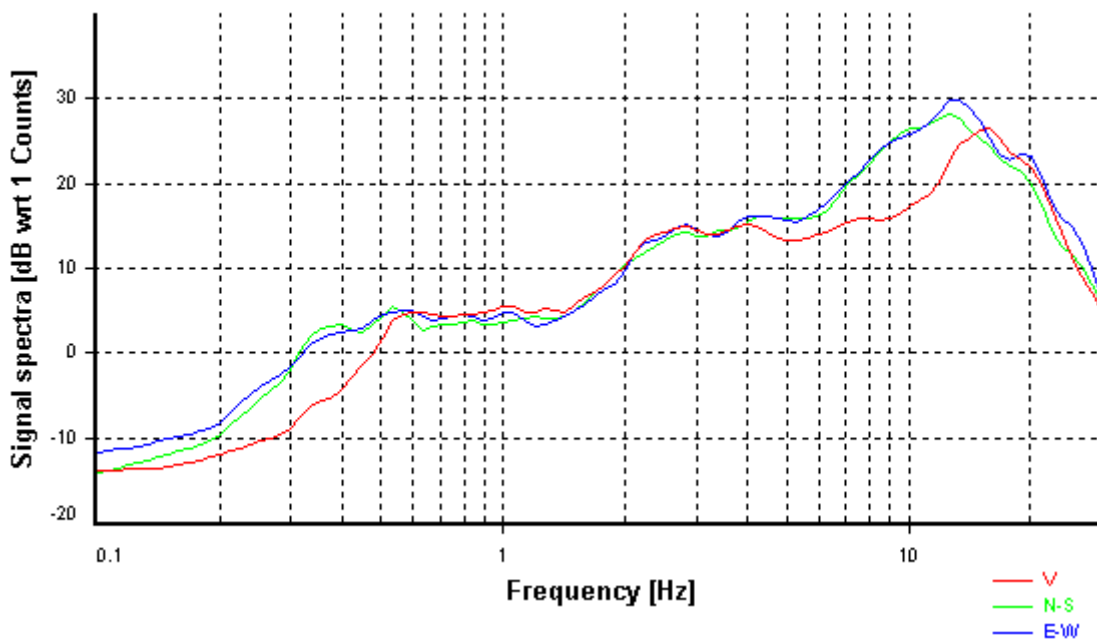
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

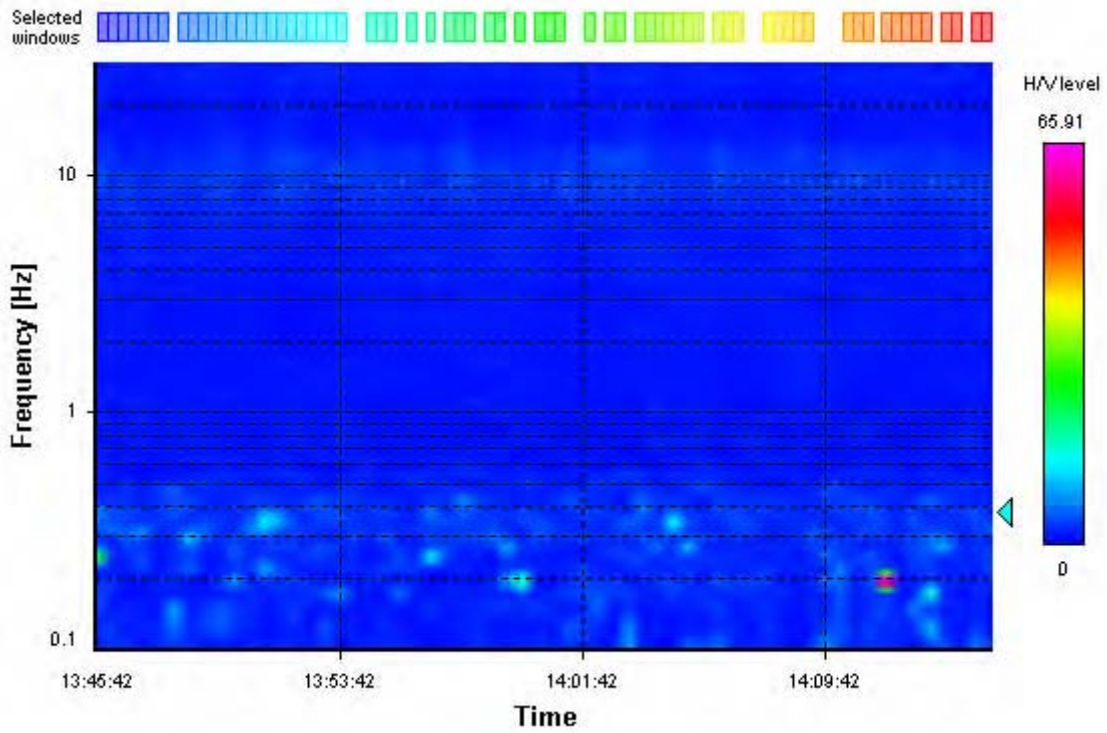
HVSR average



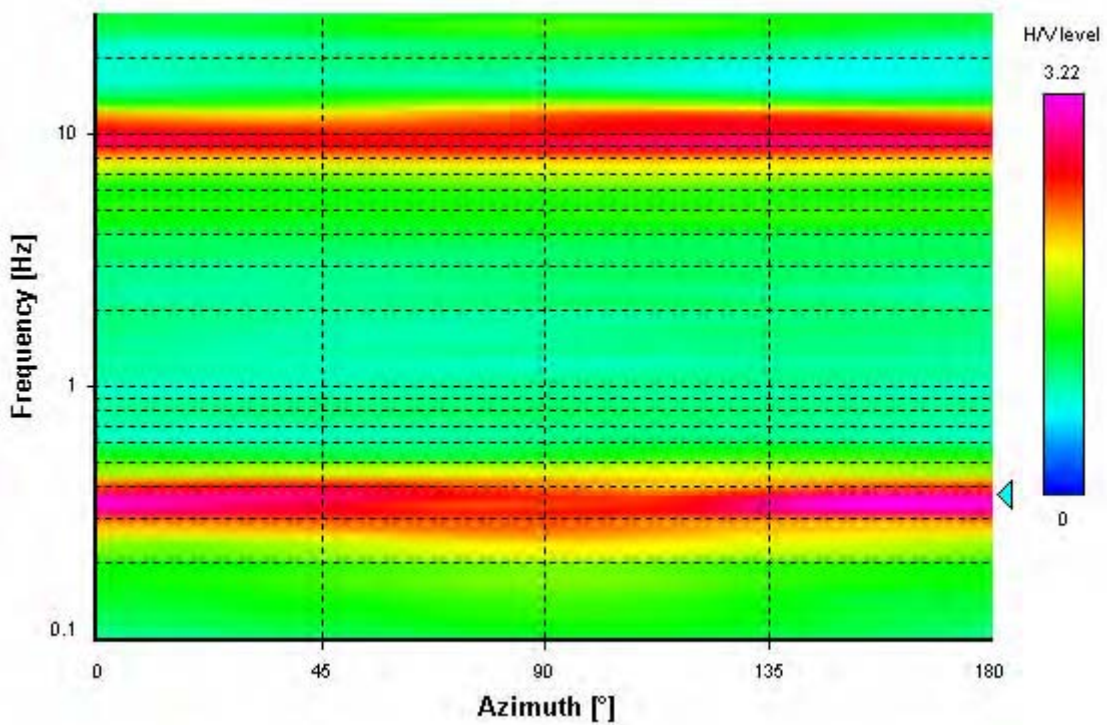
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



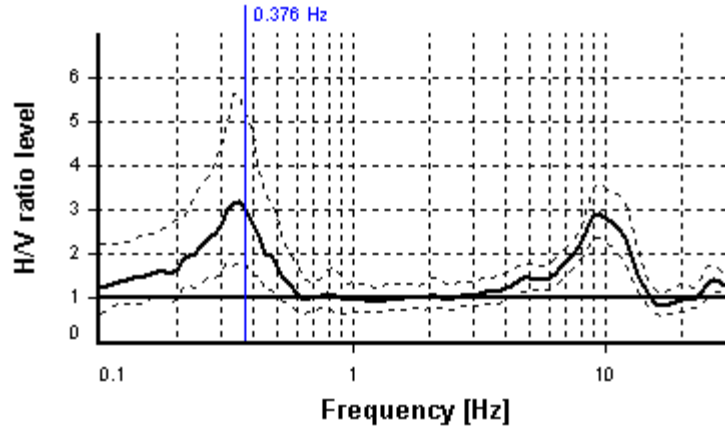
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.376 Hz

A_0 amplitude = 3.043

Average $f_0 = 0.354 \pm 0.075$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	0 valid windows (length > 26.58 s) out of 68	NO
$n_c(f_0) > 200$	0 <= 200	NO
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.14968 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0.53164 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.04 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	15.87% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.07465 < 0.07525	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.71659 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 16

Address: Scuole, Montescudaio (PI)

Latitude: 1631426

Longitude: 4798399

Coordinate system: 3003

Elevation: 205 m s.l.m.

Weather: velato, vento debole da sud ovest

Notes: rumore da traffico veicolare

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

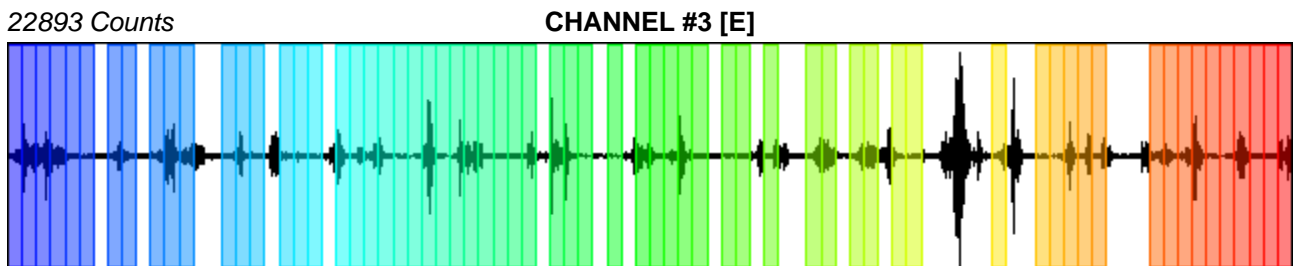
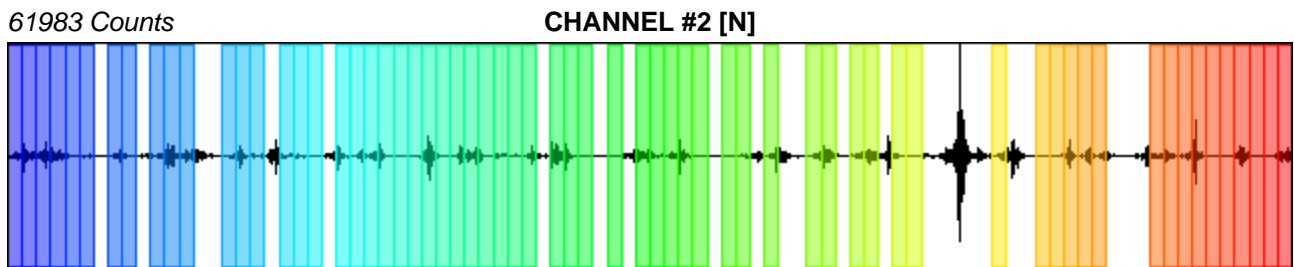
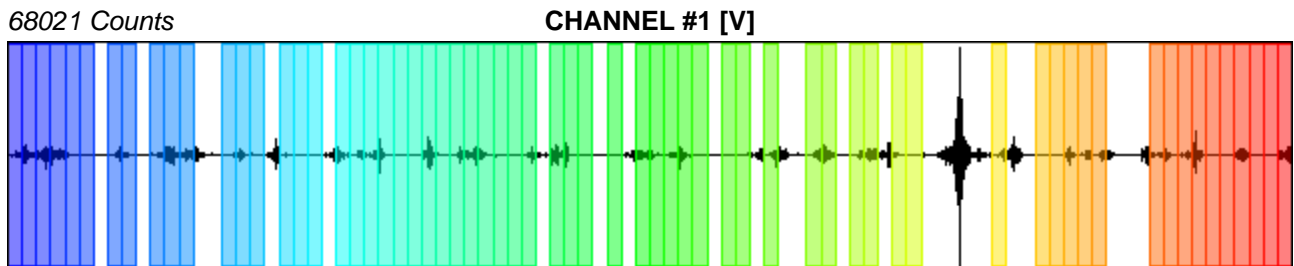
Recording start time: 2019/11/26 14:39:14

Recording length: 30 min

Windows count: 65

Average windows length: 20

Signal coverage: 72.22%



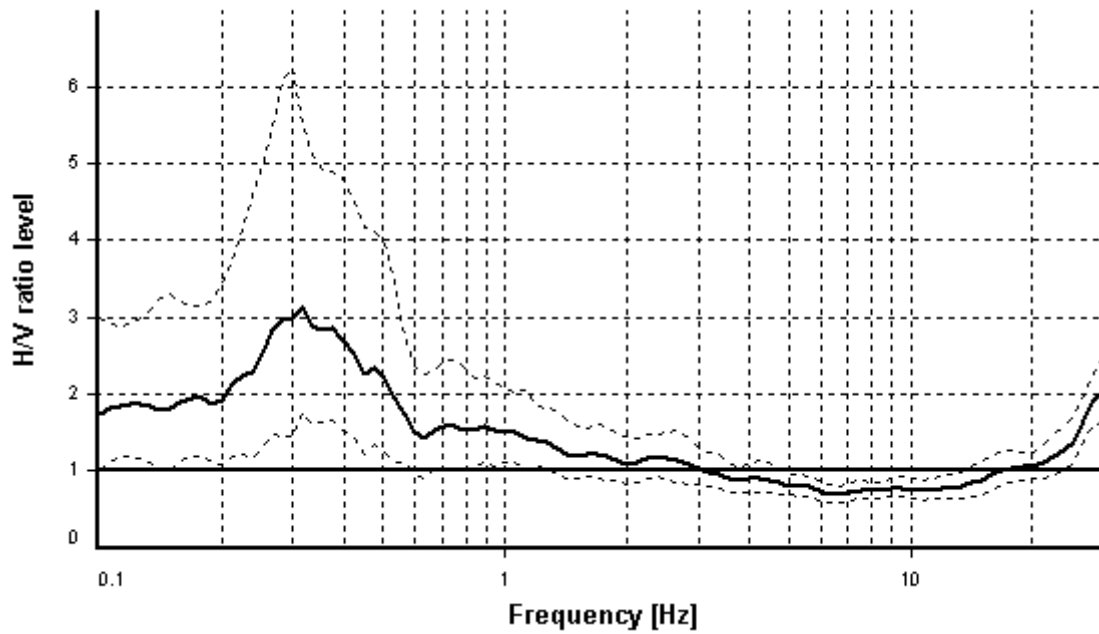
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

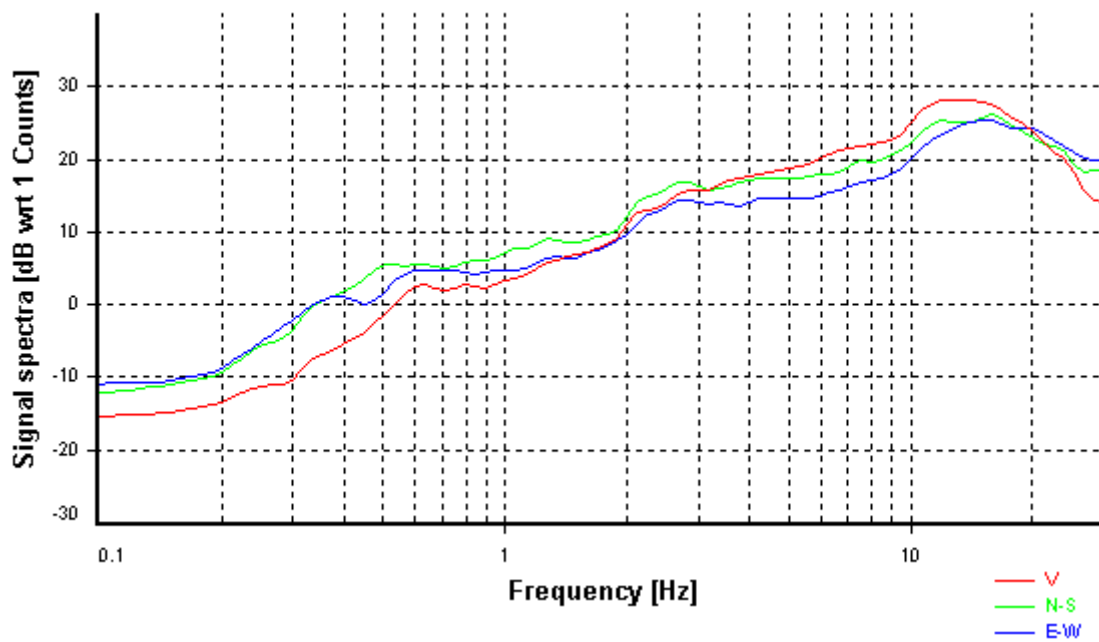
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

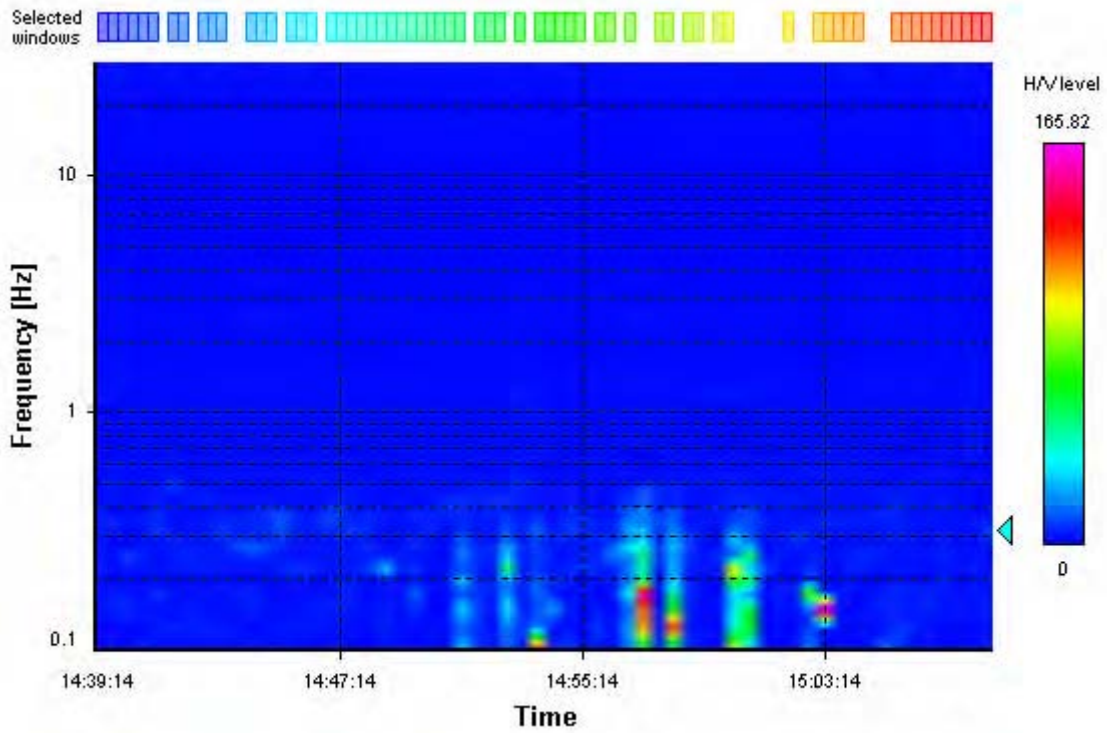
HVSR average



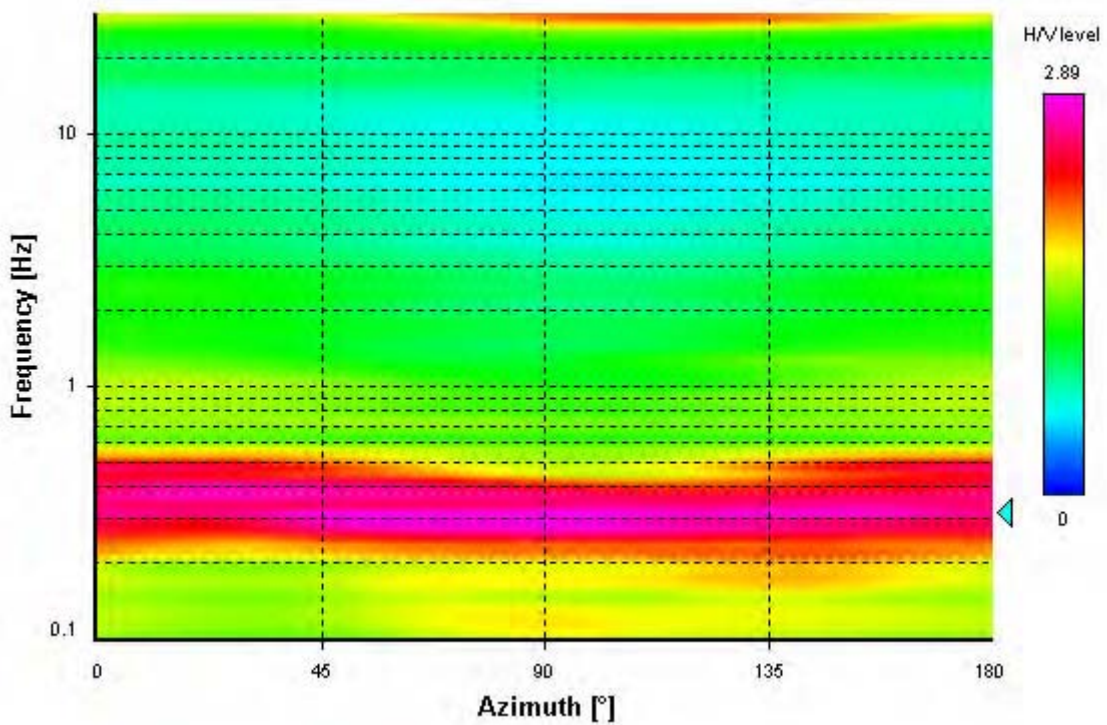
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



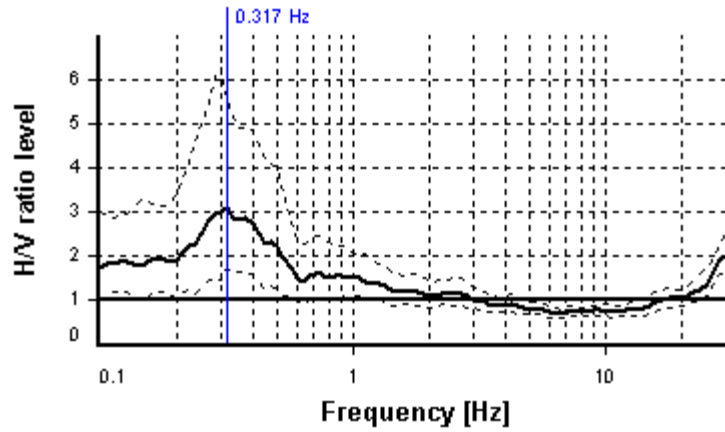
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.317 Hz

A_0 amplitude = 3.109

Average $f_0 = 0.340 \pm 0.079$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	0 valid windows (length > 31.59 s) out of 65	NO
$n_c(f_0) > 200$	0 <= 200	NO
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0.59657 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.11 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	5.6% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.07948 >= 0.06331	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.7821 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 17a

Address: Piazza Cinotti, Montescudaio (PI)

Latitude: 1632321

Longitude: 4798095

Coordinate system: 3003

Elevation: 239 m s.l.m.

Weather: velato, vento debole da sud ovest

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

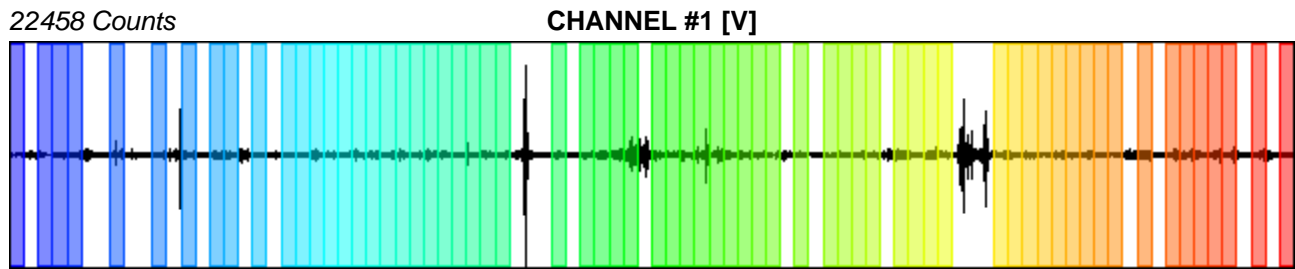
Recording start time: 2019/11/26 15:28:20

Recording length: 30 min

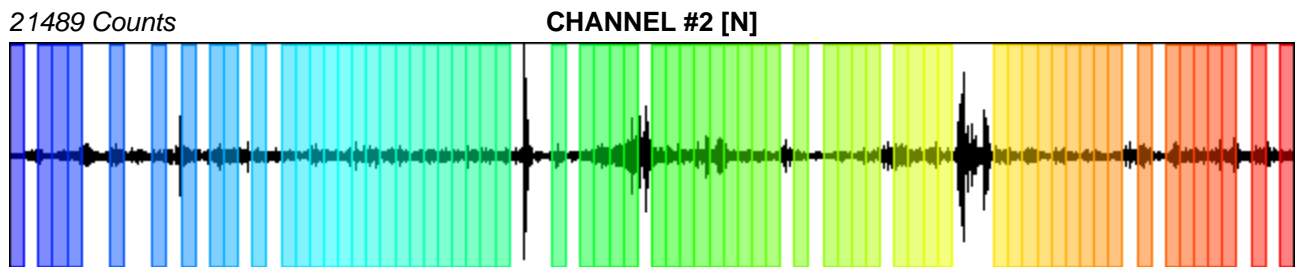
Windows count: 66

Average windows length: 20

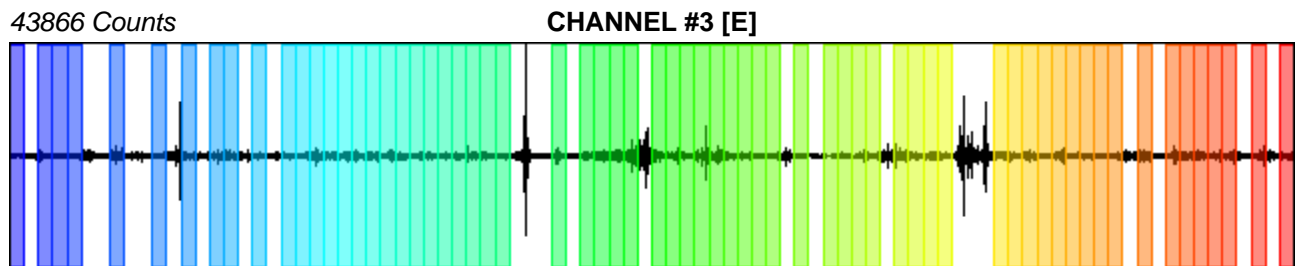
Signal coverage: 73.33%



-27657 Counts



-19794 Counts



-31321 Counts

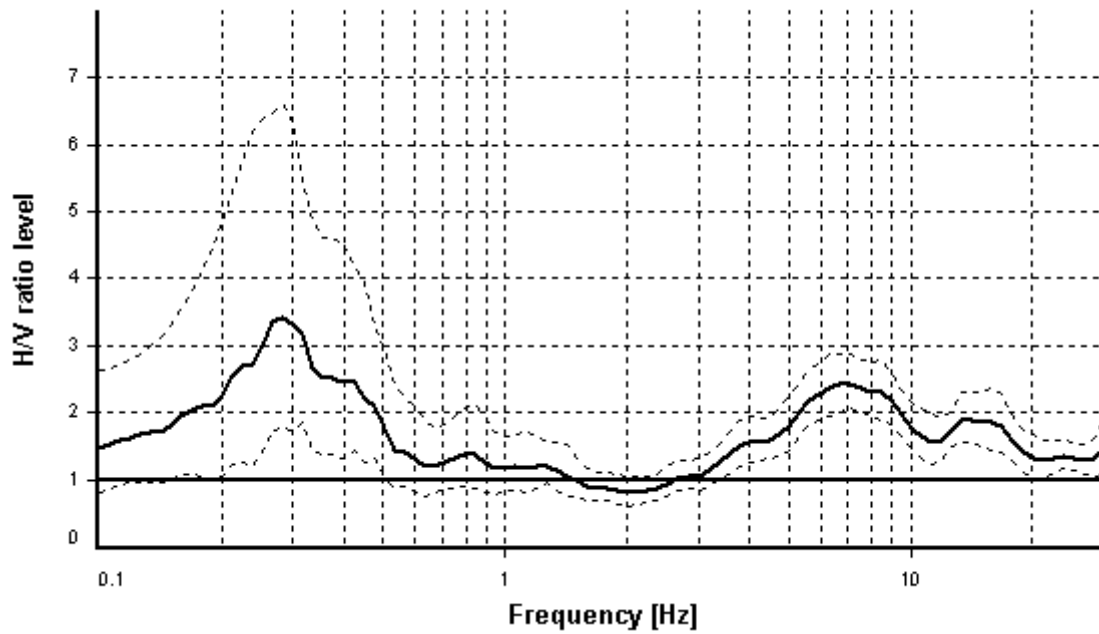
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

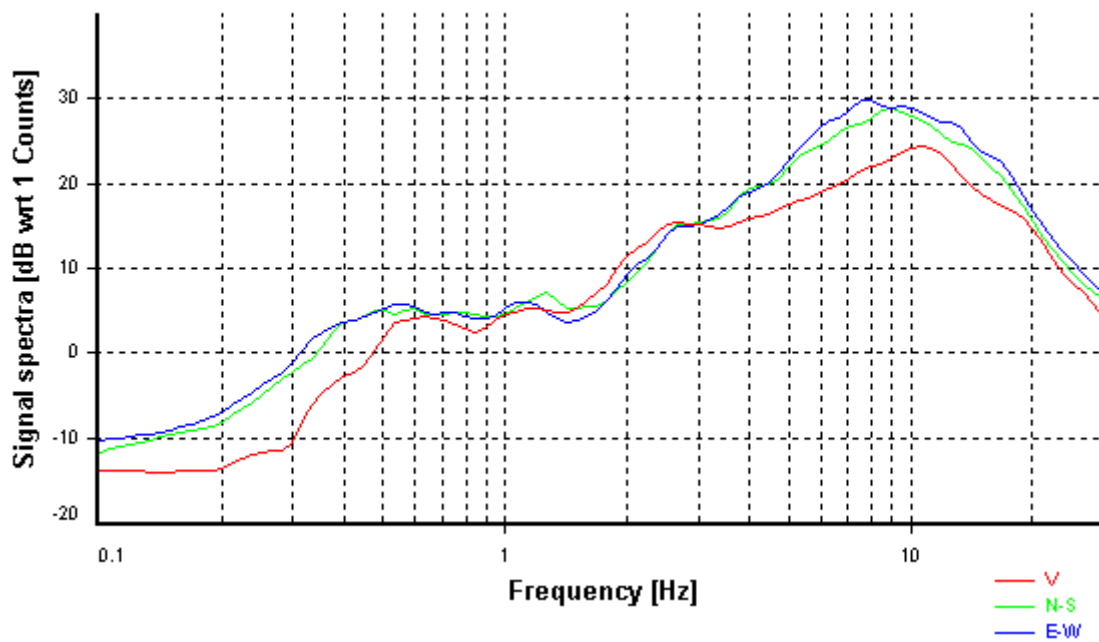
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

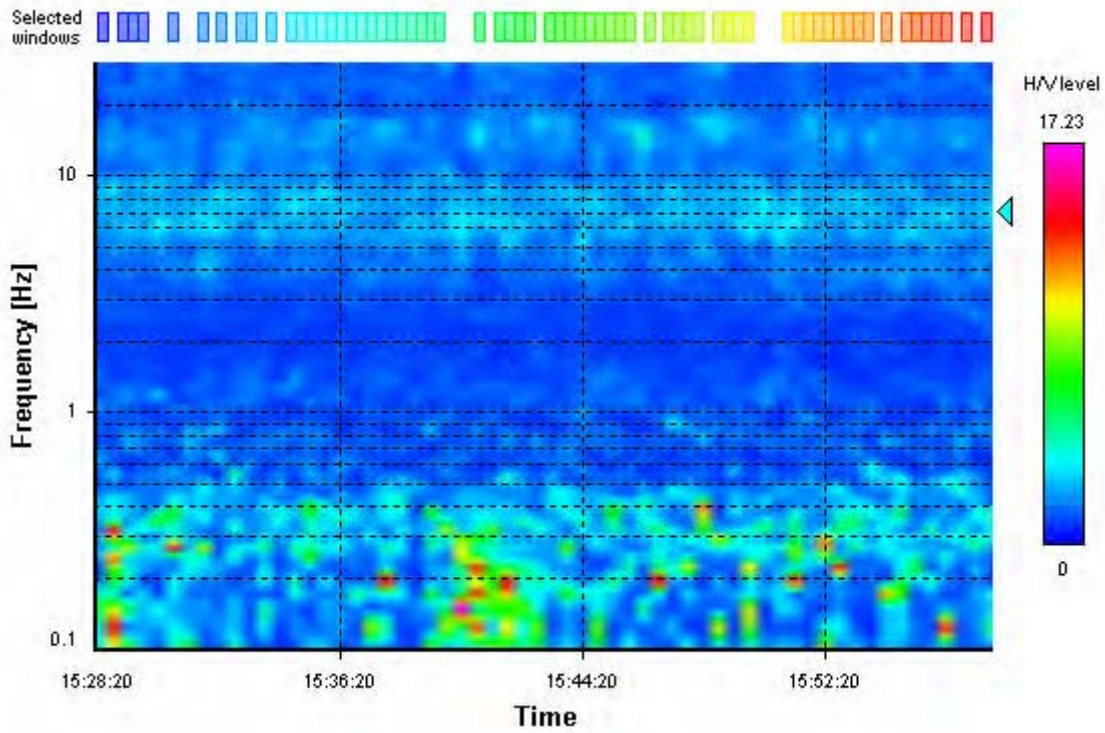
HVSR average



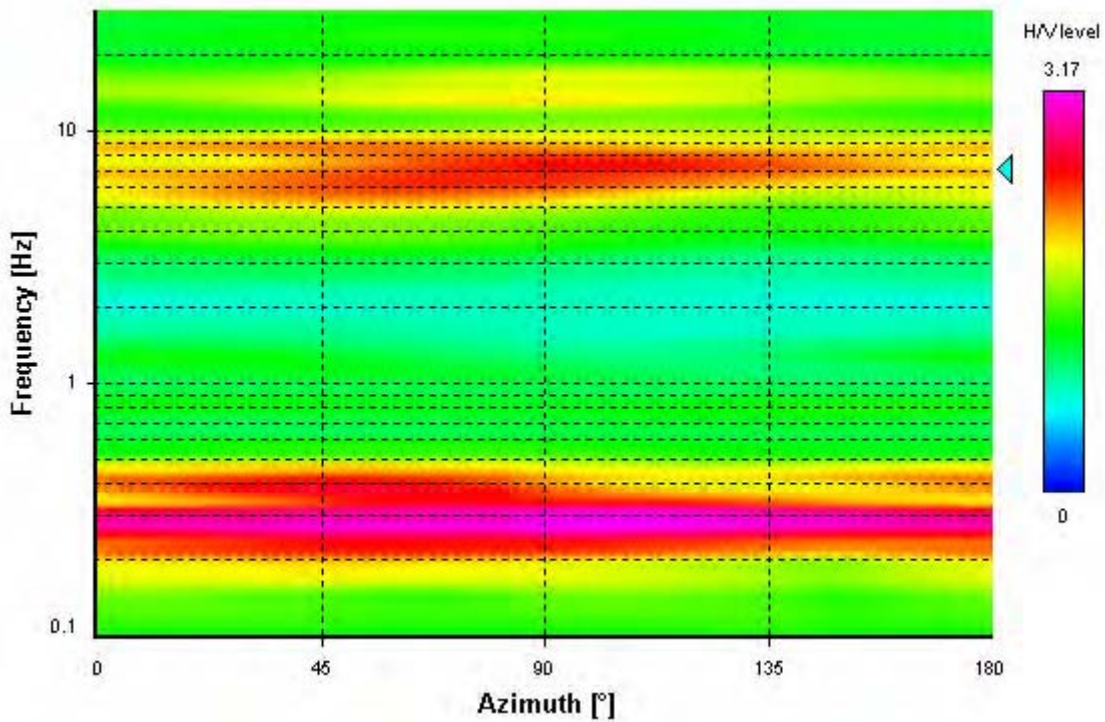
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



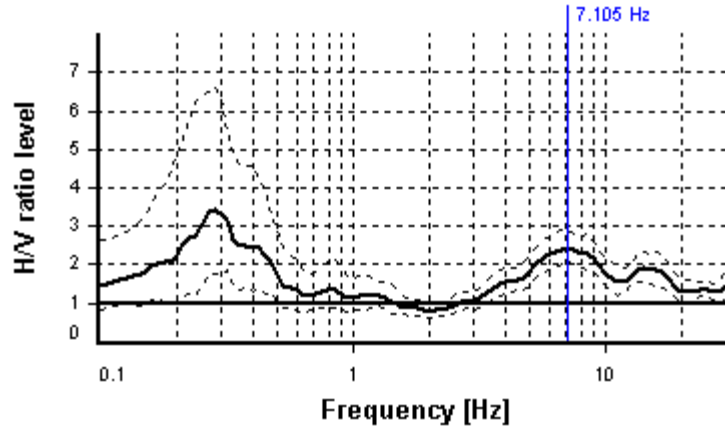
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

7.105 Hz

A_0 amplitude = 2.442

Average f_0 = 6.962 ± 0.998



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	66 valid windows (length > 1.41 s) out of 66	OK
$n_c(f_0) > 200$	9379.06 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	3.17165 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.44 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.99815 >= 0.35527	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.18383 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 17b

Address: Piazza Cinotti, Montescudaio (PI)

Latitude: 1632321

Longitude: 4798095

Coordinate system: 3003

Elevation: 239 m s.l.m.

Weather: velato, vento debole da sud ovest

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

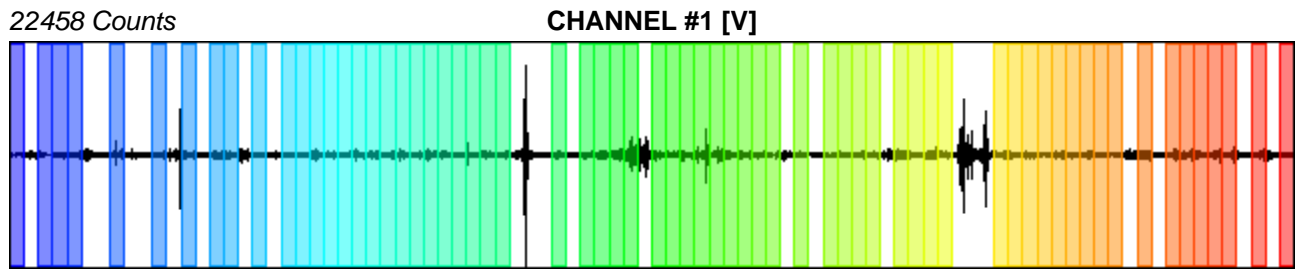
Recording start time: 2019/11/26 15:28:20

Recording length: 30 min

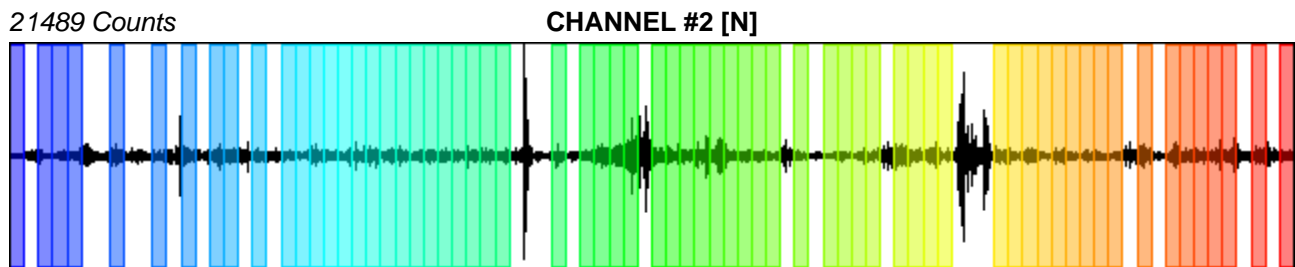
Windows count: 66

Average windows length: 20

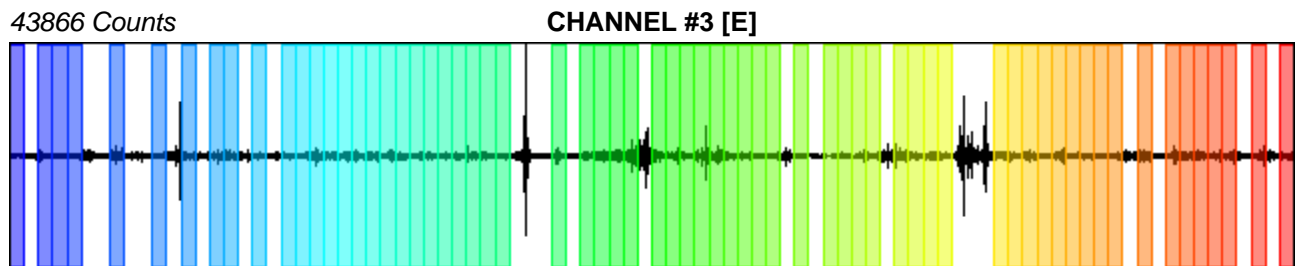
Signal coverage: 73.33%



-27657 Counts



-19794 Counts



-31321 Counts

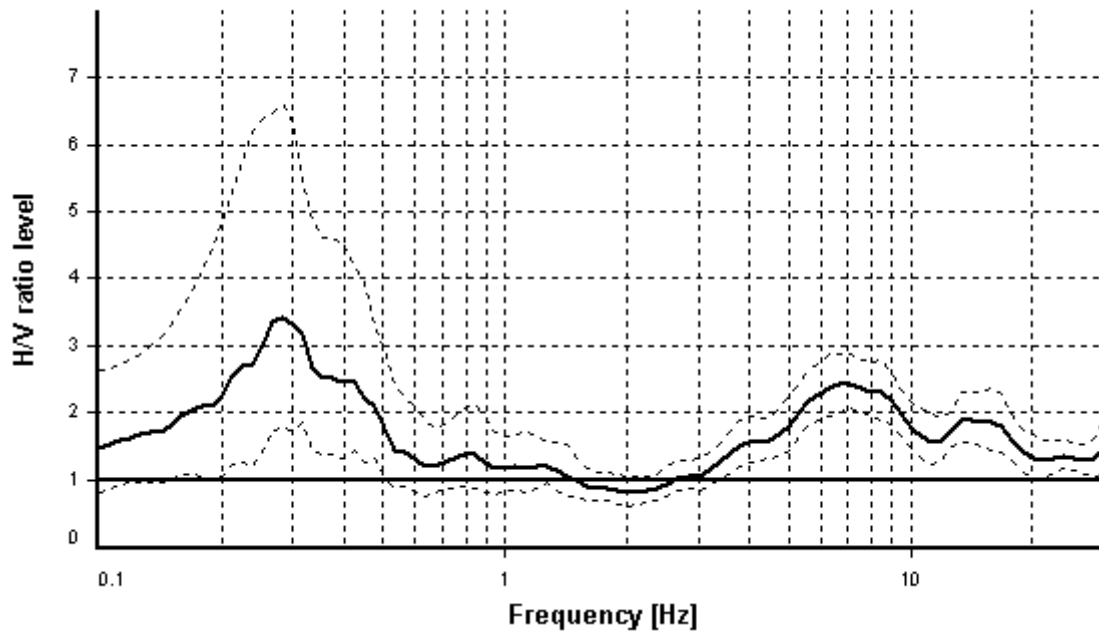
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

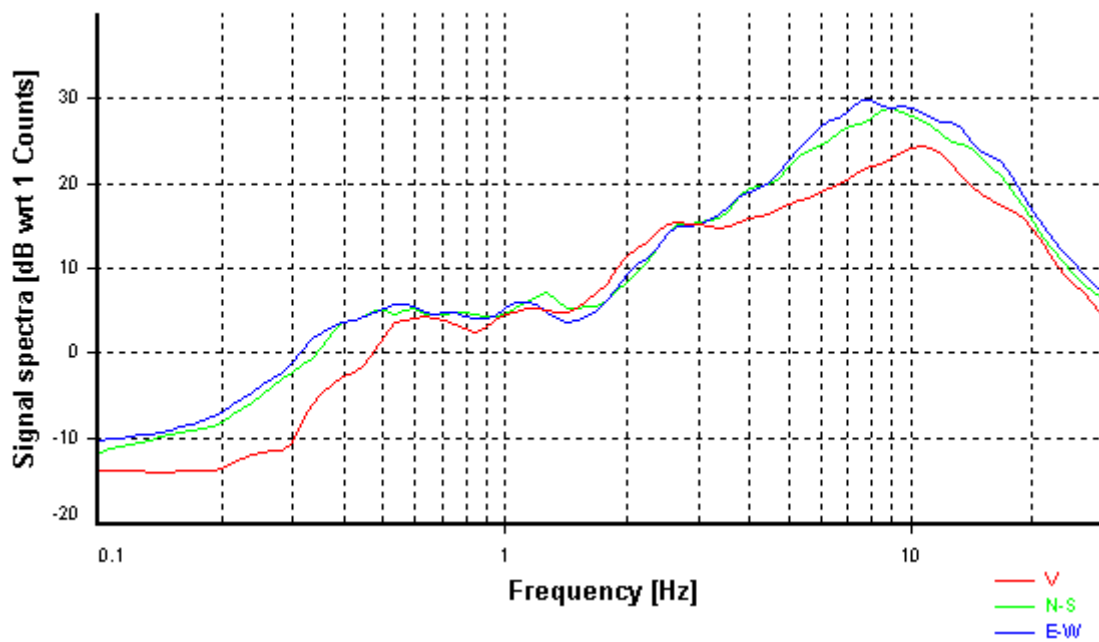
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

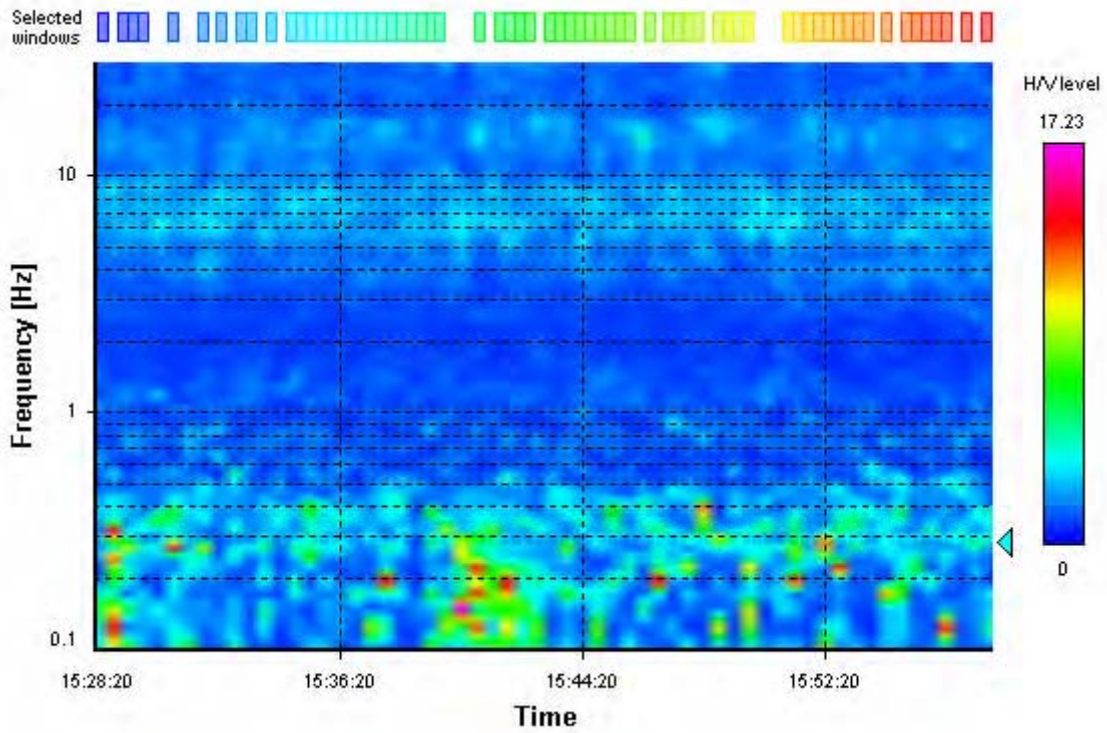
HVSR average



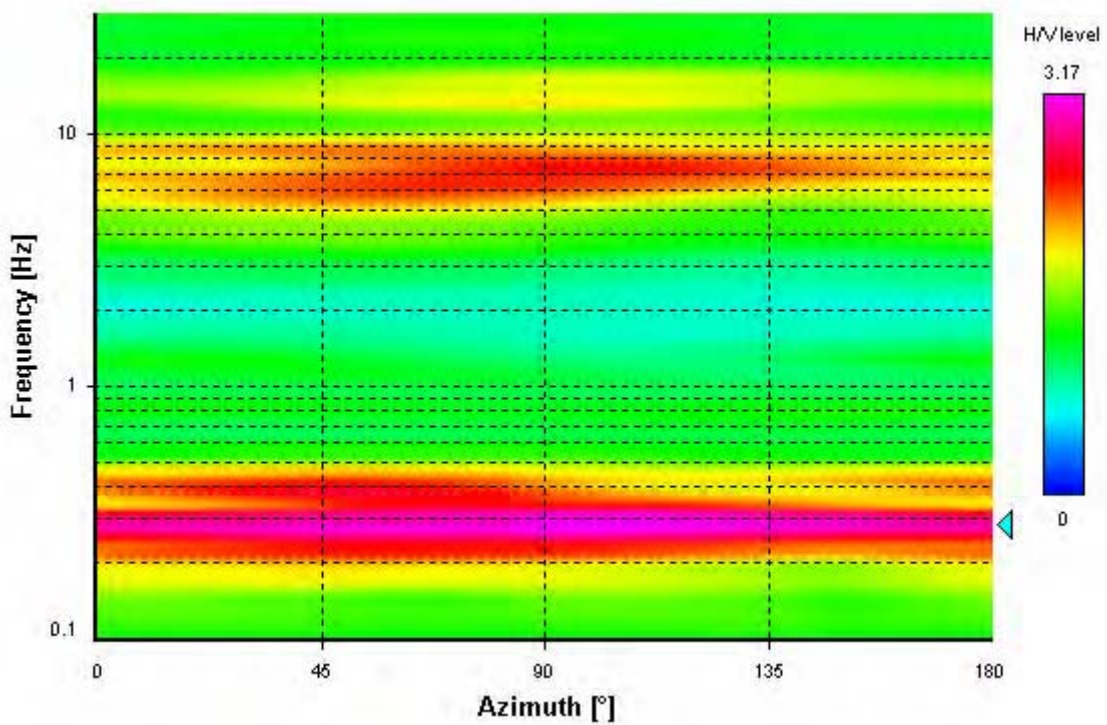
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



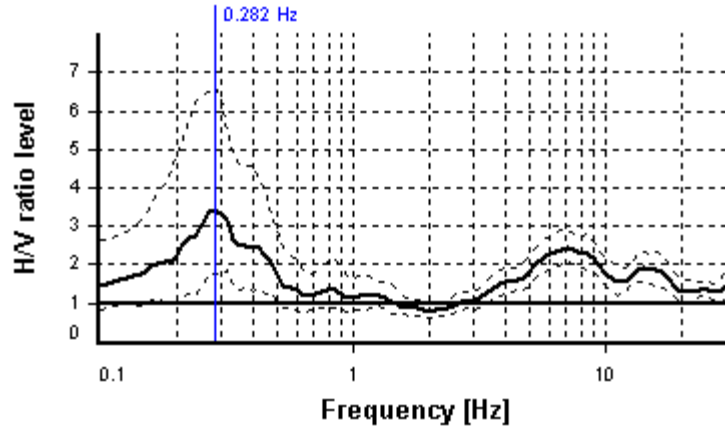
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.282 Hz

A_0 amplitude = 3.430

Average $f_0 = 0.297 \pm 0.068$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	0 valid windows (length > 35.45 s) out of 66	NO
$n_c(f_0) > 200$	0 \leq 200	NO
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.13339 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0.53164 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.43 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	12.21% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.06764 \geq 0.05642	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.93258 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 18

Address: via Giovanni Paolo II, Il Boschetto, Montescudaio (PI)

Latitude: 1632321

Longitude: 4798095

Coordinate system: 3003

Elevation: 244 m s.l.m.

Weather: velato, vento debole da sud ovest

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

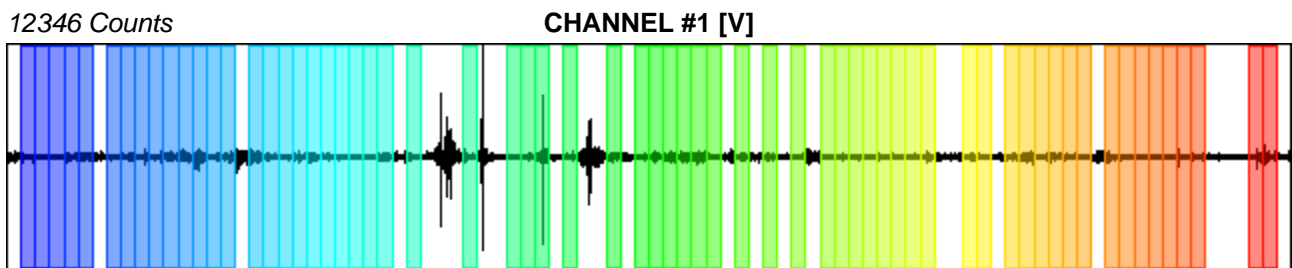
Recording start time: 2019/11/26 16:14:47

Recording length: 30 min

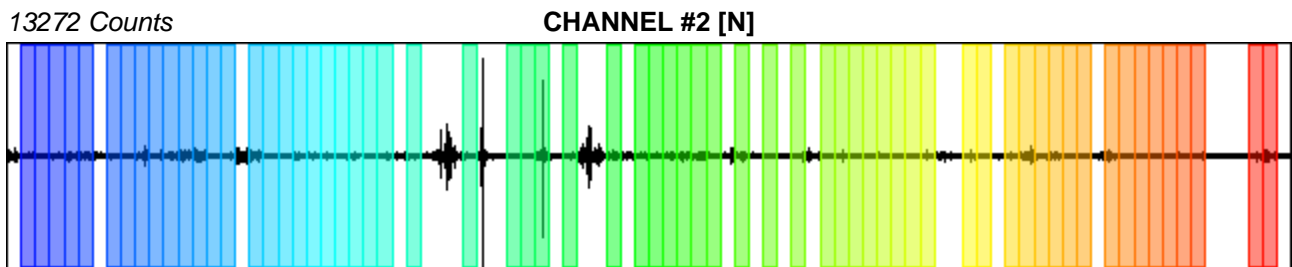
Windows count: 65

Average windows length: 20

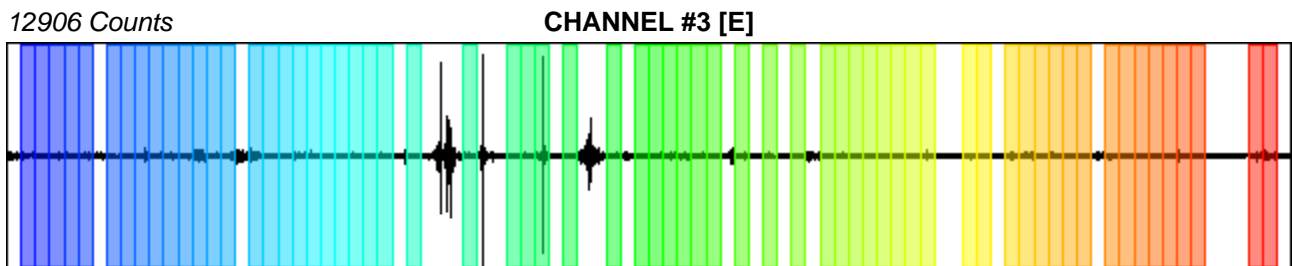
Signal coverage: 72.22%



-10354 Counts



-15244 Counts



-14082 Counts

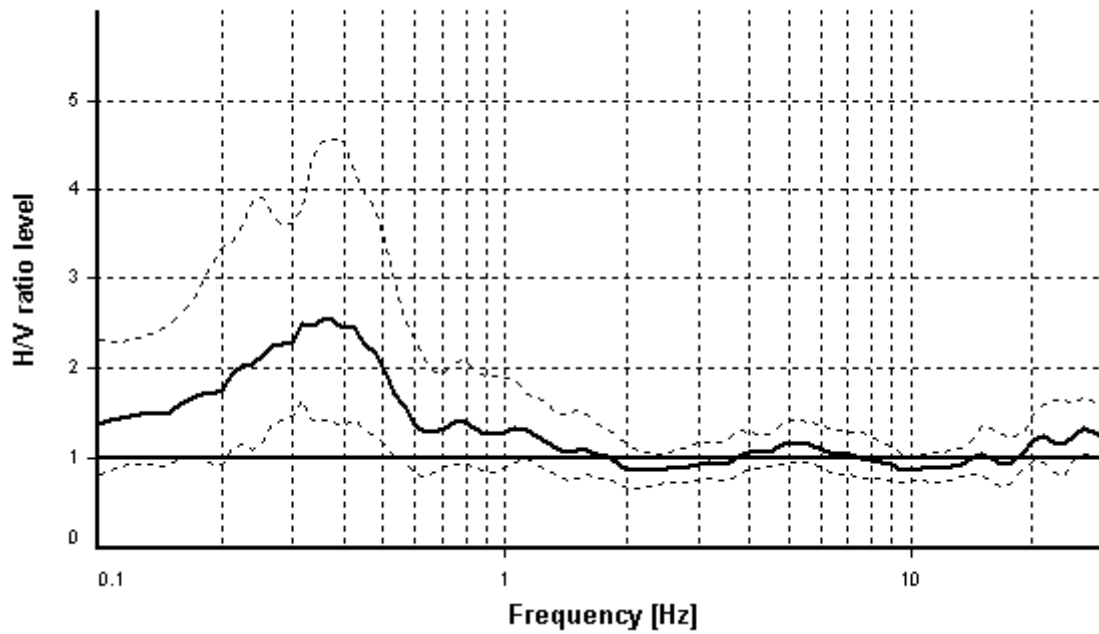
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

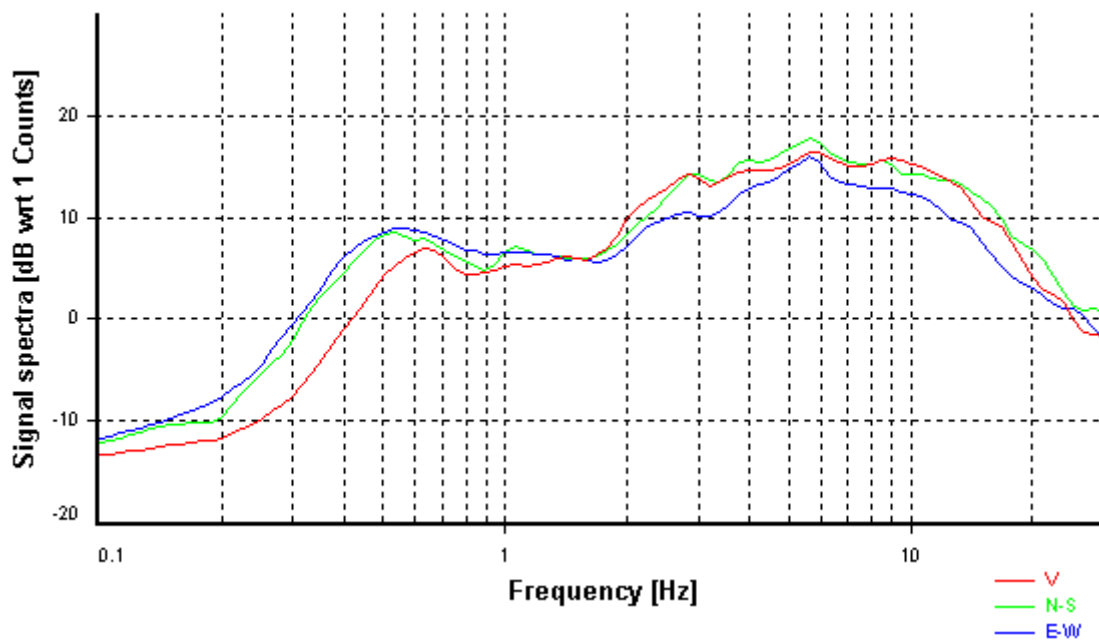
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

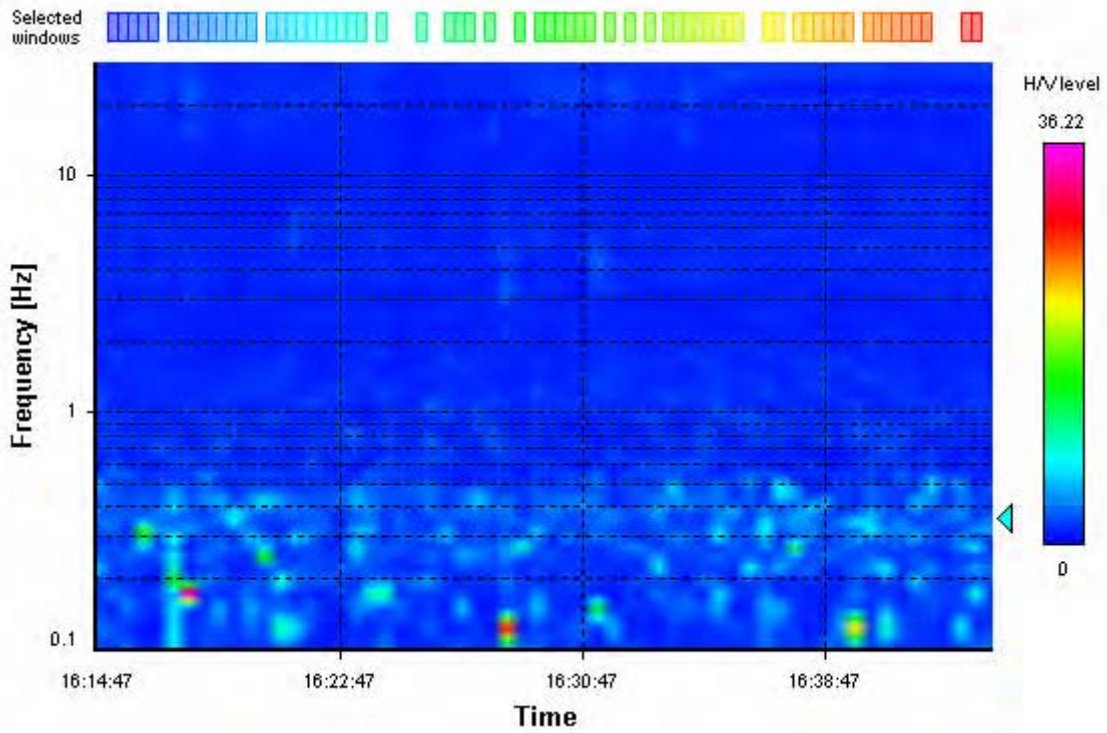
HVSR average



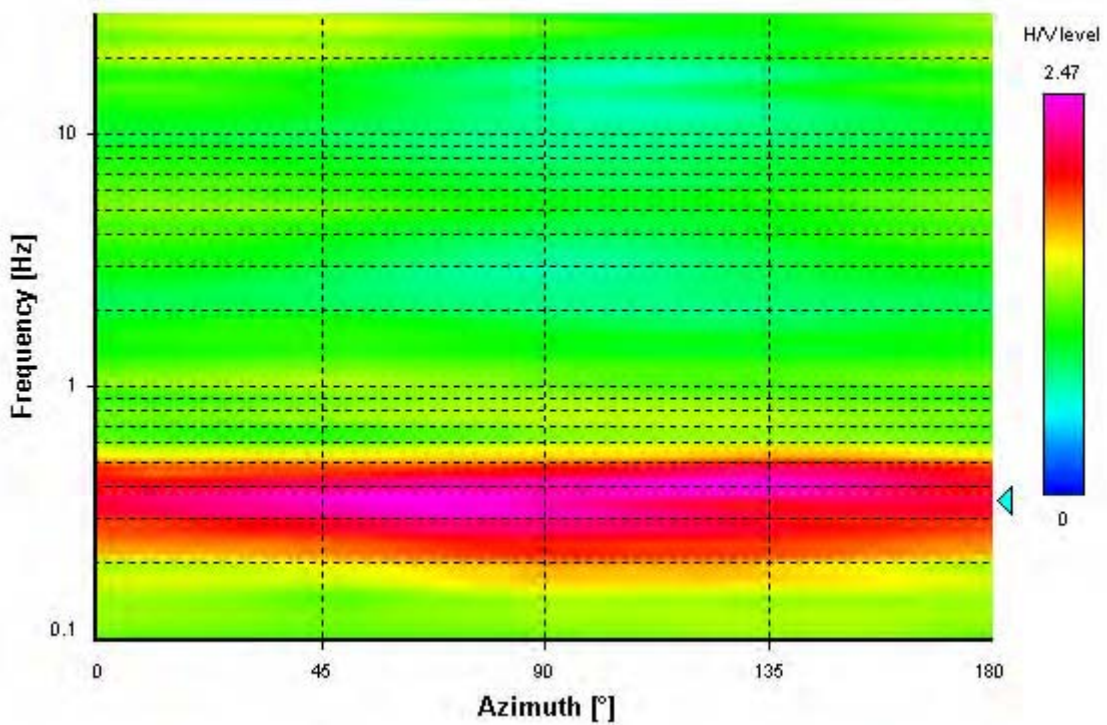
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



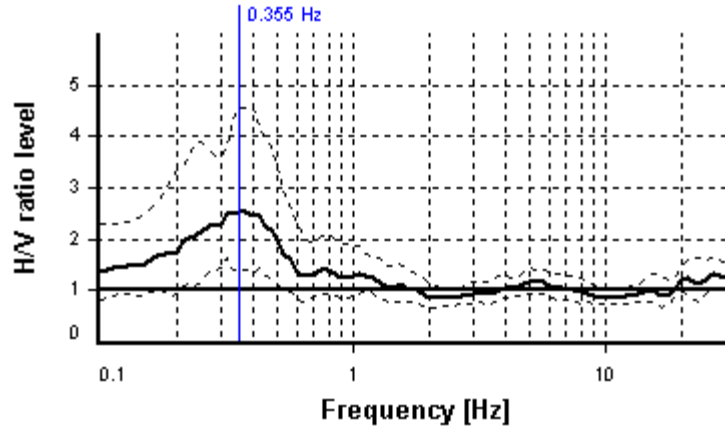
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.355 Hz

A_0 amplitude = 2.539

Average $f_0 = 0.367 \pm 0.092$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	0 valid windows (length > 28.15 s) out of 65	NO
$n_c(f_0) > 200$	0 \leq 200	NO
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0.89292 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.54 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	12.21% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.0918 \geq 0.07104	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.78809 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 19

Address: Voltola, Castellina M.ma (PI)

Latitude: 1627659

Longitude: 4807293

Coordinate system: 3003

Elevation: 372 m s.l.m.

Weather: sereno, senza vento

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

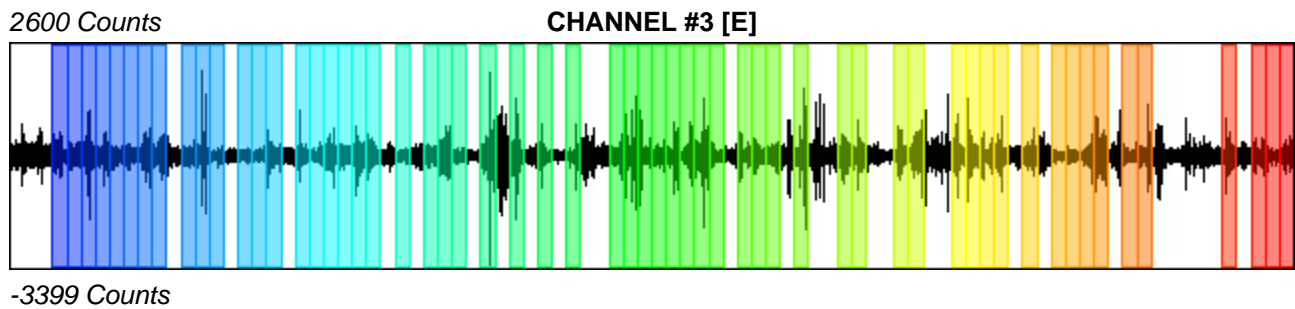
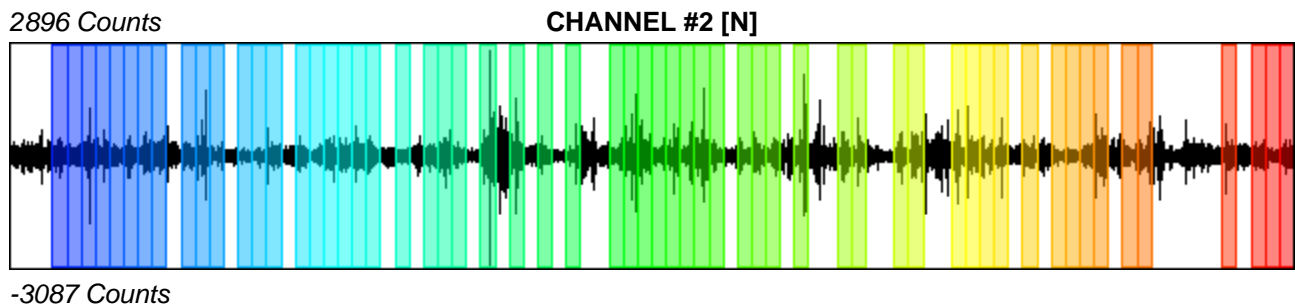
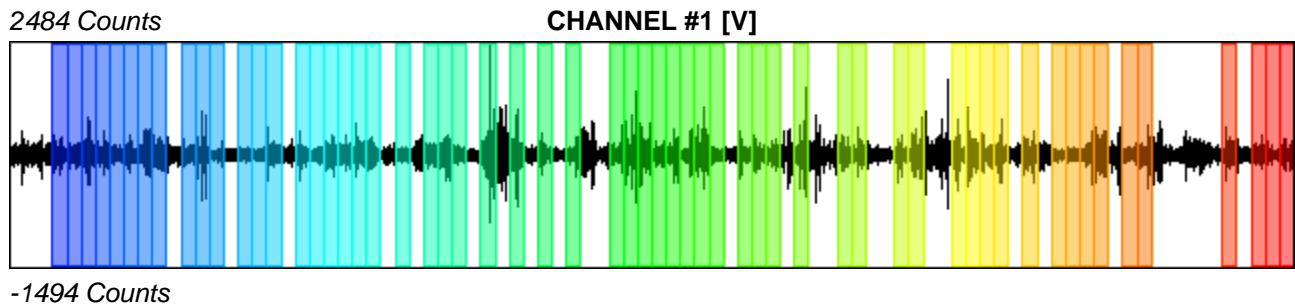
Recording start time: 2019/12/05 12:43:56

Recording length: 30 min

Windows count: 59

Average windows length: 20

Signal coverage: 65.56%



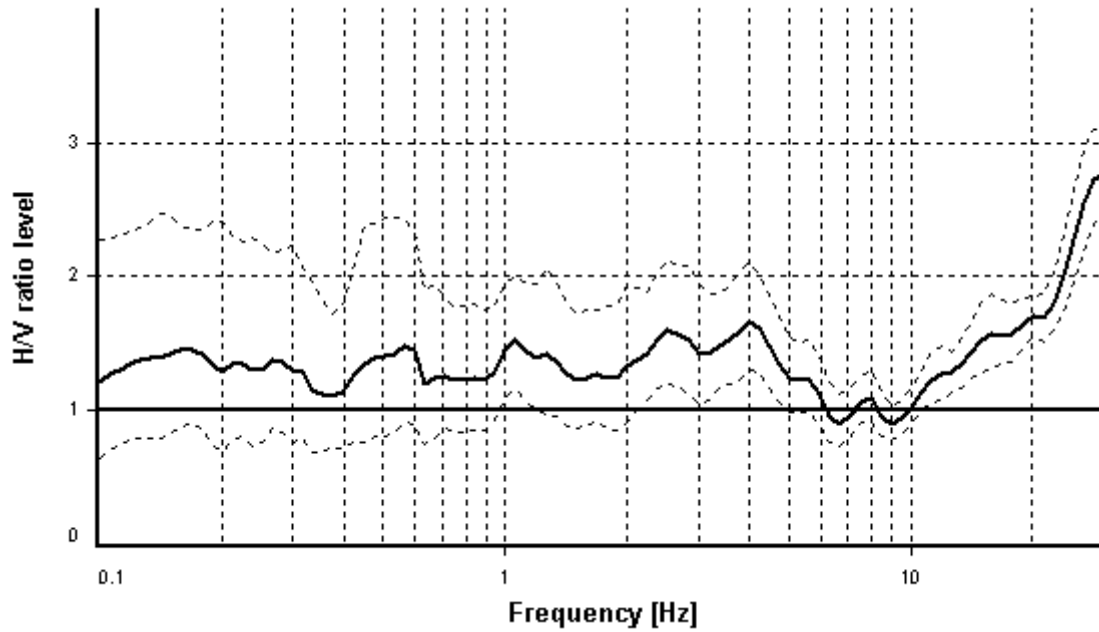
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

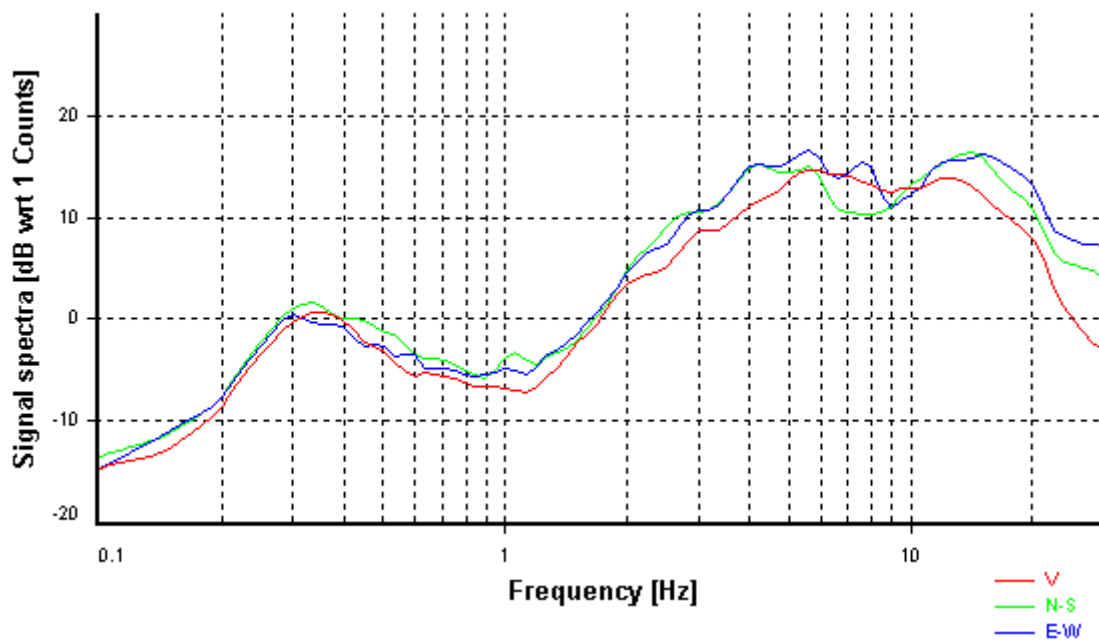
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

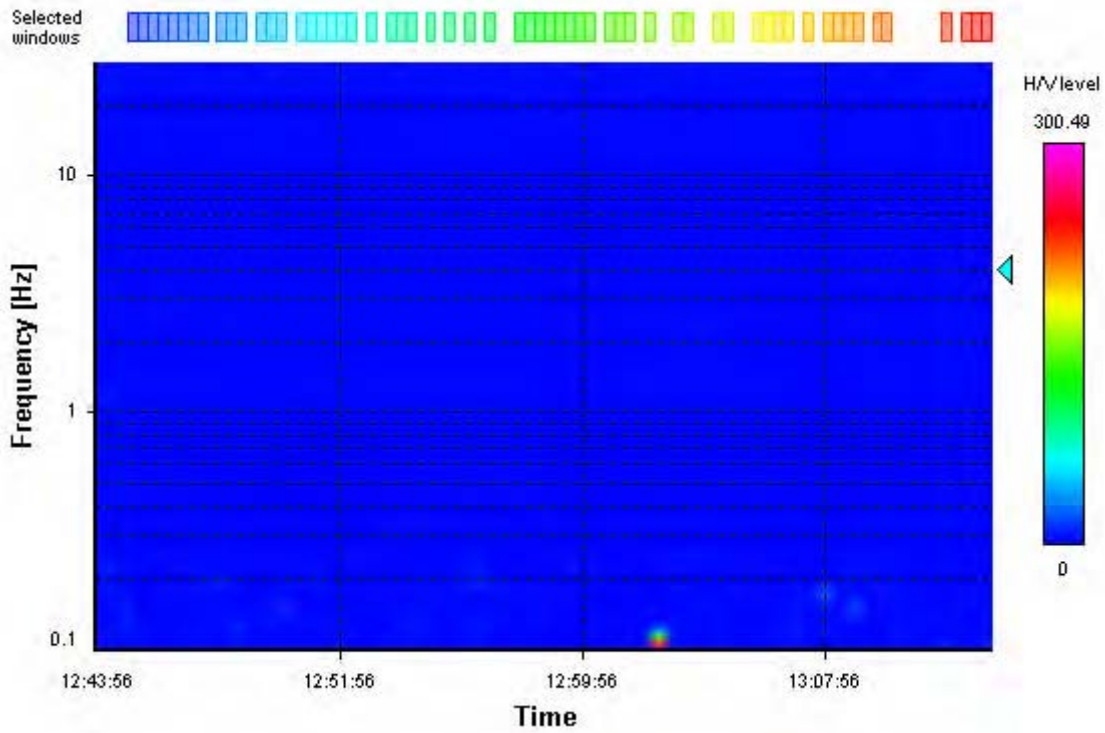
HVSR average



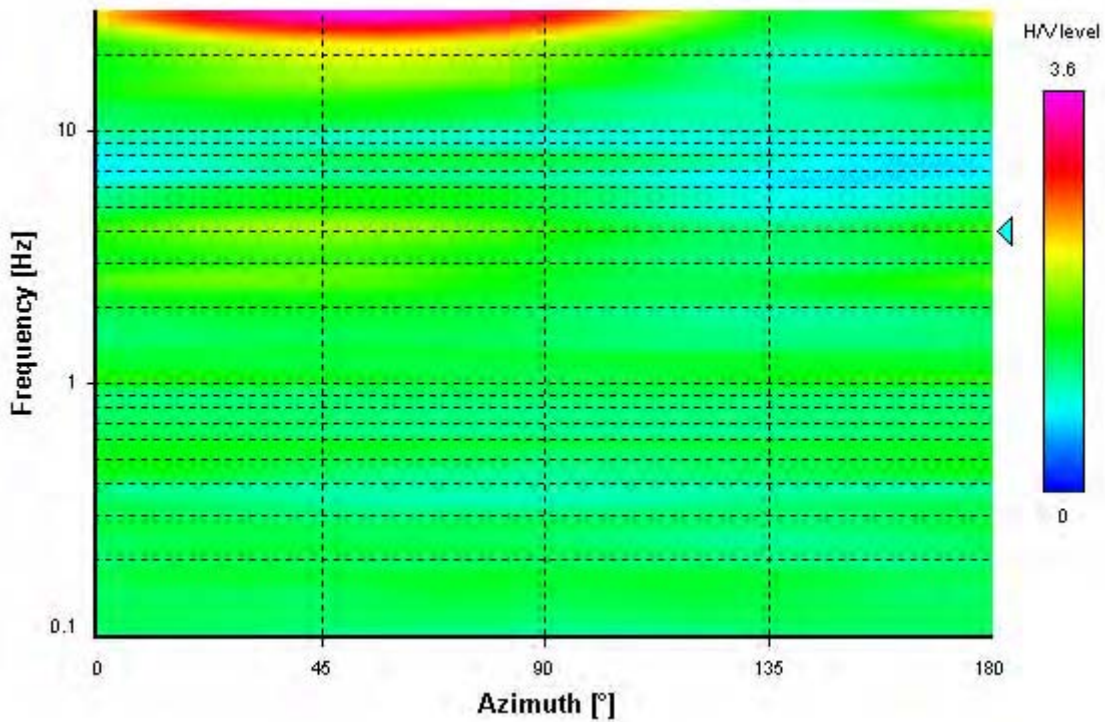
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



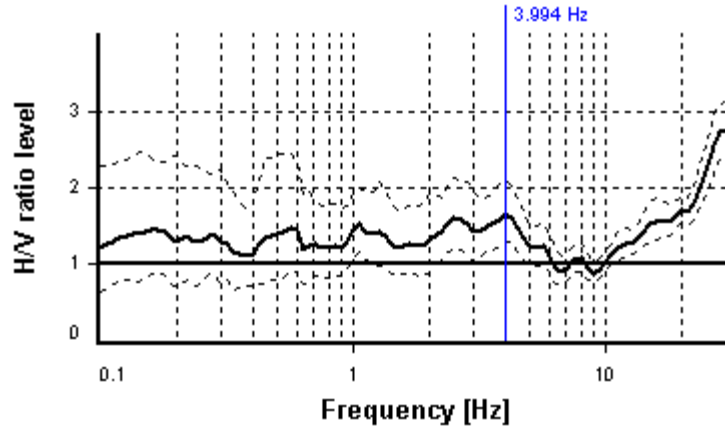
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.994 Hz

A_0 amplitude = 1.660

Average $f_0 = 3.814 \pm 0.752$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	59 valid windows (length > 2.5 s) out of 59	OK
$n_c(f_0) > 200$	4712.52 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	1.66 <= 2	NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.75161 >= 0.19968	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.26912 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 20

Address: Lupaia, Castellina M.ma (PI)

Latitude: 1627817

Longitude: 4807293

Coordinate system: 3003

Elevation: 381 m s.l.m.

Weather: sereno, senza vento

Notes: rumore da traffico veicolare e da corsi d'acqua limitrofi

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2019/11/20 10:08:16

Recording length: 30 min

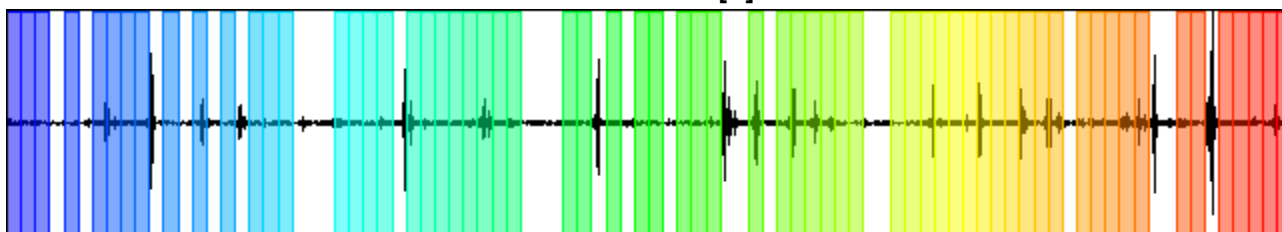
Windows count: 65

Average windows length: 20

Signal coverage: 72.22%

16286 Counts

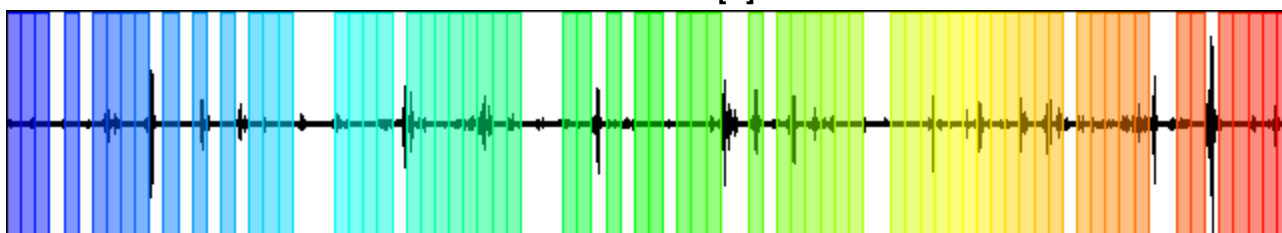
CHANNEL #1 [V]



-13390 Counts

10493 Counts

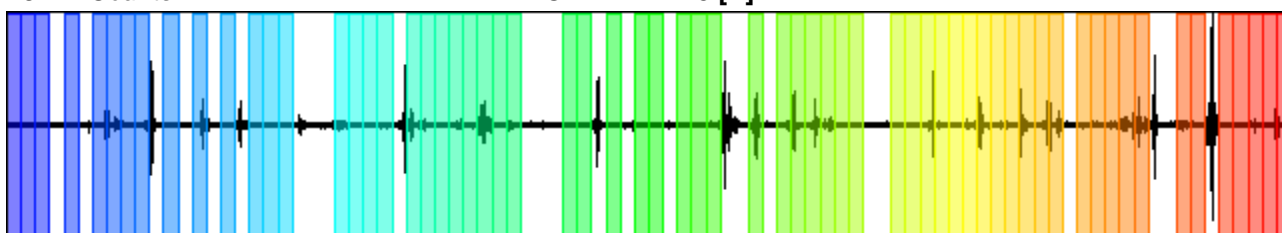
CHANNEL #2 [N]



-13325 Counts

15714 Counts

CHANNEL #3 [E]



-13563 Counts

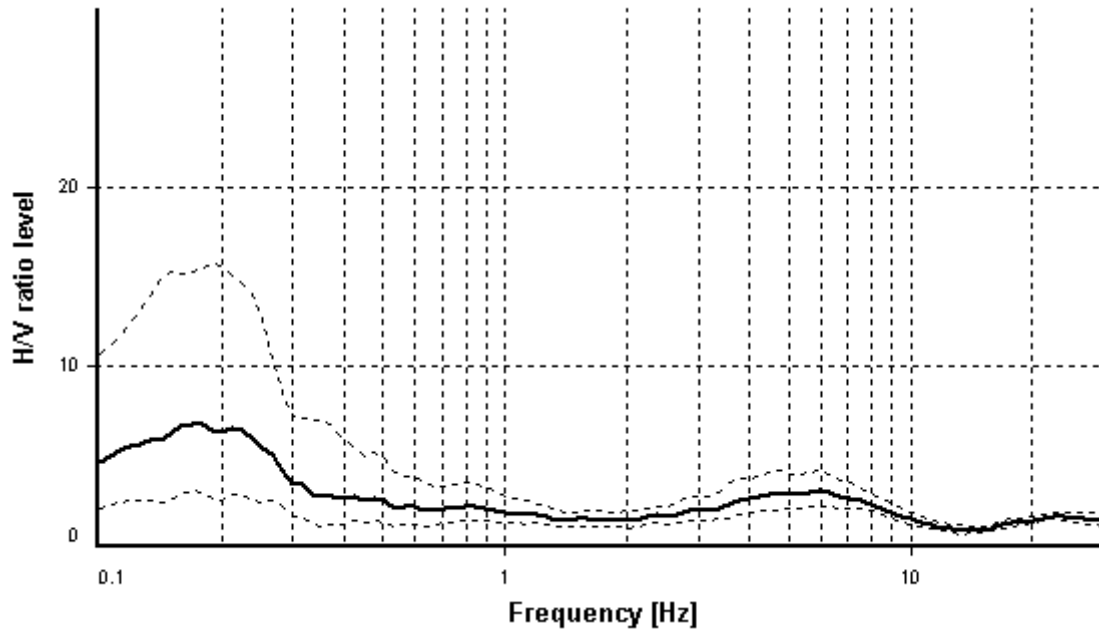
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

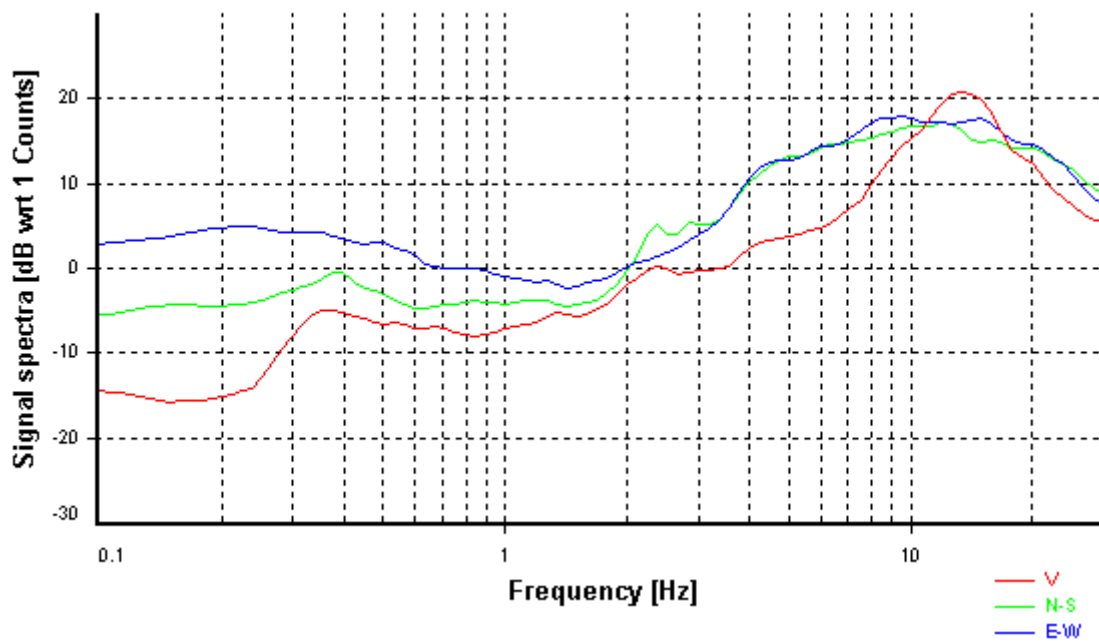
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

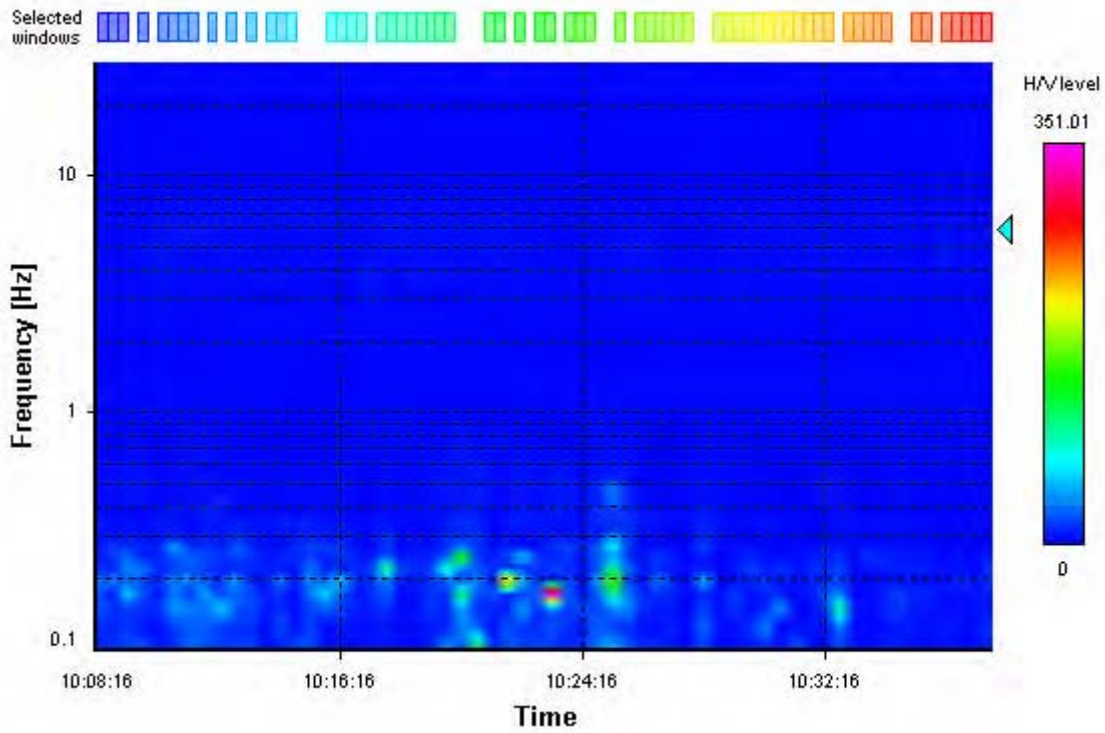
HVSR average



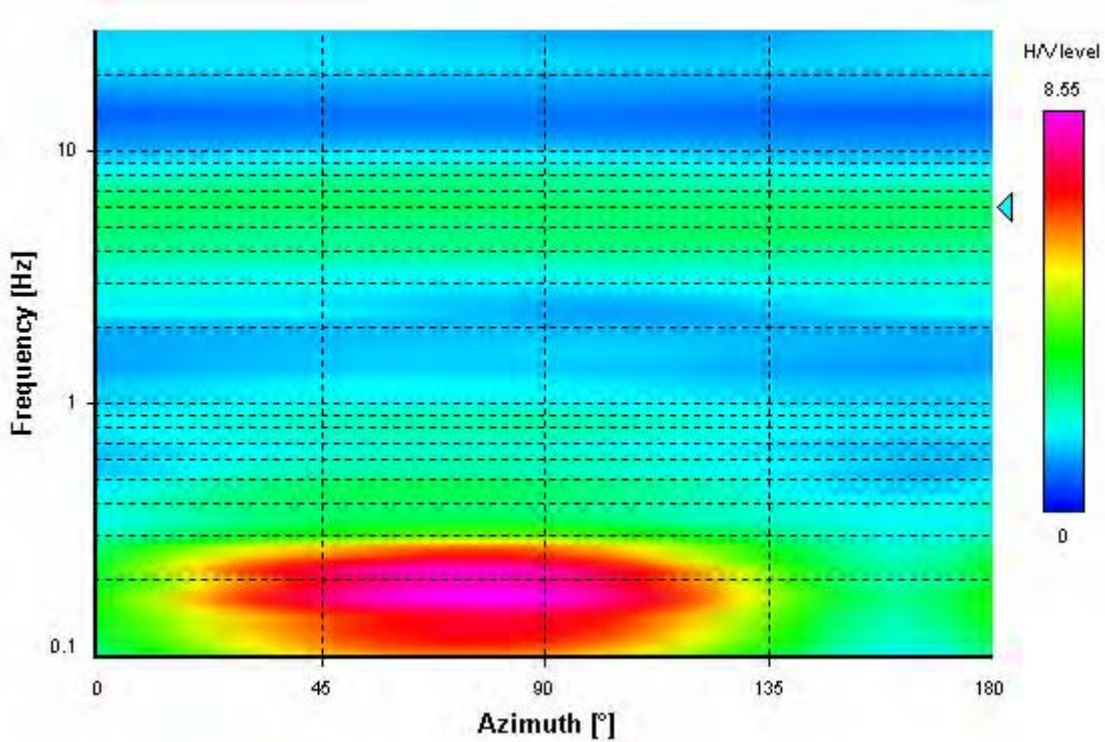
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



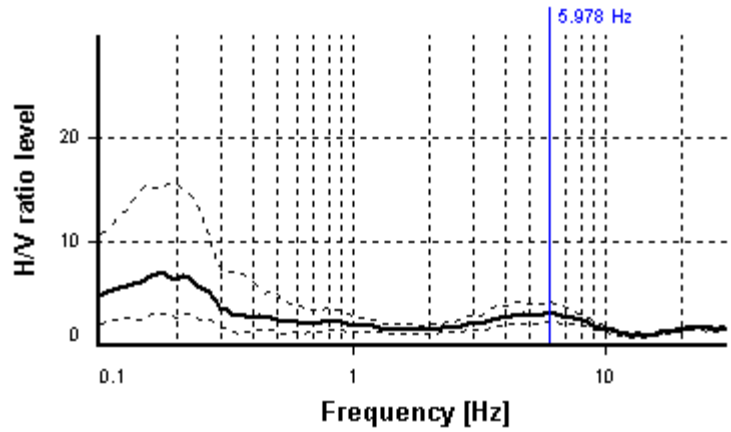
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

5.978 Hz

A_0 amplitude = 2.981

Average f_0 = 5.919 ± 1.103



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	65 valid windows (length > 1.67 s) out of 65	OK
$n_c(f_0) > 200$	7770.78 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.11902 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	10.03955 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.98 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	5.93% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.1027 \geq 0.29888	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3972 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 21

Address: via Alfieri, Campo "Farina", Castellina M.ma (PI)

Latitude: 1627343

Longitude: 4808128

Coordinate system: 3003

Elevation: 340 m s.l.m.

Weather: sereno, senza vento

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

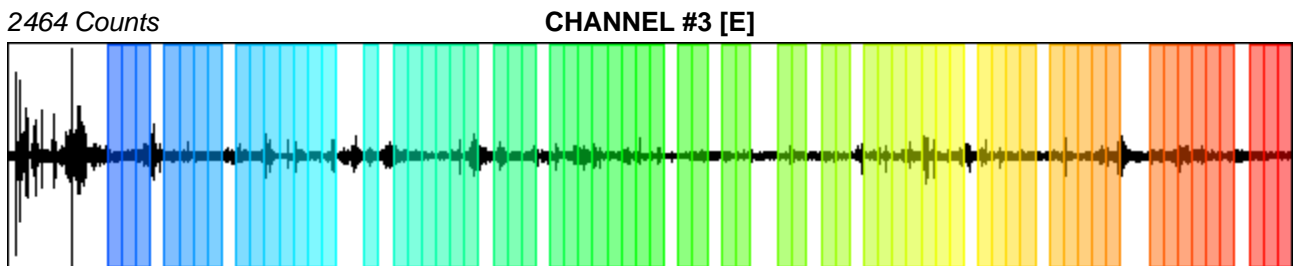
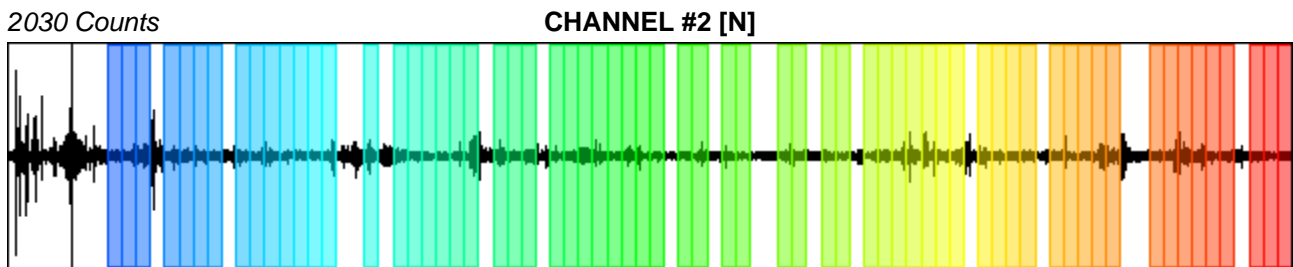
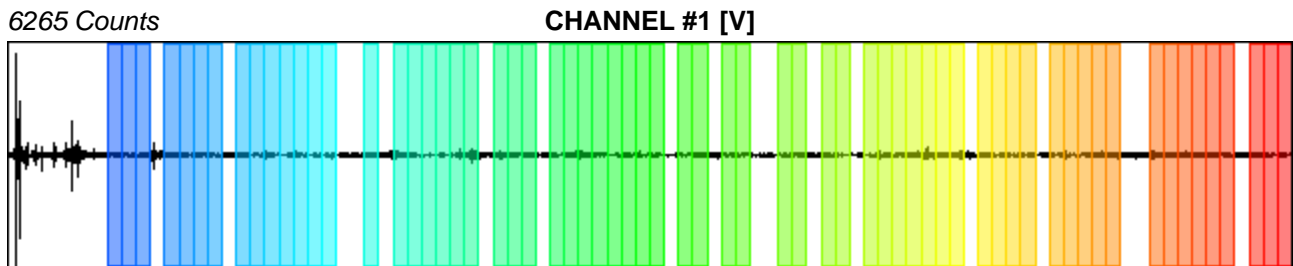
Recording start time: 2019/11/20 11:04:12

Recording length: 30 min

Windows count: 65

Average windows length: 20

Signal coverage: 72.22%



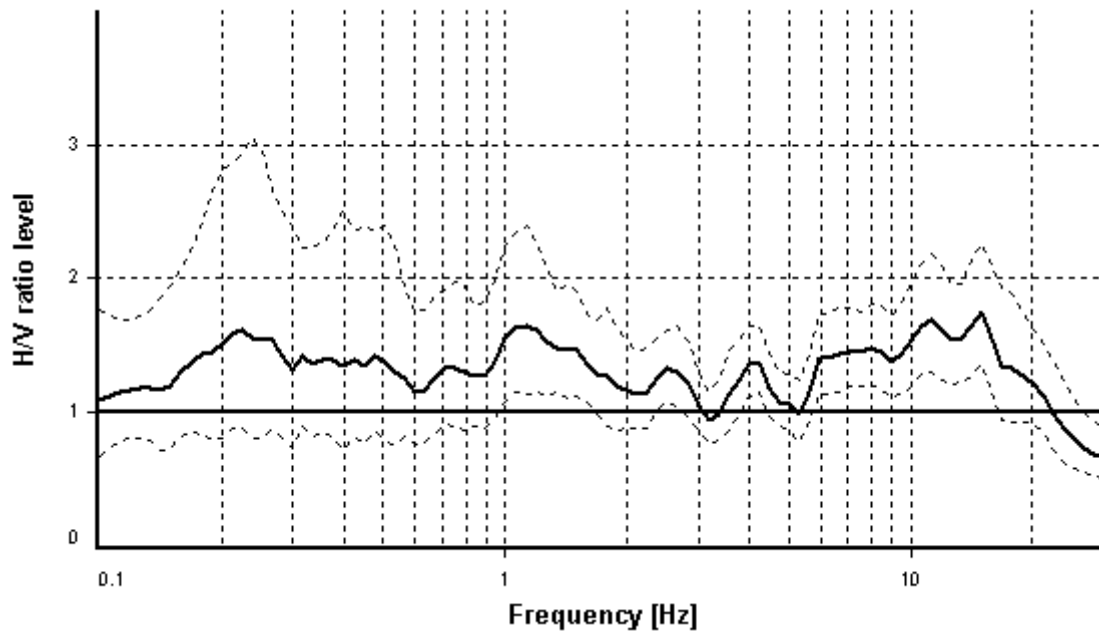
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

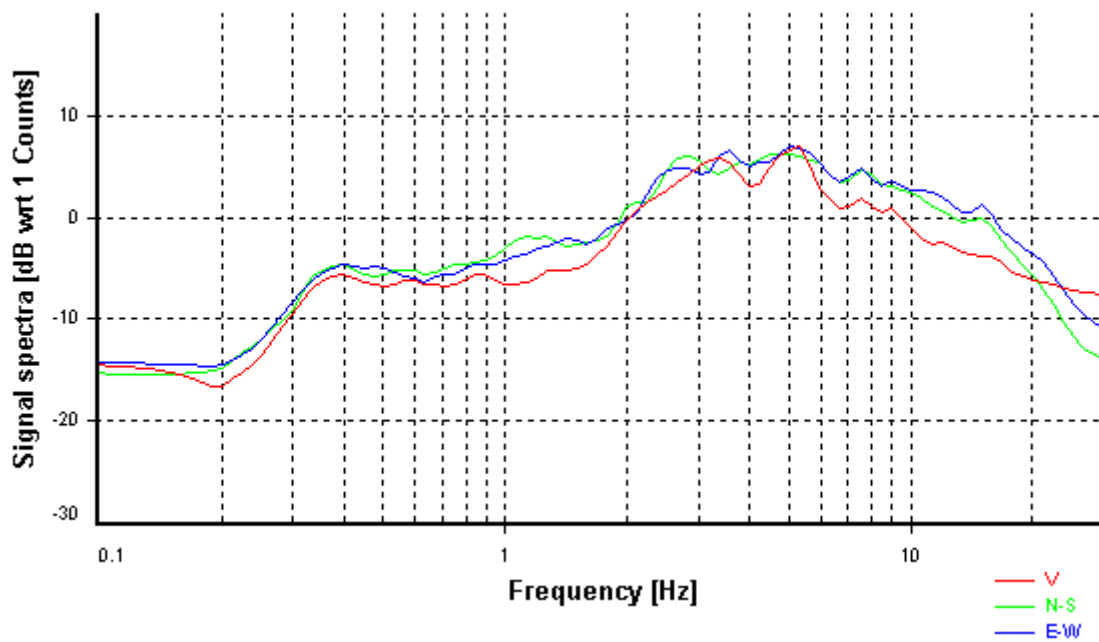
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

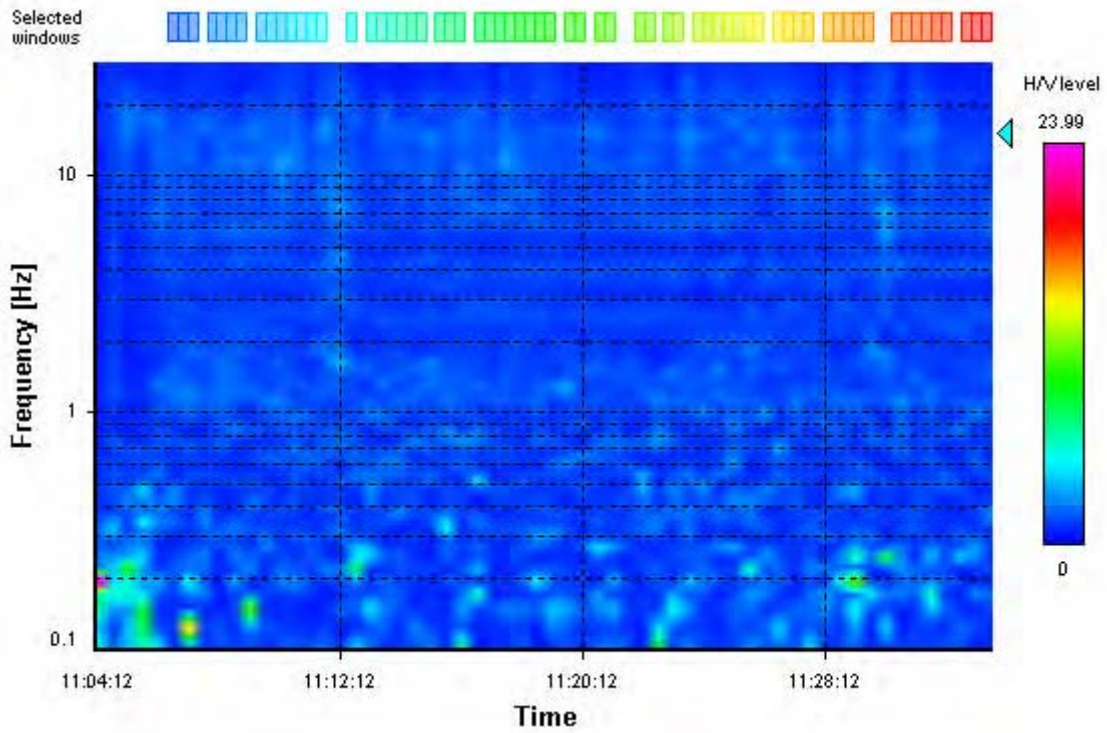
HVSR average



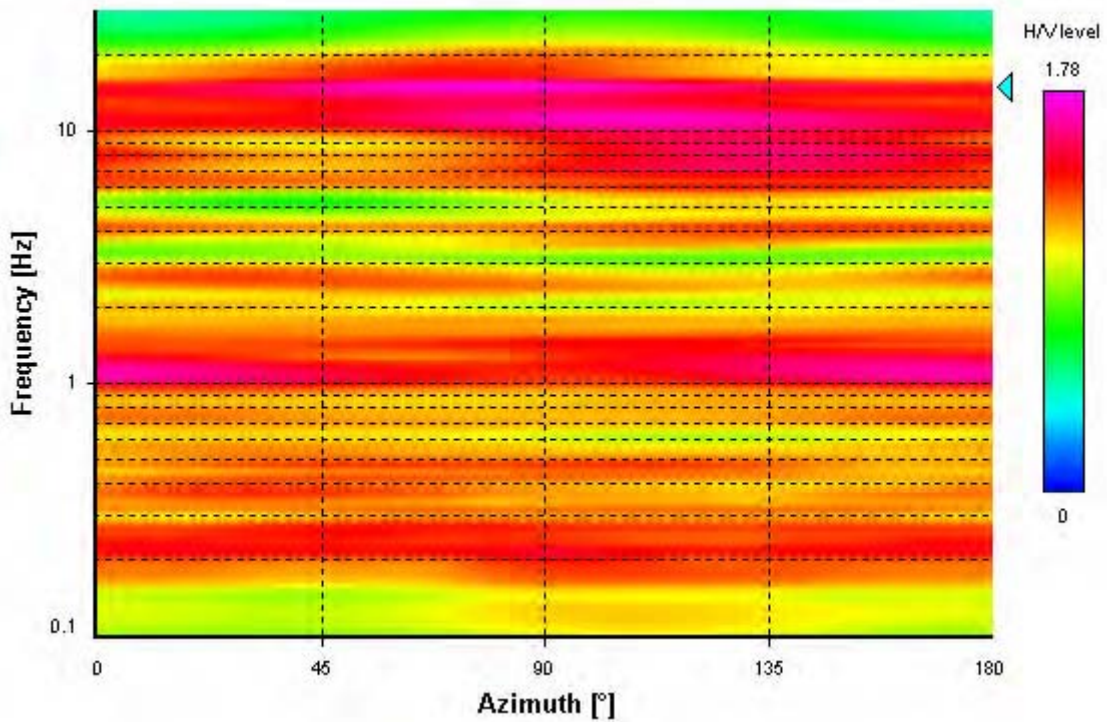
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



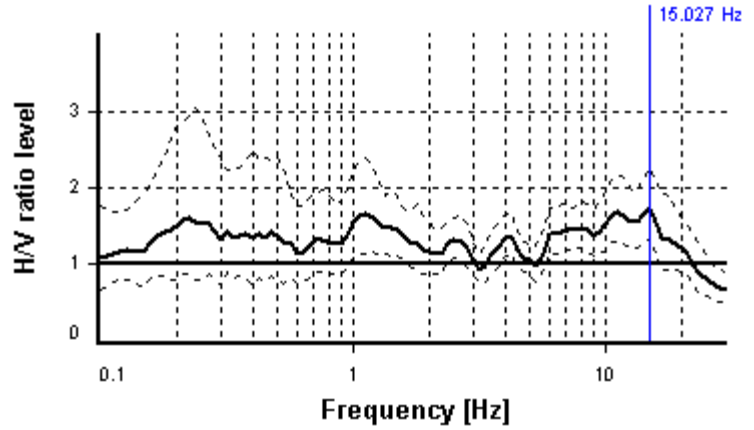
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

15.027 Hz

A_0 amplitude = 1.753

Average f_0 = 13.999 ± 2.320



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	65 valid windows (length > 0.67 s) out of 65	OK
$n_c(f_0) > 200$	19534.73 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	25.23812 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.75 <= 2	NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.31979 >= 0.75134	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.28887 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 22a

Address: Paradiso, T. Marmolaio, Castellina M.ma (PI)

Latitude: 1625240

Longitude: 4808960

Coordinate system: 3003

Elevation: 89 m s.l.m.

Weather: parzialmente nuvoloso, vento debole da ovest

Notes: rumore da traffico veicolare anche pesante, attività industriale,
cabina elettrica, torrente

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2019/11/20 12:36:28

Recording length: 30 min

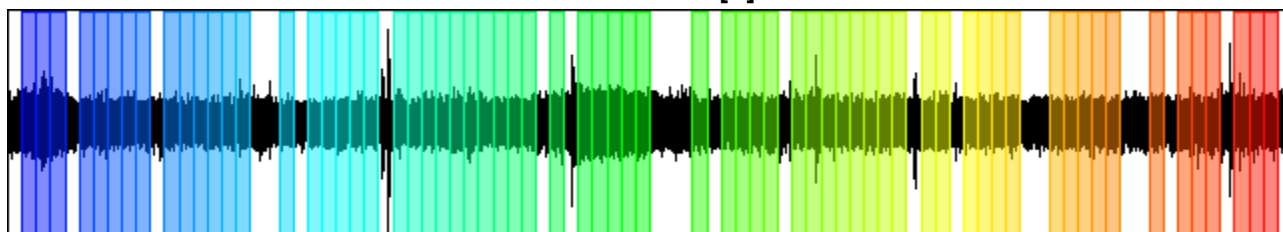
Windows count: 67

Average windows length: 20

Signal coverage: 74.44%

23835 Counts

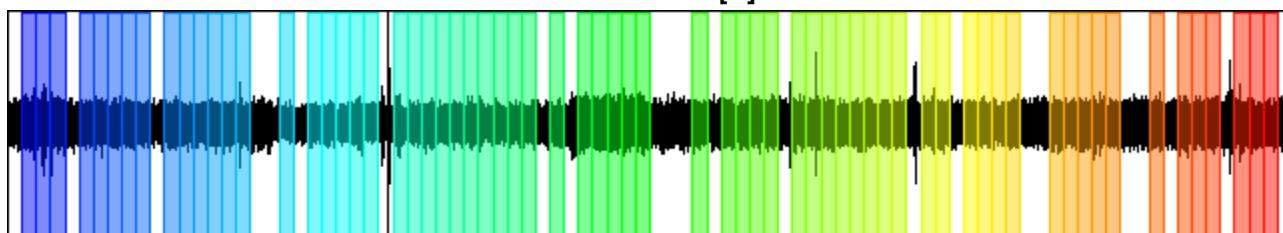
CHANNEL #1 [V]



-28578 Counts

69138 Counts

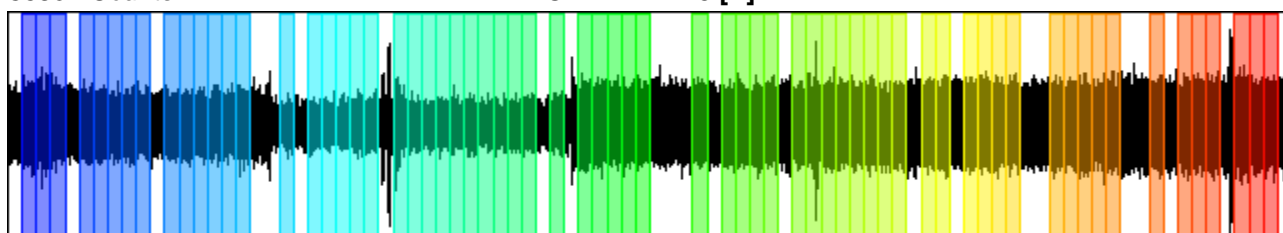
CHANNEL #2 [N]



-69456 Counts

36501 Counts

CHANNEL #3 [E]



-42528 Counts

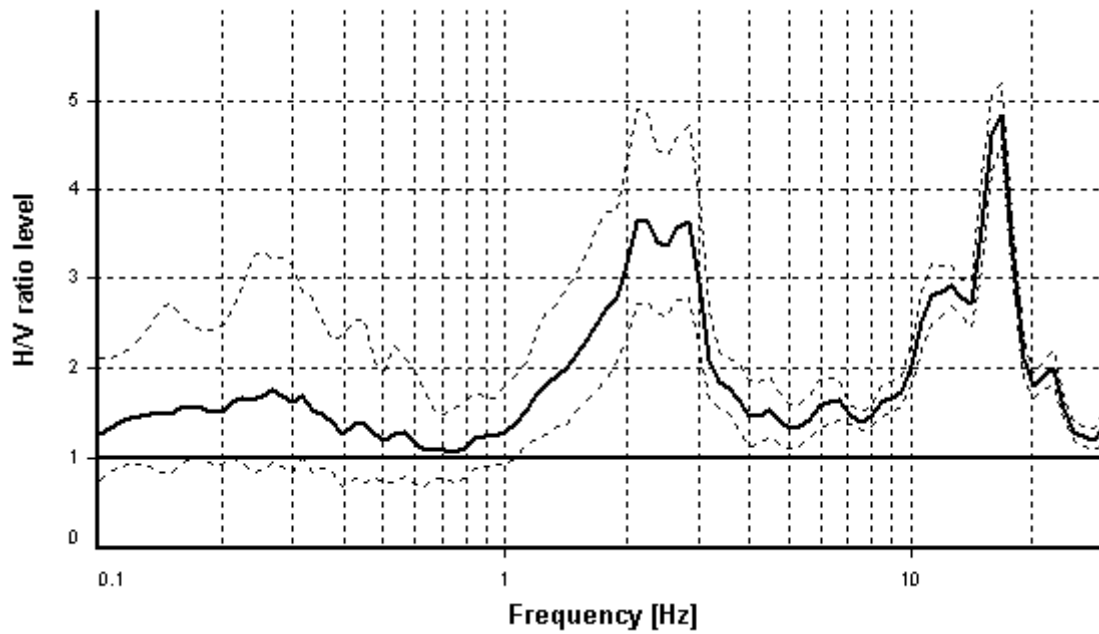
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

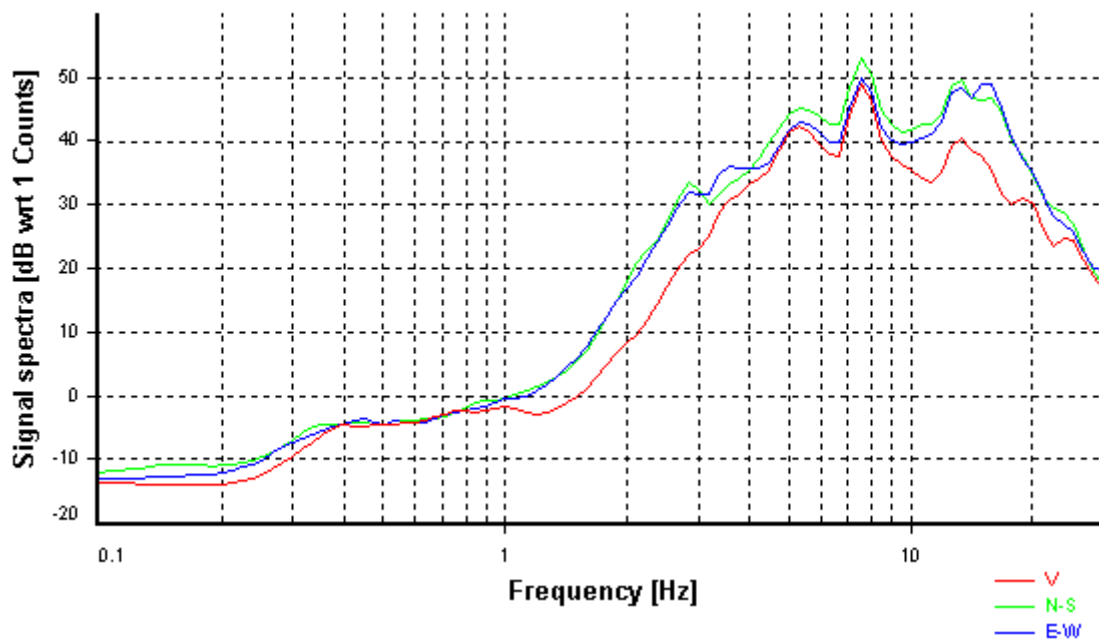
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

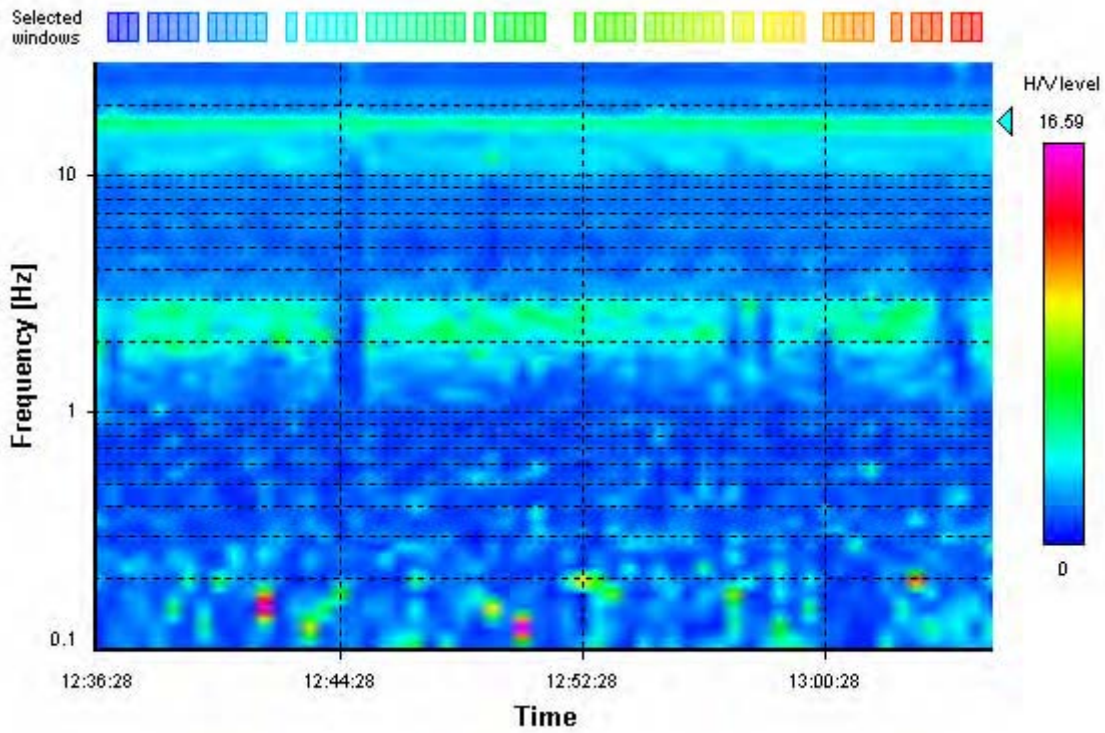
HVSR average



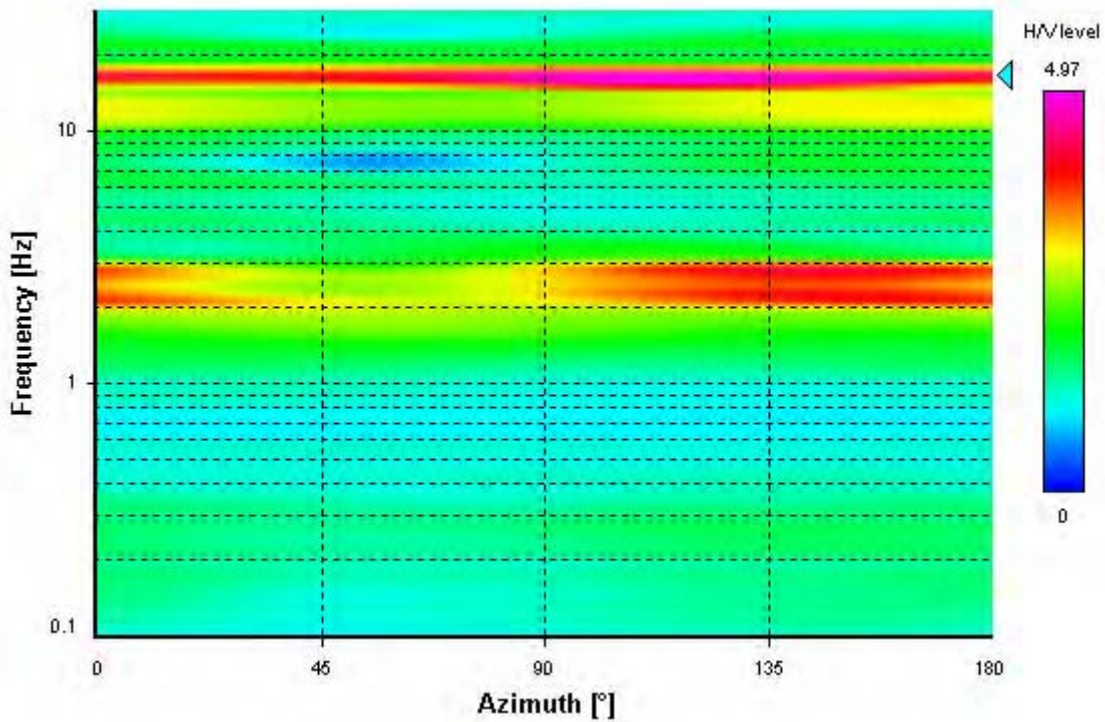
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



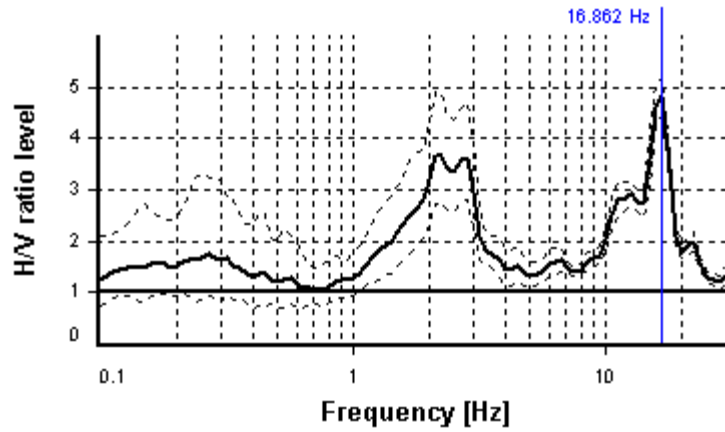
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

16.862 Hz

A_0 amplitude = 4.829

Average $f_0 = 16.580 \pm 0.435$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	67 valid windows (length > 0.59 s) out of 67	OK
$n_c(f_0) > 200$	22594.97 > 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 $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	10.03955 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	18.92125 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.83 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.43525 < 0.8431	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.07349 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 22b

Address: Paradiso, T. Marmolaio, Castellina M.ma (PI)

Latitude: 1625240

Longitude: 4808960

Coordinate system: 3003

Elevation: 89 m s.l.m.

Weather: parzialmente nuvoloso, vento debole da ovest

Notes: rumore da traffico veicolare anche pesante, attività industriale,
cabina elettrica, torrente

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2019/11/20 12:36:28

Recording length: 30 min

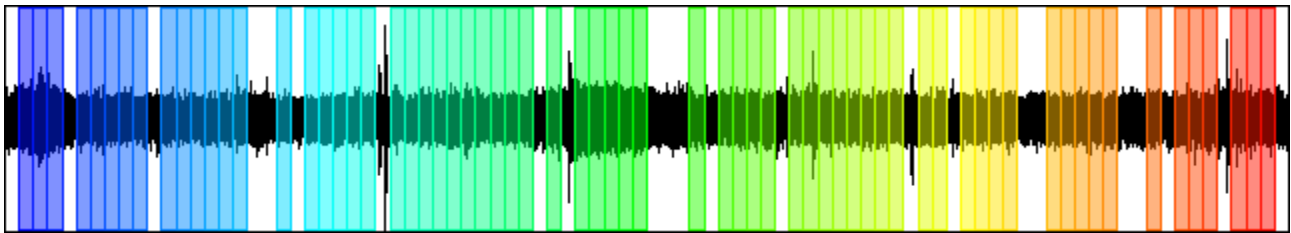
Windows count: 67

Average windows length: 20

Signal coverage: 74.44%

23835 Counts

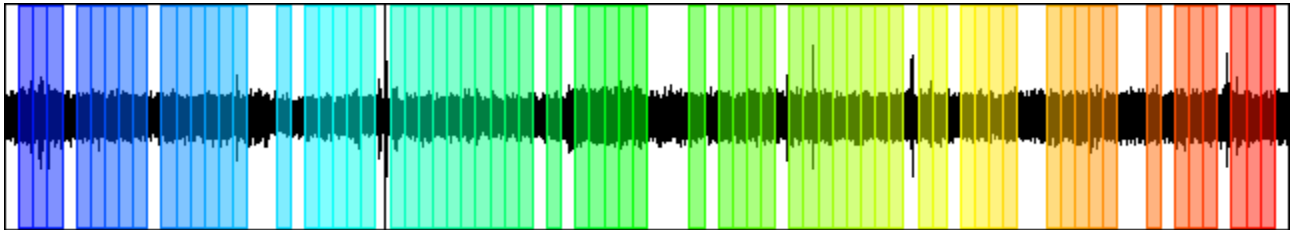
CHANNEL #1 [V]



-28578 Counts

69138 Counts

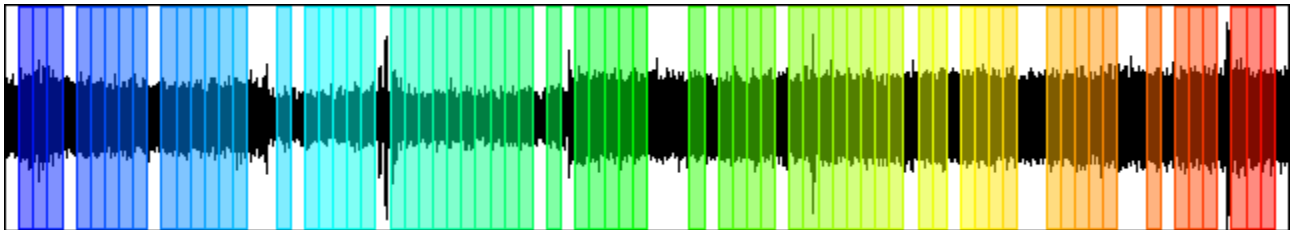
CHANNEL #2 [N]



-69456 Counts

36501 Counts

CHANNEL #3 [E]



-42528 Counts

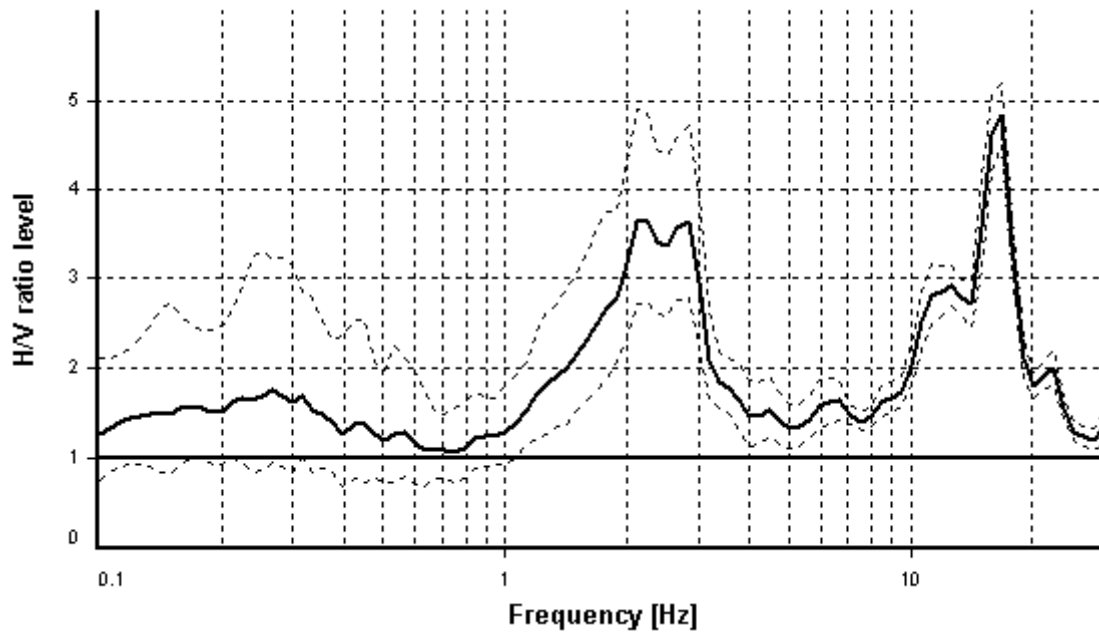
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

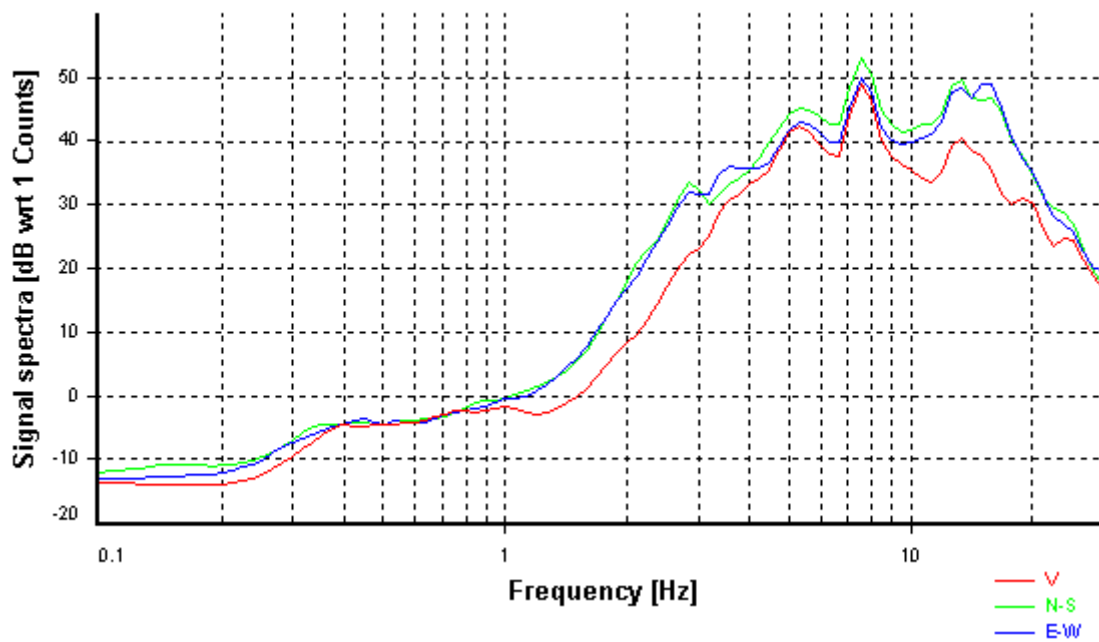
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

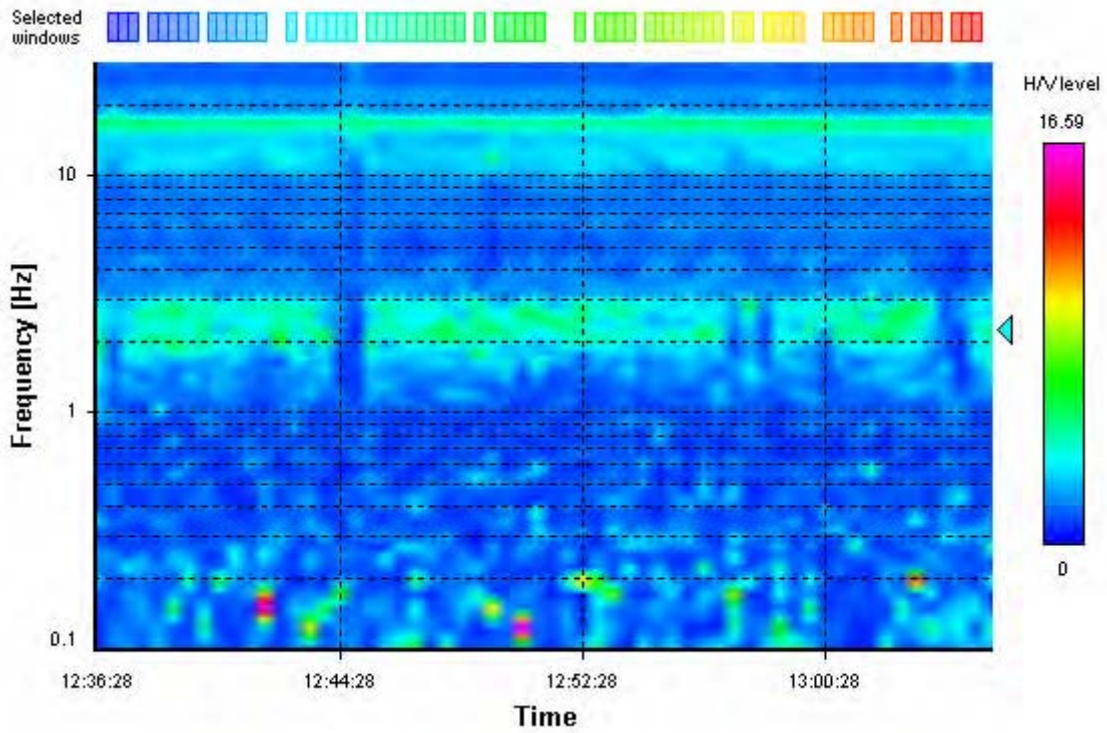
HVSR average



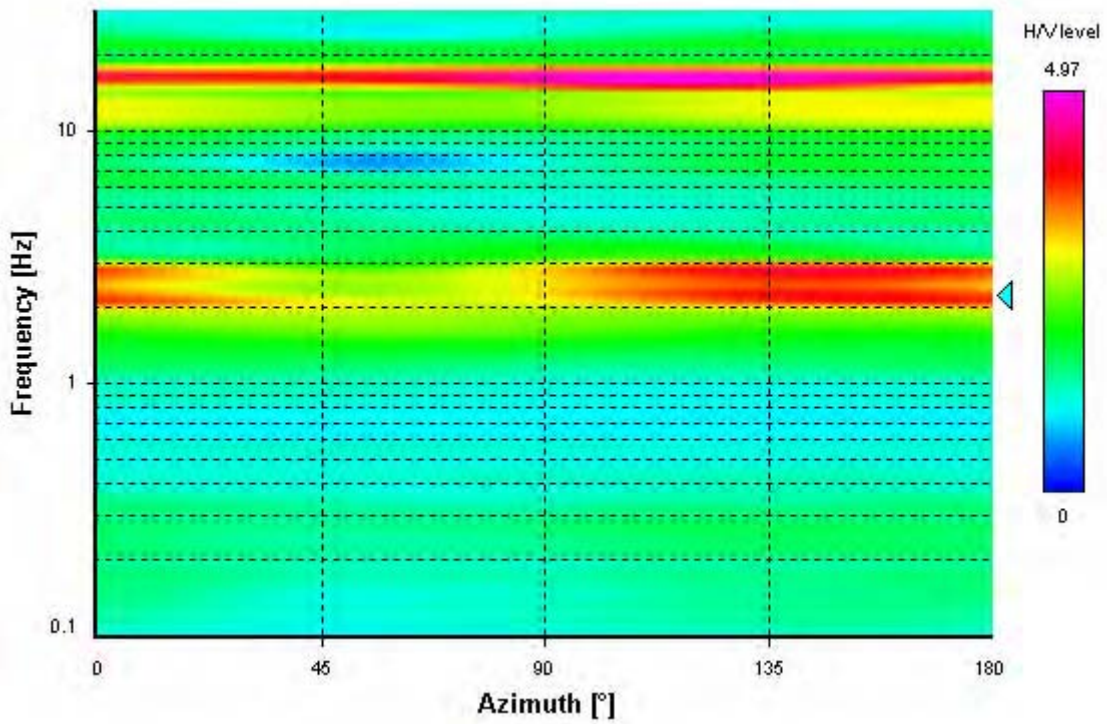
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



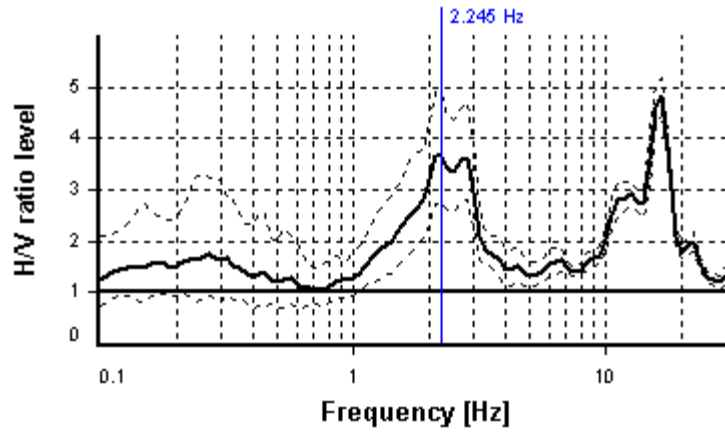
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.245 Hz

A_0 amplitude = 3.653

Average $f_0 = 2.319 \pm 0.370$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	67 valid windows (length > 4.45 s) out of 67	OK
$n_c(f_0) > 200$	3007.89 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	1.26166 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	3.559 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.65 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	25.92% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.36981 >= 0.11223	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.32919 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 22c

Address: Paradiso, T. Marmolaio, Castellina M.ma (PI)

Latitude: 1625240

Longitude: 4808960

Coordinate system: 3003

Elevation: 89 m s.l.m.

Weather: parzialmente nuvoloso, vento debole da ovest

Notes: rumore da traffico veicolare anche pesante, attività industriale,
cabina elettrica, torrente

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2019/11/20 12:36:28

Recording length: 30 min

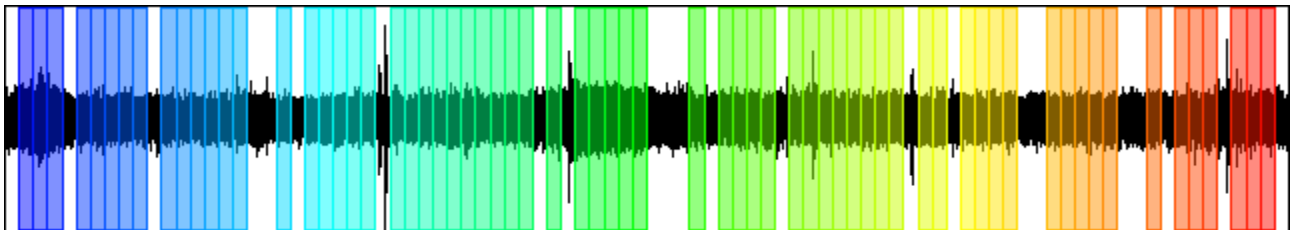
Windows count: 67

Average windows length: 20

Signal coverage: 74.44%

23835 Counts

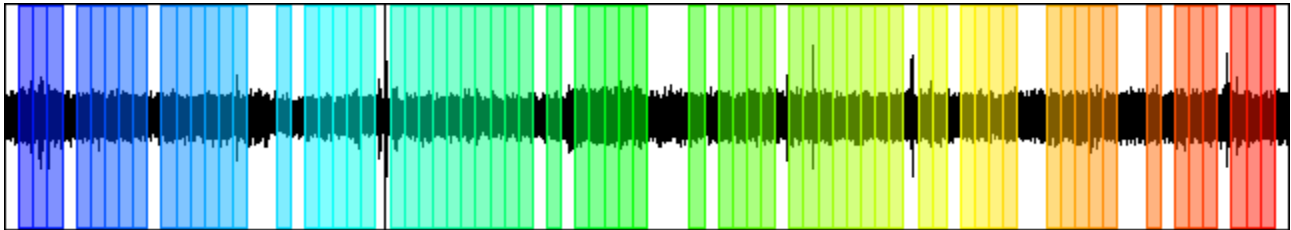
CHANNEL #1 [V]



-28578 Counts

69138 Counts

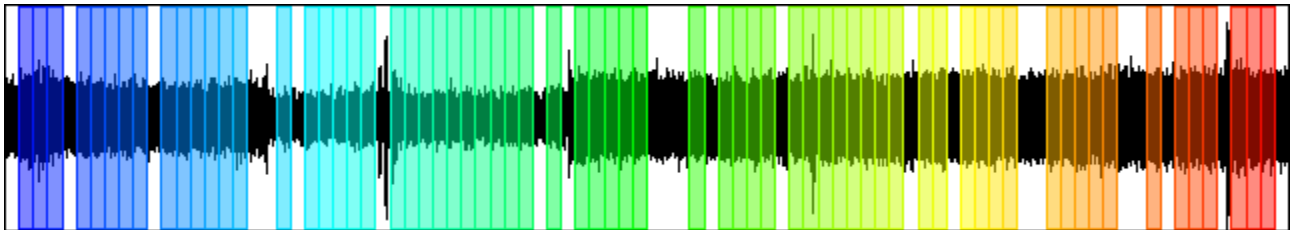
CHANNEL #2 [N]



-69456 Counts

36501 Counts

CHANNEL #3 [E]



-42528 Counts

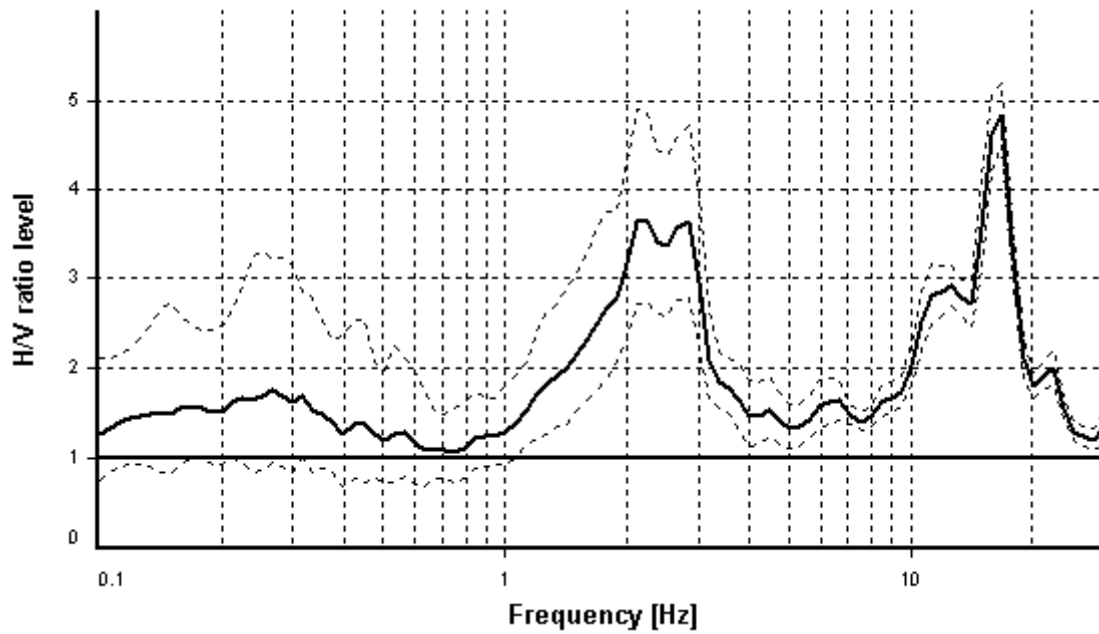
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

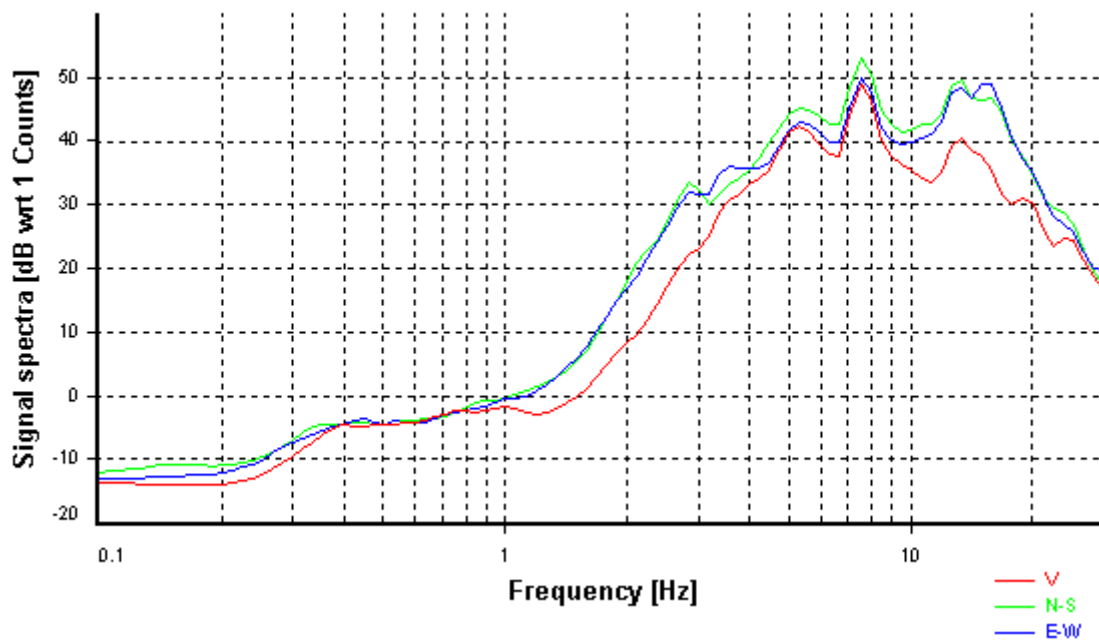
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

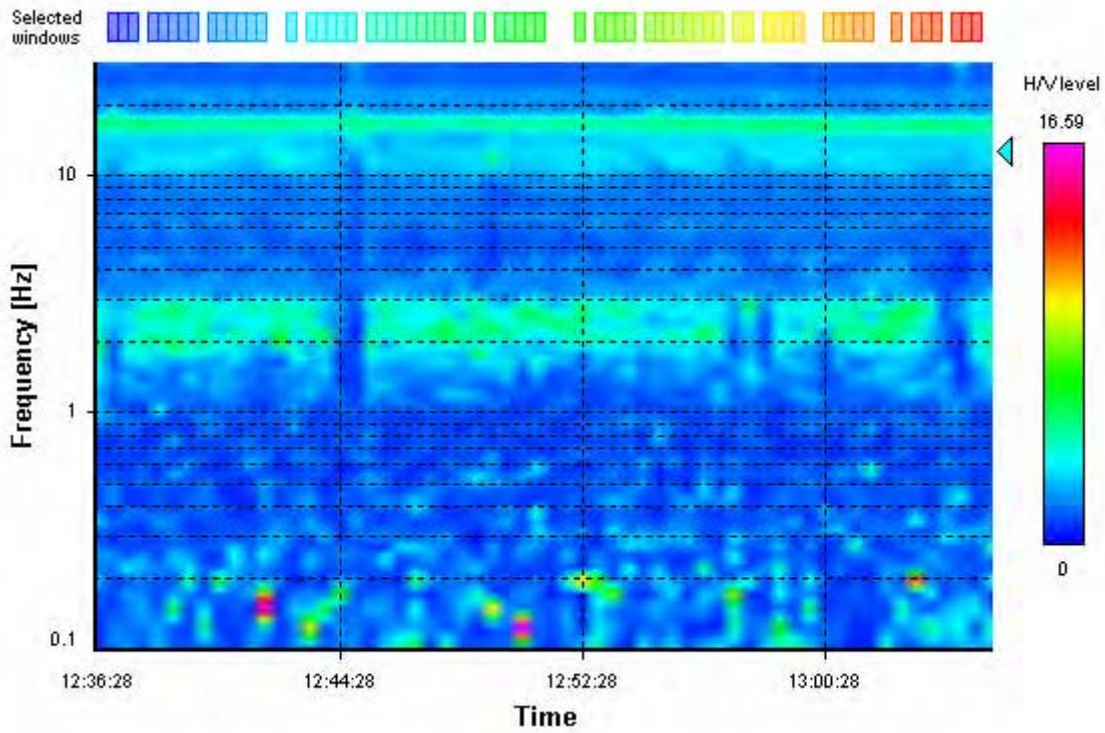
HVSR average



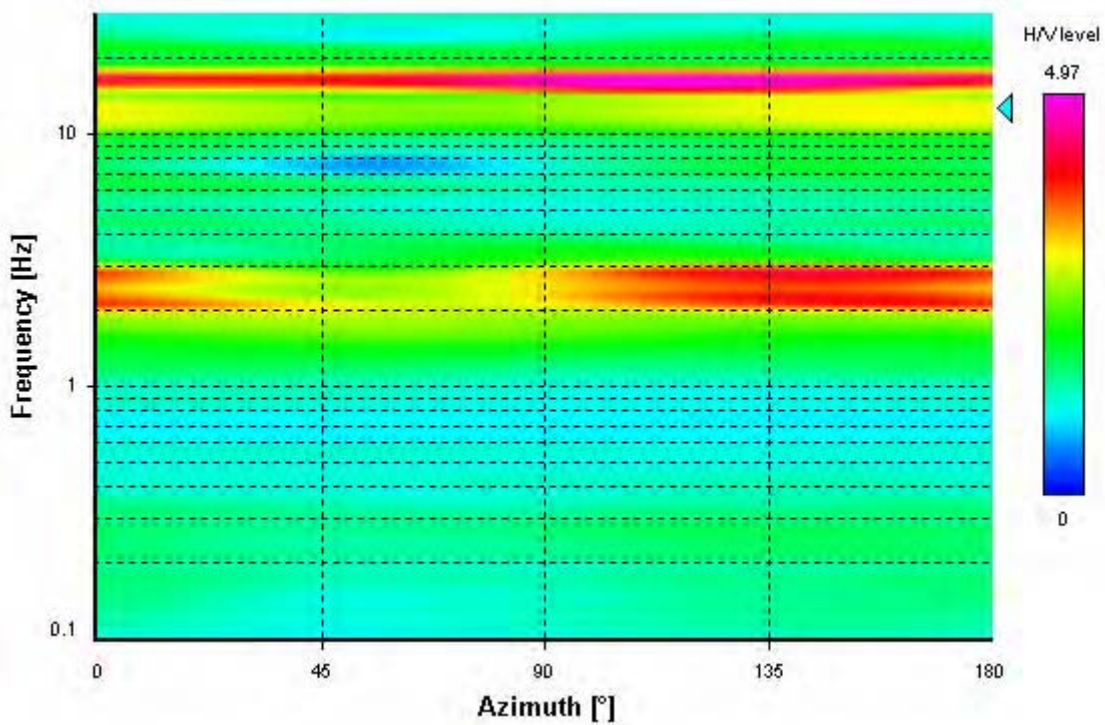
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



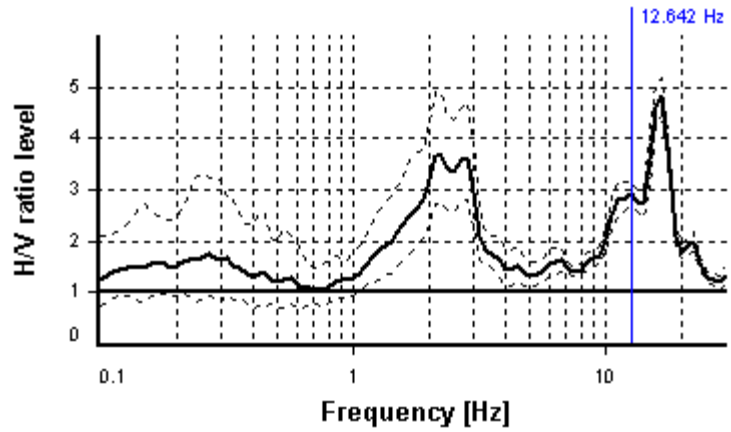
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

12.642 Hz

A_0 amplitude = 2.920

Average $f_0 = 16.580 \pm 0.435$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	67 valid windows (length > 0.79 s) out of 67	OK
$n_c(f_0) > 200$	16939.66 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	7.97312 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	25.23812 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.92 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	33.39% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.43525 < 0.63208	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.08031 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 23a

Address: Fornaci, Castellina M.ma (PI)

Latitude: 1621756

Longitude: 4807609

Coordinate system: 3003

Elevation: 29.6 m s.l.m.

Weather: parzialmente nuvoloso, vento moderato da nord ovest

Notes: rumore da traffico veicolare

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

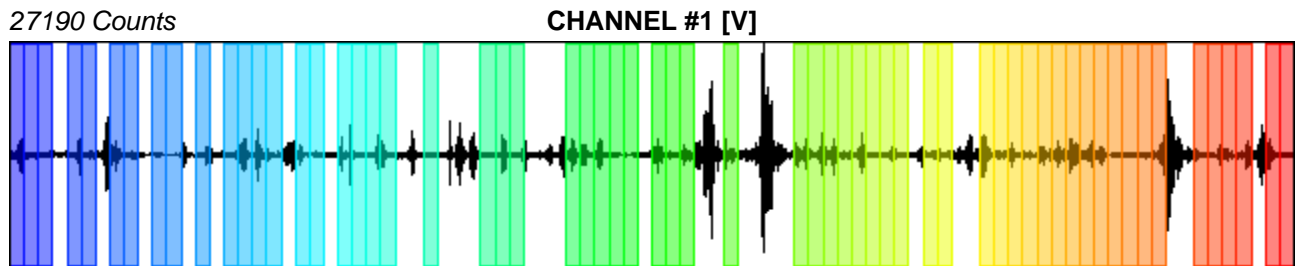
Recording start time: 2019/11/20 13:30:27

Recording length: 30 min

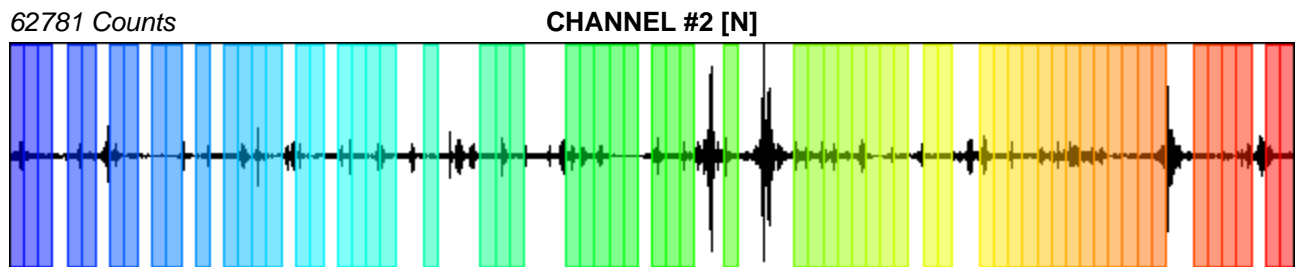
Windows count: 62

Average windows length: 20

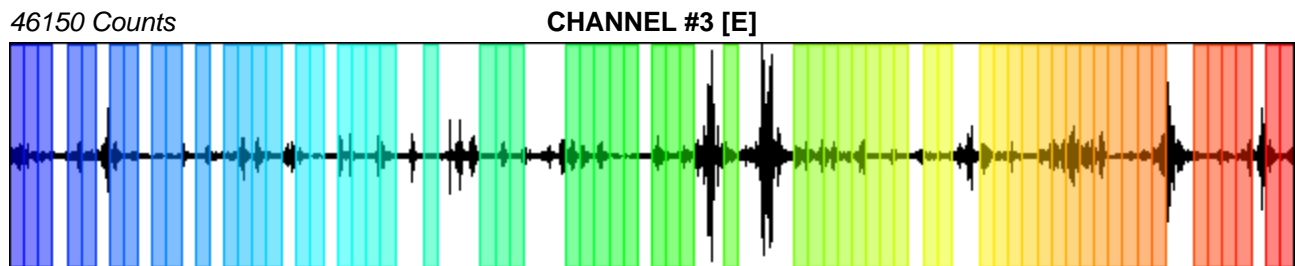
Signal coverage: 68.89%



-23553 Counts



-59780 Counts



-44067 Counts

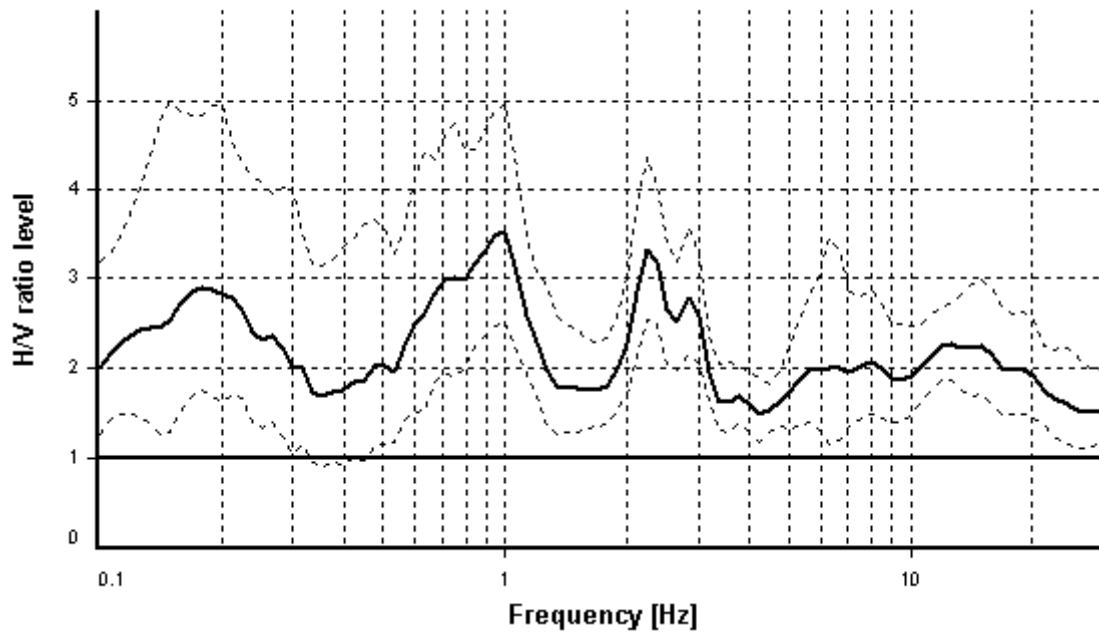
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

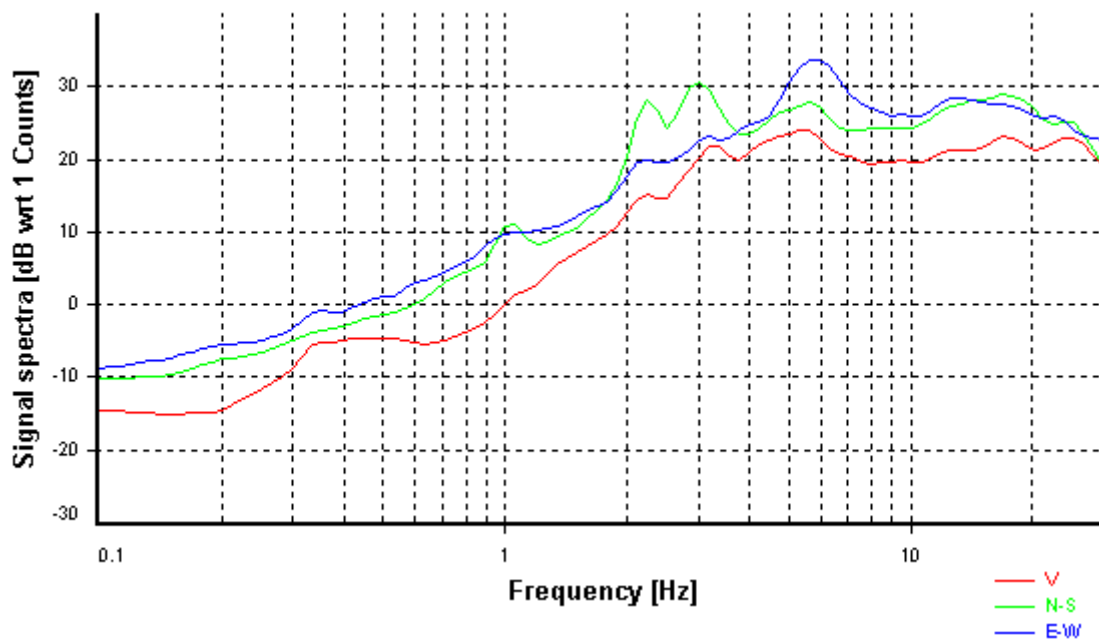
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

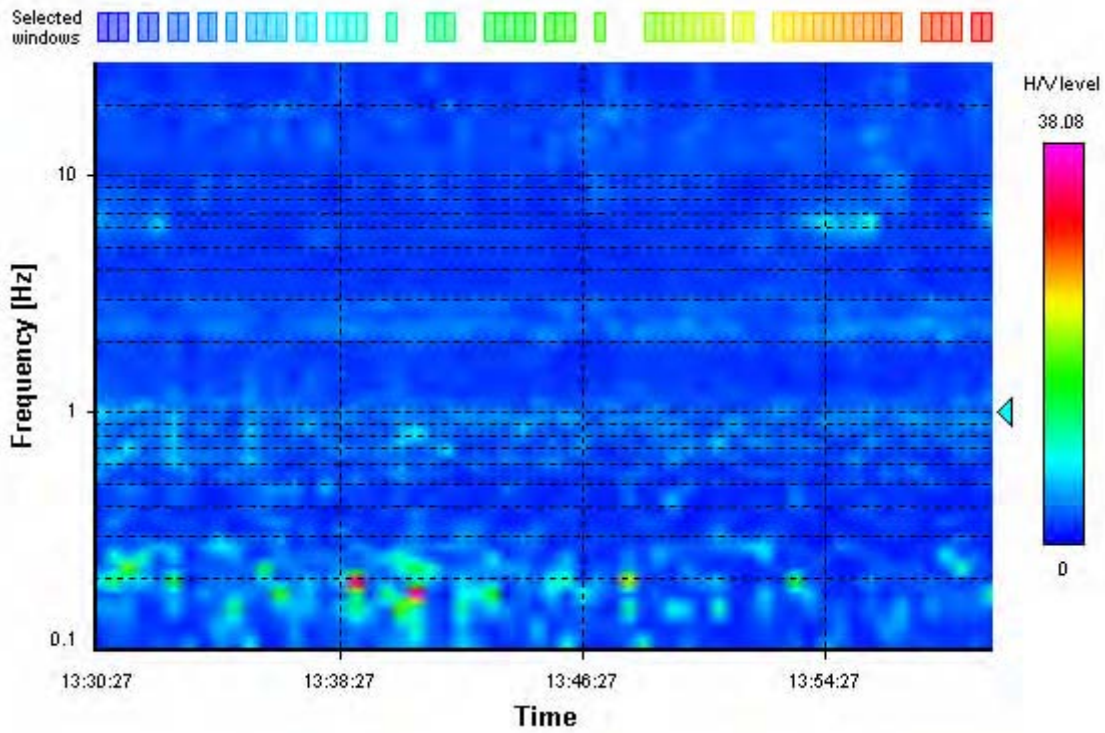
HVSR average



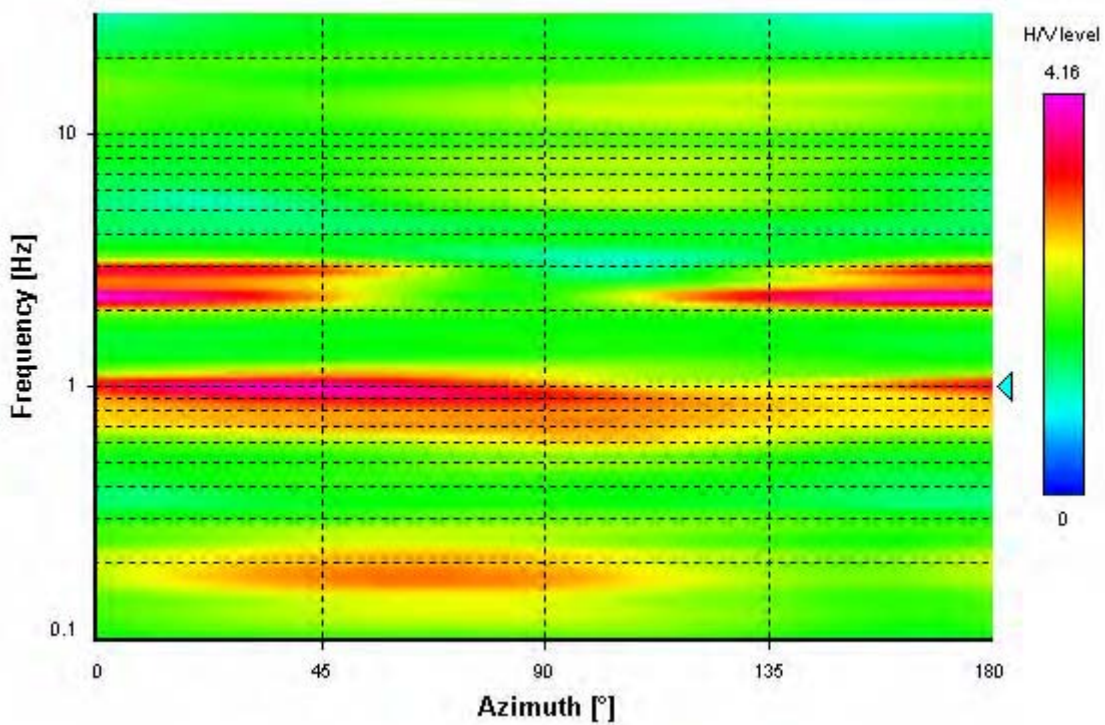
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



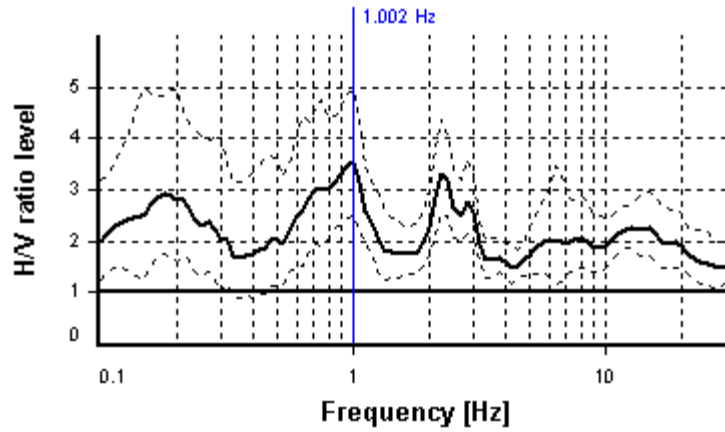
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.002 Hz

A_0 amplitude = 3.528

Average $f_0 = 0.888 \pm 0.137$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	62 valid windows (length > 9.98 s) out of 62	OK
$n_c(f_0) > 200$	1242.45 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.39858 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	1.58865 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.53 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.1374 >= 0.1002	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.40563 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 23b

Address: Fornaci, Castellina M.ma (PI)

Latitude: 1621756

Longitude: 4807609

Coordinate system: 3003

Elevation: 29.6 m s.l.m.

Weather: parzialmente nuvoloso, vento moderato da nord ovest

Notes: rumore da traffico veicolare

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

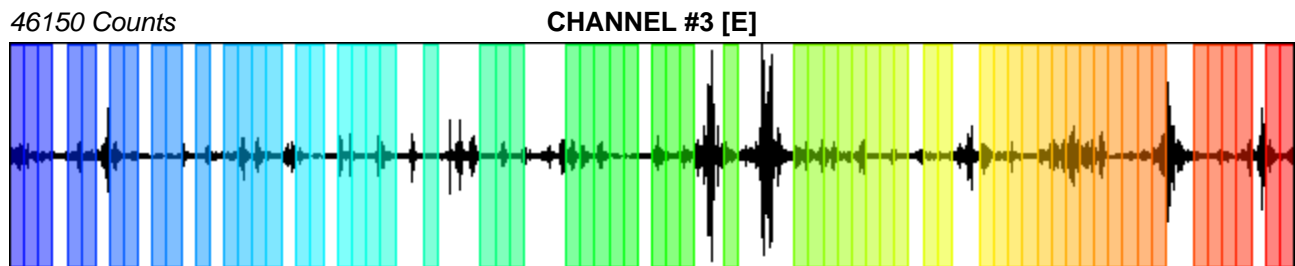
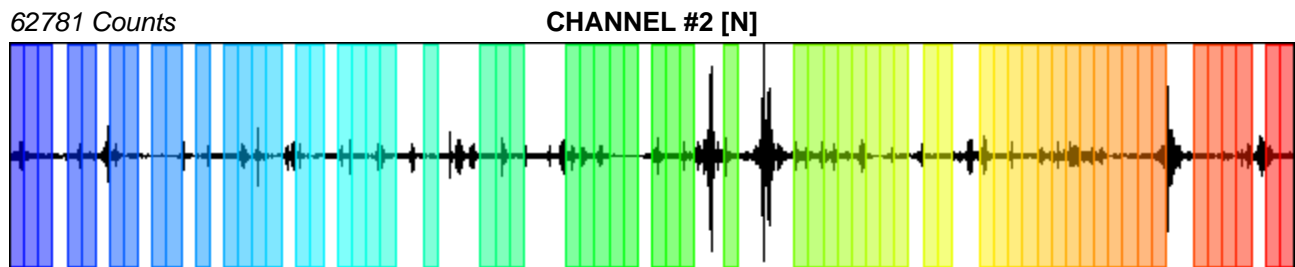
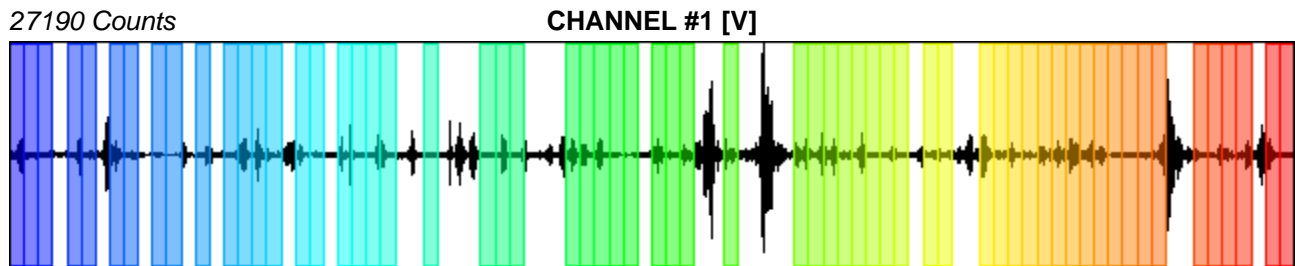
Recording start time: 2019/11/20 13:30:27

Recording length: 30 min

Windows count: 62

Average windows length: 20

Signal coverage: 68.89%



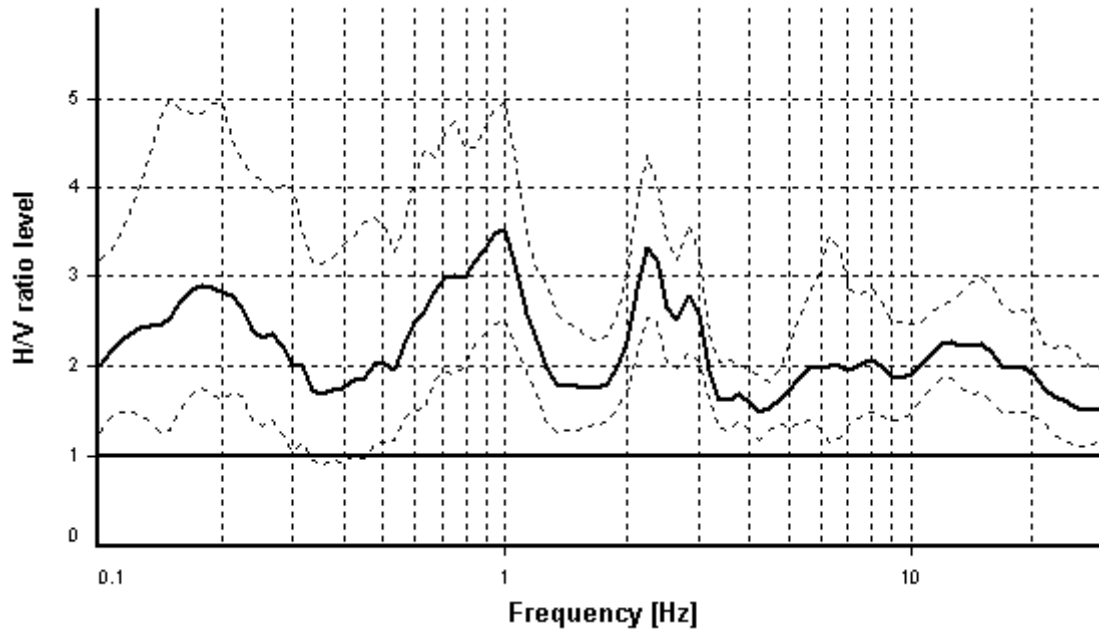
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

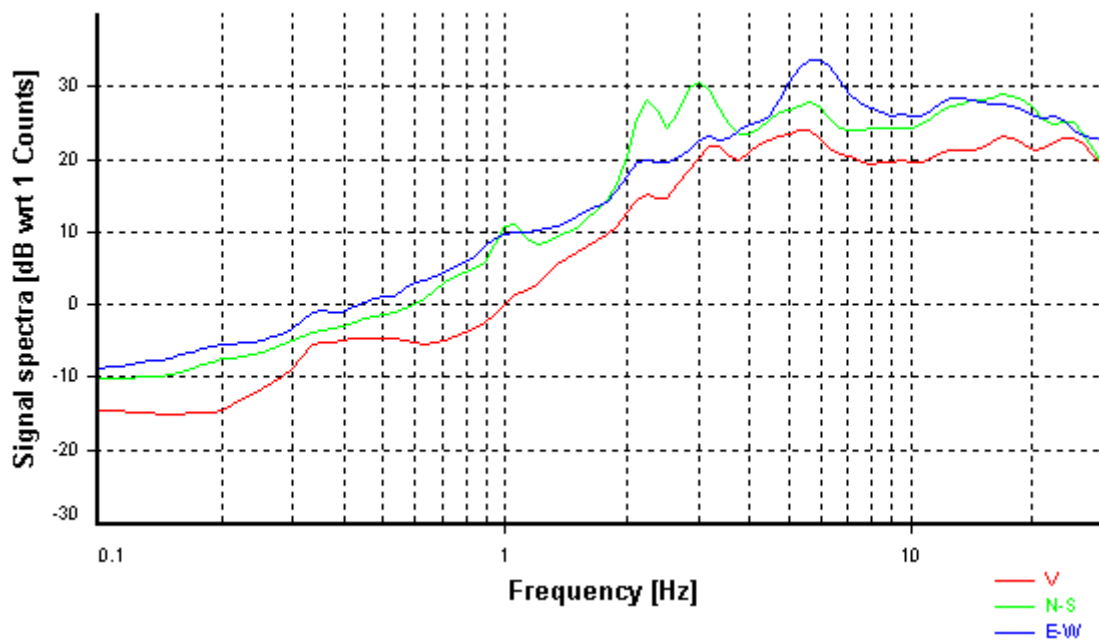
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

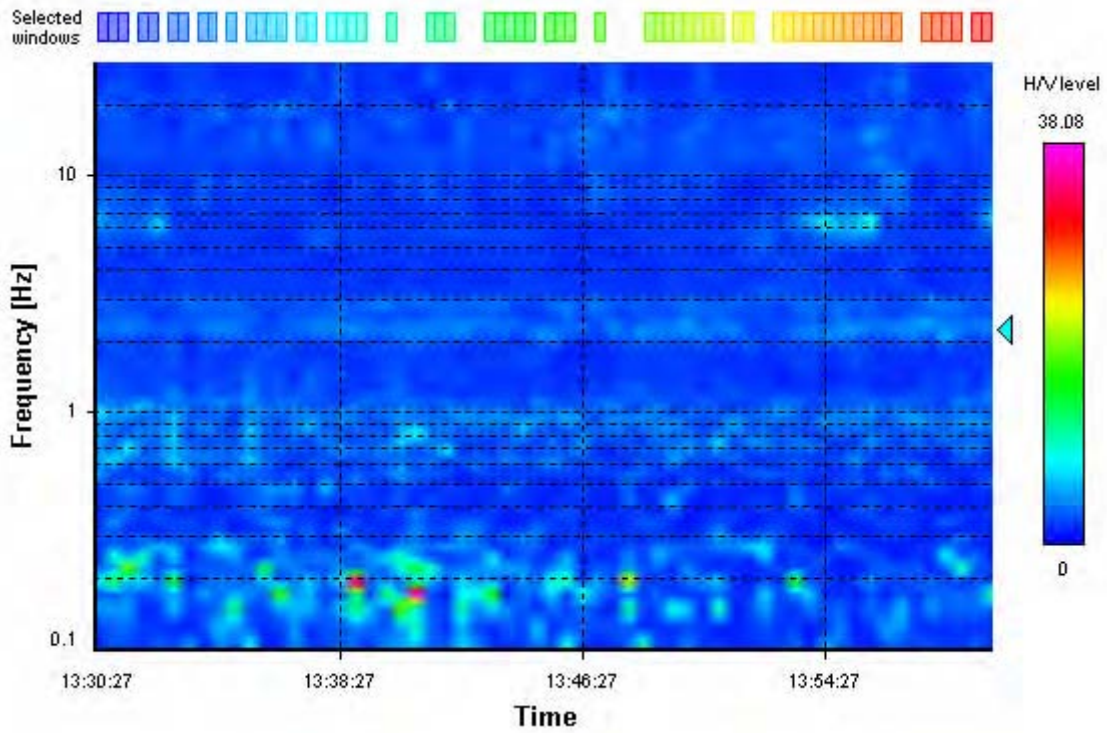
HVSR average



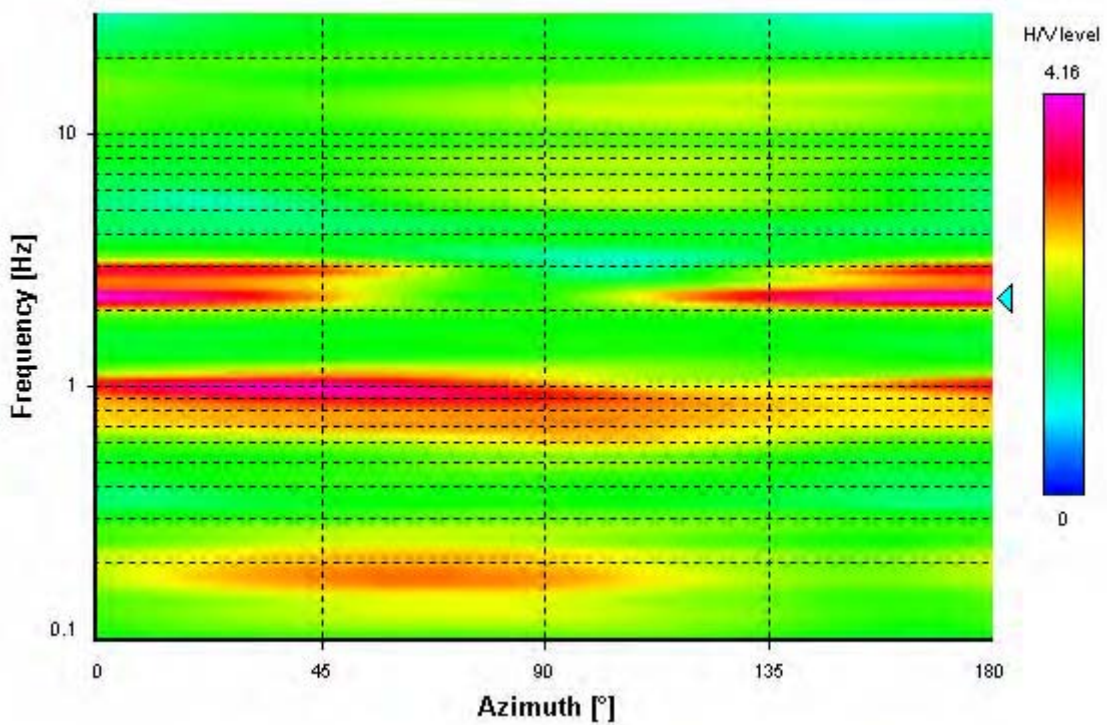
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



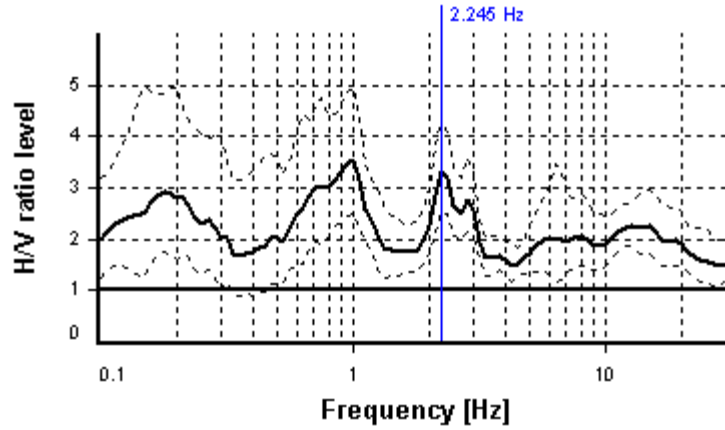
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.245 Hz

A_0 amplitude = 3.322

Average $f_0 = 2.401 \pm 0.307$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	62 valid windows (length > 4.45 s) out of 62	OK
$n_c(f_0) > 200$	2783.42 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	3.35975 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
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.30737 >= 0.11223	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.31079 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 24

Address: Malandrone, Castellina M.ma (PI)

Latitude: 1621816

Longitude: 4803918

Coordinate system: 3003

Elevation: 56 m s.l.m.

Weather: parzialmente nuvoloso, vento moderato da nord ovest, leggeri piovvaschi

Notes: rumore da traffico

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

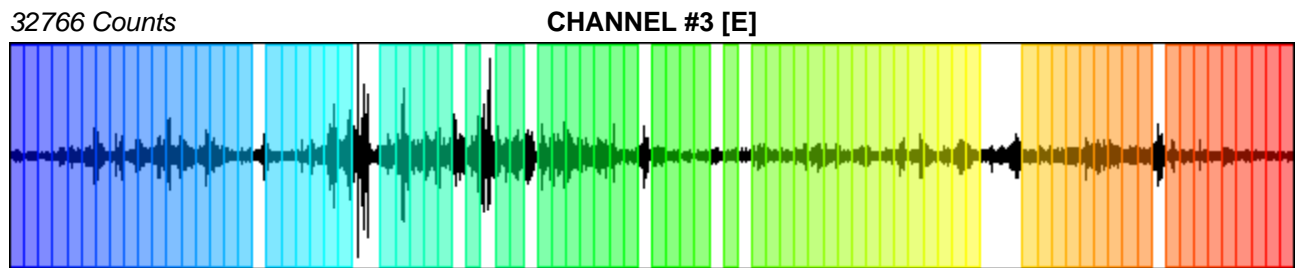
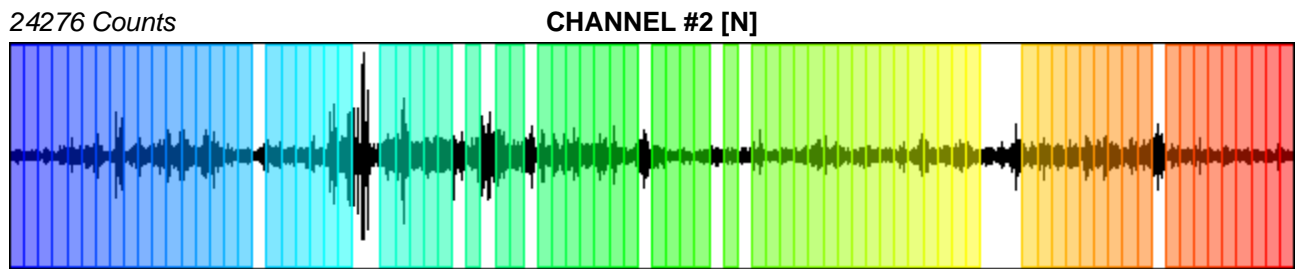
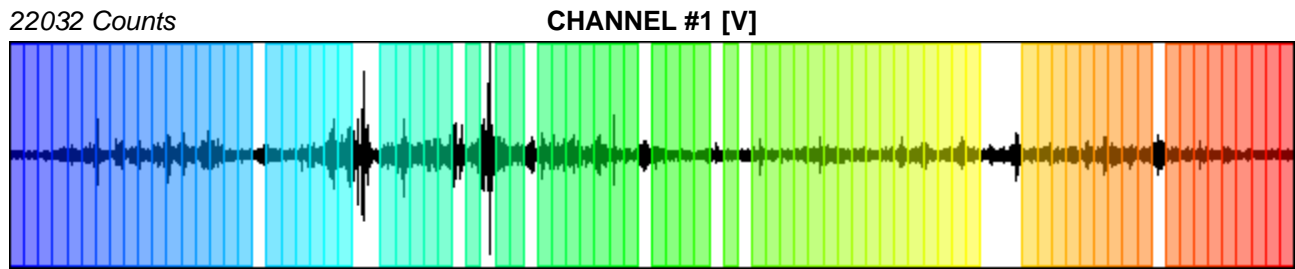
Recording start time: 2019/11/20 14:19:14

Recording length: 30 min

Windows count: 77

Average windows length: 20

Signal coverage: 85.56%



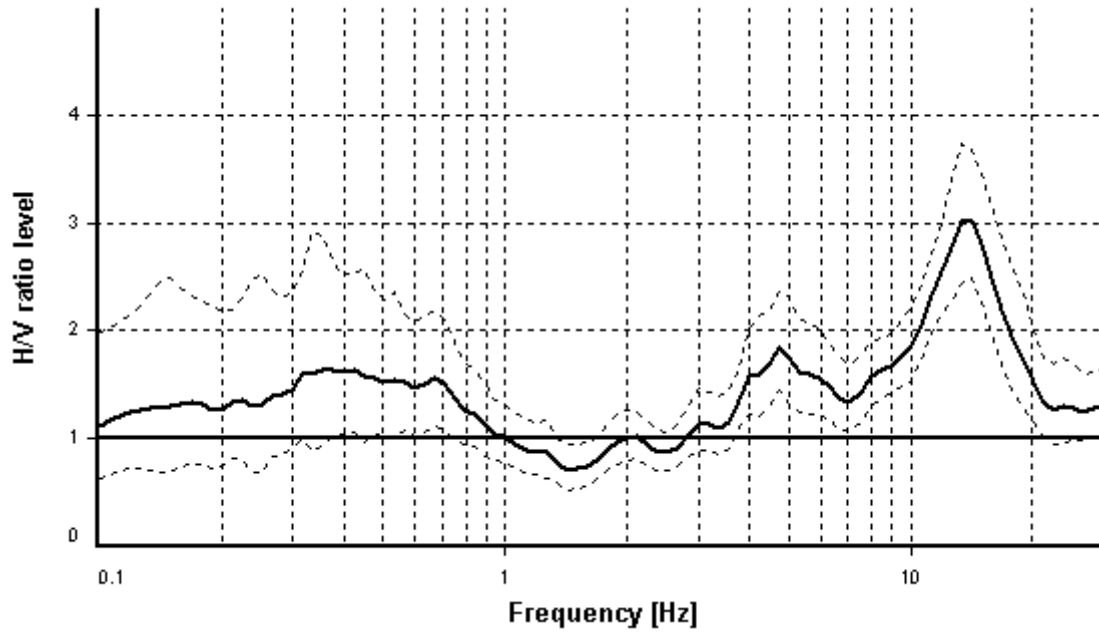
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

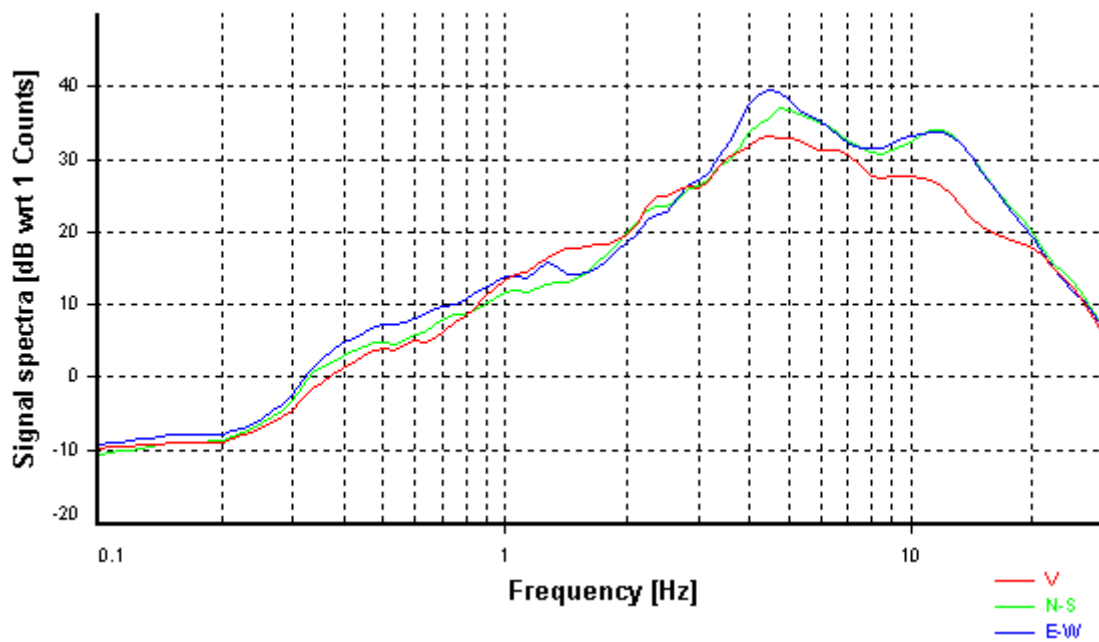
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

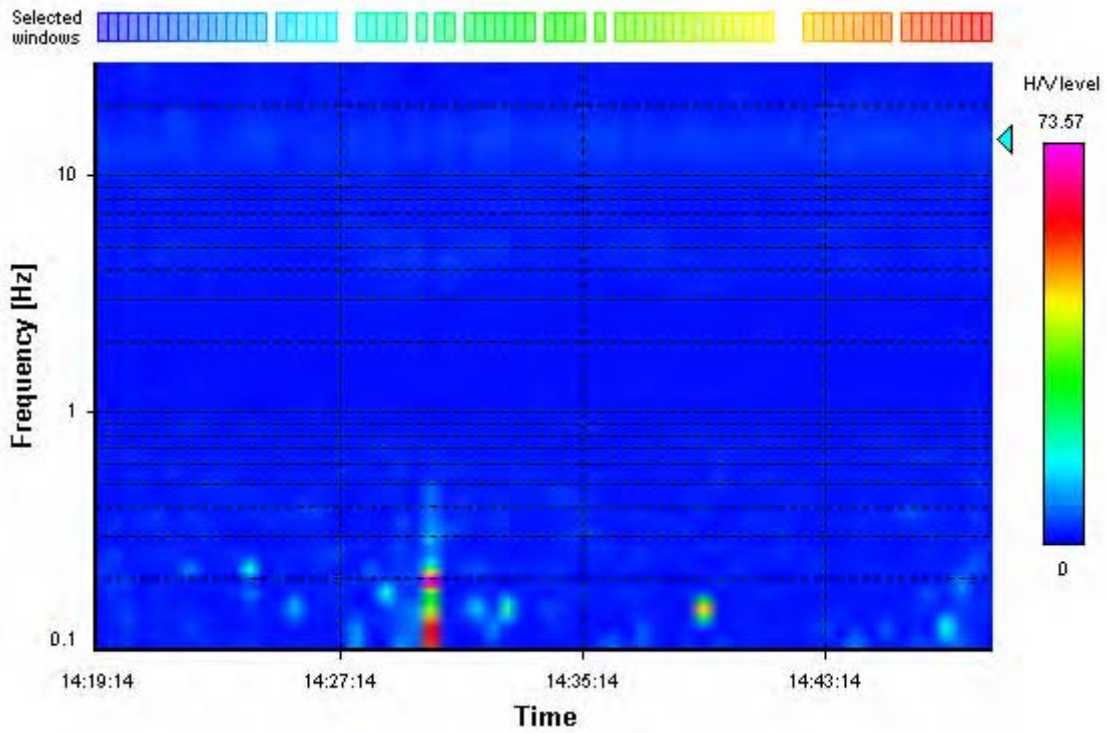
HVSR average



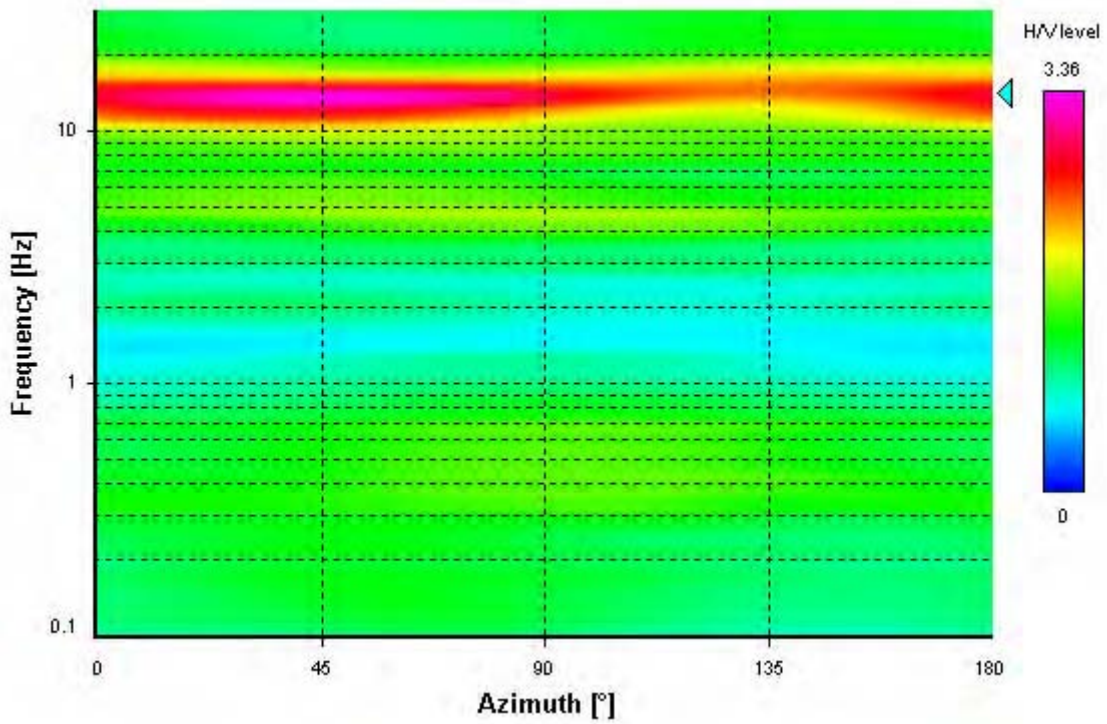
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



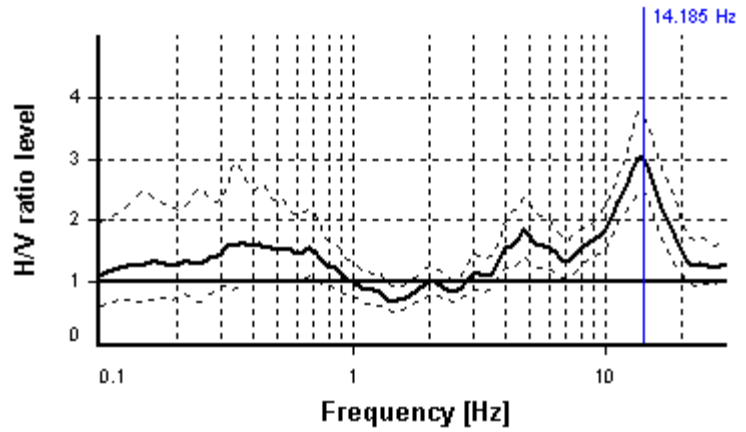
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

14.185 Hz

A_0 amplitude = 3.031

Average f_0 = 13.769 ± 1.102



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	77 valid windows (length > 0.7 s) out of 77	OK
$n_c(f_0) > 200$	21845.57 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	7.52674 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	20.04339 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.03 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	5.6% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.10223 >= 0.70927	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.21703 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 25

Address: Le Conche, Badie, Castellina M.ma (PI)

Latitude: 1621260

Longitude: 4806062

Coordinate system: 3003

Elevation: 20.5 m s.l.m.

Weather: parzialmente nuvoloso, vento moderato da nord

Notes: rumore da traffico veicolare e da torrente, pioggia moderata a partire da minuto 20

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

Recording start time: 2019/11/20 15:10:00

Recording length: 30 min

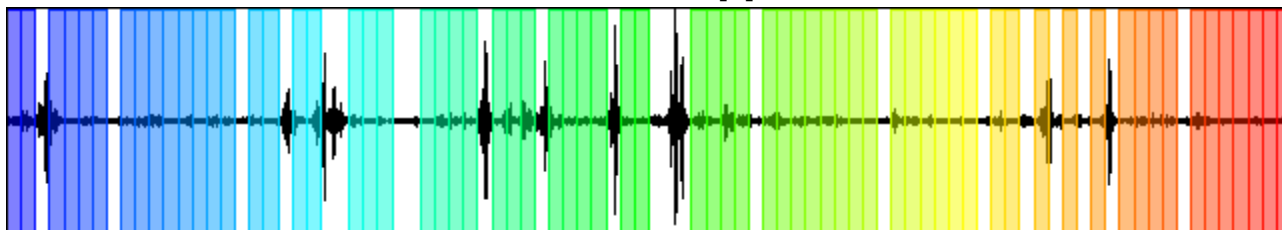
Windows count: 68

Average windows length: 20

Signal coverage: 75.56%

49514 Counts

CHANNEL #1 [V]



-45915 Counts

26903 Counts

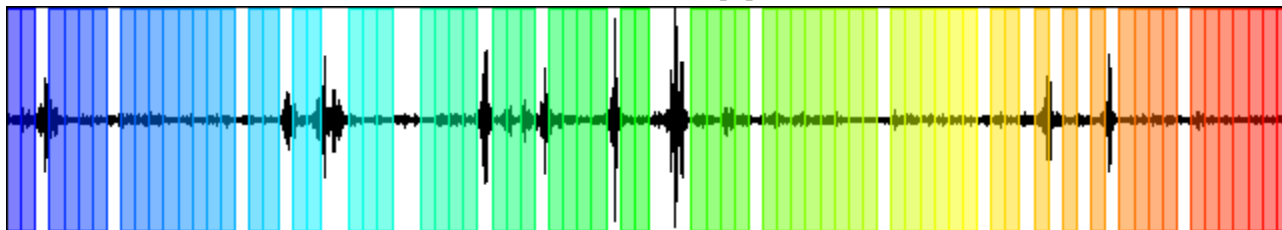
CHANNEL #2 [N]



-24915 Counts

67888 Counts

CHANNEL #3 [E]



-65985 Counts

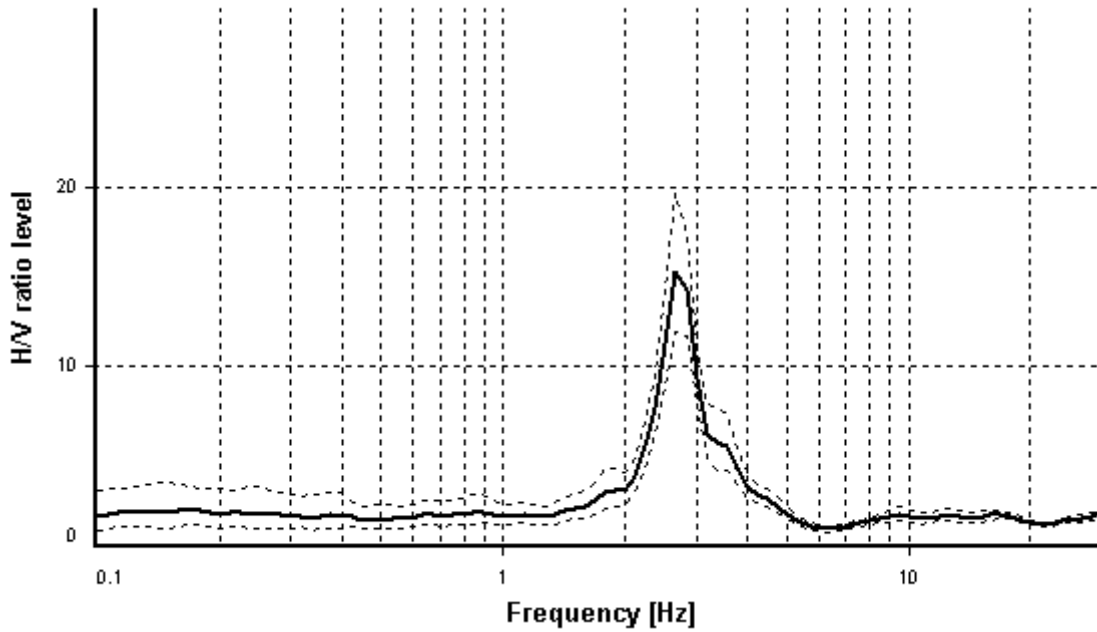
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

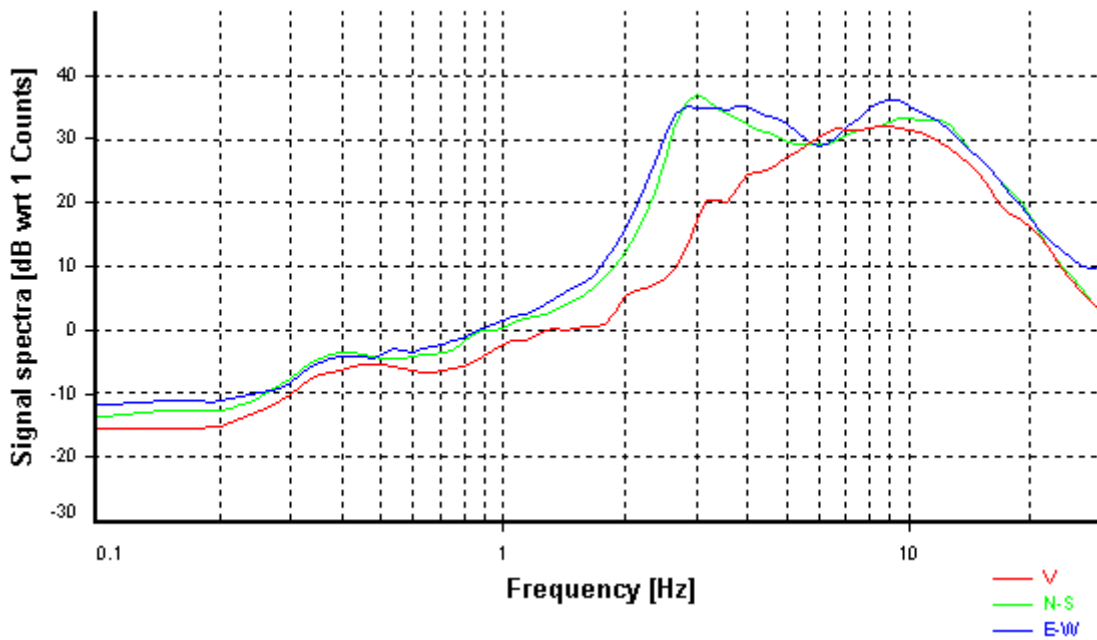
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

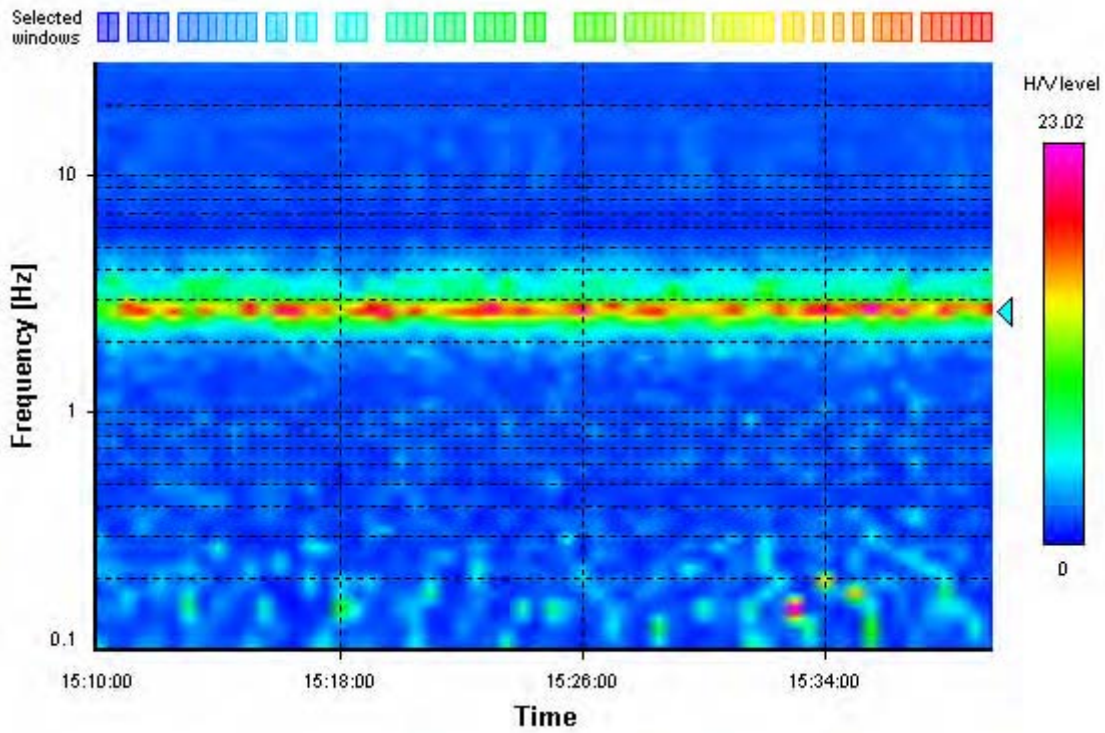
HVSR average



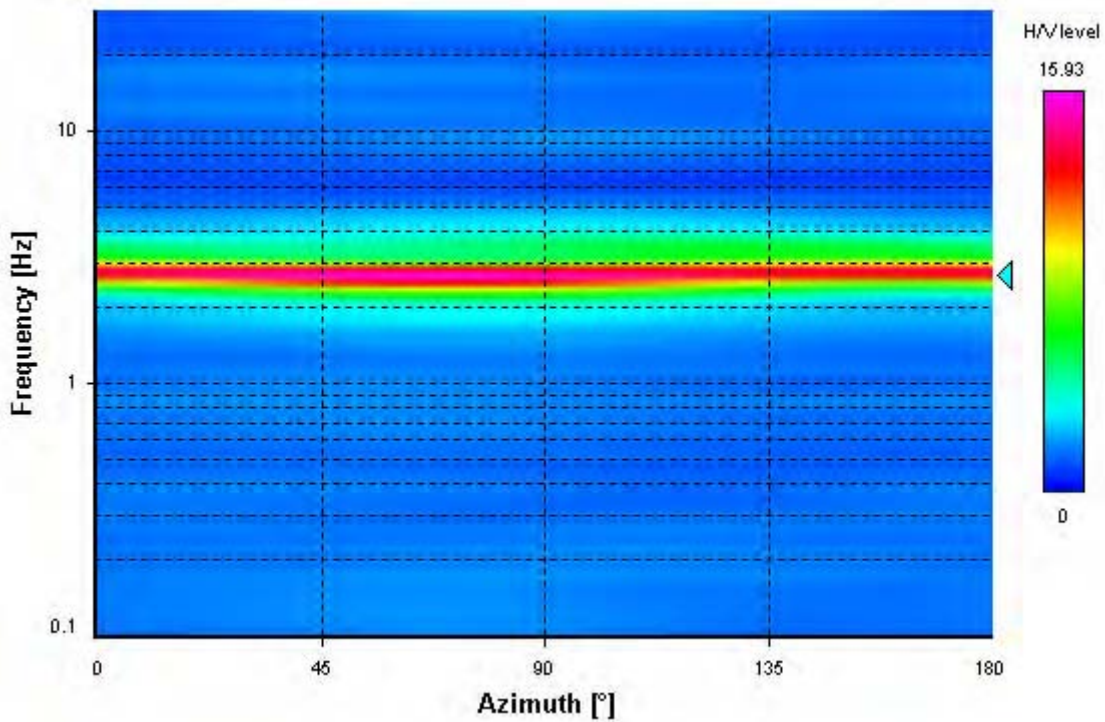
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



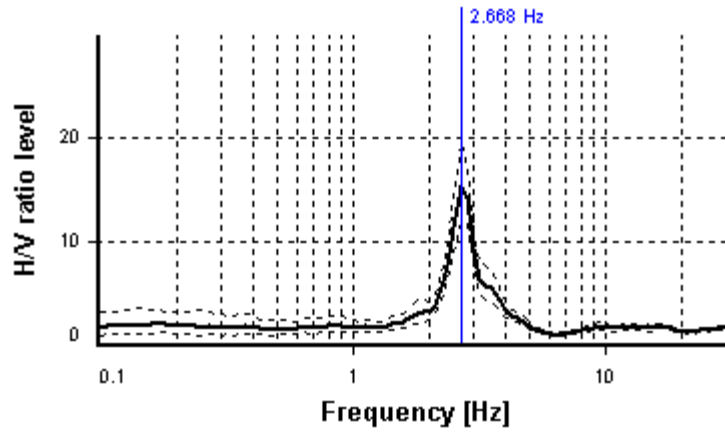
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.668 Hz

A_0 amplitude = 15.322

Average $f_0 = 2.721 \pm 0.117$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	68 valid windows (length > 3.75 s) out of 68	OK
$n_c(f_0) > 200$	3628.78 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.24469 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	3.17165 Hz	OK
$A_0 > 2$	15.32 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.11736 < 0.13341	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.28067 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR 26

Address: Poggio 34.7, Badie, Castellina M.ma (PI)

Latitude: 1621273

Longitude: 4806264

Coordinate system: WGS84

Elevation: 0 m s.l.m.

Weather: nuvoloso, senza vento

Notes: rumore da traffico veicolare e da cantiere, pioggia da minuto 20

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

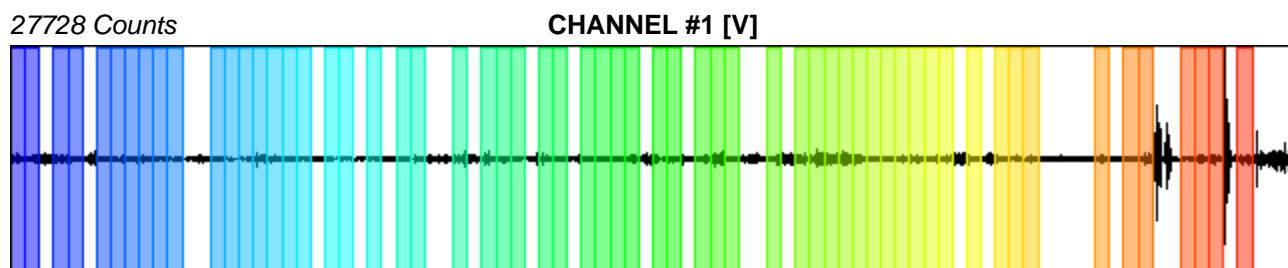
Recording start time: 2019/11/20 16:06:17

Recording length: 30 min

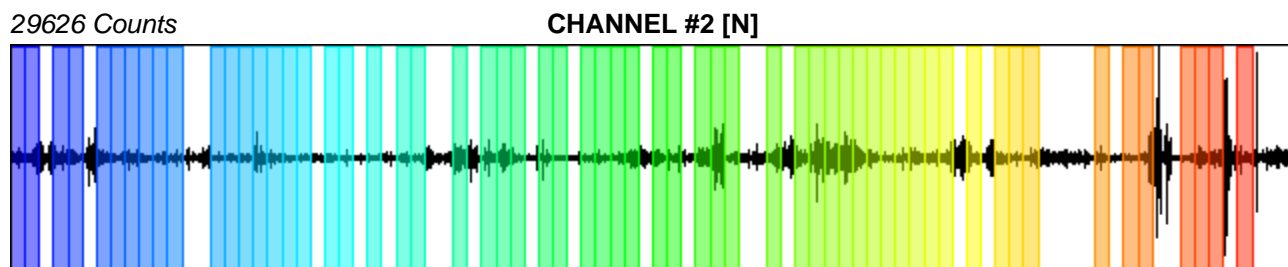
Windows count: 60

Average windows length: 20

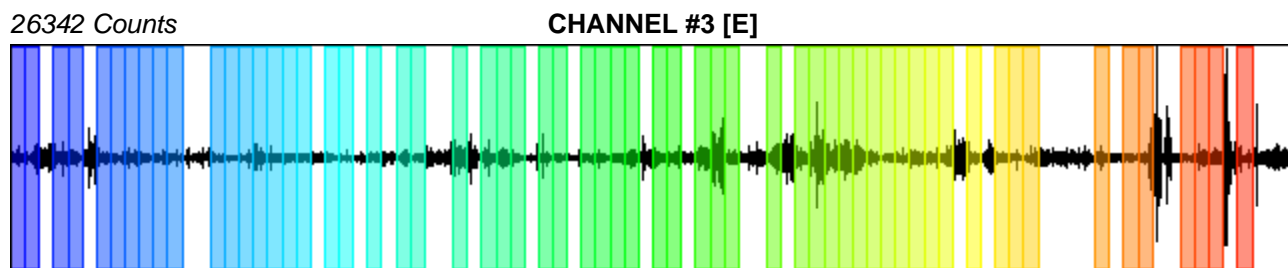
Signal coverage: 66.67%



-21107 Counts



-26033 Counts



-20901 Counts

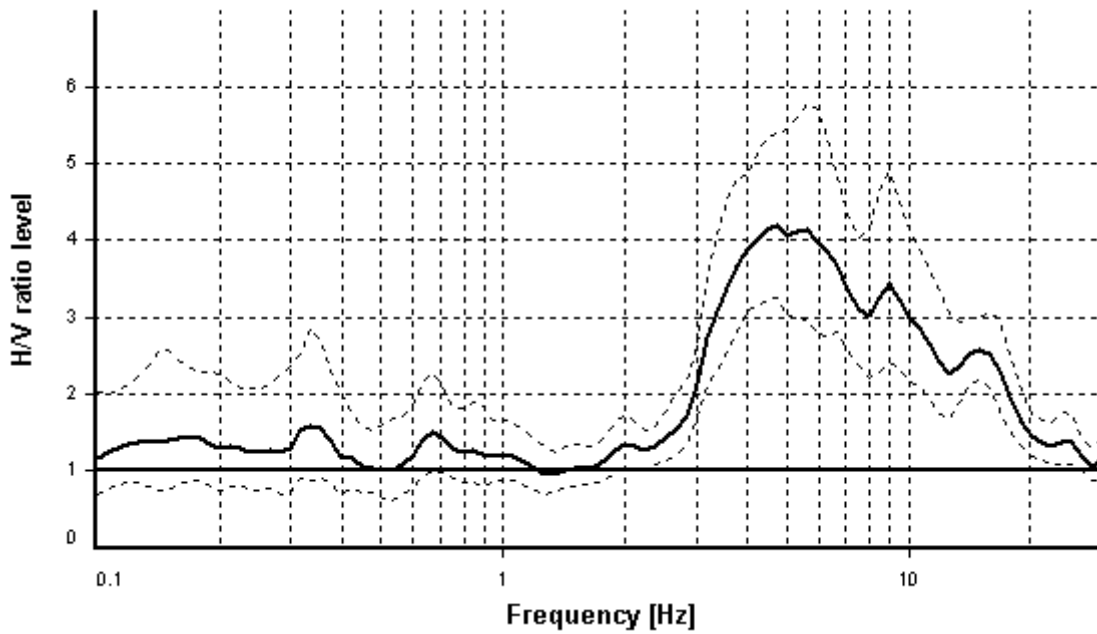
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

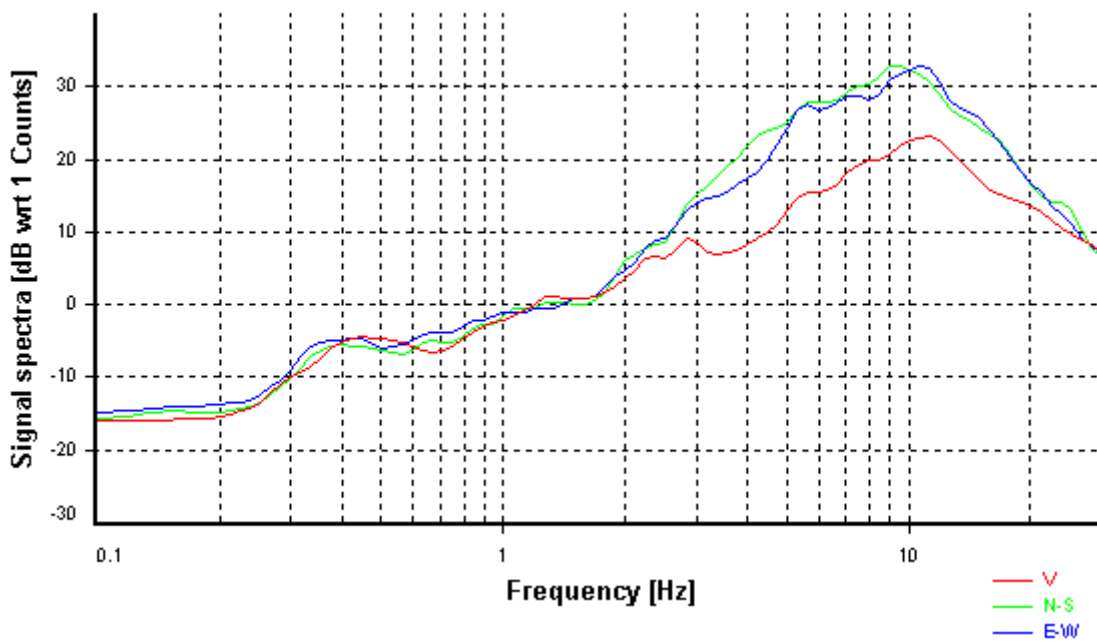
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

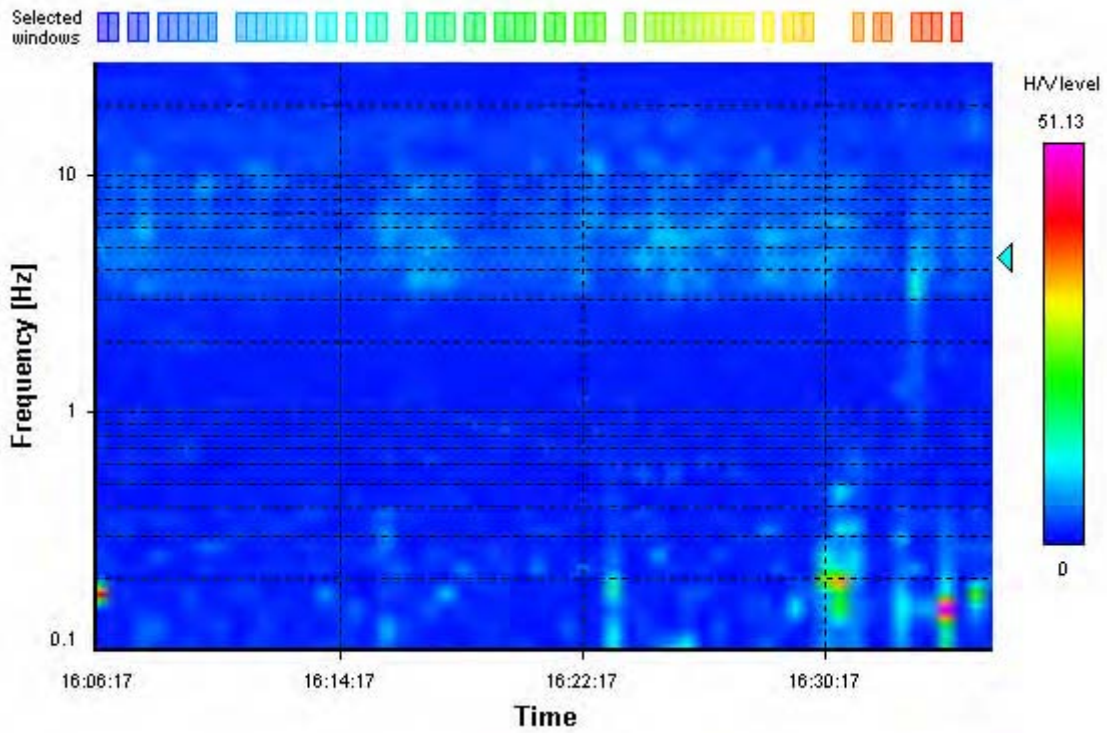
HVSR average



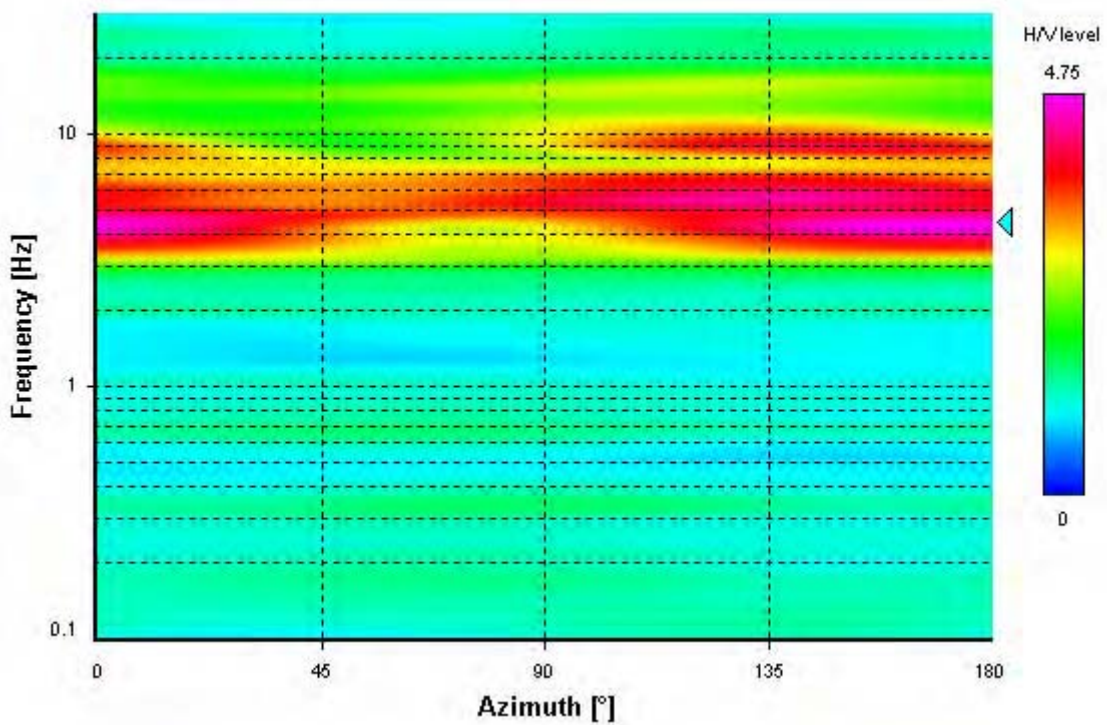
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



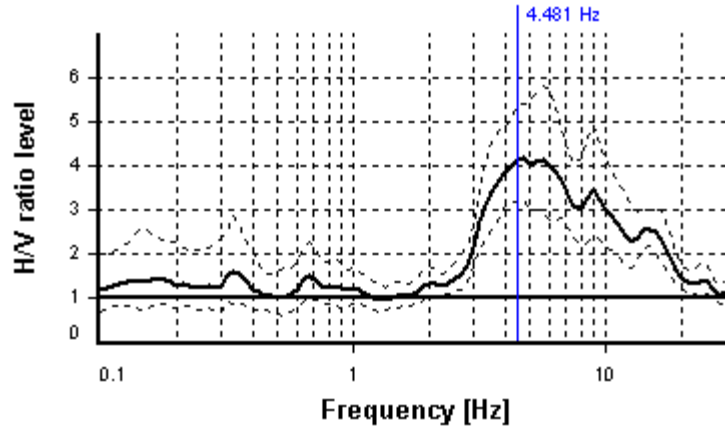
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

4.481 Hz

A_0 amplitude = 4.155

Average $f_0 = 4.906 \pm 0.818$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	60 valid windows (length > 2.23 s) out of 60	OK
$n_c(f_0) > 200$	5377.69 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.82646 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	17.86193 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.16 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	25.92% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.81815 \geq 0.22407	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.28889 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017
Microzonazione Simica livello 1 Castellina M.ma Variante RU 2019

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR1

Address: Castellina Marittima, Poderino-bassa

Latitude: 4806668

Longitude: 1627442

Coordinate system: 3003

Elevation: 415 m s.l.m.

Weather: cielo velato, vento debole in aumento da sud-sud ovest

Notes: misura effettuata con protezione antivento

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

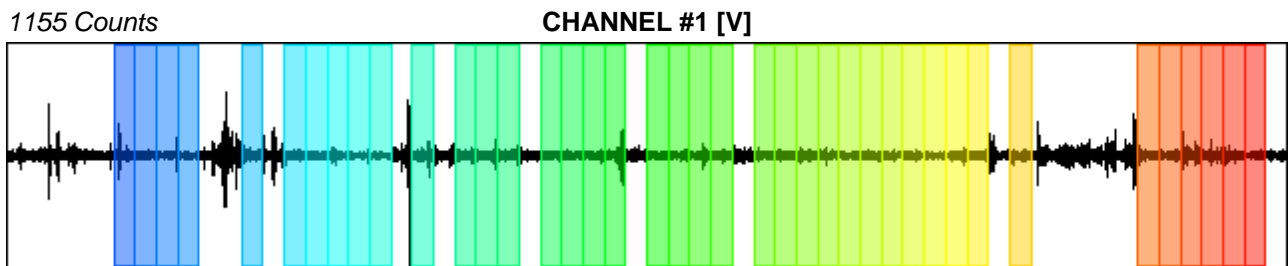
Recording start time: 2019/05/08 09:16:55

Recording length: 20 min

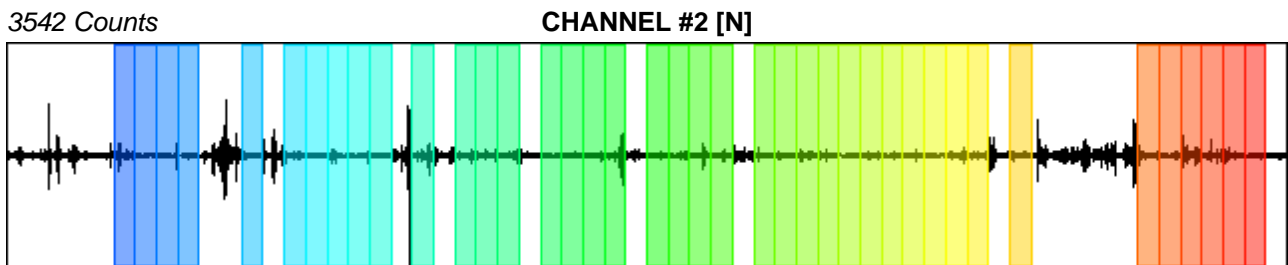
Windows count: 40

Average windows length: 20

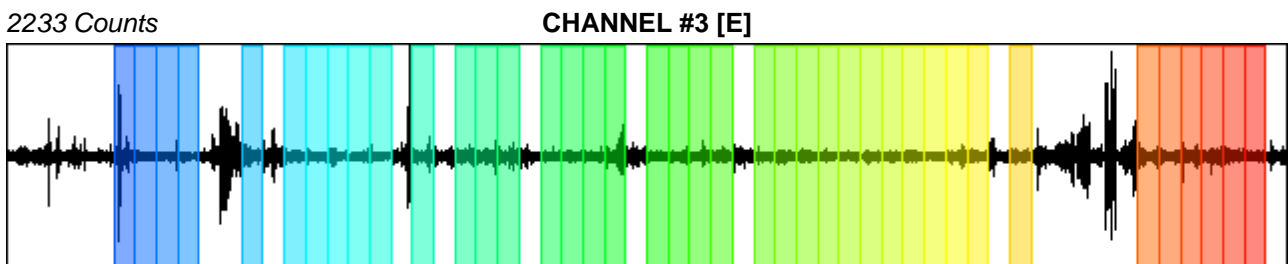
Signal coverage: 66.67%



-2004 Counts



-7040 Counts



-1707 Counts

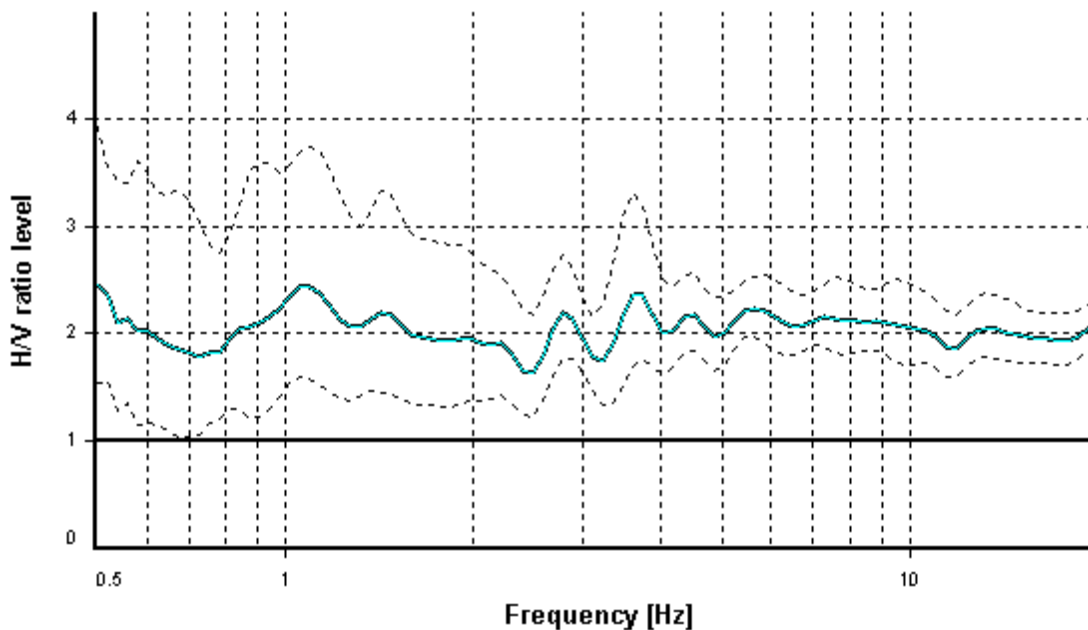
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

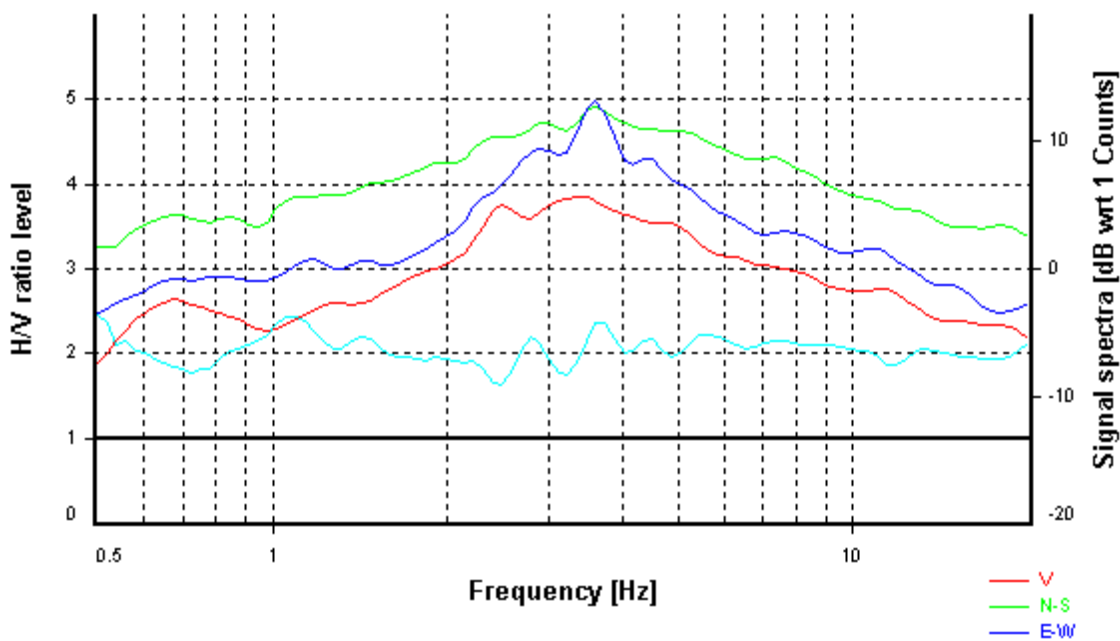
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

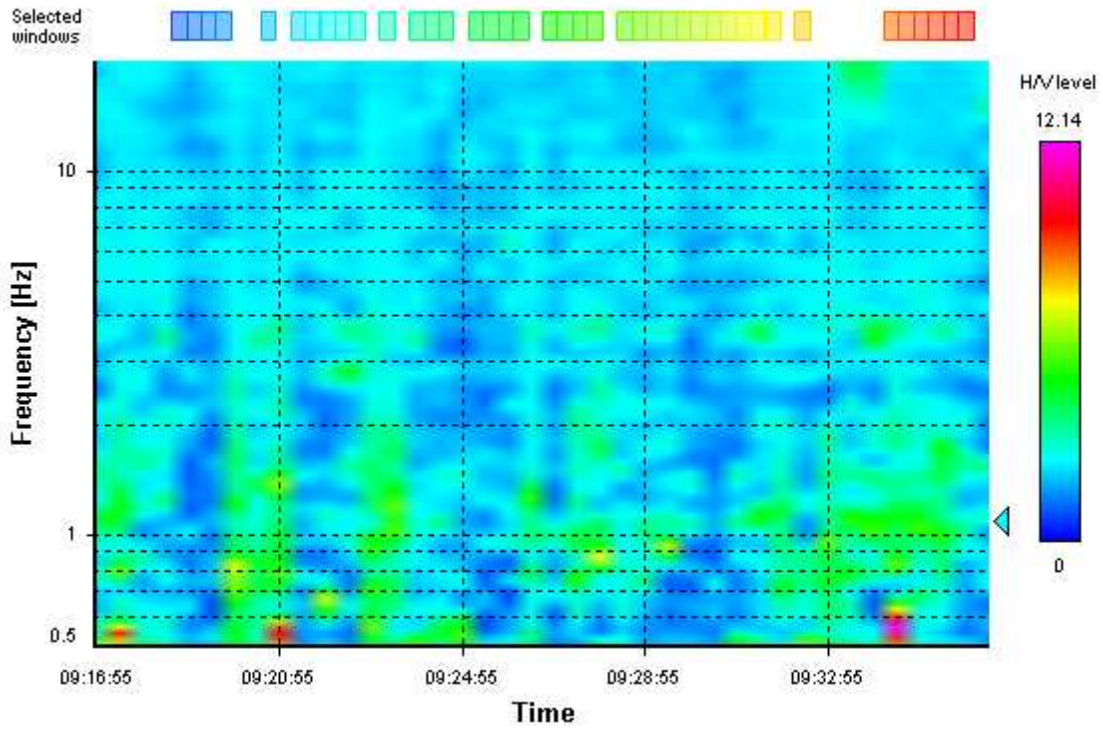
HVSR average



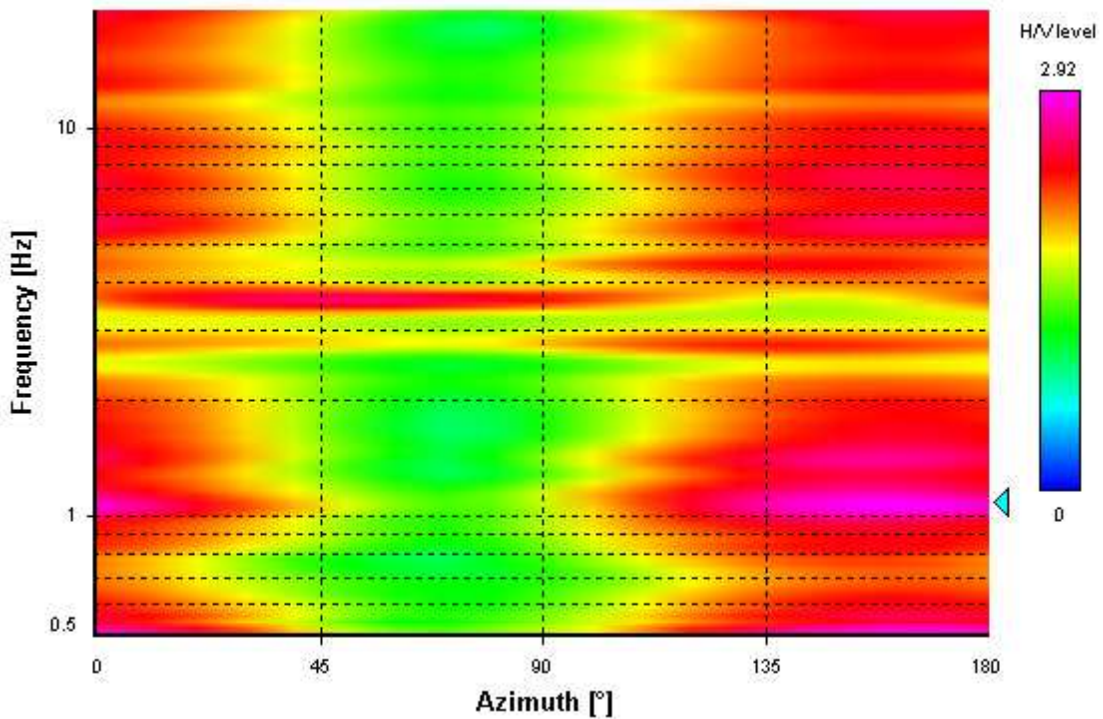
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



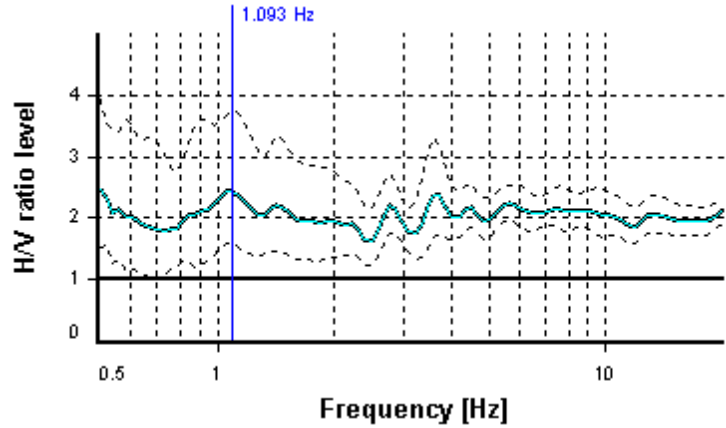
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.093 Hz

A_0 amplitude = 2.436

Average $f_0 = 1.121 \pm 0.228$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	40 valid windows (length > 9.15 s) out of 40	OK
$n_c(f_0) > 200$	874.76 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.44 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.22798 >= 0.10935	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.54078 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017
Microzonazione Simica livello 1 Castellina M.ma Variante RU 2019

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR2a

Address: Castellina Marittima, Poderino, poggio

Latitude: 4806633

Longitude: 1627568

Coordinate system: 3003

Elevation: 432 m s.l.m.

Weather: cielo velato, vento moderato da sud ovest

Notes: zona boscata, misura effettuata con protezione antivento

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

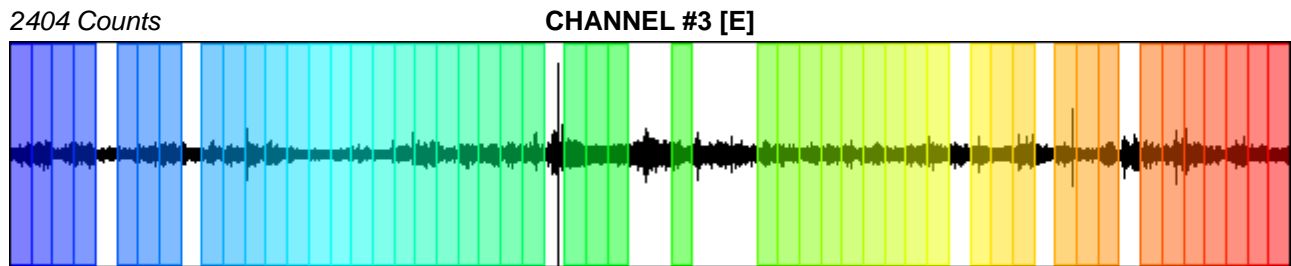
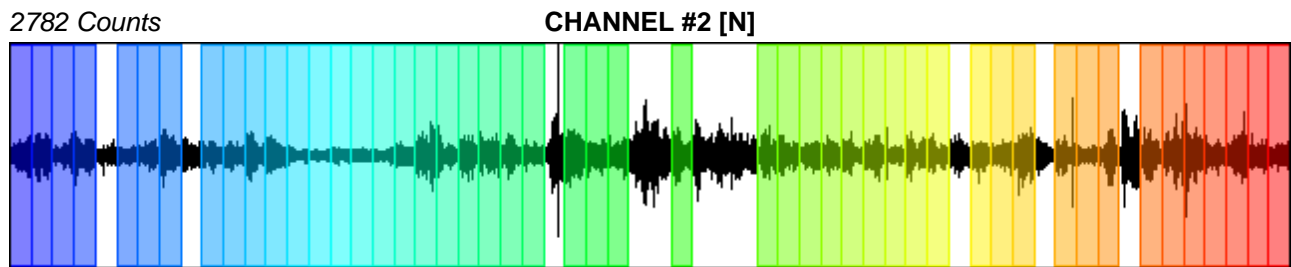
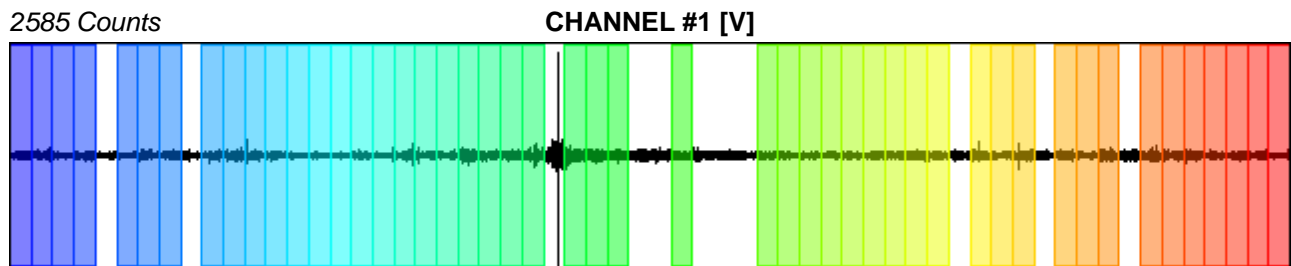
Recording start time: 2019/05/08 10:16:00

Recording length: 20 min

Windows count: 49

Average windows length: 20

Signal coverage: 81.67%



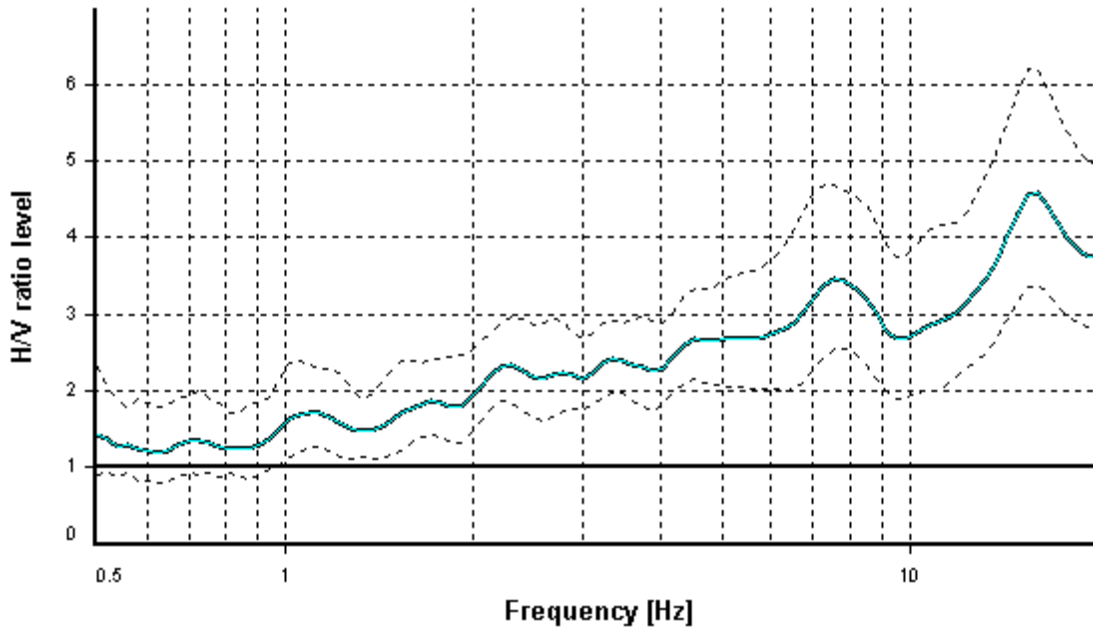
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

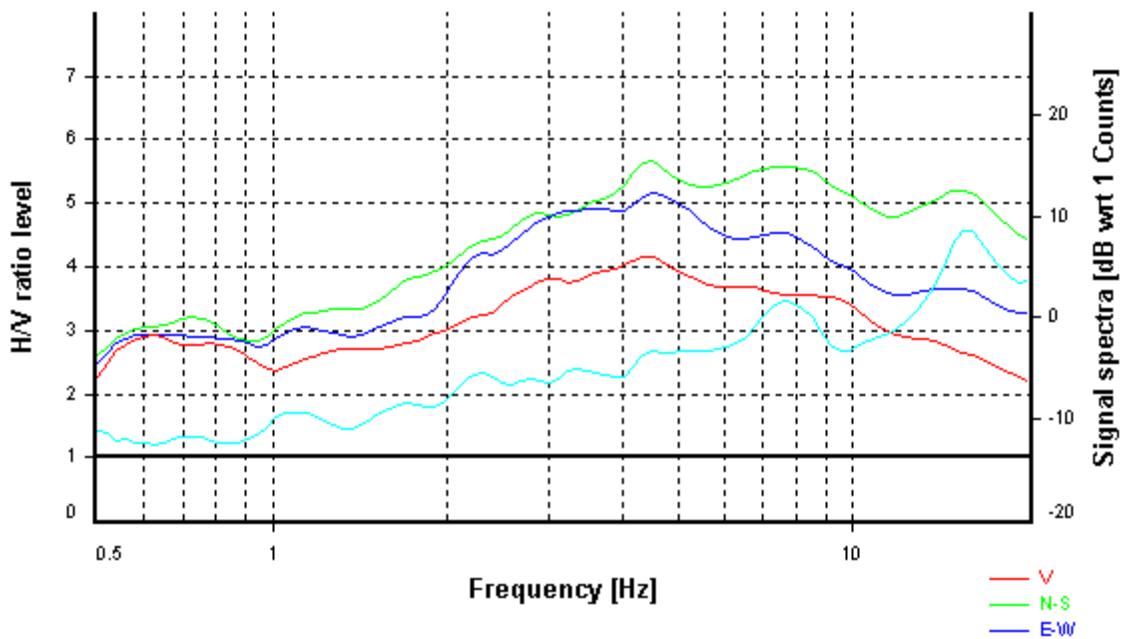
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

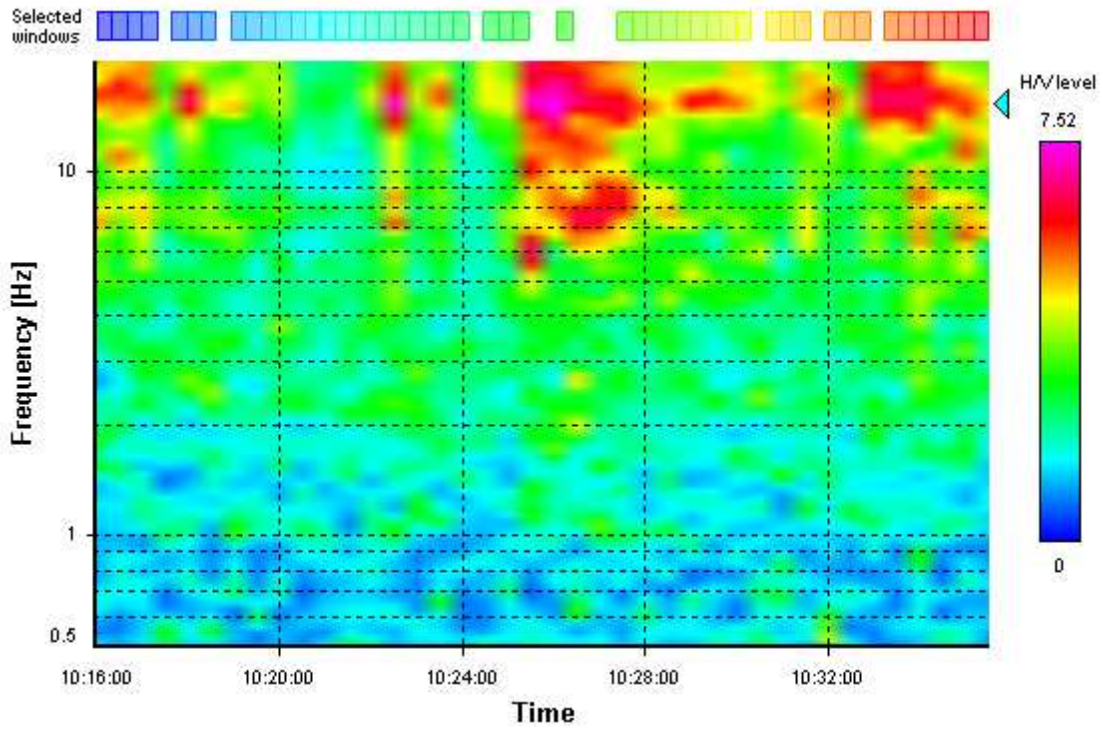
HVSR average



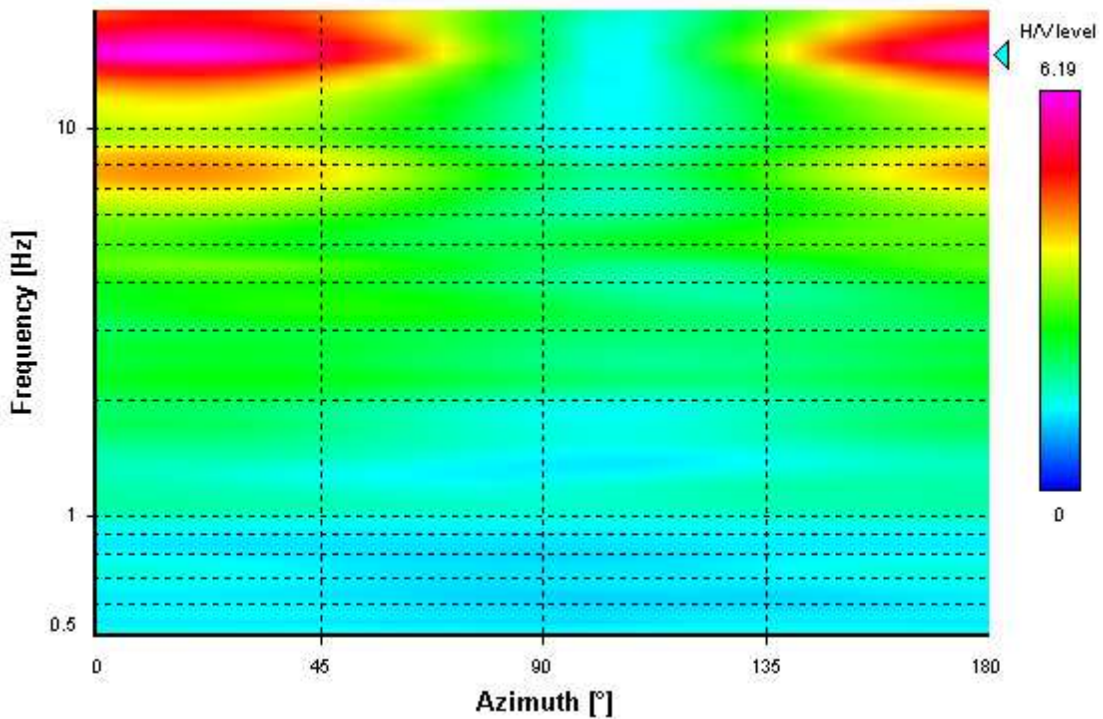
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



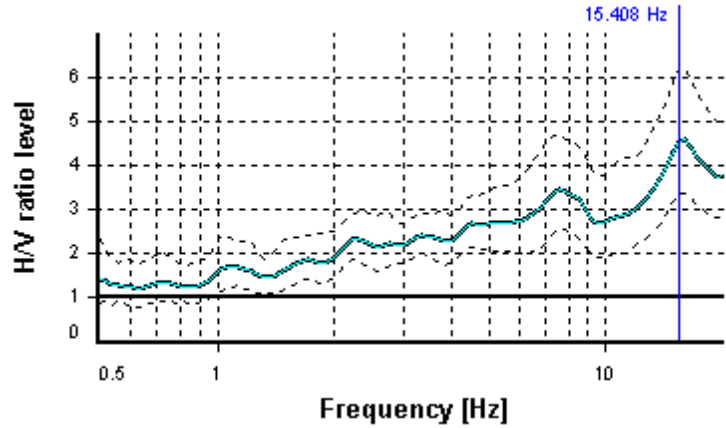
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

15.408 Hz

A_0 amplitude = 4.558

Average $f_0 = 16.169 \pm 1.206$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	49 valid windows (length > 0.65 s) out of 49	OK
$n_c(f_0) > 200$	15100.07 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 26	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	4.02889 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	4.56 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.8% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.20635 >= 0.77041	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.36216 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017
Microzonazione Simica livello 1 Castellina M.ma Variante RU 2019

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR2b

Address: Castellina Marittima, Poderino, poggio

Latitude: 4806633

Longitude: 1627568

Coordinate system: 3003

Elevation: 432 m s.l.m.

Weather: cielo velato, vento moderato da sud ovest

Notes: zona boscata, misura effettuata con protezione antivento

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

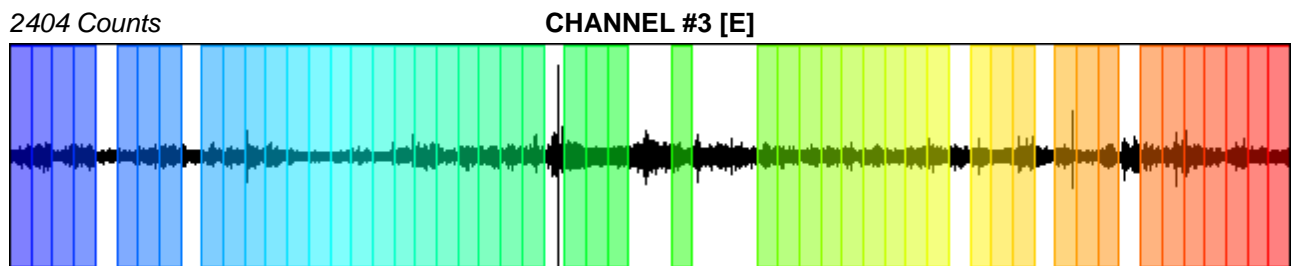
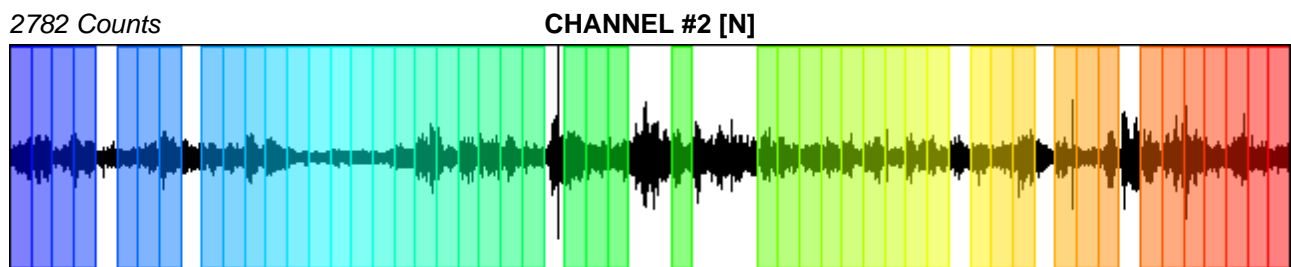
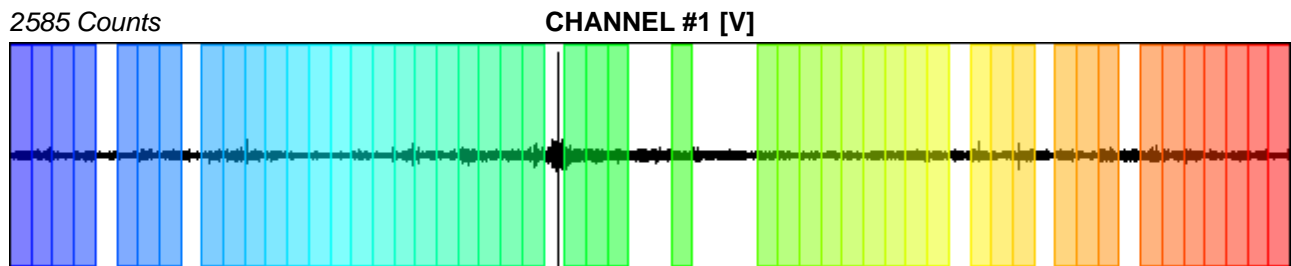
Recording start time: 2019/05/08 10:16:00

Recording length: 20 min

Windows count: 49

Average windows length: 20

Signal coverage: 81.67%



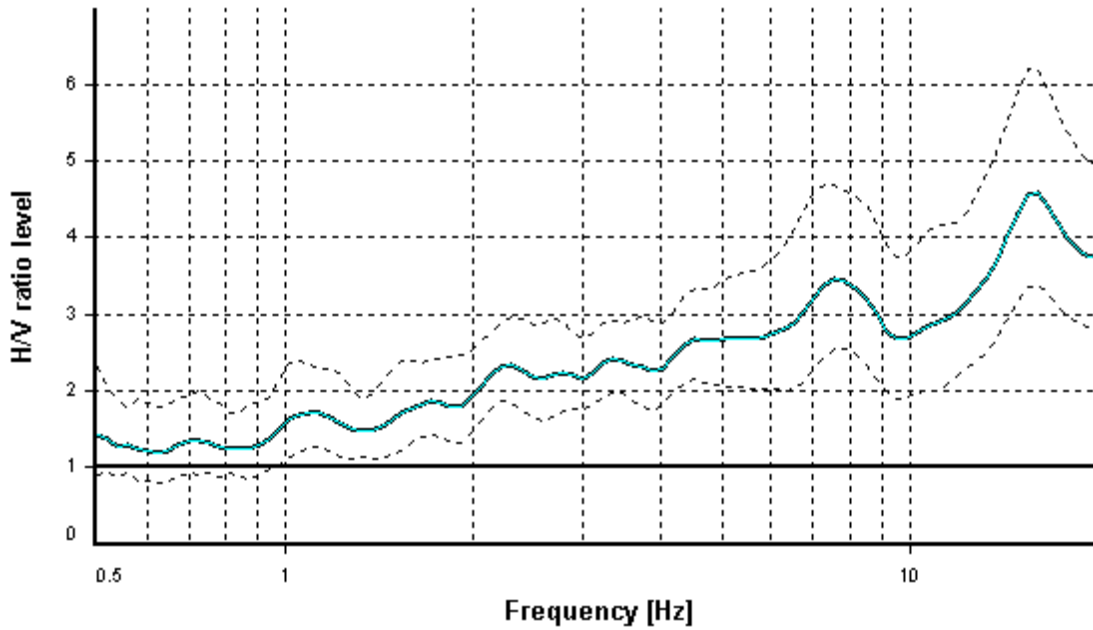
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

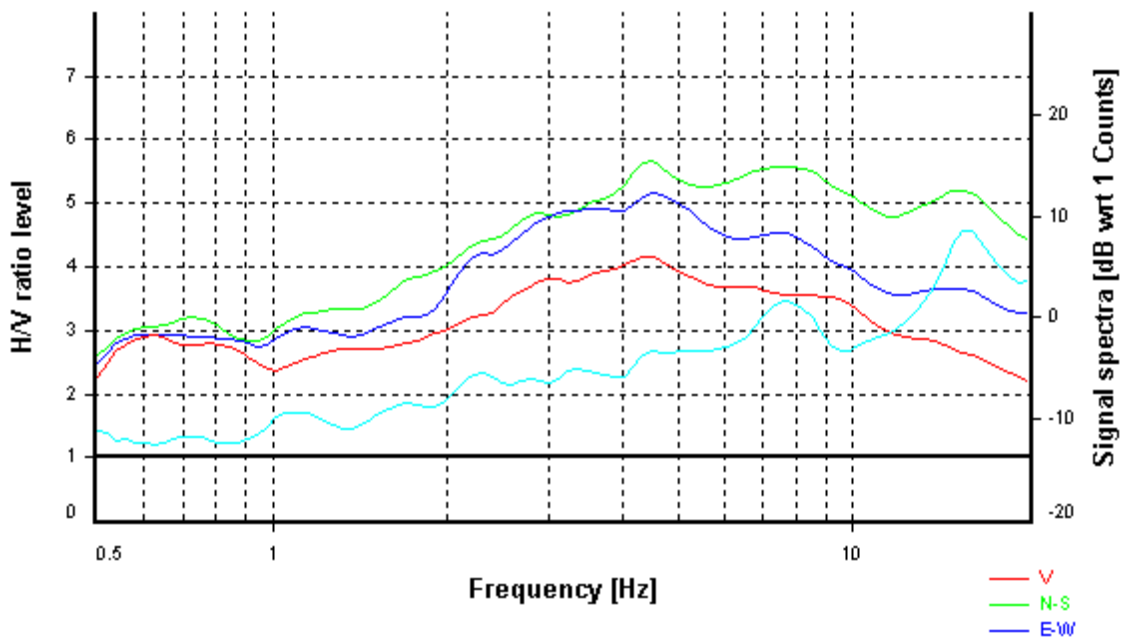
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

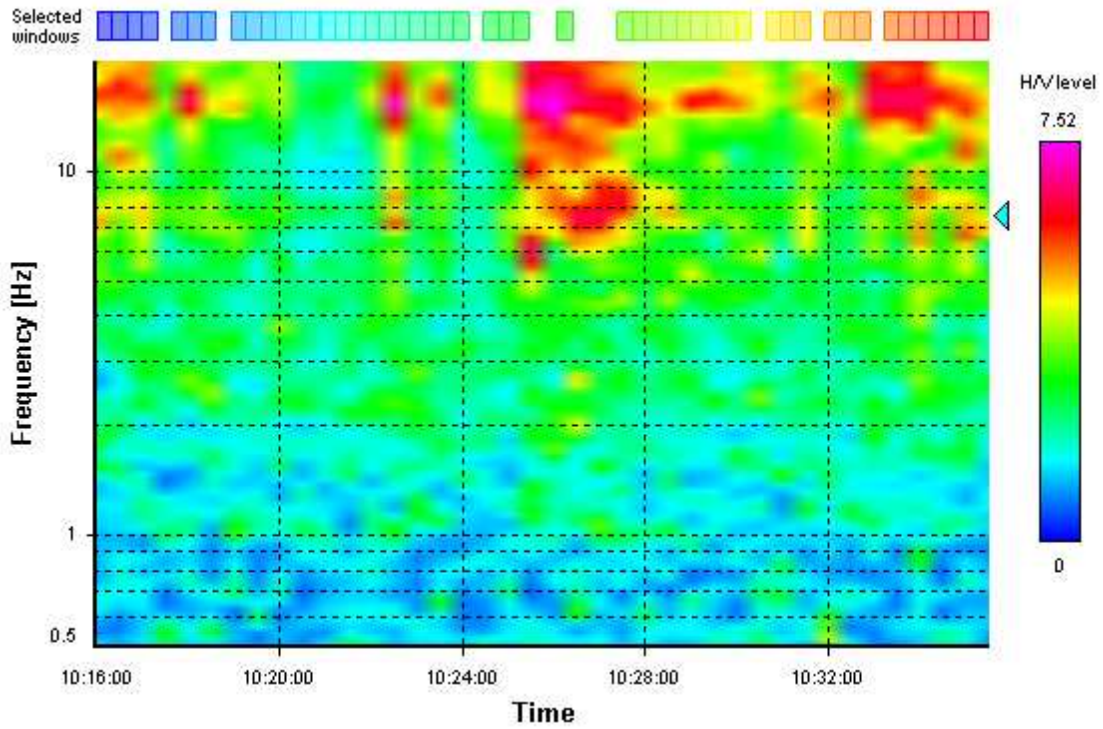
HVSR average



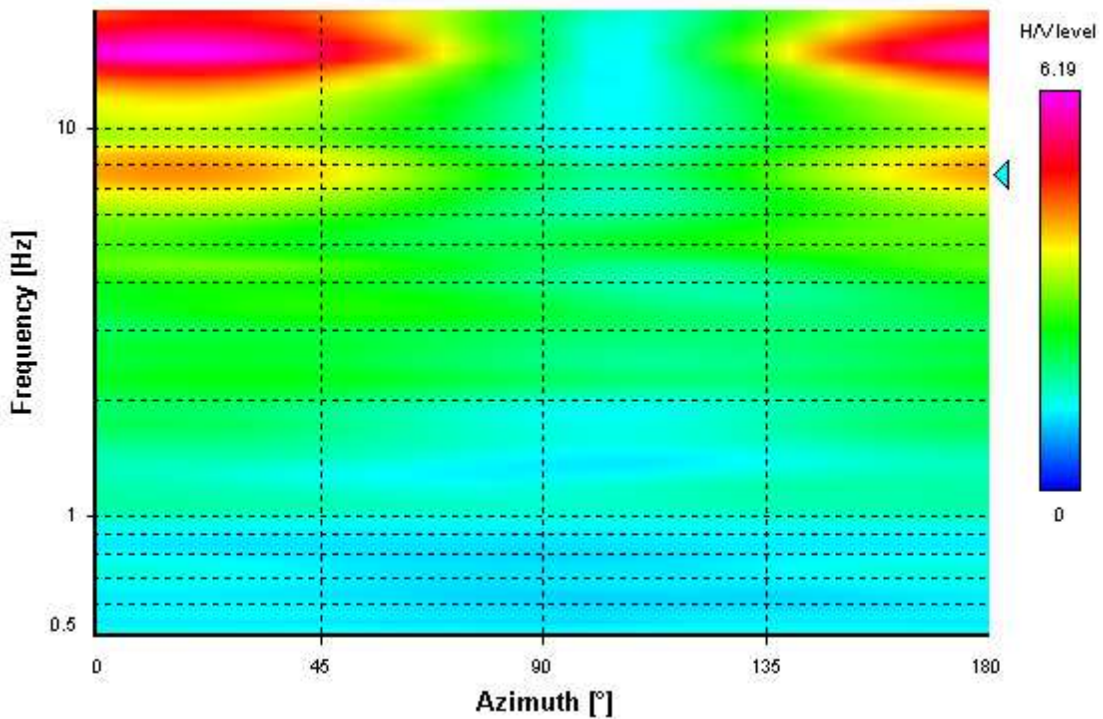
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



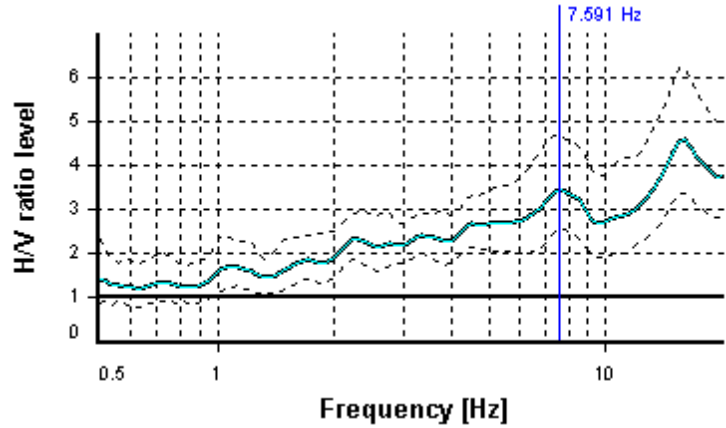
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

7.591 Hz

A_0 amplitude = 3.456

Average $f_0 = 7.835 \pm 1.357$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	49 valid windows (length > 1.32 s) out of 49	OK
$n_c(f_0) > 200$	7438.97 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	3.46 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.35734 >= 0.37954	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.35579 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017
Microzonazione Simica livello 1 Castellina M.ma Variante RU 2019

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR3a

Address: Knauf - alluvioni

Latitude: 4808715

Longitude: 1624618

Coordinate system: 3003

Elevation: 76 m s.l.m.

Weather: cielo velato, vento moderato in aumento da sud ovest

Notes: misura eseguita con protezione antivento

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

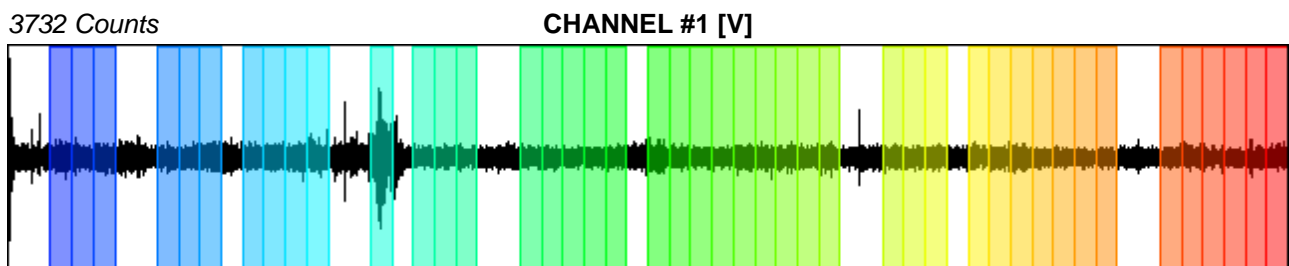
Recording start time: 2019/05/08 11:27:38

Recording length: 20 min

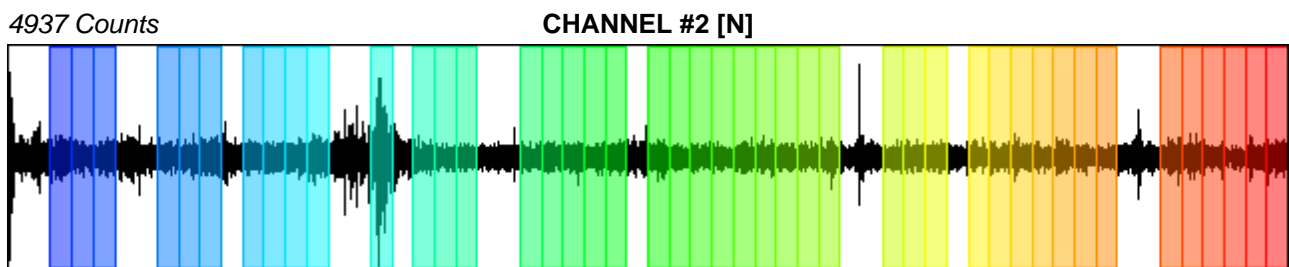
Windows count: 44

Average windows length: 20

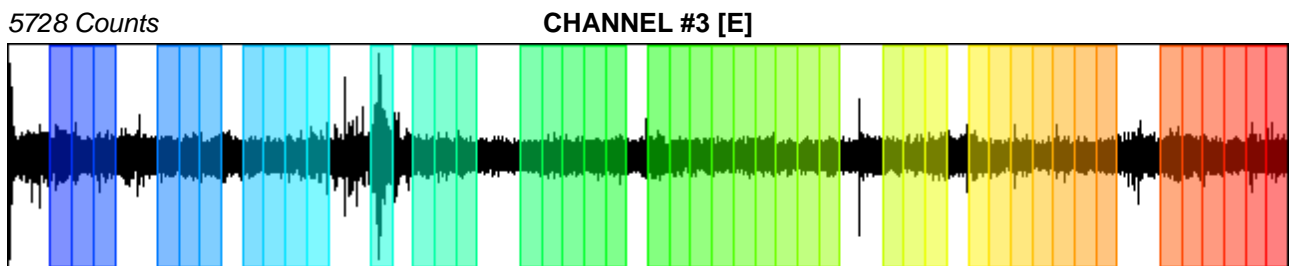
Signal coverage: 73.33%



-4179 Counts



-5660 Counts



-5342 Counts

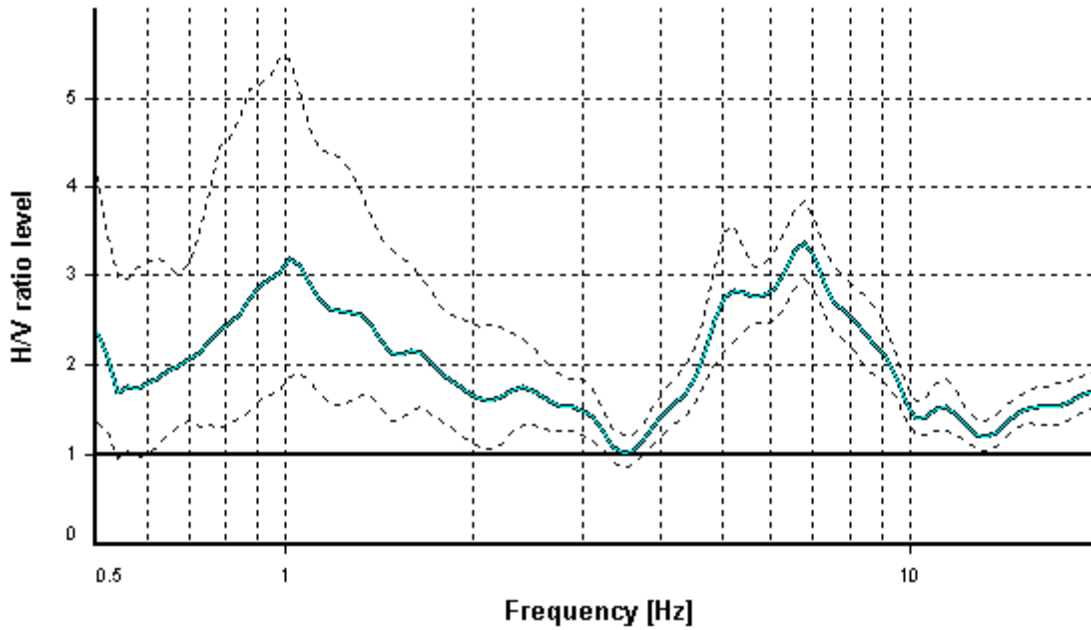
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

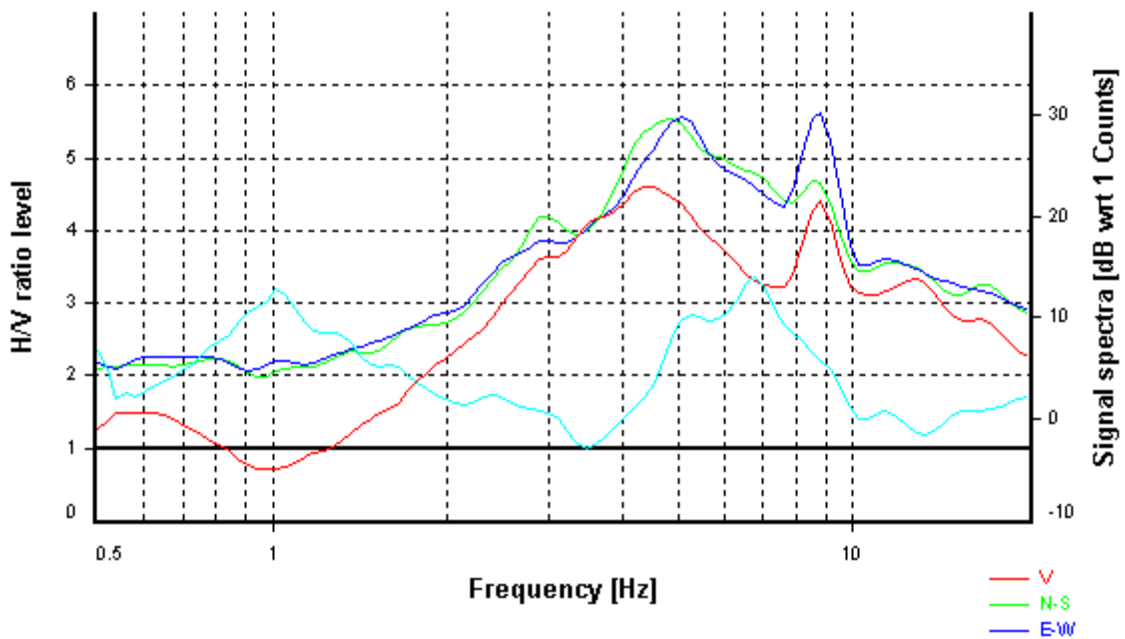
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

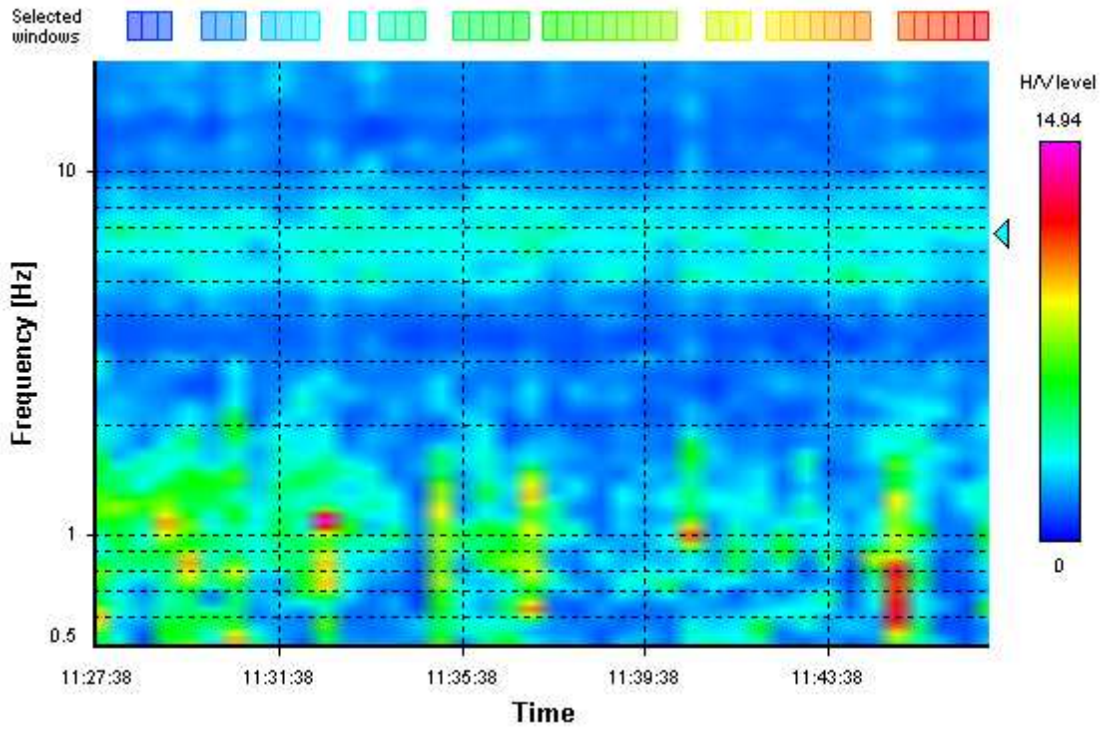
HVSR average



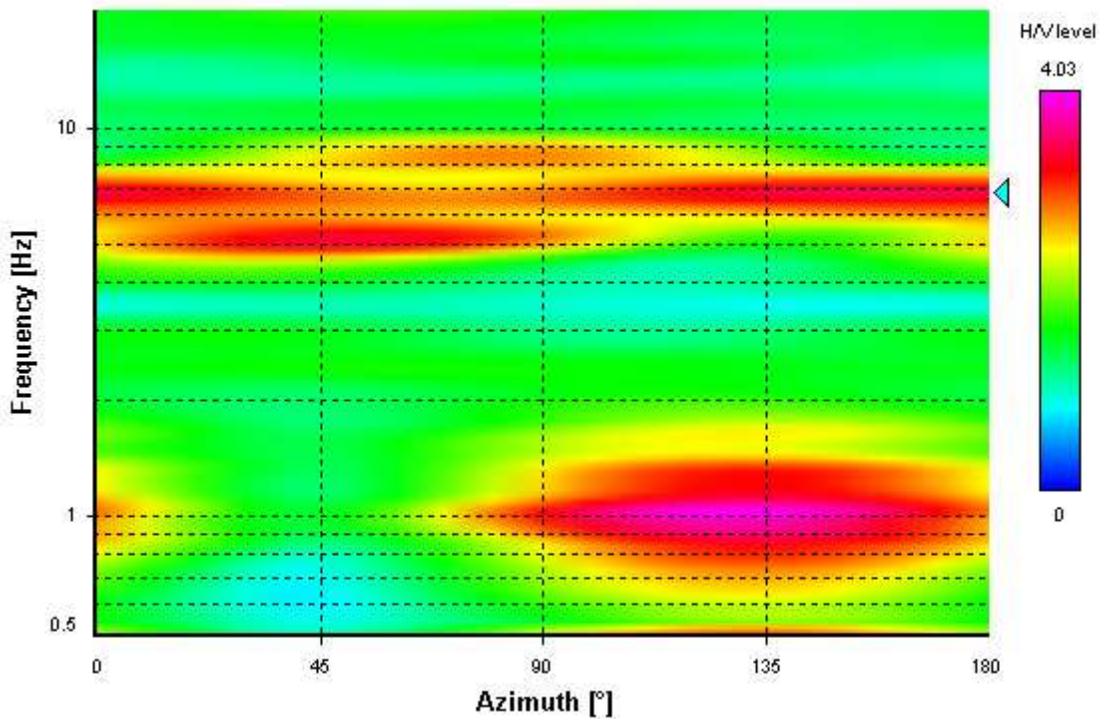
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



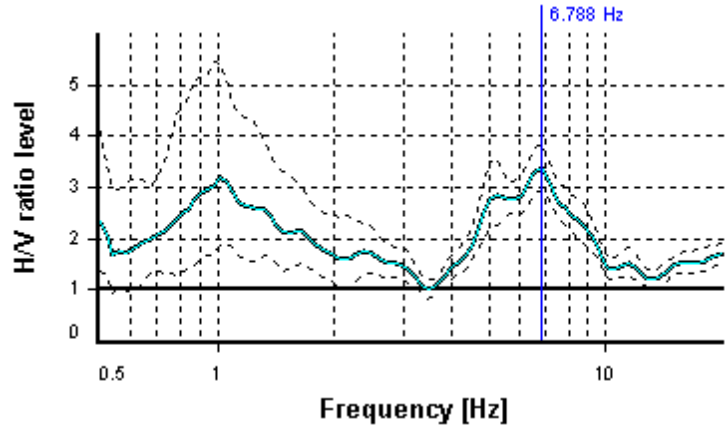
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

6.788 Hz

A_0 amplitude = 3.372

Average $f_0 = 6.369 \pm 0.855$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	44 valid windows (length > 1.47 s) out of 44	OK
$n_c(f_0) > 200$	5973.41 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	4.34061 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	9.8529 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.37 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.85479 >= 0.3394	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.14101 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017
Microzonazione Simica livello 1 Castellina M.ma Variante RU 2019

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR3b

Address: Knauf - alluvioni

Latitude: 4808715

Longitude: 1624618

Coordinate system: 3003

Elevation: 76 m s.l.m.

Weather: cielo velato, vento moderato in aumento da sud ovest

Notes: misura eseguita con protezione antivento

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

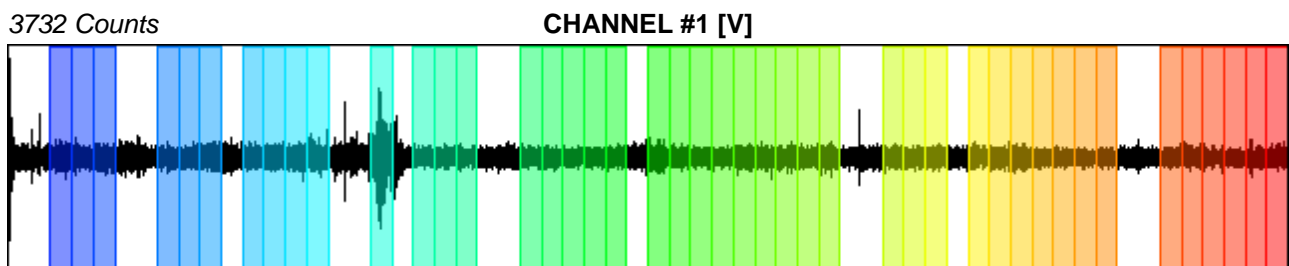
Recording start time: 2019/05/08 11:27:38

Recording length: 20 min

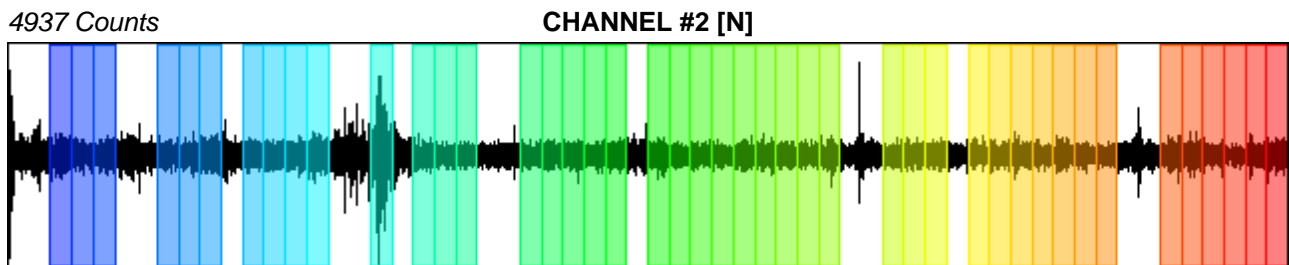
Windows count: 44

Average windows length: 20

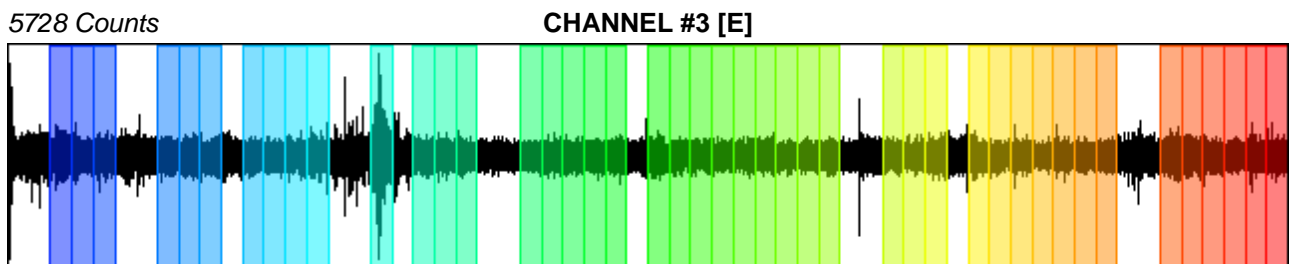
Signal coverage: 73.33%



-4179 Counts



-5660 Counts



-5342 Counts

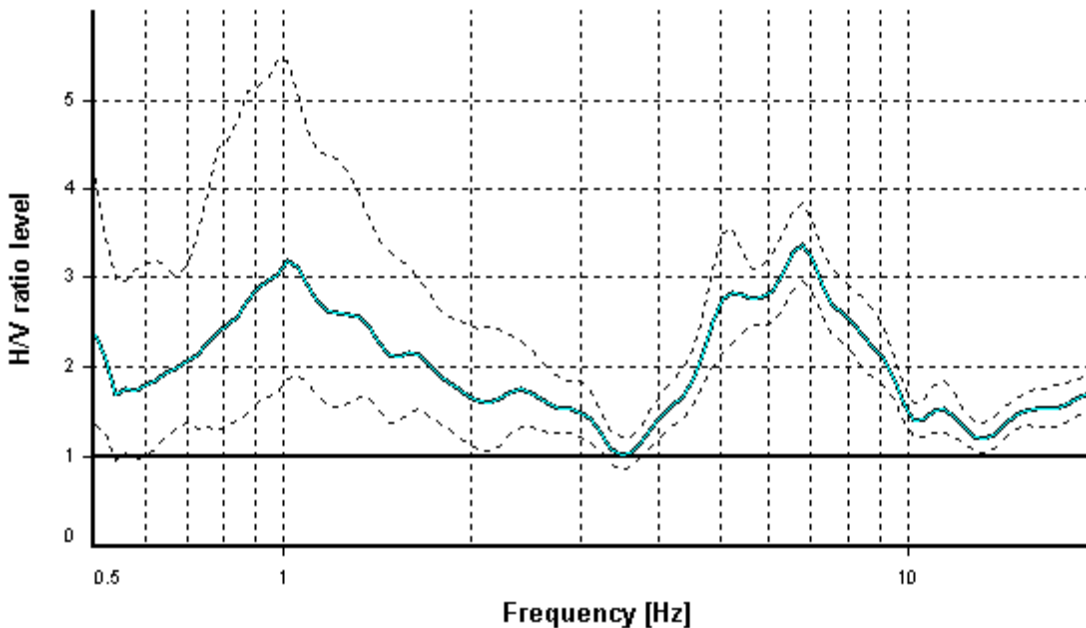
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

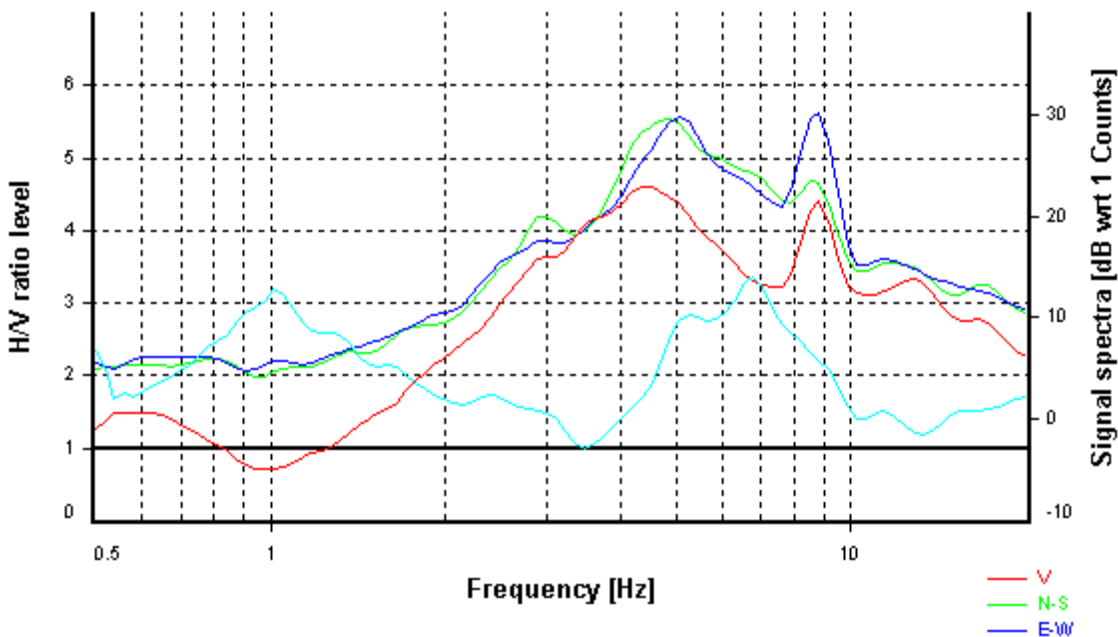
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

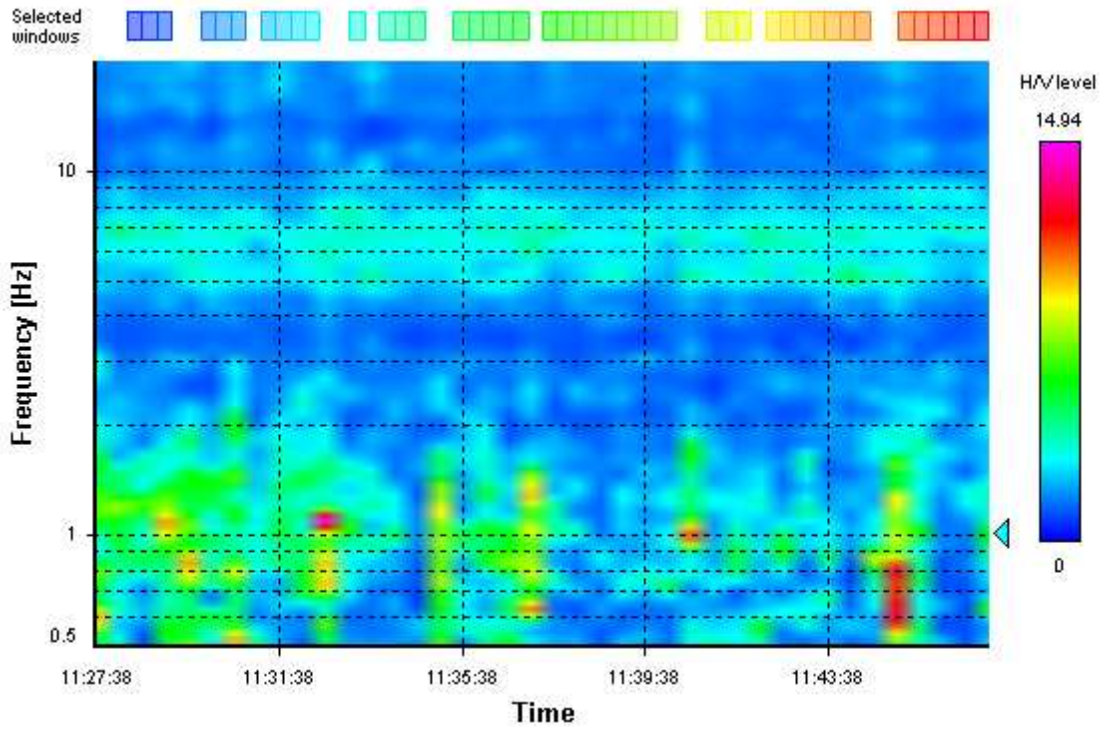
HVSR average



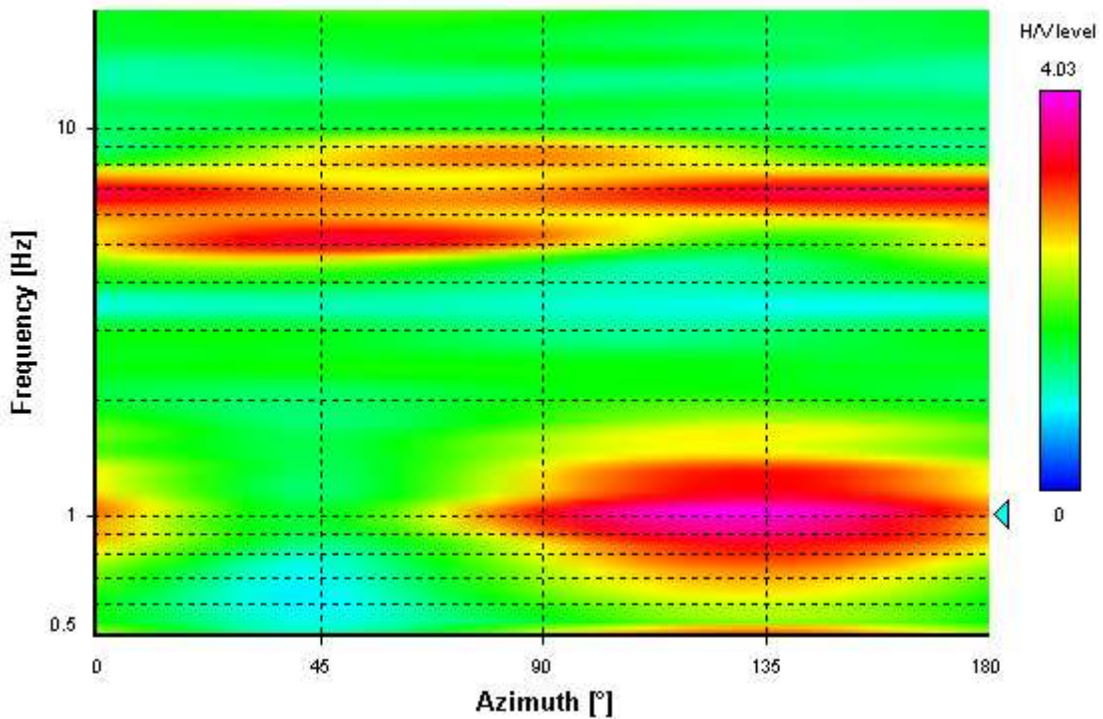
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



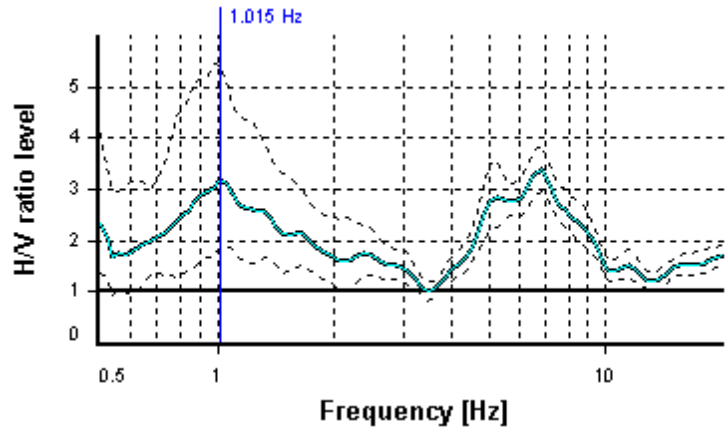
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.015 Hz

A_0 amplitude = 3.191

Average $f_0 = 1.017 \pm 0.205$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	44 valid windows (length > 9.85 s) out of 44	OK
$n_c(f_0) > 200$	893.14 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	2.67411 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.19 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.8% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.20546 >= 0.10149	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.70318 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017
Microzonazione Simica livello 1 Castellina M.ma Variante RU 2019

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR4

Address: Knauf - gessi

Latitude: 4808668

Longitude: 1624631

Coordinate system: 3003

Elevation: 80 m s.l.m.

Weather: cielo velato, vento moderato-forte da sud ovest

Notes: misura eseguita con protezione antivento

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

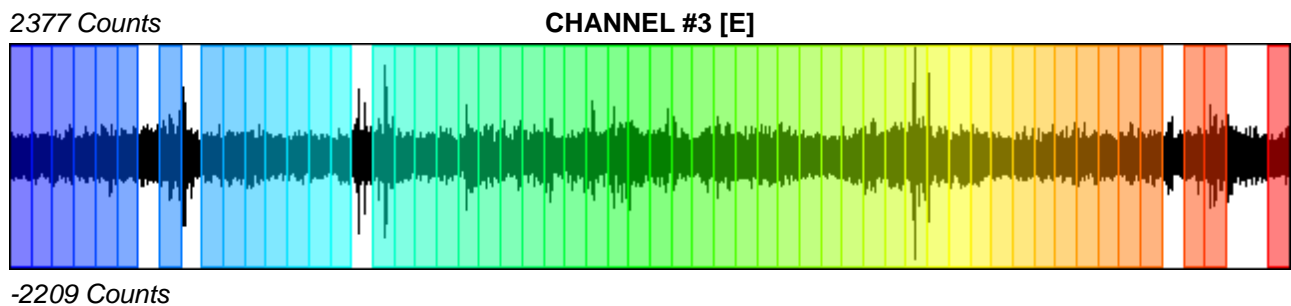
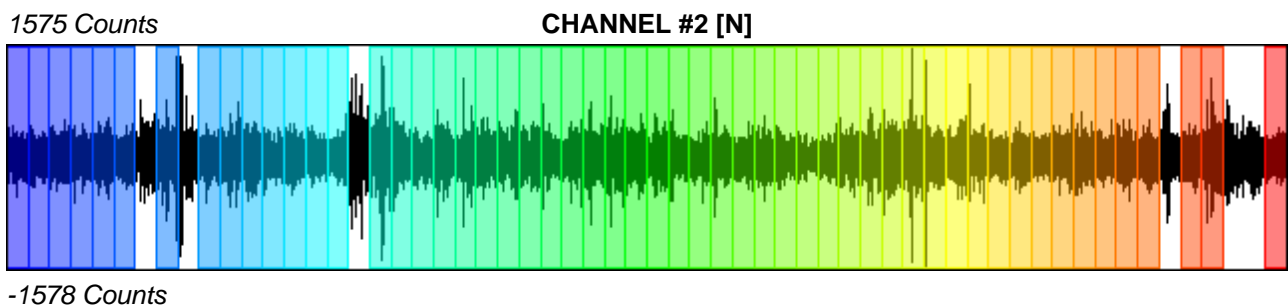
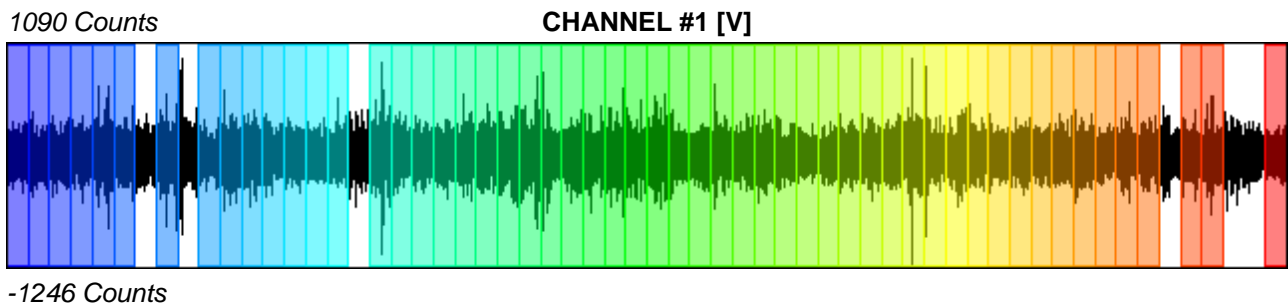
Recording start time: 2019/05/08 12:08:34

Recording length: 20 min

Windows count: 54

Average windows length: 20

Signal coverage: 90%



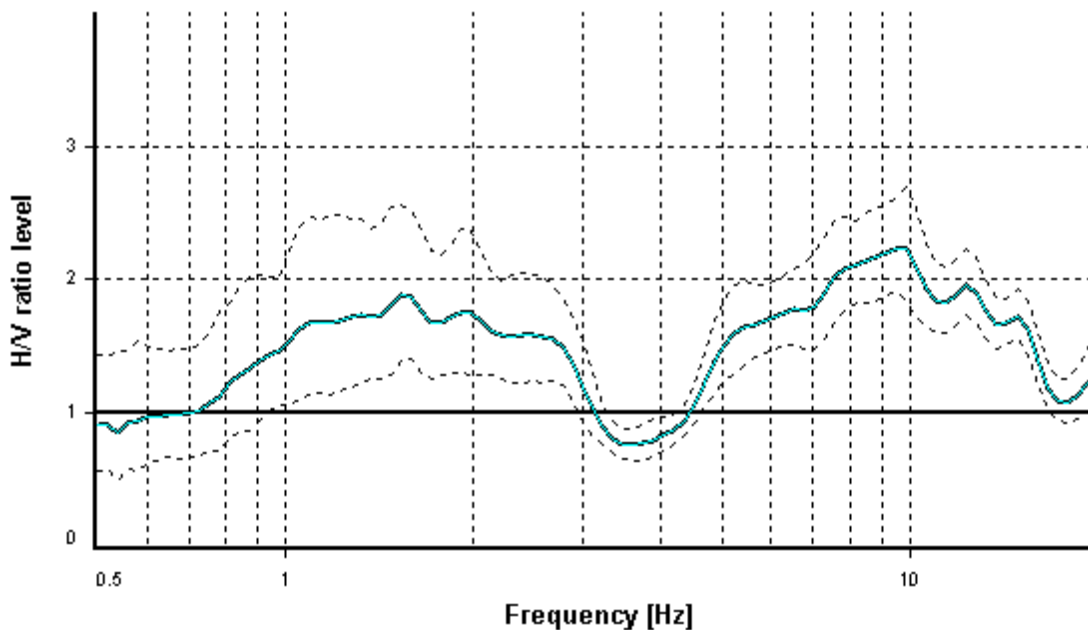
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

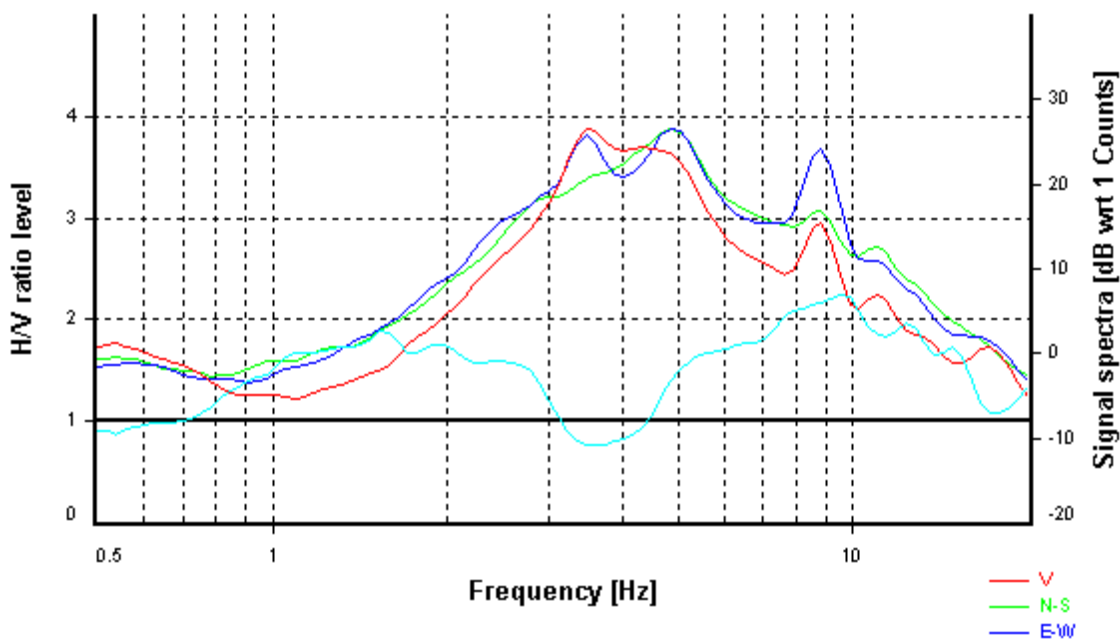
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

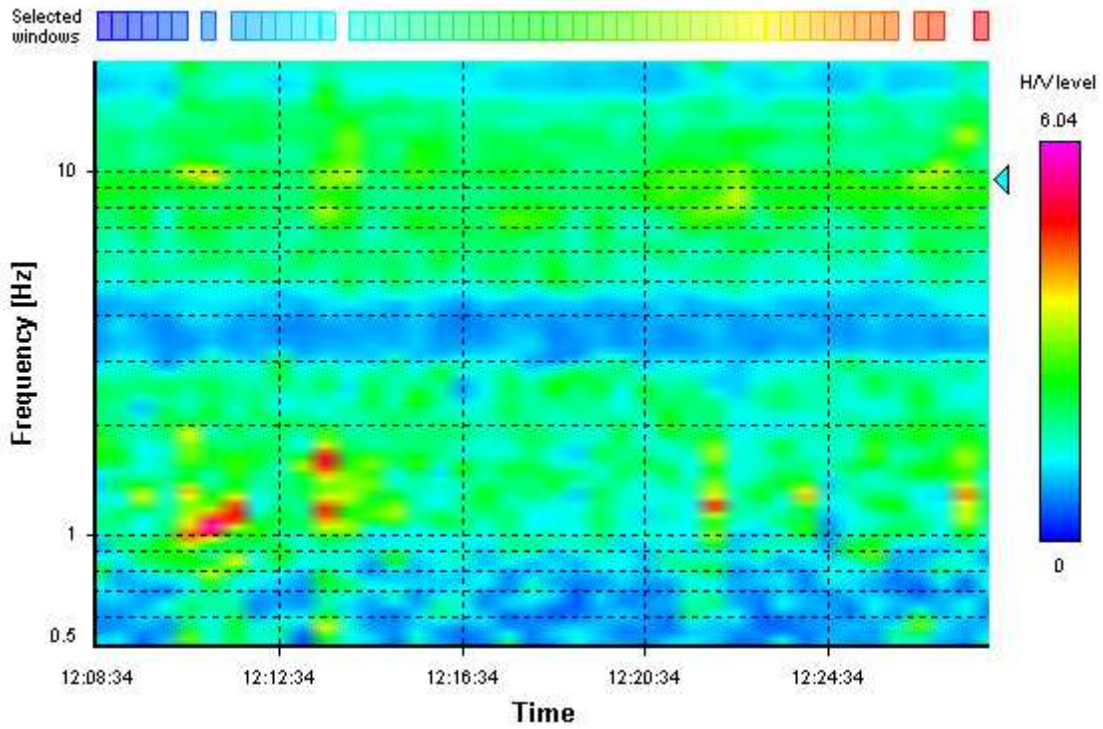
HVSR average



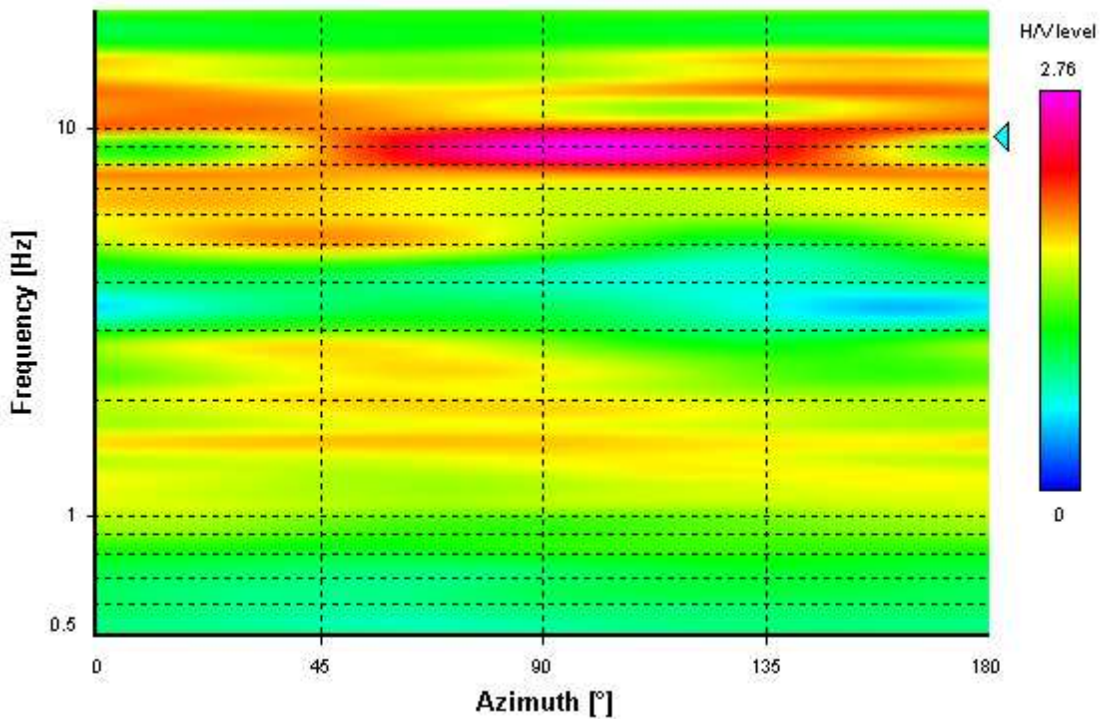
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



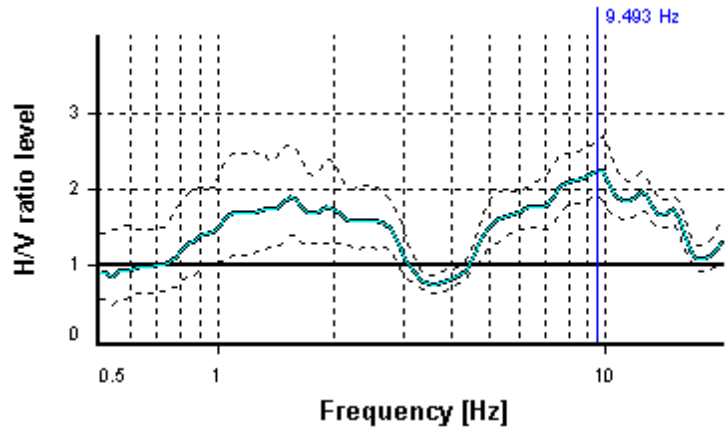
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

9.493 Hz

A_0 amplitude = 2.238

Average $f_0 = 9.402 \pm 1.446$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	54 valid windows (length > 1.05 s) out of 54	OK
$n_c(f_0) > 200$	10251.92 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	4.5054 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	17.2306 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.24 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.8% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.44646 >= 0.47463	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.17018 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017
Microzonazione Simica livello 1 Castellina M.ma Variante RU 2019

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR5

Address: Castellina Marittima, Malandrone alta

Latitude: 4804383

Longitude: 1622348

Coordinate system: 3003

Elevation: 100 m s.l.m.

Weather: nuvoloso, vento moderato da sud ovest

Notes: misura effettuata con protezione antivento

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

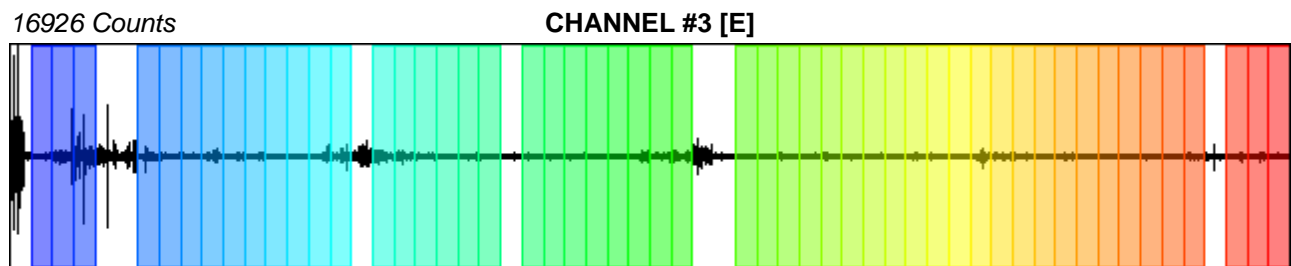
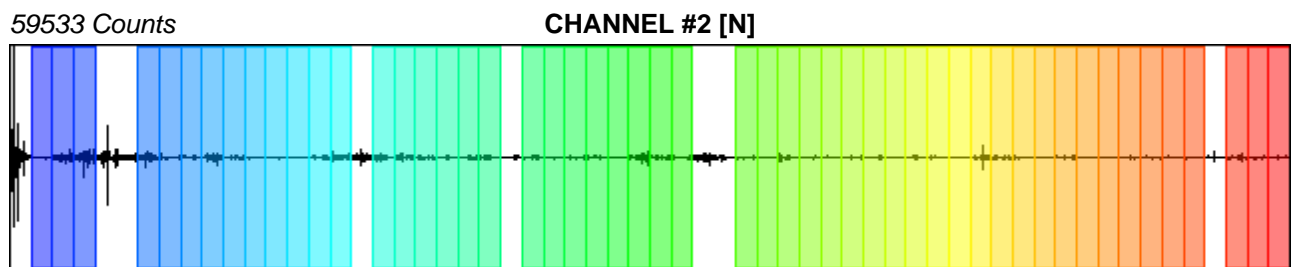
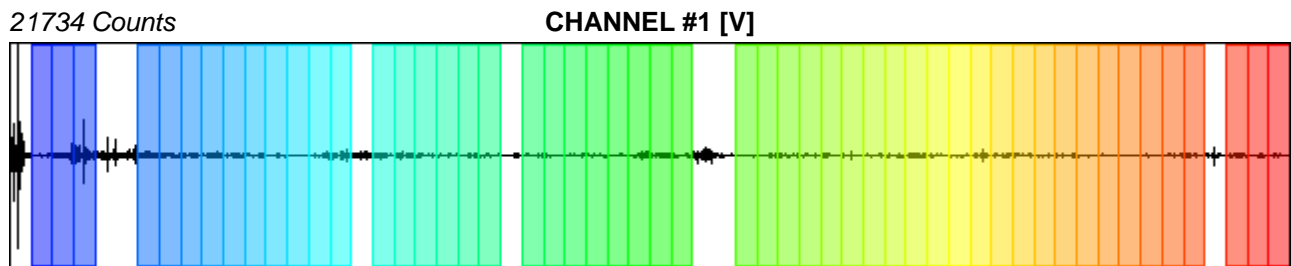
Recording start time: 2019/05/08 14:55:48

Recording length: 20 min

Windows count: 52

Average windows length: 20

Signal coverage: 86.67%



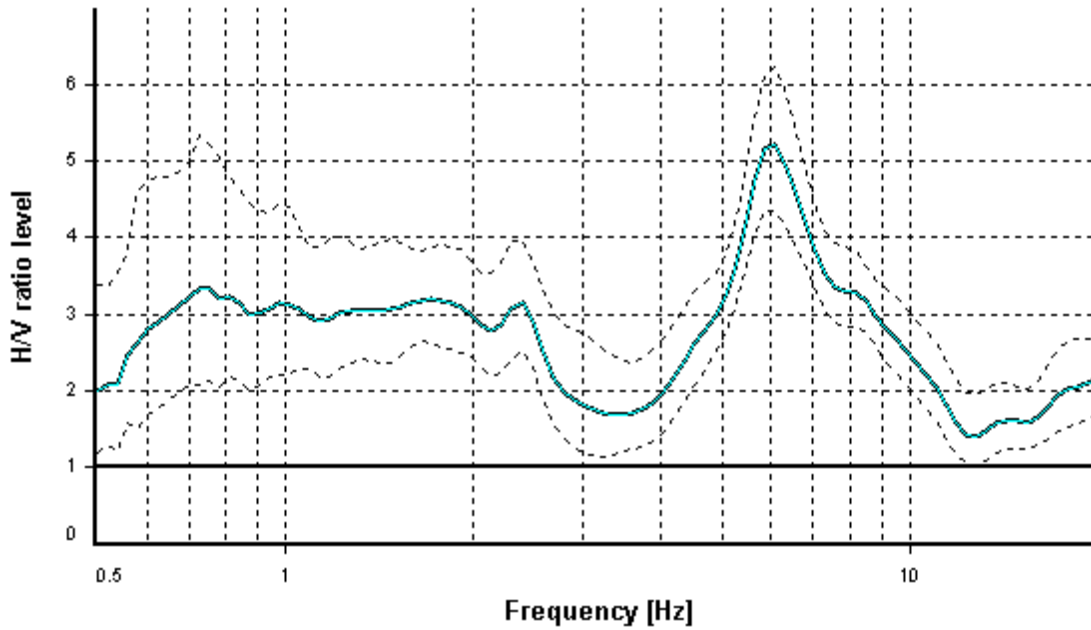
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

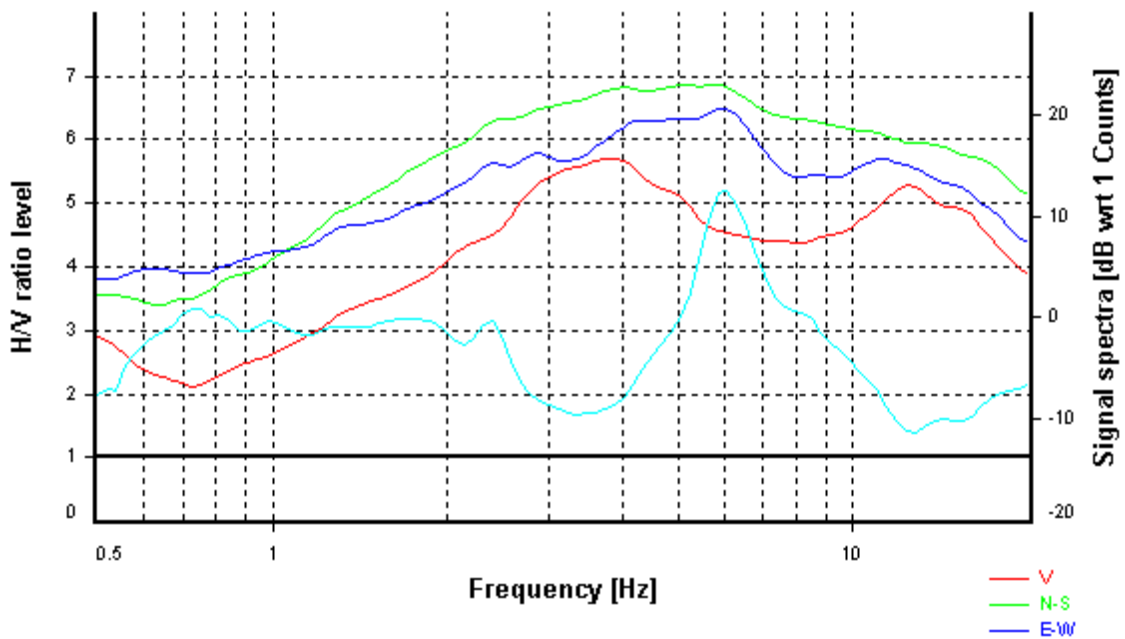
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

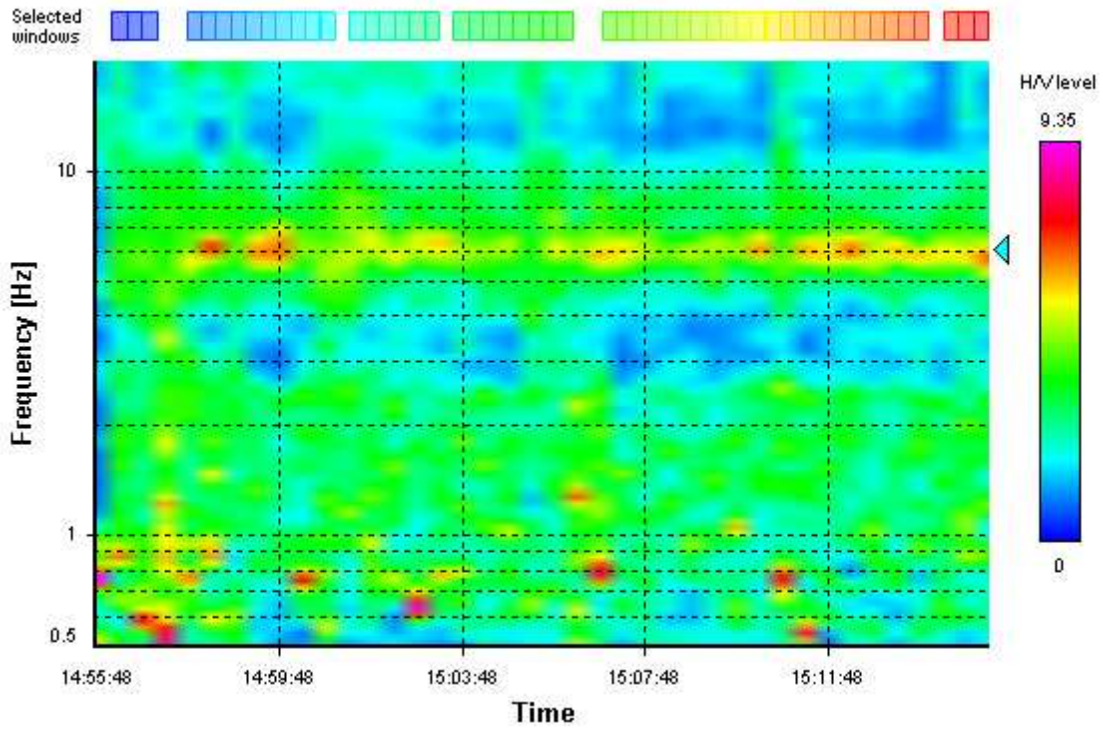
HVSR average



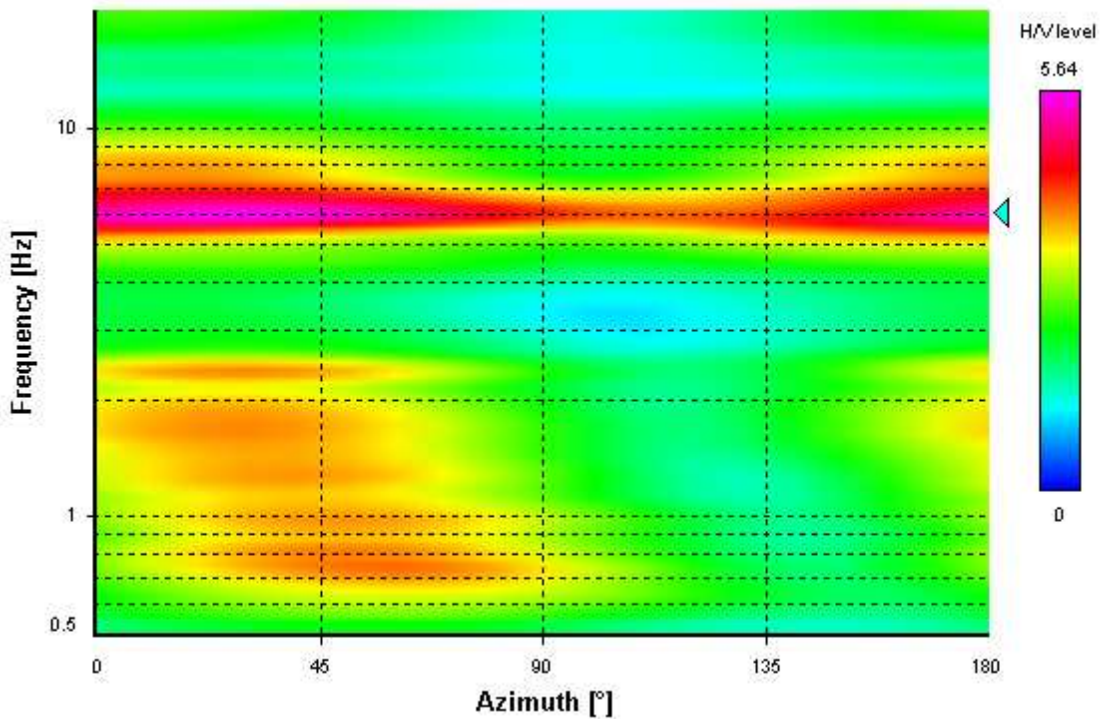
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



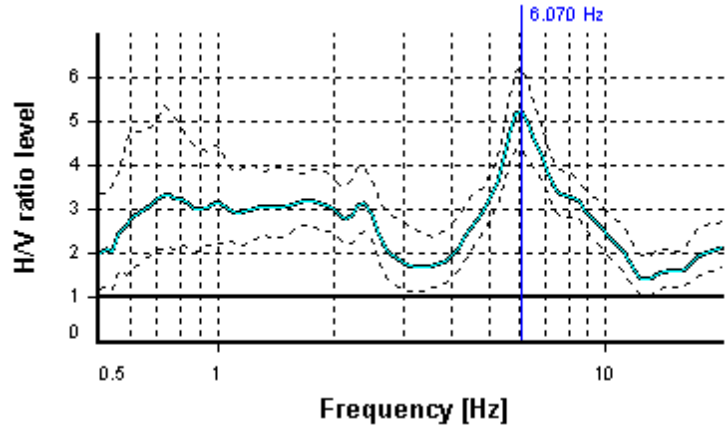
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

6.070 Hz

A_0 amplitude = 5.211

Average $f_0 = 5.973 \pm 0.417$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	52 valid windows (length > 1.65 s) out of 52	OK
$n_c(f_0) > 200$	6312.85 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	4.34061 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	9.8529 Hz	OK
$A_0 > 2$	5.21 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.41693 >= 0.3035	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.19836 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: 2480

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: Elaborazione:GeoExplorer HVSR 2.2.3 (SARA Electronic Instruments srl)
lic. n. 0178/2017
Microzonazione Simica livello 1 Castellina M.ma Variante RU 2019

PLACE INFORMATION

Place ID: HVSR6

Address: Castellina Marittima, Malandrone, bassa

Latitude: 4804455

Longitude: 1622432

Coordinate system: 3003

Elevation: 90 m s.l.m.

Weather: cielo nuvoloso, vento moderato da sud ovest

Notes: misura effettuata con protezione antivento

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 200 Hz

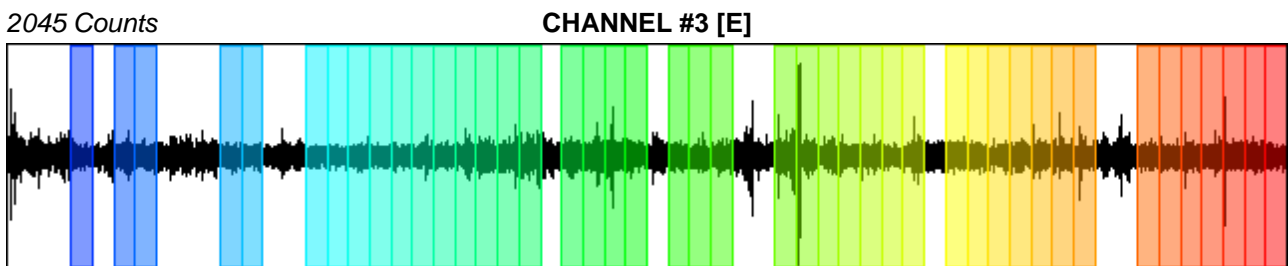
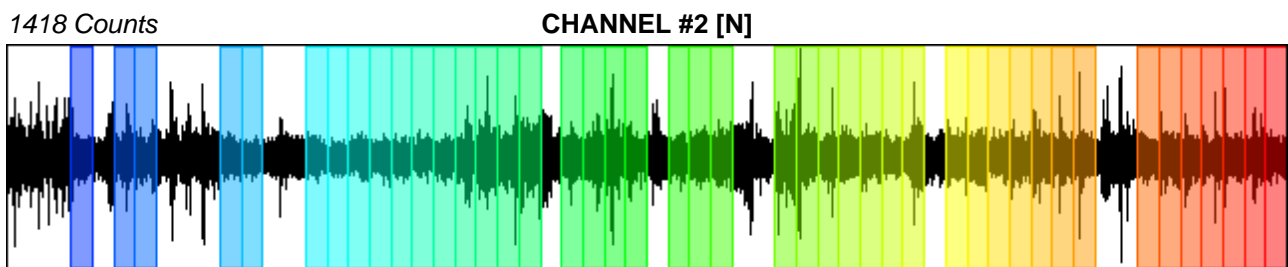
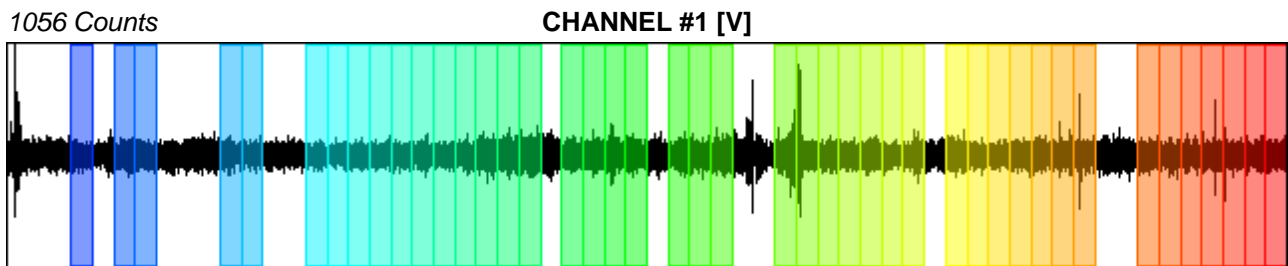
Recording start time: 2019/05/08 15:29:41

Recording length: 20 min

Windows count: 44

Average windows length: 20

Signal coverage: 73.33%



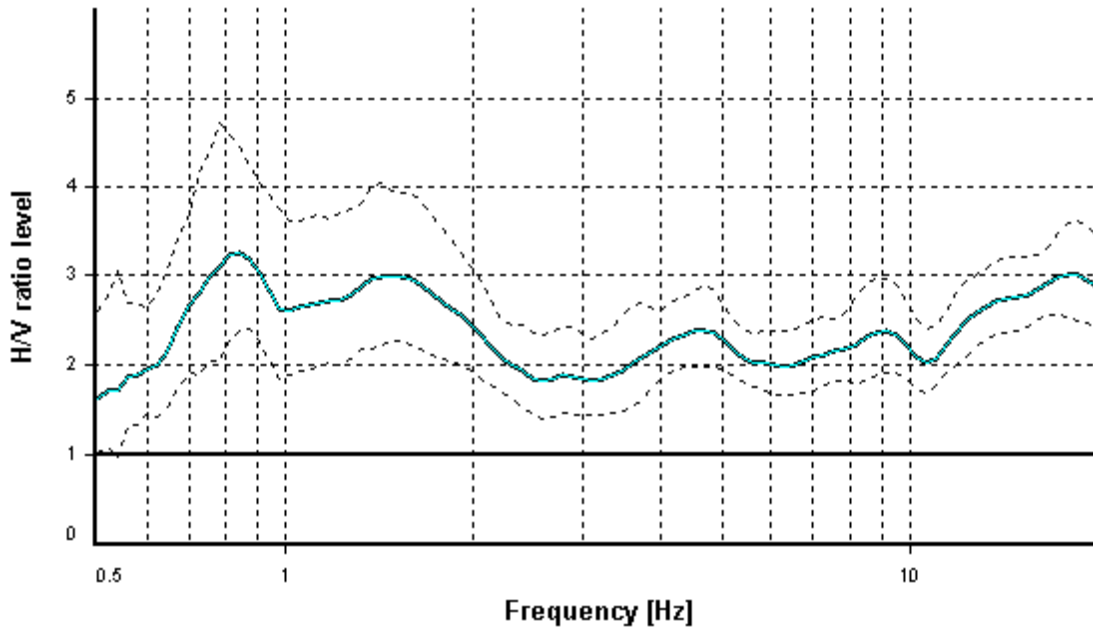
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

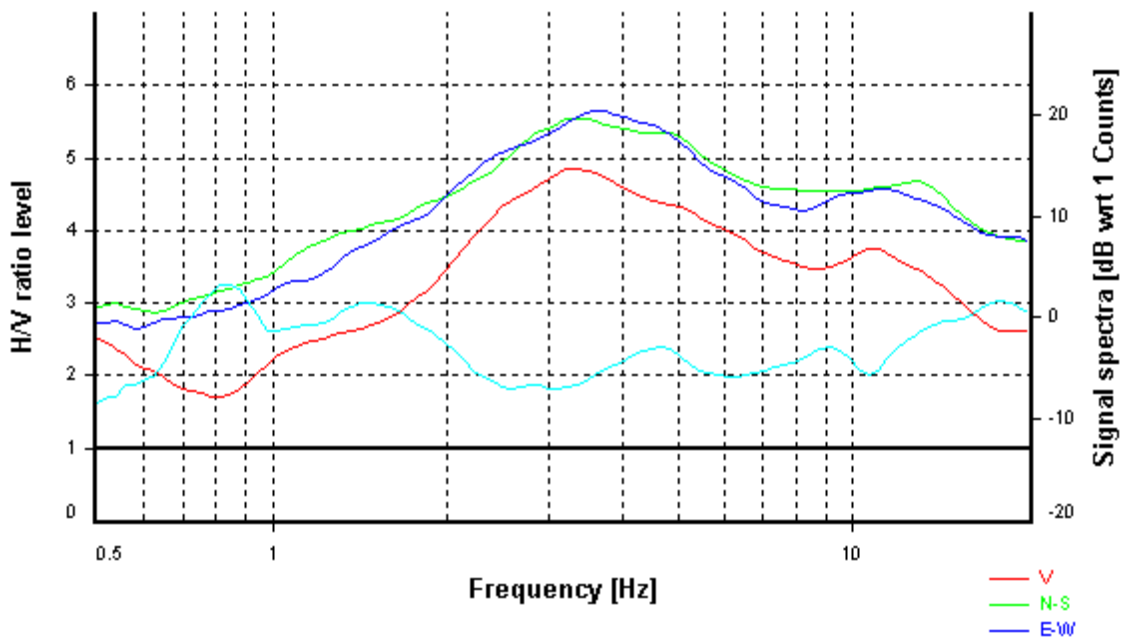
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

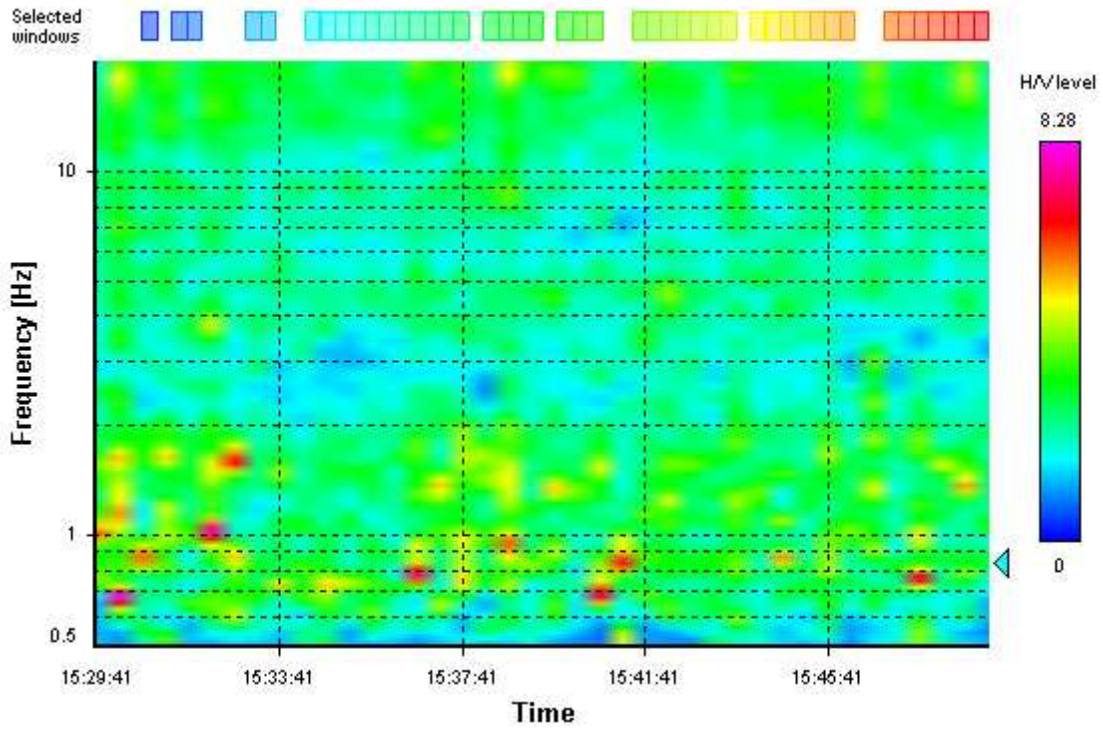
HVSR average



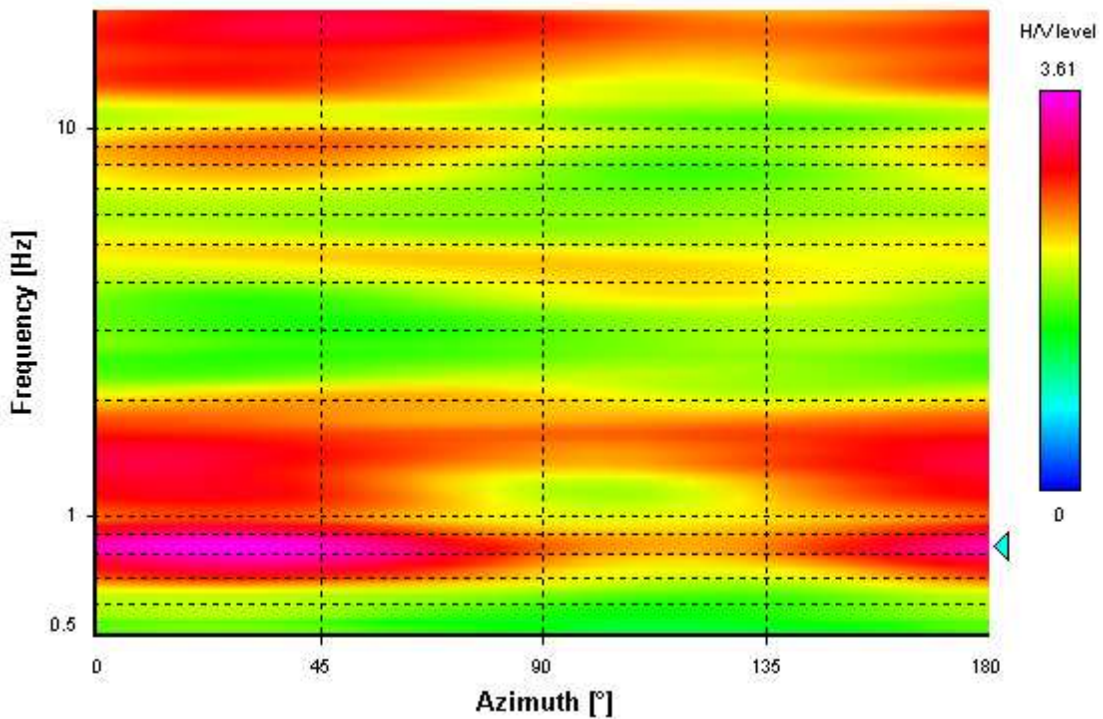
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



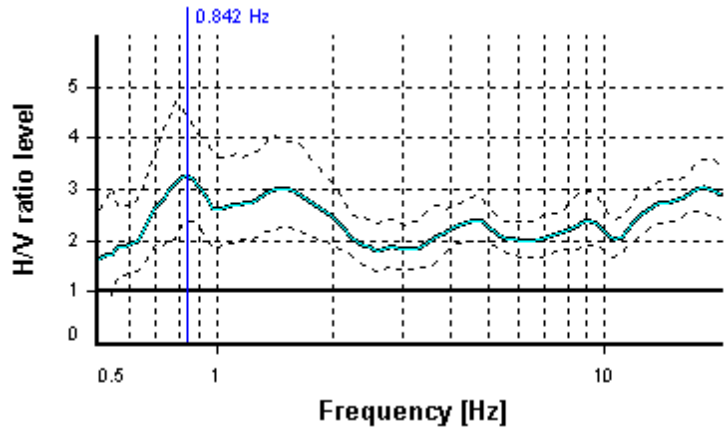
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.842 Hz

A_0 amplitude = 3.262

Average $f_0 = 0.886 \pm 0.161$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	44 valid windows (length > 11.87 s) out of 44	OK
$n_c(f_0) > 200$	741.32 > 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 $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.5 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	3.26 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	7.18% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.16109 >= 0.12636	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.36518 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		NO

**RELAZIONE TECNICA
INDAGINI HVSR**

**NELL'AMBITO DELLA
MICROZONAZIONE SISMICA
DI LIVELLO 1 RELATIVA AL
NUOVO PIANO
STRUTTURALE**

**REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
UNIONE DEI COLLI
MARITTIMI PISANI
Comuni di Castellina Marittima,
Montescudaio, Riparbella**



dicembre 2019

dott. geol. Francesco Calderini



INDICE

PARAGRAFI

0. Introduzione	pg. 3
1. Schema operativo	3
2. Metodologia d'indagine.....	3
3. Strumentazione utilizzata	6
4. Campagna di acquisizione e schede di acquisizione	8
5. Analisi dei dati e valutazioni di qualità delle misure.....	8
6. Interpretazione delle misure HVSR	12
7. Report dei risultati - Significatività e classificazione delle misure	13

ALLEGATI

- A. Inquadramenti cartografici
- B. Elaborati indagini sismiche HVSR
- C. Sintesi delle elaborazioni e classificazioni HVSR

0. Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati delle indagini geofisiche di tipo sismico “passivo” che utilizzano il rumore ambientale per determinare la frequenza di risonanza caratteristica di un sito in funzione delle caratteristiche geometriche, elastiche e fisiche del sottosuolo.

Nel mese di novembre 2019, per conto della Committenza, Dott. Geol. Gian Franco Ruffini, sono state eseguite **20 misure di rumore** sismico ambientale con tecnica **HVSR**, nel territorio dell’Unione dei Colli Marittimi Pisani (Comuni di di Castellina Marittima, Montescudaio e Riparbella) nell’ambito della Microzonazione Sismica di livello 1 relativa al nuovo Piano Strutturale 2019.

Di seguito sono descritti lo schema operativo, le operazioni di campagna, le strumentazioni, le modalità di analisi dei dati e sono forniti i risultati oltre ad una scheda di acquisizione per ogni misura, così come indicato dalle linee guida del progetto SESAME (Site EffectS Assessment using Ambient Excitations, 2004); inoltre per ogni misura viene indicata la classificazione secondo Albarello *et alii*, 2010.

1. Schema operativo

Per ogni punto di indagine è stata eseguita una misura o più misure (nel caso di elaborazioni non chiare), al fine di renderle il più possibile stocastiche, in modo che la struttura media del segnale risulti statisticamente indipendente dalla natura e dalla posizione delle sorgenti e condizionata soprattutto dalla struttura del sottosuolo. La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Le misure di tipo passivo mirano a determinare caratteristiche medie del moto del suolo associato alle vibrazioni ambientali. Si tratta quindi di misure che devono risultare statisticamente rappresentative rispetto al fenomeno analizzato. Poiché una misura di interesse ingegneristico ricade nell’intervallo 0,1-20 Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 15-40 minuti, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando che qualcuna potrà essere rimossa per la presenza di disturbi (transienti) che alterano lo spettro medio. Inoltre eseguire più acquisizioni a breve distanza in un stesso sito, può fornire indicazioni utili sia sul livello di omogeneità del sito stesso che sul grado di validazione reciproca delle misure.

Nel caso specifico la durata delle misure è stata pari a **1800 secondi (30 minuti)**.

La Frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz.

Nel nostro caso è stata utilizzata una frequenza di campionamento pari a **200 Hz**.

2. Metodologia d’indagine

Il testo che segue è parzialmente e liberamente tratto dall’articolo “Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola” di D. Albarello e S. Castellaro, pubblicato su *Ingegneria Sismica* n. 2/2011.

Esistono due configurazioni sperimentali per lo studio del rumore sismico ai fini geognostici:

1. la configurazione a stazione singola
2. la configurazione ad antenna sismica (array)

La prima è basata sull’analisi dell’ampiezza delle componenti spettrali del campo di vibrazioni ambientali misurato nelle tre direzioni dello spazio, mentre nella seconda vengono analizzati i rapporti di fase fra i treni d’onda che attraversano un’antenna sismica (array), ovvero una distribuzione di sensori disposti con geometrie variabili sulla superficie del terreno.

Il presente lavoro riguarda uno studio condotto mediante la configurazione a stazione singola.

La prova comunemente nota con il termine H/V (prova di Nakamura) o HVSR acronimo per *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* è una tecnica di indagine applicata la prima volta da Nogoshi e Igarshi (1970) e resa nota da Y. Nakamura (1989).

Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e le componenti verticali (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno, misurati in un punto con apposito sismometro a tre componenti, nell'ipotesi che lo spettro della componente verticale simuli quello di un rumore bianco. L'esito di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione (**Fig. 1**). Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

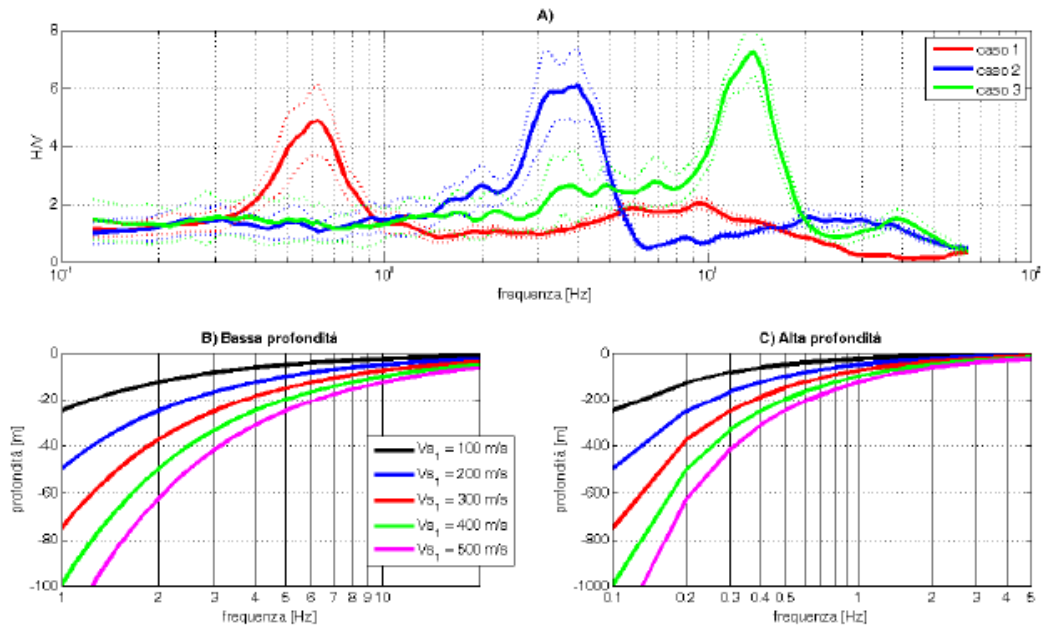


Figura 1 - Esempio di bedrock sismico a diverse profondità che genera risonanze a diverse frequenze. Caso 1: bedrock a 300 m di profondità. Caso 2: bedrock a 20 m di profondità. Caso 3: bedrock a 4 m di profondità; B) relazione V-f₀-H alle medio-alte frequenze; C) relazione V-f₀-H alle medio-basse frequenze.

Quando la misura è effettuata su un basamento sismico affiorante (e quindi dove non sono attesi fenomeni di risonanza sismica) la curva non mostra massimi significativi e si assesta intorno ad ampiezza 1 (**Fig. 2**).

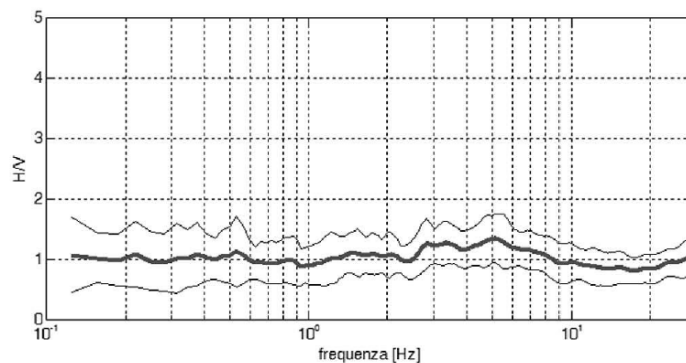


Figura 2 - Curva H/V di un sito su roccia non fratturata e morfologicamente piatta. Si noti l'assenza di amplificazione per risonanza in tutto il dominio delle frequenze.

Pertanto, questa prova ha lo scopo di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni. Contestualmente fornisce indicazioni di tipo qualitativo sull'entità delle

risonanze attese. In generale, la stima della frequenza di risonanza f sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi. Inoltre, se i risultati della prova sono invertiti mediante opportune procedure numeriche, soprattutto se in associazione ad altre indicazioni sperimentali (per esempio le curva di dispersione delle onde superficiali-MASW, prove Down Hole, sismica a rifrazione) possono fornire vincoli importanti al profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo. In casi semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore (h) dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo (V_s) e la frequenza di risonanza fondamentale f dello strato, nella forma:

$$f = V_s/4h$$

Poiché la tecnica H/V indica la risonanza verticale locale nell'assunzione di una configurazione puramente 1D (sono ammesse solo variazioni verticali del profilo di velocità), essa è sensibile alle variazioni stratigrafiche laterali, permettendo di discriminare geometrie 1D da geometrie 2D, entro i limiti di visibilità imposti dalla legge fisica $\lambda \neq V$ (lunghezza d'onda per frequenza=velocità). In **Fig. 3** è illustrato il caso di due misure effettuate a 40 m di distanza reciproca, una delle quali situata su terreno limoso sovrastante un paleoalveo di ghiaie posto a circa 12 m di profondità; l'altra situata sullo stesso terreno, ma dove non si incontra il livello di ghiaie. È evidente come nel primo caso si generi a 6 Hz una risonanza dei limi sopra le ghiaie, del tutto assente nel secondo caso. Nonostante la vicinanza dei luoghi, il sito 1 è più sfavorevole dal punto di vista degli effetti sismici di sito rispetto al sito 2, per strutture antropiche con modi di vibrazione propri attorno a 6-8 Hz.

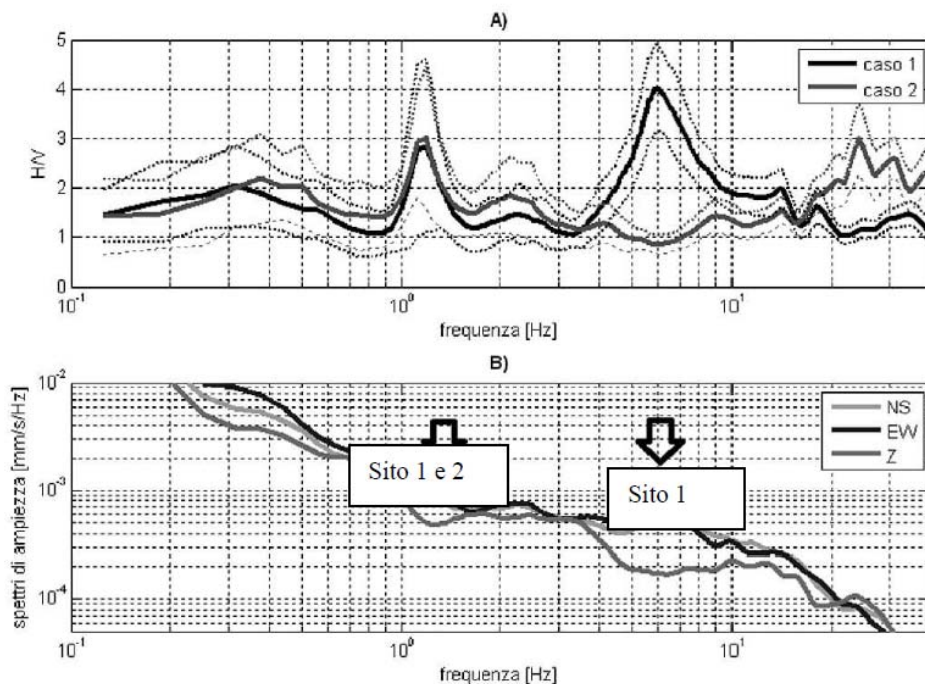


Figura 3 - A) Esempi di curve H/V registrate a 40 m di distanza. Nella curva 1 emerge una risonanza a 6 Hz legata alla presenza di un livello di ghiaie a 12 m di profondità che è assente nella curva relativa al sito 2. Nel dominio delle medio basse frequenze le curve sono statisticamente uguali. B) Spettri delle singole componenti del moto (NS, EW e Z) registrati nel sito 1. **Le frecce evidenziano le forme “a ogiva” caratterizzate da un minimo locale della componente verticale che indicano le risonanze di natura stratigrafica.**

Dal punto di vista fisico nel campo delle vibrazioni ambientali sono presenti sia onde di volume (P e S) che onde di superficie (Love e Rayleigh). Non è però possibile prevedere a priori per un dato sito l'entità del contributo relativo delle onde di volume e delle onde di superficie (nei diversi


modi di propagazione) al campo d'onda delle vibrazioni ambientali. I rapporti relativi delle diverse fasi cambiano in funzione delle frequenze, della situazione stratigrafica e della distribuzione delle sorgenti all'intorno della stazione di misura.

Tuttavia questa eterogeneità non influenza la stima della frequenza di risonanza fondamentale, ma solo l'ampiezza (A_0) della curva H/V in corrispondenza di f , ampiezza che va quindi interpretata con cautela.


3. Strumentazione utilizzata

La strumentazione utilizzata nel presente lavoro risulta essere la seguente:

“GeoBox 4,5 Hz” della SARA electronic instruments s.r.l. acquistato a maggio 2018 con numero di serie 2480, di cui si riportano sotto (Fig. 4) le caratteristiche tecniche, dotato di 3 velocimetri GS11D 4,5 Hz Geospace, Technology - Huston - Texas - USA con frequenza di circa 4,5 Hz di cui si riporta il certificato di calibrazione (Fig. 5).



GEOBOX



Il sismografo GEOBOX è uno strumento ad alte prestazioni in grado di acquisire il segnale sismico per misure SISMOLOGICHE, GEOFISICHE particolarmente adatto all'esecuzione di prove HVSR (Nakamura).

Lo strumento è caratterizzato da una estrema semplicità d'uso, bassissimi consumi, robustezza ed affidabilità.

Può incorporare una vasta gamma di sensori sia accelerometrici che velocimetrici con frequenza propria da 4.5 a 0.1 Hz.

Semplicità
Il sismografo GEOBOX è finalizzato alla rilevazione di vibrazioni naturali e artificiali, dal rumore di fondo ai forti terremoti; compatto, affidabile e semplice nel suo utilizzo in pochi minuti si configura ed è operativo.

Flessibilità
Il GeoBox è modulare quindi potete averlo nella configurazione che più si addice alle vostre esigenze di lavoro: con o senza GPS, nella versione base con sensori velocimetrici da 4.5Hz di frequenza propria fino a sensori a banda estesa a 0.1Hz. La modularità del GeoBox salvaguarda l'ambiente e il vostro investimento in quanto facilita futuri aggiornamenti, ad esempio dei sensori, qualora nuove esigenze di lavoro lo richiedano. Tutti gli aggiornamenti software dello strumento sono sempre gratuiti.

Energia
I consumi, minimi, fanno sì che il GeoBox possa lavorare per molte ore senza necessità di essere ricaricato.

Sincronizzazione
Il GeoBox può essere dotato, su richiesta, di ricevitore GPS, per la sincronizzazione continua e affidabile con l'orario UTC.

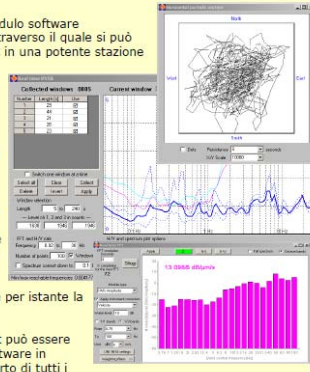

Connettività
L'unità è fornita di un adattatore USB. La comunicazione avviene tramite porta RS232 la quale consente di collegare un cavo lungo abbastanza da potersi tenere a distanza dallo strumento evitando di disturbarlo durante le misure di rumore.

Sviluppo
Lo sviluppo dei nostri strumenti è costantemente condotto in collaborazione con professionisti del settore. Fra i nostri stimati clienti contiamo istituzioni pubbliche e private in ogni continente fra le quali: I.N.G.V., E.N.E.A. (Italia), NORSAR (Norvegia), UNAM (Messico), Geological Survey of Namibia (Namibia), con strumenti operativi in Cile, Argentina, Germania, Danimarca, Spagna, Sudan, Nicaragua, Panamá, Venezuela, Tibet e in molti altri paesi.

Applicazioni
Il GeoBox è gestito dal modulo software LOG-MT di SEISMOWIN attraverso il quale si può trasformare un comune PC in una potente stazione sismica che permetterà all'utente di eseguire una vasta gamma di prove e misure sismiche, vibrometriche (rif. norme UNI 9916 o 9614) nonché prove di rumore secondo il metodo di Nakamura (HVSR).

Il software di gestione che permette il calcolo della curva H/V in tempo reale e analisi dei criteri SESAME, garantisce la massima efficienza di esecuzione potendo controllare istante per istante la qualità del dato raccolto.

Successivamente il dataset può essere elaborato con qualsiasi software in commercio grazie al supporto di tutti i formati standard come SAF, GSE, HV ecc..

Caratteristiche tecniche generali

Alimentazione:	batteria interna ricaricabile, consumo minore di 1W
Numero canali ed a/d converter:	3 (2A) dinamica di 144dB (24 bit effettivi fra 0.1 e 10Hz, ENOB)
Sensibilità:	con velocimetri da 4.5Hz: < 1 nanometro/secondo per count
Campionamento:	simultaneo sui tre canali a 10,20,50,100,200,300,400,600,600Hz
Real Time Clock:	Sincronizzato da GPS via PPS modulato (su richiesta)
Precisione RTC:	+/-10ppm fra -20/+50°C (+/-40µs rispetto ad UTC)
Antenna GPS:	esterna con 10mt di cavo e connettore BNC
Interfaccia dati:	RS232 con cavo da 8 metri e adattatore USB in dotazione
Contenitore:	Monoblocco in alluminio IP66
Dimensioni e peso:	155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz
Temperatura operativa:	-20/+50°C
Conformità:	CE

Sara Electronic Instruments s.r.l. si riserva il diritto di apportare in qualsiasi momento modifiche o cambiamenti alle caratteristiche dei prodotti (variazioni di prezzo incluse) senza alcun preavviso.

SARA electronic instruments s.r.l. cap.soc. 100.000,00€ i.v.
 06129 - Perugia - Via A.Mercuri, 4 - ITALY
 Tel. +39 075 5051014 - Fax +39 075 5006315 - www.sara.pg.it - info@sara.pg.it
 Reg. Trib. Perugia N°5718 - C.C.I.A.A. 109864 - C.F. e P.Iva 00380320549 - N.Reg.RAEE: IT0802000001128

Figura 4 – Caratteristiche tecniche del sismometro utilizzato

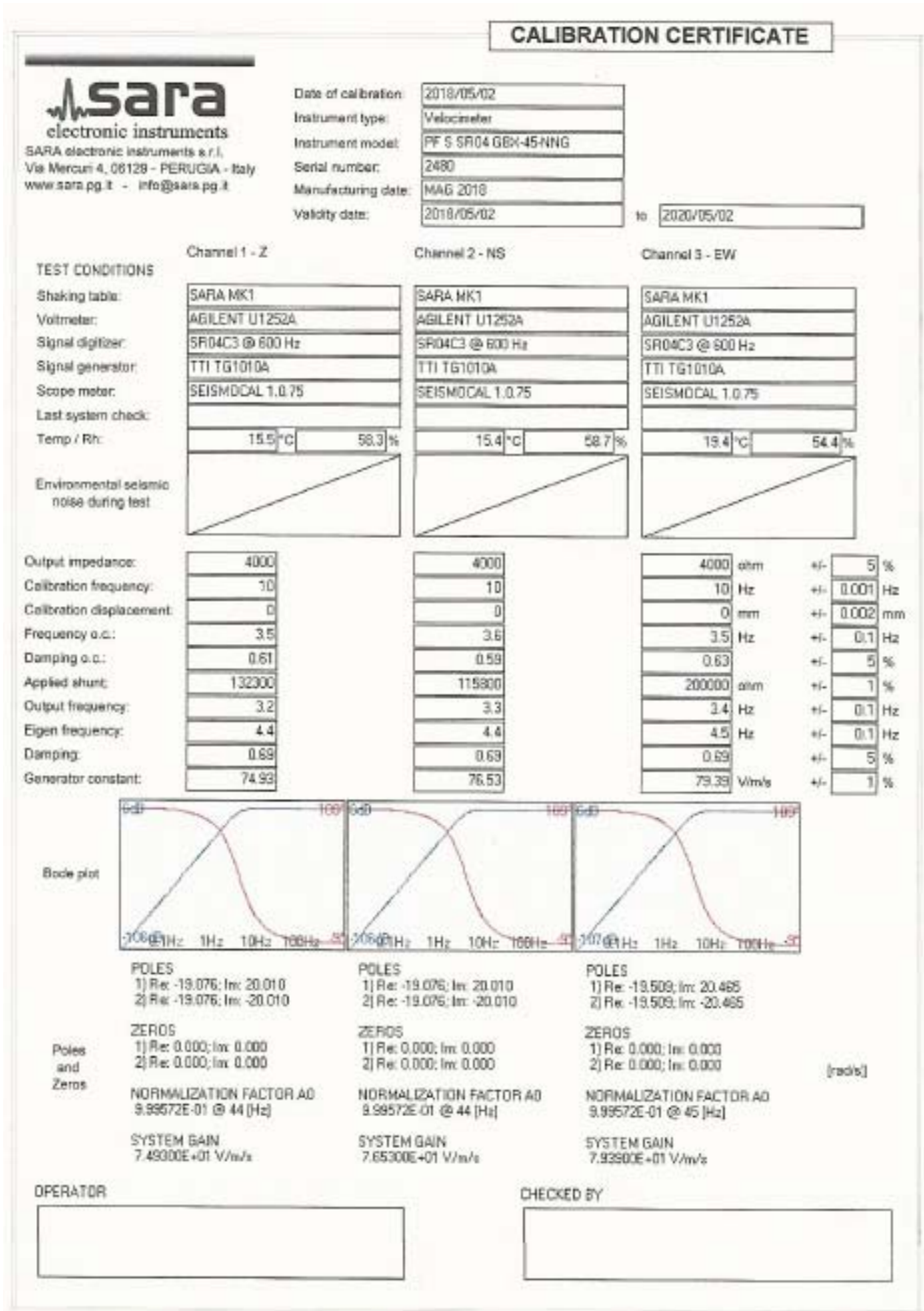


Figura 5 – Certificato di calibrazione del sismometro utilizzato

I dati sono stati quindi registrati ed archiviati su un *notebook Trekstor primebook C13*, con il software di acquisizione **SEISMOWIN**, della SARA electronic instruments s.r.l., mediante l'applicazione **SEISMOLOG-MT** per l'acquisizione dei microtremori.

L'elaborazione dei dati è stata condotta in studio mediante il software **GeoExplorerHVS**R matricola n. 0178/2017 sempre di SARA electronic instruments s.r.l.

4. Campagna di acquisizione e schede di acquisizione

Dal punto di vista operativo, nelle prove di sismica passiva si tratta di misurare vibrazioni del terreno caratterizzate da ampiezze molto piccole. Questo implica che la prova vada effettuata con cura, soprattutto per quanto riguarda l'accoppiamento dello strumento di misura con il terreno e la riduzione delle possibili fonti di disturbo nelle immediate vicinanze dei sensori. Lo strumento di misura va dunque posto a diretto contatto col terreno e reso solidale con questo, possibilmente senza interfacce intermedie.

Quando questo non fosse possibile è necessario tener conto dei possibili effetti indotti dai terreni artificiali rigidi in questo tipo di misure. Bisogna inoltre evitare possibili movimenti dello strumento nel corso della misura (basculamenti, assestamenti del suolo, ecc.) e curare la messa in bolla dei sensori, controllando al termine della misura che questa sia stata conservata. Infine, le eventuali parti mobili della strumentazione devono essere poste al riparo da spostamenti d'aria e va evitato il contatto con elementi mobili (fili d'erba, ecc.). La stazione è stata orientata mediante una bussola poi rimossa prima dell'inizio della registrazione. Una lista di cautele per l'esecuzione di questo genere di misura è stata messa a punto nell'ambito del progetto SESAME e sono state seguite nell'ambito delle misure effettuate nel presente lavoro. Inoltre per ogni misura sono state riportate due fotografie dell'acquisizione e compilata una scheda, sempre seguendo il modello di quella riportata nelle linee guida SESAME.

5. Analisi dei dati e valutazioni di qualità delle misure

Le serie temporali registrate nelle tre componenti del moto vengono analizzate secondo procedure spettrali di vario tipo (FFT, wavelet, ecc.) fino alla produzione delle curve H/V, dove H è la media delle due componenti spettrali orizzontali ortogonali. Si rimanda a SESAME (2004) e D'Amico *et alii* (2008) per due possibili protocolli di analisi. Tuttavia va rilevato che in presenza di un buon segnale e di fenomeni di risonanza significativi, i diversi protocolli producono gli stessi esiti.

Prima di qualsiasi interpretazione delle curve H/V sono indispensabili due accorgimenti:

1 - La curva H/V deve essere statisticamente significativa, ossia essere caratterizzata da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato. Esistono diversi metodi per "pulire" una curva H/V.

2 - La curva H/V non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" o "a ogiva" come quella indicata dalle frecce in **Fig. 3** ed in **Fig. 6**. Questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche.

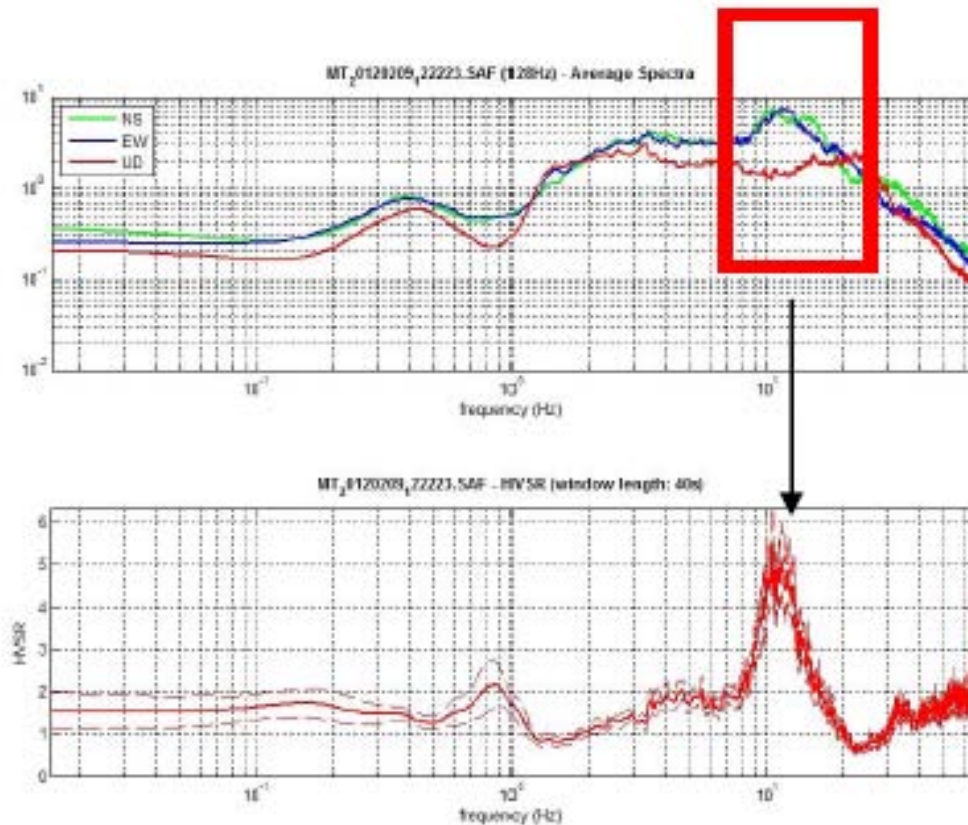


Figura 6 - Forma ad occhio o a “ogiva” tipica di una risonanza stratigrafica

Nel 2004 il progetto SESAME ha stabilito una serie di criteri per la valutazione della significatività dei picchi H/V. Si tratta essenzialmente di criteri di tipo statistico che hanno lo scopo di segnalare situazioni poco chiare per le quali sono necessarie ulteriori indagini (ripetizione della misura, variazione delle condizioni di accoppiamento con il terreno, ecc.).

La prima parte di questi criteri è dedicata alla valutazione dell’attendibilità statistica della curva H/V. In pratica, individuata la frequenza del picco di risonanza, i criteri aiutano a verificare se la registrazione è stata effettuata per un periodo abbastanza lungo e analizzata per un numero sufficiente di intervalli di tempo adeguati.

La seconda parte è dedicata alla valutazione della chiarezza del picco H/V. In pratica viene analizzata la morfologia del picco e si valuta semplicemente se il picco ha una forma geometricamente ben definita. Questa parte dei test SESAME va interpretata con cognizione di causa perché solo un contatto netto tra litotipi diversi dal punto di vista meccanico genera picchi nitidi. Al contrario, le transizioni graduali (per es. roccia fratturata su roccia sana, passaggi da limo-argilloso a sabbia-limosa, ecc.) generano più spesso amplificazione in una banda larga di frequenze. In questo caso eventuali non superamenti dei criteri SESAME non significano che non ci siano risonanze importanti ma solo che non ci sono picchi singoli ben definiti.

Naturalmente, i criteri SESAME (2004) risultano non soddisfatti nei siti che non presentano amplificazione.

I criteri SESAME (2004) considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2. Questo criterio ha carattere puramente empirico. Tuttavia va tenuto presente che massimi H/V di ampiezza inferiore a 2 indicano bassi contrasti di impedenza e, in questo caso, la frequenza corrispondente al massimo della curva H/V potrebbe fornire una indicazione meno precisa della frequenza di risonanza delle onde S. Questo non significa che il massimo osservato non sia fisicamente significativo, ma solo che l’interpretazione della curva va effettuata con maggiore cautela ed utilizzando procedure di inversione più raffinate.

CRITERI SESAME (2004)

<p>Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]</p>	$f_0 > 10 / L_w$ $n_c(f_0) > 200$ $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$
<p>Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]</p>	<p>Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$ $f_{\text{scso}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ </p>

L_w n_w $n_c = L_w n_w f_0$ f f_0 σ_f $\varepsilon(f_0)$ A_0 $A_{H/V}(f)$ f^- f^+ $\sigma_A(f)$ $\sigma_{\log H/V}(f)$ $\theta(f_0)$	lunghezza della finestra numero di finestre usate nell'analisi numero di cicli significativi frequenza attuale frequenza del picco H/V deviazione standard della frequenza del picco H/V valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ ampiezza media della curva H/V alla frequenza f_0 ampiezza media della curva H/V alla frequenza f frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
--	---

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Questi criteri hanno solo carattere statistico e non tengono conto di altre caratteristiche del campo di vibrazioni utili per individuare misure potenzialmente poco attendibili. Per ovviare a questi limiti, nell'ambito delle attività di microzonazione successive al terremoto di L'Aquila dell'aprile 2009, sono state definiti altri criteri di classificazione delle misure H/V che integrano le proposte nell'ambito del progetto SESAME (Albarellò et alii, 2010, Albarellò e Castellaro, 2011). Anche in questo caso, lo scopo è di fornire all'operatore impegnato nell'interpretazione dei risultati alcuni criteri di giudizio sulla qualità delle singole misure.

CLASSIFICAZIONE MISURE H/V (Albarello et alii, 2010, Albarello e Castellaro, 2011)

Obiettivo della classificazione è fornire una indicazione immediata circa la qualità delle singole misure H/V, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati. Questo tipo di classificazione trova il suo principale impiego nella redazione delle mappe delle indagini relative al livello 1 della microzonazione sismica. I criteri proposti sono più rigidi di quelli SESAME in quanto includono elementi di giudizio non contemplati in precedenza quali:

1. la durata complessiva della registrazione che deve essere tale da produrre stime “robuste” del campo medio delle vibrazioni ambientali;
2. stazionarietà temporale dei rapporti spettrali;
3. isotropia del segnale in termini di rapporti spettrali;
4. assenza di rumore elettromagnetico;
5. andamento complessivo della curva H/V.

Si confrontano misure ottenute con spettri lisciati con una finestra triangolare al 5% della frequenza centrale. Valori maggiori dell'ampiezza della finestra di lisciamento possono essere utilizzati per migliorare la leggibilità della curva in fase di interpretazione.

Sono proposte tre classi principali di qualità: **Classe A**, **Classe B** e **Classe C**.

Classe A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.

1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (*stazionarietà*)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (*isotropia*)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (*assenza di disturbi*)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (*plausibilità fisica*)
5. i criteri SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (*robustezza statistica*)
6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (*durata*)

ECCEZIONE per la Classe A: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente > 1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con *ampiezza circa pari a 1*, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile.

Classe B: curva H/V sospetta (da “interpretare”): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE per la Classe A.

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata.

1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura
2. misura di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse

Per le sole Classi A e B si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia:

Tipo 1. Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: *possibile risonanza*

Tipo 2. Non presenta picchi “chiaro” nell'intervallo di frequenze di interesse: *assenza di risonanza*

6. Interpretazione delle misure H/V

Le misure H/V possono essere utilizzate negli ambiti:

- 1) della microzonazione sismica (uso esplorativo);
- 2) della stratigrafia sismica, nel qual caso la tecnica aspira a fornire indicazioni di tipo quantitativo sul profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo (uso stratigrafico).

Il presente lavoro prevede in questa fase solo uno studio esplorativo delle misure H/V nell'ambito della microzonazione sismica.

In questo contesto, le misure H/V hanno lo scopo di individuare la presenza di fenomeni di risonanza sismica dando indicazioni sulle frequenze interessate dal fenomeno. In funzione di questi risultati è possibile fornire indicazioni qualitative e relative sull'entità del contrasto di impedenza responsabile del fenomeno di risonanza e informazioni sullo spessore delle coperture che ne sono responsabili. Elementi chiave di questo genere di applicazione delle misure H/V sono: un buon controllo geologico dell'area di interesse e la disponibilità di un campione significativo di siti di misura (almeno 2 o 3) per ciascuna delle diverse unità litologiche o formazioni affioranti nella zona esplorata e potenzialmente interessanti ai fini della caratterizzazione sismica. Vengono prese in considerazione solo **misure di classe A o B** secondo la classificazione riportata sopra.

Per le sole classi A e B sono distinte le misure nelle quali è presente almeno un picco della curva H/V statisticamente significativo nell'intervallo di frequenze di interesse (**misure in sottoclasse di Tipo 1** secondo la classificazione di Albarello et al. 2010) e quelle dove non ci sono picchi significativi (**misure in sottoclasse di Tipo 2**). Le prime saranno rappresentative di siti o unità litologiche caratterizzate da possibili fenomeni di risonanza.

Se tutte le stime H/V dell'area sono state ottenute utilizzando le stesse procedure numeriche per l'analisi del dato (durata delle misure, ampiezza e caratteristiche delle finestre di lisciamento, ecc.) sarà possibile distinguere in prima approssimazione le aree dove ci si aspetta la presenza nel sottosuolo di variazioni significative del contrasto di impedenza sismica alla base delle coperture (ampiezza $H/V > 3$) da zone dove questi contrasti hanno ampiezze ridotte ($3 > H/V > 2$) o poco significative ($H/V < 2$). Sulla base delle frequenze di risonanza determinate sperimentalmente sarà poi possibile fornire una stima di massima degli spessori delle coperture soffici responsabili dei possibili fenomeni di risonanza osservati. Un abaco utile in questo senso, che è stato utilizzato nell'ambito delle attività per il livello 1 di microzonazione sismica nell'area interessata dal terremoto aquilano dell'Aprile 2009 (Albarello et al., 2010), è fornito in **Fig.7**.

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

Figura 7 - Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza (F_0) determinate dalle misure H/V.

Va sottolineato ancora una volta che i risultati prodotti a partire da un'interpretazione semplificata delle misure H/V, quale quella effettuata mediante l'abaco in **Fig. 7** hanno carattere statistico e semiquantitativo e vanno considerati solo previo confronto con le indicazioni derivanti da prove indipendenti (sezioni geologiche di dettaglio, sondaggi geognostici, ecc.).

7. Report dei risultati - Significatività e classificazione delle misure

Per ogni misura è stata realizzata una scheda riassuntiva con i dati relativi alla fase di acquisizione, due fotografie della fase di acquisizione, i dati di campagna ripuliti degli eventi transienti su cui è stata condotta l'analisi secondo la tecnica H/V mediante software GeoExplorerHVSR. Inoltre è stata indicata la significatività dei picchi secondo i criteri di SESAME 2004 e la classificazione delle misure H/V secondo Albarello *et alii* 2010.

Si precisa che nell'ambito delle misure H/V il campo di dati significativi va circa da 0,5 a 20 Hz. In alcuni casi di evidente distribuzione territoriale, sono state analizzate anche frequenze inferiori.

La registrazione di campagna delle singole misure è fornita su supporto informatico in allegato alla presente relazione.

In alcuni particolari casi in cui nella medesima registrazione sono stati rilevati più picchi ugualmente significativi è stata condotta un'elaborazione separata di ognuno. In questi casi si consiglia che tutti siano riportati nella carta della distribuzione delle frequenze naturali dei terreni.

Viene infine riportato un esempio di legenda per la rappresentazione dei picchi di frequenza per la carta delle frequenze prevista nel livello 1 di Microzonazione Sismica della Regione Toscana ed un'altra legenda più sintetica adottata dallo scrivente nell'ambito di analogo lavoro.

f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	○ $5.0 \leq A_0$
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

Figura 8 – Esempio di legenda per la rappresentazione dei picchi di frequenza


Legenda	
	
Frequenza (f0)	Ampiezza (A0)
● nessuna risonanza	● nessuna risonanza
● $0.2 < f_0 \leq 1$	○ $A_0 \leq 2$
● $1 < f_0 \leq 2$	○ $2 < A_0 \leq 3$
● $2 < f_0 \leq 8$	○ $A_0 > 3$
● $8 < f_0 \leq 30$	

Figura 9 – Ulteriore esempio di Legenda sintetica per la rappresentazione delle frequenze naturali dei terreni

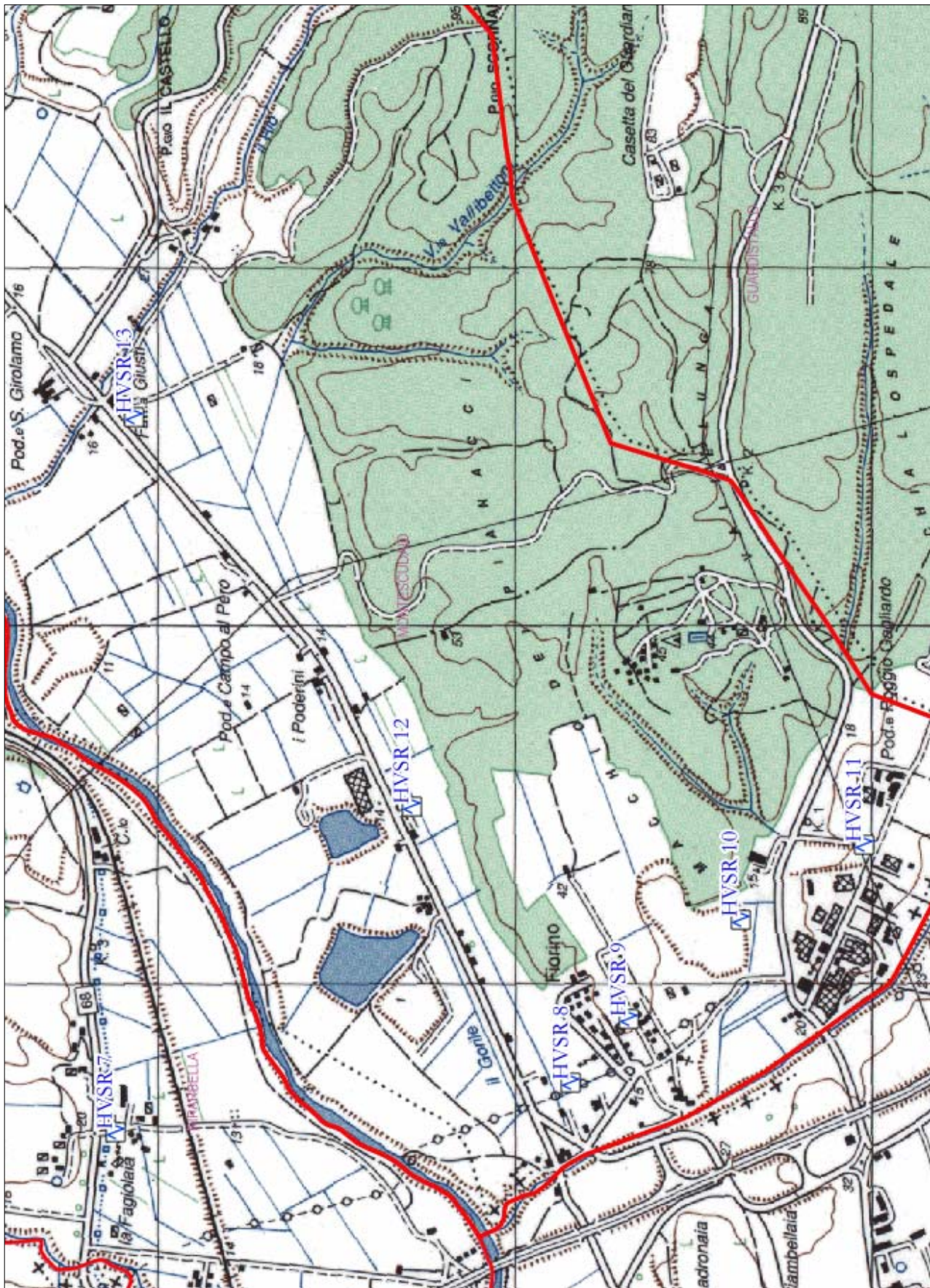
Castellina Marittima, 5 dicembre 2019

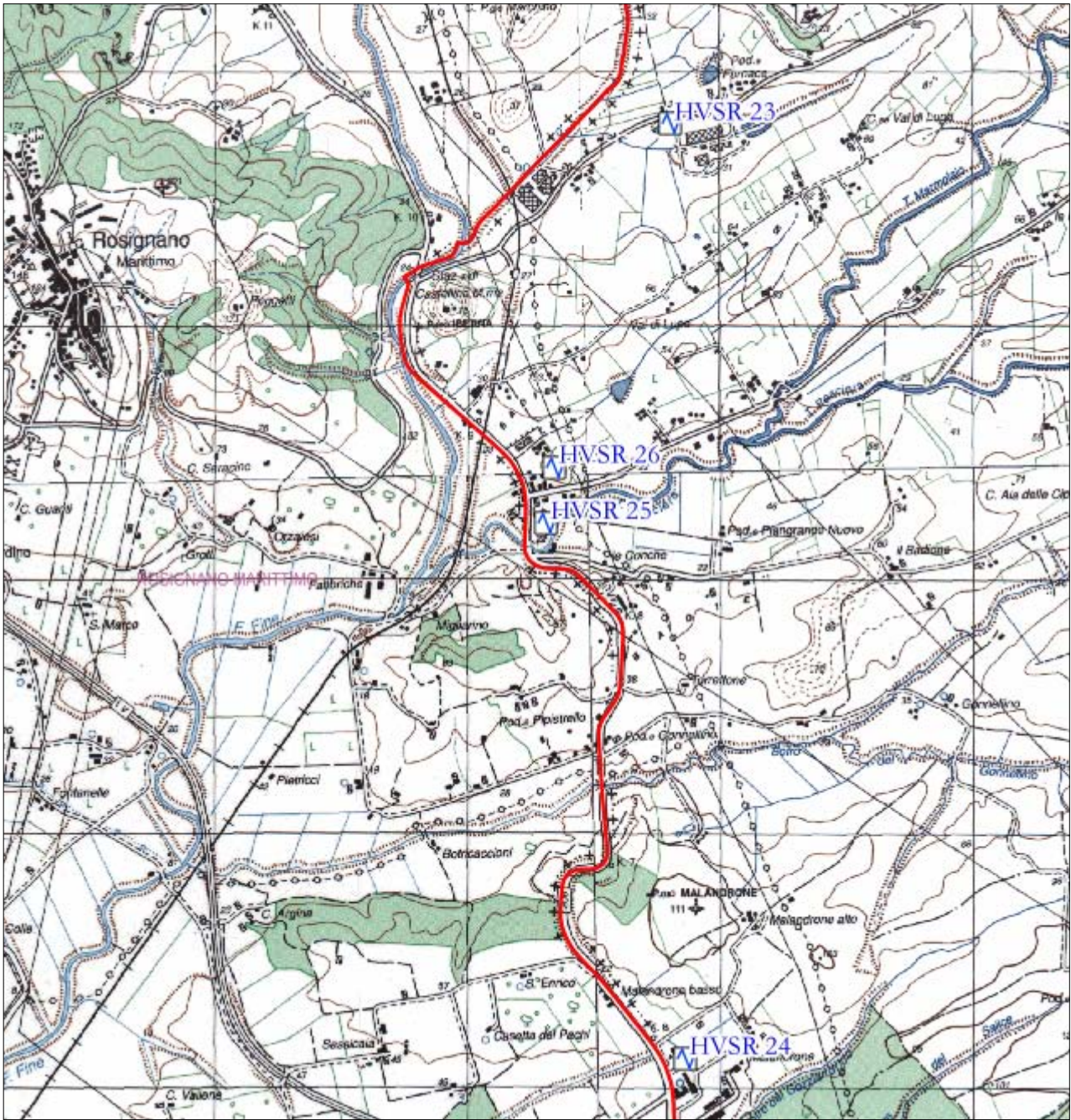



dott. geol. Francesco Calderini

ALLEGATO A

Inquadramenti cartografici





Sintesi delle indagini HVSR

Sigla	AREA	X (long.)	Y (lat.)	z	picco SESAME	Classificazione Albarello	f0	A0
27 (HVSR_1)	Poderino - bassa	1627442,00	4806668,00	415	no picco	-	1,12	2,44
28 (HVSR_2a)	Poderino - alta	1627568,00	4806633,00	432	non chiaro	B-2	16,17	4,56
28 (HVSR_2b)	Poderino - alta	1627568,00	4806633,00	432	non chiaro	B-2	7,84	3,46
29 (HVSR_3a)	Knauf - alluvioni	1624618,00	4808715,00	76	chiaro	A-1	6,37	3,37
29 (HVSR_3b)	Knauf - alluvioni	1624618,00	4808715,00	76	non chiaro	A-2	1,02	3,19
30 (HVSR_4)	Knauf - gessi	1624631,00	4808668,00	80	chiaro	B-1	9,40	2,24
31 (HVSR_5)	Malandrone - alta	1622348,00	4804383,00	100	chiaro	A-1	5,97	5,21
32 (HVSR_6)	Malandrone - bassa	1622432,00	4804455,00	90	non chiaro	B-2	0,89	3,26