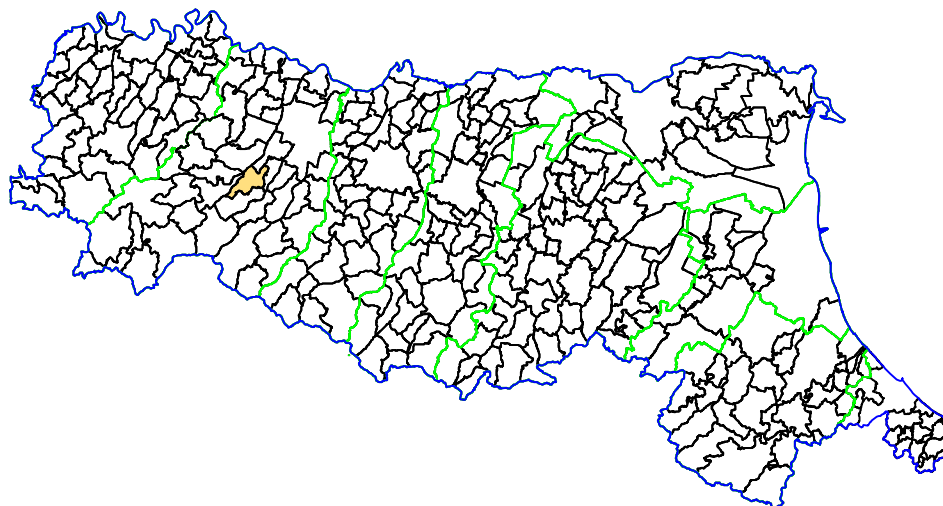


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE TECNICA

Regione Emilia- Romagna
Comune di Fornovo di Taro

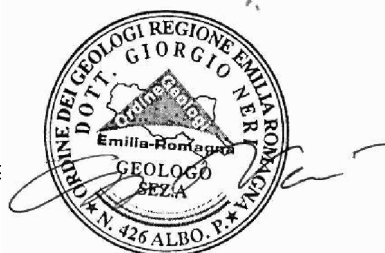


Soggetto realizzatore



AMBITER S.r.l.
società di ingegneria ambientale

Via Nicolodi, 5/ A - 43126 Parma (PR)
Tel: 0521-942630 - Fax: 0521-942436
e-mail: info@ambiter.it
PEC: ambiter@pec.ambiter.eu
Registro delle imprese di Parma - REA 1805
Cap. Soc. 26.000 euro i.v.
C. F. e P. IVA: 01826860346



Data

settembre 2017



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

UBICAZIONE

REGIONE EMILIA ROMAGNA

COMUNE DI FORNOVO DI TARO

OGGETTO

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N. 77



AMBITER s.r.l.
 società di ingegneria ambientale

Via Nicolodi, 5/A 43126 – Parma tel. 0521-942630 fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

DIREZIONE TECNICA

dott. Giorgio Neri

REDAZIONE

dott.geol. Marco Rognà
 dott. geol. Adriano Biasia



CODIFICA

1 4 2 3

0 1

R I

0 1

1 7

ELABORATO

DESCRIZIONE

RT

RELAZIONE TECNICA

01	09/2017	A. Biasia		F. Ravaglia	G. Neri	Emissione
REV.	DATA	REDAZIONE		VERIFICA	APPROV.	DESCRIZIONE

FILE	RESP. ARCHIVIAZIONE	COMMESSA
1423_RT	AB	1423

INDICE

1	INTRODUZIONE	1
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI	3
1.2	RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI.....	4
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI FORNOVO TARO.....	5
2.2	SISMICITÀ STORICA	9
2.3	ZONAZIONE SISMOGENETICA	10
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	12
3.1	STRATIGRAFIA	13
3.1.1	<i>Dominio Padano Adriatico.....</i>	<i>15</i>
3.1.2	<i>Dominio Ligure.....</i>	<i>18</i>
3.1.3	<i>Dominio Successione Epiligure</i>	<i>22</i>
3.2	GEOMORFOLOGIA.....	25
3.2.1	<i>Forme strutturali.....</i>	<i>25</i>
3.2.2	<i>Forme e depositi legati alla degradazione meteorica</i>	<i>27</i>
3.2.3	<i>Forme e depositi dovuti al dissesto</i>	<i>28</i>
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	30
4.1	MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES).....	30
4.2	STAZIONE MICROTREMORE A STAZIONE SINGOLA	31
4.3	PROVA DOWN HOLE	32
4.4	SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	33
4.5	SONDAGGIO A DISTRUZIONE DI NUCLEO	34
4.6	POZZI PER ACQUA.....	34
5	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	35
5.1	ZONA 2001	37
5.2	ZONA 2002	38
5.3	ZONA 2003	38
5.4	ZONA 2004	38
5.5	ZONA 2005	39
5.6	ZONA 2006	39
5.7	ZONA 2007	39
5.8	ZONA 2008	40
5.9	ZONA 2009	40

5.10	ZONA 2010	40
6	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	41
7	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	43
7.1	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	43
7.2	AREE POTENZIALMENTE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI	44
7.3	ANALISI DEGLI ELEMENTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA	45
7.4	PERICOLOSITÀ NELLE ZONE SOGGETTE A DISSESTI	46
8	ELABORATI CARTOGRAFICI	50
8.1	CARTA DELLE INDAGINI.....	50
8.2	CARTA GEOLOGICO TECNICA	50
8.3	SEZIONI GEOLOGICHE	51
8.4	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	52
8.5	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	53
8.5.1	<i>Stima del coefficiente di amplificazione topografica nella frazione di Neviano dè Rossi.....</i>	<i>54</i>
8.5.2	<i>Stima del coefficiente di amplificazione topografica nella frazione di Faseto.....</i>	<i>54</i>
8.5.3	<i>Stima del coefficiente di amplificazione topografica nella frazione di Ronco di Sotto.....</i>	<i>55</i>
8.5.4	<i>Stima del coefficiente di amplificazione topografica nella frazione di Le Coste.....</i>	<i>56</i>
8.6	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	57
9	COMMENTI FINALI E CRITICITA'	62

ALLEGATI

A. Stazione microtremore a stazione singola

B. MASW

1 INTRODUZIONE

La microzonazione sismica costituisce la suddivisione del territorio in base alla sua risposta sismica locale e rappresenta uno degli strumenti più efficaci per la riduzione del rischio sismico.

L'approccio di microzonazione consente, fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica, di valutare la pericolosità sismica nelle aree urbane e urbanizzabili, di indirizzare i nuovi interventi verso quelle zone a minore pericolosità e programmare interventi di mitigazione del rischio nelle zone in cui sono presenti particolari criticità.

Il Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome in data 13 novembre 2008 hanno approvato gli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" che prevedono 3 livelli di approfondimento.

Il primo livello è diretto a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi è stata svolta sulla base dei dati disponibili che derivano dalla banca dati geognostici della Regione Emilia Romagna.

Il secondo livello è diretto a definire la pericolosità sismica locale, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard.

Si tratta di un'analisi semplificata del rischio di amplificazione sismica locale richiesta per gli ambiti suscettibili di urbanizzazione e per il territorio urbanizzato.

Tale analisi, oggetto del presente lavoro, fornisce indicazioni essenziali per l'elaborazione e approvazione del PSC e delle sue varianti individuando:

- le aree a minore o maggiore suscettibilità dalla risposta sismica locale;
- gli ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento che possono essere attuati senza la necessità di eseguire nuove indagini;
- gli ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento subordinati allo svolgimento di ulteriori indagini sismiche (terzo livello di approfondimento).

Il terzo livello di approfondimento deve essere effettuato nei seguenti casi:

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;

- aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Il terzo livello di analisi richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica.

La LR 20/2000 “Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio” stabilisce che gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione.

La LR 19/2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico”, all’art. 8 sancisce che gli strumenti di pianificazione urbanistica comunale individuano il grado di pericolosità locale di ciascuna parte del territorio e realizzano la microzonazione sismica del territorio urbanizzato e di quello suscettibile di urbanizzazione.

Il livello di approfondimento dello Studio di Microzonazione Sismica per il Comune di Fornovo di Taro, per il quale sono stati richiesti e assegnati i contributi di cui all’OPCM 4007/2012 “*contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l’anno 2011*”, è il **Livello 2** come riportato nell’Allegato A della D.G.R 1302/2012.

Per il calcolo dei fattori di amplificazione sismica locale è stato fatto specifico riferimento agli “*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*” approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008) ed alla Deliberazione di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015: “Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”, di cui alla deliberazione dell’assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112”.

1.1 Riferimenti normativi nazionali

Legge 2 febbraio 1974, n. 64, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Legge 10 dicembre 1981, n. 741, Ulteriori norme per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11 marzo 1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Legge 24 febbraio 1992, n. 225, Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 16 gennaio 1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Decreto del Ministro dell'interno 13 Febbraio 2001, Adozione dei "Criteri di massima per l'organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi" (pubblicati nella G.U. n. 116 del 12 maggio 2001).

Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

Legge 9 novembre 2001, n. 401, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 settembre 2001, n. 343, recante disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Legge 27 luglio 2004, n. 186, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, "Disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione. Disposizioni per la rideterminazione di deleghe legislative e altre disposizioni connesse".

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.

Decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008, Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni.

Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome 13 novembre 2008; Indirizzi e criteri per la micro zonazione sismica.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 29 febbraio 2012, n. 4007, Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2011".

1.2 Riferimenti normativi regionali

Legge Regionale 24 marzo 2000, n. 20, Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio.

Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112, Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.

Legge Regionale 30 ottobre 2009, n. 19, Norme per la riduzione del rischio sismico.

Delibera della Giunta Regionale 10 settembre 2012, 1302, Approvazione dei criteri per gli studi di micro zonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti Locali.

Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015 - "Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112".

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Evoluzione della classificazione sismica del Comune di Fornovo Taro

Nell'ambito della classificazione sismica dell'intero territorio nazionale emanata a partire dal 1909, il Comune di Fornovo di Taro, come la gran parte dei territori della Regione Emilia Romagna, è stato classificato sismico solo a partire dal 1998 "Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi".

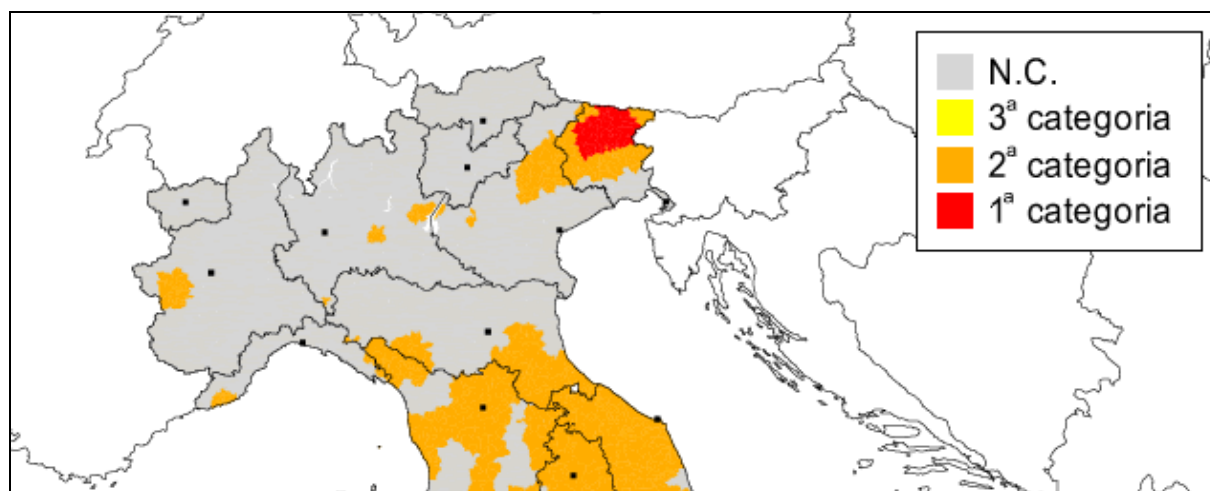


Figura 2.1: Classificazione sismica del territorio italiano (1984). Decreto MLP del 14/07/1984 e decreti successivi.

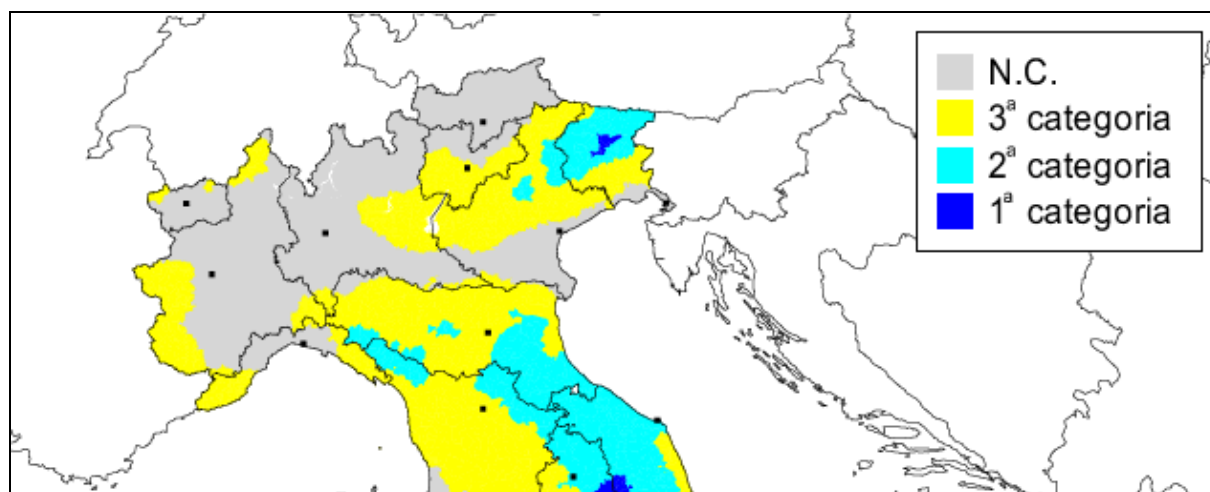


Figura 2.2: Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi.

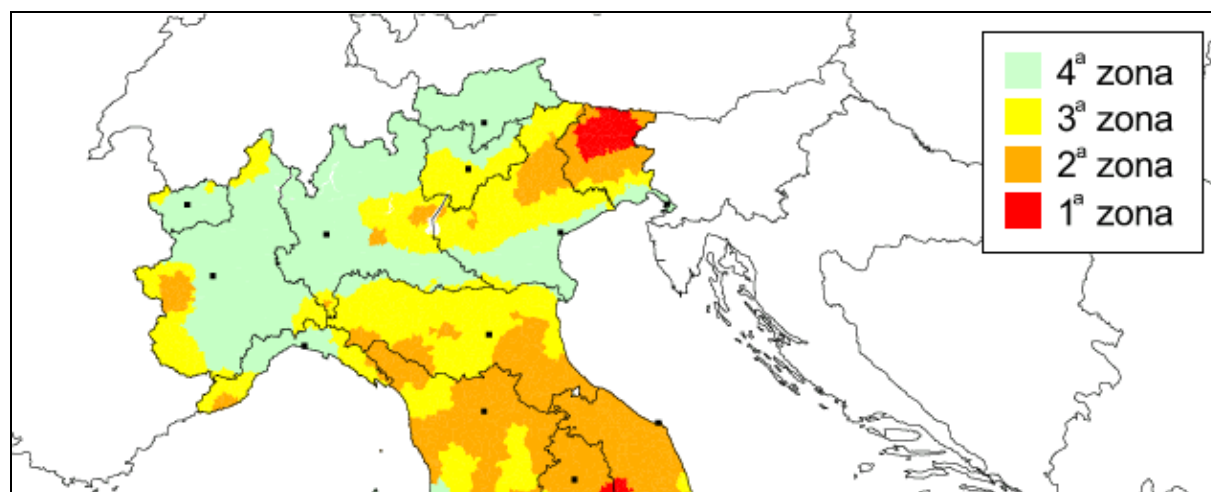


Figura 2.3: Zone sismiche del territorio italiano (2003). Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003.

La classificazione approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" suddivide il territorio nazionale in 4 zone con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (ag/g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

Tabella 2.1: Valori di PGA per le varie zone

Con Delibera 1435 del 21 luglio 2003 "Prime disposizioni di attuazione dell'ordinanza del PCM n. 3274/2003 recante "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", la Regione Emilia Romagna sentiti le Province e i Comuni interessati, ha provveduto all'individuazione delle zone sismiche nonché alla formazione e all'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, ribadendo sostanzialmente quanto riportato nell'OPCM 3274/2003.

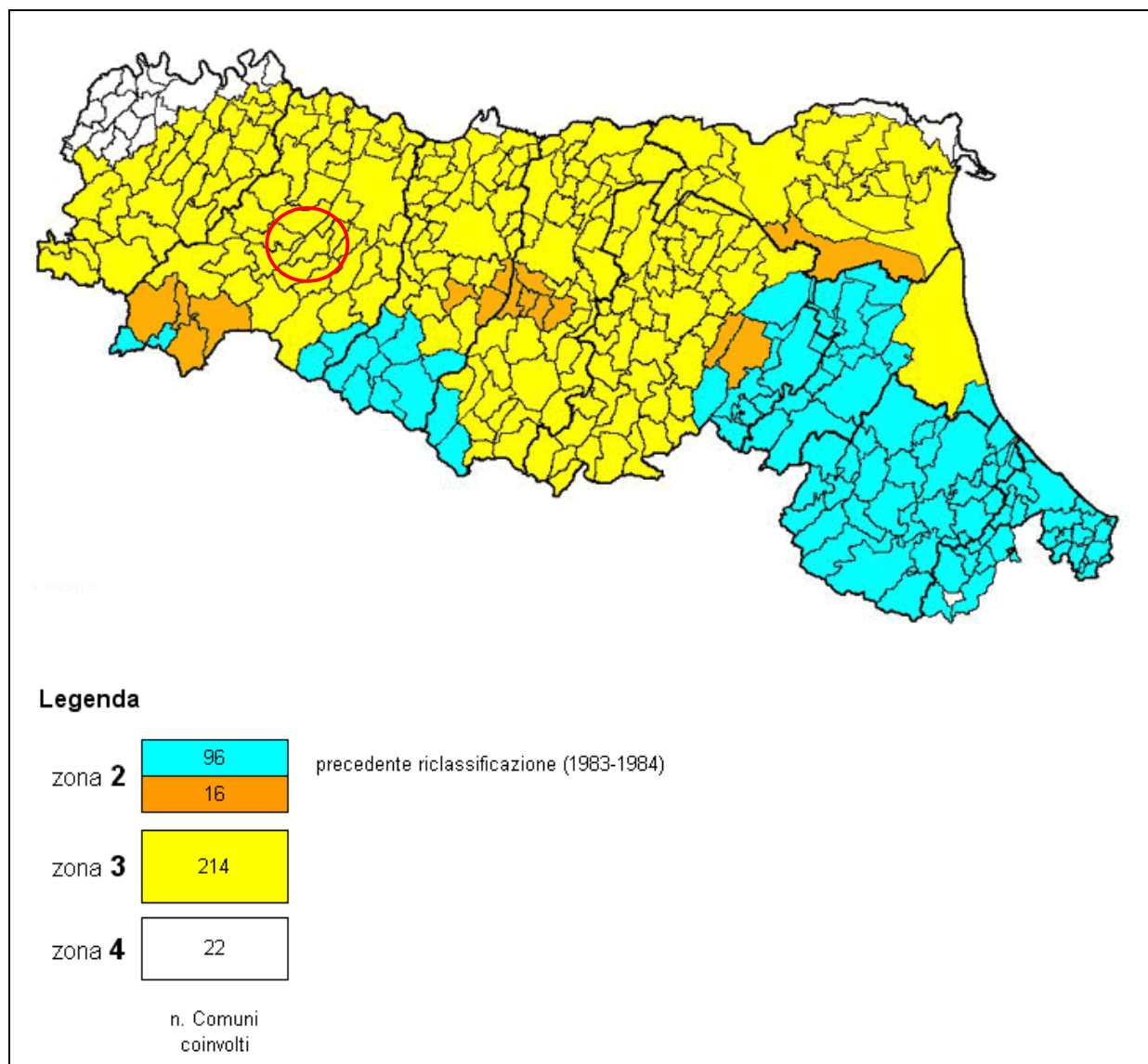


Figura 2.4: Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (fino a marzo 2004)

Il territorio comunale di Forno di Taro è classificato in zona 3, con conseguente accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compreso tra 0,05 - 0,15. Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

L'evoluzione normativa in materia sismica, con l'emanazione delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), ha fatto sì che i dati e le procedure necessari ai fini strettamente progettuali, siano svincolati dalla classificazione sismica del territorio, con alcune limitate eccezioni, prevedendo l'uso diretto dei parametri sismici del sito in oggetto.

Le norme tecniche forniscono le forme spettrali in funzione di tre parametri:

Microzonazione sismica

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

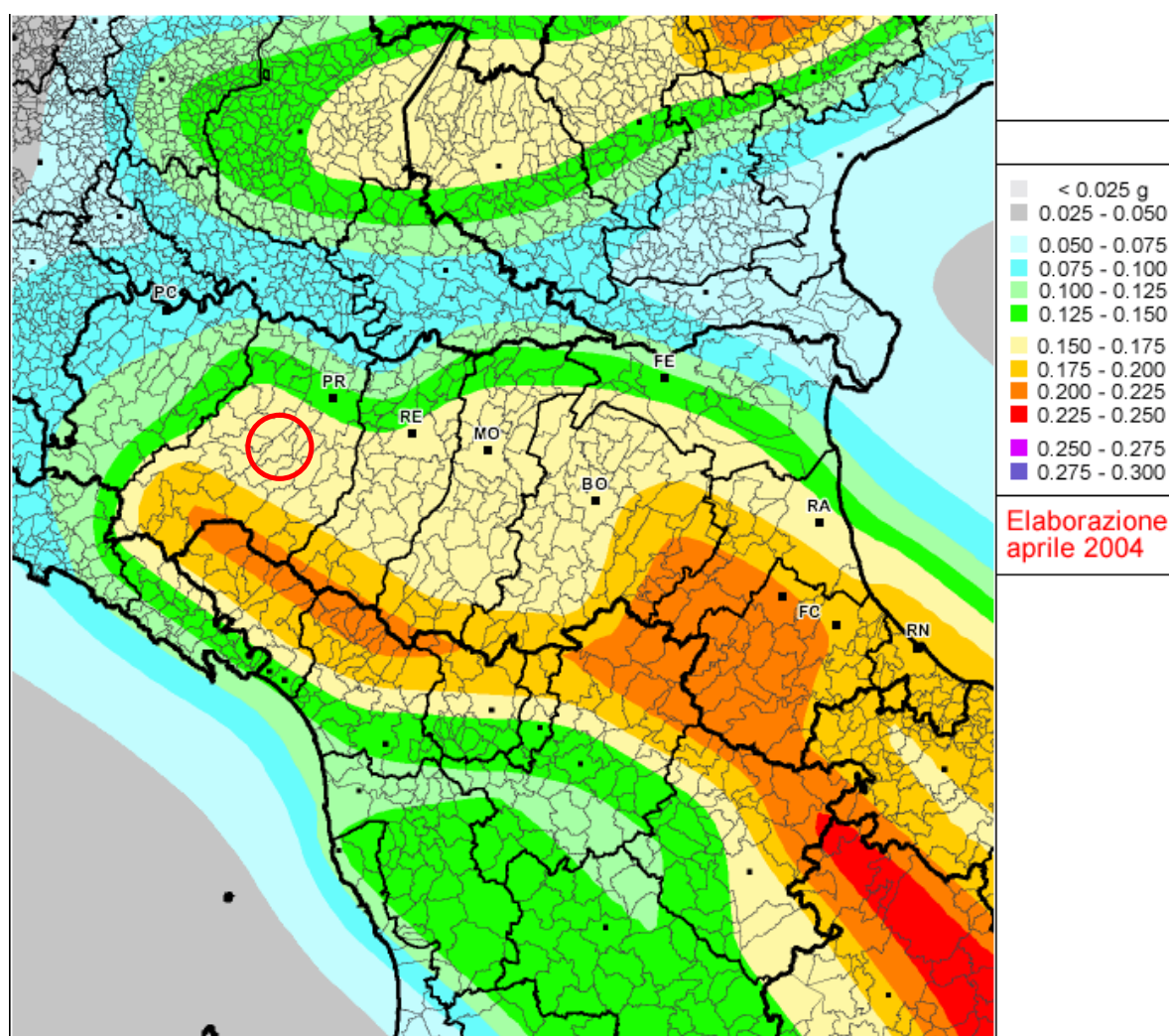


Figura 2.5 – Mappatura dell'accelerazione orizzontale con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni).

2.2 Sismicità storica

La distribuzione della sismicità storica italiana degli ultimi mille anni è consultabile tramite il Catalogo parametrico dei terremoti italiani versione CPTI15 (Andrea Rovida, Mario Locati, Romano Camassi, Barbara Lolli, Paolo Gasperini, luglio 2016), consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

Il territorio comunale di Fornovo di Taro è caratterizzato da una sismicità storica, confrontabile con quella di altri settori della pianura e del pedeappennino parmense e reggiano, che negli ultimi anni hanno avuto terremoti relativamente frequenti di magnitudo compresa fra 4.5 e 5.5.

La sismicità storica del Comune di Fornovo di Taro è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. Il Database Macrosismico Italiano DBMI15 (a cura di Mario Locati, Romano Camassi, Andrea Rovida, Emanuele Ercolani, Filippo Bernardini, Viviana Castelli, Carlos Hector Caracciolo, Andrea Tertulliani, Antonio Rossi, Raffaele Azzaro, Salvatore D'Amico), è consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

La sismicità del territorio comunale è riassunta graficamente nel diagramma di Figura 2.6.

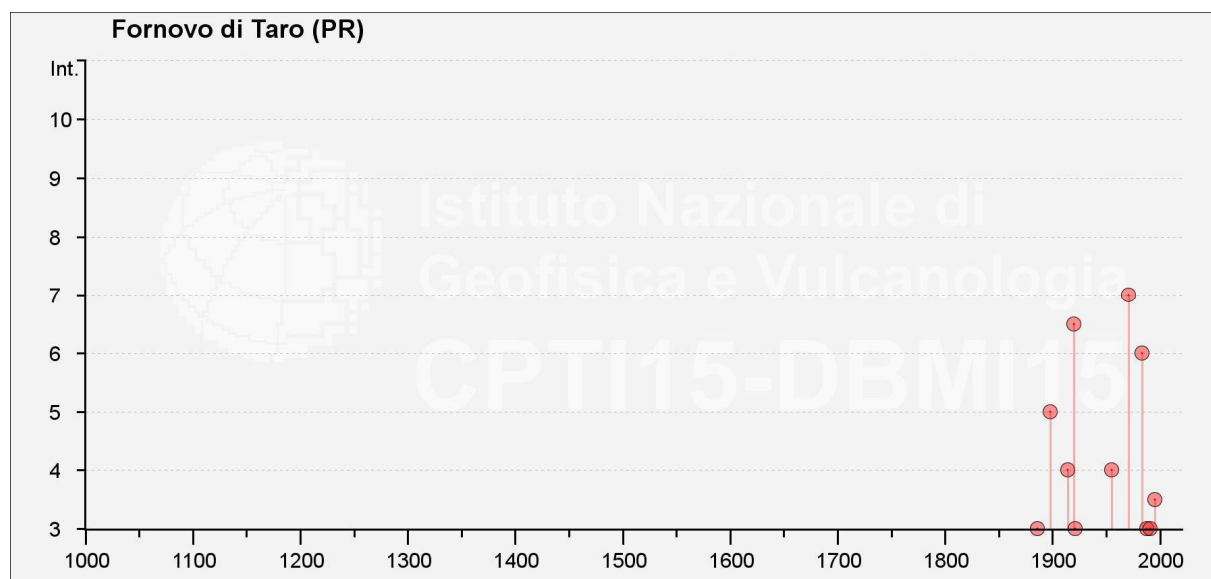


Figura 2.6: Diagramma rappresentante la storia sismica del Comune di Fornovo Taro (nella scala MCS il grado 6 classifica l'inizio del danneggiamento leggero, ma diffuso)

Gli episodi più significativi per il Comune di Fornovo Taro sono presumibilmente quelli del 1971 e del 1920, che produssero effetti del VII grado MCS (Scala Mercalli-Cancani-Sieberg).

Nella successiva Tabella 2.2.2 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate oltre alla stessa intensità al sito (Is),

l'anno, il mese, il giorno e l'ora in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

Intensity (Is)	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
3	1886 10 15 02 20	Collecchio	6	4,7
NF	1895 05 12 20 29	Reggiano	4-5	3,98
5	1898 03 04 21 05	Parmense	7-8	5,37
NF	1904 02 25 18 47 50.00	Reggiano	6	4,81
NF	1906 11 10 17 55	Alta Val di Taro	5	4,22
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5,63
NF	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	10	6,38
6-7	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	10	6,53
3	1921 11 29 12 04	Val di Taro	4	4,15
2	1937 09 17 12 19 05.00	Parmense	7	4,77
4	1955 03 12 06 57 04.00	Parmense	5	4,15
NF	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	5	4,73
7	1971 07 15 01 33 23.00	Parmense	8	5,51
6	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	6-7	5,04
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	6	4,43
3	1988 03 15 12 03 16.17	Reggiano	6	4,57
NF	1989 10 03 09 41 32.85	Appennino parmense	4	4,04
3	1991 10 31 09 31 18.63	Emilia occidentale	5	4,33
3-4	1995 10 10 06 54 21.72	Lunigiana	7	4,82
NF	2000 06 18 07 42 07.68	Pianura emiliana	5-6	4,4
NF	2002 06 18 22 23 38.10	Frignano	4	4,3

Tabella 2.2: Eventi sismici di maggiore intensità verificatisi nel Comune di Fornovo Taro

Gli episodi più significativi per il Comune di Fornovo Taro sono presumibilmente quelli del 1971 e del 1920, che produssero effetti del VII grado MCS (Scala Mercalli-Cancani-Sieberg).

2.3 Zonazione sismogenetica

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale ("Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici").

Il modello sismogenetico suddivide il territorio italiano in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da "A" a "F" fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F).

La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

Dall'esame della Figura 2.7 si evince che il Comune di Fornovo di Taro ricade all'interno della Zona Sismogenetica 913.

Tale zona ricade in una fascia di transizione a carattere misto in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE); si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

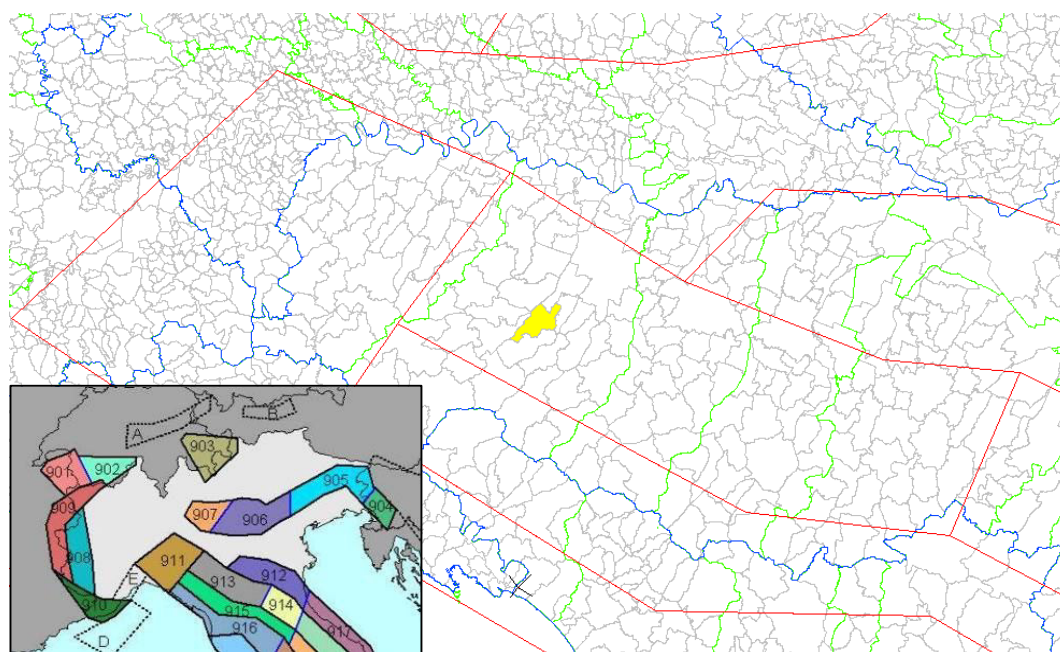


Figura 2.7: Zonizzazione sismogenetica ZS9 ridisegnata

All'interno della zona sismogenetica 913, i terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km con profondità efficace di 13 km; nella zona sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax2} = 6,14$.

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'edificio dell'Appennino settentrionale nasce in un contesto tettonico a stile compressivo nel quale hanno avuto un ruolo di prioritaria importanza i movimenti di convergenza e divergenza della placca Africana e di quella Euro-Asiatica.

Il meccanismo evolutivo è alquanto complesso; nelle linee generali è impresso dal movimento rotazionale antiorario della placca Africana, per l'apertura dell'Oceano Atlantico, determinando nel bacino Mediterraneo (nel settore italico) spinte tettoniche con vergenza nord-est.

Le fasi dell'attività geodinamica possono essere sostanzialmente raggruppate in due cicli tettonici fondamentali.

Il ciclo più antico, conosciuto come "Fase Ligure" (ELTER G. et al., 1966; ELTER P., 1973; ZANZUCCHI, 1963, 1980), si sviluppò dal terziario basso all'Oligocene superiore e comprese gli eventi geodinamici antecedenti e pertinenti la collisione continentale tra la propaggine Corso – Sarda della placca Euroasiatica e la micro-placca Adriatica.

Il secondo ciclo, invece, noto come "Fase Toscana" (ABBATE E. SAGRI M. 1991), si sviluppò per tutto il Miocene e comprese gli eventi geodinamici relativi alla messa in posto quasi definitiva delle unità oggi affioranti nella fascia appenninica.

Successivamente al secondo ciclo nella regione Toscana seguirono manifestazioni di tettonica distensiva che si tradussero in grandi sistemi di faglie, parallele alla costa tirrenica, ed in evidente relazione con l'apertura di questo mare.

Nel dominio emiliano continuò, invece, la tettonica compressiva con estesi piegamenti e con ulteriori traslazioni e giustapposizioni delle unità presenti e in corso di sedimentazione. La tettonica a stile compressivo continuò a perdurare fino ai giorni nostri, con picchi nel pliocene e nel pleistocene inferiore, interessando le strutture frontali sepolte della Pianura Padana.

L'edificio dell'Appennino, come già affermato, nasce quindi in un contesto tettonico a stile compressivo nel quale le spinte orogenetiche attive dal terziario basso fino ai giorni nostri, quasi esclusivamente in ambiente sottomarino, hanno comportato un notevole raccorciamento crostale.

Concettualmente il processo di strutturazione è sintetizzabile nella dislocazione e deformazione di potenti ammassi rocciosi, secondo un modello generale a falde di ricoprimento. Si tratta della sovrapposizione multipla (dall'inglese Thrusts) di sequenze sedimentarie ed ignee (in modo subordinato), staccatesi dal substrato oceanico di formazione e traslate e giustapposte verso nord est, in rapporto all'azione delle spinte orogenetiche.

Nel dettaglio la strutturazione dell'Appennino si compone di una serie di unità alloctone (Liguridi interne ed esterne e Subliguridi) che ricoprono con contatti di natura chiaramente tettonica un

substrato costituito da una serie di unità autoctone (Unità della Falda Toscana, Unità di Pracchiola-Bobbio-Cervarola e Cervarola e Unità padano adriatiche).

In posizione superiore, sopra le Liguridi, si collocano le unità pseudo-autoctone della Successione Epiligure M. Piano – Bismantova (Epiligure e bacino terziario piemontese) e le successioni neoautoctone del margine appenninico (Unità padano adriatiche).

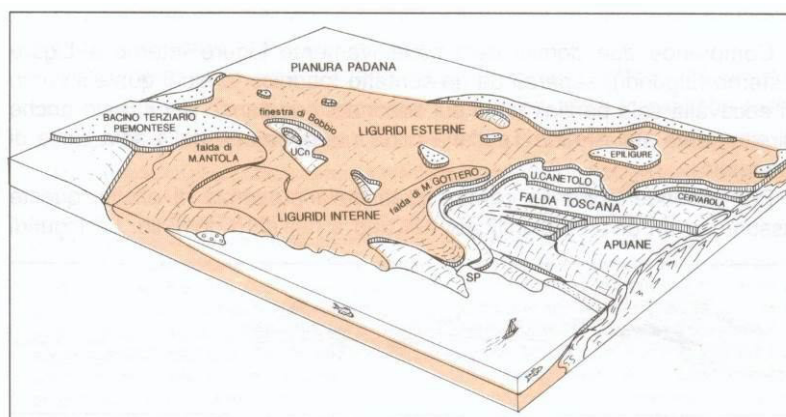


Figura 3.1 - Schema della sovrapposizione tettonica delle principali unità dell'edificio appenninico settentrionale nel settore occidentale

3.1 Stratigrafia

I depositi affioranti nell'area in esame sono stati suddivisi dal Servizio Geologico Regionale nei seguenti Domini:

- Dominio Padano Adriatico: si tratta di quella serie di unità cosiddette “Neoautoctono” che si colloca al tetto della successione litostratigrafica dell’Appennino settentrionale affiorando estesamente sul suo margine settentrionale antistante alla pianura padana; le unità del “Neoautoctono” sono sedimentate posteriormente alle principali fasi orogenetiche dell’Appennino Settentrionale; hanno carattere regressivo, con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali; nei profili sismici si riconosce una sola direzione di progradazione nordest-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica;
- Dominio Ligure: rappresentano i sedimenti di fondo oceanico dell’estinto bacino della Tetide, depositati antecedentemente alla collisione della placca Corso-Sarda con la Placca Europea; si tratta d’unità traslate ed intensamente deformate sopra le unità autoctone durante la Fase Ligure; si compongono di un Complesso di Base a composizione argillo-calcareo prevalente con inclusi potenti complessi ofiolitici (Complessi Ofiolitici di M. Aiona, M. Penna, M. Sillara, M. Prinzerà, ecc.) e da una serie d’unità calareo-marnose (Unità Cassio, Unità Caio, Unità Solignano) e

Microzonazione sismica

- arenaceo-calcareo-pelittiche (Unità Dosso, Sporno, M. Gottero, M. Zatta e parte inferiore di Canetolo);
- Dominio Successione Epiligure: in generale discordanza stratigrafica su gran parte delle Unità Liguri, affiorano le unità epiliguri, deposte posteriormente alla collisione continentale della microplacca appenninica con la microplacca Europea, fra l'Eocene medio ed il Messiniano; Queste unità marine, essendo in posizione superiore rispetto alle Liguridi, si sono formate nei bacini residui derivanti dalla collisione continentale e unitamente alle serie sottostanti sono state traslate e strutturate, secondo un modello generale a falde di ricoprimento, dalle spinte orogenetiche nord-est vergenti, nel corso della fase Toscana; Merla G. (1951), per descrivere il loro duplice carattere, d'appoggio stratigrafico sulle Liguridi e di alloctonia rispetto alle unità propriamente autoctone, situate alla base della catena appenninica, introdusse nella letteratura geologica il concetto di semialloctono.

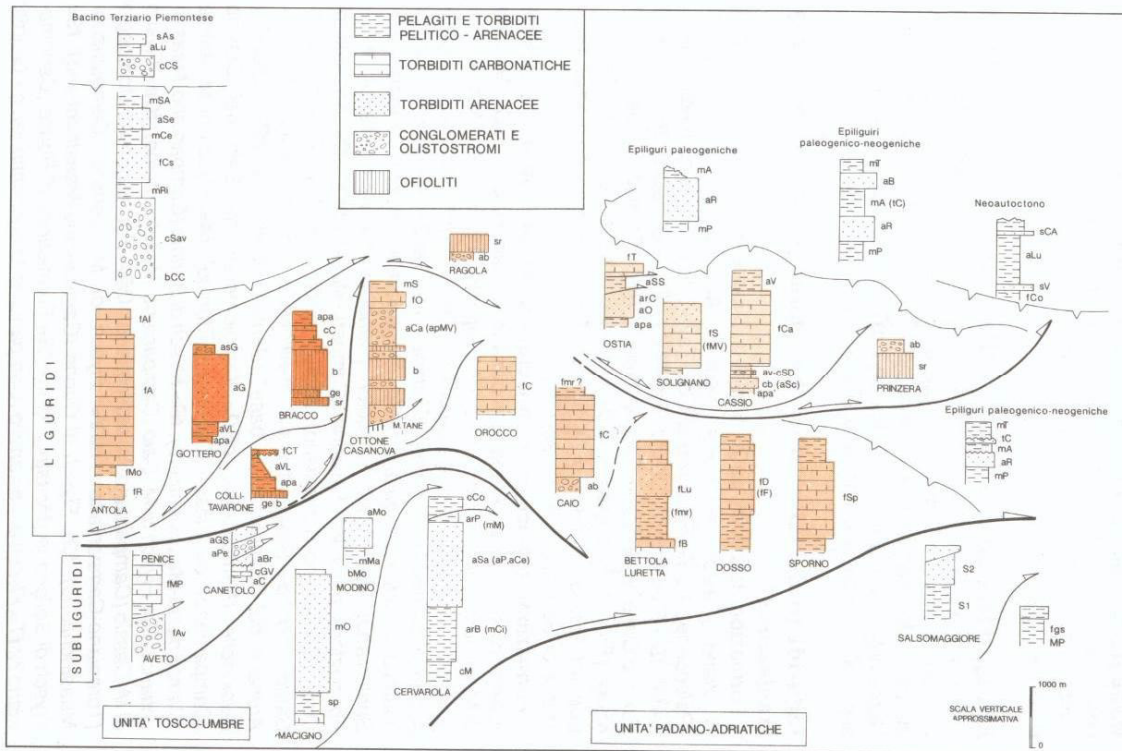


Figura 3.2: Rappresentazione semplificata della litostratigrafia delle principali Unità presenti nel territorio. La disposizione delle colonne Stratigrafiche da sinistra a destra, ripete l'ordine di affioramento dal Tirreno alla Pianura Padana ed in un certo modo riflette quello che potrebbe essere un ordine paleogeografico. Infatti, le linee con freccia indicano le sovrapposizioni tettoniche come oggi si osservano, schematizzano Sovrascorrimenti a vergenza appenninica (quando sussiste molta incertezza nella direzione di trasporto tettonico è stata aggiunta una doppia freccia). Le linee dentellate indicano i contatti stratigrafici discordanti tra le Unità Liguri e le Successioni Epiliguri. Seppia carico = Unità Liguri Interne; seppia medio = Unità Antola + Unità Liguri Esterne strutturalmente inferiori, seppia leggero = Unità Liguri Esterne strutturalmente superiori e di difficile collocazione paleogeografia.

3.1.1 Dominio Padano Adriatico

Le unità stratigrafiche del Dominio Padano Adriatico note come neoautoctono rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali sensu Mitchum et Al. (1977). Dal punto di vista gerarchico si distinguono 2 Sequenze Principali (Supersintemi, secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da depositi di ambiente marino;
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituita da depositi di ambiente continentale.

Il Supersintema del Quaternario Marino può essere ulteriormente suddiviso nei seguenti cicli progradazionali (dal più antico al più recente):

- Sintema del Torrente Stirone (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore);
- Sintema di Costamezzana (Pleistocene inferiore – medio);

Il Supersintema dell'Emiliano Romagnolo può essere ulteriormente suddiviso in 2 sintemi principali (dal più antico al più recente):

- Sintema Emiliano Romagnolo inferiore - (Pleistocene medio); non affiorante nel territorio in esame;
- Sintema Emiliano Romagnolo superiore - (Pleistocene medio - Olocene).

Più antiche e situato in posizione inferiore all'Supersintema del Quaternario Marino sono presenti la Formazione delle Argille Azzurre, la Formazione di Vernasca e la Formazione a Colombacci.

3.1.1.1 Sintema Emiliano Romagnolo superiore (AES)

Unità costituita da depositi alluvionali intravallivi, terrazzati. Lo spessore dei depositi terrazzati non supera i 25 metri; il profilo di alterazione è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Il suo profilo di alterazione è molto evoluto. Il tetto è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è erosivo e discordante su unità più antiche.

Nel territorio comunale di Fornovo Taro sono presenti le seguenti unità:

1. AES8 - Subsintema di Ravenna (Pleistocene superiore – Olocene): depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi; il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m; il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche; lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 metri;

- AES8a - Unità' di Modena (Olocene): depositi intravallivi costituiti da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua; il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm); lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri;
2. AES7 - Subsistema di Villa Verucchio (Pleistocene superiore): depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi; il profilo di alterazione presenta uno spessore fino a 4-5 m; il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è erosivo e discordante sulle unità più antiche; lo spessore massimo dell'unità è di circa 30 m;
- AES7b - Unità di Vignola (Pleistocene sup.): depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi; il profilo di alterazione presenta uno spessore fino ad 1.5-2 m; lo spessore massimo dell'unità è di circa 20 m;
 - AES7a - Unità di Niviano (Pleistocene sup.): depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati; il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 4-5 m di profondità; l'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri; il profilo di alterazione è molto evoluto; lo spessore massimo dell'unità è di poche decine di metri;
3. AES3 - Subsistema di Agazzano (Pleistocene medio): depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti; il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità; l'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri contenenti manufatti del Paleolitico medio; il suo profilo di alterazione è molto evoluto; il contatto di base è erosivo e discordante sulle unità più antiche; spessore variabile da alcuni metri a 25-30 m.

3.1.1.2 Argille Azzurre (FAA)

Depositi distali di piattaforma e di bacino costituiti da peliti marnose, grigio-azzurre massive a frattura concoide, con rari livelli sabbioso-siltosi per lo più concentrati nella porzione basale della formazione e rari livelli siltosi in quella superiore. Frequenti microfossili (foraminiferi planctonici) e macrofossili (lamellibranchi, gasteropodi, pteropodi, eccezionalmente resti di mammiferi sia marini che terrestri)..

Lo spessore massimo è di circa 600 m.

L'unità delle Argille Azzurre è sedimentata nel Pliocene inferiore.

3.1.1.3 Formazione a Colombacci (FCO)

Unità continentale di ambiente transizionale tra quello fluviale e quello lagunare, prevalentemente arenitica, ad evoluzione trasgressiva, suddivisa in sottunità. Contatto discordante sulla successione epiligure e sulle unità liguri. Potenza massima 90 m circa.

- FCOa - litofacies arenacea. Sabbie ed arenarie medie poco cementate giallastre, a laminazione incrociata a basso angolo o a laminazione piano-parallela poco evidente. Rari livelli argillosi sottili e discontinui e ciottoli molli d'argilla. Sono presenti localmente piccoli canali ghiaiosi. Abbondanti resti vegetali lignitizzati anche ben conservati e meno comuni molluschi ipotalini. Contatto parzialmente eteropico sulla litofacies conglomeratica. Spessore massimo 55 m.
- FCOb - litofacies conglomeratica. Paraconglomerati poligenici grossolani gradati, a matrice sabbiosa, spesso poco cementati e poco organizzati, in corpi canalizzati. Clasti ben arrotondati provenienti da unità liguri e dalla successione epiligure, spesso dalla Formazione di Contignaco. Verso l'alto locali intercalazioni di areniti da grossolane a fini in strati da medi a spessi, a geometria lenticolare. Spessore variabile da pochi metri a 60 m circa.

La Formazione a Colombacci è sedimentata nel Messiniano.

3.1.1.4 Formazione di Vernasca (SVN)

Unità torbiditica prevalentemente arenitica, ad evoluzione trasgressiva, da un ambiente di fronte deltizio a scarpata, fino a bacino profondo, suddivisa in sottunità. Contatto paraconcordante su Formazione a Colombacci. Potenza massima 80 m.

La Formazione di Vernasca è sedimentata nel Pliocene inf.

- SVNa - litofacies conglomeratica: Paraconglomerati poligenici grossolani a matrice sabbiosa, verso l'alto argilloso-sabbiosa, con gradazione normale accennata e grado di arrotondamento dei clasti non elevato. Organizzati in strati spessi e molto spessi con locali intercalazioni di arenarie grossolane con ciottoli. Contatto paraconcordante su Formazione a Colombacci. Spessore variabile da pochi decimetri a circa 50 m.
- SVNb - litofacies arenitica: Areniti grossolane e areniti siltose da medie a fini color ocra, in strati gradati medi e spessi, spesso amalgamati o con rare intercalazioni di livelli argillosi. Sono localmente intercalati livelli di debris flow costituiti da paraconglomerati a grana media in matrice sabbiosa. Superfici di strato spesso con strutture erosive e locali accumuli di resti di foraminiferi e macrofossili. Verso l'alto la stratificazione risulta più evidente per l'aumento dei livelli pelitici. Passaggio per alternanze alla litofacies pelitico-arenitica. Contatto netto sulla litofacies conglomeratica o sulla Formazione a Colombacci. Spessore massimo 60 m circa.

- SVNc - litofacies pelitico-arenitica: Alternanze di areniti medie e fini e argille siltoso-marnose grigie in strati da medi a sottili, con rapporto arenite/pelite variabile dal basso verso l'alto da circa 3 a <1. I letti arenitici si presentano gradati e laminati, con strutture erosive evidenti sulle superfici di strato e sporadiche tasche d'erosione con riempimenti bioclastici. Spessore variabile da 0 a circa 60 m.

3.1.2 Dominio Ligure

Le unità liguridi sono collocate al tetto della catena appenninica e ricoprono tettonicamente le unità subliguridi e autoctone, anche se i rapporti geometrici non sono sempre chiari.

3.1.2.1 MCS – Flysch di M. Cassio

Torbiditi a base calcarenitica fine e media passante a marne calcaree grigio-biancastre, marne e calcari marnosi in strati da spessi a molto spessi, passanti gradualmente ad un tetto argilloso-siltoso, alternate a pacchi di strati torbiditici arenaceo-pelitici da sottili a spessi, grigiastri. Intercalazioni regolari di sottili livelli pelitici grigio-verdastri e neri e di arenarie medie e fini, quarzoso-feldspatiche, grigio chiare, in strati medi e sottili. Torbiditi e fanghi intrabacinali, in ambiente di piana, sotto la superficie di compensazione dei carbonati. Contatto, localmente tettonizzato, per alternanze sulle Argille varicolori di Cassio. Potenza parziale di un migliaio di metri.

Campaniano sup. - Maastrichtiano

3.1.2.2 ACR - Argille Varicolori di Case Crovini

Argille ed argilliti grigio-bluastre, grigio-verdi, nerastre e rosse, a struttura scagliosa, con intercalate arenarie torbiditiche grigio scure e più rari straterelli calcareo marnosi chiari ed inclusi arenacei, conglomeratici e calcarei "boudinati". Bacino profondo a sedimentazione emipelagica, con limitati apporti torbiditici estremamente diluiti. Contatto inferiore stratigrafico parzialmente eteropico con il Complesso di Case Boscaini; nell'area del Foglio 199 contatto superiore per alternanze con la Formazione di Ponte grosso. Spessore geometrico da 0 a 300 m.

Campaniano sup. – Maastrichtiano inf.

3.1.2.3 APA - Argille a Palombini

Argilliti scure e nocciola fogliettate e scagliose, intercalate a calcilutiti silicizzate bianche, grigiastre e grigio-verdi, con patine nerastre e verdastre sulla superficie, talvolta a base calcarenitica laminata, in strati medi e spessi; localmente si intercalano argilliti siltose grigio scure in strati spessi e arenarie

torbiditiche fini in strati molto sottili. Gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati", a luoghi silicizzati, pervasivamente fratturati e caratterizzati da una fitta rete di vene di calcite. Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici e sabbie fini. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri.

Berriasiano - Santoniano p.p

3.1.2.4 PGR - Formazione di Ponte Grosso

Torbiditi carbonatiche costituite da marne e calcari marnosi grigio chiari in strati da spessi a banchi a base arenitica medio-fine e peliti marnose grigio scure con strati arenitici sottili e medi poco cementati di colore verdastro. Nell'area del Foglio 199 verso la base della formazione prevalgono le alternanze arenaceo-pelitiche con arenarie silicoclastiche da grossolane a medio-fini brune non cementate in strati sottili, e rari livelli arenacei più grossolani ricchi di clasti ofiolitici; localmente è stato osservato un livello gradato di conglomerati ad elementi ofiolitici prevalenti, passante ad areniti. Bacino profondo a sedimentazione torbiditica, prevalente su quella emipelagica. Passaggio per alternanza alla Formazione del Rio della Canala. Potenza parziale circa 650 m.

Campaniano sup. ? –Ypresiano ?

3.1.2.5 AVV - Argille varicolori di Cassio

Argille, argilliti ed argille siltose rosse, violacee, grigio scure e verdastre, con intercalazioni di strati sottili o medi di arenarie litiche fini grigio chiare o scure, mangesifere e localmente cloritiche, di calcilutiti silicizzate grigio-verdine e di calciliti chiare e calcareniti, localmente si intercalano conglomerati poligenici, in strati medi e spessi, i cui elementi provengono da crosta continentale e arenarie litiche e feldspatiche grossolane. Contatti per lo più tettonizzati con le Arenarie di Scabiazza. Sedimentazione pelagica intervallata da correnti di torbida. Potenza geometrica variabile da qualche decina a qualche centinaio di metri.

- AVVa - litofacies pelitico-arenacea. Distinta localmente, dove le intercalazioni di arenarie sono più frequenti e il rapporto rapporto arenite/pelite diventa circa uguale a 1.
- AVVds - litofacies a brecce. Brecce sedimentarie ad elementi di Diaspri e calcari micritici bianchi. Presente alla base delle Argille varicolori di Cassio.
- AVVm - litofacies a brecce argillose. Brecce poligeniche clasto-sostenute ad elevato tenore in clorite, in strati lenticolari.

Turoniano? - Campaniano sup.

3.1.2.6 CCV - Complesso di Casanova

Unità litostratigrafica costituita da varie litofacies che si alternano senza un apparente ordine stratigrafico.

Campaniano inf.

- CCVb - litofacies a breccie mono e poligeniche a matrice pelitica: Breccie monogeniche (prevalenti) e poligeniche, in strati molto spessi e banchi a geometria lenticolare, con abbondante matrice pelitica grigio scura e clasti eterometrici, da angolari a subarrotondati, di calcilutiti chiare, più rari clasti di arenite scure e calcarenite (nell'area del Foglio 216 anche serpentinite e basalti); si interpongono spezzoni di alternanze argillitico-calcaree e calcareo-marnose sempre molto deformate; lembi intensamente fratturati di Argille a Palombini. La matrice può diventare nettamente prevalente, in questo caso viene distinta una litofacies a breccie prevalentemente pelitiche. Le breccie poligeniche sono costituite in prevalenza da clasti eterometrici di calcilutiti, riferibili alle Argille a Palombini, e, in subordine, di basalti, ultramafiti con differente grado di serpentizzazione, oficalciti, gabbri, granitoidi, Diaspri e Calcari a Calpionelle; la matrice è arenaceo-siltitica o argillitica scura. Depositi marini profondi da scivolamento in massa e flussi gravitativi. Potenza geometrica da 0 a 120 m circa.
- CCVc - breccie poligeniche a matrice arenitica: Breccie poligeniche, per lo più grano-sostenute, a matrice arenaceo-siltosa o argillitica scura con clasti eterometrici da angolari a subangolari di basalti, serpentinite, di litici sedimentari (calcilutiti tipo maiolica e palombino, torbiditi arenacee, diaspri) e, in netto subordine, di ultramafiti, oficalciti, gabbri, granitoidi, radiolariti e clasti molli intraformazionali riferibili alle Arenarie di Casanova; la litozona si presenta in strati lenticolari da medi a molto spessi. Localmente vengono distinte una litofacies a breccie poligeniche a prevalenti elementi calcarei ed una litofacies a breccie poligeniche a prevalenti elementi granitici.
- CCVd - litofacies argillitico-siltosa: Argilliti siltose nerastre alternate ad arenarie fini grigio scure in strati sottili e localmente ad arenarie litiche medie grigio scure a base grossolana e tetto marnoso-siltoso, in strati spessi e molto spessi.

3.1.2.7 FAR - Flysch di Farini D'olmo

Unità torbiditica arenaceo-pelitica e calcareo-marnosa, suddivisa in sottunità.

Daniano - Luteziano

- FAR1a - litofacies di Case Poncini: Calcari marnosi e marne chiare, in strati da spessi a banchi a base calcarenitica, alternate ad arenarie e peliti marnose grigio-nocciola in strati da sottili a medi (rapporto arenite/pelite \cong 1). Verso la base sono intercalati banchi di marne rosate. Presente nella parte bassa del Flysch di Farini d'Olmo. Potenza parziale massima 250 m.

3.1.2.8 FYS - Flysch di Monte Sporno

Unità torbiditica calcareo-marnosa e pelitico-marnosa suddivisa in sottounità. Bacino profondo a sedimentazione torbiditica, prevalente su quella emipelagica.

Paleocene sup. - Eocene medio

- FYS3 - Membro di Calestano. Marne e marne argillose grigie a frattura da concoide a poliedrica e marne siltose fogliettate, grigio scuro-verdastre, in strati spessi e molto spessi, intercalate a set di strati sottili e medi di arenite medie grigio-nocciola e peliti brune. Alla base degli strati marnosi sono talora presenti calcari e calcari marnosi color crema, in strati medi laminati ben stratificati. Rari livelli marnosi rosati verso il tetto del membro. Contatto graduale sul Membro di Armorano. Potenza massima stimata 350 m circa. *Luteziano*
- FYS2 - Membro di Armorano. Calcari marnosi e calcari chiari in strati da medi a molto spessi, a base spesso calcarenitica grigio-verde e marne argillose grigio-nocciola in sequenze plurimetriche, alternati ad arenite e peliti marnose grigio scure in strati sottili e medi. Sono presenti alcuni livelli marnosi rosati. I calcari presentano talora livelli o liste di selce bruna, come pure base biocalcarenitica grigio-verde, con lamine parallele e ripples, localmente biocalciruditica con numerosi macroforaminiferi (Nummuliti e Orbitoidi). Localmente presente una facies caotica spessa poche decine di metri, costituita da argille scagliettate grigie e rossastre, inglobanti caoticamente lembi di calcare fine, chiaro, ed arenarie fini e medie, nocciola. Spessore parziale massimo 1200 m. *Ypresiano – Luteziano*

3.1.2.9 SCB – Arenarie di Scabiazza

Torbiditi arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee con arenarie litiche grigio-nocciola, grigio-scure o grigio-verdastre, fini e medie in strati sottili e medi, regolarmente alternate a peliti grigie o verdastre o marne siltose debolmente marnose; si intercalano talora marne grigio chiare a base arenacea fine e molto fine, in strati da molto sottili a spessi (rapporto arenite/pelite da <1 a >1), conglomerati e calciliti in strati spessi. Possono essere presenti marne siltose grigie in strati molto spessi con base arenitica e conglomeratica fine ad elementi sedimentari. Localmente distinta una litofacies a brecce argillose costituita da brecce a blocchi di calcari grigio-verdini e biancastri e lembi eterometrici di marne grigio-giallastre, inglobati in matrice argillitica nera e verdastra, di potenza variabile da pochi metri a 50 m circa; una litofacies arenaceo-pelitica; una litofacies calcareo-marnosa, caratterizzata da strati molto spessi di marna siltosa grigio chiara a base arenacea grossolana e da strati medi e spessi con basi ruditiche biancastre ad elementi di micriti e radiolariti, e con un tetto marnoso-calcareo; una litofacies conglomeratica; una litofacies argillitica con siltiti nerastre passanti ad argille siltose rosso vinato e

localmente lenti di breccie ad elevato tenore in clorite. Sedimentazione torbiditica di ambiente marino profondo. Potenza geometrica affiorante può raggiungere 700 metri.

Cenomaniano - Santoniano

3.1.2.10 CCB - Complesso di Case Boscaini

Breccie matrice-sostenute a prevalenti clasti calcilitici chiari tipo palombino ben arrotondati, in matrice argillosa o siltosa grigia, più rari clasti di biocalcareni giallo ocra e areniti grigio scure. Sono spesso inclusi lembi tettonizzati di argille varicolori. Ambiente di sedimentazione configurabile con un bacino profondo caratterizzato da fenomeni di risedimentazione in massa. *Campaniano?*

- CCBb - litofacies a breccie poligeniche. Breccie clasto-sostenute ad elementi ofiolitici (serpentiniti, basalti, ecc.) e subordinati elementi sedimentari (Calcarei a calcipionelle areniti, calcilititi tipo maiolica, diaspri, ecc.), in matrice arenaceo-siltitica o argillitica scura.

3.1.3 Dominio Successione Epiligure

Le unità epiliguridi sono collocate al tetto della catena appenninica in generale discordanza stratigrafica su gran parte delle Unità Liguri.

3.1.3.1 CTG – Formazione di Contignaco

Marne selciose, più o meno siltose, di colore grigio, con patine manganesifere nerastre e ocracee, o arenarie risedimentate da fini a spesse grigie. Selce generalmente diffusa, localmente in noduli e liste. Possono essere presenti banchi tripolacei chiari spessi fino a 8-10 m, talora cartografati, ricchissimi in silice sia di origine vulcanoclastica che biogenica. Sono intercalate nella formazione anche argille fogliettate grigio-verdastre in livelli da sottili a spessi. Il limite inferiore è sfumato per alternanza con le Marne di Antognola. La potenza varia da qualche decina di metri a circa 200 m.

Aquitaniiano - Burdigaliano

3.1.3.2 ANT - Marne di Antognola

Marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine manganesifere. Stratificazione difficilmente percepibile. Sono presenti livelli torbiditici sottili e medi di arenarie vulcanoclastiche, arcose e quarzoso-feldspatiche. Localmente è stata distinta una litofacies arenacea, caratterizzata dalla presenza di torbiditi arenaceo-pelitiche con areniti medio-fini, in strati sottili e medi, e areniti grossolane in strati medi e spessi. Localmente presente un orizzonte a slumping. Il limite inferiore è

per alternanze o discordante sulla Formazione di Ranzano e sul substrato ligure. La potenza totale della formazione varia da pochi metri a oltre 500 m.

Rupeliano terminale – Aquitaniano

- ANT4 - Membro di Anconella. Torbiditi arenaceo-pelitiche; arenarie quarzoso-feldspatiche, con grana da grossolana a fine, di colore grigio chiaro alterate in giallastro; subordinate marne argillose grigie, grigio verdi, grigio scuro o nerastre; rapporto arenite/pelite sempre > 1 . Gli strati variano da sottili a spessi, talvolta sono presenti banchi, anche amalgamati. Spessore di poche decine di metri.
- ANT2 - Membro arenaceo di Montesalvo. Membro intercalato stratigraficamente nella parte inferiore delle Marne di Antognola con contatto superiore netto e inferiore per alternanze, costituito da areniti micacee grigio chiare, in letti spessi e banchi amalgamati, con fenomeni di cementazione differenziata, alternati, verso la base, a sottili livelli di siltiti marnose. Potenza da 50 a 120 m. *Chattiano sup.*

3.1.3.3 RAN - Formazione di Ranzano

Data da più corpi sedimentari con geometria da lenticolare a tabulare e con facies deposizionali molto variabili da arenaceo-conglomeratiche a pelitico-arenacee. Dove la formazione non è suddivisibile in sottounità è costituita da un'alternanza monotona di areniti fini grigie, micacee, e peliti grigie e grigio-verdi, in strati sottili e medi, talora spessi, rapporto arenite/pelite < 1 , localmente $\ll 1$; sono presenti sottili livelli arenitici vulcanoclastici e strati medi di marne calcaree chiare a base arenitica. Limite inferiore netto, talora erosivo, con le Marne di Monte Piano, marcato dalla comparsa di livelli arenacei; localmente poggia direttamente sul substrato ligure. Limite superiore netto, talora discordante, con le Marne di Antognola, marcato dalla scomparsa dei livelli arenacei. Origine prevalentemente torbiditica; ambiente di scarpata e di bacino, con presenza di frane sottomarine. Potenza variabile da qualche metro ad oltre 250 m. *Priaboniano - Rupeliano*

- RAN3 - Membro di Varano de' Melegari: Litoareniti grigie, talora a base conglomeratica, a prevalenti clasti carbonatici, alternate a peliti marnose grigie; strati da sottili a spessi, talora molto spessi; rapporto arenite/pelite molto variabile, da $>$ a $\ll 1$; alla base è presente un orizzonte di frana sottomarina non cartografabile, nella parte medio-alta sono presenti livelli sottili di areniti vulcanoclastiche. Localmente è presente una litofacies arenaceo-pelitica con areniti grigio piombo a grana media, in strati da medi a molto spessi, senza apparente gradazione, con intercalazioni di sottili livelli vulcanoclastici. Localmente vengono distinte diverse litofacies. Passaggio inferiore netto sul Membro della Val Pessola e sulle Marne di Monte Piano. Potenza massima di varie centinaia di metri. *Rupeliano medio – superiore*

- RAN3a - litofacies caotica: Deposito caotico, con base erosiva, costituito da matrice prevalentemente pelitica grigio scura inglobante clasti e lembi disarticolati e ripiegati di Liguridi, Marne di Monte Piano, Membro di Pizzo d'Oca e Membro della Val Pessola. Questa litofacies caotica si colloca nella parte inferiore del Membro di Varano de' Melegari e talora ne costituisce la base. Potenza da pochi metri a 200m.
- RAN2 - Membro della Val Pessola: Litofacies molto variabili, da pelitico-arenacee ad arenaceo-conglomeratiche. Strati da medi a molto spessi con geometria generalmente tabulare, talora lenticolare quella degli strati grossolani. Torbiditi marnose di colore grigio con intercalazioni di strati o banchi arenacei con rapporto arenite/pelite <1. Litoareniti grigio-verdi, a marcata componente ofiolitica, e modeste quantità di rocce sedimentarie, in letti da medi a molto spessi, talora con base grossolana, alternati a peliti siltoso-marnose scure (rapporto arenite/pelite generalmente >1). Localmente vengono distinte una litofacies arenaceo-pelitica e una pelitico-arenacea. Contatto discontinuo, spesso erosivo e a luoghi discordante sulle Marne di Monte Piano e sul Membro di Pizzo d'Oca. *Priaboniano terminale - Rupeliano inf.*
- RAN2a - litofacies arenaceo-conglomeratica: Conglomerati e areniti litiche, grigio scuri e verdastri, in banchi e strati torbiditici spessi e molto spessi, frequentemente amalgamati, intercalati da peliti grigio scure e verdastre; clasti di metamorfiti, magmatiti e rocce sedimentarie con un'importante frazione derivante da unità liguri (ofioliti, con predominanza di serpentiniti; diaspri; calcari e marne). Potenza massima di alcune decine di metri. Base erosiva, talora direttamente sul substrato ligure.

3.1.3.4 MMP – Marne di M. Piano

Argille, argille marnose e marnoso-siltose, marne rosse, rosate, grigio chiaro e verdi, con rari e sottilissimi strati di siltiti e feldspatoareniti risedimentate, passanti a marne e marne siltose grigie, grigio-verdi, talora rosate nella parte superiore della successione. Stratificazione generalmente poco evidente. Sedimentazione di tipo pelagico, in ambiente confinato e profondo, con rari apporti torbiditici. Il limite inferiore è discordante sulle unità liguri o netto sulle Breccie argillose di Baiso, limite superiore netto con la Formazione di Ranzano. La potenza affiorante è non superiore a 180 m.

Luteziano sup. - Priaboniano

- MMPv - litofacies caotica. Argille grigio scure inglobanti blocchi calcarei, calcarenitici e marnosi di pertinenza ligure.

3.2 Geomorfologia

Il paesaggio mostra aspetti morfologici molto vari, scaturiti dall'azione dei processi morfogenetici, che hanno agito su un substrato litologicamente eterogeneo e di grande complessità strutturale, soggetto ad una lenta e progressiva surrezione.

3.2.1 Forme strutturali

Le forme strutturali sono il risultato delle interazioni tra l'assetto e la selettività delle masse rocciose affioranti e l'azione esercitata dai processi morfogenetici (acque superficiali e meteoriche, vento, gelo-disgelo, gravità, ecc.).

La morfoselezione è, infatti, correlata all'impedenza (capacità ad opporsi all'erosione operata dalle acque superficiali dilavanti) ed alla ritenzione idrica (capacità d'assorbimento delle acque superficiali). In relazione alla tipologia di materiali che caratterizzano i versanti esaminati si hanno le situazioni morfologiche di seguito descritte.

1. Terreni sovraconsolidati (Argille Azzurre, Formazione a Colombacci e Formazione di Vernasca):
 - la successione stratigrafica è costituita prevalentemente da sabbie poco cementate e argille sovraconsolidate con basso grado di morfoselezione;
 - la natura tessiturale di questi litotipi, li rende sensibili ai processi erosivi e di degradazione meteorica; occorre sottolineare che trattandosi di unità geologicamente recenti e poco deformati strutturalmente, sono caratterizzate da processi di alterazione poco evoluti;
 - le forme del rilievo sono generalmente costituiti da lunghi versanti regolari più o meno ripidi con cime arrotondate, quasi piatte, leggermente digradanti verso nord-est;
 - nelle zone di affioramento delle litologie sabbiose la pendenza dei versanti è maggiore rispetto a quella relativa alle zone di affioramento delle litologie argillose;
2. Rocce tenere (Argille Varicolori di Case Crovini, Argille a Palombini, Argille varicolori di Cassio, Complesso di Case Boscaini, Complesso di Casanova, Flysch di Monte Sporno Membro di Calestano, Formazione di Contignaco, Marne di Antognola, Marne di M. Piano):
 - la successione stratigrafica è costituita prevalentemente da marne, peliti ed argilliti con basso grado di morfoselezione;
 - la natura tessiturale di questi litotipi, talora associato ad un intenso grado di tettonizzazione e caoticizzazione, li rende estremamente sensibili ai processi erosivi e di degradazione meteorica;

- le forme del rilievo sono generalmente addolcite e variamente ondulate, con diffuse irregolarità scaturite da dissesti più o meno accentuati, in relazione alla facile degradabilità delle litologie medesime;
 - l'assetto morfologico è tipicamente rappresentato da lunghi versanti irregolari, in cui si alternano piccoli crinali secondari, zone di accumulo e frequenti frane; la pendenza è tipicamente del 10 - 25%;
 - nella maggior parte dei casi, le rocce tenere affiorano nei settori più depressi dei bacini vallivi e solo raramente danno luogo a forme selettive.
3. Rocce dure (Flysch di Monte Sporno Membro di Armorano, Arenarie di Scabiazza, Flysch di M. Cassio, Formazione di Ponte Grosso, Flysch di Farini D'olmo litofacies di Case Poncini, Formazione di Ranzano):
- la successione stratigrafica, costituita prevalentemente da arenarie e calcari, determina un grado di morfoselezione medio-alto, costituendo la classe di stabilità maggiormente rappresentata nel territorio in esame;
 - la stratificazione massiccia, più o meno regolare, porta alla formazione di versanti ripidi e linee di crinale ben stagliate rispetto al territorio circostante, nei quali la morfologia segna l'andamento della giacitura degli strati;
 - nell'evoluzione delle forme dei versanti l'orientazione della stratificazione gioca inoltre un ruolo fondamentale: i versanti con stratificazione a reggipoggio e a traversopoggio configurano pareti subverticali e pendii molto acclivi con pendenze di oltre il 40%, mentre i versanti con stratificazione a franappoggio configurano invece pendii generalmente regolari, localmente interrotti da movimenti franosi, con pendenze generalmente medie (25 – 40%) equiparabili a quelle del dorso degli strati subverticali;
 - localmente la successione delle rocce dure, soprattutto lungo gli allineamenti delle principali faglie, è condizionata da una notevole fratturazione e caoticizzazione, che determinano un grado di morfoselezione medio-basso; in queste zone l'assetto morfologico è configurato da modesti rilievi e da versanti mediamente o poco acclivi, con pendenze raramente superiori al 25%, spesso interessati da movimenti franosi.

Nel complesso il paesaggio delle zone di specifico interesse è ampiamente dominato dalla presenza di forme strutturali. L'assetto morfologico, per il netto contrasto esistente tra le zone di affioramento delle rocce dure e delle rocce tenere e per la presenza di numerose faglie, risulta molto vario e tipicamente contraddistinto da valli asimmetriche e dall'altalenante sequenza di versanti ripidi e versanti poco acclivi.

3.2.2 Forme e depositi legati alla degradazione meteorica

La degradazione meteorica è il meccanismo di disgregazione fisica e di disfacimento chimico della roccia e dei terreni comprendente tutti quei fenomeni (crioclastismo, pedogenesi, ecc.) che ne comportano l'alterazione.

Nelle zone di affioramento delle rocce tenere (Argille Varicolori di Case Crovini, Argille a Palombini, Argille varicolori di Cassio, Complesso di Case Boscaini, Complesso di Casanova, Flysch di Monte Sporno Membro di Calestano, Formazione di Contignaco, Marne di Antognola, Marne di M. Piano), per la presenza di rocce incoerenti caoticizzate e fratturate con basso grado di selettività, si assiste alla formazione, quale prodotto della degradazione meteorica, di coltri detritiche eterometriche con abbondante matrice argillosa e limosa, che ricoprono con spessori molto variabili, in senso spaziale, rilievi e versanti.

Si tratta di materiali a prevalente comportamento coesivo, nonostante l'alta frazione di elementi litoidi, le cui proprietà reologiche sono condizionate dal contenuto d'acqua:

- in condizioni di siccità originano la formazione di una crosta essiccata di terreno, molto consistente, soggetta ad importanti fenomeni di ritiro volumetrico con formazione di fessure di essiccazione che possono estendersi anche a profondità rilevanti, comportando una permeabilità fissurale medio-alta;
- in condizioni stagionali umide sono soggetti a fenomeni di rigonfiamento e di plasticizzazione; l'acqua in seno alla massa di terreno né comporta l'ammollimento con possibilità di fargli acquisire le proprietà di una massa semifluida, esercitando inoltre pressioni interstiziali che vanno a ridurre le forze stabilizzanti.

Le coltri detritiche sono estremamente sensibili agli effetti del dilavamento e dell'infiltrazione delle acque superficiali; le interazioni con le acque meteoriche sono, infatti, all'origine dei meccanismi che regolano l'innescò sia dei processi erosivi, con formazione di calanchi, sia del collasso per movimenti gravitativi.

L'acqua d'infiltrazione è peraltro molto pericolosa per la staticità del pendio, perché lede i rapporti di coesione tra le singole particelle, con possibilità di creare superfici di scorrimento preferenziale, e genera, in relazione alla bassa permeabilità dei materiali attraversati, la formazione di pressioni interstiziali che vanno a sottrarsi alle forze stabilizzanti.

Nelle zone d'affioramento delle rocce dure (Flysch di Monte Sporno Membro di Armorano, Arenarie di Scabiazza, Flysch di M. Cassio, Formazione di Ponte Grosso, Flysch di Farini D'olmo litofacies di Case Poncini, Formazione di Ranzano), per la natura coerente delle rocce con grado di selettività medio-alto in versanti ad alta pendenza, è invece frequente l'affioramento delle rocce stesse.

I prodotti d'alterazione, caratterizzati da falde detritiche o coltri detritiche con matrice fine, sono rinvenibili nelle seguenti situazioni:

- alla base di versanti ripidi, caratterizzati da struttura massiva o con stratificazione a reggipoggio o traversopoggio, sono frequenti le falde detritiche; si tratta dell'accumulo di elementi litoidi eterometrici e spigolosi, della stessa natura dei materiali costituenti il versante, privi o quasi di matrice fine sabbiosa e limosa;
- in corrispondenza di versanti poco e mediamente acclivi, caratterizzati da stratificazione a franappoggio, sono frequenti le coltre detritiche; il versante, a parte sporadici settori è rivestito dall'accumulo di elementi litoidi eterometrici e spigolosi, della stessa natura dei materiali costituenti il versante, immersi in abbondante matrice sabbiosa, limosa ed argillosa.
- in corrispondenza di versanti poco e mediamente acclivi, caratterizzati da una stratificazione mal definita in relazione all'alto grado di tettonizzazione e caoticizzazione, sono frequenti le coltre detritiche; il versante, a parte sporadici settori è rivestito dall'accumulo di elementi litoidi eterometrici e spigolosi, della stessa natura dei materiali costituenti il versante, immersi in abbondante matrice sabbiosa, limosa ed argillosa.

Le coltri detritiche, come nel caso di quelle derivanti dalla degradazione delle rocce tenere, sono sensibili agli effetti del dilavamento e dell'infiltrazione delle acque superficiali; le interazioni con le acque meteoriche, in relazione alle caratteristiche granulometriche dei materiali, danno origine a movimenti gravitativi.

Il grado di conducibilità idraulica di tali materiali, per afflussi idrici ordinari, consente il deflusso delle acque d'infiltrazione senza comportare problemi per la staticità del pendio, perché le conseguenti pressioni interstiziali sono di modeste entità e sono rapidamente dissipate.

In condizioni di afflussi straordinari ed eccezionali il drenaggio dell'acqua infiltrata diviene invece difficoltoso con conseguente innesco di pressioni interstiziali non trascurabili che vanno a ridurre le forze stabilizzanti.

3.2.3 Forme e depositi dovuti al dissesto

Nella zona in esame sono state individuate e rappresentate graficamente (v. Tav. 2) le zone soggette a dissesto attuale e recente, nonché quelle caratterizzate da instabilità potenziale e/o di provata documentazione storica, al fine di valutare il rischio geomorfologico e l'evoluzione del territorio in relazione ai fattori morfogenetici attivi.

I movimenti gravitativi, in riferimento alla classificazione della carta dell'inventario del dissesto del PTCP della Provincia di Parma, sono stati suddivisi in:

- frane attive: esprimono una situazione di crisi del versante, nel quale si evince un movimento in atto responsabile di evidenti alterazioni nella continuità morfologica del pendio;

- frane quiescenti: esplicano una fase di quiete di un pregresso stato di crisi. I depositi mobilitizzati dalle spinte gravitative si sono accumulati secondo un profilo di equilibrio a minimo potenziale, ovvero si trovano in uno stato di attività che possiamo definire "latente"; Il corpo di frana, in dipendenza della gestione del territorio e dell'azione dei processi esogeni, può evolvere ancora in un movimento gravitazionale attivo, oppure trovare uno stato di equilibrio definitivo e duraturo (paleofrane);
- depositi di versante (o falde detritiche): con tale definizione sono stati classificati i depositi di copertura, non riconducibili a corpi di accumulo di movimenti gravitativi, connessi all'evoluzione geomorfologica tardo quaternaria dei versanti montani; queste coperture comprendono sia depositi detritici difficilmente distinguibili e classificabili mediante la sola fotointerpretazione che corpi detritici geneticamente interpretabili in base alla loro posizione morfologica; nel dettaglio sono considerati come depositi di versante le coperture derivate da processi eluviali (ossia da alterazioni in posto) e colluviali (spostamento dei detriti alla base del versante per gravità, ruscellamento, soliflusso, ecc.), depositi di geliflusso e detriti di falda; la pericolosità geomorfologica di queste forme di accumulo può essere associata a elementi quali la pendenza, la variabilità tessiturale ed alle disomogenee proprietà geotecniche del deposito.

Le tre categorie di movimenti di massa individuati esprimono sostanzialmente lo stato d'attività del dissesto, sia in termini di cinematismo sia d'equilibrio statico.

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS)¹ e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dalla Società AMBITER S.r.l. o dall'Ufficio tecnico del Comune di Fornovo Taro.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (2), sondaggi a carotaggio continuo (22) e sondaggi a distruzione di nucleo (1) e indagini geofisiche tipo MASW (5), HVSr (4) e DOWN HOLE (3).

In considerazione della densità di dati provenienti da indagini geotecniche in sito disponibili si è ritenuto opportuno integrare i dati pregressi mediante la realizzazione di ulteriori 16 analisi dei microtremori a stazione singola (metodo HVSr) e n. 16 indagini MASW.

L'ubicazione delle prove disponibili e di quelle realizzate ex-novo per il presente Studio è riportata nella Carta delle Indagini di Tav. 1 alla scala 1:10.000.

4.1 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW consente di ottenere una curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz. Tramite un processo di inversione iterativo è possibile risalire, a partire dalla curva di dispersione di sito, al profilo verticale delle velocità delle onde di taglio nei primi (onde S).

In totale sono stati monitorati 21 siti dei quali 16 eseguiti per la redazione del presente studio di microzonazione e 5 da indagini pregresse.

Sigla	Ubicazione	Velocità onde di taglio nei primi 30 m (m/s)
L1	Via G. di Vittorio	437
L2	Caselle	307
L3	Via G. di Vittorio	284
L4	Ricco'	347
L5	I Provinciali	306
L6	Via Partigiani d'Italia	365
L7	Via G. di Vittorio	399
L8	Ricco'	261

¹ I dati provenienti dalle indagini pregresse messe a disposizione dal SGSS della Regione Emilia Romagna non sono state archiviate nel Software "SoftMS Versione 1.0".

L9	Ricco'	349
L10	Spagnano	421
L11	La Salita	380
L12	Respiccio	354
L13	Le Capanne	336
L14	Monte Ardone	413
L15	Piantonia	276
L16	Case Rosa	514
L17	Sivizzano	372
L18	Stefanini	318
L19	Citerna	354
L20	Via E. Endrumaschi	322
L21	Le Coste	381

L'ubicazione delle indagini effettuate è riportata nella Carta delle indagini e nella Carta delle Velocità delle onde di taglio, in quest'ultima tavola oltre all'ubicazione della prova è riportato anche il valore della Vs30, VsH e Vs sub.

4.2 Stazione Microtremore a stazione singola

Lo strumento Tromino è stato utilizzato per il calcolo dei rapporti spettrali H/V da rumore sismico, necessari per stabilire la frequenza fondamentale del sottosuolo.

La tecnica a singola stazione HVSR si basa sull'analisi dei rapporti spettrali fra le componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale e permette di identificare con buona approssimazione le frequenze di risonanza del sottosuolo (Nakamura, 1989; Bard, 1999; Mucciarelli e Gallipoli, 2001).

In totale sono stati monitorati 19 siti dei quali 16 eseguiti per la redazione del presente studio di microzonazione e 3 da indagini pregresse.

L'ubicazione delle indagini effettuate è riportata nella Carta delle indagini e nella Carta delle frequenze; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della frequenza fondamentale del sito. I valori di f_0 sono rappresentati mediante cerchi di colore diverso il cui diametro è proporzionale all'ampiezza del picco; nei siti in cui sono stati individuati 2 picchi chiari nei rapporti H/V la seconda frequenza è stata indicata con f_1 e indicata con un simbolo triangolare.

Di seguito si riporta una sintesi delle misure effettuate all'interno dell'area afferente il capoluogo di Fidenza, comprensive del valore della frequenza fondamentale (f_0).

Sigla	Ubicazione	frequenza f_0 (Hz)
P1	Via E. Endrumaschi	9.03
P2	Via Partigiani d'Italia	7.19
P3	Via G. di Vittorio	3.32
P4	Ricco'	6.88
P5	Ricco'	4.5
P6	Spagnano	27.19
P7	I Provinciali	3.84
P8	Monte Ardone	19.97
P9	Le Capanne	5.13
P10	Respiccio	4.66
P11	Piantonia	2.19
P12	La Salita	3.22
P13	Stefanini	3.69
P14	Case Rosa	5.33
P15	Sivizzano	6.88
P16	Citerna	3.91
P17	Via G. di Vittorio	3.41
P18	Neviano de' Rossi	3.0
P19	Caselle	2.9

4.3 Prova Down hole

Le prove down-hole sono eseguite in foro di sondaggio, opportunamente attrezzato e cementato. Tale metodo rappresenta un vantaggioso approccio per la determinazione delle velocità di propagazione delle onde trasversali S e longitudinali P all'interno di fori di sondaggio; i valori relativi alle V_p e V_s rappresentano utili informazioni che trovano impiego nel calcolo dei parametri di deformabilità in condizioni dinamiche dei terreni.

In totale sono stati monitorati 3 fori di sondaggio, come descritto in seguito.

Sigla	Ubicazione	Velocità onde di taglio nei primi 30 m m/s
P42	Str. della Magnana	418
P43	Str. della Magnana	452
P44	I Provinciali	441

4.4 Sondaggio a carotaggio continuo

Il sondaggio a rotazione a carotaggio continuo è realizzato mediante l'utilizzo di sonde perforatrici che utilizzano attrezzature a rotazione idraulica, con carotieri semplici della lunghezza da 150 cm e di diametro esterno pari a 101 mm.

La stabilità delle pareti dei fori è stata assicurata mediante l'impiego di rivestimenti metallici provvisori, aventi diametro di 127 mm. Tale rivestimento segue immediatamente ogni manovra di avanzamento del carotiere, ed è poi estratto e recuperato a fine perforazione.

Nel territorio comunale sono disponibili 21 sondaggi a carotaggio continuo.

Sigla	Ubicazione	Profondità Raggiunta (m)
P20	Str. della Magnana	20
P21	Str. della Magnana	20
P22	Via G. di Vittorio	15
P23	Via G. di Vittorio	15
P24	Via G. di Vittorio	15
P25	Via G. di Vittorio	15
P27	Piantonia	15
P28	Piantonia	15
P29	Via G. Marconi	18
P30	Via repubblica	13
P31	Via repubblica	12
P32	Ricco'	13
P33	Ricco'	10
P34	Ricco'	12
P35	Ricco'	10
P36	Ricco'	17
P37	Ricco'	15
P38	Ricco'	15
P39	Ricco'	14
P40	Ricco'	13
P41	La Salita	18

4.5 Sondaggio a distruzione di nucleo

Il sondaggio a distruzione di nucleo è stato effettuato mediante tricono senza recupero di materiale.

Nel territorio comunale è disponibile 1 sondaggio a distruzione di nucleo.

Sigla	Ubicazione	Profondità Raggiunta (m)
P26	Via G. di Vittorio	10

4.6 Pozzi per acqua

I pozzi per acqua sono dei sondaggi a distruzione di nucleo nei quali è possibile ricostruire anche se non in modo dettagliato il profilo stratigrafico del sottouolo.

Nel territorio comunale sono disponibili 2 profili stratigrafici da fonte Regione Emilia Romagna.

Sigla	Ubicazione	Profondità Raggiunta (m)
199060P677	Filagni	13.5
199060P678	Filagni	125

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il moto sismico di un determinato territorio è direttamente influenzato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Alcuni depositi e forme morfologiche possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni d'instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione. Queste modificazioni dovute alle caratteristiche locali sono comunemente definite "effetti locali".

Esiste ormai un generale accordo su quali depositi e forme del paesaggio possono, durante o a seguito di un terremoto, determinare amplificazioni del moto sismico in superficie o concorrere a modificare in maniera permanente l'assetto del territorio causando cedimenti, franamenti e rotture del terreno.

Le conoscenze territoriali oggi disponibili, soprattutto grazie alle carte geologiche, alle banche dati geognostiche, alle carte topografiche e ai modelli digitali del terreno, permettono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

In particolare l'obiettivo è di individuare le seguenti zone omogenee:

1. **Zone stabili a):** non s'ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento; sono le zone dove è affiorante il bedrock sismico con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);
2. **Zone stabili suscettibili di amplificazione b):** sono attese amplificazione del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafia e morfologica locale; per le zone di questa categoria sono definiti numericamente dei valori dei fattori di amplificazione delle accelerazioni FA e delle velocità FV; in tali zone sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_s < 800$ m/s) con spessori superiori ai 5 m; le litologie alle quali si assimilano quelle presenti sul territorio sono:
 - riporto antropico;
 - terreni a comportamento granulare: ghiaia, ghiaia/sabbiosa-sabbia/ghiaiosa, sabbia, sabbia/limosa-limo/sabbioso;
 - terreni a comportamento coesivo: limo, limo/argilloso-argilla/limosa e argilla;
 - deposito alluvionale a granulometria mista o indistinta;
 - detrito di versante (su pendio con acclività $< 15^\circ$) a granulometria mista o indistinta;
 - coltre di substrato alterato o intensamente fratturato;
 - substrato caratterizzato da $V < 800$ m/s;

3. **Zone suscettibili d'instabilità c):** gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio; le zone identificano quattro categorie di effetti deformativi:

- instabilità di versante distinte per tipo di frana (crollo o ribaltamento; scorrimento, colata, frana complessa) e per attività (attiva, quiescente, inattiva);
- liquefazione; aree con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi, nelle quali la superficie della falda freatica e delle eventuali falde in pressione si trova a profondità inferiori di 15 m dal piano campagna;
- cedimenti differenziali: area di contatto stratigrafico o tettonico di litotipo con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse;
- faglie attive e capaci: distinte per tipo di faglia (diretta, inversa, trascorrente) e per tratto accertato o tratto inferito;
- forme di superficie: orlo di scarpata morfologica (10 – 20 m, > 20 m); orlo di terrazzo fluviale (10 – 20 m, > 20 m); picco isolato; cresta; conoide alluvionale; falda detritica;
- forme/elementi sepolti: scarpata; valle (valle stretta $c > 0.25$, valle larga $c < 0.25$; dove "c" è il coefficiente di forma $c = h/l$, h lo spessore della coltre alluvionale e l la sua semiampiezza); area con cavità sepolte.

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è uno dei più efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e, quindi, di prevenzione e riduzione del rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica e agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili.

La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica è stata realizzata secondo le procedure indicate negli *"Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"* approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008) ed alla Deliberazione di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015: "Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112".

I dati di base disponibili utilizzati sono:

- Carta geologico tecnica (Tav. 2);
- Sezioni geologiche (Tav. 3a e 3b);
- legenda della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 per il territorio provinciale di Parma (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);

- banca dati della Carta geologica di pianura 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- indagini geognostiche: 21 sondaggi a carotaggio continuo, 2 profili stratigrafici di pozzi per acqua, 19 Stazioni microtremore a stazione singola, 21 MASW, 3 DOWN HOLE e 1 sondaggi a distruzione di nucleo.

Dalla cartografie tematiche e dalle indagini sopra citate sono stati individuati i seguenti dati:

1. Tipo, spessore e natura dei terreni di copertura;
2. Tipo e natura del substrato geologico;
3. Forme del dissesto: frane attive, frane quiescenti e falde detritiche (o coperture detritiche);
4. Sovrascorrimenti e faglie; sono stati rappresentati i principali limiti tettonici, in quanto è possibile che questi mettano a contatto litologie con caratteristiche meccaniche molto diverse e che, all'intorno di questi contatti, si possano verificare, oltre all'amplificazione, anche cedimenti differenziali

Il Comune di Fornovo di Taro è nel complesso caratterizzato da n.10 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 e da n. 6 Zone suscettibili di instabilità: 3013, 3014, 3012, 3023, 3024 e 3022 (v. tav. 04).

5.1 Zona 2001

La zona 2001 comprende le aree di fondo valle caratterizzate da substrato geologico coesivo sovra consolidato situato a profondità di circa 10 - 15 m dal piano campagna e copertura costituita da depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi nella parte superiore e argille e limi di degradazione meteorica nella parte inferiore.

La zona 2001 è stata individuata all'interno del capoluogo di Fornovo di Taro e nelle località Ricco' e Capanne.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "CO – Coesivo sovraconsolidato", è formato da rocce tenere appartenenti alle seguenti unità: Marne di M. Piano (MMP) e Formazione delle Argille Azzurre (FAA).

I terreni di copertura nella parte inferiore sono il prodotto della degradazione meteorica delle unità geologiche sottostanti, mentre nella parte superiore sono caratterizzati da depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi depositi in tempi recenti dalla rete idrica principale (F. Taro e T. Sporzana).

5.2 Zona 2002

La zona 2002 comprende le aree di fondo valle caratterizzate da substrato geologico costituito da alternanze di litotipi stratificate, situato a profondità di circa 15 - 20 m dal piano campagna e depositi di copertura prevalentemente ghiaiosi.

La zona 2002 è stata individuata all'interno del capoluogo di Fornovo di Taro e nelle località di Sivizzano e Citerna.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "ALS – Alternanze di litotipi stratificate", è formato da rocce appartenenti alla Formazione di Ranzano (RAN) e della Formazione di Ponte Grosso (PGR).

I terreni di copertura sono di origine fluviale prevalentemente ghiaiosi depositi in tempi recenti dalla rete idrica principale.

5.3 Zona 2003

La zona 2003 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico non rigido sub affiorante e copertura costituita da depositi eluvio-colluviali prevalentemente fini.

La zona 2003 è stata individuata all'interno del capoluogo di Fornovo di Taro e nelle località di Ricco', Spagnano, Respiccio, Capanne, Le Coste e M. Ardone.

Il substrato geologico è indicato con la sigla "CO – Coesivo Sovraconsolidato" relativo alla Formazione delle Argille Azzurre (FAA), Marne di Monte Piano (MMP) e Complesso di case Boscaini (CCB).

5.4 Zona 2004

La zona 2004 comprende aree di versante caratterizzate da copertura detritica prevalentemente argillosa, generata da processi gravitativi. Il substrato è di natura coesiva e sovraconsolidato, situato a profondità comprese tra 5 e 10 m dal piano campagna.

La zona 2004 è stata individuata è stata individuata all'interno del capoluogo di Fornovo di Taro e nelle località di Ricco' e Roncolongo.

Il substrato geologico è indicato con la sigla "CO – Coesivo Sovraconsolidato" relativo alla Formazione delle Argille Azzurre (FAA) e Marne di Monte Piano (MMP).

I depositi di copertura derivano da processi eluviali (ossia da alterazioni in posto) e colluviali (spostamento dei detriti alla base del versante per gravità, ruscellamento, soliflusso, ecc.), depositi di geliflusso e detriti di falda; la pericolosità geomorfologia di queste forme di accumulo può essere associata a elementi quali la pendenza, la variabilità tessiturale ed alle disomogenee proprietà geotecniche del deposito.

5.5 Zona 2005

La zona 2005 comprende aree di versante caratterizzate da substrato geologico costituito da alternanze di litotipi stratificate, situato a profondità di circa 5 - 10 m dal piano campagna e copertura argillosa prevalente di degradazione meteorica.

La zona 2005 è individuata nella località di Respiccio, Piantonia, Spagnano e Roncolongo.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "ALS – Alternanze di litotipi stratificate", è formato da rocce appartenenti alla Formazione a Colombacci (FCO).

I terreni di copertura sono il prodotto della degradazione meteorica delle unità geologiche in precedenza descritte.

5.6 Zona 2006

La zona 2006 comprende aree di versante caratterizzate da copertura detritica prevalentemente argillosa, generata da processi gravitativi. Il substrato è di natura coesiva e sovraconsolidato, situato a profondità comprese tra 10 e 15 m dal piano campagna.

La zona 2006 è stata individuata all'interno delle località di Riccò, Sivizzano, Piantonia, La Salita e Fornace.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "CO – Coesivo sovraconsolidato", è formato da rocce tenere appartenenti alle seguenti unità: Marne di M. Piano (MMP) e Formazione delle Argille Azzurre (FAA).

I terreni di copertura sono il prodotto della degradazione meteorica delle unità geologiche in precedenza descritte.

5.7 Zona 2007

La zona 2007 comprende aree caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità di circa 20 - 25 m dal piano campagna, ricoperto da depositi terrazzati antichi di natura prevalentemente ghiaiosa.

La zona 2007 è individuata nei pressi della località I Provinciali.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "CO – Coesivo sovraconsolidato", è formato da terreni sovraconsolidati appartenenti alla Formazione di Monte Piano (MMP) e della Formazione delle Argille a Palombini (APA).

5.8 Zona 2008

La zona 2008 comprende aree di versante caratterizzate da substrato costituito da alternanze di litotipi stratificate sub-affiorante e copertura argillosa prevalente di degradazione meteorica.

La zona 2008 è individuata in località Caselle, Neviano dè Rossi, Ronco di Sotto, Faseto e Camporosso.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "ALS – Alternanze di litotipi stratificate", è formato da rocce appartenenti alla Formazione a Colombacci (FCO) e alla Formazione di Contignaco (CTG).

5.9 Zona 2009

La zona 2009 comprende aree di versante caratterizzate da substrato geologico costituito da alternanze di litotipi stratificate, situato a profondità di circa 10 - 15 m dal piano campagna e copertura argillosa prevalente.

La zona 2009 è individuata nella località di Respiccio.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "ALS – Alternanze di litotipi stratificate", è formato da rocce appartenenti alla Formazione a Colombacci (FCO).

I terreni di copertura sono il prodotto della degradazione meteorica delle unità geologiche del substrato geologico.

5.10 Zona 2010

La zona 2010 comprende le aree di fondo valle caratterizzate da substrato geologico coesivo sovra consolidato situato a profondità di circa 15 - 20 m dal piano campagna e copertura costituita da depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi nella parte superiore e argille e limi di degradazione meteorica nella parte inferiore.

La zona 2010 è individuata nelle località di Citerna, Stefanini e La Salita.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "CO – coesivo sovraconsolidato", è formato da rocce tenere appartenenti alle seguenti unità: Marne di M. Piano (MMP) e Argille Varicolori di Case Crovini (ACR).

I terreni di copertura nella parte inferiore sono il prodotto della degradazione meteorica delle unità geologiche sottostanti, mentre nella parte superiore sono caratterizzati da depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi depositi in tempi recenti dalla rete idrica principale (F. Taro).

6 INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Il presente studio è stato effettuato sulla base di dati disponibili per il territorio in esame e attraverso l'esecuzione di nuove indagini; in particolare:

- i dati stratigrafici, utilizzati per la costruzione delle sezioni geologiche, derivano principalmente dalle carte geologiche della Regione Emilia Romagna le quali seppur precise nel loro complesso sono realizzate con pochi affioramenti, distribuiti principalmente lungo le linee d'impluvio dei corsi d'acqua; generalmente è presente una spessa coltre di copertura che oblitera le informazioni del paesaggio geologico;
- nell'area d'indagine che comprendono il territorio urbanizzato e di futura urbanizzazione sono presenti alcuni sondaggi a carotaggio continuo, anche se piuttosto rarefatti, prove penetrometriche dinamiche (DPSH) e alcune prove penetrometriche statiche (CPT);
- le prove geofisiche utilizzate sono tutte di tipo indiretto e anche in questo caso poco distribuite; sul territorio comunale sono disponibili in località della Magnana e della Casella n. 3 misure geofisiche di tipo dirette eseguite in foro di sondaggio;
- l'attribuzione dei parametri geofisici alle unità geologiche del sottosuolo e la determinazione della profondità del bedrock sono state effettuate sulla base di pochi dati; in molti casi le indagini geofisiche tipo MASW, DOWN HOLE e HVSR sono affette da segnale molto disturbato.

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 6.1 – Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

I risultati della modellazione effettuata, che sono evidentemente condizionati dalla qualità delle informazioni stratigrafiche e sulle caratteristiche geotecniche e sismiche, non devono essere considerati come valori assoluti, ma solo come indicatori della possibilità che si manifestino fenomeni di amplificazione sismica.

Gli studi effettuati confermano il rischio di amplificazione sismica di tipo stratigrafico in tutto il territorio comunale; appare meno probabile per la ridotta pendenza dei versanti quello di origine topografica.

Occorre quindi che per ogni intervento edilizio siano effettuate indagini geognostiche e specifiche valutazioni del rischio di amplificazione sismica.

7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1 Definizione della pericolosità sismica locale

Partendo dalle caratteristiche sismotettoniche complessive del margine appenninico parmense e delle principali manifestazioni sismiche, sia epicentrali, sia di risentimento dalle altre zone sismogenetiche presenti nel bacino padano, la pericolosità sismica del territorio comunale di Fornovo Taro è stata approfondita in relazione alle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Le caratteristiche sismiche di un'area sono definite dalle sorgenti sismogenetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti. Questi aspetti sono comunemente indicati come "pericolosità sismica di base" e sono quelli considerati per la classificazione sismica (v. cap. 2).

Da queste caratteristiche deriva il moto di *input* atteso, per il calcolo del quale non sono considerate le caratteristiche locali e il territorio è trattato come se fosse uniforme ed omogeneo cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido in cui la velocità di propagazione delle onde S (V_s) è maggiore di 800 m/s (suolo A dell'Eurocodice 8 - parte 1, EN 1998-1, 2003, dell'OPCM 3274/2003, del DM 14/9/2005 e DM 14.1.2008).

Il moto sismico può essere però modificato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali. Alcuni depositi e forme del paesaggio possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione. Queste modificazioni dovute alle caratteristiche locali sono comunemente definite "effetti locali".

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è perciò uno dei più efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e, quindi, di prevenzione e riduzione del rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica e agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili.

Esiste ormai un generale accordo su quali depositi e forme del paesaggio possono, durante o a seguito di un terremoto, determinare amplificazioni del moto sismico in superficie o concorrere a modificare in maniera permanente l'assetto del territorio causando cedimenti, franamenti e rotture del terreno.

Le conoscenze territoriali oggi disponibili in Emilia-Romagna, soprattutto grazie alle carte geologiche, alle banche dati geognostiche, alle carte topografiche e ai modelli digitali del terreno, permettono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

Nella Tabella 7.1 sono elencati i principali elementi del territorio che concorrono alla pericolosità sismica locale in Emilia-Romagna.

<p>Depositi che possono determinare amplificazione (spessore ≥ 5 m):</p> <ul style="list-style-type: none"> • detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, detriti di versante s.l., depositi morenici, depositi da geliflusso); • detriti di conoide alluvionale; • depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle; • accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e cono di deiezione); • depositi fluvio-lacustri • riporti antropici poco addensati; • substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore ≥ 5 m); • litotipi del substrato con $V_s < 800$ m/sec².
<p>Elementi morfologici che possono determinare amplificazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> • creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività $> 15^\circ$ e altezza ≥ 30 m
<p>Depositi suscettibili di amplificazione, liquefazione e cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • depositi granulari fini (sabbie) con livello superiore della falda acquifera nei primi 15 m dal piano campagna, (fattori predisponenti al fenomeno di liquefazione); • depositi (spessore ≥ 5 m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori NSPT < 15 o cu < 70 kpa.
<p>Aree soggette ad instabilità di versante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi; • aree potenzialmente instabili: aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, con acclività $> 15^\circ$; pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati³ con acclività $> 15^\circ$; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del movimento franoso; scarpate subverticali; accumuli detritici incoerenti prossimi all'orlo di scarpate).
<p>Elementi che possono determinare effetti differenziali, sia amplificazione che cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse; • cavità sepolte.

Tabella 7.1: principali condizioni geologiche e geomorfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna (da "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", D.A.L. n. 112/2007).

7.2 Aree potenzialmente soggette ad effetti locali

La carta di microzonazione sismica è stata realizzata secondo le procedure indicate "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008) ed alla Deliberazione di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015: "Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112".

² Possono rientrare in questa categoria le argille e le argille marnose oligo-mioceniche della Successione Epiligure, le argille e le argille marnose tardo messiniane e plio-pleistoceniche, le sabbie poco cementate plio-pleistoceniche.

³ Rientrano in questa categoria i terreni con spaziatura della fratturazione < 20 cm.

I dati di base disponibili utilizzati sono:

- Carta geologica tecnica (Tav. 02);
- Carta delle frequenze e delle velocità delle onde di taglio (Tav. 05 e Tav. 06);
- Sezioni geologiche (tavv. 3a, 3b);
- la banca dati della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 aggiornata, con i dati IFFI, al 2006 (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la legenda della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 per il territorio provinciale di Parma (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la banca dati della Carta geologica di pianura 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la banca dati geognostici del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli;
- la banca dati geognostici messi a disposizione dal Comune di Fornovo Taro e le indagini sismiche effettuate nel presente studio e riportate in allegato.

7.3 Analisi degli elementi di amplificazione sismica

Gli elementi di amplificazione sismica individuati sono in seguito riassunti.

- Versanti con pendenze > di 15°. In tali aree, se il dislivello è superiore a 30 m, possono verificarsi effetti di amplificazione per cause topografiche. Pertanto in queste aree, e in quelle a quote immediatamente superiori, in caso di dislivello maggiore di 30 m, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione topografico; nel territorio comunale di Fornovo Taro non sono state individuate aree che possono presentare amplificazioni per caratteristiche topografiche, perché i versanti inseriti come territorio urbanizzato o soggetto a futura urbanizzazione presentano inclinazioni inferiori a 15°.
- Sovrascorrimenti sepolti. Sono stati rappresentati i principali limiti tettonici in quanto è possibile che questi mettano a contatto litologie con caratteristiche meccaniche molto diverse e che, all'intorno di questi contatti, si possano verificare, oltre all'amplificazione, anche cedimenti differenziali. Perciò, nelle aree a cavallo di questi contatti, nel caso siano ammessi interventi, dovranno essere verificate le caratteristiche meccaniche dei terreni ed eventualmente valutati il coefficiente di amplificazione litologico e i cedimenti.
- Depositi prevalentemente ghiaiosi e tendenzialmente ghiaiosi (GM e GC). Le aree ricadenti in questa classe sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, dovrà essere sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche

litologiche. In alcuni casi, le ghiaie antiche e molto spesse possono avere la velocità delle onde di taglio molto alte fino a valori pari a $V_s = 650\div 700$ m/s; tali ghiaie se intervallate o ricoperte da terreni soffici, con minore velocità delle onde di taglio, determinando quindi un elevato salto d'impedenza, possono comportarsi come *riflettori sismici* e generare amplificazioni anche rilevanti del segnale sismico.

- Depositi misti in prevalenza sabbiosi e tendenzialmente sabbiosi (SC). Tutte queste aree sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, è sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche.
- Depositi misti in prevalenza argillosi (CL e CH). Tutte queste aree sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, è sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche.
- Depositi di versante e assimilabili (Falde detritiche). Sono compresi tutti gli accumuli detritici di versante non compresi nella classe successiva (Frane attive e Frane quiescenti) sono tutte suscettibili di amplificazione e, inoltre, possono essere soggette a problemi di stabilità; in esse, pertanto, è valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche. In relazione a possibili problematiche di dissesto potenziale tali aree necessitano indagini approfondite di 3° livello.
- Dissesti. Come già anticipato, la distinzione degli accumuli di frane attive e quiescenti dagli altri depositi di versante si è resa necessaria per la maggiore suscettibilità al dissesto, condizione di criticità che può essere ulteriormente aggravata dalle scosse sismiche. In queste aree gli utilizzi del territorio sono in genere già limitati da specifiche norme che non consentono la realizzazione di nuove costruzioni e infrastrutture; nel caso di eventuali interventi di consolidamento e messa in sicurezza di edifici esistenti, anche in questo caso le indagini e gli studi dovranno valutare, oltre al coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche, anche le condizioni di stabilità dei versanti, tenendo conto delle sollecitazioni sismiche.

7.4 Pericolosità nelle zone soggette a dissesti

Gli effetti del sisma su un pendio possono essere diretti o indiretti. I primi determinano frane direttamente in corrispondenza dell'evento sismico, mentre i secondi si manifestano dilazionati di alcune ore o giorni rispetto all'evento (HUTCHINSON, 1993).

Nell'area del Comune di Fornovo di Taro gli effetti diretti del sisma sui versanti possono essere rappresentati da fenomeni di crollo di ridotte dimensioni e dalla riattivazione di fenomeni preesistenti. Gli effetti indiretti possono invece determinare la riattivazione di frane preesistenti, anche di considerevoli dimensioni, in materiali coesivi. Tale riattivazione, dilazionata nel tempo rispetto al sisma, è da imputare agli effetti del carico ciclico sul regime delle pressioni interstiziali.

LEMOS et alii, (1985) e SASSA (1992) hanno mostrato che l'applicazione di rapide deformazioni cicliche in speciali apparecchi di taglio torsionale determinano in alcuni tipi di materiali coesivi una progressiva diminuzione della resistenza al taglio residua, dopo un picco iniziale; anche tale fenomeno può spiegare il ritardo fra la scossa sismica e la riattivazione delle frane.

Gli effetti di terremoti sui versanti appenninici della provincia di Parma sono riconducibili ai seguenti casi documentati:

- riattivazione della frana di Signatico (Val Parma) avvenuta tra 01 e 12/01/1997: oltre alle intense precipitazioni meteoriche manifestatesi in quel periodo, può essere collegata al terremoto avvenuto il 01/01/1997 alle ore 7.10 con epicentro a Parma ovest, di intensità non segnalata (BOSCHI et al., 1997), che è presumibile possa aver favorito una situazione di stabilità già compromessa;
- riattivazione della frana di Corniglio iniziata il 01/01/1996 con mobilitazione completa del corpo di frana: è connessa ad una scossa sismica del V grado della scala MCS (Magnitudo 4) con epicentro presso Toano, in provincia di Reggio Emilia, avvenuta alle 23.45 del 31/12/1995 (LARINI et al., 2001);
- fenditure nel terreno ed emissioni di gas ed idrocarburi nella zona di Bardi: effetti relativi ad un sisma di intensità pari a VI MCS con epicentro a Bardi avvenuto nel 1801 (ZECCHI 1986);
- avvallamenti, sprofondamenti, voragini, avvallamenti e apertura di un monte nella zona della Val Taro: effetti relativi ad un sisma di intensità pari a VIII MCS con epicentro a Borgo Val di Taro avvenuto il 09/06/1545 (ZECCHI 1986).

In seguito ai terremoti i movimenti franosi possono prodursi sia su pendii con coefficiente statico all'incirca pari ad uno (movimenti tipici) sia su pendii con coefficienti di sicurezza statici anche di molto superiori ad uno (movimenti atipici).

I movimenti tipici sono le riprese di movimenti di frane in atto o quiescenti, innescate, più che direttamente dalle vibrazioni, dalle modificazioni nelle condizioni al contorno del pendio (variazioni della falda, ecc.) o dal passaggio dalle condizioni non drenate a quelle drenate.

Esempi di questo tipo nell'area geografica di specifico interesse sono la frana di Corniglio (LARINI et al., 2001) e la frana di Signatico (BOSCHI et al., 1997), le quali, come in altri casi registrati a seguito del terremoto dell'Irpinia nel 1980 (COTECCHIA, 1982; COTECCHIA et AL, 1984; D'ELIA, 1983; D'ELIA et AL 1985) si sono manifestate con un certo ritardo di alcune ore o addirittura di alcuni giorni.

Sulla base delle osservazioni dei movimenti, i suddetti fenomeni franosi possono essere ricondotti a tre schemi fondamentali di rottura del pendio: Rottura per liquefazione; Rottura lungo superfici di scivolamento definite; Rottura senza superfici di scivolamento definite.

In ognuno di questi casi si ha un incremento delle pressioni interstiziali che inficiano negativamente sulle forze stabilizzanti del pendio. Tale aumento determina in terreni a comportamento granulare effetti immediati, mentre nei terreni a comportamento coesivo effetti ritardati. Un parametro fondamentale nel criterio di rottura del pendio è il coefficiente sismico critico K_c , che dipende dalla geometria del pendio e dalle caratteristiche di resistenza del materiale. Il suo valore è ritenuto indicativo delle condizioni di stabilità del pendio e orientativamente può assumere i valori di Tab. 7.2, corrispondenti a diverse esposizioni al rischio di movimenti franosi durante i terremoti.

K_c	condizioni del pendio
< 0.01	precarie
0.01 - 0.1	deboli
0.1 - 0.3	medie
> 0.3	buone

Tabella 7.2: Valori del coefficiente K_c in relazione alle condizioni di stabilità del pendio (LEGG, 1982).

Nei corpi di frana, dove si sono già verificati rotture nel pendio, sono sufficienti accelerazioni sismiche anche di ridotta entità per generare riattivazioni di dissesti preesistenti. In Fig. 7.1 si può osservare come varia lo spostamento permanente in un pendio indefinito in funzione del coefficiente critico K_c per diversi terremoti (FACCIOLI, 1987).

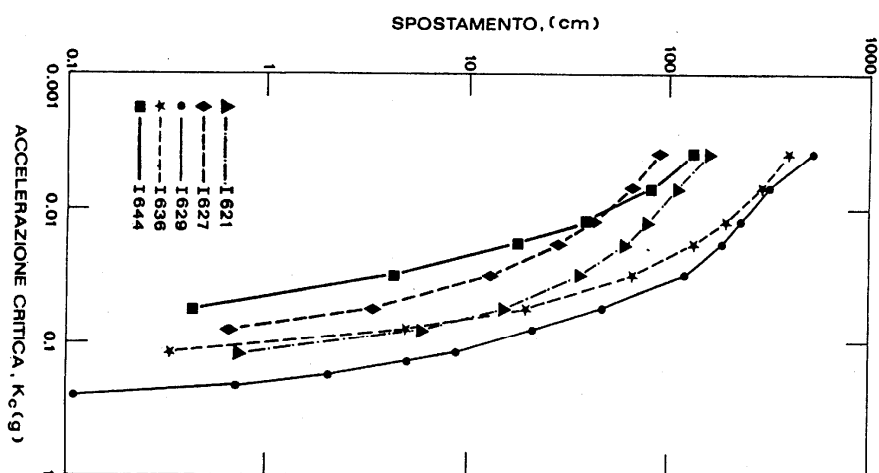


Figura 7.1: Spostamento permanente in un pendio indefinito in funzione del coefficiente critico K_c per diversi terremoti (FACCIOLI, 1987 a e b).

Per gli effetti del sisma sui corpi di frana in generale si rivelano inoltre particolarmente utili le curve sperimentali proposte da KEEFER (1984), che riportano la massima distanza dall'epicentro entro la quale le frane possono essere innescate da un sisma, in funzione della magnitudo (v. Fig. 7.2).

Microzonazione sismica

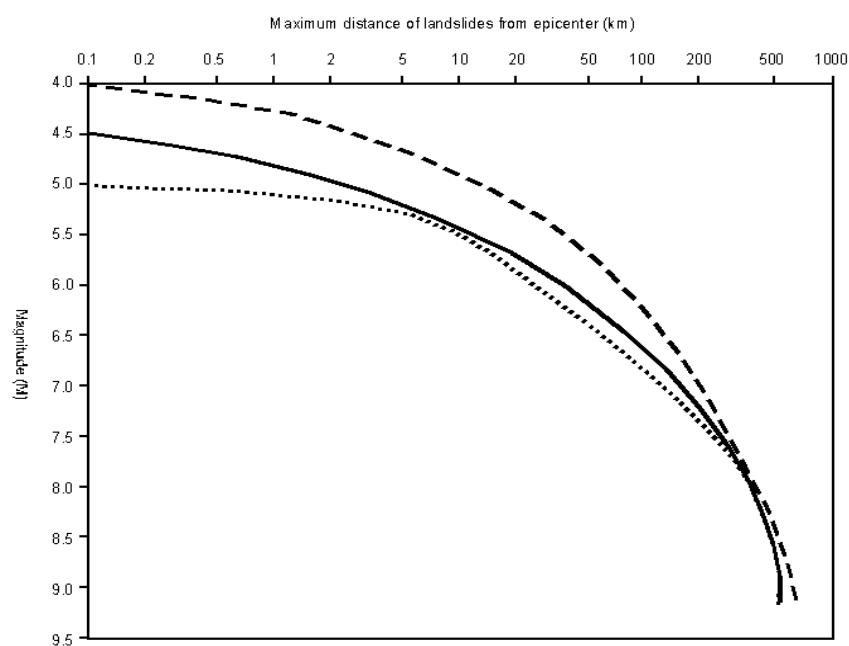


Figura 7.2: Massima distanza dall'epicentro dalle frane innescate dai terremoti in funzione della magnitudo (da KEEFER, 1984): linea continua: valore medio; linea puntinata: limite inferiore; linea tratteggiata limite superiore.

Le zone soggette agli effetti sismici sono ovviamente i corpi di frana in senso lato.

Le curve in Fig 7.2 sono state ricavate per terremoti negli Stati Uniti, ma sembrano essere soddisfacenti anche per il territorio italiano (DEL PRETE et alii, 1992). Le soglie di magnitudo minima per la quale possono generarsi movimenti di massa sono rispettivamente $M = 4$ per i crolli, $M = 4,5$ per gli scivolamenti e $M = 5$ per le colate ed i fenomeni di Liquefazione.

Il territorio comunale di Fornovo Taro, sulla base delle aree sismogenetiche poste al suo contorno, risulta quindi potenzialmente sensibile alle azioni dinamiche indotte da terremoti di magnitudo pari a $M = 4$.

8 ELABORATI CARTOGRAFICI

A corredo dello studio di microzonazione sismica sono state prodotte le seguenti tavole tematiche:

- Tav. 01 - Carta delle indagini;
- Tav. 02 - Carta geologico tecnica;
- Tav. 03a e Tav. 3b - Sezioni geologiche;
- Tav. 04 - Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (Cata delle MOPS);
- Tav. 05 - Carta delle frequenze;
- Tav. 06 - Carta delle velocità delle onde di taglio;
- Tav. 07a - Carta di microzonazione sismica F.A. PGA;
- Tav. 07b - Carta di microzonazione sismica F.A. SI1;
- Tav. 07c - Carta di microzonazione sismica F.A. SI2.

8.1 Carta delle indagini

Nella carta delle indagini sono riportate con opportuno simbolo grafico tutte le indagini geognostiche disponibili, reperite dalla bibliografia specializzata, e le nuove eseguite a corredo del presente studio.

In particolare sono documentate:

- 21 sondaggi a carotaggio continuo;
- 1 sondaggi a distruzione di nucleo;
- 2 profili stratigrafici di pozzi per acqua;
- 19 Stazioni microtremore a stazione singola;
- 21 MASW;
- 3 DOWN HOLE.

La scala di rappresentazione della Carta delle Indagini, coerentemente a quanto previsto per gli studi di MS è 1:5.000.

8.2 Carta geologico tecnica

Nella Carta geologico tecnica sono rappresentati i terreni copertura, le faglie e le forme del dissesto individuate dalla carta del PTCP della provincia di Parma.

I depositi fluviali appartenenti al sistema Emiliano Romagnolo superiore (AES) sono indicati come segue:

- GMtf: depositi fluviali adiacenti ai principali corsi d'acqua che attraversano il Comune di Fornovo Taro;
- GCtf: depositi fluviali situati sulle cime dei rilievi e quindi più antichi e conseguentemente per più tempo sottoposti alla degradazione meteorica;
- CLcz: depositi fluviali sedimentati alla base dei versanti delle valli principali dai corsi d'acqua secondari nei cosiddetti conoidi di deiezione.

I prodotti della degradazione meteorica del substrato roccioso sono indicati con la sigla "CHec", "CLec" e "SCec", a seconda delle caratteristiche delle rocce madri dalle quali derivano.

Le forme del dissesto sono le frane attive e le frane quiescenti.

Nella Carta geologico tecnica sono inoltre rappresentati i terreni e le rocce del substrato geologico.

I depositi marini relativi alle Formazioni delle Argille Azzurre, delle Argille Varicolori di Case Crovini, delle Argille a Palombini, delle Argille varicolori di Cassio, del Complesso di Case Boscaini, delle Marne di M. Piano, del Complesso di Casanova, delle Marne di Antognola, sono indicati con la sigla "CO – Coesivo sovraconsolidato".

Le rocce del Flysch di Monte Sporno, delle Arenarie di Scabiazza, del Flysch di M. Cassio, della Formazione di Ponte Grosso, della Formazione a Colombacci, del Flysch di Farini D'olmo litofacies di Case Poncini e della Formazione di Ranzano, della Formazione di Contignaco, sono indicati con la sigla "ALS – Alternanze di litotipi, stratificate".

8.3 Sezioni geologiche

Sono state rappresentate 13 sezioni geologiche per la rappresentazione strutturale del sottosuolo delle varie aree d'indagine del Comune di Fornovo Taro ovvero quelle classificate nella tavola dello strumento di pianificazione come perimetro urbanizzato o da urbanizzare.

- Sezione 1S/1N: Citerna;
- Sezione 2S/2N: Sivizzano, Case Rosa, Roncolongo;
- Sezione 3S/3N: Riazzo e Osteriazza;
- Sezione 4S/4N: Piantonia;
- Sezione 5O/5E: Respiccio;
- Sezione 6O/6E: Capanne;

- Sezione 7O/7E: Monte Ardone;
- Sezione 8O/8E: Neviano de' Rossi;
- Sezione 9S/9N: La Salita;
- Sezione 10S/10N: Fornovo Taro;
- Sezione 11O/11E: Fornovo Taro, Monte della Croce e Caselle;
- Sezione 12O/12E: Ricco e Spagnano;
- Sezione 13S/13N: Fornovo Taro e Ricco'.
- Sezione 14S/14N: Le Coste.
- Sezione 13S/13N: Cafragna.

8.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, utilizzando come area d'indagine il territorio urbanizzato e quello di futura urbanizzazione, sono state individuate, sulla base delle caratteristiche della copertura e del substrato geologico n. 10 zone stabili suscettibili di amplificazione locale:

- La zona 2001 comprende le aree di fondo valle caratterizzate da substrato geologico coesivo sovra consolidato situato a profondità di circa 10 - 15 m dal piano campagna e copertura costituita da depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi nella parte superiore e argille e limi di degradazione meteorica nella parte inferiore;
- La zona 2002 comprende le aree di fondo valle caratterizzate da substrato geologico costituito da alternanze di litotipi stratificate, situato a profondità di circa 15 - 20 m dal piano campagna e depositi di copertura prevalentemente ghiaiosi nella parte superiore e argille e limi di degradazione meteorica nella parte inferiore;
- La zona 2003 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico non rigido sub affiorante e copertura costituita da depositi eluvio-colluviali prevalentemente fini;
- La zona 2004 comprende aree di versante caratterizzate da copertura detritica prevalentemente argillosa, generata da processi gravitativi. Il substrato è di natura coesiva e sovraconsolidato, situato a profondità comprese tra 5 e 10 m dal piano campagna;
- La zona 2005 comprende aree di versante caratterizzate da substrato geologico costituito da alternanze di litotipi stratificate, situato a profondità di circa 5 - 10 m dal piano campagna e copertura argillosa prevalente di degradazione meteorica;

- La zona 2006 comprende aree di versante caratterizzate da copertura detritica prevalentemente argillosa, generata da processi gravitativi. Il substrato è di natura coesiva e sovraconsolidato, situato a profondità comprese tra 10 e 15 m dal piano campagna.
- La zona 2007 comprende aree caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità di circa 20 - 25 m dal piano campagna, ricoperto da depositi terrazzati antichi di natura prevalentemente ghiaiosa.
- La zona 2008 comprende aree di versante caratterizzate da substrato costituito da alternanze di litotipi stratificate sub-affiorante e copertura argillosa prevalente di degradazione meteorica.
- La zona 2009 comprende aree di versante caratterizzate da substrato geologico costituito da alternanze di litotipi stratificate, situato a profondità di circa 10 - 15 m dal piano campagna e copertura argillosa prevalente.
- La zona 2010 comprende le aree di fondo valle caratterizzate da substrato geologico coesivo sovraconsolidato situato a profondità di circa 15 - 20 m dal piano campagna e copertura costituita da depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi nella parte superiore e argille e limi di degradazione meteorica nella parte inferiore.

Nelle stesse aree d'indagini sono state inoltre individuate 6 zone suscettibili d'instabilità e le forme di superficie concordanti con il PTCP della provincia di Parma:

- Instabilità di versante: Attiva (3012, 3013, 3014);
- Instabilità di versante: Quiescente (3022, 3023, 3024).

Le zone omogenee stabili suscettibili di amplificazione locale sono state inoltre corredate dal modello geologico che sotto forma di colonna stratigrafica documenta lo spessore e il tipo della copertura, determinato mediante le indagini geognostiche, e la natura del substrato geologico.

8.5 Amplificazione topografica

Le frazioni di Neviano de' Rossi, Faseto, Ronco di Sotto e Le Coste ricadono lungo (o alla sommità) di pendii con inclinazione media superiore a 15° e altezze superiori a 30 m.

Per tali aree potenzialmente soggette a possibili effetti topografici è stato ricostruito il profilo a massima pendenza del versante secondo quanto previsto dall'Allegato A.2.2 della Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna 2193/2015.

Dall'esame dei risultati ottenuti (sintetizzati nei successivi paragrafi) è possibile escludere effetti di amplificazione della Risposta sismica locale dovuti ad effetti topografici, all'interno del territorio urbanizzato delle frazioni sopra indicate.

8.5.1 Stima del coefficiente di amplificazione topografica nella frazione di Neviano de' Rossi

La frazione di Neviano de' Rossi è situata sulla parte sommitale di pendio con inclinazione media di circa 18°.

Il coefficiente di amplificazione topografica è stato calcolato utilizzando la formula:

$$S_T = 1 + 0,8 \cdot (\alpha - \beta - 0,4)$$

α e β sono i gradienti della parte più ripida e meno ripida.

α	β	H	a	b	c	S_T
0,36	0	83	28	23	21	1.0

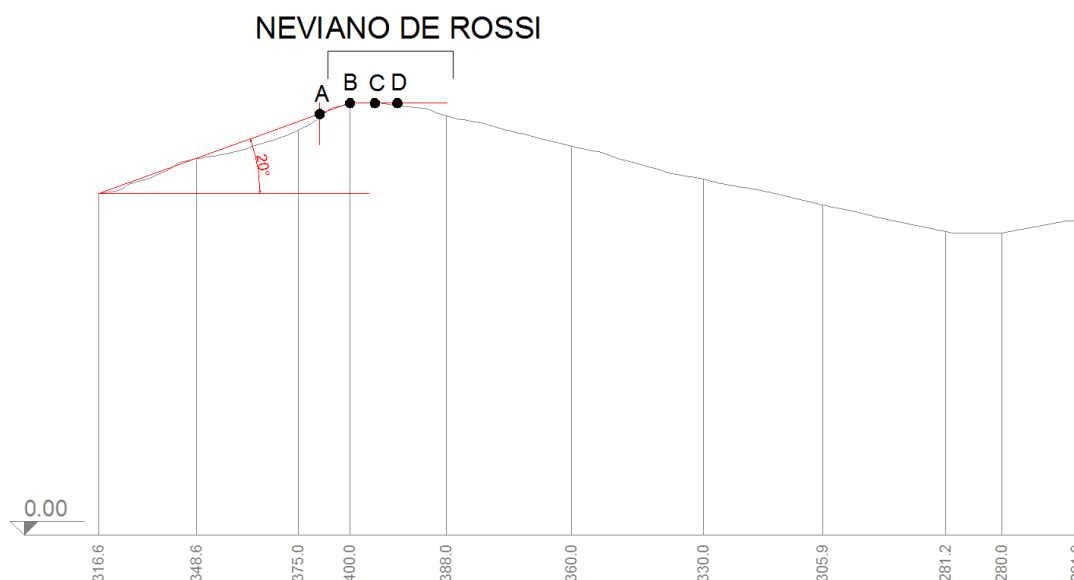


Figura 8.1: Profilo topografico per la valutazione di possibili effetti topografici nella frazione di Neviano de' Rossi

8.5.2 Stima del coefficiente di amplificazione topografica nella frazione di Faseto

La frazione di Faseto è situata lungo un pendio con inclinazione media di circa 18°.

Il coefficiente di amplificazione topografica è stato calcolato utilizzando la formula:

$$S_T = 1 + 0,8 \cdot (\alpha - \beta - 0,4)$$

α e β sono i gradienti della parte più ripida e meno ripida.

α	β	H	a	b	c	S_T
0,36	0,16	80	27	23	20	0,8 (1)

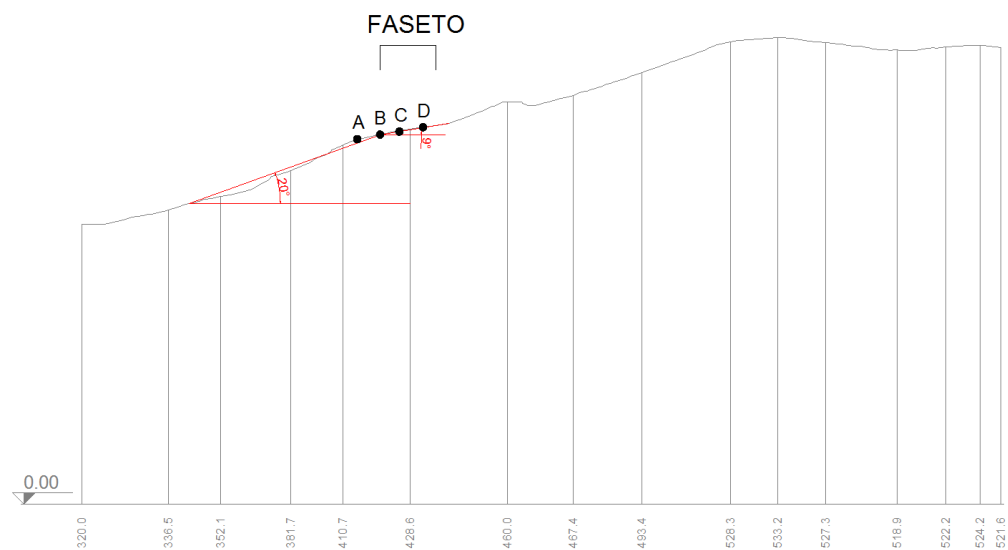


Figura 8.2: Profilo topografico per la valutazione di possibili effetti topografici nella frazione di Faseto

8.5.3 Stima del coefficiente di amplificazione topografica nella frazione di Ronco di Sotto

La frazione di Ronco di Sotto è situata sulla parte sommitale di pendio con inclinazione media di circa 20°.

Il coefficiente di amplificazione topografica è stato calcolato utilizzando la formula:

$$S_T = 1 + 0,8 \cdot (\alpha - \beta - 0,4)$$

α e β sono i gradienti della parte più ripida e meno ripida.

α	β	H	a	b	c	S_T
0,42	0,16	63	21	19	16	0,9 (1)

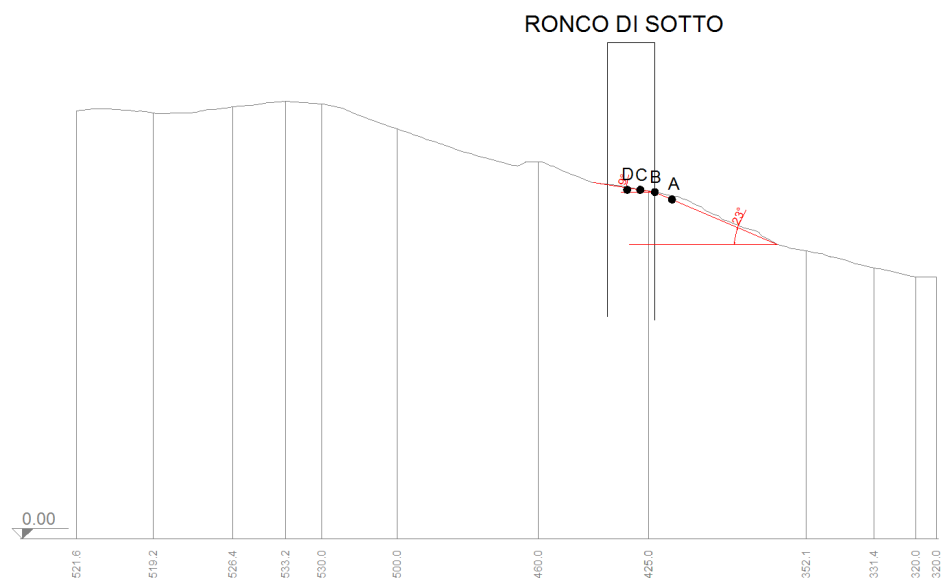


Figura 8.1: Profilo topografico per la valutazione di possibili effetti topografici nella frazione di Ronco di Sotto

8.5.4 Stima del coefficiente di amplificazione topografica nella frazione di Le Coste

La frazione di Le Coste è situata sulla parte sommitale di pendio con inclinazione media di circa 18°.

Il coefficiente di amplificazione topografica è stato calcolato utilizzando la formula:

$$S_T = 1 + 0,8 \cdot (\alpha - \beta - 0,4)$$

α e β sono i gradienti della parte più ripida e meno ripida.

α	β	H	a	b	c	S_T
0,32	0	80	27	23	20	0,9 (1)

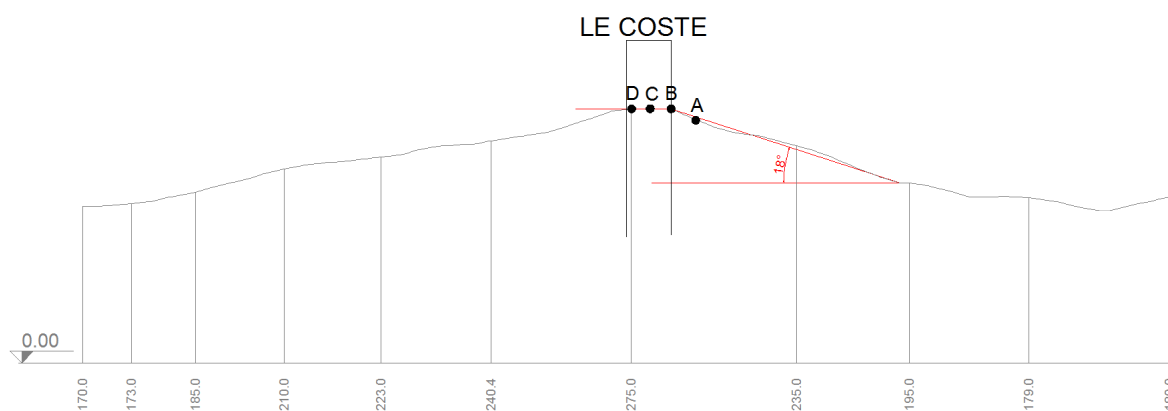


Figura 8.1: Profilo topografico per la valutazione di possibili effetti topografici nella frazione di Le Coste

8.6 Carta di microzonazione sismica

La Carta di microzonazione sismica (Livello 2) è stata elaborata tenendo conto delle indicazioni della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Livello 1) e della simulazione numerica dei fattori di amplificazione, ottenuta mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna 2193/2015.

I Fattori di Amplificazione rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A.

Quest'ultimo è definito nella tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC (2008), come segue: *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

Le tabelle contenute negli Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica (predisposte per le analisi di secondo livello) sono relative ai differenti ambienti geo-litologici omogenei individuati nel territorio regionale:

- 1) zona collinare e montana (Appennino);
- 2) pianura e zona costiera;
- 3) settore di transizione Appennino-Pianura (Margine).

Tali tabelle contengono i fattori di amplificazione sismica in funzione dei seguenti parametri che caratterizzano la situazione lito-stratigrafica locale: V_{sH} e V_{s30} .

Nel primo (V_{sH}) è necessaria la valutazione dello spessore totale dei depositi di copertura (H), ovvero della profondità del bedrock e della corrispondente velocità media calcolata con la seguente relazione:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} [m/s]$$

dove N è il numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura, h_i e $V_{s,i}$ sono, rispettivamente, lo spessore e la velocità delle onde S dello strato i-esimo.

Nel secondo caso (V_{s30}) è necessaria la valutazione della velocità media nei primi 30 metri di profondità calcolata con la seguente relazione:

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{V_{S,i}}} [m/s]$$

dove M è il numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di 30 metri.

I Fattori di Amplificazione sismica (F.A.) sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico. Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (PGA), il secondo è l'intensità spettrale :

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV(T_0, \varepsilon) dT_0$$

dove PSV è il pseudo spettro di risposta in velocità, T_0 è il periodo proprio e ε è lo smorzamento.

Considerando uno smorzamento ξ del 5% vengono valutati tre intervalli di periodo proprio T_0 ottenendo tre valori di intensità spettrale:

SI1: $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$

SI2: $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

In considerazione dell'assetto litostratigrafico ricostruito, il territorio comunale di Fornovo di Taro è stato considerato assimilabile all'ambiente geolitologico "Appennino" previsto nell'Allegato A2 della Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna 2193/2015.

L'ambiente "Appennino" è caratterizzato da depositi alluvionali con spessori fino a 50 metri che sovrastano il substrato geologico, in particolare possono essere considerati 3 casi:

1. depositi di copertura, con spessori fino a 50 metri, sovrastanti il substrato geologico rigido (depositi marini generalmente caratterizzati da $V_s > 800m/s$);
2. depositi di copertura, con spessori fino a 50 metri, sovrastanti il substrato marino non rigido (depositi marini caratterizzati da $V_s \ll 800m/s$);
3. substrato marino non rigido affiorante o sub affiorante (ovvero depositi marini caratterizzati da $V_s \ll 800m/s$, con spessore della copertura o della coltre di alterazione inferiore a 2.5 m).

Per quanto riguarda il territorio di Fornovo di Taro, in conseguenza della natura del substrato geologico, il caso 1 non è stato considerato.

Nella valutazione dei fattori di amplificazione, nel caso di substrato non rigido e non affiorante, sono stati utilizzati i valori di V_{sH} (considerando lo spessore totale dei depositi di copertura H), facendo riferimento alle seguenti tabelle:

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.3	2.0	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	
10	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	
15	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	
20	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	
25	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
30		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
35		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
40		2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2

Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.1	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.7	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	
20	2.6	2.6	2.4	2.1	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	
25	2.6	2.6	2.5	2.3	2.0	1.7	1.6	1.4	1.3	
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	
35		2.4	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.2	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
50		2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	1.8	1.6	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.3	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	
20	2.9	2.6	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	
25	3.6	3.0	2.3	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	
30		3.3	2.7	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	
35		3.5	3.0	2.2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1
40		3.5	3.2	2.6	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		3.3	3.3	3.0	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione **SI2** ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$). Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

In caso di substrato non rigido affiorante, sono state invece utilizzate le seguenti tabelle che considerano il parametro V_{s30} :

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
F.A. PGA					1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1
F.A. SI1					1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2
F.A. SI2					1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3

Fattori di Amplificazione **PGA, SI1 e SI2**

Nella successiva tabella 8.1 sono riportati gli esiti della microzonazione sismica e fattori di amplificazione delle Zone Stabili suscettibili di amplificazioni locali :

- la località d'indagine;
- le microzone descritte in precedenza
- Fattori di amplificazione (PGA Peak ground acceleration);
- Coefficienti Housner (Housner Intensity: F.A. = 0,1 s -0,5 s ; F.A. = 0,5 s -1,0 s);

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI				
Località	MOPS	PGA	F.A. 0,1 s -0,5 s	F.A. 0,5 s -1,0 s
Ricco'	2001	2.1	2.3	1.6
Ricco'	2003	1.9	1.9	1.5
Ricco'	2004	2.0	1.7	1.4
Ricco'	2006	2.2	2.3	1.4
Spagnano	2004	2.0	1.7	1.4
Spagnano	2005	2.0	1.9	1.4
Fornovo di Taro	2001	2.1	2.3	1.6
Fornovo di Taro	2002	1.9	1.8	1.4
Fornovo di Taro	2003	1.9	1.9	1.5
Fornovo di Taro	2004	2.0	1.7	1.4
Fornovo di Taro	2006	2.2	2.3	1.4
I Provinciali	2007	2.0	2.3	1.7
I Provinciali	2008	1.9	1.9	1.5
Caselle	2008	1.9	1.9	1.5
Fornace	2006	2.2	2.3	1.4
Fornace	2008	1.9	1.9	1.5
La salita	2010	2.0	2.1	1.6
La salita	2006	2.2	2.3	1.4
Respiccio	2005	2.0	1.9	1.4
Respiccio	2009	2.0	1.9	1.4
Respiccio	2004	2.0	1.7	1.4
Respiccio	2006	2.2	2.3	1.4
Capanne	2001	2.1	2.3	1.6
Capanne	2003	1.8	1.9	1.5
Neviano de' Rossi	2008	1.9	1.9	1.5
Ronco di Sotto	2008	1.9	1.9	1.5
Camporosso	2008	1.9	1.9	1.5

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI				
Località	MOPS	PGA	F.A. 0,1 s -0,5 s	F.A. 0,5 s -1,0 s
Faseto	2008	1.9	1.9	1.5
M. Ardone	2003	1.8	1.7	1.5
Citerna	2002	1.9	1.8	1.4
Citerna	2010	2.0	2.1	1.6
Stefanini	2010	2.1	2.4	1.6
Roncolongo	2004	1.6	1.5	1.4
Case Rosa	2005	2.0	1.9	1.4
Sivizzano	2002	2.1	2.3	1.6
Sivizzano	2006	2.2	2.3	1.4
Piantonia	2006	2.2	2.3	1.4
Piantonia	2003	1.9	1.9	1.5
Le Coste	2003	1.9	1.9	1.5
Cafragna	2003	1.9	1.9	1.5

Tabella 8.1: Fattori di amplificazione sismica locale

9 COMMENTI FINALI E CRITICITA'

Il presente studio di microzonazione sismica del Comune di Fornovo di Taro, sulla base delle indagini e delle analisi eseguite, consente di effettuare alcune considerazioni relative al comportamento dei terreni durante un evento sismico:

1. Gli studi effettuati confermano il rischio di amplificazione sismica in tutte le aree considerate dal presente Studio di MS dovuto ai soli effetti stratigrafici.
2. In considerazione dell'assetto litostratigrafico ricostruito, il territorio comunale di Fornovo di Taro è stato considerato assimilabile all'ambiente geolitologico "Appennino" previsto nell'Allegato A2 della Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna 2193/2015.
3. La profondità del substrato geologico risulta piuttosto variabile con spessori massimi di circa 20-25 metri nei settori di fondovalle di pertinenza delle alluvioni fluviali prodotte dal F. Taro e dal T. Sporzana. Il substrato risulta sub-affiorante o ricoperto da una sottile coltre di depositi eluvio-colluviali nella restante parte del territorio comunale.
4. In relazione alla natura ed alla profondità del substrato geologico, i valori dell'amplificazione in termini di PGA (calcolati tramite l'utilizzo degli abachi dell'A2.1.1 degli Indirizzi Regionali) risultano piuttosto elevati con valori che possono raggiungere 2.1 - 2.2.
5. Per quanto riguarda le frequenze fondamentali del terreno, tramite le rilevazioni dei microtremori è possibile evidenziare la presenza di frequenze generalmente comprese tra 2 - 8 Hz, compatibili con la presenza di interfacce risonanti poste entro i primi 30 m di profondità e correlabili con le discontinuità superficiali che segnano il passaggio tra i depositi alluvionali o detritici di copertura ed il substrato geologico non rigido.
6. In relazione all'assetto altimetrico e alla morfologia delle aree considerate, non sono ipotizzabili possibili effetti di amplificazione locale dovuti all'assetto topografico.
7. Alcune porzioni del territorio urbanizzato del capoluogo di Fornovo di Taro e delle frazioni di La Salita, Sivizzano, Cafragna e Case Rosa risultano interessate da zone di instabilità sia attive che quiescenti. In particolare si evidenzia che il settore sud-occidentale del capoluogo ricade in un'area a rischio idrogeologico molto elevato (v. Allegato 4.1 - elaborato n. 2 del Piano stralcio per l'assetto Idrogeologico - PAI).

Qualora si volessero approfondire le caratteristiche sismiche di tali aree, occorrerà procedere con una un'analisi di terzo livello.

ALLEGATO A

Stazione microtremore a stazione singola

H 1

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 04/03/13 11:41:28 Fine registrazione: 04/03/13 11:57:28

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 96% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

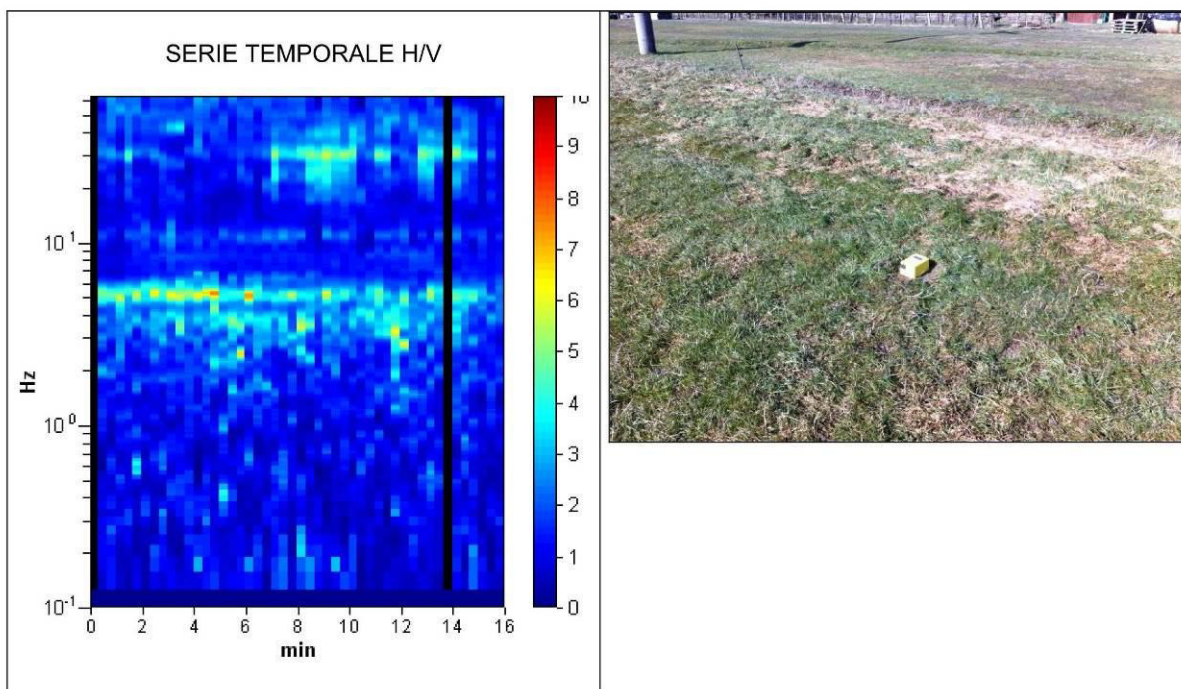
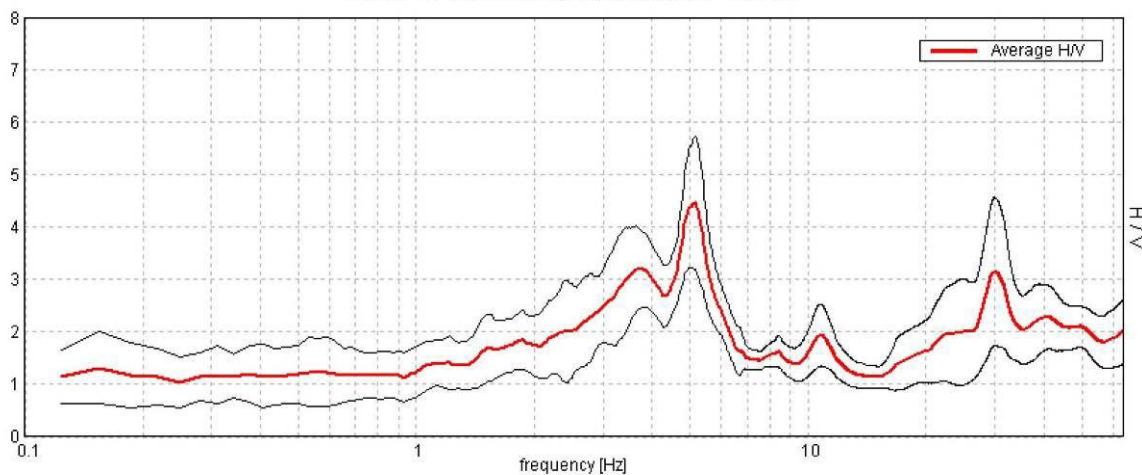
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

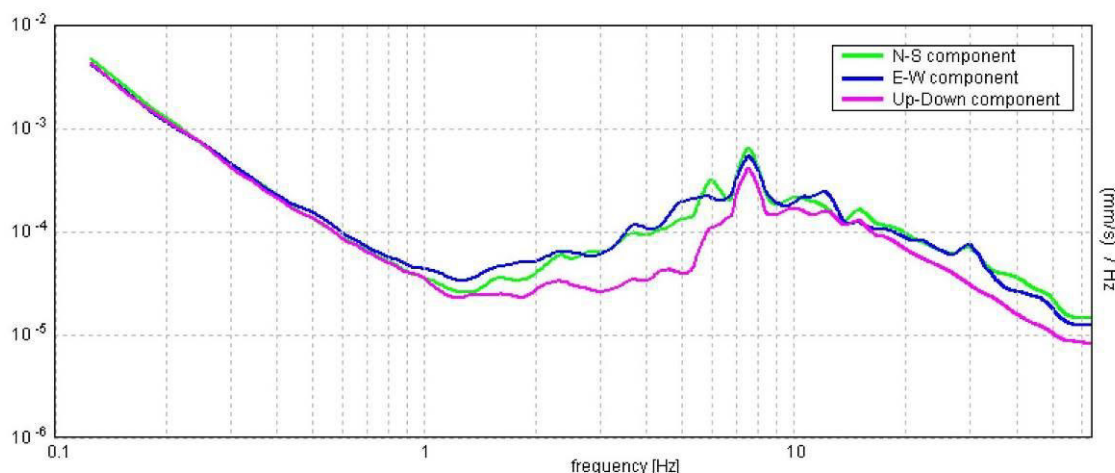
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 5.13 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 5.13 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	5.13 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	4715.0 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 247	OK

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.719 Hz	OK
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.156 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.45 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00121 < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00623 < 0.25625$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.613 < 1.58$	OK

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 2

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 04/03/13 16:30:43 Fine registrazione: 04/03/13 16:42:43

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00".

Analizzato 89% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

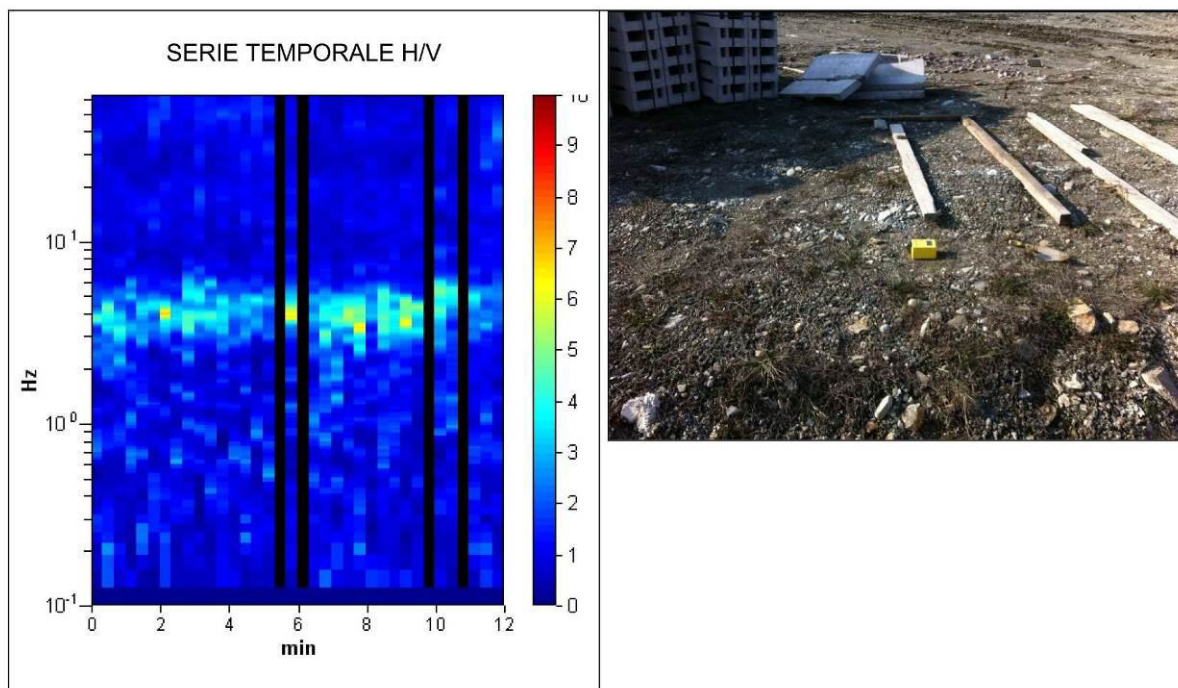
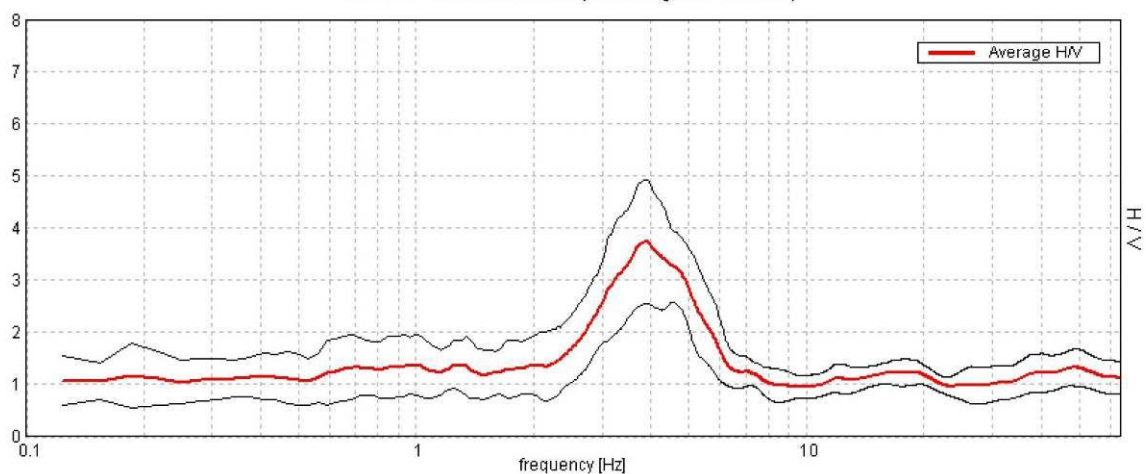
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

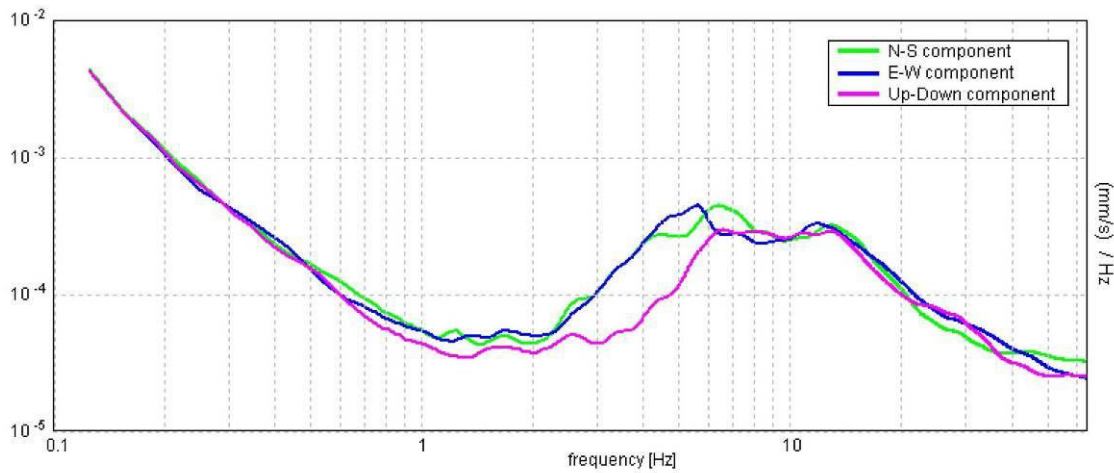
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 3.91 ± 0.03 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 3.91 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.91 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	2500.0 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 188	OK

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.625 Hz	OK
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.875 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.74 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00393 < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.01535 < 0.19531	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5718 < 1.58	OK

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 3

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 04/03/13 15:12:52 Fine registrazione: 04/03/13 15:24:52

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00".

Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

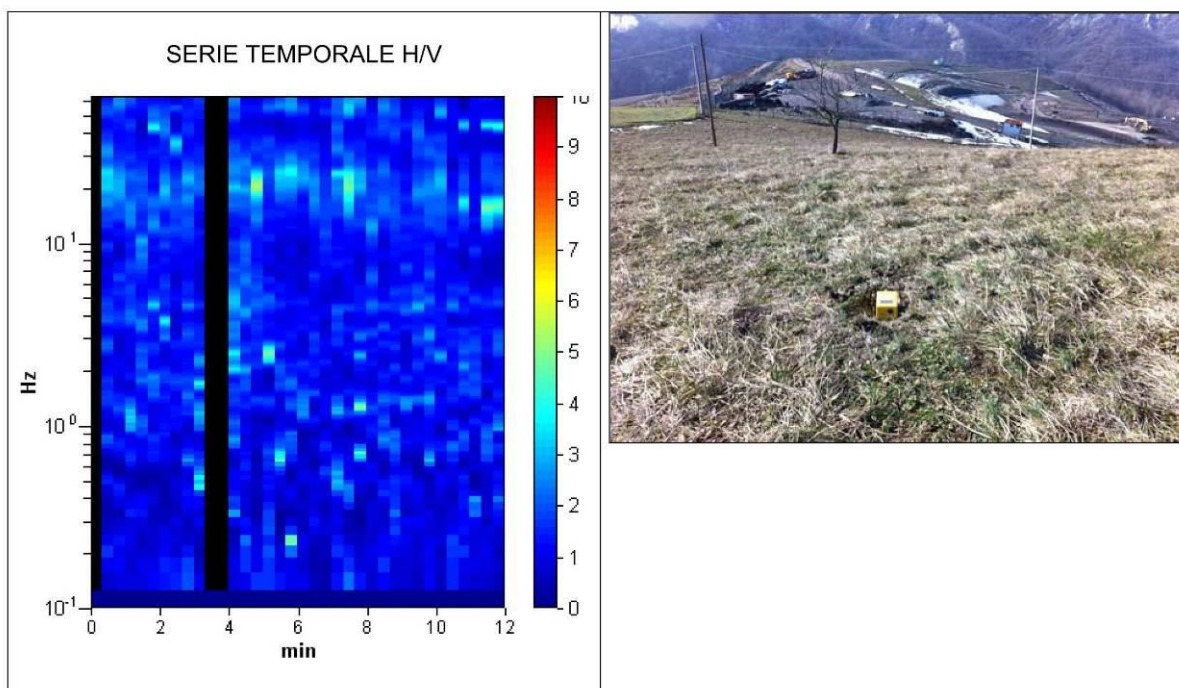
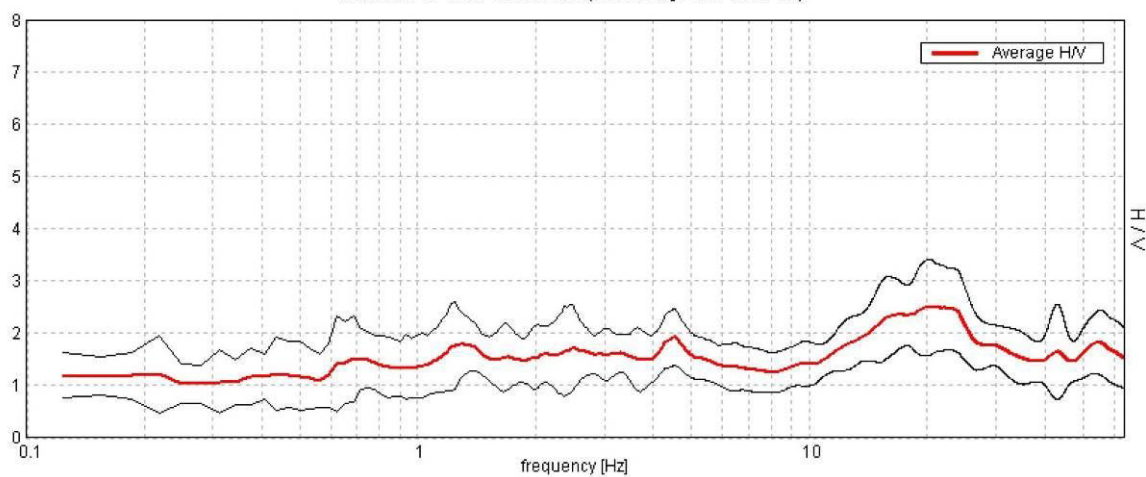
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

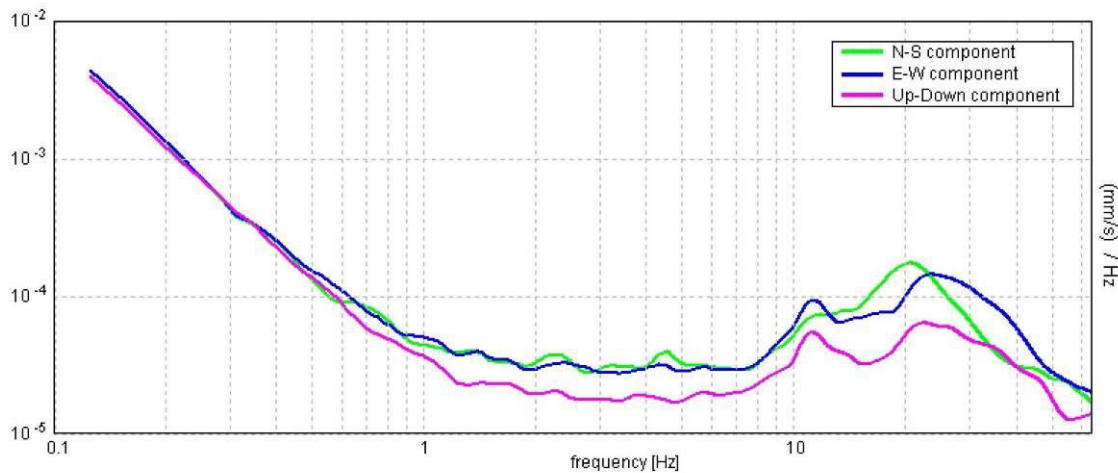
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 19.97 ± 0.27 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 19.97 ± 0.27 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	19.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	13179.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 960	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.49 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00655 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.13071 < 0.99844	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4391 < 1.58	OK	

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 4

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 05/03/13 14:12:29 Fine registrazione: 05/03/13 14:28:29

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

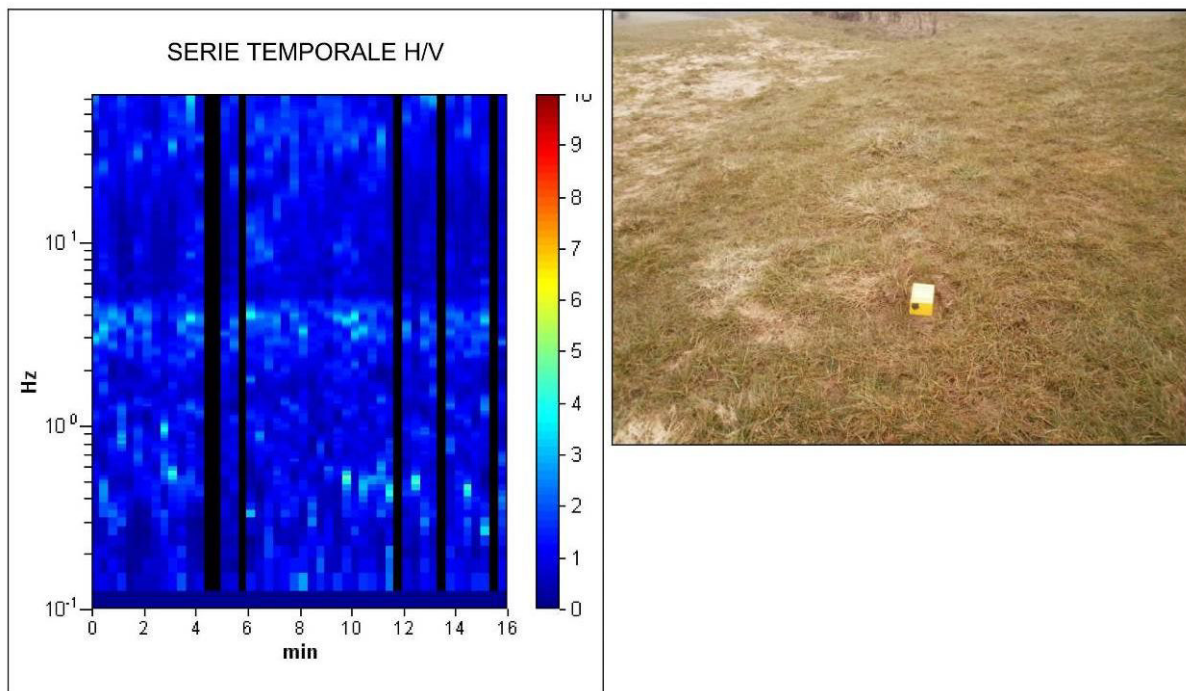
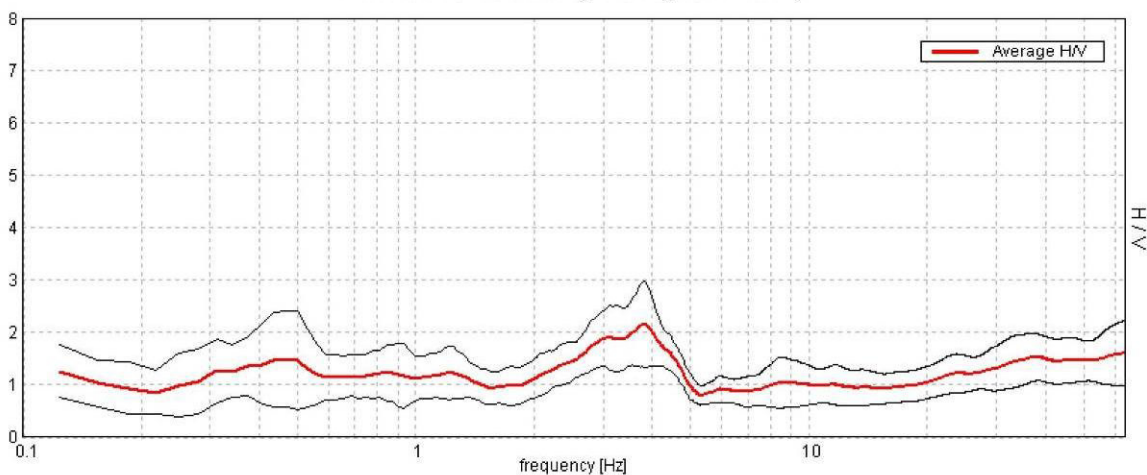
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

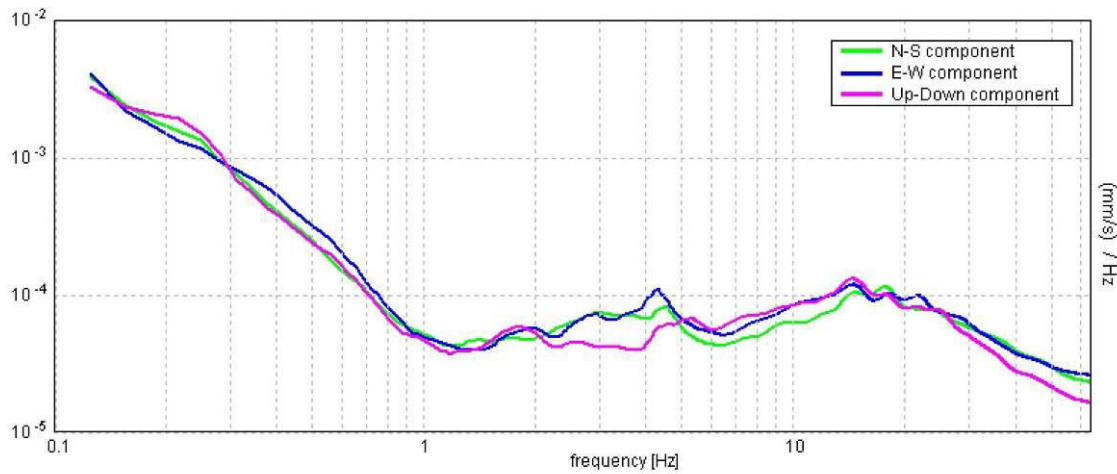
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 3.84 ± 0.08 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 3.84 ± 0.08 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.84 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3228.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 186	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.938 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.16 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01054 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.04051 < 0.19219	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3993 < 1.58	OK	

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 5

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 05/03/13 09:22:31 Fine registrazione: 05/03/13 09:38:32

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

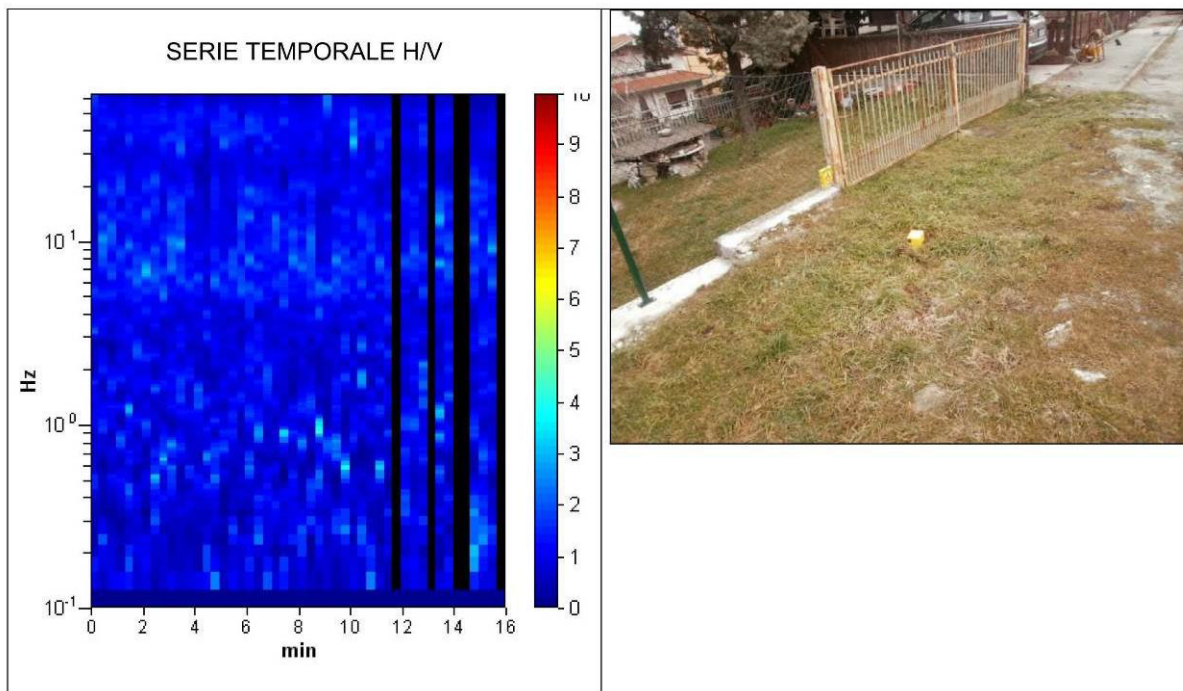
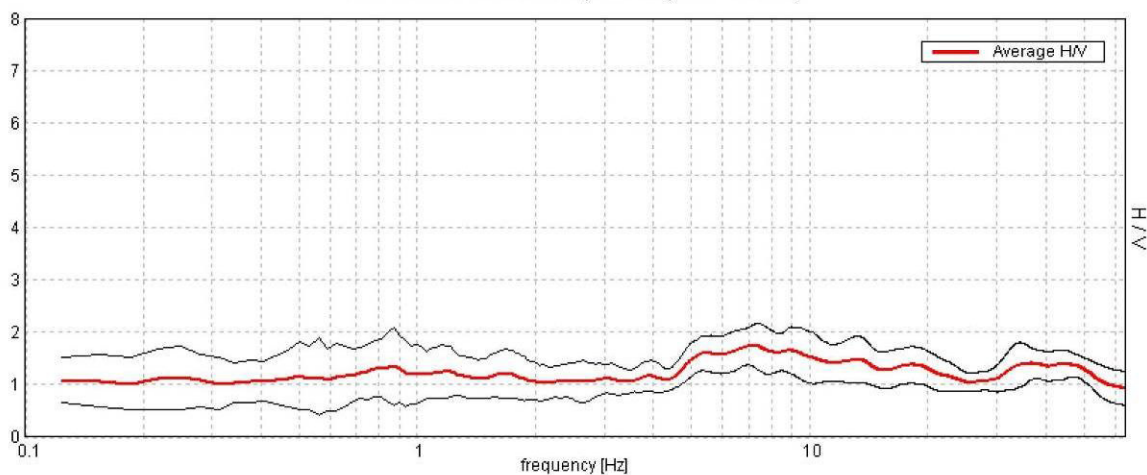
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

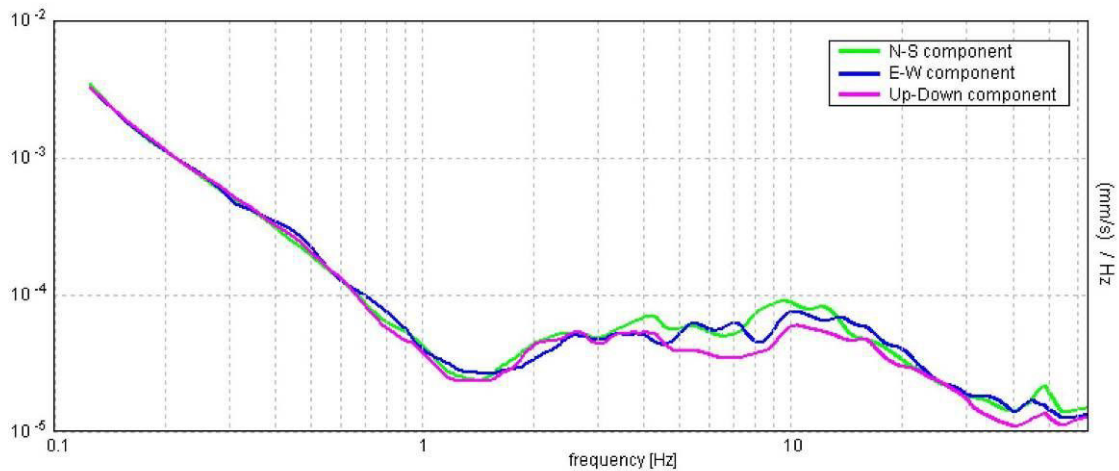
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 7.19 ± 0.38 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 7.19 ± 0.38 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	7.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6181.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 346	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.74 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02603 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.1871 < 0.35938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1938 < 1.58$	OK	

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 6

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 05/03/13 15:37:36 Fine registrazione: 05/03/13 15:53:36

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 98% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

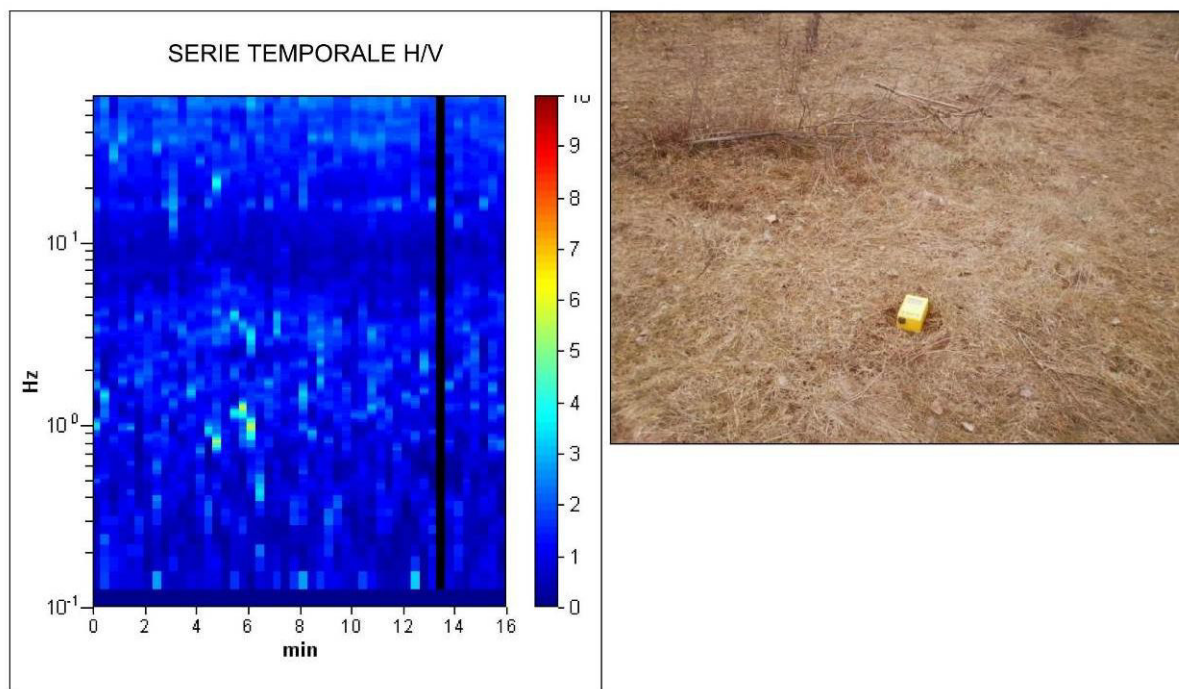
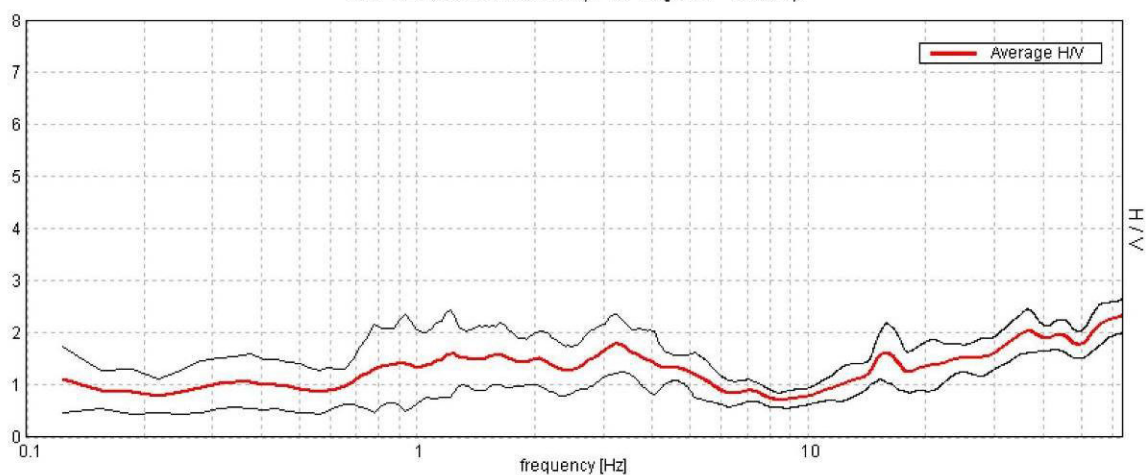
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

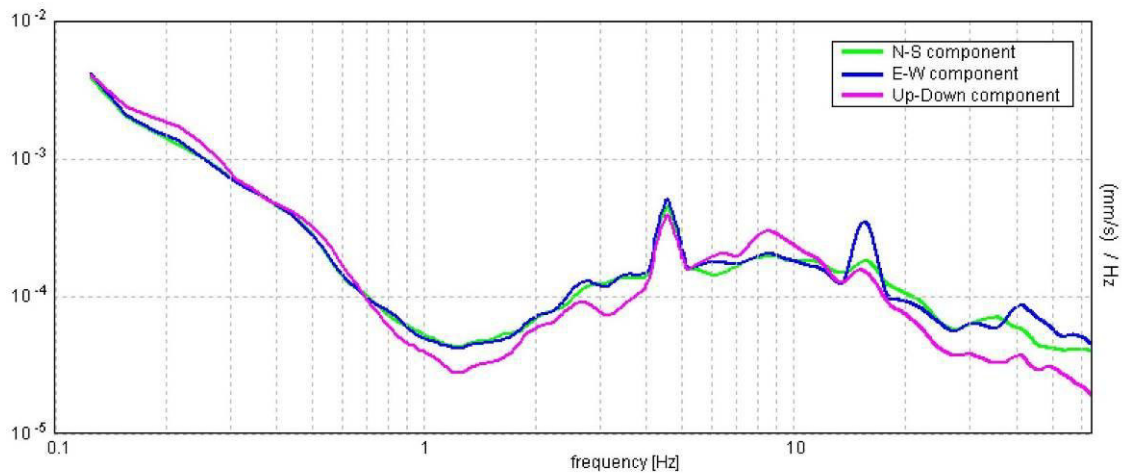
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 3.22 ± 0.82 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Griffa* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 3.22 ± 0.82 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.22 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3025.6 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 156	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.79 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12574 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.40473 < 0.16094$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2806 < 1.58$	OK	

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 7

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 05/03/13 11:39:46 Fine registrazione: 05/03/13 11:55:46

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

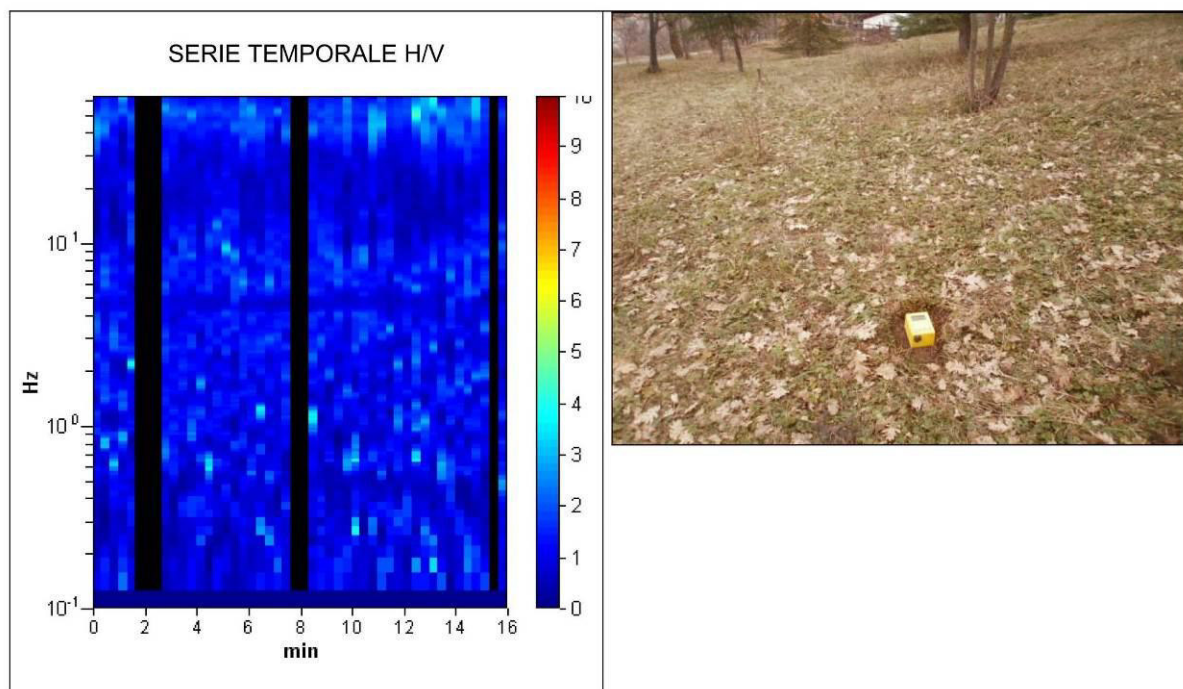
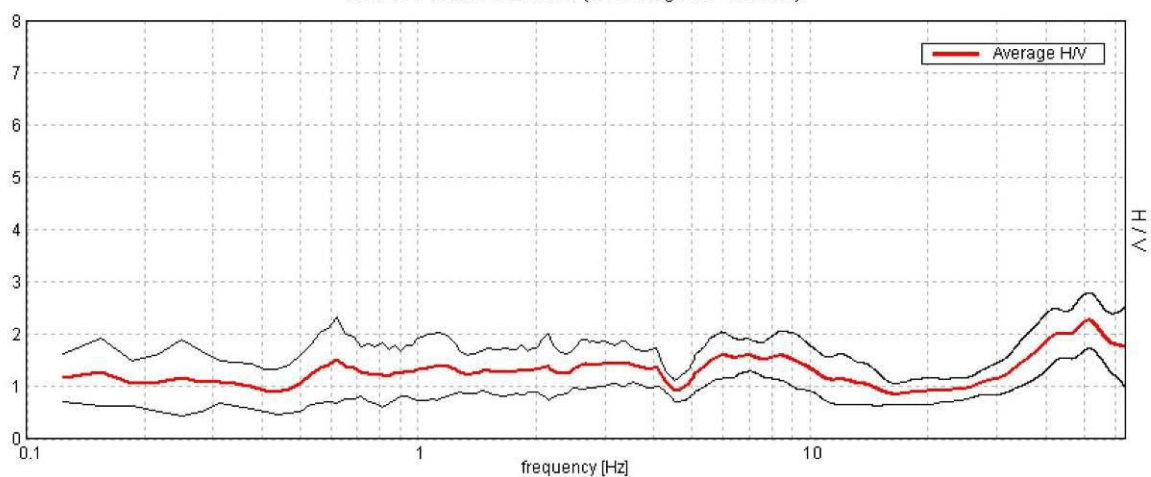
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

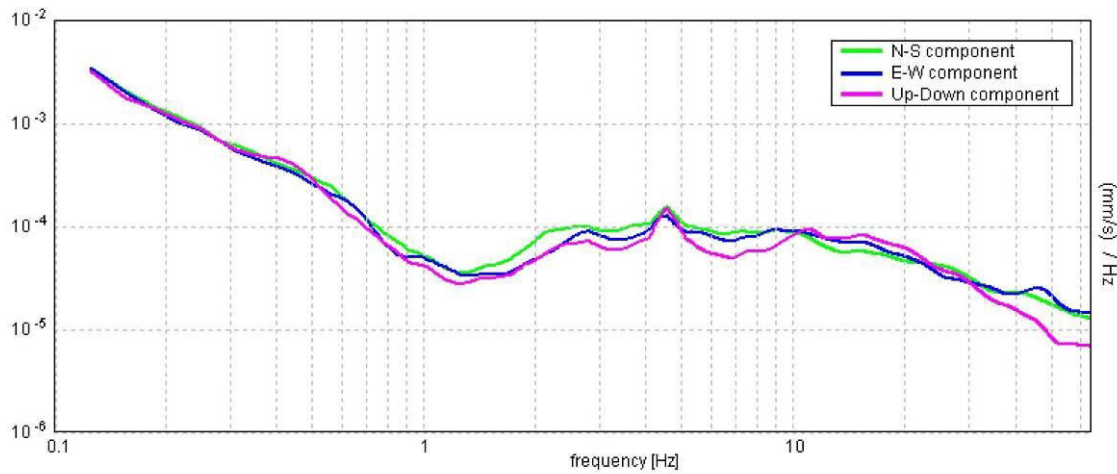
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 6.88 ± 1.05 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 6.88 ± 1.05 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	6.88 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	5775.0 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 331	OK

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		NO
$A_0 > 2$	1.61 > 2	NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07455 < 0.05$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.51252 < 0.34375$	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1561 < 1.58$	OK

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 8

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 05/03/13 12:12:32 Fine registrazione: 05/03/13 12:28:32

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

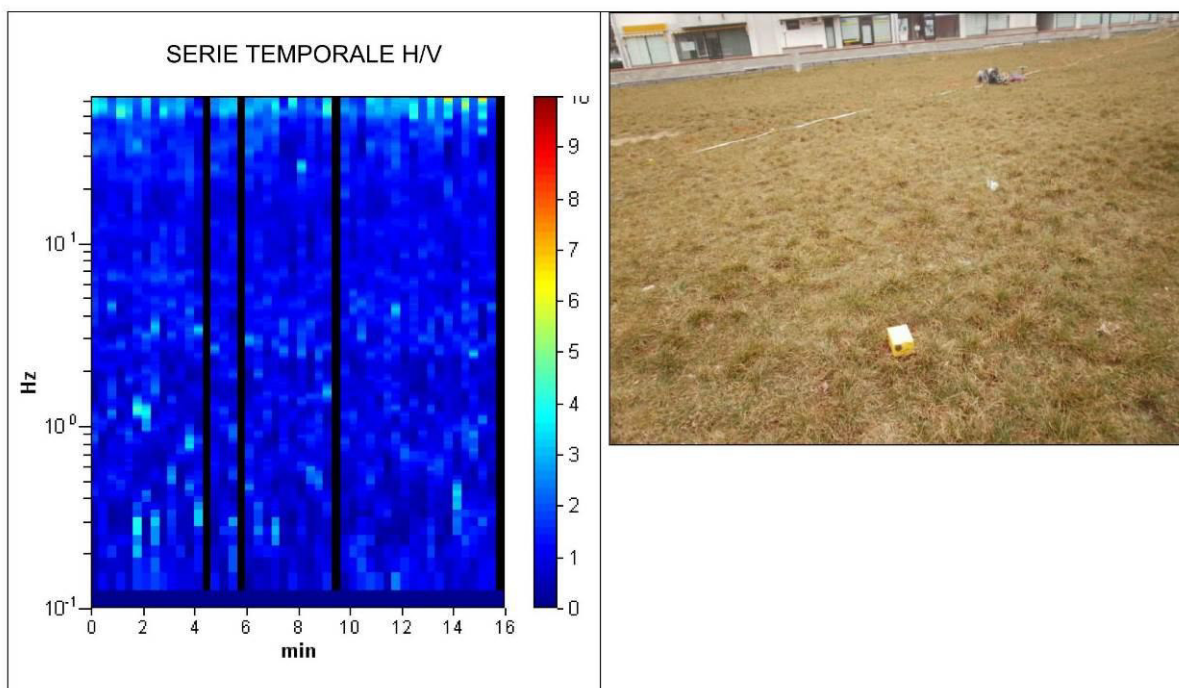
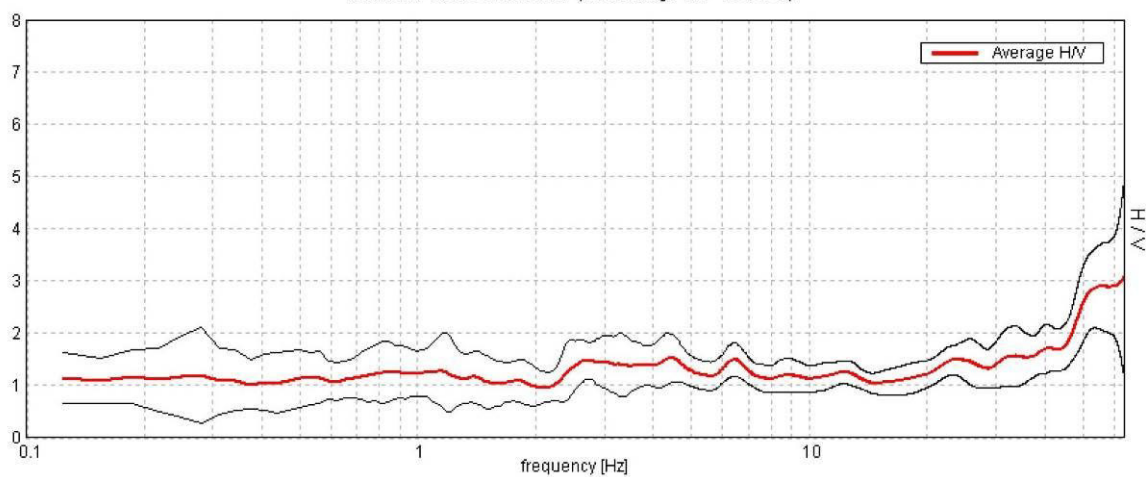
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

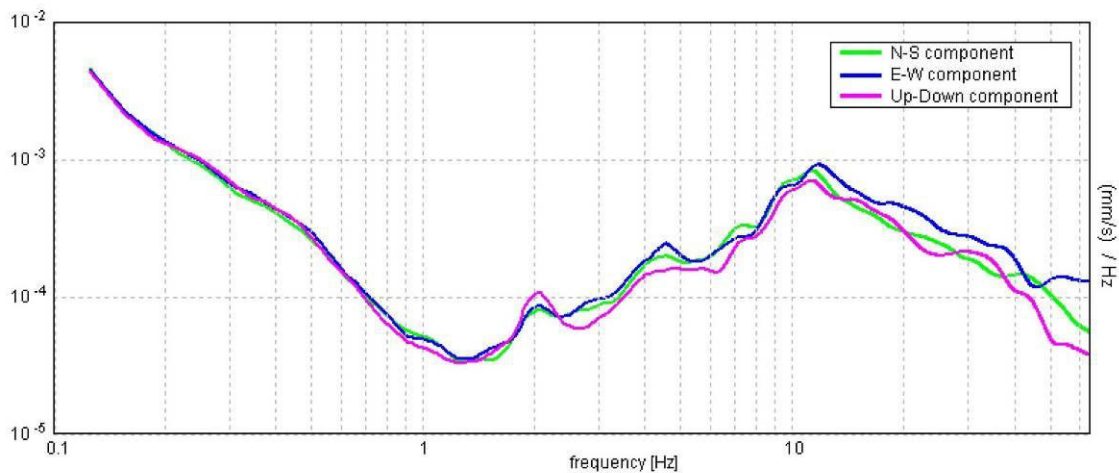
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 4.5 ± 0.62 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 4.5 ± 0.62 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	4.50 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	3960.0 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 217	OK

Criteri per un picco H/V chiaro
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		NO
$A_0 > 2$	1.52 > 2	NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06759 < 0.05$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.30417 < 0.225$	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2221 < 1.58$	OK

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 9

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 05/03/13 10:44:11 Fine registrazione: 05/03/13 11:00:11

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

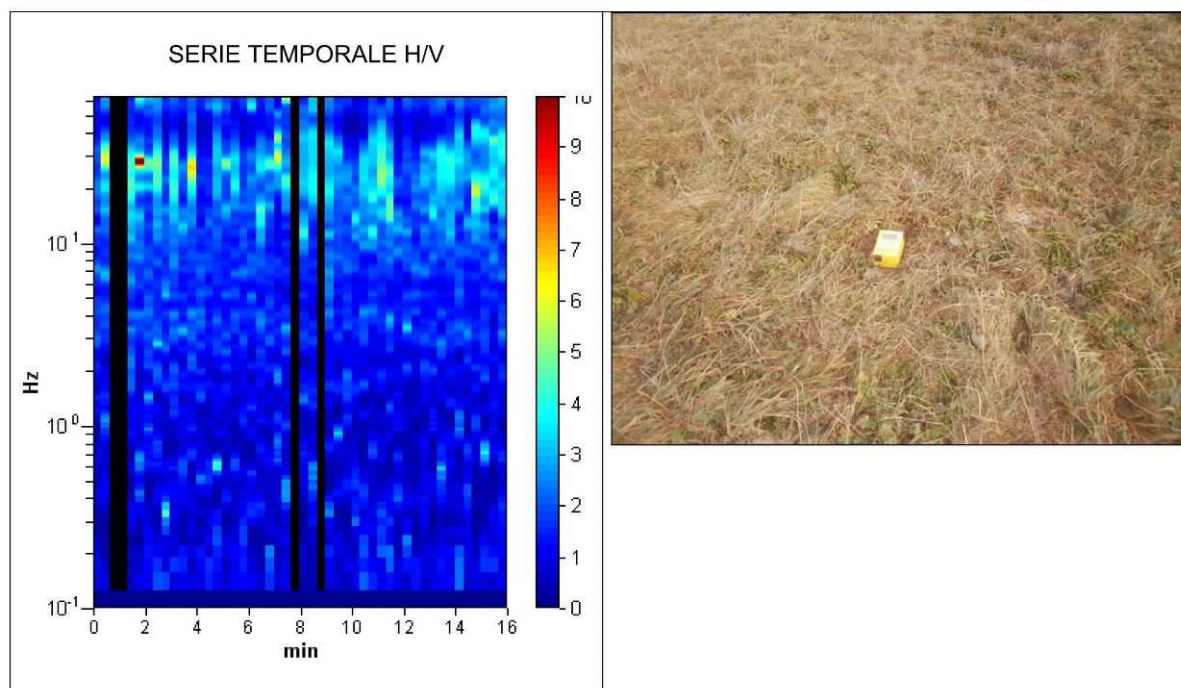
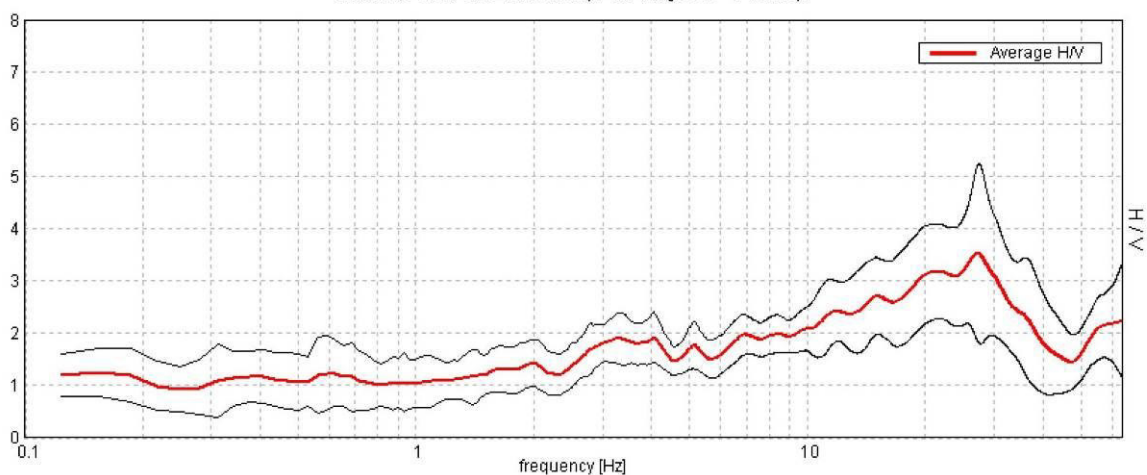
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

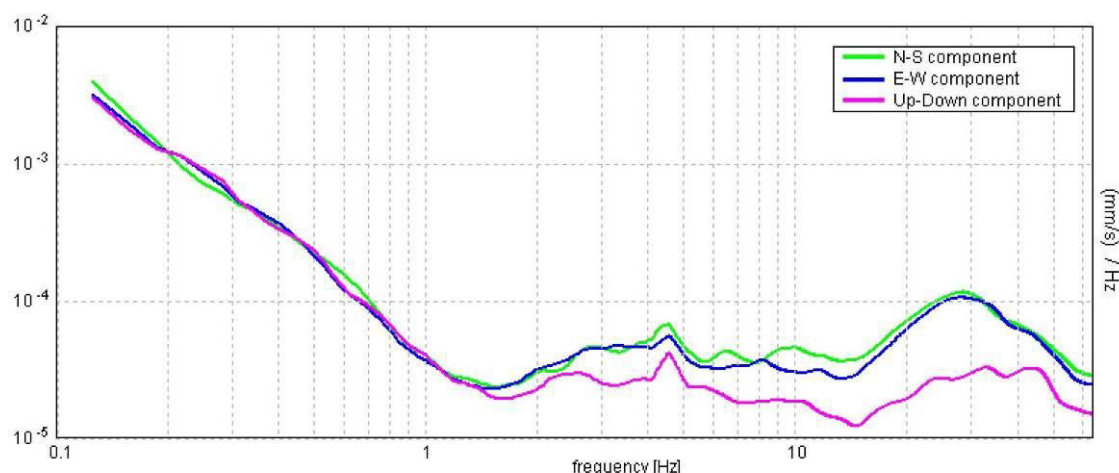
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 27.19 ± 0.93 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 27.19 ± 0.93 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	27.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	23925.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1306	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	40.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.53 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01685 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.45805 < 1.35938	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.8219 < 1.58	OK	

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 10

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 05/03/13 13:42:56 Fine registrazione: 05/03/13 13:58:56

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

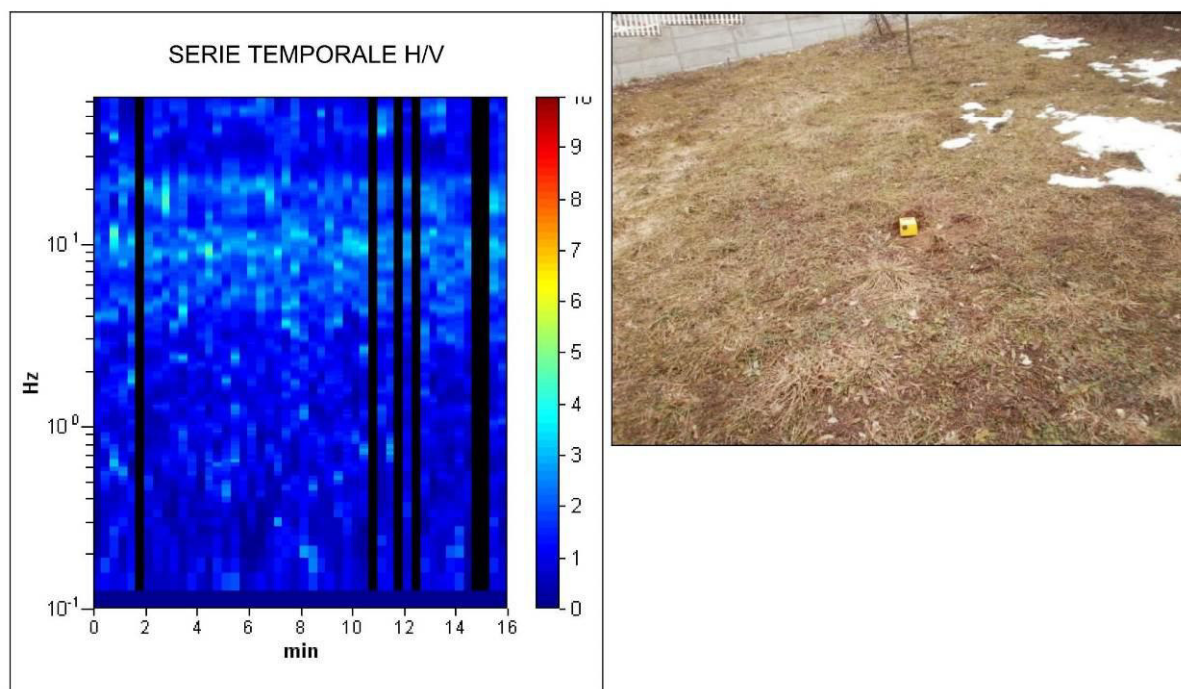
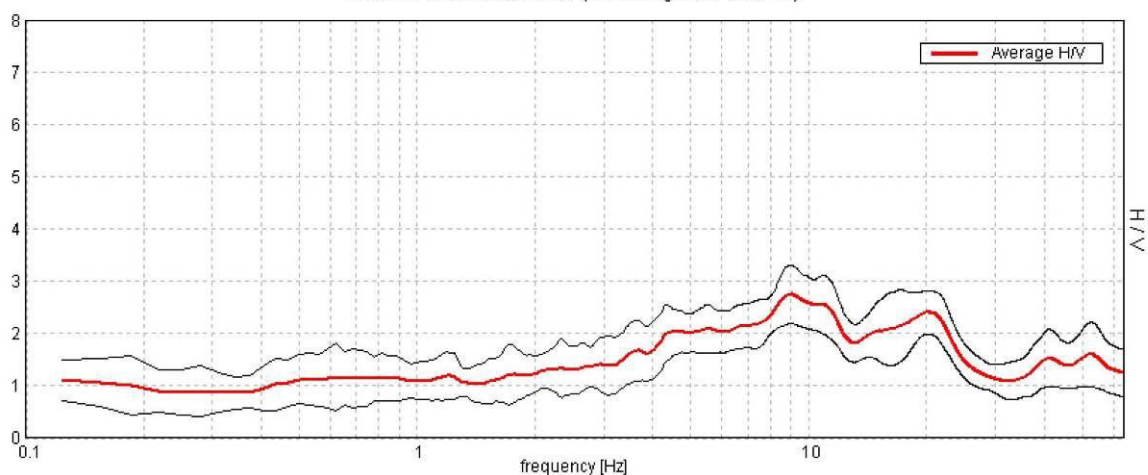
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

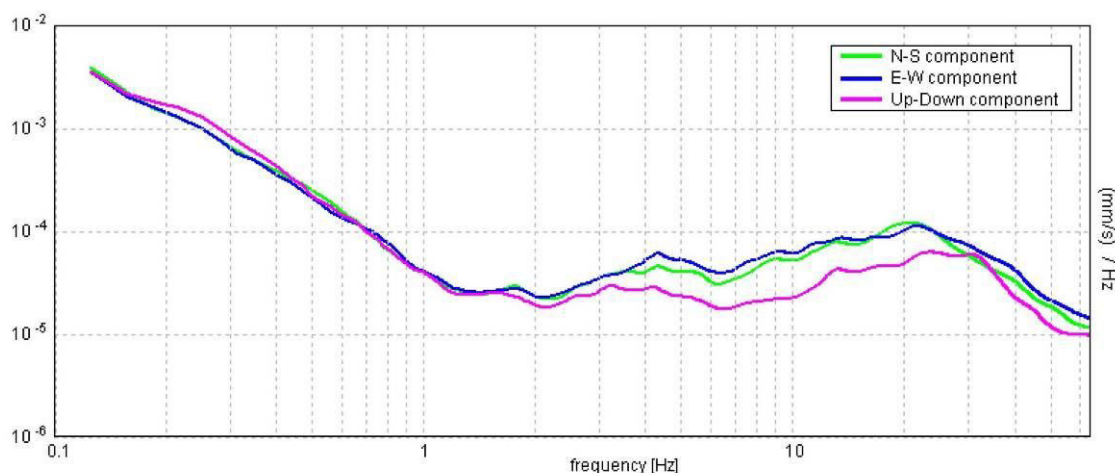
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 9.03 ± 0.39 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Griffa* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 9.03 ± 0.39 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	9.03 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	7586.3 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 434	OK

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.813 Hz	OK
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	25.875 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.75 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02094 < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.18912 < 0.45156	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2729 < 1.58	OK

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 11

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 04/03/13 17:07:16 Fine registrazione: 04/03/13 17:23:16

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 98% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

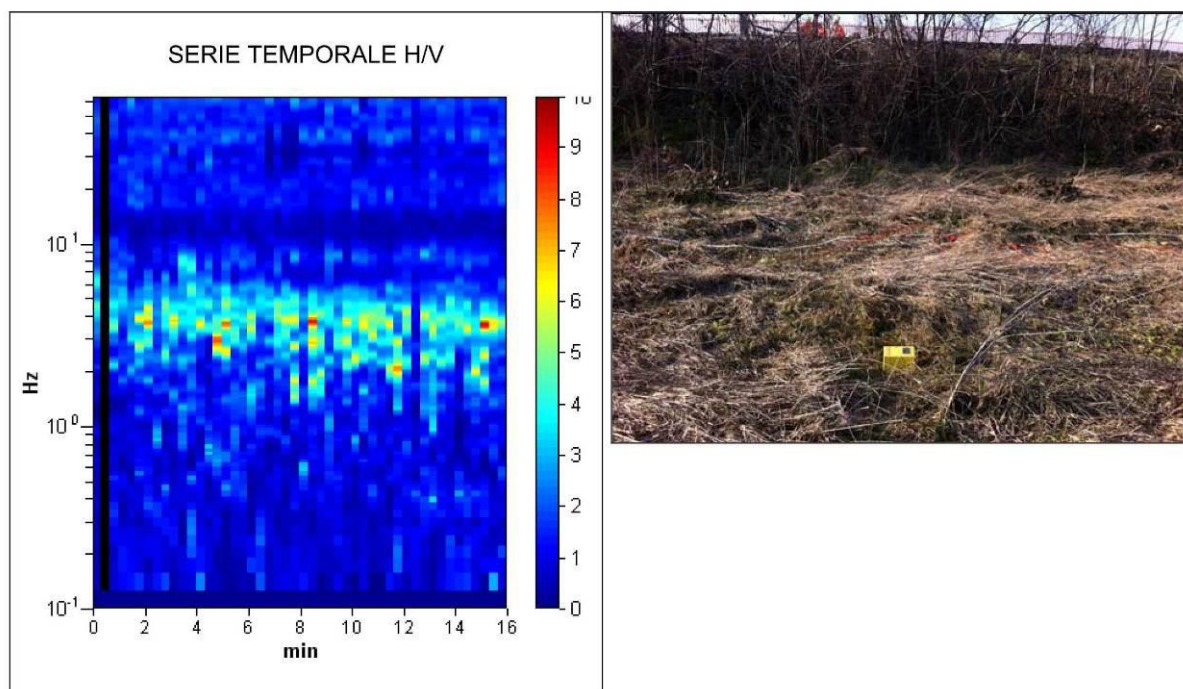
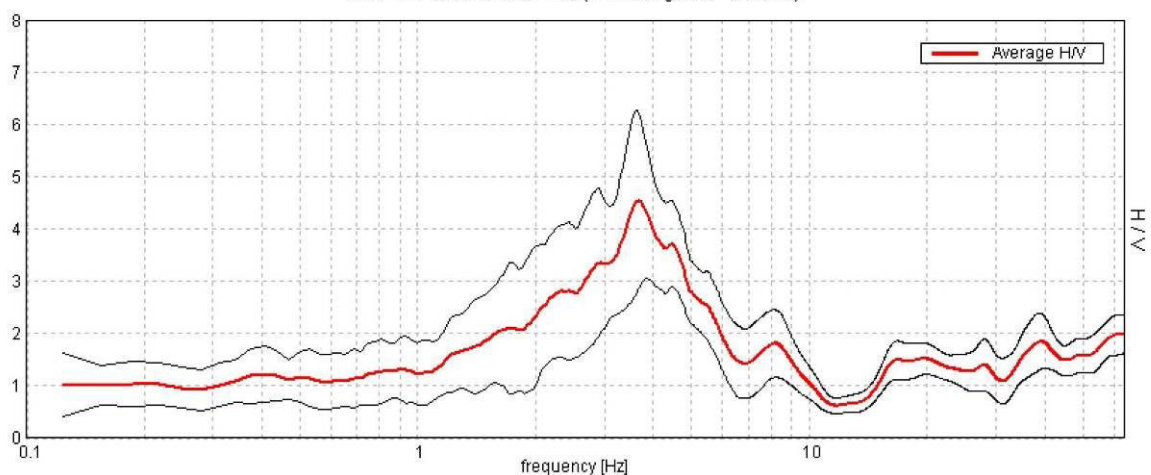
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

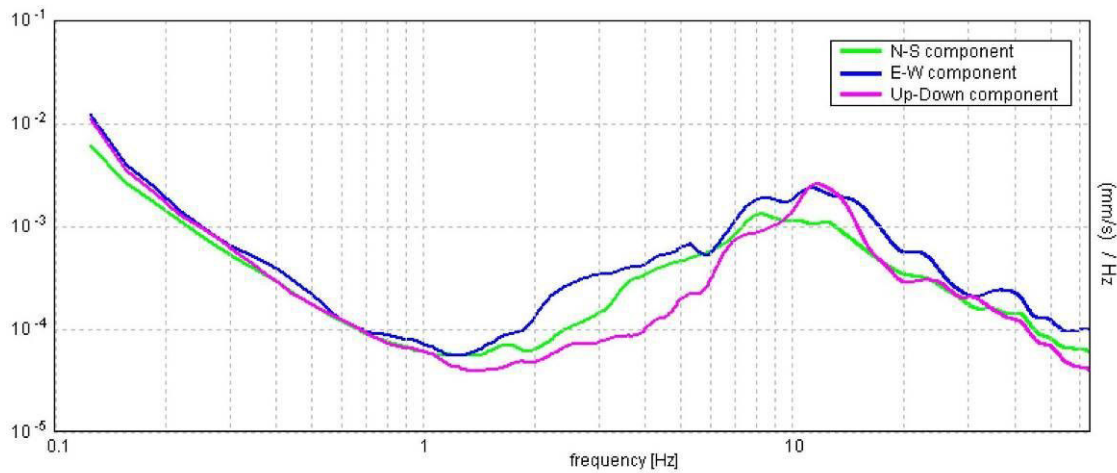
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 3.69 ± 0.07 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Griffa* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 3.69 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	3.69 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	3466.3 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 178	OK

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.938 Hz	OK
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.781 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.53 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00932 < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03437 < 0.18438$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8244 < 1.58$	OK

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 12

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 04/03/13 10:20:51 Fine registrazione: 04/03/13 10:36:51

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

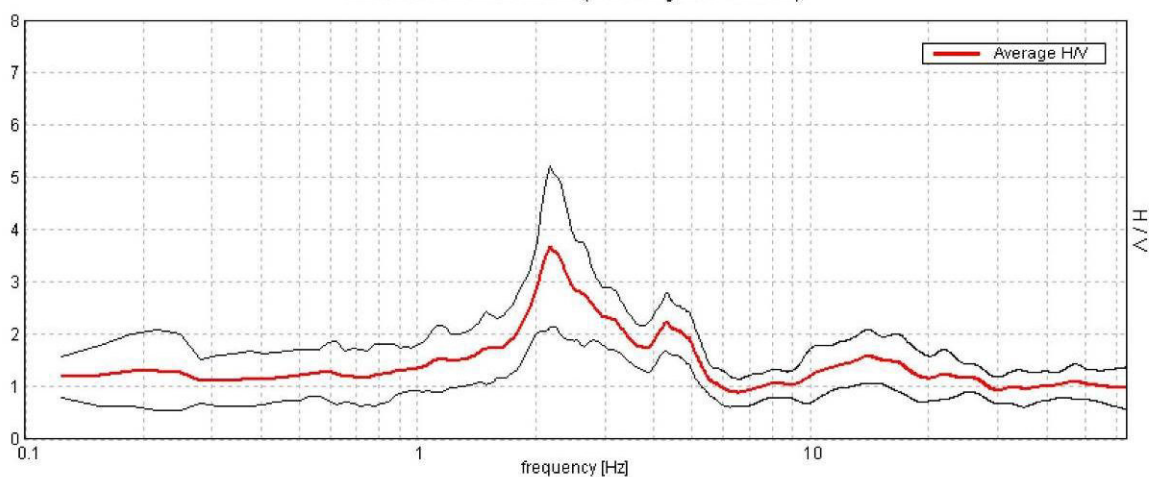
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

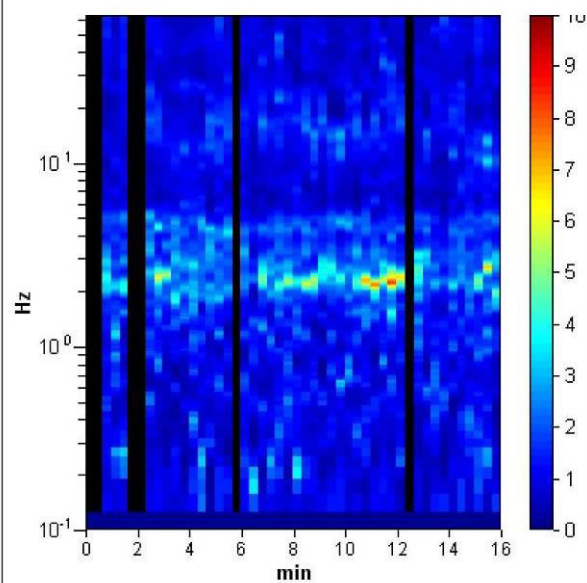
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

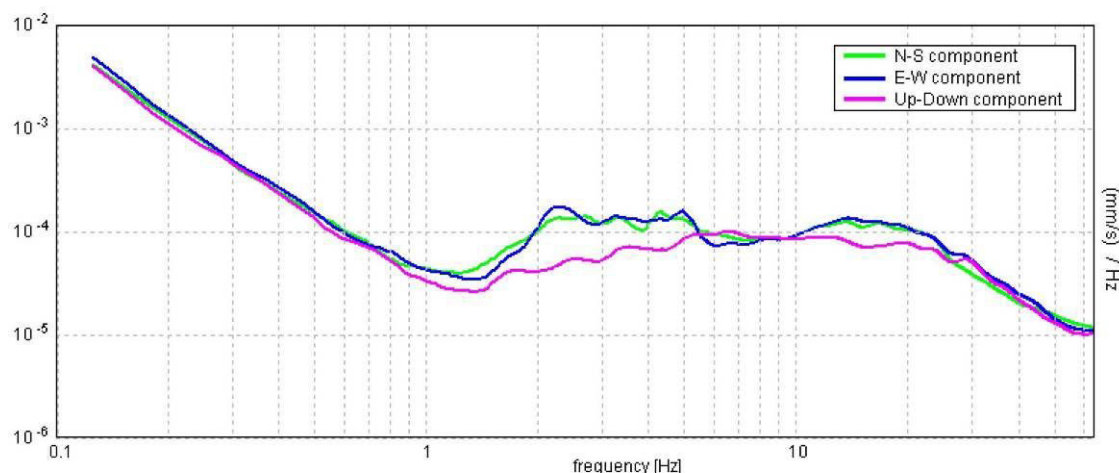
Max. H/V at 2.19 ± 0.02 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Griffa* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 2.19 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	2.19 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	1837.5 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 106	OK

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.688 Hz	OK
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.594 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.68 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00553 < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01209 < 0.10938$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7541 < 1.58$	OK

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 13

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 04/03/13 11:03:45 Fine registrazione: 04/03/13 11:19:46

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

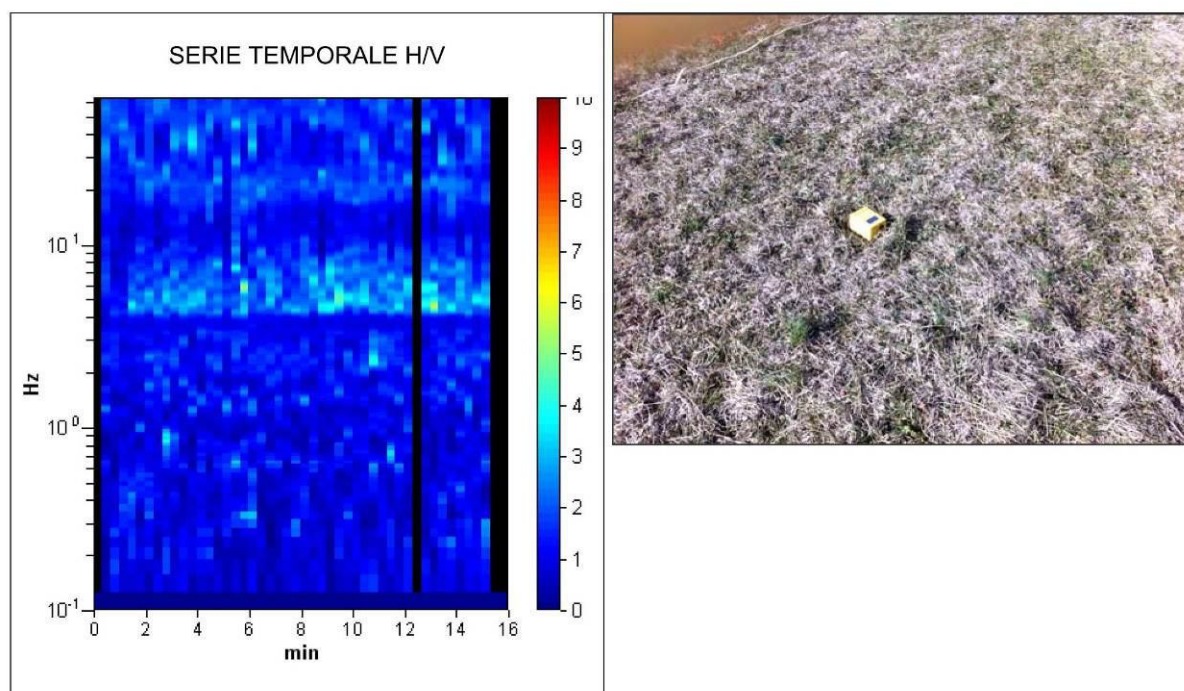
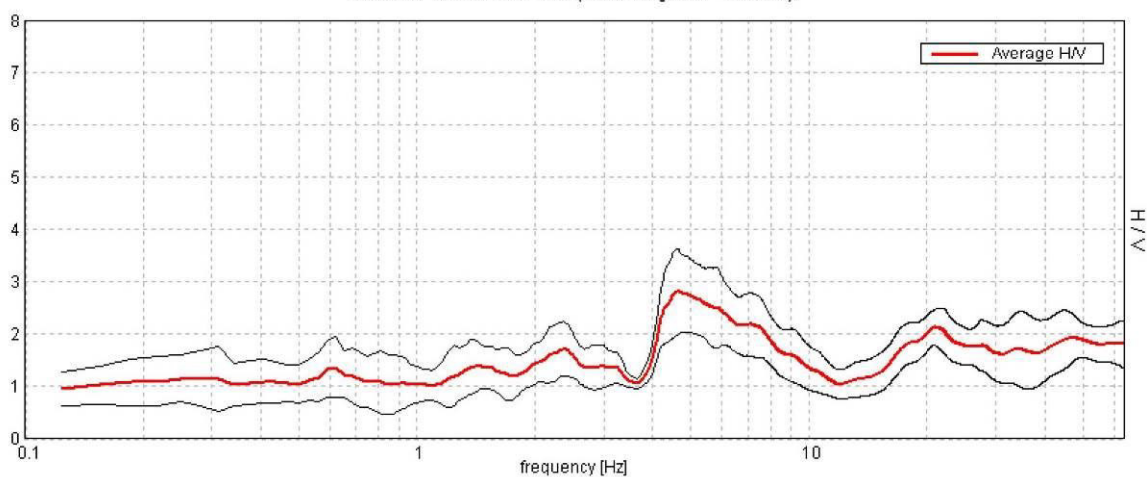
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

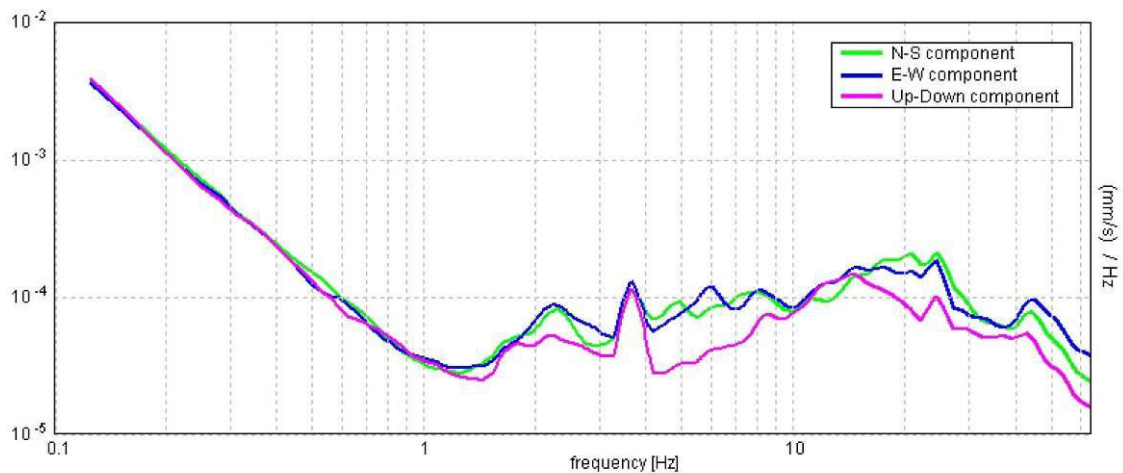
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 4.66 ± 3.7 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 4.66 ± 3.7 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	4.66 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4097.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 224	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.938 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.82 > 2	OK	
$f_{\text{picco}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.38954 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.81378 < 0.23281		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3977 < 1.58	OK	

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 14

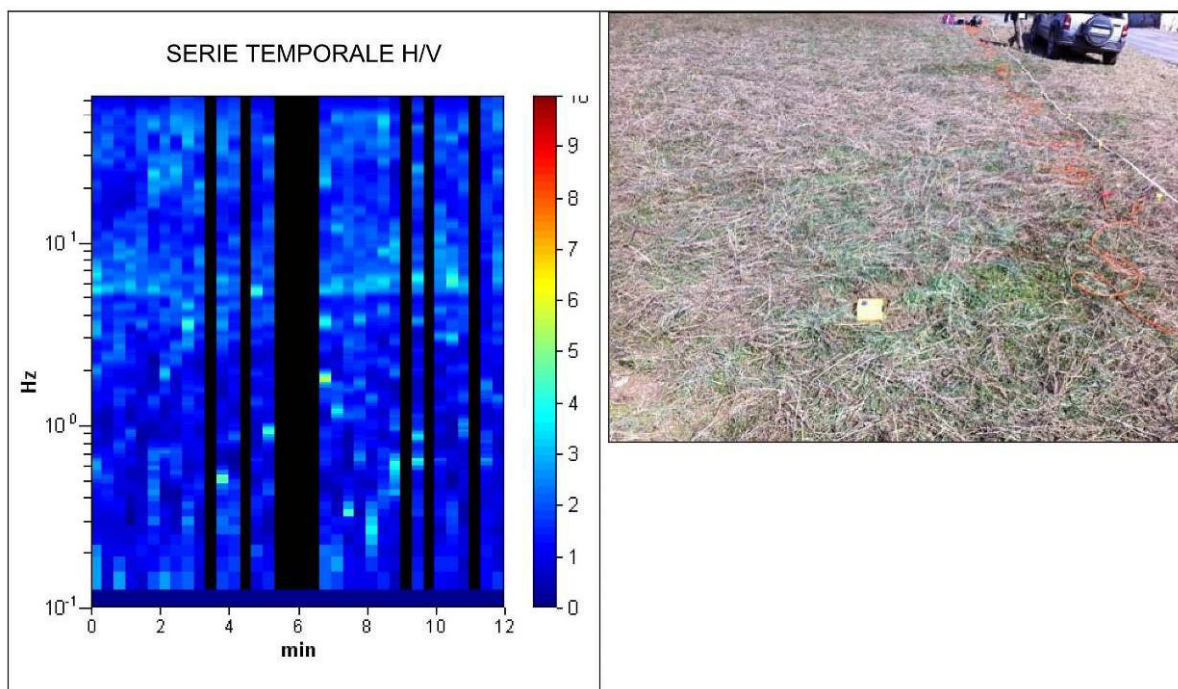
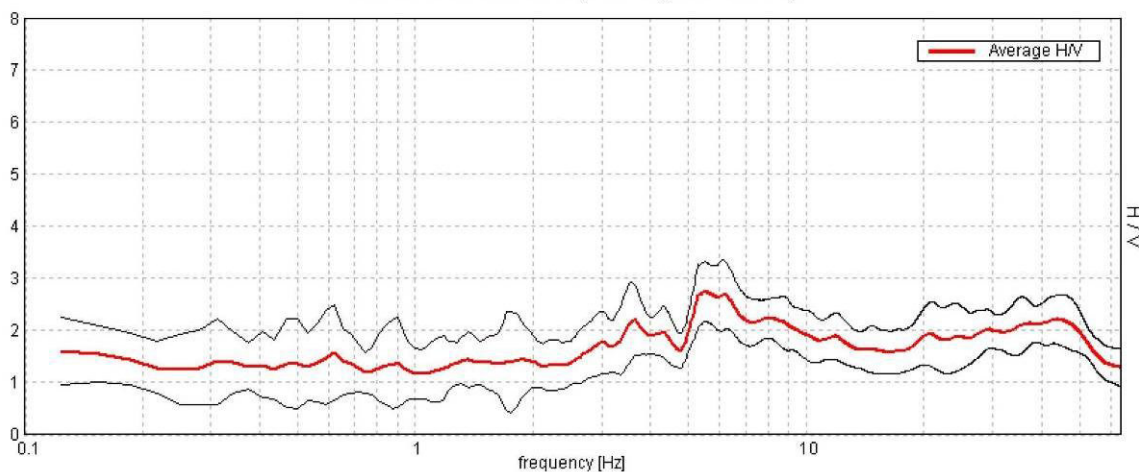
Strumento: TRZ-0162/01-11
 Inizio registrazione: 04/03/13 13:12:57 Fine registrazione: 04/03/13 13:24:58
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

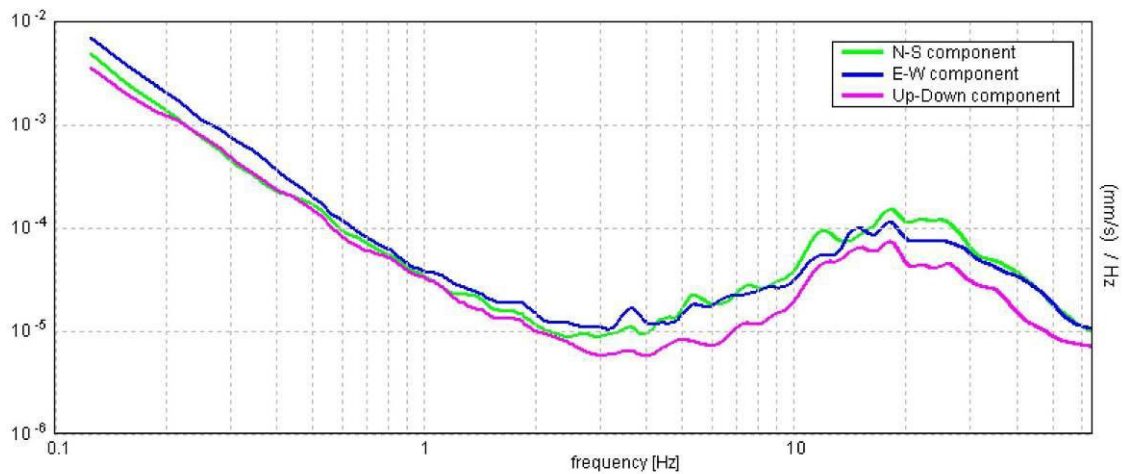
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 5.53 ± 0.03 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Griffa* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 5.53 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	5.53 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2986.9 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 266	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.469 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.75 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.003 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.01661 < 0.27656	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2713 < 1.58	OK	

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

H 15

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 04/03/13 12:32:39 Fine registrazione: 04/03/13 12:48:39

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

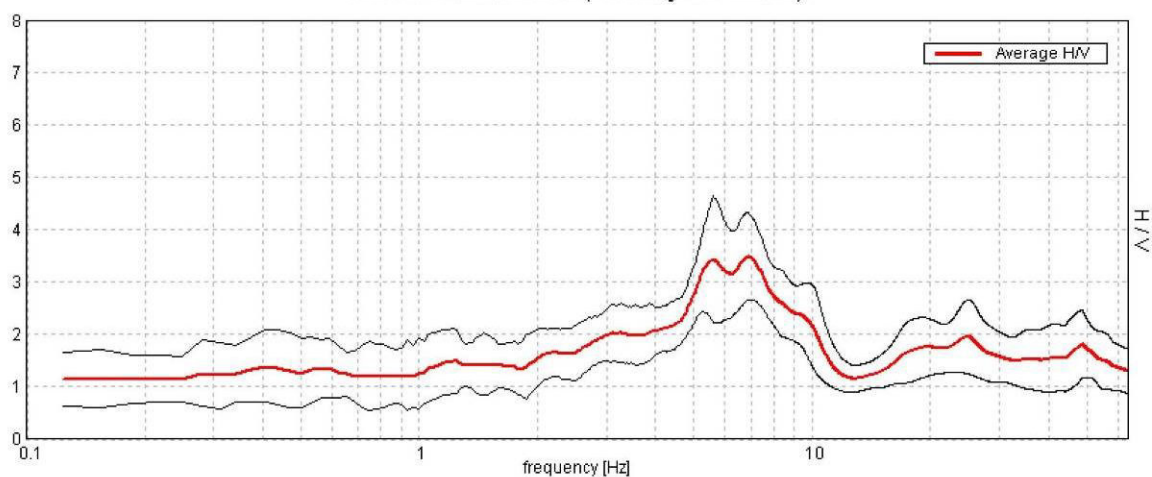
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

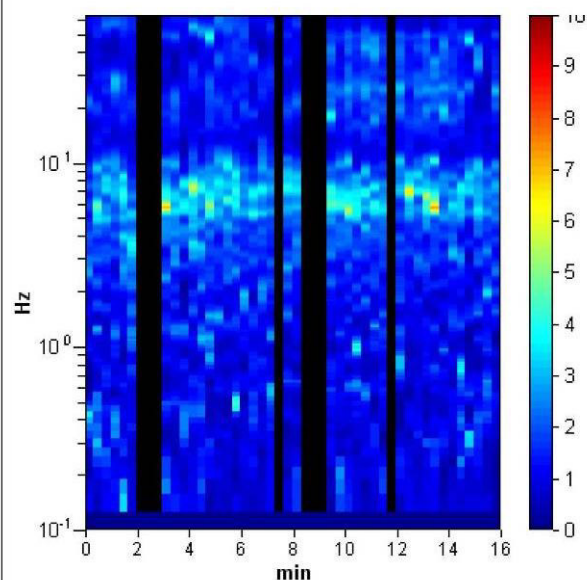
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

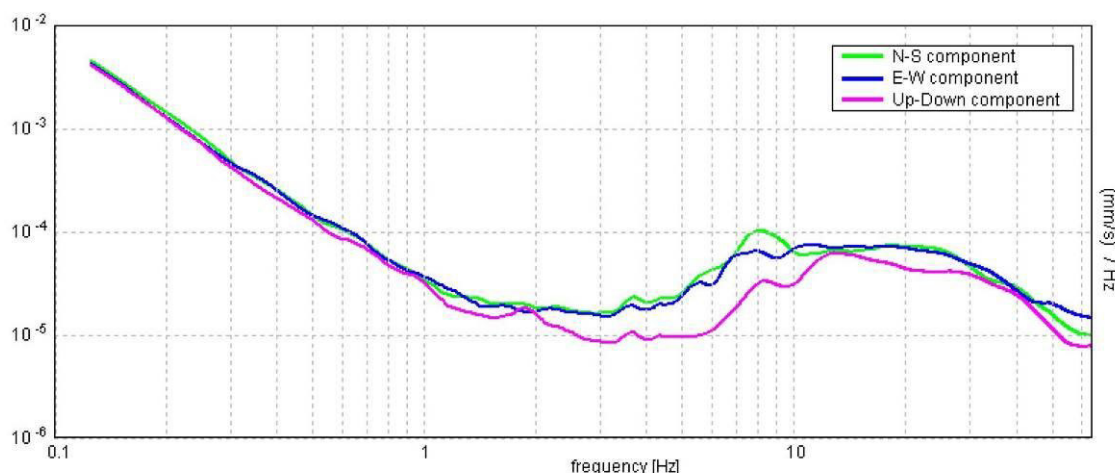
Max. H/V at 6.88 ± 0.43 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 6.88 ± 0.43 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	6.88 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	5500.0 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 331	OK

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.594 Hz	OK
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.656 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.49 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03068 < 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.21094 < 0.34375	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4079 < 1.58	OK

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

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

H 16

Strumento: TRZ-0162/01-11

Inizio registrazione: 04/03/13 09:18:49 Fine registrazione: 04/03/13 09:34:49

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

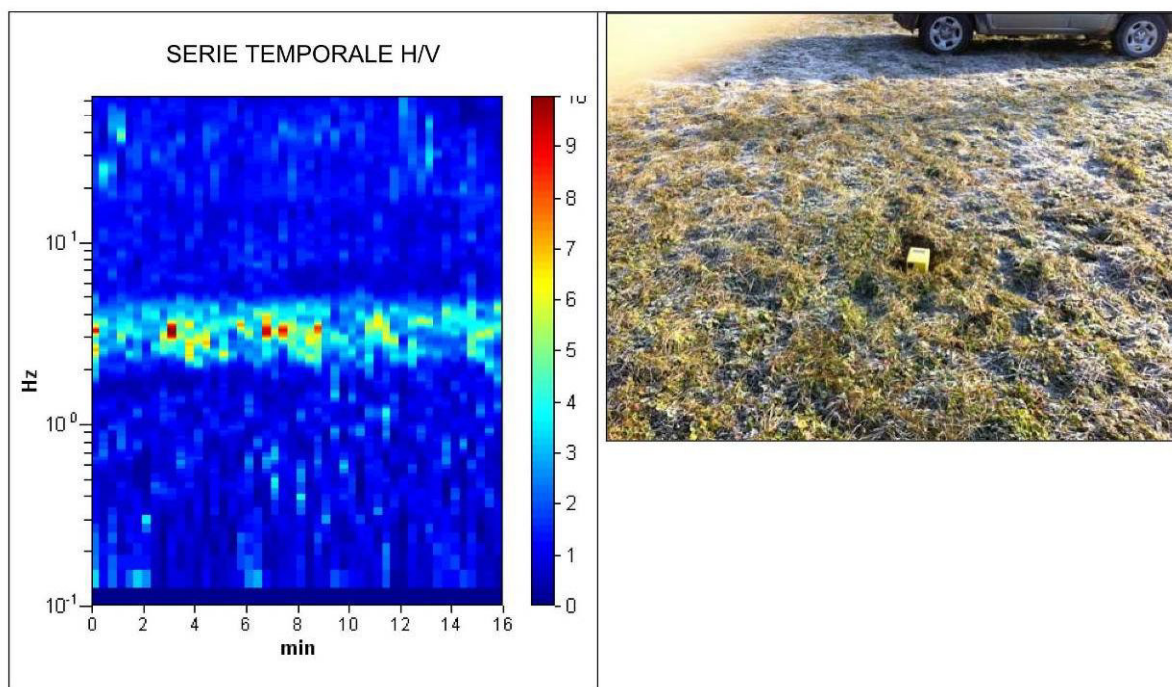
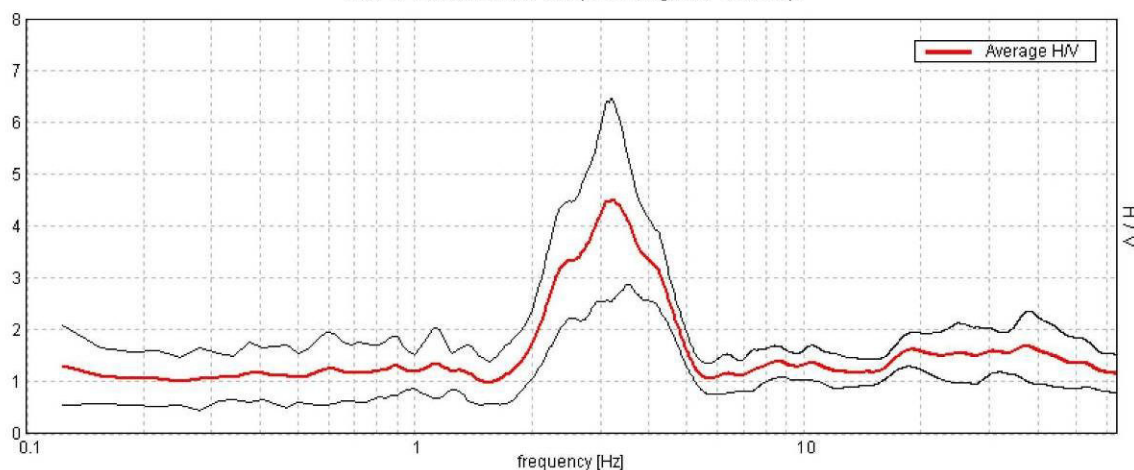
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

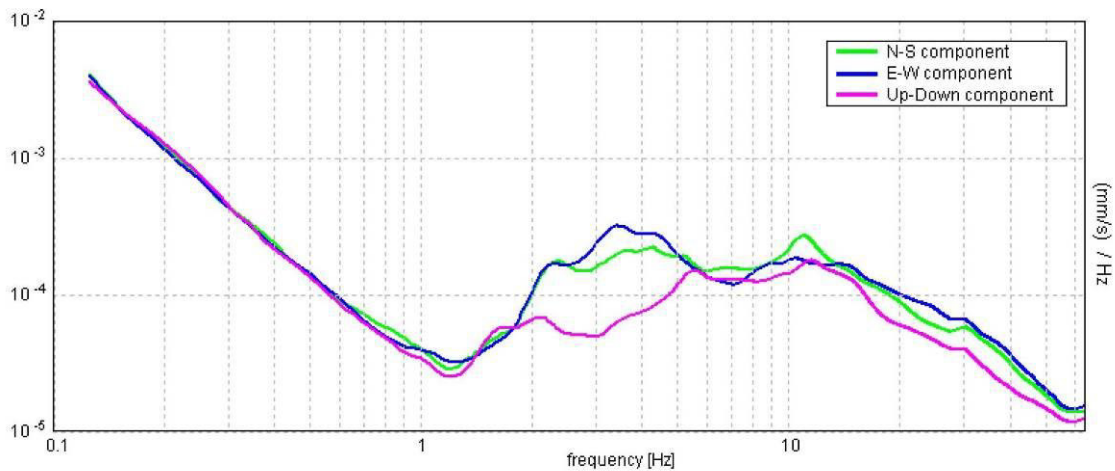
Tabella 1

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 3.22 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Griffa* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 3.22 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.22 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3090.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 156	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.125 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.50 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00192 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00618 < 0.16094$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9593 < 1.58$	OK	

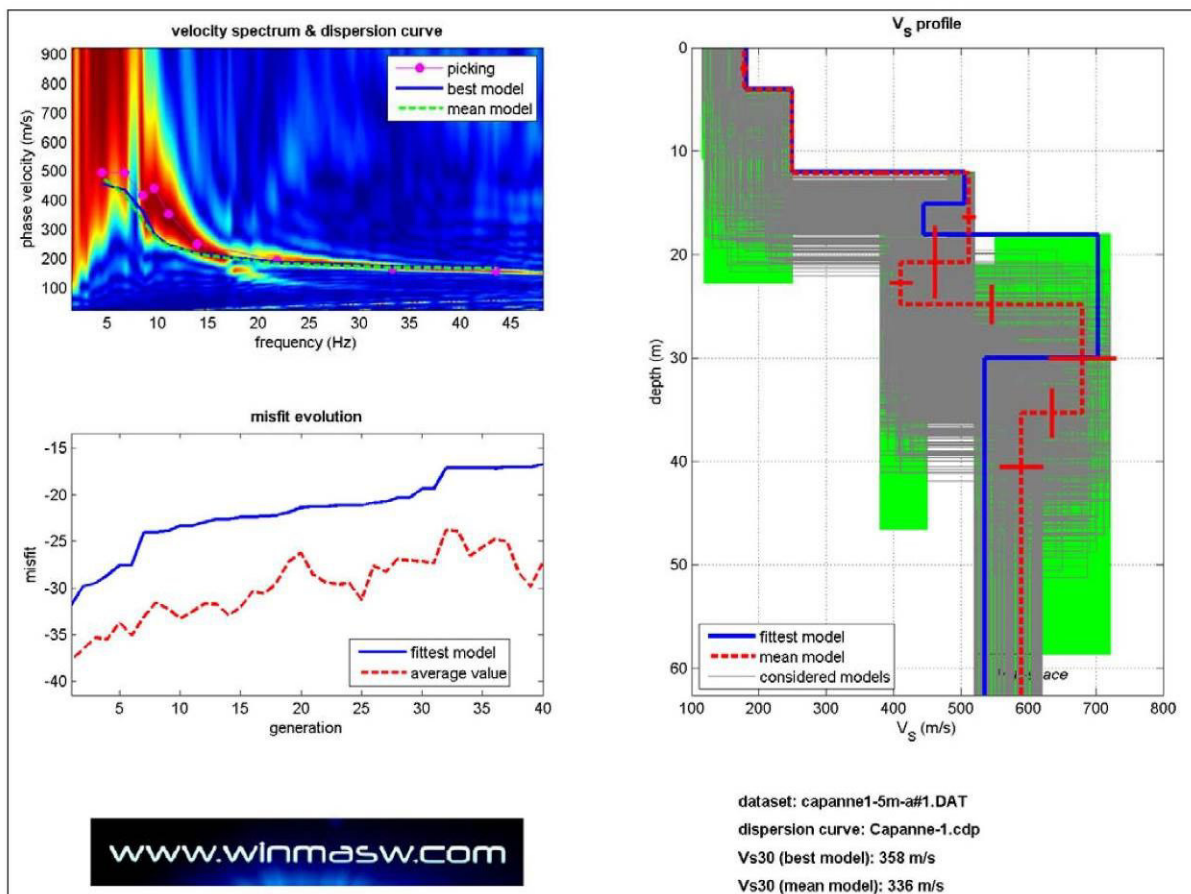
L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f 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

ALLEGATO B

MASW

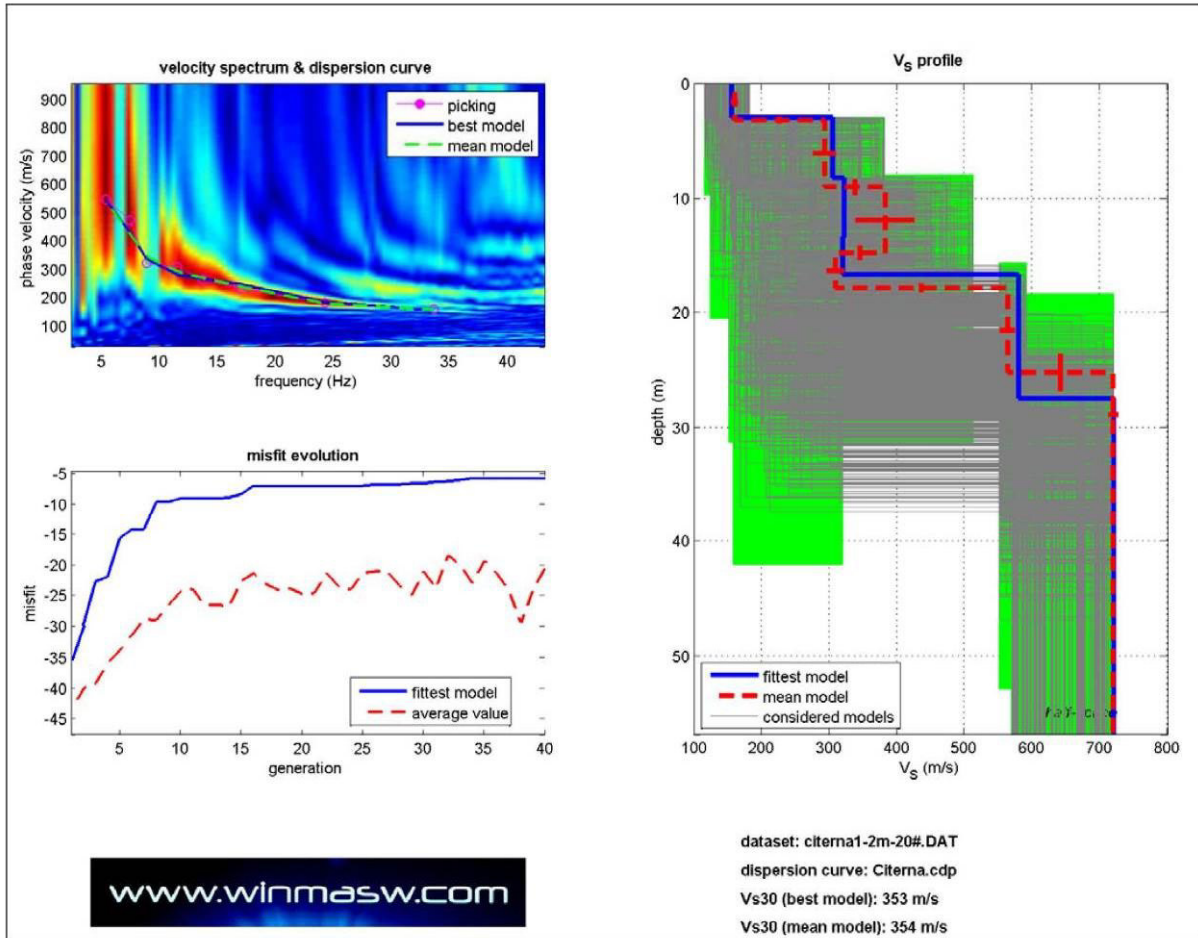
MASW 01



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	4.0	4.0	178
Strato 2	4.0	12.1	8.1	250
Strato 3	12.1	20.7	8.6	512
Strato 4	20.7	24.8	4.1	411
Strato 5	24.8	35.3	10.5	680
Strato 6	35.3			590
Strato 7				

V_{s30} = 336 m/s (0 m da p.c.)

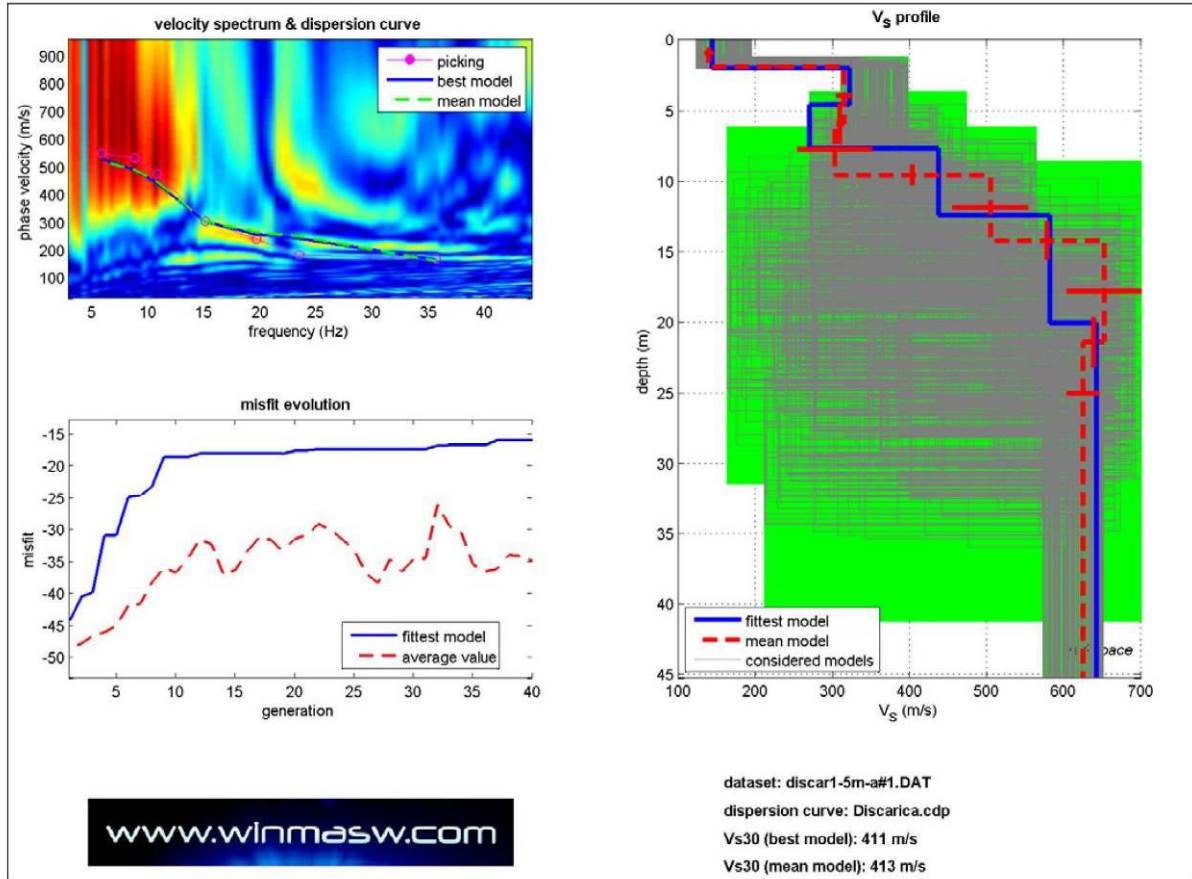
MASW 02



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	3.2	3.2	160
Strato 2	3.2	9.1	5.9	293
Strato 3	9.1	14.9	5.8	382
Strato 4	14.9	18.0	3.1	309
Strato 5	18.0	25.4	7.4	563
Strato 6	25.4			719
Strato 7				

$V_{s30} = 354 \text{ m/s}(0 \text{ m da p.c.})$

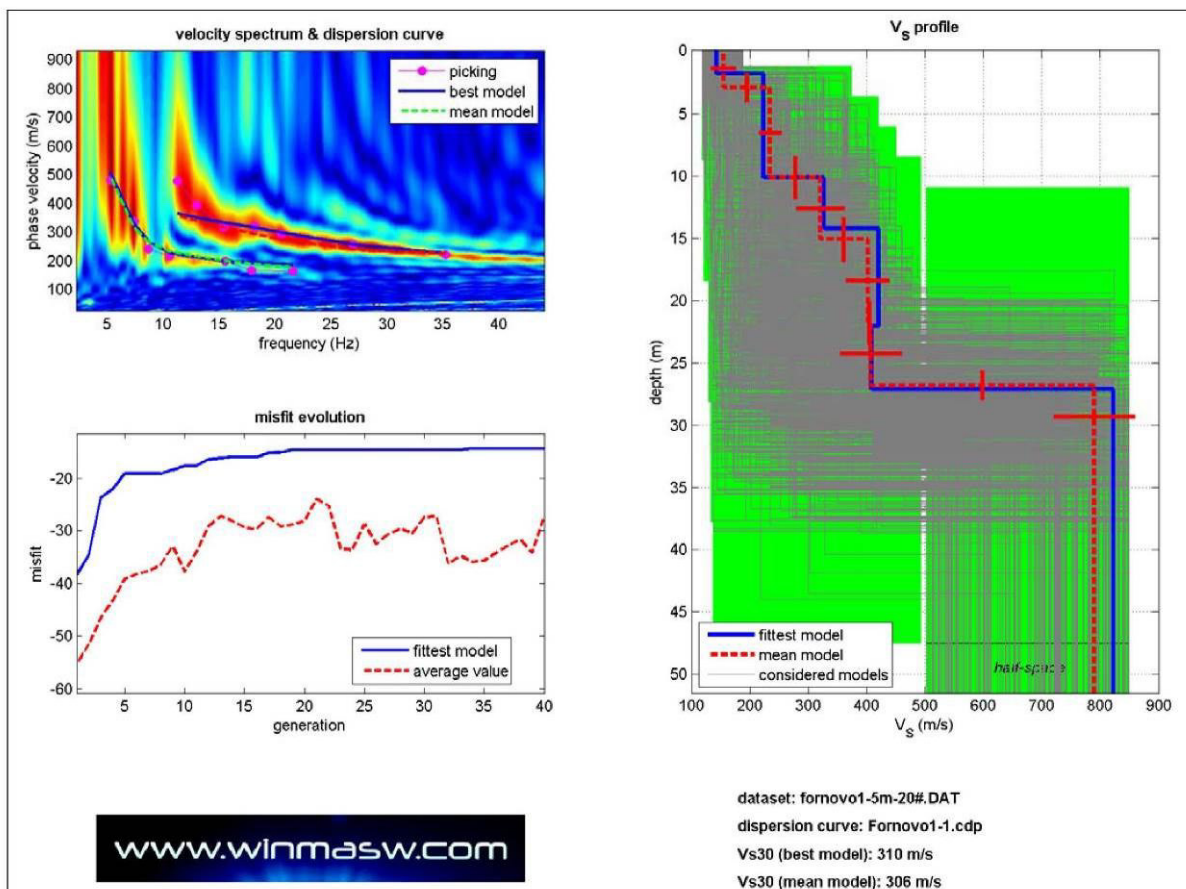
MASW 03



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	1.9	1.9	140
Strato 2	1.9	5.9	4.0	315
Strato 3	5.9	9.5	3.6	303
Strato 4	9.5	14.2	4.7	503
Strato 5	14.2	21.4	7.2	651
Strato 6	21.4			624
Strato 7				

$V_{s30} = 413 \text{ m/s}(0 \text{ m da p.c.})$

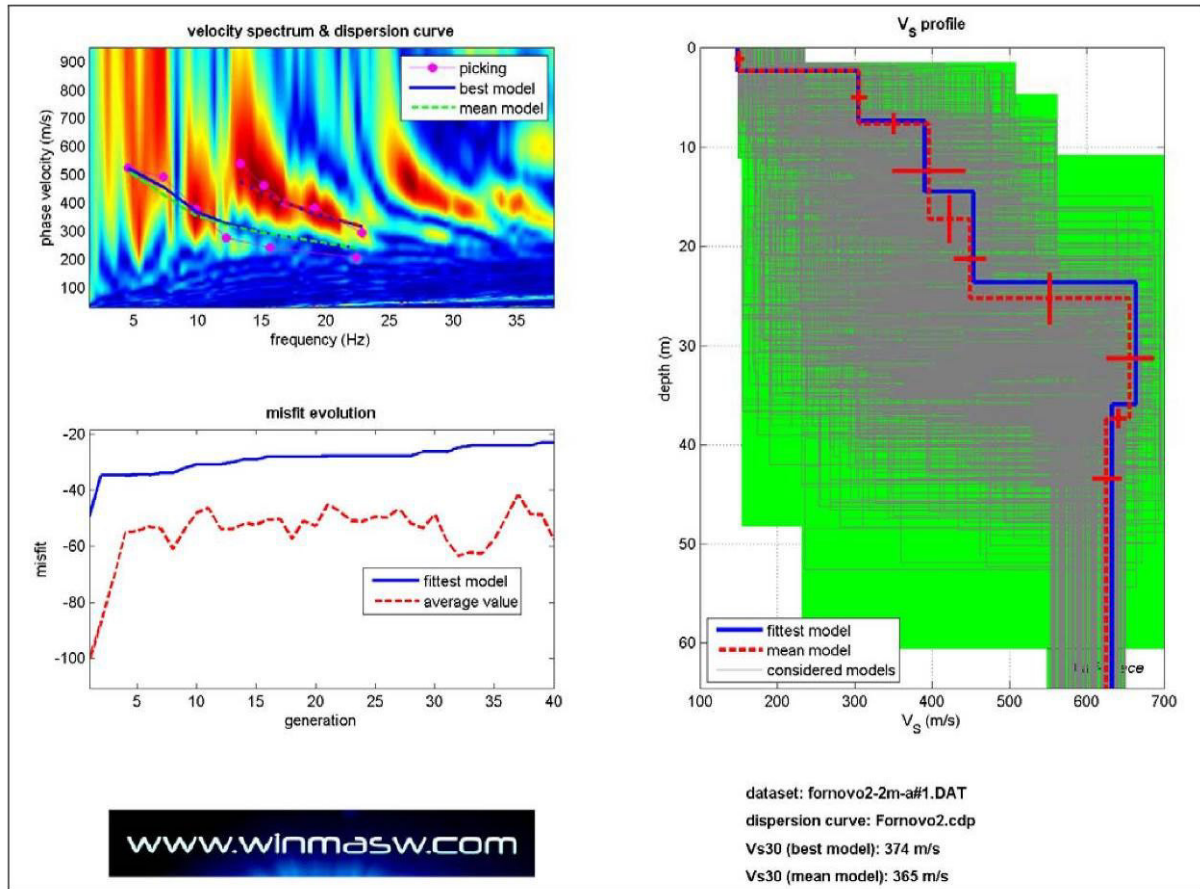
MASW 04



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a		
Strato 1	0.0	2.9	2.9	155
Strato 2	2.9	10.1	7.2	235
Strato 3	10.1	15.0	4.9	321
Strato 4	15.0	21.7	6.7	402
Strato 5	21.7	26.8	5.1	407
Strato 6	26.8			790
Strato 7				

V_{s30} = 306 m/s(0 m da p.c.)

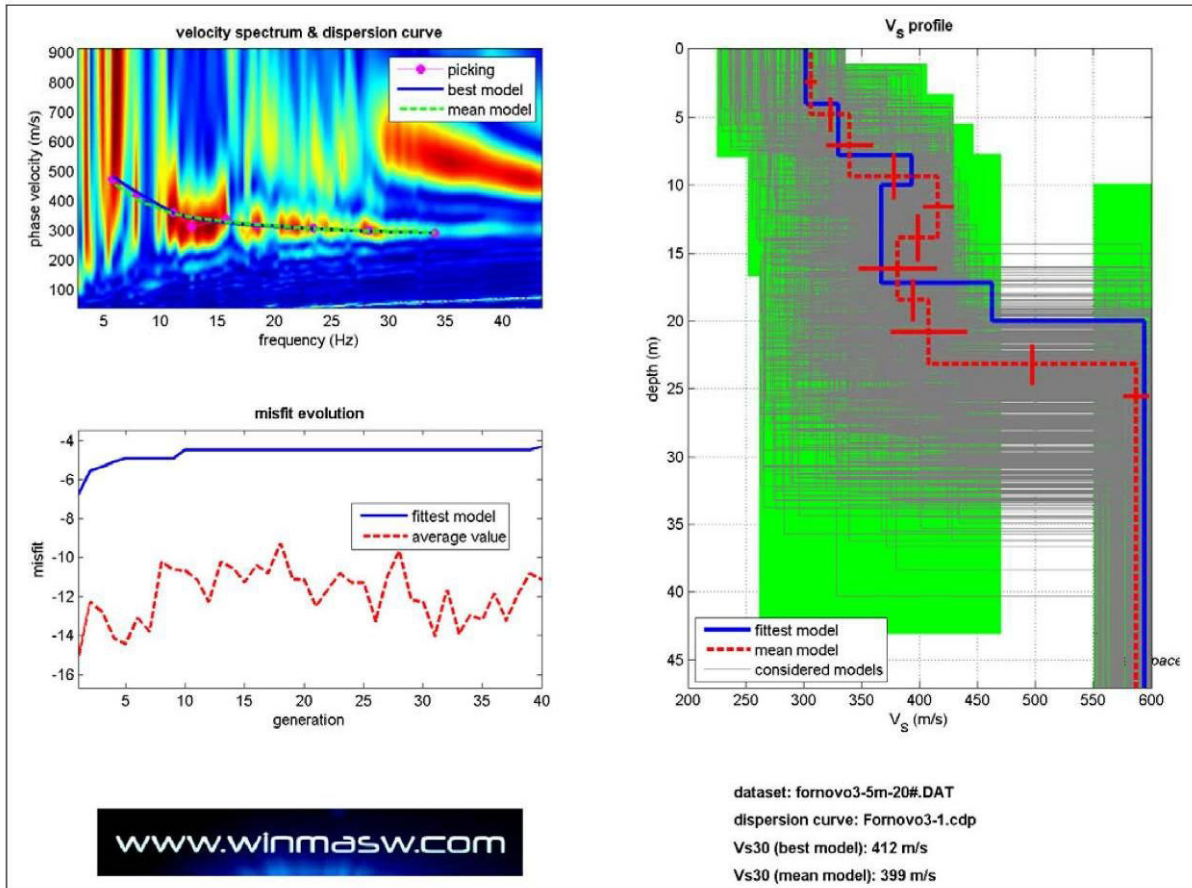
MASW 05



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	2.4	2.4	151
Strato 2	2.4	7.6	5.2	306
Strato 3	7.6	17.2	9.6	396
Strato 4	17.2	25.2	8.0	448
Strato 5	25.2	37.3	12.1	656
Strato 6	37.3			626
Strato 7				

V_{s30} = 365 m/s(0 m da p.c.)

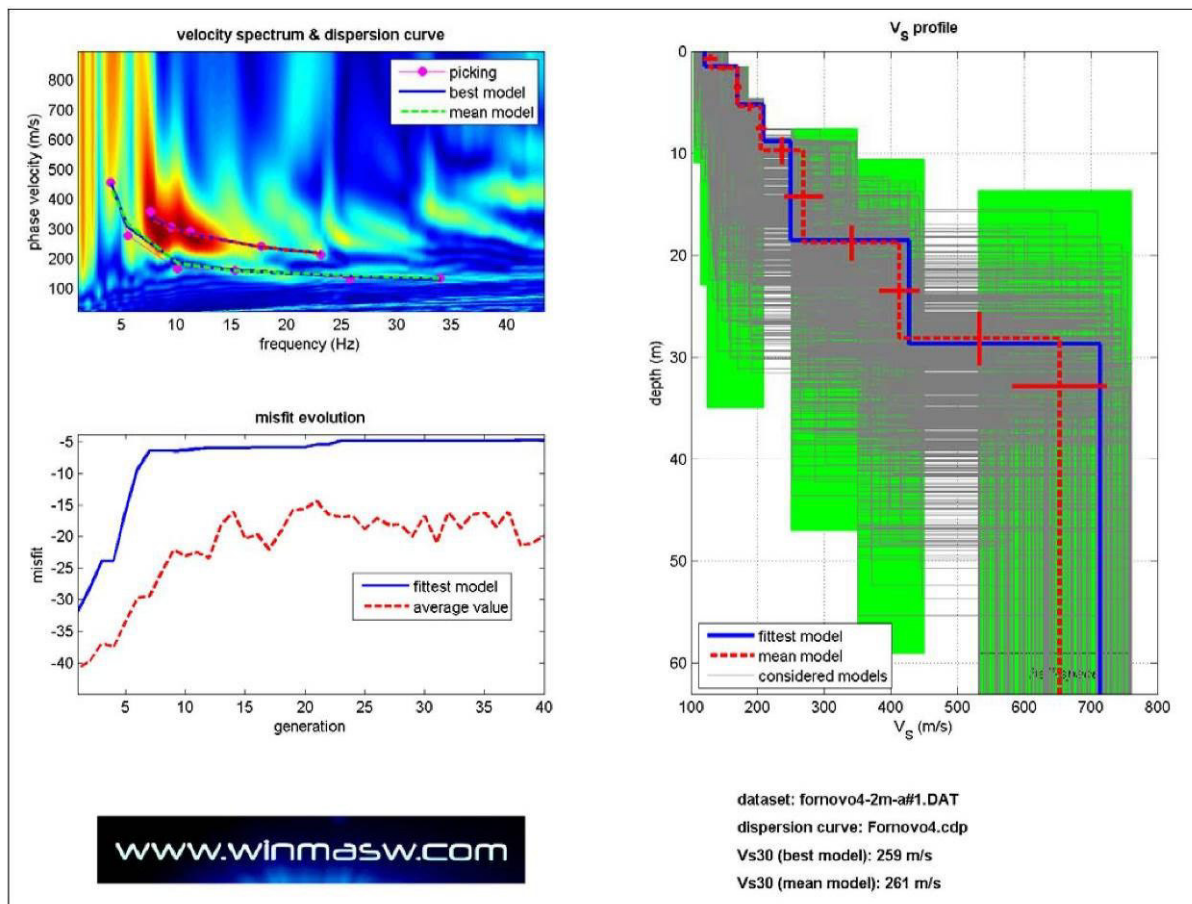
MASW 06



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	4.8	4.8	306
Strato 2	4.8	9.3	4.5	340
Strato 3	9.3	13.9	4.6	416
Strato 4	13.9	18.5	4.6	381
Strato 5	18.5	23.2	4.7	408
Strato 6	23.2			587
Strato 7				

V_{s30} = 399 m/s(0 m da p.c.)

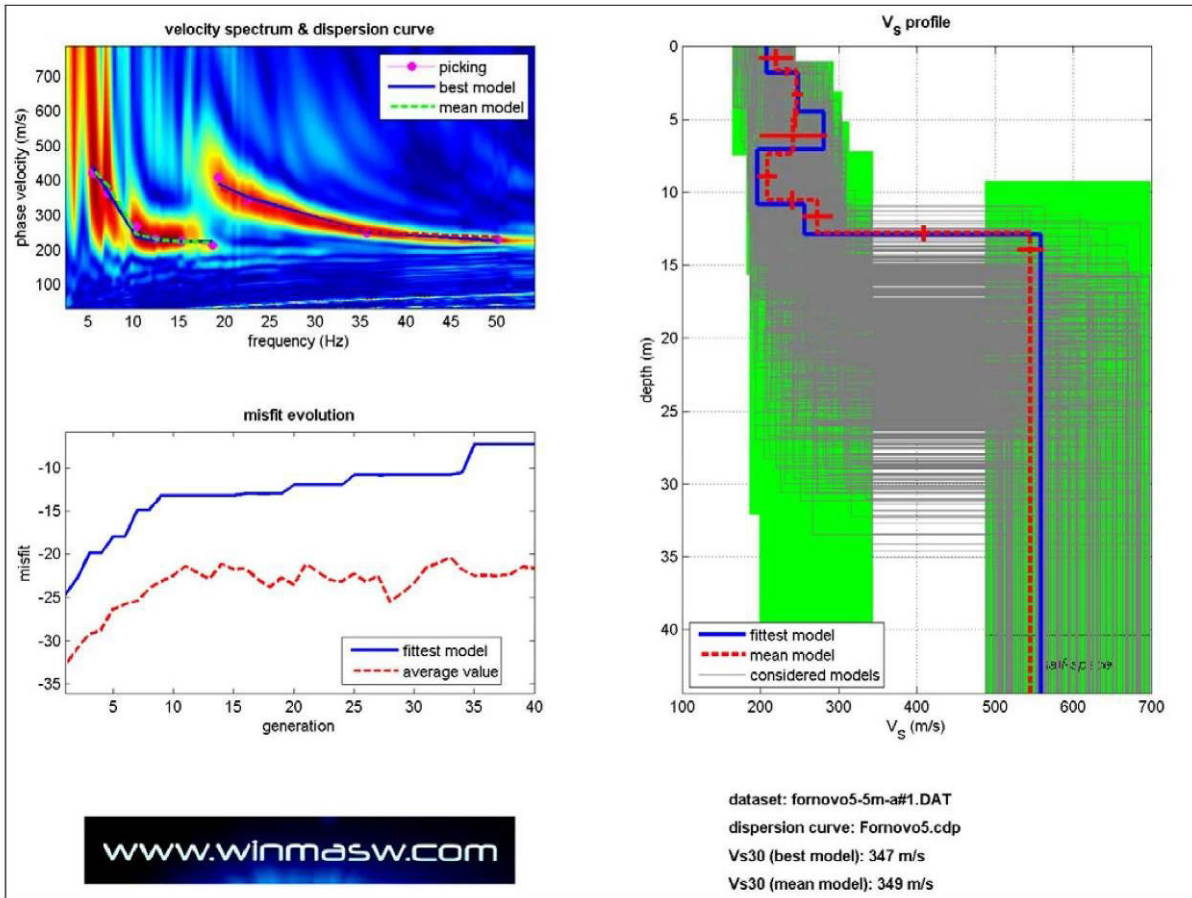
MASW 07



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	1.7	1.7	129
Strato 2	1.7	5.2	3.7	170
Strato 3	5.2	9.5	4.3	205
Strato 4	9.5	18.5	9.0	269
Strato 5	18.5	27.9	9.4	413
Strato 6	27.9			653
Strato 7				

V_{s30} = 261 m/s(0 m da p.c.)

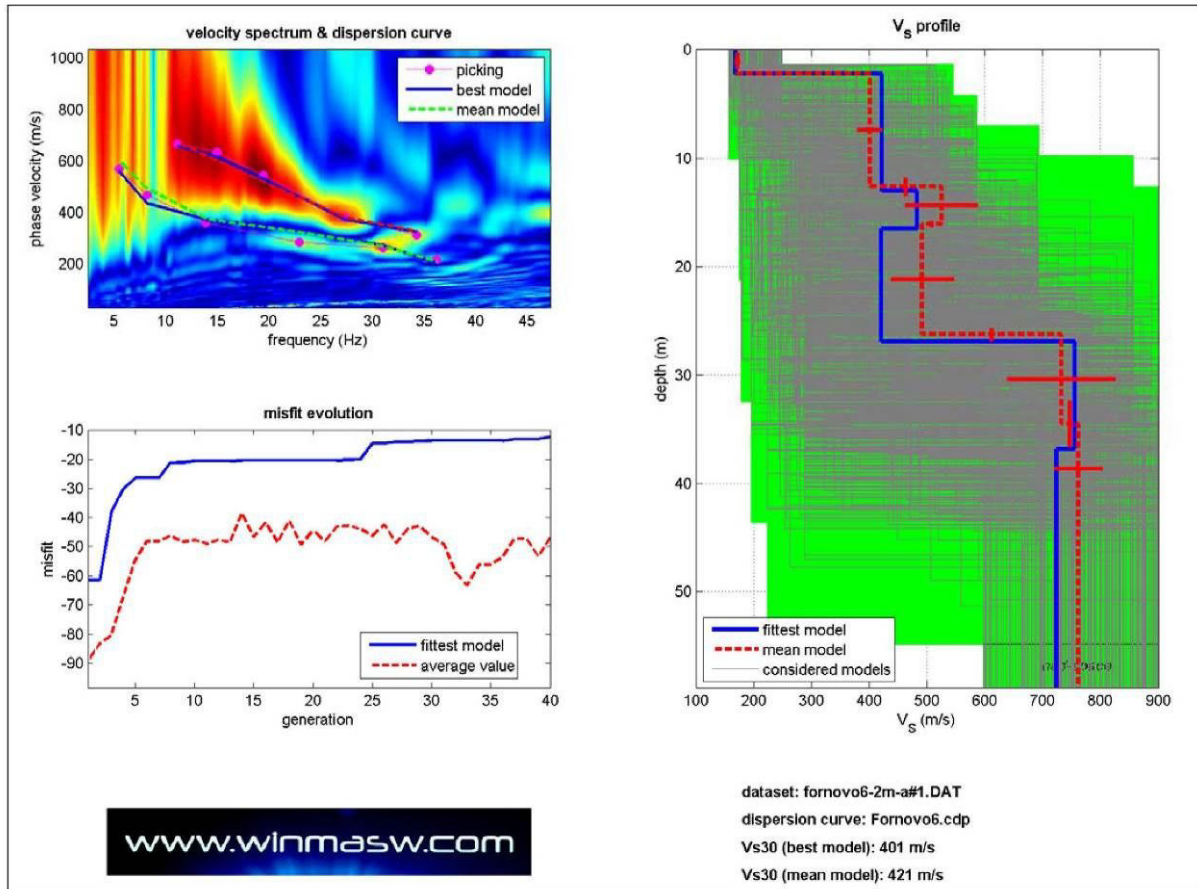
MASW 08



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	1.7	1.7	220
Strato 2	1.7	4.9	3.2	247
Strato 3	4.9	7.4	2.5	242
Strato 4	7.4	10.6	3.2	209
Strato 5	10.6	12.9	2.3	273
Strato 6	12.9			545
Strato 7				

V_{s30} = 349 m/s(0 m da p.c.)

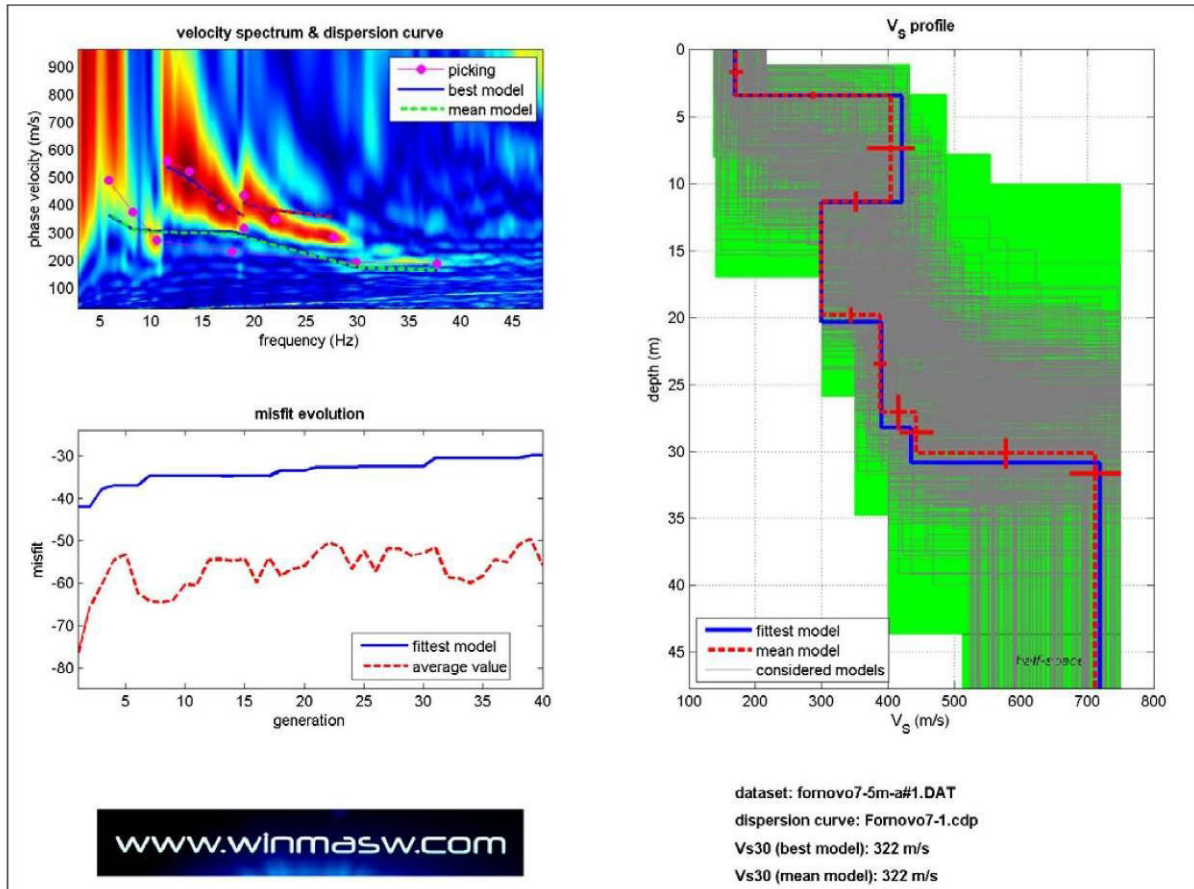
MASW 09



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	2.3	2.3	172
Strato 2	2.3	12.7	10.4	401
Strato 3	12.7	16.1	3.4	525
Strato 4	16.1	26.2	10.1	492
Strato 5	26.2	34.5	8.3	732
Strato 6	34.5			762
Strato 7				

$V_{s30} = 421 \text{ m/s}(0 \text{ m da p.c.})$

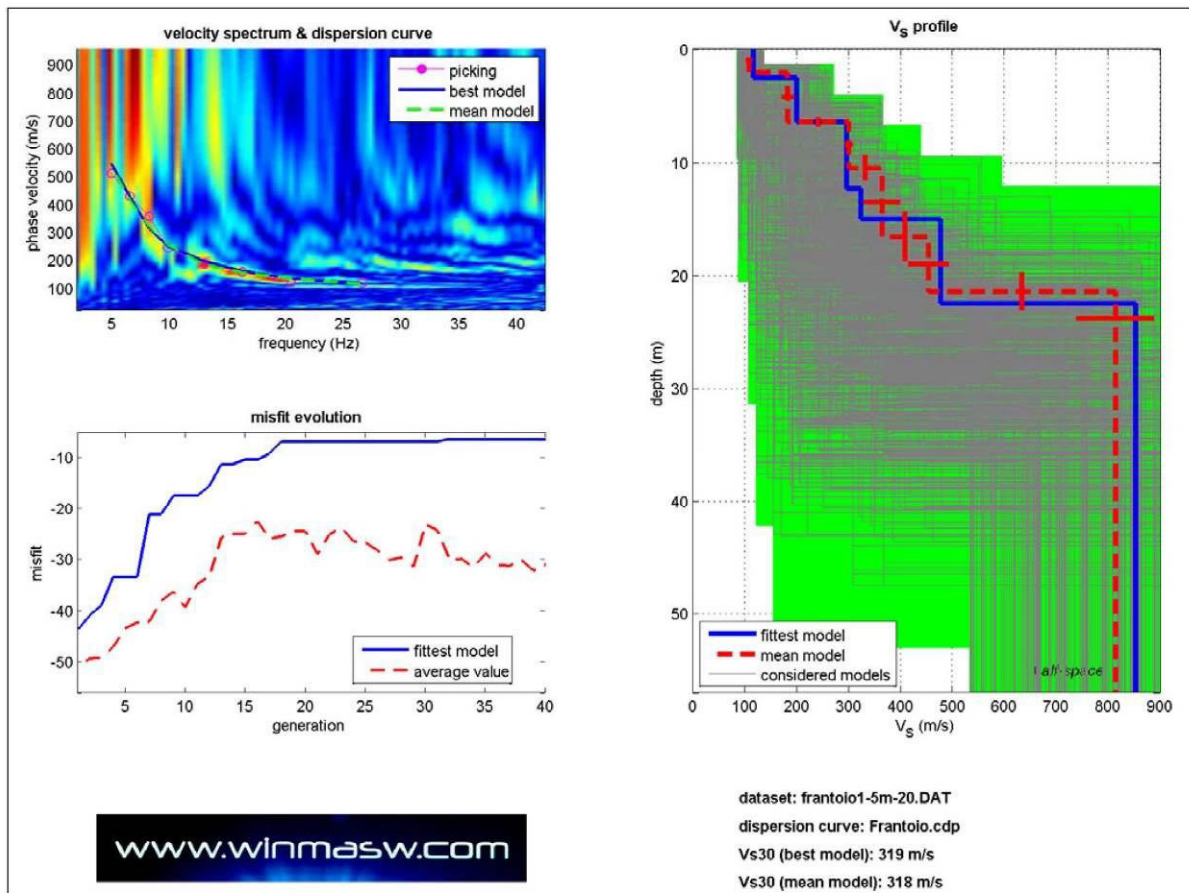
MASW 10



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	3.4	3.4	171
Strato 2	3.4	11.3	7.9	404
Strato 3	11.3	19.8	8.5	300
Strato 4	19.8	27.1	7.3	388
Strato 5	27.1	30.1	3.0	443
Strato 6	30.1			712
Strato 7				

V_{s30} = 322 m/s(0 m da p.c.)

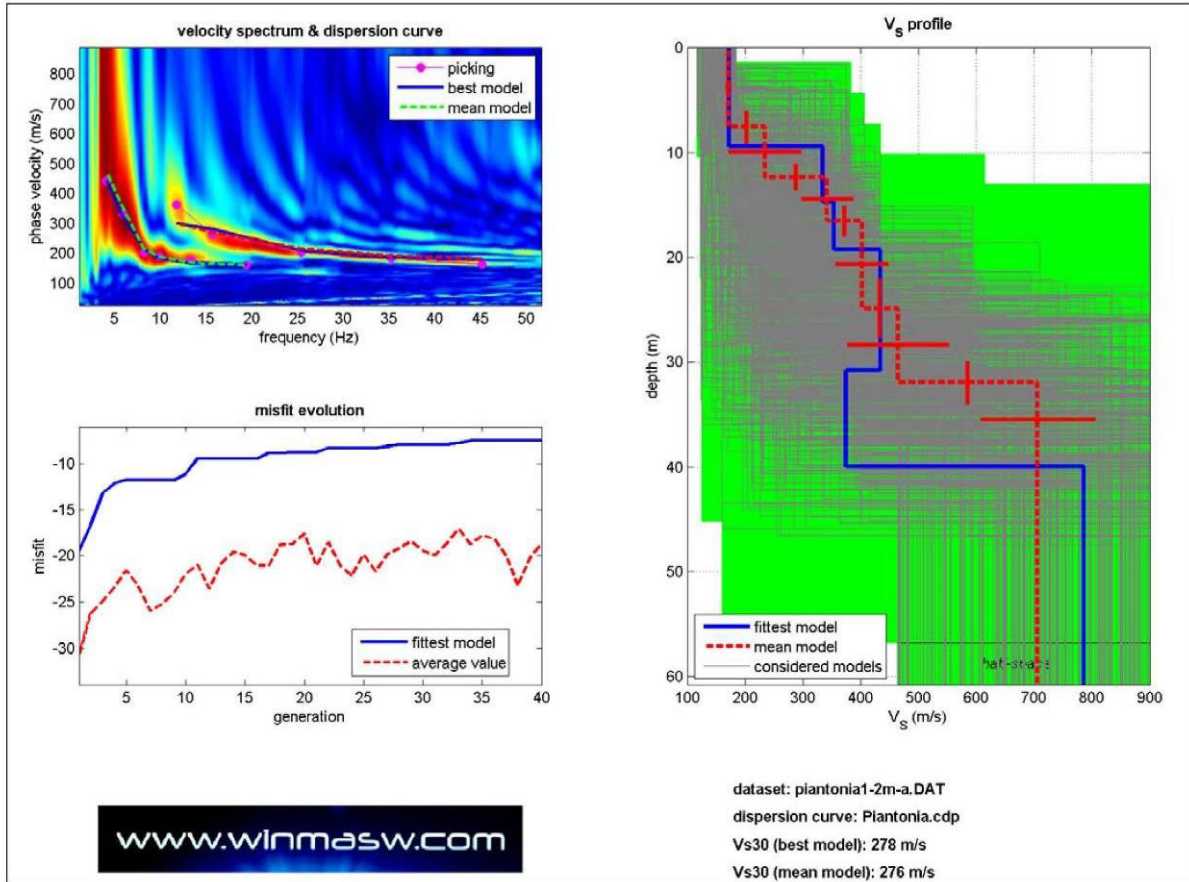
MASW 11



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	2.1	2.1	109
Strato 2	2.1	6.4	4.3	183
Strato 3	6.4	10.5	4.1	300
Strato 4	10.5	16.6	6.1	364
Strato 5	16.6	21.4	4.8	453
Strato 6	21.4			813
Strato 7				

V_{s30} = 318 m/s(0 m da p.c.)

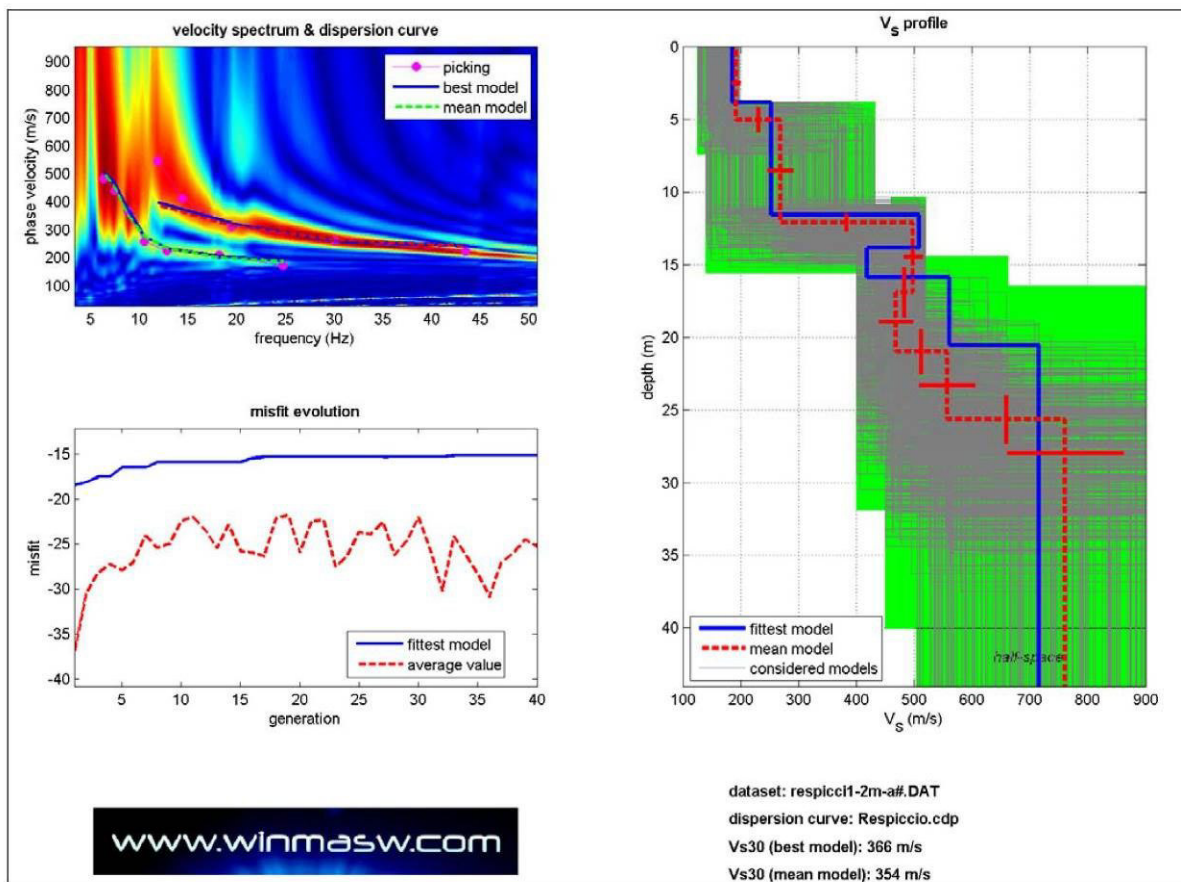
MASW 12



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	7.5	7.5	171
Strato 2	7.5	12.3	4.8	234
Strato 3	12.3	16.5	4.2	342
Strato 4	16.5	24.9	8.4	402
Strato 5	24.9	32.0	7.1	465
Strato 6	32.0			706
Strato 7				

$V_{S30} = 276 \text{ m/s}(0 \text{ m da p.c.})$

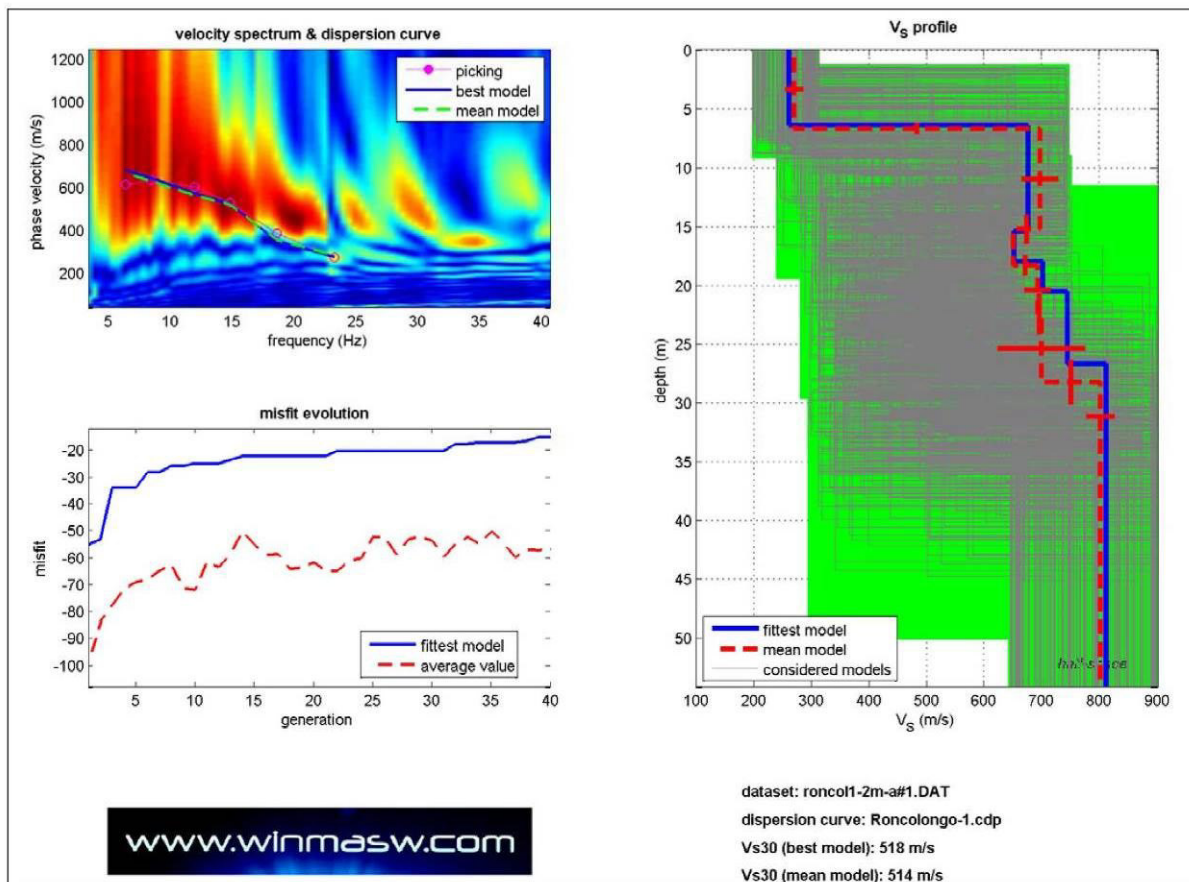
MASW 13



	Profondità		spessore	Vel m/s
	da	a	m	
Strato 1	0.0	5.0	5.0	192
Strato 2	5.0	12.1	7.1	269
Strato 3	12.1	16.9	4.8	498
Strato 4	16.9	21.0	4.1	468
Strato 5	21.0	25.6	4.6	557
Strato 6	25.6			761
Strato 7				

V_{s30} = 354 m/s(0 m da p.c.)

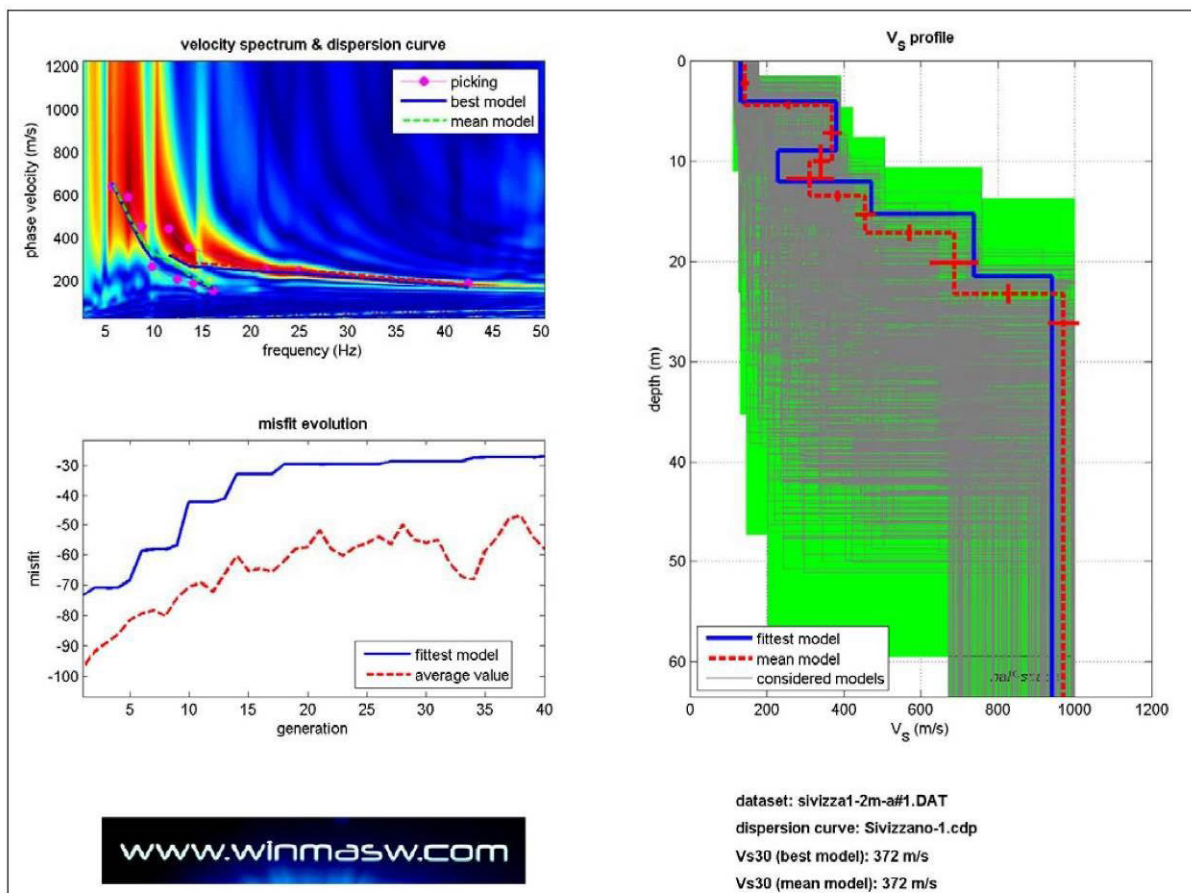
MASW 14



	Profondità		spessore m	Vel m/s
	da	a		
Strato 1	0.0	6.7	6.7	270
Strato 2	6.7	15.2	8.5	695
Strato 3	15.2	18.3	3.1	649
Strato 4	18.3	22.4	4.1	691
Strato 5	22.4	28.2	5.8	697
Strato 6	28.2			800
Strato 7				

$V_{s30} = 514 \text{ m/s}(0 \text{ m da p.c.})$

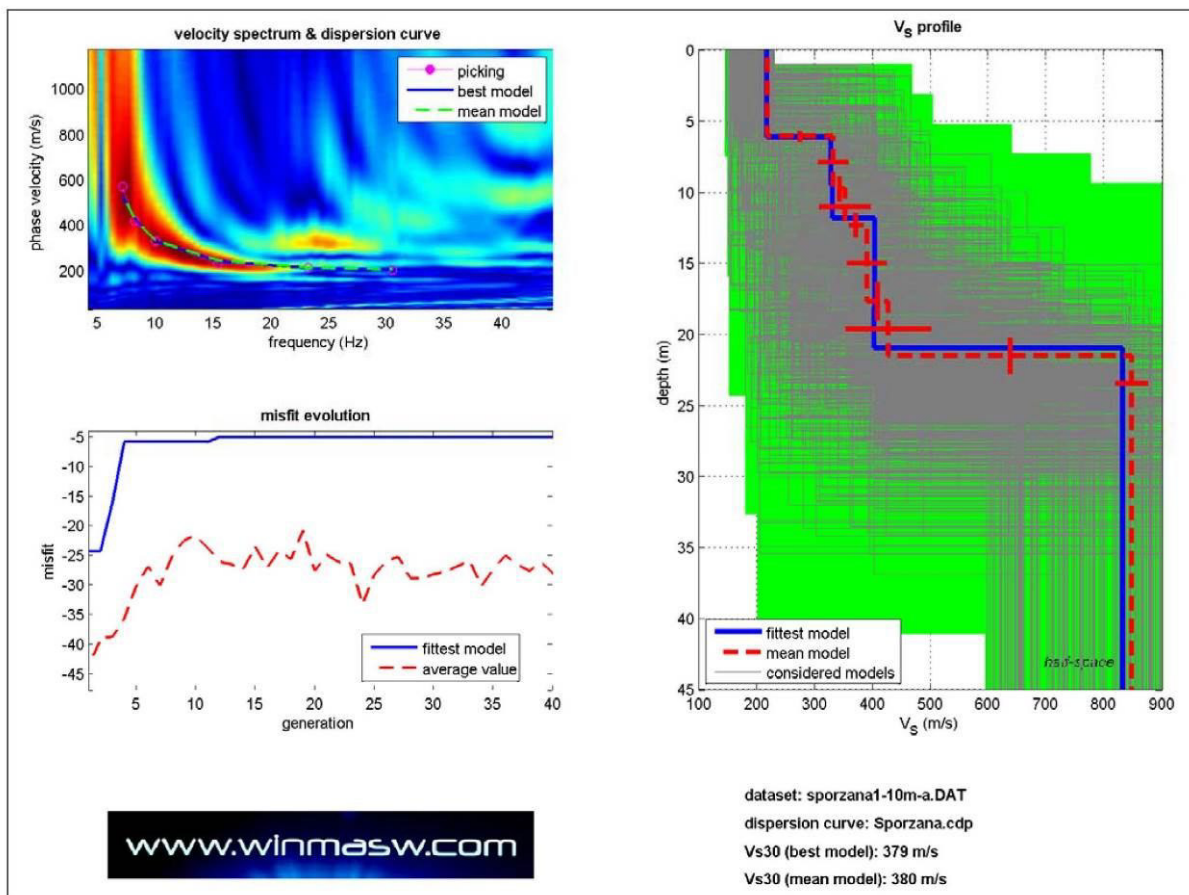
MASW 15



	Profondità		spessore m	Vel m/s
	da	a		
Strato 1	0.0	4.4	4.4	143
Strato 2	4.4	10.0	5.6	370
Strato 3	10.0	13.4	3.4	312
Strato 4	13.4	17.0	3.6	456
Strato 5	17.0	23.1	6.1	687
Strato 6	23.1			971
Strato 7				

V_{s30} = 372 m/s(0 m da p.c.)

MASW 16



	Profondità		spessore m	Vel m/s
	da	a		
Strato 1	0.0	6.1	6.1	218
Strato 2	6.1	9.8	3.7	332
Strato 3	9.8	12.4	2.6	352
Strato 4	12.4	17.8	5.4	390
Strato 5	17.8	21.6	3.8	427
Strato 6	21.6			846
Strato 7				

V_{s30} = 380 m/s(0 m da p.c.)