

POI ITECNICO DI MIi ANO

Scuola di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale



Corso di laurea in Ingegneria Civile

**APPROFONDIMENTI SULL'UTILIZZO DELLE
INDAGINI H/V PER LA MICROZONAZIONE
SISMICA DI 1° LIVELLO**

Relatore: Prof. Maurizio Valdi

Tesi di laurea di:
Giancarlo Saccà,
matricola n.748501

Anno Accademico 2011/2012

SINTESI

Le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni giocano un ruolo fondamentale sul valore dello scuotimento registrato in superficie in seguito ad un evento sismico e in funzione delle differenti condizioni locali del terreno, il moto in superficie, può subire delle modifiche in ampiezza, contenuto in frequenza e durata anche su brevi distanze. La valutazione di queste modifiche e la previsione, su scala locale, del rischio sismico atteso e dei suoi effetti sull'ambiente fisico e costruito, costituisce l'obiettivo di uno studio di *microzonazione sismica (MS)*.

Il lavoro di questa tesi, nell'ambito di una MS di primo livello, si focalizza sulla valutazione dei rapporti spettrali (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) del rumore ambientale registrato sulla superficie del terreno. Nell'ipotesi che le sorgenti del rumore ambientale siano distribuite uniformemente attorno al punto di misura, il metodo HVSR, se si è in presenza di un netto contrasto di impedenza fra gli strati, è in grado di individuare correttamente la frequenza di risonanza del sito investigato.

Le diverse curve H/V calcolate sono state correlate a indagini pregresse dell'area in esame rendendo possibile, a partire dalla frequenza di risonanza, la determinazione dello spessore del deposito sovrice quindi la profondità del bedrock-sismico caratterizzato da velocità >800 m/s. Vista l'aleatorietà dei rumori ambientali e l'impossibilità di poter caratterizzare un sito con una sola misura è stato eseguito un transetto di misure con passo molto fitto. Il transetto permette una validazione reciproca tra le misure e, tramite i diversi valori di f_0 calcolati, di ottenere una sezione che descrive l'andamento del bedrock-sismico lungo il profilo, anche in assenza di informazione reperibili da indagini pregresse.

Dato che la necessità principale di un primo livello è quella di fornire un quadro generale del territorio che si vuole indagare senza troppi costi la tecnica HVRS risulta essere particolarmente adatta per questo scopo

.

INDICE DEI CONTENUTI

APPROFONDIMENTI SULL'UTILIZZO DELLE INDAGINI H/V PER LA MICROZONAZIONE SISMICA DI 1° LIVELLO.....	I
SINTESI.....	I
INDICE DEI CONTENUTI.....	I
INDICE DELLE FIGURE.....	I
INDICE DELLE TABELLE.....	V
CAPITOLO 1 INTRODUZIONE.....	1
CAPITOLO 2 IL PROBLEMA DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	9
2.1 Le onde sismiche	10
2.2 La Risposta Sismica Locale	16
2.2.1 Strato omogeneo elastico su substrato rigido	19
2.2.2 Strato omogeneo elastico su substrato deformabile.....	23
2.2.3 Strato omogeneo visco elastico su substrato rigido.....	26
2.2.4 Strato omogeneo visco-elastico su substrato deformabile.....	30
2.3 RSL tramite microtremitori.....	33
2.3.1 Il rumore ambientale.....	33
2.3.2 Il metodo dei rapporti spettrali (HVRs).....	36
2.3.3 Procedure di elaborazione e analisi dati del metodo HVRs.....	39
Acquisizione dati.....	43

Elaborazione	44
CAPITOLO 3 LA MICROZONAZIONE SISMICA.....	53
3.1 Generalità	54
3.1.1 livello 1 di microzonazione	57
Carta delle indagini	57
Carta delle micro zone omogenee in prospettiva sismica.....	57
3.2 La Microzonazione Sismica tramite misure HVSR.....	61
3.2.1 Misure HVSR a “spot”	61
Comune di Sant’Antonino di Susa.....	61
3.2.2 Transetto di misure.....	69
Comune di San Antonino di Susa	72
Comune di Sarezzo	80
CAPITOLO 4 CONCLUSIONI.....	85
BIBLIOGRAFIA	89
APPENDICE A CARTE REDATTE DALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA	91
APPENDICE B PRESENTAZIONE RISULTATI DEL COMUNE DI SANT’ANTONINO DI SUSAAAA.....	95
APPENDICE C PRESENTAZIONE RISULTATI DEL COMUNE DI SAREZZO	122

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1. Propagazione di un evento sismico dalla sorgente al sito e problemi geotecnici dovuti a modifiche del moto sismico	4
Figura 1.2. Variazione dello scuotimento su una sezione di 4 miglia di S. Francisco, nel terremoto del 1957 (Seed e Idriss,1969).	5
Figura 2.1. Distanze caratteristiche di un terremoto.	10
Figura 2.2. Stati deformativi prodotti da (a) onde P e da (b) onde S	12
Figura 2.3. Stati deformativi prodotti da (a) onde di Love e da (b) onde di Rayleigh.....	13
Figura 2.4. Onda P incidente all'interfaccia tra due mezzi.	14
Figura 2.5. Schema di riferimento per l'analisi della risposta sismica locale.	16
Figura 2.6. Funzione di amplificazione relativa ad uno strato omogeneo elastico su substrato rigido	20
Figura 2.7. Forme di oscillazione dei primi 4 modi di vibrazione di uno strato omogeneo elastico su base rigida.....	23
Figura 2.8. Funzione di amplificazione relativa ad uno strato omogeneo elastico su substrato deformabile.....	24
Figura 2.9. Funzione di amplificazione relativa ad uno strato omogeneo visco-elastico su substrato rigido.....	28
Figura 2.10. Forme di oscillazione dei primi 3 modi di vibrazione di uno strato omogeneo visco-elastico su base rigida.....	29

Figura 2.11. Influenza del rapporto di impedenza I sull'amplificazione massima relativa alla frequenza fondamentale, nel caso di uno strato omogeneo visco-elastico su substrato deformabile.....	31
Figura 2.12. Schema di riferimento per il metodo HVSR.....	37
Figura 2.13. Curva sperimentale ottenuta tramite il rapporto HVSR.....	38
Figura 2.14 Confronto tra il rapporto H / V di vibrazioni ambientali e il rapporto spettrale standard su terremoti. a) confronto delle frequenze f_0 , b) confronto della ampiezze A_0	39
Figura 2.15. H/V perturbata su basse frequenze, relativa ad un acquisizione su bedrock affiorante, a causa di un non corretto accoppiamento strumento terreno	43
Figura 2.16. Rumore Ambientale acquisito per una durata di 30 min.....	44
Figura 2.17. Curva H/V media e dev, stand., le curve colorate rappresentano il rapporto spettrale ottenuto per ogni singola finestra, le barre parallele in grigio individuano il picco della funzione e la sua deviazione standard.....	46
Figura 2.18. a) Calcolo della cura H/V utilizzando finestre di 30 sec su l'intero segnale; b) Calcolo della curva H/V con eliminazione dei transienti tramite il rapporto $STA/I TA$	48
Figura 2.19. Confronto dei parametri di qualità SESAME effettuato sulla stessa curva H/V analizzata attraverso la ricerca del picco di frequenza su una banda ristretta.....	49
Figura 2.20. Presenza di rumore elettromagnetico o di origine industriale: a) la curva H/V non è influenzata dalla presenza del disturbo; b) la curva H/V risente della presenza del disturbo.....	50
2.21. Curva H/V che presenta due picchi chiari e ben definiti.....	51

Figura 3.1. Inquadramento territoriale e confini amministrativi del comune di Sant'Antonino di Susa.....	61
Figura 3.2. Identificazione punti di stazionamento per le misurazioni tramite tecnica HVRS	62
Figura 3.3 Sezioni rappresentative del comune di Sant'Antonino di Susa ottenute tramite misure H/V a spot.....	67
Figura 3.4. Interpolazione spaziale dei dati a spot HVRS di Sant'Antonino di Susa (ottenuta tramite il software commerciale Surfer 9)	69
Figura 3.5. Rappresentazione Fronte d'onda serico e 1° zona di Fresnel.....	70
Figura 3.6 Localizzazione delle misure del transetto nel comune Sant'Antonino di Susa.....	72
Figura 3.7. Andamento della frequenza di risonanza, in una sezione della valle, ottenuta attraverso il transetto di misure.....	73
Figura 3.8. Sezione rappresentativa della profondità del bedrock sismico attraverso l'utilizzo di velocità ottenute da indagini geofisiche preesistenti.....	74
Figura 3.9. Sezione rappresentativa ottenuta tramite il transetto di misure. Le interdistanze tra le misure variano di : a) 50 m a bordo valle e 100 m al centro della valle; b) 100 m; c) 200 m; d) 250-300 m; e-f)300m; g-h) 400m	76
Figura 3.10. Interpolazione spaziale dei valori di f_0 ottenuti tramite l'elaborazione delle curve H/V.....	78
Figura 3.11. Deviazione standard dei valori f_0 predetti tramite interpolazione spaziale.....	79
Figura 3.12. Inquadramento territoriale del comune di Sarezzo (BS)	80
Figura 3.13. Localizzazione del transetto di misure.....	81

Figura 3.14. Andamento della frequenza di risonanza, in una sezione della valle, ottenuta attraverso il transetto di misure con interdistanza tra le stazioni di: a) 50 m; b) 100 m.	82
Figura 3.15. Profilo delle V_S ottenute da downhole e sondaggio a carotaggio continuo con raggiungimento del bedrock geologico.....	83
Figura 3.16. Profondità raggiunta in funzione della frequenza individuata.	84

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Sintesi delle sorgenti di rumore in funzione della frequenza dopo gli studi di Gutemberg (1958) e Asten (1978,1984)	34
Tabella 2. Sinesi sulla natura del rumore ambientale ottenuta da diversi autori (Douze 1968, Toksoz 1964-67, i i 1984, Horike 1985, Yamanaka 1994). Con P = Body waves, R_n = onde di Rayleigh dove , n=0 : fundamental mode n=1,2 ... : n higher mode n=+ : higher modes (no order precision).	35
Tabella 3. Tabella riassuntiva del rapporto di onde di Rayleigh e love contenute nel rumore ambientale dopo gli studi di diversi autori (Chouet et al. (1998), Yamamoto (2000), Arai and Tokimatsu (1998), Cornou (2002), Okada (2003), Köhler et al.)	36
Tabella 4. Raccomandazioni principali per chi deve effettuare misure di rumore ambientale per il calcolo del rapporto H/V (SESAME European research project, 2004)	41
Tabella 5. Parametri da utilizzare e verificare per garantire l'attendibilità statistica delle misure (SESAME European research project, 2004).....	42
Tabella 6. Coordinate stazioni H/V e valore F₀	65
Tabella 7. Frequenze di risonanza relative ai punti investigati e corrispettive profondità del bedrock sismico.....	65
Tabella 8.Coordinate geografiche delle stazioni utilizzate per effettuare il transetto.....	73

Tabella 9. Abaco per la stima dello spessore delle coperture a partire da valori delle frequenze di risonanza determinate dalle misure H/V	77
Tabella 10. Coordinate geografiche delle stazioni di misura e valori di F0 individuati.....	81

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

Per la sua posizione geografica, tra la zolla africana e quella euroasiatica, l'Italia è uno dei paesi del Mediterraneo che ha il più alto rischio sismico¹. E' presente una sismicità elevata su gran parte del territorio a partire da regioni settentrionali, come il Friuli, una parte del Veneto e la Liguria occidentale, proseguendo verso le regioni meridionali lungo la dorsale appenninica fino in Calabria e Sicilia. Data la frequenza con cui il territorio italiano è colpito dai terremoti si ha la consapevolezza di dover disporre di un metodo e di strumenti finalizzati alla mitigazione del rischio sismico. Prepararsi ad affrontare situazioni catastrofiche come i terremoti per poterne prevenire gli effetti corrisponde a quantificare il livello del *rischio sismico (R)* di un qualsiasi sistema mediante la valutazione della *pericolosità sismica*² regionale (*H*, da *hazard*), della *vulnerabilità*³ (*V*) del sistema terreno-fondazione-struttura e del *grado di esposizione*⁴ (*E*) della comunità interessata. Una metodologia per la previsione del rischio sismico scaturisce quindi dalla valutazione del prodotto simbolico:

¹ **Rischio sismico (R)**-Probabilità che si verifichi o che venga superato un certo livello di danno o di perdita in termini economico-sociali in un prefissato intervallo di tempo ed in una data area, a causa di un evento sismico.

² **Pericolosità sismica (H)**-Stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. La pericolosità sismica può essere analizzata con metodi deterministici, assumendo un determinato terremoto di riferimento, o con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del terremoto sono esplicitamente considerati.

³ **Vulnerabilità sismica (V)**-Propensione al danno o alla perdita di un sistema a seguito di un dato evento sismico. La vulnerabilità viene detta primaria se relativa al danno fisico subito dal sistema per effetto delle azioni dinamiche dell'evento, secondaria se relativa alla perdita subita dal sistema a seguito del danno fisico. Per ogni sistema, la vulnerabilità può essere espressa in maniera diretta attraverso la definizione della distribuzione del livello di danno o di perdita a seguito di un dato scuotimento o in maniera indiretta attraverso indici di vulnerabilità ai quali correlare danno e scuotimento. La distribuzione del danno apparente agli elementi strutturali o non strutturali di un edificio al variare dello scuotimento sismico fornisce una misura della vulnerabilità primaria. La distribuzione del costo di riparazione di un edificio in relazione al danno apparente o meccanico è una misura di vulnerabilità secondaria.

⁴ **Grado di esposizione (E)**-Variabile che viene considerata valutando: la distribuzione, la struttura e le condizioni economiche della popolazione; il patrimonio edilizio residenziale, pubblico e produttivo; il sistema delle infrastrutture; l'insieme delle attività economiche presenti; le relazioni dell'area esaminata con quelle circostanti

$$R = H * V * E$$

La stima di H include le analisi di pericolosità sismica di base e di pericolosità sismica locale.

La *pericolosità sismica di base* è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti) ed è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero (*free field*) su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale;
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento P_{VR} .

Questi parametri che descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto di riferimento in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche, determinano la classificazione sismica su vasta scala del territorio e costituiscono una base da utilizzare per studi più approfonditi che si svolgono con l'analisi della *pericolosità sismica locale*.

La *pericolosità sismica locale*, è definita come lo scuotimento atteso al suolo in un dato sito in un prefissato periodo di ritorno e con una data probabilità di superamento, tenendo conto delle modificazioni al moto di riferimento indotte dalle specifiche condizioni locali (caratteristiche topografiche, stratigrafiche e geotecniche).

Infatti, nel passaggio dal substrato rigido ai depositi superficiali, le onde sismiche interagiscono con i terreni e, in funzione delle specifiche condizioni locali, possono subire delle modifiche nel loro contenuto in ampiezza, in frequenza e nella loro

durata. Il moto sismico modificato, quindi, può portare a fenomeni di risonanza, effetti dissipativi, incrementi e accumulo di pressione interstiziale, decadimento della rigidezza e della resistenza. Valutando gli effetti di amplificazione su scala locale oltre a fornire la determinazione delle azioni di progetto sui manufatti, attraverso la caratterizzazione del moto sismico di riferimento, si possono individuare, come indica la Figura 1.1, diverse possibili condizioni di instabilità.

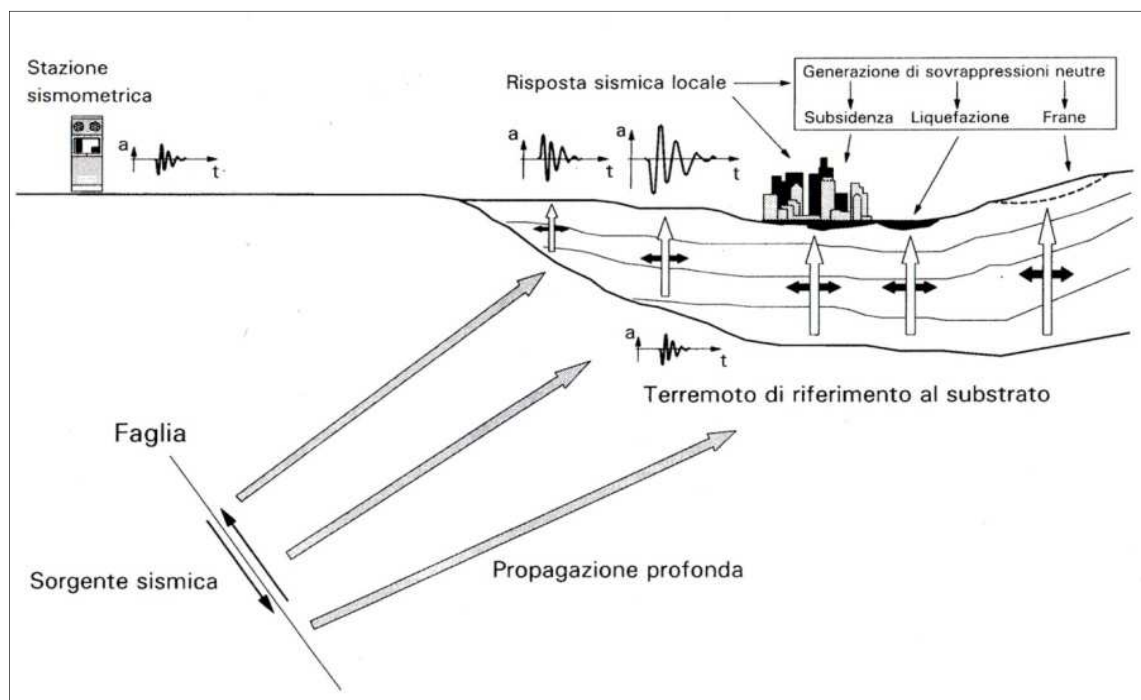


Figura 1.1. Propagazione di un evento sismico dalla sorgente al sito e problemi geotecnici dovuti a modifiche del moto sismico

l'importanza che ricopre l'influenza dei terreni di fondazione sull'azione di un terremoto, era già nota più di un secolo fa. Come dimostrato dalle Nelle Norme Tecniche approvate con regio decreto del 18 aprile 1909, n.193, a seguito del disastroso terremoto di Messina e Reggio Calabria del 1908, in cui si riportava il divieto di nuove costruzioni e ricostruzioni *"su terreni posti sopra e presso fratture, franosi o atti a scoscendere, ad a comunicare ai fabbricati vibrazioni e sollecitazioni tumultuarie per differente costituzione geologica o diversa resistenza delle singole parti di essi"*.

In uno studio condotto nel 1969 da Seed ed Idriss sulle registrazioni accelerometriche effettuate in occasione del terremoto di S. Francisco del 1957 (Figura 1.2), emersero risultati che indicavano con evidenza come nell'ambito della stessa città, a poche centinaia di metri di distanza, lo stesso terremoto provocasse scuotimenti decisamente differenti in dipendenza degli spessori e delle caratteristiche dei terreni più soffici presenti negli strati più superficiali. Ulteriori studi effettuati in anni successivi, utilizzando le registrazioni accelerometriche e modelli strutturali di edifici, mostrarono come essi risentissero di forze sismiche molto diverse, sia in termini di risultante globale, sia in termini di contenuto in frequenza, spiegando in tal modo alcune evidenti differenze di danneggiamento riscontrate in strutture simili su terreni diversi.

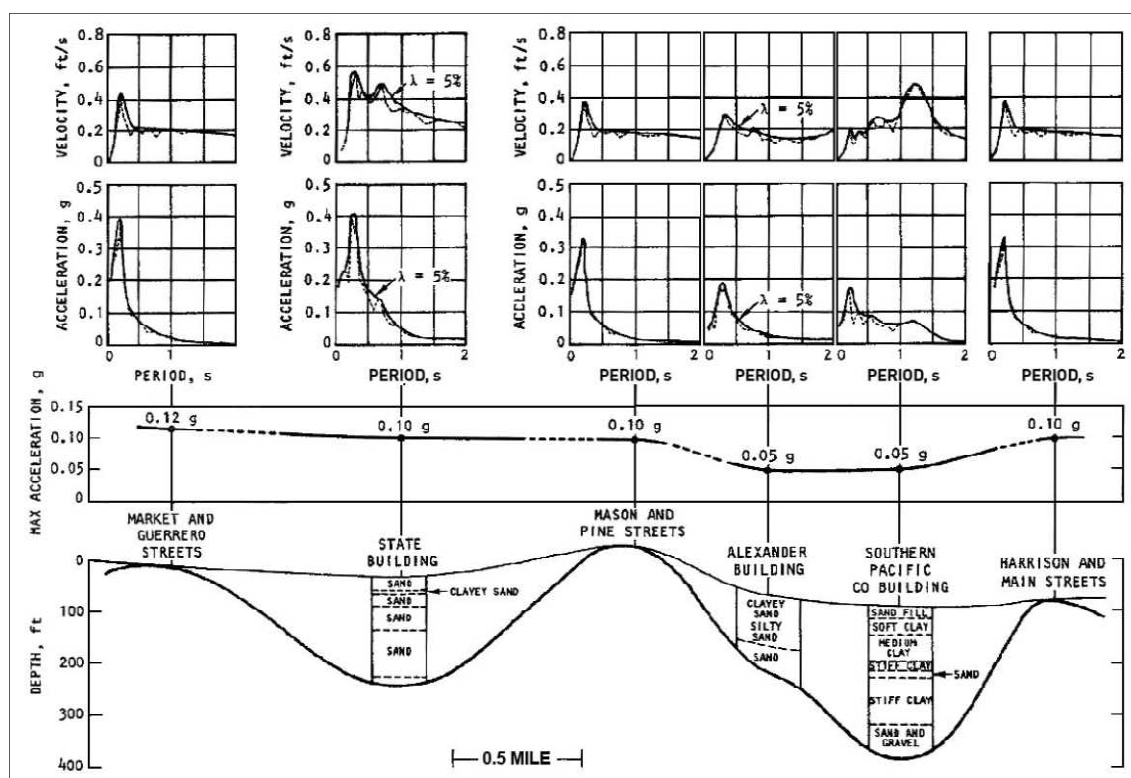


Figura 1.2. Variazione dello scuotimento su una sezione di 4 miglia di S. Francisco, nel terremoto del 1957 (Seed e Idriss, 1969).

Da allora gli studi su molti terremoti (es. Città del Messico, 1986; Kobe, 1992; Izmit, 1999) hanno continuato a mostrare con sempre maggiore evidenza come le

caratteristiche locali del territorio possano alterare in maniera evidente l'azione sismica. Anche in Italia, recentemente, Friuli 1976 (Brambati *et al.*, 1980), Irpinia 1980 (Rippa e Vinale, 1983), Umbria-Marche, 1997 (Capotorti *et al.*, 1997), sono state evidenziate situazioni in cui vengono mostrati livelli di danneggiamento estremamente diversi in edifici simili, dal punto di vista strutturale, in siti distanti poche centinaia di metri fra loro. In tutti i casi si è visto come la distribuzione zonale dei danni fosse legata alla variazione di spessore e al tipo di materiali di cui era composto il terreno di copertura.

La previsione, su scala locale, del rischio sismico atteso e dei suoi effetti sull'ambiente fisico e costruito, costituisce l'obiettivo di uno studio cosiddetto di *microzonazione sismica (MS)*.

I dati di base per gli studi di MS fanno parte di varie discipline: geologia, geomorfologia, geologia tecnica, ingegneria geotecnica, geofisica e ingegneria delle strutture. Questi sono prodotti da varie fonti informative e coinvolgono i vari esperti del settore.

Per questo caso di studio, come si vedrà nei prossimi capitoli, che si fermerà al 1° livello di MS, si è fatto ricorso ad una delle tecniche di prospezione geofisica; la tecnica dei rapporti spettrali medi fra le componenti orizzontali e verticali del moto (HVSR).

Affinché la tecnica possa risultare efficace e d'ausilio per lo studio di microzonazione viene richiesta la definizione del valor medio dell'andamento delle velocità e della profondità (anche approssimativa) del basamento sismico nel sito oggetto di studio.

Al primo livello di MS le stime di V_s e di H devono essere effettuate su vaste aree e quindi, per poter essere definite bisogna utilizzare procedure caratterizzate da rapidità di impiego e costi ridotti. Dato che spesso è necessario indagare in aree

urbanizzate, si cerca di utilizzare metodologie caratterizzate da un bassa invasività e applicabili anche in presenza di forti disturbi di origine antropica (traffico cittadino, attività industriali, ecc.)

l'impiego di metodi basati sulla misura e l'analisi delle vibrazioni ambientali possono costituire una possibile soluzione al problema. In questo caso, la tecnica HVSR può essere considerata uno strumento efficace per uno studio di microzonazione di 1° livello. Si tratta infatti di misure poco invasive, di rapida esecuzione e bassi costi di esercizi.

CAPITOLO 2

IL PROBLEMA DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

2.1 Le onde sismiche

I movimenti delle placche tettoniche in profondità portano alla generazione di stati di sforzo ed accumulo di energia e quando le rocce superano il loro limite di resistenza, l'energia da esse accumulata si libera e avviene il terremoto. Il punto in cui si genera il fenomeno è definito ipocentro e il punto sulla superficie che si trova sulla sua verticale è chiamato epicentro. Dato un certo punto di osservazione si definiscono la distanza epicentrale e ipocentrale le distanze da, rispettivamente, l'epicentro e l'ipocentro, mentre la distanza tra ipocentro e epicentro è detta distanza focale.

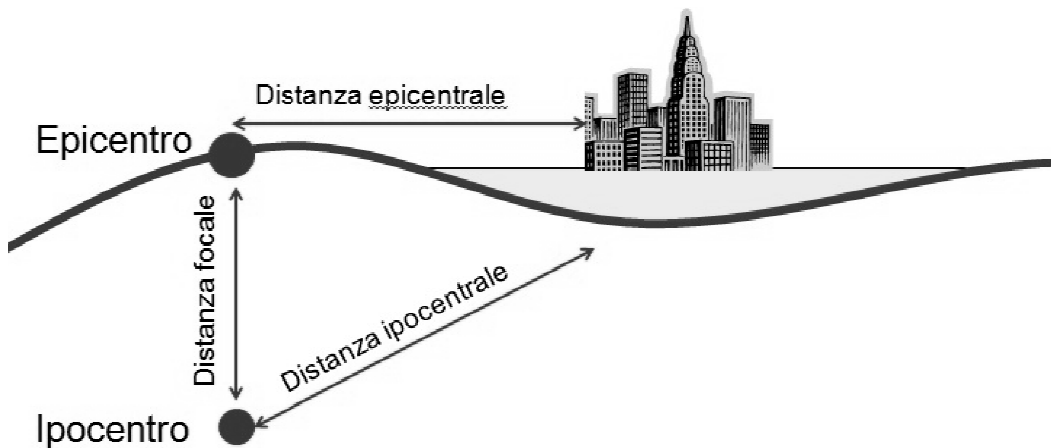


Figura 2.1. Distanze caratteristiche di un terremoto.

L'energia che viene rilasciata dall'ipocentro si propaga sotto forma di onde attraverso la terra giungendo in superficie dissipano la propria energia. La quantità di energia dissipata è influenzata in gran parte dalla profondità a cui si trova l'ipocentro. Infatti, se prendiamo in esame due terremoti, entrambi con lo stesso contenuto di energia iniziale, quello caratterizzato da un'elevata distanza ipocentrale subisce delle maggiori attenuazioni rispetto al secondo, grazie alla maggiore dissipazione di energia dovuta al passaggio dell'onda sismica attraverso gli strati del terreno fino alla superficie.

Dallo studio dell'equilibrio dinamico del mezzo elastico ideale (W.M. Telford, 1990), le onde che si propagano dall'ipocentro fino alla superficie possono essere suddivise in onde primarie e onde secondarie e si dimostra che:

- Le onde longitudinali o primarie (P) sono le onde associate a stati deformativi di compressione-dilatazione volumetrica per le quali il moto di vibrazione delle particelle avviene lungo la direzione di propagazione delle onde (Figura 2.2.a). La velocità delle onde P è data dall'espressione:

$$\alpha = V_P = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}G}{\rho}} \quad (2.1)$$

- Le onde trasversali o secondarie (S) sono le onde associate a stati deformativi distorsionali per le quali il moto delle particelle del terreno è perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda (Figura 2.2.b). Per le onde S si distinguono le onde SH polarizzate orizzontalmente e le onde SV, che sono polarizzate verticalmente. La velocità delle onde S è data dall'espressione:

$$\beta = V_S = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (2.2)$$

Dove, $k = \frac{p}{\Delta V/V}$ è il modulo di Bulk che esprime la resistenza del materiale ai cambiamenti di volume, $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ è il modulo di elasticità tangenziale che esprime la caratteristica di un materiale di resistere a deformazioni tangenziali, ρ , E e ν esprimono rispettivamente la densità del materiale, il modulo di Young ed il coefficiente di Poisson.

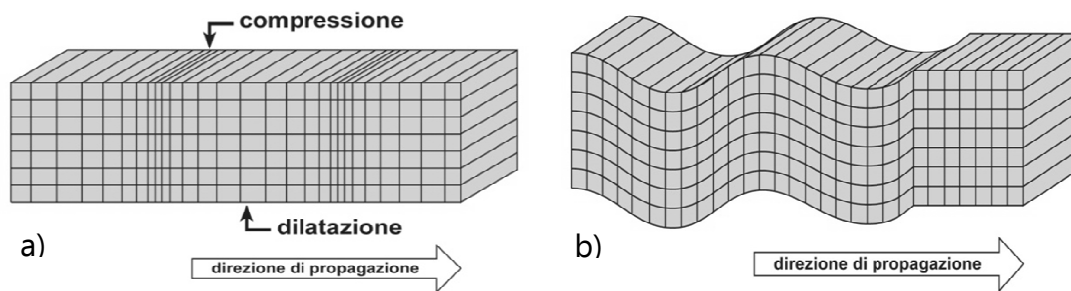


Figura 2.2. Stati deformativi prodotti da (a) onde P e da (b) onde S

La velocità delle onde S dipende fortemente dal modulo di deformazione tangenziale G . Per rocce non porose, generalmente, con l'aumentare della profondità c'è una maggiore compattazione e quindi un aumento di rigidità (G) che accresce il suo valore più velocemente della densità. Vi è, quindi, un aumento della velocità delle onde S con la profondità. Mentre nei fluidi, che non ammettono sforzi tangenziali ($G=0$) la V_S risulta essere nulla. Anche la porosità entra in gioco nella definizione della velocità delle onde S. Infatti, se abbiamo dei vuoti nel mezzo di propagazione esso diminuisce in rigidità (G) ma nel frattempo anche la sua densità (ρ) diminuisce lasciando così inalterata la velocità delle onde S. Se i vuoti, invece, sono riempiti con del fluido la densità aumenta e la rigidità rimane costante facendo sì che la V_S diminuisca per il così detto effetto densità.

La velocità delle onde P dipende sia dal modulo di compressione volumetrica k che dal modulo di deformazione tangenziale G . Per rocce non porose, come per le onde S, si avrà una V_P elevata che aumenta con la profondità, grazie all'aumento più rapido del fattore di rigidità e di compressibilità volumetrica rispetto alla densità. Se invece siamo in presenza di una roccia porosa la variazione della velocità dipende dal tipo di materiale attraversato e dal contenuto di fluido contenuto nei pori. Infatti la presenza del fluido all'interno dei pori produce un effetto densità che inizialmente porta ad una diminuzione della velocità delle onde P. Solo quando la percentuale di fluido all'interno dei pori è totale la costante

elastica di compressibilità (k) aumenta portando così ad un aumento della velocità della onde P.

In un mezzo omogeneo ed isotropo ad estensione infinita esistono solo onde P e onde S. Ma attraverso il loro percorso di propagazione dall'ipocentro fino alla superficie, nel momento in cui vengono attraversano mezzi con caratteristiche diverse, queste subiscono delle modifiche: generazione di onde superficiali, onde riflesse e trasmesse.

Le onde superficiali come le onde di Rayleigh e di Love sono più lente delle onde P e delle onde S ma sono responsabili dei maggiori spostamenti del terreno (Figura 2.3). Sono dette onde superficiali perché sono confinate in prossimità di una delle superfici che delimitano il mezzo e nascono da una combinazione lineare di onde P ed S.

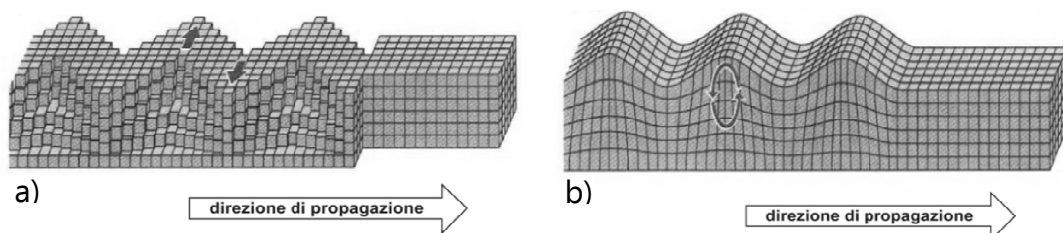


Figura 2.3. Stati deformativi prodotti da (a) onde di Love e da (b) onde di Rayleigh

L'onda di Rayleigh è un tipo di onda che produce movimento sia longitudinale che trasversale. Il moto della particella, definito retrogrado, è confinato su un piano verticale, che include la direzione di propagazione dell'onda. L'ampiezza di questo movimento diminuisce esponenzialmente con la profondità e dipende dalla lunghezza d'onda delle onde.

L'onda di Love comporta un movimento della particella del terreno su un piano orizzontale ortogonalmente alla direzione di propagazione dell'onda (come per la componente SH) ed esse sono caratterizzate da una velocità compresa tra la

velocità delle onde S associato allo strato più lento e quello associato allo strato più veloce.

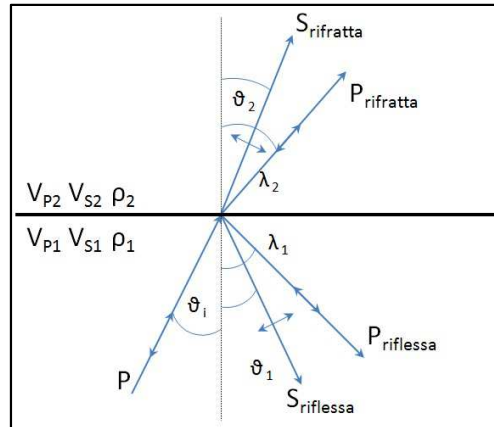


Figura 2.4. Onda P incidente all'interfaccia tra due mezzi.

Prendendo come riferimento la Figura 2.4, nel caso di un'onda P incidente tra l'interfaccia tra due strati, le onde S e P trasmesse assumono direzioni diverse in funzione della nota legge di Snell:

$$\frac{\sin \vartheta_i}{V_{S_1}} = \frac{\sin \vartheta_1}{V_{S_1}} = \frac{\sin \vartheta_2}{V_{S_2}} = \frac{\sin \lambda_1}{V_{P_1}} = \frac{\sin \lambda_2}{V_{P_2}} \quad (2.3)$$

Con, ϑ_i = angolo di incidenza, ϑ_1 , λ_1 = angoli di riflessione, ϑ_2 , λ_2 = angoli di rifrazione e V_{S_1} , V_{S_2} , V_{P_1} , V_{P_2} = velocità delle onde S e P nei due mezzi. L'equazione (2.3) mostra come la direzione di propagazione delle onde si avvicina normalmente all'interfaccia proporzionalmente alla diminuzione di velocità del mezzo di destinazione rispetto al mezzo attraversato. Oltre alle direzioni diverse che può assumere durante il percorso, l'onda varia anche in ampiezza in funzione del rapporto fra le impedenze sismiche degli strati. Imponendo la continuità degli sforzi normali e tangenziali sulla superficie di separazione dei mezzi a contatto è possibile quantificare la porzione di onda trasmessa e riflessa. Nel caso di onde incidenti in direzione normale all'interfaccia le equazioni che governano il

fenomeno si semplificano (W.M. Telford, 1990), e per questo caso specifico avremo che:

$$\begin{cases} R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \\ T = \frac{2Z_1}{Z_2 + Z_1} \end{cases} \quad (2.4)$$

Con, R e T = coefficienti di riflessione e trasmissione, $Z_i = \rho_i \alpha_i$ e $Z_i = \rho_i \beta_i$, le impedenze acustiche degli strati i-esimi.

Dalla (2.4) possiamo vedere che le onde riflesse possono al massimo avere la stessa ampiezza e generalmente l'onda riflessa è più debole di quella incidente. L'onda rifratta (o trasmessa), invece, nel momento in cui l'onda passa da un mezzo con impedenza acustica elevata ad un altro con bassa impedenza acustica, può subire un'amplificazione. Quindi come appena visto, i vari tipi di onde si propagano nella crosta terrestre con diverse velocità che dipendono dalle caratteristiche elastiche e dalla densità del mezzo attraversato. Il suolo può perciò cambiare bruscamente le proprie caratteristiche geologiche da un sito all'altro e questo, causa una diversità nel modo di propagazione delle onde sismiche su siti anche molto vicini fra loro: si parla in questo caso di *risposta sismica locale*.

2.2 La Risposta Sismica Locale

Dal punto di vista strettamente fisico, per risposta sismica locale (o effetto di sito) si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati del terreno sovrastanti fino alla superficie (S). Dal punto di vista tecnico, è forse più significativa una valutazione alternativa della risposta sismica locale, cioè quella che assume come moto sismico di riferimento quello relativo ad un ipotetico (o reale) affioramento della formazione rocciosa di base (A).

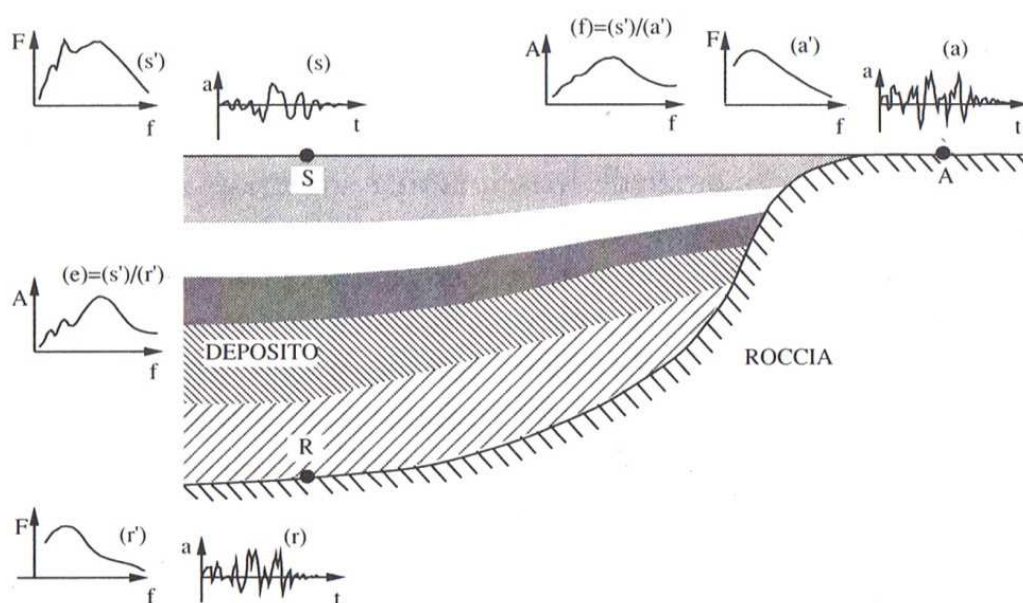


Figura 2.5. Schema di riferimento per l'analisi della risposta sismica locale.

La rappresentazione di un moto sismico può essere espressa sia nel dominio del tempo che nelle frequenze. Nel dominio del tempo, i parametri più frequentemente utilizzati per descrivere le caratteristiche di un terremoto sono il valore di massimo (o di picco) di accelerazione, velocità o spostamento, e la

durata, nel dominio delle frequenze si utilizzano lo spettro di Fourier e lo spettro di risposta.

Il moto sismico nel dominio del tempo è quindi definibile da un accelerogramma, rappresentato in Figura 2.5 dalle curve (a), (r), ed (s) rispettivamente per l'affioramento della roccia di base, il basamento roccioso, e la superficie del terreno. Corrispondentemente, nel dominio delle frequenze l'evento sismico può essere rappresentato mediante spettri di Fourier dell'accelerazione ((a'),(r'),(s')).

La valutazione quantitativa della risposta sismica locale può quindi effettuarsi sulla base del confronto tra diverse grandezze rappresentative del moto sismico alla superficie del terreno e quello di riferimento (roccia di base o affiorante), nel dominio del tempo o in quello delle frequenze.

Nel dominio del tempo, il parametro più significativo è il rapporto tra l'accelerazione massima alla superficie del terreno ($a_{max,s}$) e quella in corrispondenza della formazione rocciosa ($a_{max,r}$ o $a_{max,s}$), rapporto che prende il nome di fattore di amplificazione.

Questo può essere maggiore o minore dell'unità, a seconda che l'accelerazione massima in superficie risulti minore o maggiore di quella sulla roccia.

Limitarsi a definire i fenomeni di modifica delle caratteristiche del moto sismico soltanto in termini di variazioni di ampiezze massime può però risultare poco significativo, se non si tiene conto in qualche modo delle modifiche del contenuto in frequenza. Il terreno infatti agisce come filtro, incrementando l'ampiezza del moto in corrispondenza di alcune frequenze e riducendola per altre.

La valutazione dell'effetto di filtraggio sul moto sismico di riferimento è quindi certamente più efficiente e completa se effettuata operando nel dominio delle frequenze, in termini di analisi di Fourier. Ciò si ottiene attraverso la cosiddetta funzione di trasferimento $H(f)$, che corrisponde al rapporto tra lo spettro di Fourier

del moto alla superficie del terreno e quello dell'analogha componente in corrispondenza del basamento roccioso.

Trattandosi del rapporto tra due funzioni in genere complesse, la $H(f)$ è a sua volta una funzione complessa; il suo modulo, cioè lo spettro di ampiezza $A(f)$, è la cosiddetta funzione di amplificazione, rappresentata graficamente dalla curva (e) di Figura 2.5.

E' possibile per altro definire una seconda funzione di amplificazione (curva (f) in Figura 2.5) come rapporto tra le ampiezze degli spettri di Fourier alla superficie del terreno e in corrispondenza dell'affioramento della superficie rocciosa.

Dal punto di vista applicativo, la differenza tra le due funzioni di amplificazione è sostanziale: la prima consente di operare su segnali sismici virtualmente definiti sul tetto del substrato (e quindi non registrabili ne direttamente ne ricavabili da registrazioni sperimentali), la seconda su segnali reali.

In definitiva la funzione di amplificazione è estremamente significativa sotto il profilo fisico, in quanto indica quali componenti del moto sismico sono state amplificate nel passaggio attraverso il terreno, quali sono state smorzate e in quale rapporto.

In questo capitolo saranno esposte soluzioni teoriche relative a modelli di sottosuolo via via più complessi dal punto di vista geotecnico. Lo schema di base è il problema monodimensionale, rappresentato da uno strato di terreno omogeneo di spessore H , poggiante su un basamento roccioso orizzontale, ed eccitato da un'oscillazione armonica costituita da un'onda di taglio S di frequenza f , incidente al basamento con direzione di propagazione verticale.

2.2.1 Strato omogeneo elastico su substrato rigido

Nello schema più elementare (Figura 2.6) si assume l'ipotesi di terreno a legame costitutivo elastico lineare e substrato rigido; con ρ_s e V_s sono indicate rispettivamente la densità e la velocità delle onde di taglio del terreno.

Il moto di vibrazione orizzontale è descritto analiticamente dall'equazione differenziale di equilibrio dinamico che governa il fenomeno della propagazione monodimensionale delle onde all'interno dello strato elastico:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (2.5)$$

dove $u(z,t)$, è la componente orizzontale dello spostamento. Per una sollecitazione armonica di frequenza circolare $\omega = 2\pi f$, la soluzione $u(z,t)$ può cercarsi per separazioni di variabili nella forma:

$$u(z, t) = p(z)e^{j\omega t} \quad (2.6)$$

dove $p(z)$ è la così detta funzione di forma: questa descrive la distribuzione con la profondità delle ampiezze di spostamento, in ogni punto variabili con frequenza pari a quella di sollecitazione. La variazione armonica nel tempo è espressa in notazione euleriana (j =unità immaginaria).

Sostituendo la (2.6) nella (2.5) si ha;

$$G \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} + \rho \omega^2 p = 0 \quad (2.7)$$

La cui soluzione è data da:

$$p(z) = Ae^{jkz} + Be^{-jkz} \quad (2.8)$$

esprimendo con $k = \omega/V_s = 2\pi/\lambda$ il così detto numero d'onda. Lo spostamento orizzontale ha quindi l'espressione:

$$u(z, t) = Ae^{j(kz+\omega t)} + Be^{-j(kz-\omega t)} \quad (2.9)$$

in cui A e B sono le ampiezza di due onde che si propagano all'interno dello strato, rispettivamente verso l'alto e verso il basso. Imponendo come condizione al contorno l'assenza di sforzo di taglio in corrispondenza della superficie limite ($z=0$), risulta:

$$\tau(0, t) = G\gamma(0, t) = G \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{0,t} = 0 \quad (2.10)$$

Derivando la (2.9) e introducendola nella (2.10), si ottiene:

$$Gjk(A - B)e^{j\omega t} = 0 \quad (2.11)$$

Che è identicamente soddisfatta quando $A=B$. In definitiva, lo spostamento orizzontale può essere scritto nella forma:

$$u(z, t) = A \frac{e^{jkz} + e^{-jkz}}{2} e^{j\omega t} = 2A \cos(kz) e^{j\omega t} \quad (2.12)$$

che rappresenta un'onda stazionaria di ampiezza $2A \cos(kz)$.

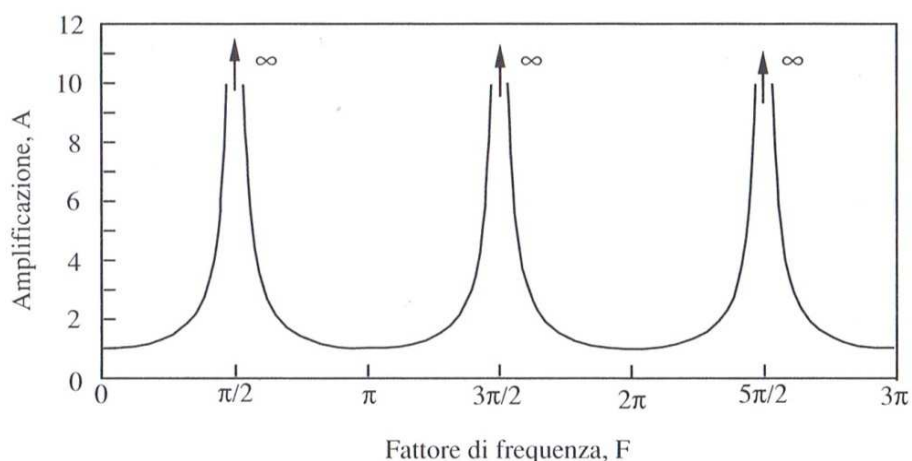
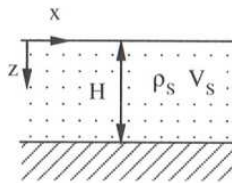


Figura 2.6. Funzione di amplificazione relativa ad uno strato omogeneo elastico su substrato rigido

La relazione (2.12) può essere utilizzata per valutare la funzione di trasferimento in termini di rapporto tra le componenti orizzontali dello spostamento (o dell'accelerazione) di due punti qualsiasi dello strato.

La funzione di trasferimento $H(\omega)$ tra la superficie ($z=0$) e la base ($z=H$) dello strato ha, in questo caso, espressione reale:

$$H_r(\omega) = \frac{u_{max}(0, t)}{u_{max}(H, t)} = \frac{2Ae^{j\omega t}}{2A \cos(kH)e^{j\omega t}} = \frac{1}{\cos(kH)} = \frac{1}{\cos F} \quad (2.13)$$

Dove il parametro adimensionale $F = kH = \omega H/V_s$ è detto fattore di frequenza. Il modulo della funzione di trasferimento è la funzione di amplificazione:

$$A_r(\omega) = |H_r(\omega)| = \sqrt{\{R[H_r(\omega)]\}^2 + \{I[H_r(\omega)]\}^2} = \frac{1}{|\cos F|} \quad (2.14)$$

Dove $R[H_r(\omega)]$ e $I[H_r(\omega)]$ sono rispettivamente la parte reale e quella immaginaria (nulla nel caso specifico) della funzione di trasferimento.

L'andamento della funzione di amplificazione, riportato in Figura 2.6, mostra che essa è periodica ed assume sempre valori maggiori o uguali all'unità, cioè l'ampiezza dello spostamento alla superficie dello strato è sempre almeno pari a quella in corrispondenza della formazione rocciosa. Inoltre, la funzione di amplificazione diviene infinita per $F_n = (2n - 1)\pi/2$, cioè in corrispondenza dei seguenti valori delle frequenze:

$$\omega_n = \frac{V_s}{H} F_n = \frac{V_s}{H} (2n - 1) \frac{\pi}{2} \quad n = 1, 2, \dots, \infty \quad (2.15)$$

$$f_n = \frac{\omega_n}{2\pi} = \frac{V_s}{4H} (2n - 1)$$

e dei periodi T_n :

$$T_n = \frac{1}{f_n} = \frac{4H}{V_s(2n-1)} \quad n = 1, 2, \dots, \infty \quad (2.16)$$

I le frequenze (ω_n e f_n) corrispondenti ai massimi della funzione di amplificazione si chiamano frequenze naturali di vibrazione dello strato; esse sono in numero infinito, come i gradi di libertà del sistema, ed equispaziate essendo la $A_r(\omega)$ periodica. Analogamente, i periodi T_n si chiamano periodi naturali di vibrazione dello strato; questi essendo direttamente proporzionali allo spessore dello strato, e inversamente proporzionali alla velocità delle onde di taglio del terreno, aumentano con la deformabilità trasversale dello strato.

Analizzando la funzione (2.12), la distribuzione di spostamenti con la profondità è esprimibile in forma adimensionale rapportando la $u(z, t)$ al valore massimo in superficie ($2Ae^{j\omega t}$). In tal modo si riconosce che a ciascuna frequenza naturale è associata una forma modale $U_n(z)$:

$$U_n(z) = \cos(kz) = \cos\left[(2n-1)\frac{\pi z}{2H}\right] \quad n = 1, 2, \dots, \infty \quad (2.17)$$

le forme modali $U_n(z)$ sono diagrammate in figura per i primi quattro modi di vibrazione in funzione della profondità adimensionale z/H .

Si noti che se il terreno vibra nel primo modo (cioè con la prima frequenza naturale di vibrazione) gli spostamenti sono dello stesso segno (cioè in fase) in ogni punto dello strato; viceversa, ai modi superiori, gli spostamenti del terreno, avvengono parte in una direzione e parte nella direzione opposta.

Il caso illustrato, nonostante la notevole semplicità delle ipotesi formulate, mette in evidenza che la risposta di un deposito di terreno ad un'eccitazione armonica è fortemente influenzata dalla frequenza dell'eccitazione: le frequenze in corrispondenza delle quali si verificano elevate amplificazioni dipendono dalla

geometria (spessore) e dalle caratteristiche fisico-meccaniche (velocità delle onde di taglio) del deposito del terreno.

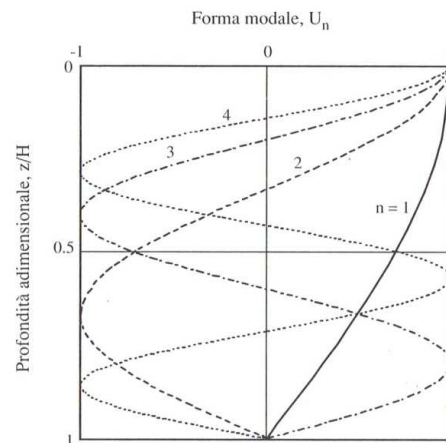


Figura 2.7. Forme di oscillazione dei primi 4 modi di vibrazione di uno strato omogeneo elastico su base rigida

La situazione più pericolosa in termini di fenomeni di amplificazione si verifica quando la frequenza dell'eccitazione armonica (ω) è pari ad una delle frequenze fondamentali dello strato (ω_n). Quando si verifica tale condizione ($\omega = \omega_n$) si ha la risonanza dello strato, e il fattore di amplificazione è teoricamente infinito.

2.2.2 Strato omogeneo elastico su substrato deformabile

Nelle ipotesi di substrato rigido, le onde si propagano nello strato verso il basso, a seguito della riflessione sulla superficie del terreno, sono completamente riflesse dal substrato. L'energia associata alle onde rimane quindi totalmente intrappolata all'interno dello strato. Nell'ipotesi di substrato deformabile, queste stesse onde sono in parte riflesse all'interno dello strato e in parte trasmesse nella roccia sottostante. Questa forma di energia dissipata prende il nome di *smorzamento geometrico o di radiazione*. Poiché nella realtà la roccia di base non è un mezzo perfettamente rigido, una funzione di amplificazione fisicamente corretta deve tener conto della perdita di energia per radiazione.

Lo schema di Figura 2.8 riproduce il caso di strato di terreno elastico lineare poggiate su semispazio roccioso deformabile, indicando con ρ_r e V_r rispettivamente la densità e la velocità delle onde di taglio della roccia di base.

Ricordando che $\mu = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\rho_2 V_2}{\rho_1 V_1}$ (rapporto tra impedenze), si indichi con I il rapporto tra l'impedenza sismica della roccia di base ($\rho_r V_r$) e quella del terreno ($\rho_s V_s$), che vale:

$$I = \frac{1}{\mu} = \frac{\rho_r V_r}{\rho_s V_s} \quad (2.18)$$

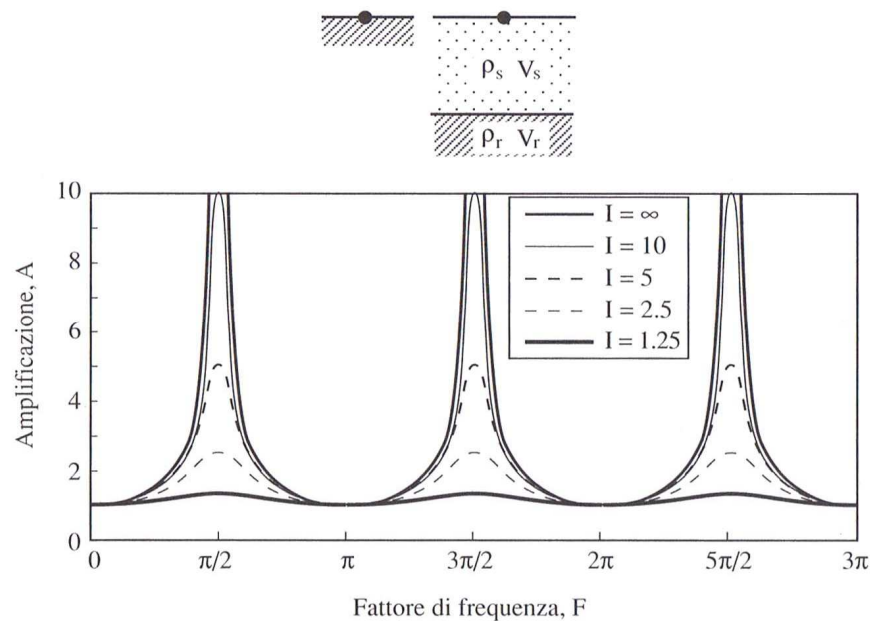


Figura 2.8. Funzione di amplificazione relativa ad uno strato omogeneo elastico su substrato deformabile

In tali ipotesi, è possibile dimostrare che la funzione di trasferimento $H_{db}(\omega)$, definita come rapporto tra l'ampiezza dello spostamento in corrispondenza della superficie dello strato e quella del basamento roccioso deformabile, è identica alla $H_r(\omega)$, ricavata nel caso di substrato rigido ed espressa nella (2.13).

Se invece si calcola il rapporto tra l'ampiezza dello spostamento in corrispondenza della superficie dello strato e quella in corrispondenza dell'affioramento della roccia di base, si ottiene una funzione di trasferimento complessa:

$$H_{da}(\omega) = \frac{1}{\cos\left(\frac{\omega H}{V_s}\right) + j\mu \sin\left(\frac{\omega H}{V_s}\right)} = \frac{1}{\cos F + j\mu \sin F} \quad (2.19)$$

La funzione di amplificazione $A_d(\omega)$, modulo della funzione di trasferimento $H_{da}(\omega)$, è:

$$\begin{aligned} A_d(\omega) &= \frac{1}{|\cos F + j\mu \sin F|} = \frac{1}{\sqrt{\cos^2 F + \mu^2 \sin^2 F}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\cos^2 F + \frac{1}{I^2} \sin^2 F}} \end{aligned} \quad (2.20)$$

In ipotesi di roccia deformabile, la funzione di amplificazione $A_d(\omega)$ dipende, oltre che dalle proprietà meccaniche del terreno, anche da quelle della roccia di base attraverso il rapporto di impedenza I . In Figura 2.8 è riportato l'andamento della funzione di amplificazione $A_d(\omega)$ in funzione del fattore di frequenza, per diversi valori del rapporto di impedenza roccia-terreno I . Come la $A_r(\omega)$, anche la $A_d(\omega)$ è periodica; le frequenze f_n in corrispondenza delle quali si verificano i valori massimi di amplificazione possono essere espressi mediante la (2.15) e la (2.16).

Per un dato valore del rapporto I , i massimi della funzione di amplificazione assumono un valore finito, indipendente dalla frequenza:

$$(A_d)_{max} = I = \frac{1}{\mu} \quad (2.21)$$

In quanto il valore del picco della funzione di amplificazione è proprio pari al rapporto di impedenza I , i fenomeni di amplificazione del moto sismico sono

direttamente proporzionali al contrasto tra l'impedenza della roccia di base e quella del terreno sovrastante.

2.2.3 Strato omogeneo visco elastico su substrato rigido

Un modello di riferimento più realistico può essere ottenuto assimilando il terreno ad un mezzo visco-elastico lineare, la cui equazione differenziale di equilibrio dinamico si scrive:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial t \partial z^2} \quad (2.22)$$

Dove η è il coefficiente di viscosità. Applicando la definizione di fattore di smorzamento⁵ al mezzo visco-elastico, è possibile mostrare che, per un ciclo di sollecitazione armonica a frequenza ω , vale la relazione:

$$D = \frac{\eta \omega}{2G} \quad (2.23)$$

Analogamente quanto visto in precedenza, ponendo la soluzione $u(z,t)$ nella forma (2.8). l'equazione di equilibrio dinamico si scrive:

$$(G + j\omega\eta) \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} + \rho \omega^2 p = 0 \quad (2.24)$$

Introducendo il modulo di taglio complesso G^* , il numero d'onda complesso k^* e la velocità delle onde di taglio complessa V_s^* :

$$G^* = G + j\omega\eta = G(1 + 2jD) \quad (2.25)$$

$$k^* = \frac{\omega}{V_s^*} = \frac{\omega}{\sqrt{\frac{G^*}{\rho}}} \quad (2.26)$$

Si verifica che la (2.24) ha per soluzione:

$$p(z) = A e^{jk^*z} + B e^{-jk^*z} \quad (2.27)$$

⁵ $D = \frac{W_D}{4\pi W_s}$, con W_D energia dissipata nel ciclo di carico e scarico e W_s energia accumulata nel primo carico

E quindi lo spostamento orizzontale può scriversi:

$$u(z, t) = Ae^{j(k^*z + \omega t)} + Be^{-j(k^*z - \omega t)} \quad (2.28)$$

In base a considerazioni analoghe a quelle effettuate in precedenza, si arriva all'espressione della funzione di trasferimento complessa, valutata come rapporto tra l'ampiezza dello spostamento in corrispondenza della superficie dello strato e quella in corrispondenza del basamento roccioso (o dell'affioramento, stante l'ipotesi di substrato rigido):

$$H_r^*(\omega) = \frac{1}{\cos(k^*H)} = \frac{1}{\cos F^*} \quad (2.29)$$

La velocità delle onde di taglio complessa, V_s^* , e il numero d'onda complesso, per piccoli valori del fattore di smorzamento D , possono scriversi:

$$V_s^* = \sqrt{\frac{G^*}{\rho}} = \sqrt{\frac{G(1 + 2jD)}{\rho}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}(1 + jD) \quad (2.30)$$

$$k^* = \frac{\omega}{V_s^*} = \frac{\omega}{V_s(1 + jD)} \approx \frac{\omega}{V_s}(1 - jD) = k(1 - jD) \quad (2.31)$$

La funzione di trasferimento e la funzione di amplificazione avranno quindi le espressioni:

$$H_r^*(\omega) = \frac{1}{\cos[k(1 - jD)H]} = \frac{1}{\cos(kH - jDkH)} \quad (2.32)$$

$$\begin{aligned} A_r^*(\omega) &= \frac{1}{\sqrt{\cos^2(kH) + \sinh^2(DkH)}} \\ &\approx \frac{1}{\sqrt{\cos^2(kH) + (DkH)^2}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\cos^2(F) + (DF)^2}} \end{aligned} \quad (2.33)$$

l'andamento della funzione di amplificazione in funzione della frequenza è mostrato in Figura 2.9.

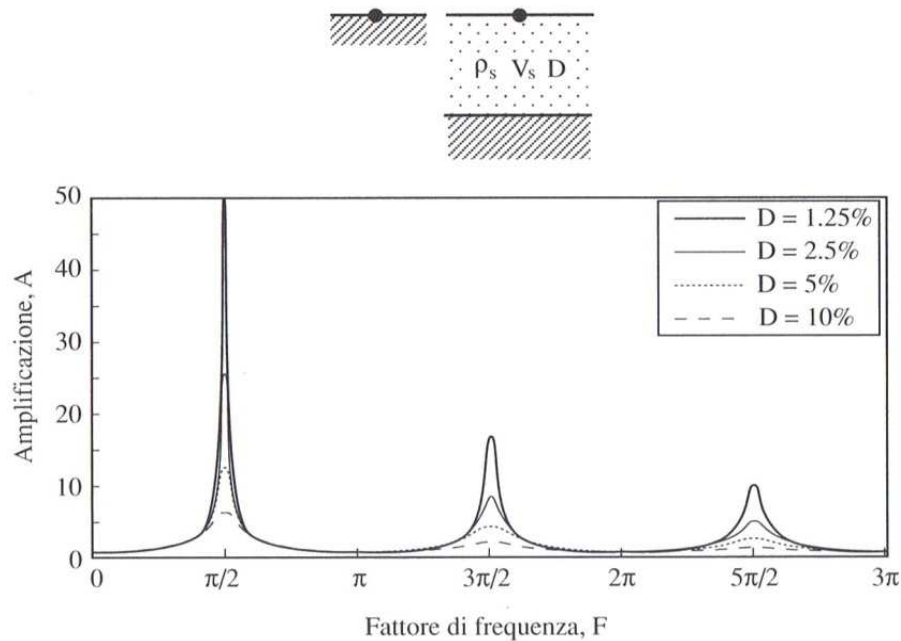


Figura 2.9. Funzione di amplificazione relativa ad uno strato omogeneo visco-elastico su substrato rigido

In assenza di smorzamento interno del terreno ($D=0$), l'andamento della funzione di amplificazione è come quello di prima, caratterizzato da valori massimi infiniti, per $D>0$, la funzione non è più periodica, e presenta valori massimi finiti perché il denominatore è sempre maggiore di zero.

Annullando la derivata della $A_r^*(\omega)$, si può mostrare che le frequenze naturali, in corrispondenza delle quali la funzione di amplificazione attinge i valori massimi, risultano praticamente invariati rispetto ai casi esaminati in precedenza, e quindi esprimibili mediante la (2.15). I massimi fattori di amplificazione corrispondenti sono invece decrescenti con l'indice n (ordine del modo di vibrare del banco) secondo la forma approssimata:

$$(A_r^*)_{max,n} \approx \frac{2}{(2n-1)\pi D} \quad n = 1, 2, \dots, \infty \quad (2.34)$$

I picchi di risonanza si riducono pertanto all'aumentare del fattore di frequenza F , in maniera tanto più marcata quanto maggiore è D . L'effetto è ben illustrato dalle funzioni di forma in Figura 2.10.

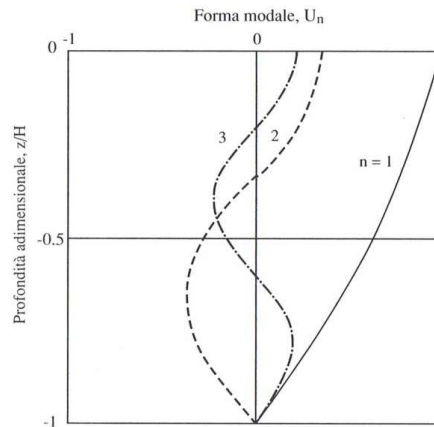


Figura 2.10. Forme di oscillazione dei primi 3 modi di vibrazione di uno strato omogeneo visco-elastico su base rigida

In corrispondenza della prima frequenza naturale (la così detta frequenza fondamentale del banco) risulta, ponendo $n=1$ nella (2.30):

$$(A_r^*)_{max,n} \approx \frac{2}{\pi D} \quad (2.35)$$

In definitiva, per uno strato omogeneo a comportamento visco-elastico lineare poggiante su sub strato rigido, il valore massimo dell'amplificazione, attinto in corrispondenza della frequenza fondamentale, dipende soltanto dallo smorzamento del terreno ed è inversamente proporzionale ad esso.

L'influenza dei fenomeni di smorzamento interno sulla funzione di amplificazione è poi sempre più significativa all'aumentare di f ; per elevati valori di D , alle alte frequenze, si possono verificare fenomeni di attenuazione del moto sismico anziché di amplificazione.

2.2.4 Strato omogeneo visco-elastico su substrato deformabile

Il caso di strato a comportamento visco-elastico poggiante su un substrato deformabile costituisce la generalizzazione di tutti i problemi trattati in precedenza.

La funzione di trasferimento, calcolata come rapporto tra le ampiezze di spostamento in corrispondenza della superficie del terreno e dell'affioramento roccioso, ha espressione:

$$H_d(\omega) = \frac{1}{\cos\left(\frac{\omega H}{V_s^*}\right) + j\mu^* \sin\left(\frac{\omega H}{V_s^*}\right)} = \frac{1}{\cos F^* + j\frac{1}{I^*} \sin F^*} \quad (2.36)$$

Dove I^* è il rapporto di impedenza complesso:

$$I^* = \frac{1}{\mu^*} = \frac{\rho_r V_r^*}{\rho_s V_s^*} \quad (2.37)$$

Che si dimostra essere indipendente da ω .

In questo caso la funzione di amplificazione non può essere espressa in forma semplice; qui ci si limita a richiamare l'espressione dei valori di picco in corrispondenza delle frequenze naturali:

$$(A_d^*)_{max,n} \approx \frac{1}{\mu + (2n - 1)\frac{\pi}{2} D} \quad n = 1, 2, \dots, \infty \quad (2.38)$$

La relazione precedente mette in evidenza che i valori di picco della funzione di amplificazione in corrispondenza delle frequenze naturali dello strato dipendono esclusivamente dal rapporto di impedenza e dal fattore di smorzamento.

Il valore massimo assoluto, ottenuto in corrispondenza della frequenza fondamentale ($n=1$):

$$(A_d^*)_{max,1} \approx \frac{1}{\mu + \frac{\pi}{2} D} \quad (2.39)$$

È diagrammato in Figura 2.11 in funzione del rapporto di impedenza I , per differenti valori di smorzamento D .

Per $D=0$, in assenza di smorzamento interno del terreno, la funzione di amplificazione si riduce alla (2.20), ed il massimo picco di amplificazione è pari al rapporto di impedenza I , in conformità alla (2.21).

Per un valore fissato di $D>0$, l'amplificazione massima diminuisce al crescere del rapporto di impedenza I , si verifica una riduzione del picco di amplificazione all'aumentare di D .

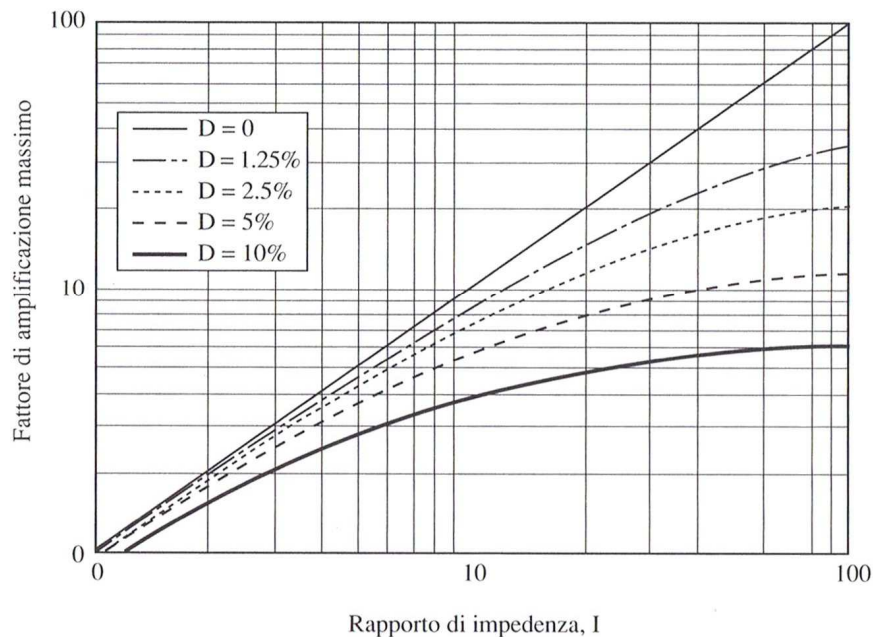


Figura 2.11. Influenza del rapporto di impedenza I sull'amplificazione massima relativa alla frequenza fondamentale, nel caso di uno strato omogeneo visco-elastico su substrato deformabile

Quanto sopra mostra che il rapporto di impedenza ha quindi, sul massimo fattore di amplificazione, un effetto analogo a quello dello smorzamento del terreno, E' possibile allora definire un fattore di smorzamento efficace D_{eff} :

$$D_{ef} = D + D_r = D + \frac{2}{\pi I} \quad (2.40)$$

Dato dalla somma di due termini: il primo rappresenta lo smorzamento interno del terreno (D), mentre il secondo (D_r), dipende dal contrasto di impedenza tra terreno e roccia, ed è rappresentativo quindi dello smorzamento associato alla perdita di energia per radiazione.

L'espressione del picco di amplificazione relativo alla prima frequenza fondamentale può quindi scriversi nella forma più compatta:

$$(A_d^*)_{max,1} \approx \frac{1}{\pi D_{ef}} \quad (2.41)$$

Equivalente formalmente alla (2.35).

Anche per questo modello, i valori di frequenze e periodi fondamentali sono sempre forniti dalle (2.15) e (2.16).

Il valore massimo (2.41) della funzione di amplificazione si verifica quindi in corrispondenza della frequenza fondamentale f_1 :

$$f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{V_S}{4H} \quad (2.42)$$

Ed il periodo di vibrazione corrispondente, cioè il periodo fondamentale dello strato vale:

$$T_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{4H}{V_S} \quad (2.43)$$

Le espressioni (2.41), (2.42) e (2.43) sono pur nella loro semplicità, particolarmente rappresentative dal punto di vista applicativo; assimilando infatti un sottosuolo ad uno strato omogeneo equivalente, esse forniscono una prima immediata indicazione dei campi di frequenza in cui attendersi significativi fenomeni di amplificazione locale e dell'entità dei fattori di amplificazione attesi.

2.3 RSL tramite microtremori

Per determinare le caratteristiche dinamiche di un terreno, le prove in foro sono uno dei metodi più accurati, ma risultano essere dispendiosi in termini di costi, di tempo e non è sempre possibile farne uso. Inoltre l'applicazione delle tecniche per ottenere informazioni sulle caratteristiche geologiche e geotecniche, utili allo studio degli effetti di sito, incontra dei problemi pratici quando gli esperimenti debbano essere effettuati in zone altamente urbanizzate, dove il rischio sismico aumenta per l'alto grado di esposizione delle infrastrutture e costruzioni antropiche. E' difficile ottenere i permessi per utilizzare esplosivi o mezzi meccanici che generano vibrazioni del terreno in ambiente urbano; i costi spesso sono troppo elevati per essere accettati dalle amministrazioni locali. Queste difficoltà pratiche sono superate dai metodi che utilizzano i microtremori (rumore ambientale), i quali sono sempre presenti in ogni momento. Con un abbattimento considerevole dei costi, dai microtremori è possibile ottenere informazioni sui periodi dei picchi di amplificazione attraverso la tecnica dei rapporti spettrali HVSR(Nakamura, 2000), (Nakamura, 2008). Anche in questo caso le tecniche riproducono le proprietà medie del mezzo analizzato in un'ottica 1D.

2.3.1 Il rumore ambientale

Il termine rumore è utilizzato per indicare le vibrazioni del terreno caratterizzati da ampiezze non percettibili dall'uomo, osservabili in ogni parte della superficie della terra.

Non è facile arrivare ad una corretta definizione delle sorgenti che causano queste vibrazioni. Sono causate da sorgenti differenti: onde che si infrangono sulle coste, vento che agisce su alberi e edifici, macchinari industriali, automobili, treni, ecc. Già a metà degli anni novanta, prima Gutenberg e dopo Asten, attraverso i loro studi,

hanno determinato una lista di sorgenti legate a determinate frequenze, riportate nella Tabella 1.

Molti altri autori negli anni hanno studiato lo stesso fenomeno, investigando sul comportamento del rumore sia nel dominio del tempo che in quello delle frequenze.

A valle di questi studi, si conclude che esistono due componenti distinte che riguardano l'origine del rumore ambientale: la componente naturale e la componente antropica. In base al tipo di origine (naturale o antropica) si ha un comportamento differente del rumore ambientale, sia in funzione del tempo che in funzione delle frequenze, ed è possibile quindi stabilire un confine tra microsismi (bassa frequenza) e microtremori (alta frequenza). Infatti, le ampiezze dei microtremori, sono legate principalmente a disturbi dovuti a fattori antropici e subiscono variazioni giornaliere e settimanali, mentre l'ampiezza dei microsismi, definita come quella parte del rumore causata da sorgenti naturali, hanno variazioni legate agli stessi fenomeni naturali.

	Gutenberg (1958)	Asten (1978-1984)
Onde che colpiscono la costa	0.05-0.1 HZ	0.5-1.2 Hz
Monsoni/perturbazioni metereologiche su vasta scala	0.1-0.25 Hz	0.16-0.5 Hz
Cicloni sopra gli oceani	0.3-1 Hz	0.5-3 Hz
Condizioni metereologiche locali	1.4-5 Hz	
Tremore vulcanico	2-10 Hz	
Urbano	1-100 Hz	1.4-30 HZ

Tabella 1. Sintesi delle sorgenti di rumore in funzione della frequenza dopo gli studi di Gutenberg (1958) e Asten (1978,1984)

E' possibile quindi stabilire un confine, in funzione delle frequenze interessate, tra microsismi e microtremori. Il limite di frequenza è di circa 1 Hz. Possiamo sintetizzare quanto detto nel seguente modo. Se:

- Frequenza <0.5 Hz: il rumore è dovuto a perturbazioni causate da onde marine e condizioni meteorologiche su grande scala;
- Frequenza di circa 1 Hz: il rumore è dovuto a perturbazioni causate degli effetti del vento e delle condizioni meteorologiche locali;
- Frequenza > 1 Hz: il rumore è dovuto a perturbazioni causate delle attività umane.

Oltre agli studi legati alla definizione dell'origine del rumore, sono stati condotti molti studi finalizzati ad individuare la composizione del tipo di onde di cui è composto il rumore. Come si può vedere dalla Tabella 2 e dalla Tabella 3 sotto riportate (Bonnefoy-Claudet, et al., 2006) non c'è una definizione univoca sulla composizione del campo del rumore ambientale.

Si può affermare che, in generale, nel campo di rumore ambientale, saranno presenti sia onde di volume (P e S in quantità variabili) che onde superficiali (Love e Rayleigh). La frazione di energia associata alla componente di onde di volume rispetto a quelle di onde superficiali varia da caso a caso e dipende fortemente dall'intervallo di frequenze considerato.

	0				0.5		1					1.5				2			Hz
Douze					R1/P		R1/P									R3/p			
Toksoz	R0		R+	P/R+	P														
ii 1																			=> 2
Horike							R0												=> 3
Yamanaka				R0															

Tabella 2. Siti sulla natura del rumore ambientale ottenuta da diversi autori (Douze 1968, Toksoz 1964-67, ii 1984, Horike 1985, Yamanaka 1994). Con **P** = Body waves, **Rn** = onde di Rayleigh dove , **n=0**: fundamental mode **n=1,2 ...** : **n** higher mode **n=+** : higher modes (no order precision).

	Banda di Frequenza	Porzione onde di Rayleigh	Porzione onde di Love	Sito
Chouet et al. (1998)	>2 Hz	23%	77%	Vulcanico
Yamamoto (2000)	3-8 Hz	<50%	>50%	Sedimentario (spessore <100 m)
Arai and Tokimatsu (1998)	1-12 Hz	40%	60%	Sedimentario (spessore <100 m)
Cornou (2002)	0.1-1 Hz	50%	50%	Sedimentario (spessore 500 m)
Okada (2003)	0.4-1 Hz	<50%	>=50%	Sedimentario (spessore 50 m)
Köhler et al.	0.5-1.3 Hz	10-35%	65-90%	Sedimentario (spessore 20 m)

Tabella 3. Tabella riassuntiva del rapporto di onde di Rayleigh e Love contenute nel rumore ambientale dopo gli studi di diversi autori (Chouet et al. (1998), Yamamoto (2000), Arai and Tokimatsu (1998), Cornou (2002), Okada (2003), Köhler et al.)

2.3.2 Il metodo dei rapporti spettrali (HVRS)

Il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o H/V fu applicato per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e reso popolare da Nakamura (1989). Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e verticali (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurate in un punto con un apposito sismometro a tre componenti.

Nell'ipotesi di investigare una copertura soffice poggiate su un basamento roccioso, come in Figura 2.1, Nakamura sviluppa il metodo H/V a partire dalle seguenti ipotesi (Nakamura, 2000):

- la componente verticale del moto non risente di fenomeni di amplificazione del sito;
- il microtremore è composto sia da onde di volume che da onde superficiali;
- le sorgenti di rumore superficiali generano onde di Rayleigh che influenzano le componenti orizzontali e verticali del moto solo in superficie;
- il rapporto tra le componenti orizzontali e verticali del moto sul basamento roccioso risulta essere unitario.

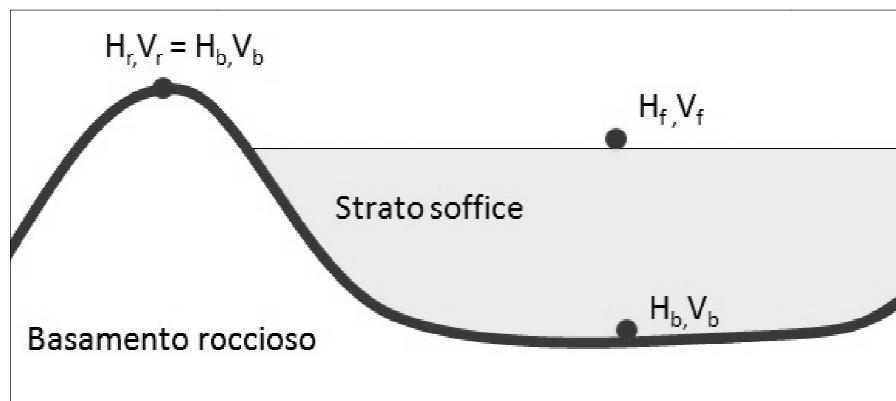


Figura 2.12. Schema di riferimento per il metodo HVSR

La componente verticale può, quindi, essere usata per rimuovere dalle componenti orizzontali sia gli effetti della sorgente che delle onde di Rayleigh, mettendo in evidenza la frequenza fondamentale dello strato sedimentario e il fattore di amplificazione.

In base alle ipotesi elencate precedentemente, se la componente verticale del moto risulta essere amplificata ($V_f > V_b$), l'effetto delle onde di Rayleigh che influenzano il moto può essere valutato attraverso il rapporto fra delle componenti verticali del moto in superficie e alla base, ed è pari a:

$$T_s = \frac{V_f(f)}{V_b(f)} \quad (2.44)$$

Generalmente l'effetto di amplificazione di sito dovuto alla geologia superficiale è espresso tramite il rapporto fra l'ampiezza dello spettro della componente orizzontale del moto in superficie (H_f) e alla base dello strato (H_b):

$$T_h = \frac{H_f(f)}{H_b(f)} \quad (2.45)$$

Ipotizzando infine che alla base dei sedimenti l'ampiezza spettrale della componente verticale e di quella orizzontale siano uguali e cioè:

$$\frac{V_b(f)}{H_b(f)} = 1 \quad (2.46)$$

In queste condizioni, il rapporto spettrale tra la componente orizzontale e quella verticale dei microtremori registrati sulla superficie di uno strato soffice portano all'eliminazione degli effetti delle onde di Reyleigh, conservando solo gli effetti dovuti alla struttura geologia del sito, il fattore di amplificazione del moto orizzontale in superficie potrà essere valutato direttamente nel seguente modo:

$$S(f) = \frac{T_h(f)}{T_s(f)} = \frac{H_f(f)}{H_b(f)} * \frac{V_b(f)}{V_f(f)} = \frac{H_f(f)}{V_f(f)} \quad (2.47)$$

l'esito della prova è, come si vede in Figura 2.13, una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione.

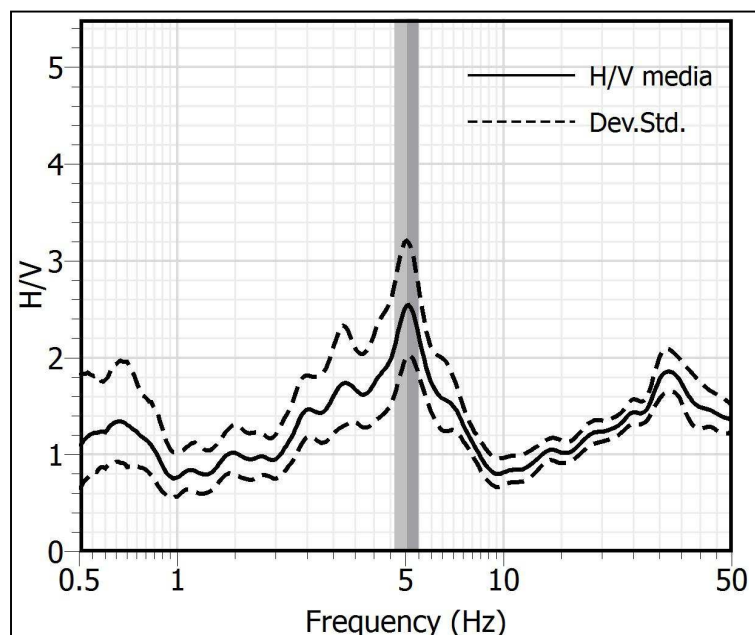


Figura 2.13. Curva sperimentale ottenuta tramite il rapporto HVSR

Nakamura afferma, che il massimo della funzione HVSR permette in generale di identificare correttamente la presenza di fenomeni di risonanza correlato al valore di amplificazione e alla frequenza a cui il fenomeno avviene.

Ma, in funzione di altri e numerosi studi effettuati tramite questo metodo (Figura 2.14) non sembra in grado di definire la corretta valutazione dell'amplificazione

indotta sul moto sismico. Comunque vi è l'unanimità nell'affermare che nell'ipotesi di investigare coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido è possibile stabilire una relazione tra lo spessore dello strato soffice H , la velocità media delle V_s e la frequenza f di risonanza fondamentale, (come si è visto nel capitolo precedente dall'equazione (2.42)), del sito attraverso la formula:

$$f = \frac{V_s}{4H} \quad (2.48)$$

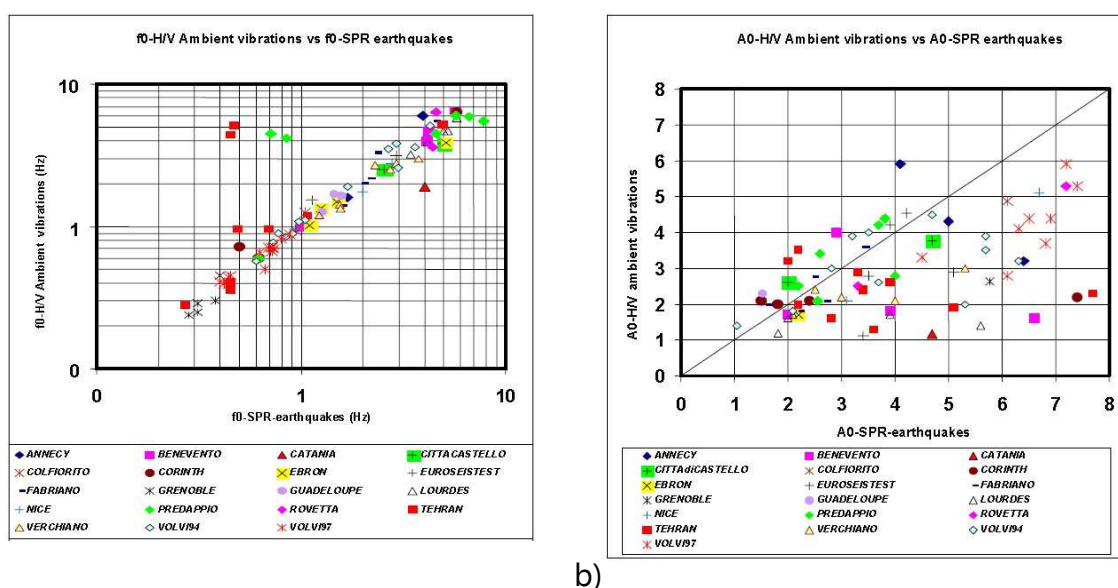


Figura 2.14 Confronto tra il rapporto H/V di vibrazioni ambientali e il rapporto spettrale standard su terremoti. a) confronto delle frequenze f_0 , b) confronto della ampiezze A_0 .

2.3.3 Procedure di elaborazione e analisi dati del metodo HVRS

Come detto in 2.3.1, gli studi condotti hanno messo in evidenza che il rumore ambientale può essere differenziato in tre domini di frequenza:

- Bassa frequenza (<0.5 Hz) - Microsismi. E' di origine essenzialmente naturale con sorgenti di grandi dimensioni spaziali (onde oceaniche, grandi perturbazioni atmosferiche, ecc.); ha un carattere stazionario (ovvero le sue proprietà statistiche non cambiano nel tempo) in scala giornaliera.

- Alta frequenza (>1 Hz) - Microtremore E' di origine antropica (traffico veicolare e pedonale, attività industriale, ecc.) e talvolta naturale ma a scala locale (vento sugli edifici e le piante, ecc.); mostra significative variazioni (giorno/notte, festivi/feriali, ecc.).
- Frequenza intermedia (<1 Hz e >0.5 Hz) A seconda delle caratteristiche del sottosuolo, sia sorgenti naturali che antropiche possono condizionare le vibrazioni ambientali, con un livello di stazionarietà variabile da caso a caso.

Affinché la misura sia realmente rappresentativa del sito che si sta investigando bisogna tener conto della variabilità del campo d'onde del rumore ambientale e valutare se esso sia distribuito uniformemente, che le sue caratteristiche risultino essere stazionarie o se esso presenta delle direzionalità che possano inficiare la bontà della misura.

Per ottenere una valutazione corretta della risposta di sito tramite le misure H/V bisogna seguire opportune procedure nella registrazione e nell'analisi del segnale. Durante il progetto SESAME sono state messe a punto delle linee guida che si suddividono sostanzialmente in due parti:

- Viene definita in che modo e con quali condizioni debbano essere acquisite le registrazioni (Tabella 4).
- La seconda parte fornisce dei diagrammi per aiutare nell'interpretazione e valutare l'attendibilità statistica delle misure effettuate (Tabella 5)

Tipo di parametro	Raccomandazioni principali	
	Valore minimo atteso f_0 [Hz]	Durata registrazione minima raccomandata [min]
Durata registrazione	0.2	30
	0.5	20
	1	10
	2	5
	5	3
	10	2
Distanza tra le misure	<p><i>Microzonazione:</i> iniziare con una grande distanza (ad esempio una griglia di 500 m) e, in caso di variazioni laterali dei risultati, ridurre la spaziatura fra i punti della griglia, fino a 250 m, per esempio.</p> <p><i>Singola risposta del sito:</i> non usare mai un unico punto di misura per ricavare il valore di f_0, fare almeno 3 punti di misurazione</p>	
Parametri di registrazione	<p>Livellare il sensore come raccomandato dal produttore</p> <p>Fissare il livello di guadagno al massimo possibile senza saturazione del segnale</p>	
Accoppiamento sensore terreno in sito	<p>Appoggiare il sensore direttamente sul terreno quando è possibile</p> <p>Evitare di appoggiare il sensore su terreni morbidi (fango terra arenata, erba alta, ecc.) o su suolo saturo dopo la pioggia</p>	
Accoppiamento artificiale sensore terreno in sito	<p>Evitare accoppiamenti soffici come gommapiuma, cartone, ecc.</p> <p>In presenza di forte pendenza che non permette la livellazione del sensore disporlo in un mucchio di sabbia o dentro un secchio riempito di sabbia</p> <p>Su neve o ghiaccio, installare una piastra metallica o di legno o un contenitore riempito di sabbia per evitare il ribaltamento del sensore a causa dello scioglimento locale</p>	
Strutture vicine	<p>Evitare di effettuare misure in prossimità di strutture come edifici, alberi, ecc., in caso di vento (velocità superiore a circa 5m/s). Essa può influenzare fortemente la misura introducendo alcune basse frequenze nella curva H/V</p> <p>Evitare misurazione al disopra di strutture interrato quali parcheggi, tubi, coperchi, fognature, ecc.</p>	
Condizioni atmosferiche	<p><i>Vento:</i> proteggere il sensore se la velocità è sup. a 5m/s. Funziona solo se non ci son strutture vicine.</p> <p><i>Pioggia:</i> evitare misure sotto la pioggia battente. La pioggia debole non ha nessuna influenza notevole.</p> <p><i>Temperatura:</i> controllare le istruzioni del produttore del sensore e del campionatore</p> <p><i>Perturbazioni meteorologiche:</i> indicare sul foglio di campagna se le misure vengono eseguite durante un evento meteorologico di bassa pressione</p>	
Disturbi	<p><i>Fonti monocromatiche:</i> evitare misurazioni vicino a macchine movimento terra, macchine industriali, pompe, generatori, ecc.</p> <p><i>Transienti:</i> in caso di transienti (passi, automobili,...), aumentare la durata della registrazione per consentire le finestre sufficienti per l'analisi, dopo la rimozione transitoria</p>	

Tabella 4. Raccomandazioni principali per chi deve effettuare misure di rumore ambientale per il calcolo del rapporto H/V (SESAME European research project, 2004)

Criteria per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]	l_w =lunghezza finestra n_w =numero di finestre selezionate per la media della curva H/V $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ =numero di cicli significativi f =frequenza corrente f_{sensore} =frequenza cut-off del sensore f_0 =picco di frequenza H/V σ_f = deviazione standard del picco di frequenza H/V ($f_0 \pm \sigma_f$) $\sigma(f_0)$ = valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \sigma(f_0)$ A_0 =ampiezza del picco 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 per cui $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ f^+ =frequenza tra f_0 e $4f_0$ per cui $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ $\sigma_A(f)$ = deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il valore per il quale la $A_{H/V}(f)$ deve essere moltiplicata o divisa $\sigma_{\log H/V}(f)$ = deviazione standard della curva $\log A_{H/V}(f)$, $\sigma_{\log H/V}(f)$ è il valore assoluto che deve essere sottratto o addizionato alla curva media $\log A_{H/V}(f)$ $\theta(f_0)$ = valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \theta(f_0)$ $v_{s,av}$ = velocità media delle onde S dell'intero deposito $v_{s,sup}$ = velocità delle onde S dello strato superficiale h = profondità del bedrock h_{min} = limite inferiore stimato di h				
$f_0 > 10/L_w$ $n_c(f_0) > 200$ $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ oppure $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteria per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$					
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$					
$A_0 > 2$					
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$					
$\sigma_f < \sigma(f_0)$					
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$					
Valori di soglia per le condizioni di stabilità					
Range di frequenza [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.20 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

Tabella 5. Parametri da utilizzare e verificare per garantire l'attendibilità statistica delle misure (SESAME European research project, 2004)

Acquisizione dati

Dato che il rumore che è caratterizzato da ampiezze molto ridotte, bisogna dotarsi di uno strumento particolarmente sensibile. Per l'acquisizione dei dati, durante tutta la campagna di misure che ha interessato questo lavoro, è stato utilizzato il sismometro tri-direzionale ad alta sensibilità *Veloget 3D 1 Hz* con il *Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz*. La frequenza di campionamento del segnale è stata impostata a 125 Hz. Una volta identificato il punto di misura se ne è definita la posizione mediante l'utilizzo di un dispositivo GPS.

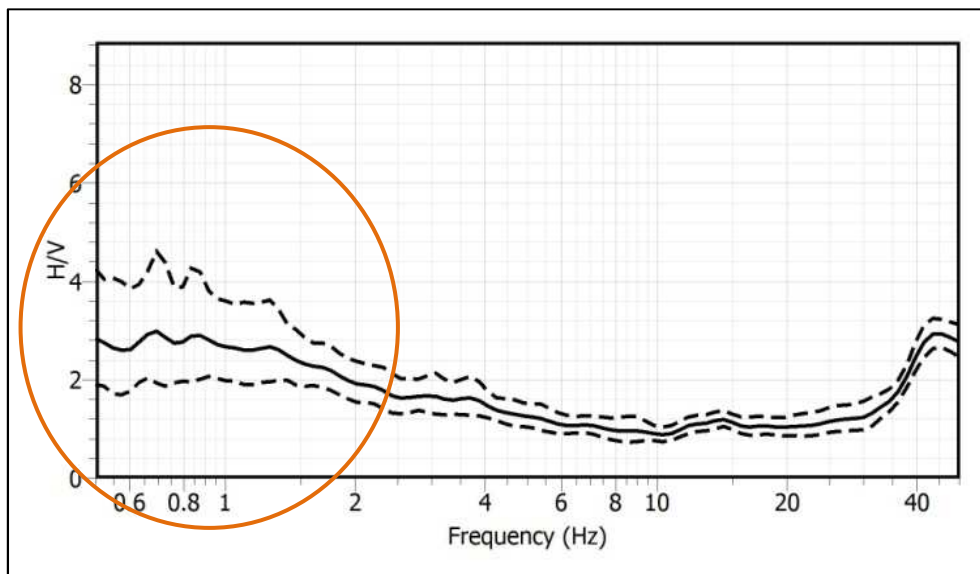


Figura 2.15. H/V perturbata su basse frequenze, relativa ad un'acquisizione su bedrock affiorante, a causa di un non corretto accoppiamento strumento terreno

Nel posizionare il sensore si è curato particolarmente l'accoppiamento con il terreno eliminando possibili fonti di disturbo come l'erba in quanto possono influenzare il comportamento modificandone l'assetto o provocando movimenti anche piccoli ma comunque registrabili. Come viene mostrato nella Figura 2.15 questo porterebbe alla definizione di una curva H/V perturbata soprattutto sulle basse frequenze.

Visualizzando le vibrazioni ambientali registrate (Figura 2.16), si nota come queste producono un campo di spostamenti irregolare nel tempo.

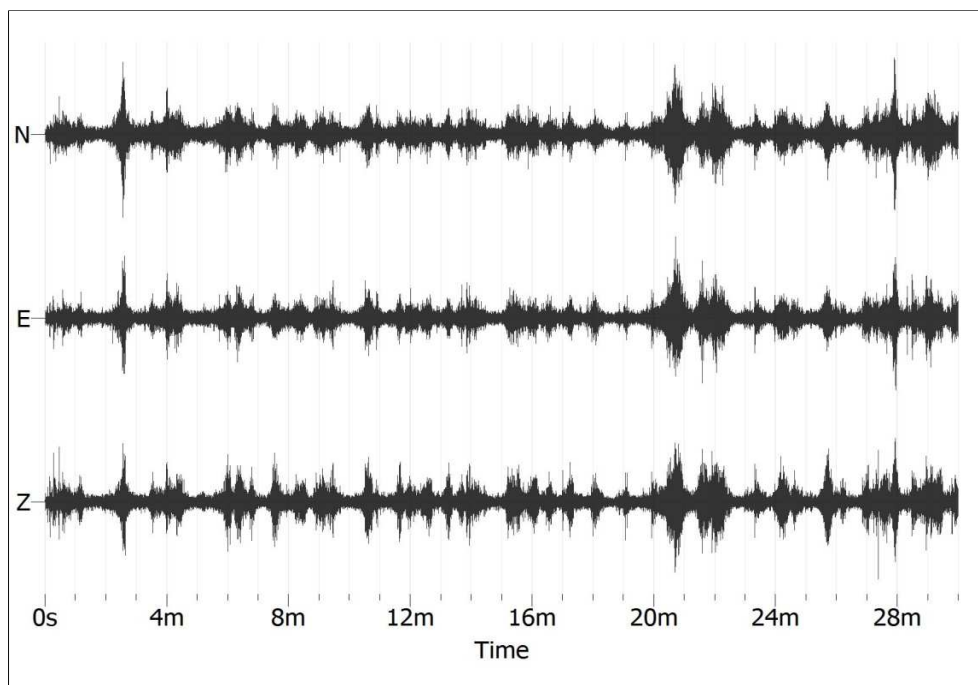


Figura 2.16. Rumore Ambientale acquisito per una durata di 30 min

Per questo, il secondo aspetto da curare particolarmente, per garantire che la misura sia realmente rappresentativa del sito investigato, è che per ogni punto la durata dell'acquisizione sia sufficientemente estesa nel tempo così da includere l'effetto di un numero significativo di sorgenti distribuite a varie distanze dal ricevitore. Nei casi di studio la durata di acquisizione varia da un minimo di 20 min ad un massimo di 50 min. In alcuni casi si è deciso di effettuare più di una misura così che entrambe si potessero validare reciprocamente.

Elaborazione

Dovendo operare su un segnale di tipo stocastico, è necessario mettere in campo tutti gli accorgimenti necessari perché l'analisi spettrale fornisca risultati statisticamente stabili ed affidabili. Per ottenere questi risultati bisogna procedere adottando opportune tecniche di trattamento del segnale. Per l'elaborazione dei

dati e la definizione della frequenza fondamentale del sito è stato utilizzato il software open source Geopsy (<http://www.geopsy.org>). Il calcolo del rapporto H/V viene effettuato suddividendo il segnale in finestre di durata variabile (in questo caso di 30 sec.). Il rapporto H/V è dedotto per ogni finestra così da calcolarne il valore medio per garantirne la stabilità nel tempo, ovvero garantirne l'attendibilità. La procedura è descritta dai seguenti passi:

- Calcolo della FFT (Fast Fourier Transform) con 'tapering' per ogni singola finestra (n_i) sul segnale su tutte e tre le componenti per ottenere i tre spettri di amplificazione.
- Smoothing degli spettri attraverso l'operatore Konno-Ohmachi, con ampiezza di banda di 40.
- Il rapporto H/V della singola finestra è calcolato sommando le componenti orizzontali (NS e EW) con una media quadratica: $H = \frac{\sqrt{NS^2 + EW^2}}{2}$. Così facendo, per ogni n-esima finestra si ottiene la distribuzione di $\log_{10}(H/V)$ in funzione della frequenza.
- Infine viene calcolato la media geometria del rapporto H/V e la sua deviazione standard come (Figura 2.17):

$$H/V_{media} = \frac{\sum \log_{10}(H/V)}{n_{windows}} \quad (2.49)$$

$$\sigma_{H/V} = \sqrt{\frac{\sum \log_{10}^2(H/V) - n_{windows} \times \log_{10}^2(H/V_{media})}{n_{windows}}} \quad (2.50)$$

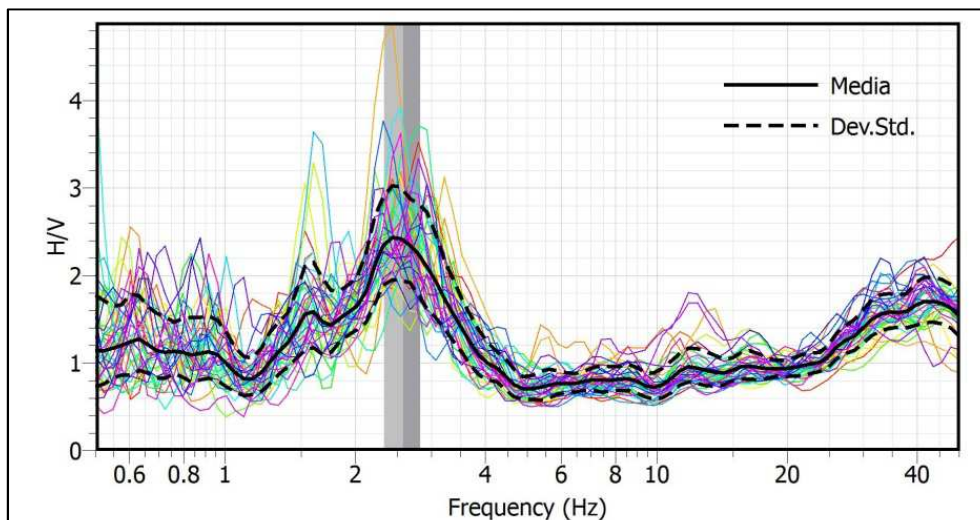


Figura 2.17. Curva H/V media e dev, stand., le curve colorate rappresentano il rapporto spettrale ottenuto per ogni singola finestra, le barre parallele in grigio individuano il picco della funzione e la sua deviazione standard

Un problema che può sorgere nell'interpretazione delle curva HVSR è la presenza di andamenti anomali indotti da forti fenomeni transienti avvenuti durante la misura (per esempio un urto sullo strumento o una forte sollecitazione nelle vicinanze di questo). Anche se questo transiente è breve rispetto all'intera durata della misura, se la sua ampiezza è grande può perturbare la curva media introducendo marcati effetti di sorgente. In questi casi, si dovrebbe rimuovere il segmento influenzato prima di procedere all'analisi.

Per evitare di selezionare finestre che presentano forti transienti nel segnale registrato (traffico veicolare, passi, ecc.), quindi per la rimozione degli intervalli temporali con segnale non stazionario si fa uso dell'algoritmo anti-trigger STA/TA. La procedura per rilevare transitori si basa su un confronto tra la media a breve termine "STA"(Short Term Average), cioè, il livello medio di ampiezza del segnale in un breve periodo di tempo (tipicamente intorno a 0,5-2,0 s), e la media lungo termine "TA"(Long Term Average), cioè, il livello medio di ampiezza del segnale in un periodo di tempo molto più lungo (tipicamente alcune decine di secondi).

Può capitare che nel verificare i criteri SESAME riportati in Tabella 5, alcuni di essi possano risultare non verificati nonostante un picco chiaro e ben definito. Un esempio è riportato nella Figura 2.19 dove si può notare che due criteri, quelli per cui la deviazione standard del picco calcolato sulle varie finestre debba essere minima ($< 5\%$) rispetto al valore massimo raggiunto sulla curva media H/V, non vengono verificati. Un modo per far sì che essi risultino positivi è quello di ridurre la banda di frequenze su cui identificare il massimo della curva H/V. Naturalmente nel momento in cui la curva non presenta ampiezze significative o risulta essere perturbata su un grande range di frequenze questo accorgimento risulterebbe essere superfluo.

Solo un contrasto netto dal punto di vista meccanico tra litotipi diversi genera un picco netto, pertanto se la curva ottenuta presenta un picco molto ampio e frastagliato, potrebbe essere dovuto ad un passaggio graduale da un tipo di terreno ad un altro che genera amplificazione in una banda larga di frequenze. Per questo non bisogna procedere immediatamente allo scarto della misura, ma l'atteggiamento corretto è quello di cercare conforto in misure condotte in punti vicini (in rapporto alla lunghezza d'onda di interesse).

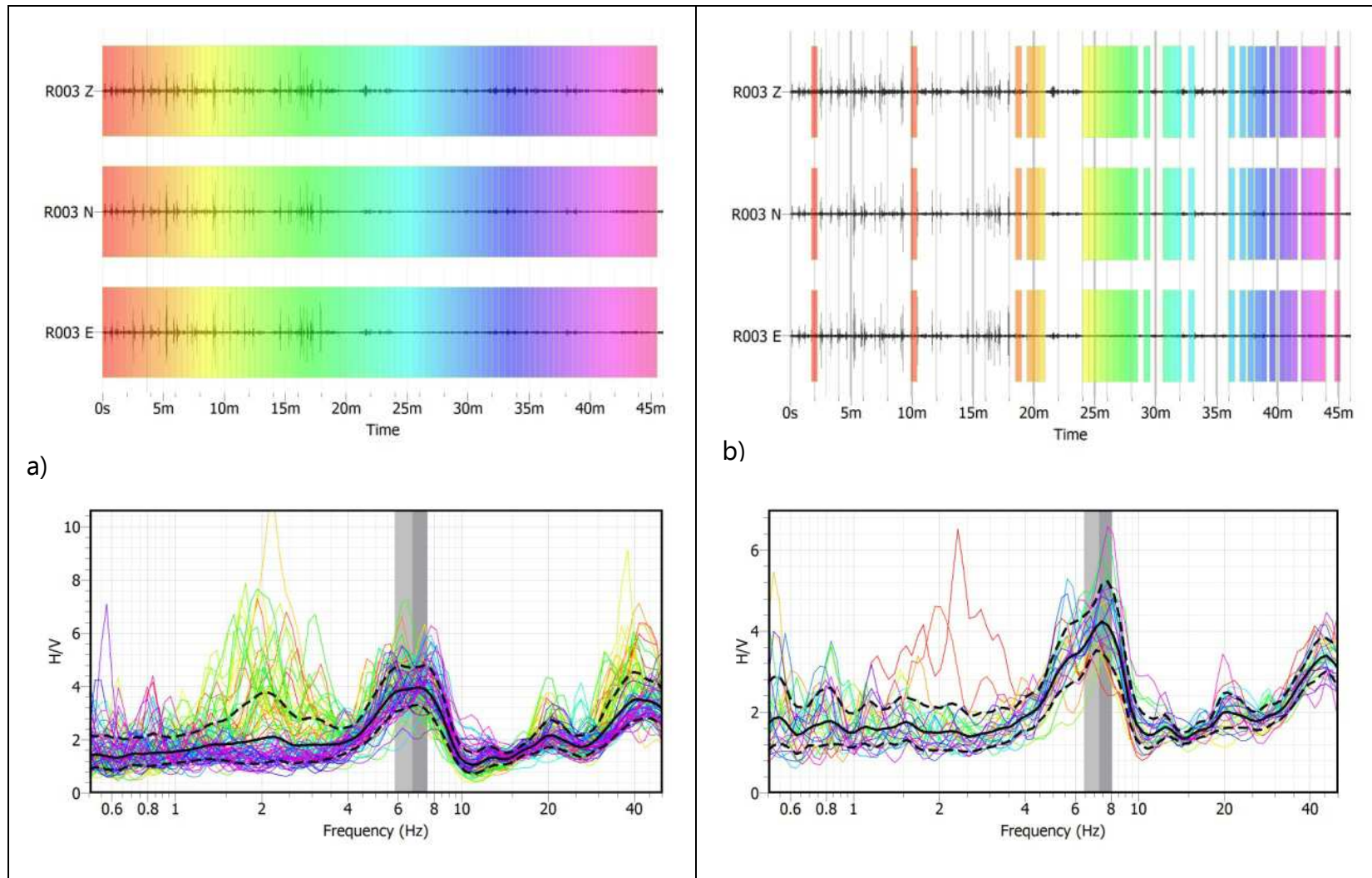


Figura 2.18. a) Calcolo della cura H/V utilizzando finestre di 30 sec su l'intero segnale; b) Calcolo della curva H/V con eliminazione dei transienti tramite il rapporto STA/LTA.

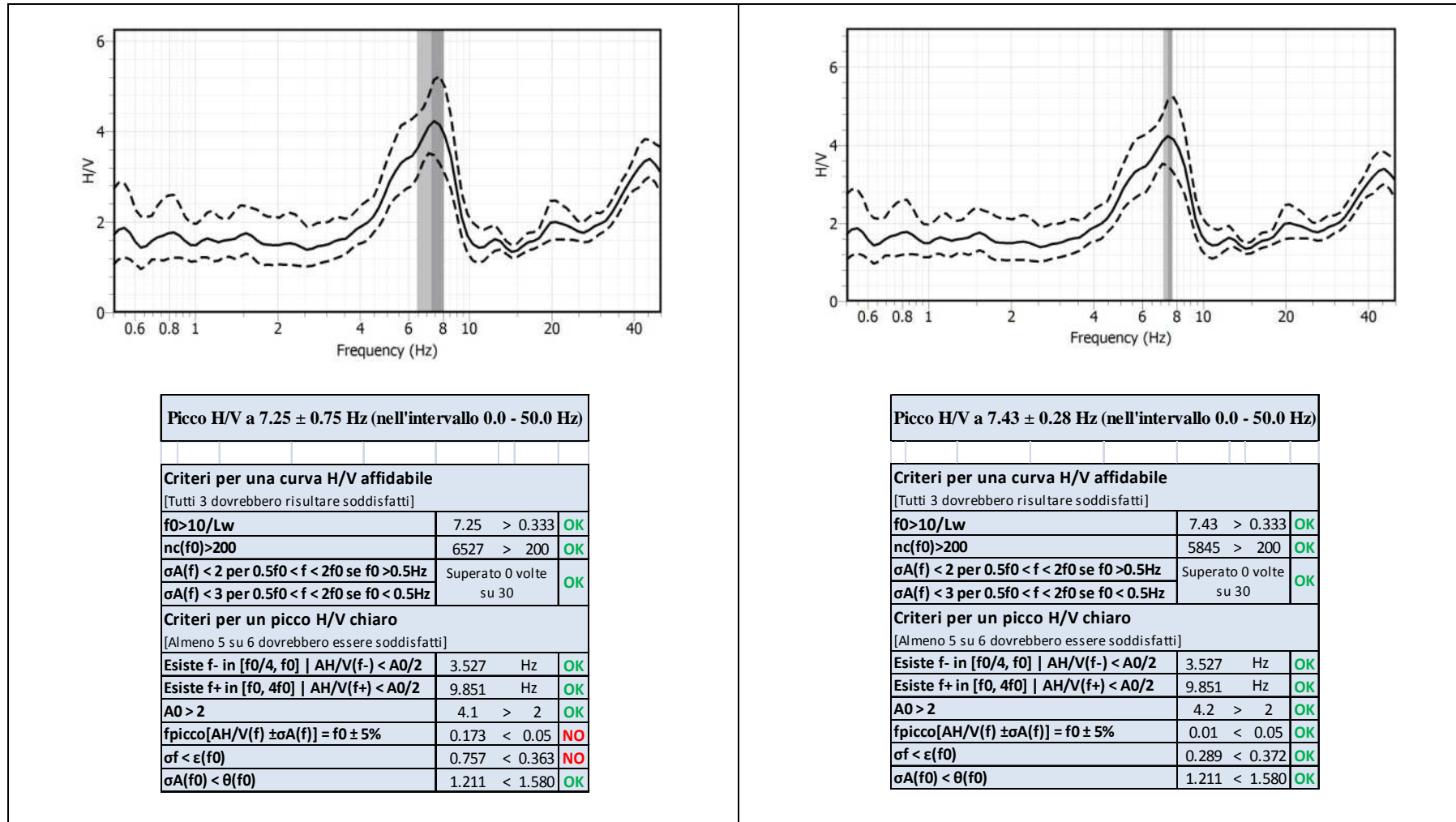


Figura 2.19. Confronto dei parametri di qualità SESAME effettuato sulla stessa curva H/V analizzata attraverso la ricerca del picco di frequenza su una banda ristretta.

Un altro problema è posto dalla presenza di rumore elettromagnetico o di origine industriale (Figura 2.20) che si manifesta con picchi fortemente concentrati attorno ad una specifica frequenza. Nel momento in cui questi disturbi presentano valori in ampiezza pressoché uguali, sia nelle componenti orizzontali che verticali dello spettro, il loro rapporto tende all'unità e non inficia la bontà della misura. Quando, invece, l'ampiezza del picco risulta essere diversa per una delle tre componenti allora essa produrrà dei picchi chiari e ben definiti nella curva HVSR che non dovranno essere considerati come identificativi delle proprietà del mezzo attraversato.

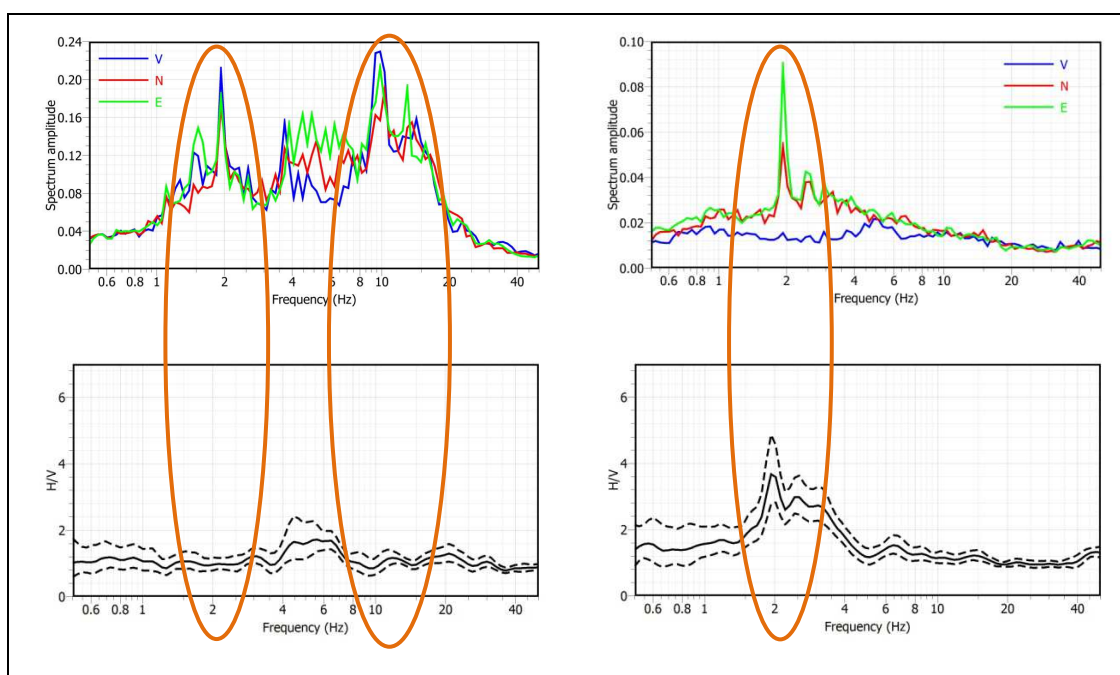
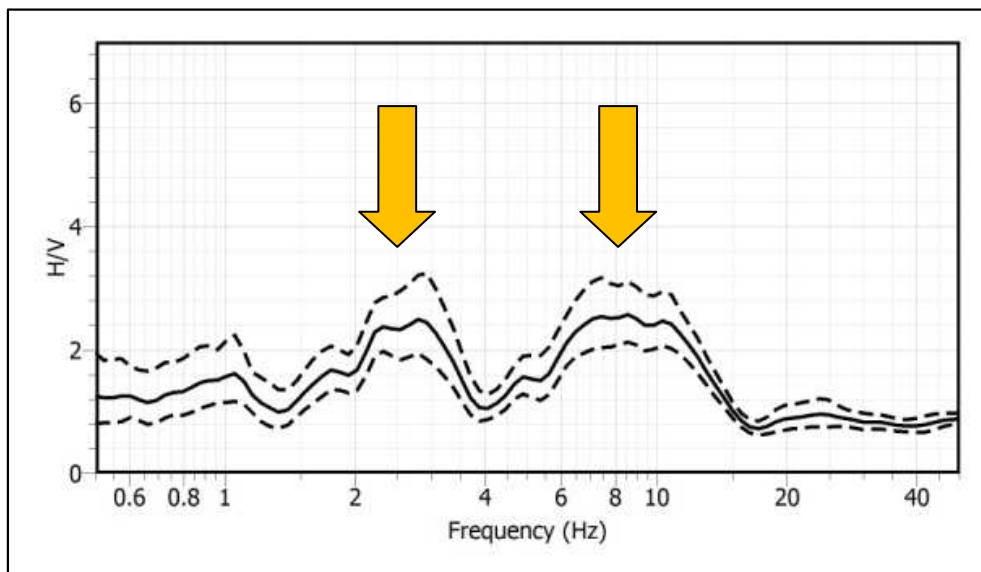


Figura 2.20. Presenza di rumore elettromagnetico o di origine industriale: a) la curva H/V non è influenzata dalla presenza del disturbo; b) la curva H/V risente della presenza del disturbo.

Questo non vuol dire che all'interno della stessa curva non sia possibile individuare un altro picco, anche prossimo, che dipenda dalle caratteristiche del sito investigato. Bisogna, quindi, prestare una maggiore attenzione alle condizioni che portano alla definizione del picco e, tramite altre misure o indagini presenti nelle vicinanze del sito, valutare la possibilità di tenere la misura o, alternativamente, scartarla.



2.21. Curva H/V che presenta due picchi chiari e ben definiti.

E' possibile che da una stessa misura si sia in grado di identificare più di un picco che soddisfi completamente i criteri. In questo caso ci troviamo nella condizione in cui ho due contrasti netti di impedenza sismica tra uno strato più superficiale e uno più profondo (primo strato 200 m/s, secondo strato 400 m/s, terzo strato 800 m/s). Nella caratterizzazione del sito si andrà ad individuare il primo dei due come quello che definisce la frequenza fondamentale del sito f_0 .

Come si è visto dagli esempi sopra riportati, un eventuale non superamento dei criteri stabiliti o presenza di disturbi della curva H/V non devono essere visti come un vincolo nell'utilizzo della misura effettuata, ma come strumento per portare ad una valutazione più attenta da parte dell'utilizzatore.

CAPITOLO 3

LA MICROZONAZIONE SISMICA

3.1 Generalità

Per microzonazione sismica (MS) si intende la “valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l’individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo” (Gruppo di lavoro MS, 2008). Lo studio di MS porta all’elaborazione di una carta del territorio nella quale sono indicate:

- *le zone stabili*, che sono quelle zone in cui il moto sismico non risulta essere modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- *le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico*, ovvero le zone in cui avviene la modifica del contenuto in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuto alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito. La valutazione quantitativa dell’amplificazione è effettuabile attraverso rapporto del moto sismico rilevato in superficie con quello che lo stesso evento sismico avrebbe su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Quindi se il rapporto è > 1 si parla di amplificazione locale;
- *le zone suscettibili di instabilità*, ovvero le zone in cui si possono verificare fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.);

Lo studio di MS risulta quindi essere uno strumento molto utile ai fini della prevenzione sismica, della valutazione e della riduzione del rischio sismico.

Il costo economico di questo studio varia in funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi, infatti, possono essere effettuati 3 livelli di MS ognuno dei quali è caratterizzato da un approfondimento crescente:

- *il livello 1* è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS , in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle fenomenologie sopra descritte;
- *il livello 2* introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando allo scopo ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce la Carta di microzonazione sismica;
- *il livello 3* restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche specifiche in aree particolari.

Avendo come scopo quello di riconoscere e caratterizzare, ad una scala sufficientemente grande, le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture, gli studi di MS risultano, quindi, essere un valido strumento per la gestione ed il governo del territorio, per la progettazione e per la pianificazione per l'emergenza.

Nella pianificazione territoriale gli studi di MS sono utilizzati al fine di:

- orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti;
- definire gli interventi ammissibili in una data area;
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento;
- stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate;
- definire priorità di intervento.

Nella pianificazione d'emergenza sia di livello comunale che provinciale, gli studi di MS contribuiscono a:

- scegliere aree e strutture di emergenza ed edifici strategici in zone stabili;
- individuare i tratti "critici" delle infrastrutture viarie e di servizio e le opere rilevanti, in caso di collasso, per le quali potrebbero essere necessarie specifiche valutazioni di sicurezza.

Nella progettazione di opere nuove o di interventi su opere esistenti, gli studi di MS evidenziano l'importanza di fenomeni, quali le possibili amplificazioni dello scuotimento, legate alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area e dei fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma. Gli studi di MS , quindi, possono offrire elementi conoscitivi utili per la progettazione di opere, in base al livello di approfondimento e delle caratteristiche delle opere stesse:

- *Per opere ordinarie esistenti* sulle quali si eseguiranno interventi di modesto impatto potranno in vario modo essere utilizzate alcune informazioni qualitative proprie del primo livello.
- *Per opere ordinarie di nuova realizzazione* i risultati di livello 1 potranno in generale orientare nella scelta degli approfondimenti specifici da effettuare, mentre l'utilizzabilità diretta di risultati di livello 2 dipenderà dalla verifica della corrispondenza delle caratteristiche delle zone omogenee con quelle del sito di interesse.
- *Per le opere strategiche* per finalità di protezione civile sarà in generale necessario raggiungere un approfondimento conoscitivo proprio del livello 3.

3.1.1 Livello 1 di microzonazione

Il livello 1 ha per obiettivo l'individuazione delle micro zone a comportamento sismico omogeneo su una carta a scala 1:5.000 – 1:10.000.

Il livello 1 costituisce uno studio propedeutico e obbligatorio per affrontare i successivi livelli di approfondimento. I risultati di questo livello possono orientare la scelta del livello successivo di approfondimento (livello 2 e/o livello 3).

Solo in alcuni casi particolari i risultati di questo approfondimento possono essere considerati esaustivi e definitivi. Condizione preliminare per la realizzazione di questo livello è la messa a punto di un quadro conoscitivo generale, che riguarda un territorio più vasto rispetto a quello in cui si andranno a effettuare gli studi di MS .

Carta delle indagini

A seguito della predisposizione del quadro conoscitivo generale verrà realizzata la Carta delle indagini per l'area di studio in scala 1:10.000 o superiore.

Generalmente nella Carta delle indagini dovranno essere indicati:

- la localizzazione delle indagini pregresse raccolte;
- il tipo di indagini;
- le aree dove si ritiene importante o indispensabile che vengano effettuate ulteriori indagini

Carta delle micro zone omogenee in prospettiva sismica

Il secondo elaborato previsto in questo livello è la Carta delle micro zone omogenee in prospettiva sismica. La carta individua le micro zone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati

litostratigrafici (si sottolinea che si tratta di dati pregressi, già disponibili per l'area), è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.). Le informazioni utilizzabili, oltre alla cartografia di base disponibile, sono:

- a. carta delle indagini, precedentemente prodotta per questo livello;
- b. carte geologiche e geomorfologiche almeno alla scala 1:10.000, preferibilmente di maggiore dettaglio;
- c. carta litotecnica alla scala 1:10.000;
- d. logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggio;
- e. sezioni geolitologiche costruite con dati dedotti da a., b. e c.;
- f. carte di dissesto idrogeologico (es. Progetto IFFI, piani provinciali di dissesto idrogeologico, piani delle Autorità di bacino).

Si sottolinea ancora che, se non si hanno a disposizione questi elaborati di base, non sarà possibile elaborare la Carta delle micro zone omogenee in prospettiva sismica.

In assenza di dati preesistenti che permettano la ricostruzione del quadro litostratigrafico dell'area, dovranno essere eseguite apposite nuove indagini finalizzate a definire la litostratigrafia, le tipologie e gli spessori delle coperture e la profondità del substrato o le aree dove esso affiora.

Questa carta identifica le geometrie di micro zone potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici. Non è previsto l'utilizzo di un input sismico, né la quantificazione numerica dei diversi effetti. Le micro zone della carta sono classificate in tre categorie:

- A) *zone stabili*, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);
- B) *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell’assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- C) *zone suscettibili di instabilità*, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

I principali tipi di instabilità sono:

- instabilità di versante
- liquefazioni
- faglie attive e capaci
- cedimenti differenziali

Tra le zone suscettibili di instabilità, in questa trattazione non vengono affrontate le problematiche e le metodologie di valutazione su tsunami e “seiche⁶”. Per quanto riguarda i cedimenti differenziali, vengono presi in considerazione solo nell’ambito del livello 1, segnalandone l’eventuale localizzazione. Tali tipi di instabilità, in generale, non hanno la stessa importanza degli altri fenomeni. I cedimenti differenziali si verificano limitatamente nelle zone adiacenti i contatti fra formazioni con caratteristiche litologiche e meccaniche molto diverse. Questo tipo

⁶ **Seiche:** le onde di sessa (o seiche) consistono in moti oscillatori che si originano in conseguenza di improvvisi abbassamenti della pressione atmosferica.

di fenomeni è incluso in questa categoria per comodità di rappresentazione. Una nota particolare merita il tema delle faglie attive e capaci. 1ª definizione dell'attività di una faglia attiva e capace deve scaturire da una serie di studi di dettaglio eseguiti da esperti del settore e, solo dopo una validazione tecnico-scientifica, questi studi possono essere messi a disposizione di coloro che si occupano della MS. Si raccomanda quindi che, per il livello 1, nella Carta delle micro zone omogenee in prospettiva sismica si riportino solo le faglie identificate da studi validati da esperti del settore. 1ª micro zona omogenea riferita alla faglia attiva e capace sarà costruita in modo da comprendere la traccia superficiale della faglia e i fenomeni deformativi del terreno (rottture secondarie, rigonfiamenti, cedimenti, ecc.) correlati alla rottura principale.

Inoltre, nella carta sono rappresentate alcune caratteristiche morfologiche del territorio e, laddove individuabili, forme sepolte che possono contribuire ad eventuali effetti di amplificazione.

Attraverso questo livello, quindi, sarà possibile:

- l'individuazione delle aree a minore pericolosità locale (zone stabili);
- la programmazione di indagini di approfondimento, sulla base delle diverse tipologie di effetti attesi;
- l'individuazione delle aree per le quali sono necessari ulteriori livelli di approfondimento.

3.2 La Microzonazione Sismica tramite misure HVSR

Per predisporre la carta delle micro zone omogenee in prospettiva sismica con l'identificazione delle varie zone soggette o meno ad instabilità, si è fatto uso delle indagini pregresse e dei risultati ottenuti tramite la tecnica HVRS.

Con il metodo dei rapporti spettrali ci si prepone l'obbiettivo di individuare i salti di velocità all'interno degli strati sedimentari che sono caratterizzati da un elevato contrasto di impedenza sismica, in particolare, grazie all'ausilio dell' f_0 è possibile individuare il bedrock sismico caratterizzato da velocità >800 m/s. Ci focalizziamo sull'individuazione degli 800 m/s in quanto, secondo la teoria dell'elasticità, lo strato dovrebbe essere in grado di trasferire l'onda in modo elastico ovvero senza amplificazioni. Dato che la necessità principale di un primo livello è quella di fornire un quadro generale del territorio che si vuole indagare senza troppi costi la tecnica HVRS risulta essere particolarmente adatta per questo scopo.

3.2.1 Misure HVSR a "spot"

Comune di Sant'Antonino di Susa

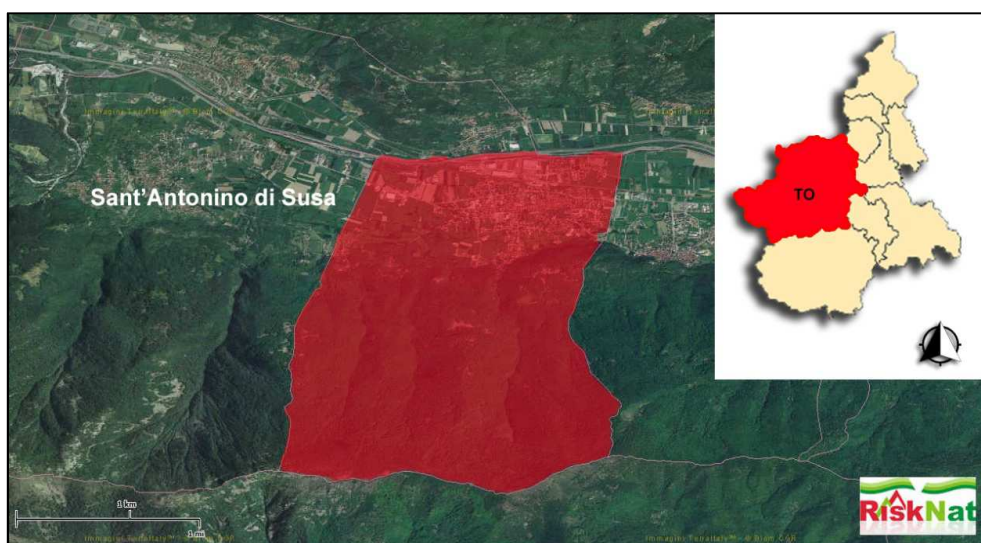


Figura 3.1. Inquadramento territoriale e confini amministrativi del comune di Sant'Antonino di Susa.

Sant'Antonino di Susa è un comune di 4.391 abitanti della provincia di Torino. Il comune è situato sul versante orografico destro della Dora Riparia, si trova in Val di Susa e fa parte della Comunità Montana Valle Susa e Val Sangone.

Come primo passo dell'indagine di micro zonazione si sono raccolti tutti i dati disponibili per avere un quadro conoscitivo generale dell'area di studio creando così la carta delle indagini che è, come dette in precedenza, il primo requisito per uno studio di MS di 1° livello.

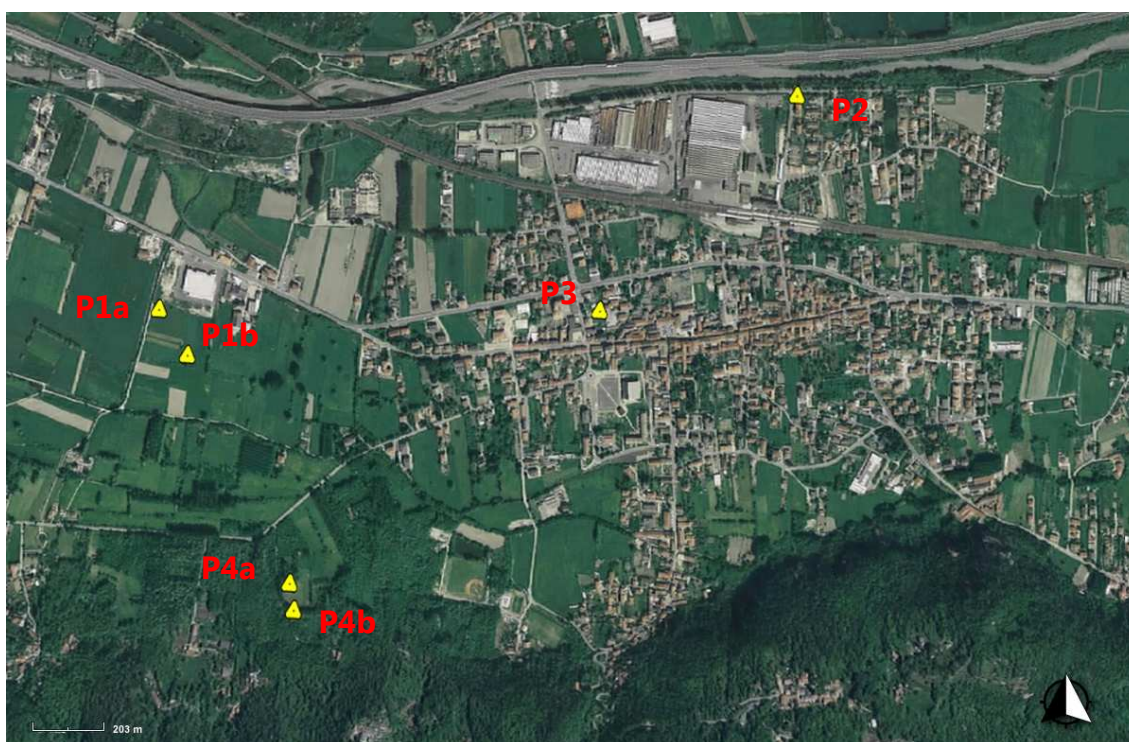


Figura 3.2. Identificazione punti di stazione per le misurazioni tramite tecnica HVRS

Nella carta, riportata in appendice, vengono localizzati i punti ed il tipo di indagini effettuate, in particolare per l'area oggetto di studio sono stati reperiti dati inerenti le indagini geofisiche di tipo MASW, le prove penetrometriche, i sondaggi a carotaggio continuo, con prelievo di campioni, con prove penetrometriche in foro, con l'esecuzione di Downhole, i sondaggi a distruzione di nucleo con prova penetrometrica e le trincee o pozzetti esplorativi. Sono anche riportati i punti nei

quali sono state effettuate le indagini HVSR a spot da microtremore a stazione singola effettuate nell'ambito di questo progetto.

Per procedere alla caratterizzazione del territorio di Sant'Antonino di Susa tramite l'individuazione delle possibili zone suscettibili ad amplificazione, sono stati effettuate 6 misurazioni distribuite sull'intero territorio comunale, delle quali 3 a centro valle e le restanti 3 sui bordi valle (il modus operandi per l'acquisizione delle misure e il loro trattamento è stato descritto nel capitolo precedente). Due delle sei misure (P1b, P4b) sono state effettuate per avere una maggiore ridondanza e quindi una valutazione della risposta del sito più attendibile. La scelta dell'ubicazione delle misure è stata effettuata sulla base della carta litotecnica che suddivide l'area del comune all'interno della valle in 4 macro aree:

- Depositi fluviali attuali e recenti sul fondovalle della Doria Riparia, costituiti prevalentemente da ghiaia, ghiaietto e ciottoli con sabbia medio - grossolana: hanno spessore >30 m e presentano caratteristiche geomeccaniche buone ($N_{spt}^7 > 15$).
- Depositi fluviali medio - recenti sul fondovalle della Doria Riparia, costituiti da alternanza di livelli limoso - sabbioso e/o limoso argillosi (prevalenti lungo i probabili paleo alvei della Doria Riparia), con caratteristiche geomeccaniche scadenti ($N_{spt} < 10$), con livelli di sabbie sciolte anche grossolane; questi depositi presentano uno spessore complessivo almeno superiore a 30 m.

N_{spt}^7 : Il parametro N_{spt} (numero di colpi/30 cm) è il più efficace metodo a disposizione per ricavare, indirettamente, le caratteristiche meccaniche di un terreno quali la capacità portante e la compressibilità, in assenza di campioni indisturbati da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio. I valori di N_{spt} possono essere associati, mediante opportune correlazioni, a parametri essenziali del terreno, quali D_r (densità relativa), φ' (angolo di resistenza al taglio, ed E' (modulo edometrico).

- Depositi fluviali medio - recenti di conoide, costituiti da ghiaie e sabbie grossolane sciolte con spessore 20-30 m: presentano caratteristiche geomeccaniche buone ($N_{spt} > 15$). Formano estesi corpi di accumulo in corrispondenza dello sbocco vallivo dei rii principali (Rio Vignassa, Rio Bonetto, Rio Trona) che drenano il versante.
- Substrato roccioso costituito da gneiss e micacisti dell'unità Doria - Maira. Localmente affiorante, in particolare lungo le principali aste torrentizie, è prevalentemente sub affiorante, mascherato dalla copertura eluvio-colluviale superficiale. I litotipi risultano spesso intensamente fratturati e presentano caratteristiche geomeccaniche da buone a scadenti.

Le curve H/V ottenute per i punti investigati sono riportate in appendice insieme, ai grafici delle tre componenti spettrali, alla tabella dei parametri di qualità SESAME e al grafico che esprime la direzionalità del segnale registrato. La seguente tabella riassume la localizzazione delle misure effettuate e il valore di frequenza di picco individuata attraverso la tecnica HVSR.

Dai dati pregressi, in particolare da 3 differenti indagini geofisiche un Down - Hole e 2 indagini Masw, si sono potute caratterizzare le velocità dei diversi depositi all'interno del comune, descritti in precedenza.

La Ghiaia sabbiosa-Sabbia ghiaiosa ha come valori medi delle velocità delle onde di taglio (V_s) 250 m/s nei primi 10 m di profondità e di 400 m/s tra i 10 m e 30 m di profondità. La Sabbia limosa - limo sabbioso ha come valori medi delle velocità delle onde di taglio (V_s) 250 m/s nei primi 5 m di profondità, di 350 m/s tra i 5 m e 30 m di profondità e di 400 m/s tra i 30 m e 40 m di profondità.

Quindi, avendo individuato tramite la tecnica HVSR il valore di f_0 , adesso siamo in grado di ipotizzare la profondità del bedrock sismico caratterizzato da velocità > 800 m/s. Ci focalizziamo sull'individuazione degli 800 m/s in quanto, secondo la

teoria dell'elasticità, lo strato dovrebbe essere in grado di trasferire l'onda in modo elastico ovvero senza amplificazioni.

Punto	Latitudine	Longitudine	Quota (m)	F₀ [Hz]
P1a	45°6'27.5"N	7°15'24.9"E	385	2.7
P1b	45°6'24"N	7°15'28"E	385	2.6
P2	45°6'44"N	7°16'34.3"E	381	5
P3	45°6'27.4"N	7°16'12.7"E	382	2.5
P4a	45°6'4.6"N	7°15'39.7"E	388	2.3
P4b	45°6'4.6"N	7°15'39.7"E	389	2.1

Tabella 6. Coordinate stazioni H/V e valore F₀

Dato che la media delle velocità intorno ai 30 m risulta essere di 400 m/s possiamo affermare che il picchi rilevati nella curva H/V, con $A \geq 2$, siano dovuti proprio al contrasto di impedenze rilevato tra la strato soffice sovrastante e il nostro bedrock sismico con una velocità di almeno 800 m/s.

Punto	P1a	P1b	P2	P3	P4a	P4b
F₀ [Hz]	2.7	2.6	5	2.5	2.3	2.1
V [m/s]	400	400	400	400	400	400
H,min [m]	37	38.5	20	40	43.5	47.5

Tabella 7. Frequenze di risonanza relative ai punti investigati e corrispettive profondità del bedrock sismico.

Attraverso l'uso della formula (2.48), nell'ipotesi di investigare uno strato omogeneo poggiante su un sub-strato rigido, si è valutata, come mostrato nella Tabella 7, la profondità a cui si dovrebbe incontrare il bedrock sismico nei punti investigati.

Ipotizzando che ogni macro area possa rispondere allo stesso modo in termini di frequenza di risonanza, è possibile caratterizzare l'intero territorio comunale

assegnando a ciascuna zona una particolare frequenza, quindi lo spessore dello stato soffic. Si ha così una suddivisione in Zone:

- la Zona 1 risulta essere classificata come "Stabile non soggetta ad amplificazione locale", in quanto è individuato il sub-strato roccioso lapideo non fratturato;
- le Zone 2,3,4 sono le zone "Stabili suscettibili ad amplificazioni locali".

Questa suddivisione ha portato alla definizione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) e, grazie all'ausilio delle indagini pregresse, alla definizione di due sezioni rappresentative del territorio (Figura 3.3).

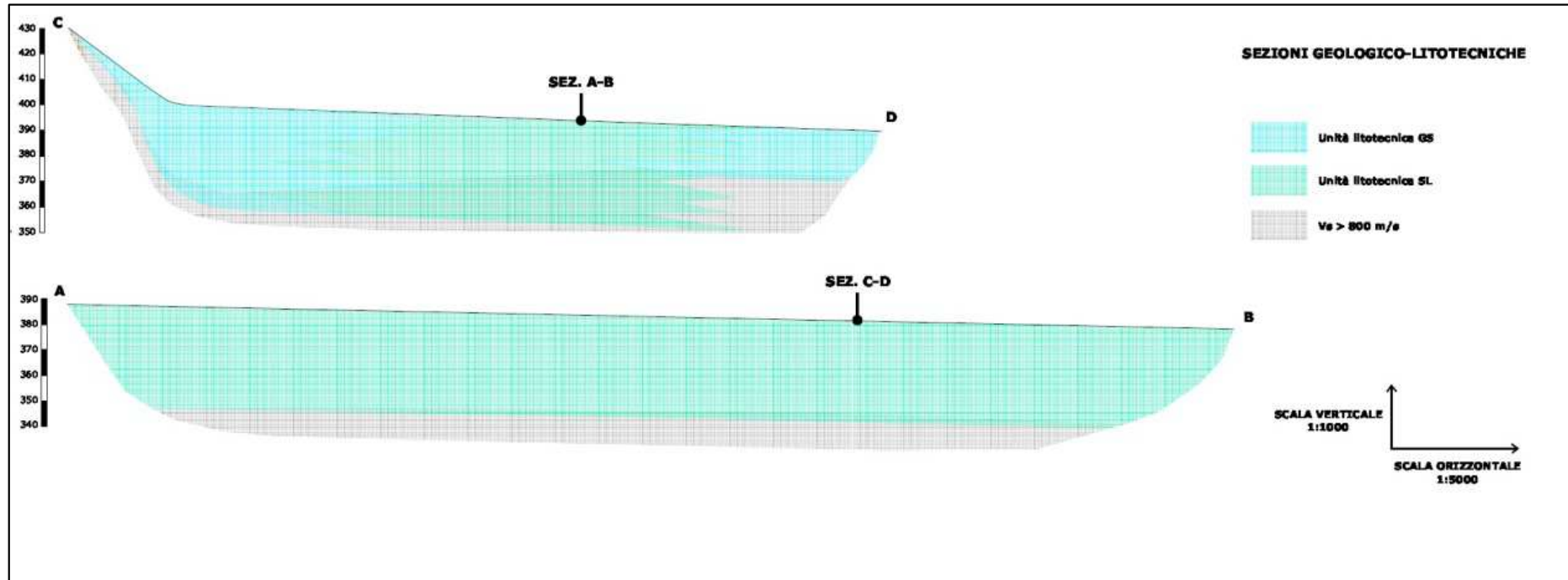


Figura 3.3 Sezioni rappresentative del comune di Sant'Antonino di Susa ottenute tramite misure H/V a spot.

3.2.2 Transetto di misure

Come abbiamo visto per le misure del comune di Sant'Antonino di Susa, attraverso l' f_0 è stato possibile definire, in prima approssimazione, zone del territorio su cui aspettarsi delle risposte del terreno simili. Ma non bisogna dimenticare che la caratterizzazione è stata possibile grazie alla grande quantità e ai differenti tipi di indagine di cui si era a disposizione.

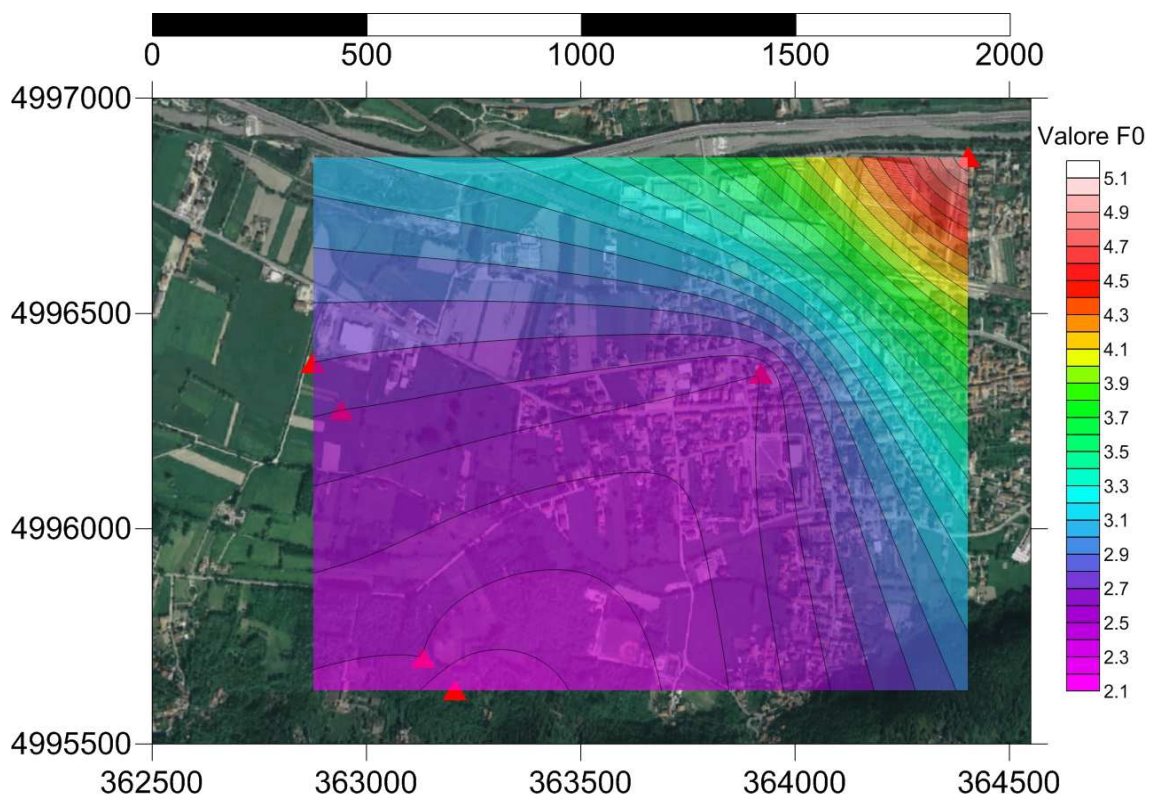


Figura 3.4. Interpolazione spaziale dei dati a spot HVRS di Sant'Antonino di Susa (ottenuta tramite il software commerciale Surfer 9)

Nel caso in cui il comune non fosse provvisto da sufficienti indagini, l'uso della tecnica HVRS con misure a spot, non risulterebbe essere sufficiente. L'ampia distanza tra un punto di misurazione e il successivo, infatti, non ci permette di poter caratterizzare il territorio, in termini di f_0 in maniera esaustiva. Quanto detto è deducibile semplicemente mettendo a confronto due mappe prodotte; la prima definita a valle dello studio di micro zonazione (MOPS) in appendice la seconda

ottenuta tramite il trattamento dati (Figura 3.4), ottenuti dalle indagini di microtremore, attraverso l'interpolatore spaziale Kriging. Si nota come la variazione del valore dell' f_0 viene predetta in maniera nettamente diversa.

Nasce, quindi, la necessità di disporre di una maggiore quantità di punti all'interno del territorio investigato per ottenere una caratterizzazione adeguata. Bisogna tener conto, però, che in un primo livello la quantità di indagini non deve essere tale da superare un certo budget. Quindi, bisogna sì far più misure, ma si deve anche stabilire un limite nella quantità e un metodo adeguato per cercare di ottenere il massimo risultato con il minimo sforzo, che in questo caso vuol dire meno spese. Le indagini di microtremore effettuate entro una certa distanza risultano produrre le stesse informazioni e vengono utilizzate solo per garantire una maggiore attendibilità del valore di f_0 individuato.

Il limite, per cui non vi è un effettiva perdita di informazione ovvero entro il quale il campo medio d'onde considerato rimane inalterato, (attraverso due misure otterremo sempre lo stesso valore di f_0) si può ricercare attraverso la definizione di risoluzione orizzontale di un fronte d'onda. Si definisce *risoluzione orizzontale*, la distanza minima per la quale due punti vicini, giacenti sulla stessa superficie riflettente, risultano essere distinguibili.

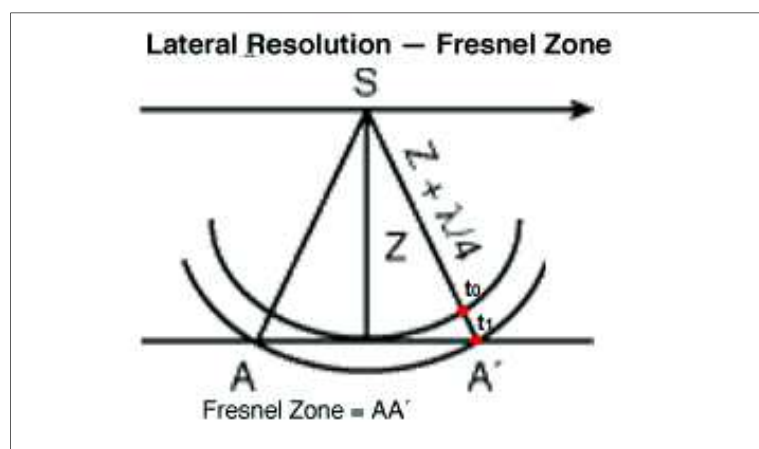


Figura 3.5. Rappresentazione Fronte d'onda serico e 1° zona di Fresnel

Si consideri un fronte d'onda sferico che incide su una superficie di discontinuità posta ad una profondità Z_0 dalla sorgente S (Figura 3.5). L'energia riflessa dal punto O (sulla verticale della sorgente S) arriva dopo un tempo :

$$t_0 = 2Z_0/V. \quad (3.1)$$

Se il fronte d'onda avanza di una quantità pari a $\lambda/4$, l'energia riflessa dai punti A ed A' , che si trovano sullo stesso riflettore, arriva al ricevitore dopo un tempo:

$$t_1 = \frac{2}{V} \times \left(Z_0 + \frac{\lambda}{4} \right) \quad (3.2)$$

L'energia riflessa da tutti i punti interni al disco riflettente di diametro AA' , arriva in un intervallo di tempo compreso tra t_0 e t_1 ed interferisce costruttivamente cosicché i punti interni a tale zona risultano indistinguibili. Il disco riflettente di diametro AA' è detto prima zona di Fresnel e rappresenta il limite della risoluzione laterale. L'ampiezza della zona di Fresnel dipende dalla lunghezza d'onda, quindi dalla frequenza (maggiore è la frequenza, minore è la zona di Fresnel.), dalla velocità di propagazione delle onde nel mezzo e dalla profondità del riflettore; infatti, il raggio della zona di Fresnel. è dato, dalla relazione:

$$OA' = r = \sqrt{\left(Z_0 + \frac{\lambda}{4} \right)^2 - Z_0^2} = \sqrt{\frac{\lambda^2}{16} + \frac{Z_0\lambda}{2}} \quad (3.3)$$

Se si considera $\lambda \ll Z_0$:

$$r \cong \sqrt{\frac{Z_0\lambda}{2}} \quad (3.4)$$

Nel nostro caso di studio, dalle misure a spot effettuate, si è trovata una frequenza di picco minima 2 Hz. Ipotizzando di investigare alla profondità di 40 m, che è la profondità a cui si è ipotizzato si trovi il riflettore, con una velocità dell'onda di 400 m/s ($\lambda \approx 200$ m), la distanza minima teorica affinché attraverso due misure si riesca ad apprezzare una variazione 2D è di circa 160 m.

Comune di San Antonino di Susa

Volendo ricoprire la maggior parte della superficie del territorio e investigare il maggior numero possibile di singolarità al suo interno è risultato intuitivo eseguire un transetto di misure che ricoprisse l'intera valle da Nord a SUD. Le stazioni di misura sono state poste (Figura 3.6) usando una interdistanza fra un punto e un altro di circa 50 m a bordo valle e di 100 m al centro della valle rientrando largamente all'interno della prima zona di Fresnel.

I risultati delle stazioni elaborati singolarmente sono riportati in appendice. Di seguito riportiamo i risultati prodotti dall'unione delle diverse misure. Analizzando i risultati in sequenza, ottenuti tramite la curva H/V, si è in grado produrre una immagine che mostra l'andamento del picco in funzione della distanza, ottenendo così una chiara rappresentazione di come risponde il terreno lungo una sezione della valle (Figura 3.7).



Figura 3.6 Localizzazione delle misure del transetto nel comune Sant'Antonino di Susa.

Punto	Latitudine	Longitudine	Quota (m)	Punto	Latitudine	Longitudine	Quota (m)
T1	45°6'44.2"N	7°15'30.3"E	384	T11	45°6'20.9"N	7°15'22.3"E	385
T2	45°6'43"N	7°15'30"E	384	T12	45°6'18"N	7°15'20.8"E	385
T3	45°6'40.9"N	7°15'29.9"E	384	T13	45°6'14.6"N	7°15'19.8"E	385
T4	45°6'38.2"N	7°15'29.7"E	384	T14	45°6'12.7"N	7°15'18.8"E	385
T5	45°6'36.8"N	7°15'29.5"E	384	T15	45°6'10.11"N	7°15'17"E	386
T6	45°6'35.4"N	7°15'28.8"E	384	T16	45°6'9.09"N	7°15'17.1"E	387
T7	45°6'33.3"N	7°15'28.1"E	384	T17	45°6'8.3"N	7°15'16.5"E	393
T8	45°6'30.5"N	7°15'26.4"E	385	T18	45°6'5.4"N	7°15'15"E	397
T9	45°6'27.4"N	7°15'25.1"E	385	T19	45°6'3.9"N	7°15'14.2"E	402
T10	45°6'24.2"N	7°15'23.5"E	385	T20	45°6'2.6"N	7°15'13.84"E	410

Tabella 8.Coordinate geografiche delle stazioni utilizzate per effettuare il transetto

Grazie allo stretto passo di misure utilizzato siamo in grado di, valutare di quanto queste possano essere diradate senza che si perda informazione utile al fine della caratterizzazione del territorio analizzato e verificare se questa distanza risulta essere in accordo con il risultato teorico accennato ad inizio capitolo.

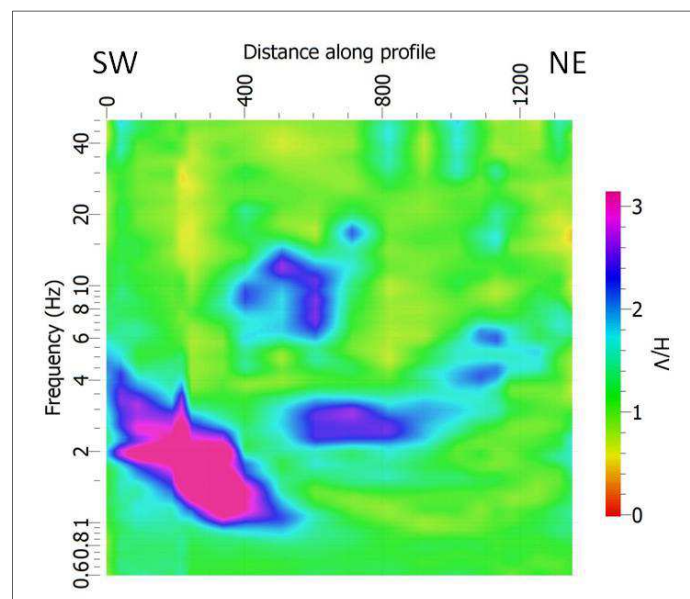


Figura 3.7. Andamento della frequenza di risonanza, in una sezione della valle, ottenuta attraverso il transetto di misure.

Dalle immagini riportate in Figura 3.9 si può notare, in rapporto alla Figura 3.7, come fino ad un interdistanza fra le stazioni che varia tra i 250-300 m non vi sia alcuna

perdita significativa di informazione, in quanto si riesce ancora a cogliere molto bene le variazioni 2D, in termini di frequenza fondamentale, all'interno della valle.

Superata la soglia di 300m, in base alla configurazione della stesura della misure, c'è la possibilità che venga persa l'informazione riguardante l'andamento dei riflettori legati alle frequenze più alte.

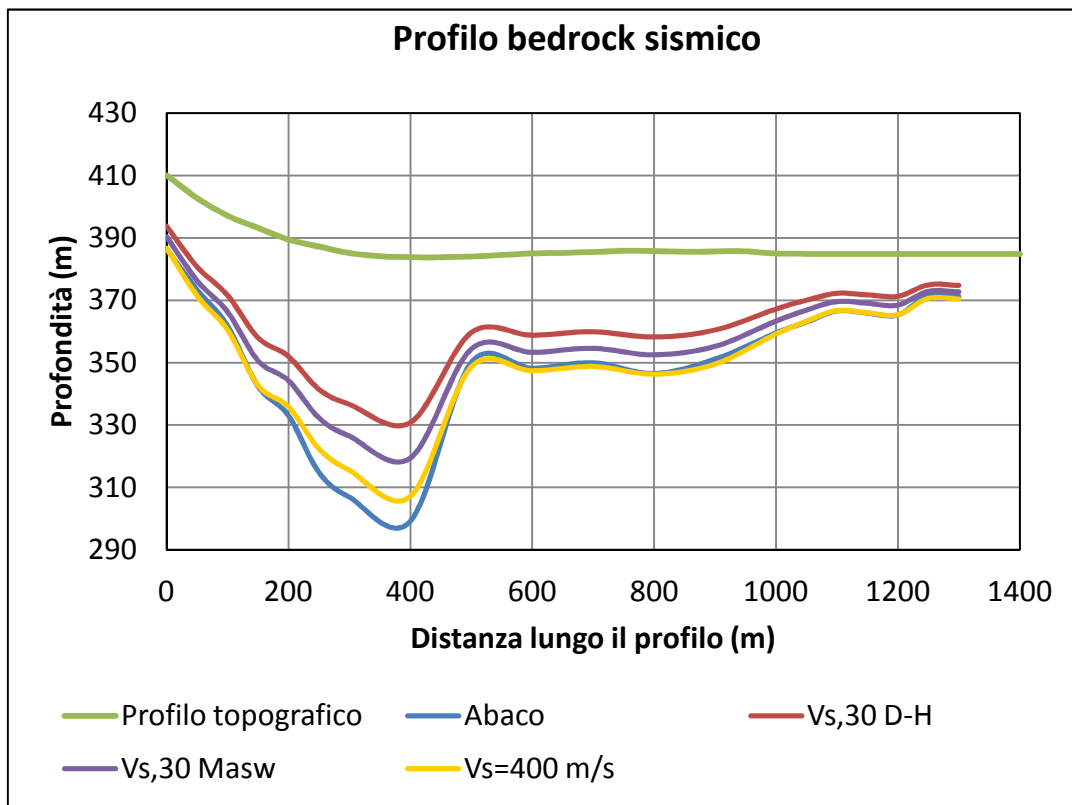


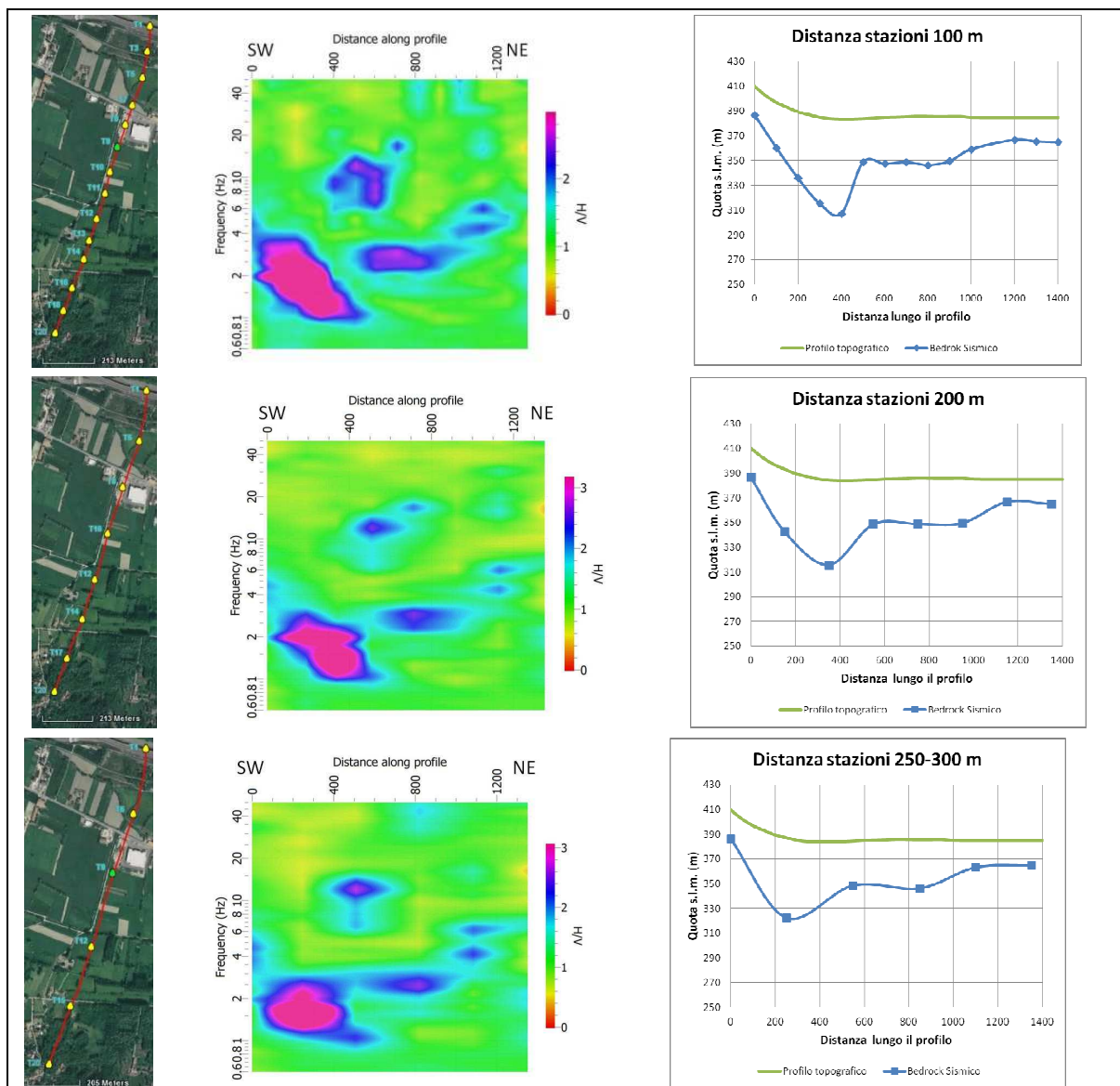
Figura 3.8. Sezione rappresentativa della profondità del bedrock sismico attraverso l'utilizzo di velocità ottenute da indagini geofisiche preesistenti

Il transetto, oltre a fornire una prima stima qualitativa dell'andamento del bedrock sismico all'interno della valle, ha messo in luce una singolarità che attraverso le misure a spot non si era riuscita ad individuare.

Guardando la figura, infatti, possiamo notare come avvicinandosi a bordo valle in direzione SW si trovi una zona caratterizzata da una frequenza di risonanza più bassa rispetto alle Zone 1,2,3,4 individuate precedentemente.

Questa singolarità, potrebbe essere spiegata in due modi differenti. Si potrebbe trattare di una lente in cui il materiale sedimentario è caratterizzato da un aumento graduale della velocità delle onde e a causa di questo non si riesce ad individuare il bedrock sismico alla stessa quota delle zone immediatamente precedenti.

Quindi attraverso la misura si riesce ad individuare un secondo contrasto di impedenza, magari dello stesso materiale ad una quota diversa. Oppure, visto il range di frequenze interessato, si potrebbe trattare dell'individuazione di un forte contrasto di impedenza dovuto dal contatto del materiale sedimentario con il bedrock geologico.



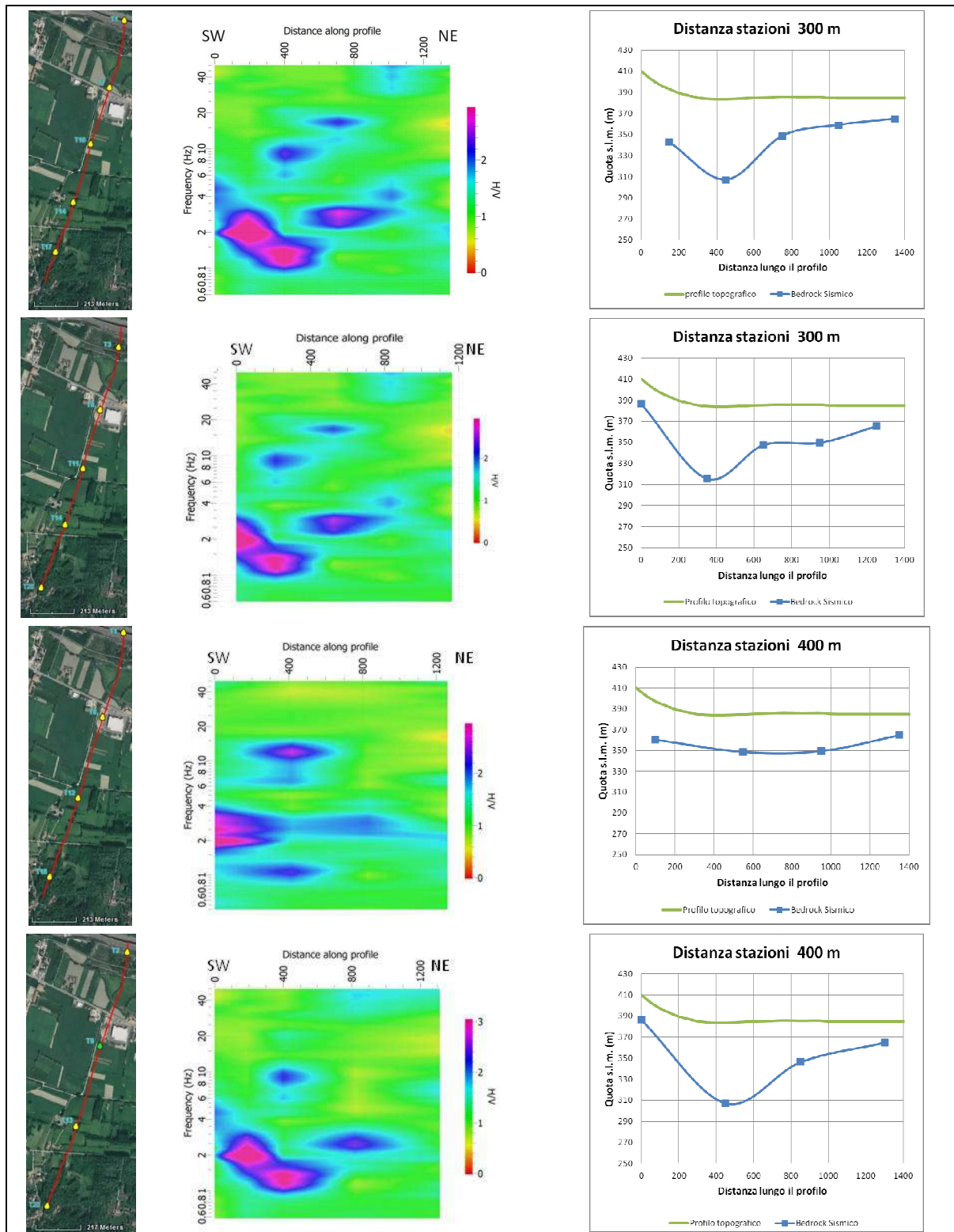


Figura 3.9. Sezione rappresentativa ottenuta tramite il transetto di misure. Le interdistanze tra le misure variano di : a) 50 m a bordo valle e 100 m al centro della valle; b) 100 m; c) 200 m; d) 250-300 m; e-f)300m; g-h) 400m

Nessuna delle indagini reperite per il comune identifica la profondità del bedrock geologico per avallare questa ipotesi. In ogni caso, ricordiamo che, lo scopo delle misure H/V non è quello di caratterizzare a livello geologico il sito, ma è quello di suddividere il territorio in zone omogenee in prospettiva sismica.

Se andiamo ad osservare le curve H/V singolarmente, si può notare che alcune di esse non presentano picchi chiari e ben definiti, molto probabilmente a causa di un aumento graduale delle velocità con la profondità. Generalmente con misure del genere non si è in grado di stabilire se una zona può essere soggetta ad amplificazioni, ma attraverso l'uso del transetto di misure questo inconveniente può essere superato. Infatti avendo a disposizione più misure vicine si può almeno ipotizzare la frequenza propria del sito nelle immediate vicinanze.

F₀ (Hz)	H (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

Tabella 9. Abaco per la stima dello spessore delle coperture a partire da valori delle frequenze di risonanza determinate dalle misure H/V

Se andiamo ad osservare le curve H/V singolarmente, si può notare che alcune di esse non presentano picchi chiari e ben definiti, molto probabilmente a causa di un aumento graduale delle velocità con la profondità. Generalmente con misure del genere non si è in grado di stabilire se una zona può essere soggetta ad amplificazioni, ma attraverso l'uso del transetto di misure questo inconveniente può essere superato. Infatti avendo a disposizione più misure vicine si può almeno ipotizzare la frequenza propria del sito nelle immediate vicinanze.

Come si è fatto per le misure a spot, avendo a disposizione dati di velocità, si è riprodotto l'andamento della profondità del bedrock sismico a partire dai valori di f_0 calcolati.

In Figura 3.8 si è riportata la differenza in profondità del bedrock in funzione di diverse velocità: $V_{S,30}$ calcolata da misure di pozzo, $V_{S,30}$ da stendimento Masw, e con una $V_S=400$ m/s raggiunta a circa 30 m di profondità. In più si è aggiunto l'andamento delle profondità ricavato da un abaco riportato negli ICMS, che andrebbe utilizzato nel momento in cui non si ha a disposizione nessun dato di velocità o di profondità delle coperture che generano risonanza.

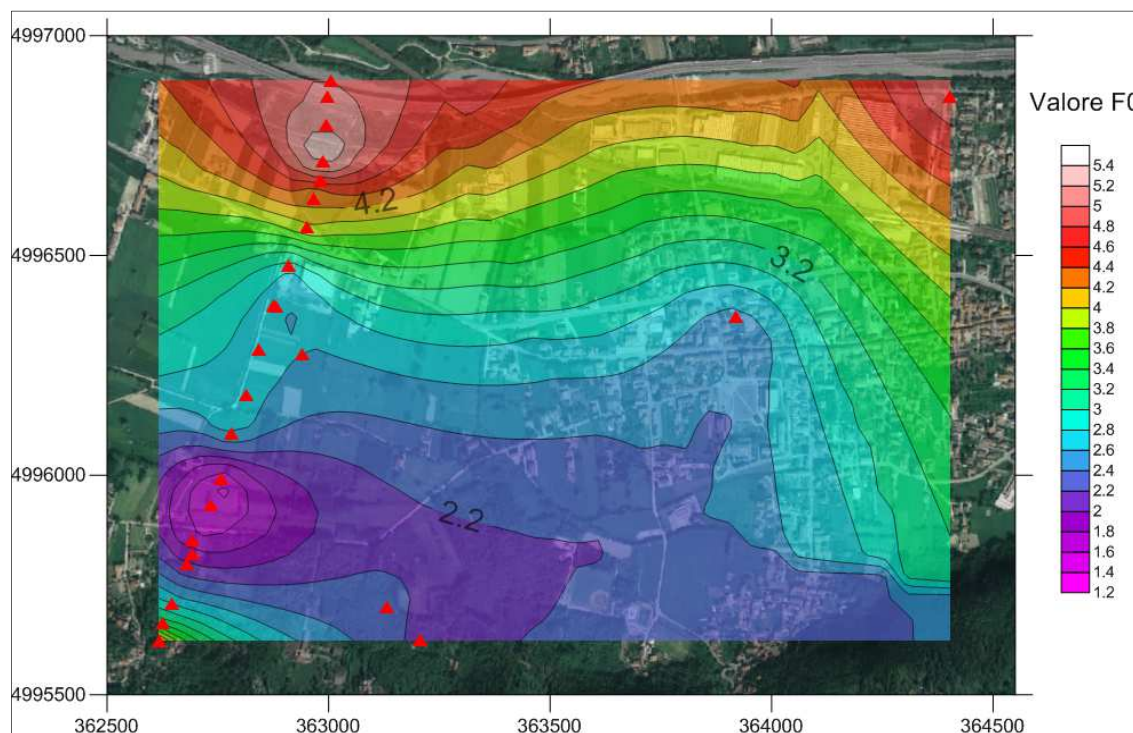


Figura 3.10. Interpolazione spaziale dei valori di f_0 ottenuti tramite l'elaborazione delle curve H/V.

Se operiamo con i soli dati di f_0 a nostra disposizione mediante l'interpolatore spaziale Kriging, effettuata attraverso il software commerciale Surfer 9 (Golden Software, Inc.) otteniamo una rappresentazione come quella vista ad inizio capitolo.

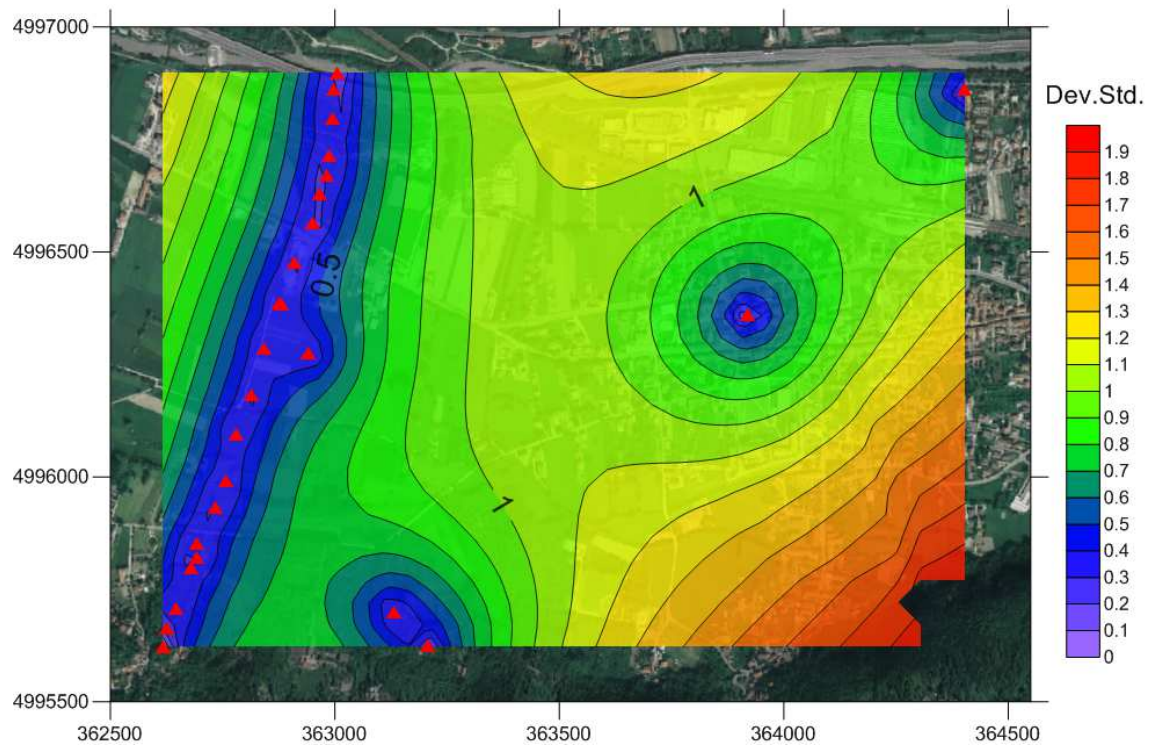


Figura 3.11. Deviazione standard dei valori f_0 predetti tramite interpolazione spaziale

Così si può osservare l'immagine dalla mappa prodotta (Figura 3.10) rappresenta la predizione dei possibili valori di f_0 , a partire dai dati a disposizione, in funzione della distanza. Il risultato ottenuto risulta essere più consistente rispetto a quello fornito dalle singole misure a spot. Naturalmente più alto è il ricoprimento spaziale con misure reali, migliore sarà la stima dei probabili valori di f_0 all'interno della valle.

Comune di Sarezzo

Per valutare l'effettiva utilità nel disporre di dati acquisiti lungo una direzione prestabilita, si è deciso di effettuare un transetto di misure su un altro territorio. Dalla val di Susa ci si è spostati in val Trompia e precisamente nella località di Ponte Zanano di Sarezzo (BS).

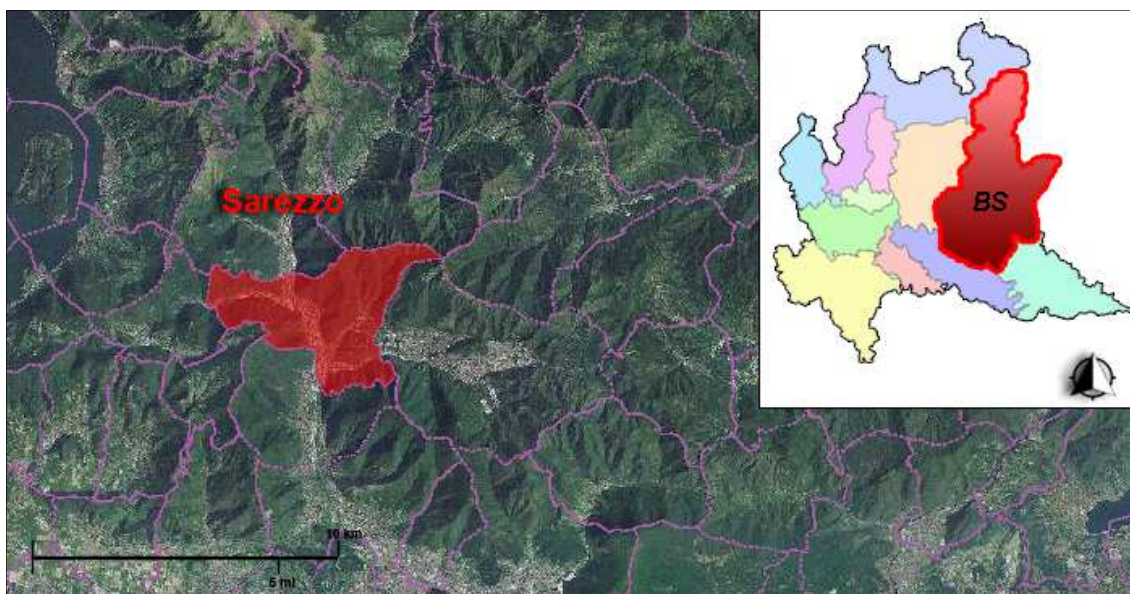


Figura 3.12. Inquadramento territoriale del comune di Sarezzo (BS)

La frazione di Ponte Zanano è ubicata all'interno di una valle fluviale sul versante orografico sinistro del fiume Mella. La larghezza della valle (500 m) è inferiore rispetto Sant'Antonino di Susa, per questo il numero di misure effettuato risulta essere minore. Si sono effettuate 9 misure sulle 10 che si erano prefissate, in quanto dopo aver raggiunto il sito non è stato possibile individuare, per una stazione, una zona libera su cui effettuare le misure a causa del forte grado di urbanizzazione che caratterizza l'area.

L'interdistanza tra le stazioni è di 50 m, tranne tra per le stazioni P7-P8 e P8-P9, in modo da avere un passo molto stretto per riuscire a cogliere nel miglio modo possibile le possibili variazioni del sub strato rigido.

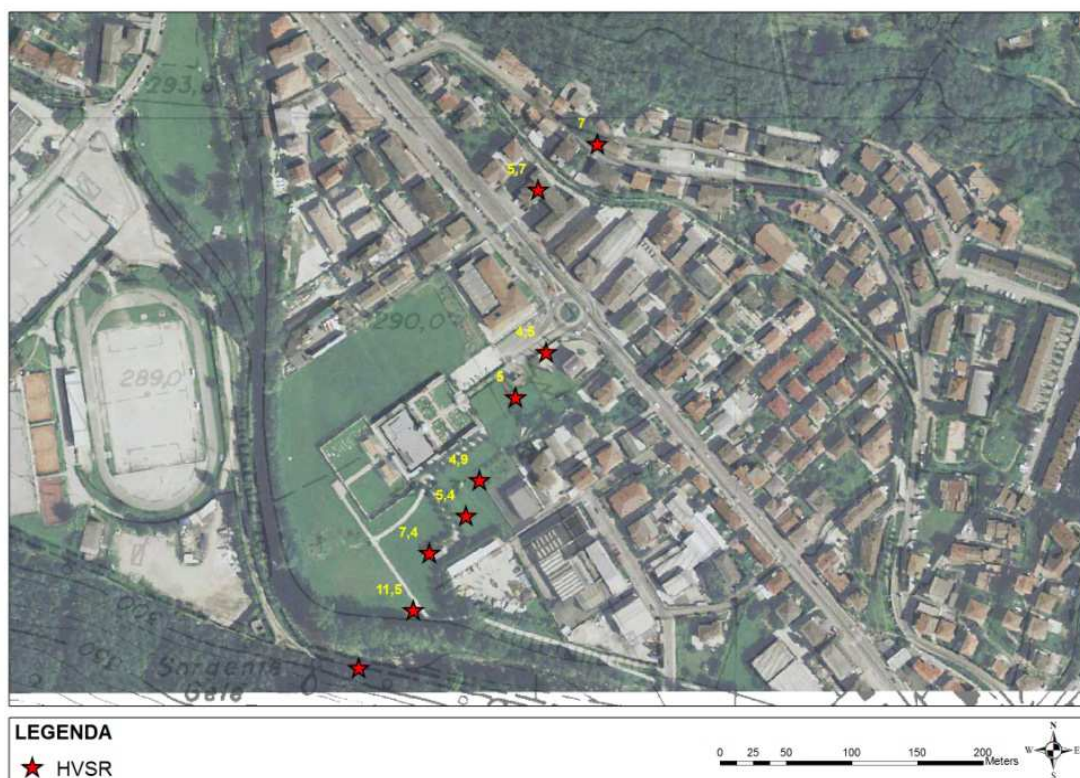


Figura 3.13. Localizzazione del transetto di misure

I risultati delle misure elaborate singolarmente sono riportati in appendice, in Tabella 10 riportiamo i valori di f_0 individuati.

Punto	Latitudine	Longitudine	Quota (m).	F_0 [Hz]
P1	45°39'55.5"N	10°11'23.9"E	300	-
P2	45°39'56.9"N	10°11'25.4" E	287.3	10.7
P3	45°39'58.3"N	10°11'26" E	287	7.4
P4	45°39'59.2"N	10°11'27.3" E	287	5.6
P5	45°40'0.07" N	10°11'27.8" E	287	4.8
P6	45°40'2.1" N	10°11'29.1" E	287	4.8
P7	45°40'3.2" N	10°11'30.2" E	294	4.6
P8	45°40'7.2" N	10°11'30" E	294	6.2
P9	45°40'8.3" N	10°11'32.1" E	305	7.1

Tabella 10. Coordinate geografiche delle stazioni di misura e valori di F_0 individuati.

Anche in questo caso, georeferenziando i punti di misura e i valori di picco ottenuti dalle curve H/V, siamo in grado di rappresentare l'andamento della frequenza di risonanza, lungo il transetto, all'interno della valle.

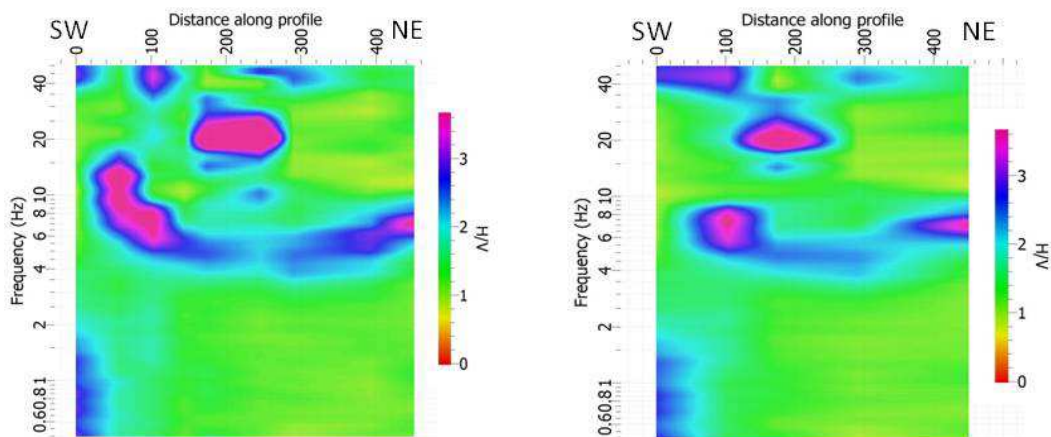


Figura 3.14. Andamento della frequenza di risonanza, in una sezione della valle, ottenuta attraverso il transetto di misure con interdistanza tra le stazioni di: a) 50 m; b) 100 m.

Dal sopralluogo effettuato sull'area, si è potuto individuare sul letto del fiume, il bedrock geologico affiorante che dista dalla seconda misura circa 25 m. Quindi con questa informazione si ipotizza che il contrasto di impedenza individuato dalle curve H/V sia dato dallo strato sedimentario posto a contatto con il substrato geologico.

Questa ipotesi è avallata da indagini pregresse, in particolare da un downhole e da un sondaggio a carotaggio continuo effettuati in prossimità del transetto (P5).

Il downhole mostra come le velocità all'interno del terreno aumentano gradualmente con la profondità raggiungendo velocità molto elevate (1188 m/s) già a 23 m e il sondaggio individua la roccia (calcare compatto) ad una profondità di 47.5 m (Figura 3.15). Teoricamente quindi non ci sono le condizioni fisiche che mi permettono di individuare un contrasto di impedenza sismica elevato. Quindi nel caso in cui il substrato geologico fosse caratterizzato da una velocità di almeno

2000 m/s il contrasto individuato sarà proprio dovuto dal contatto della copertura sedimentaria con il substrato geologico.

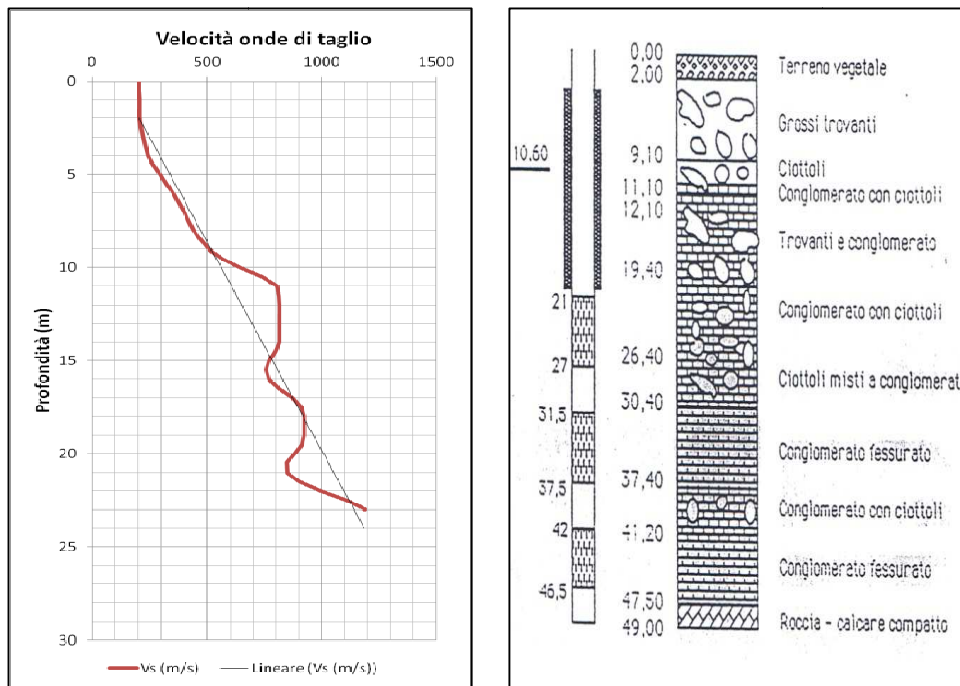


Figura 3.15. Profilo delle V_s ottenute da downhole e sondaggio a carotaggio continuo con raggiungimento del bedrock geologico

E' da sottolineare il fatto che, in un contesto di microzonazione sismica, i risultati ottenuti tramite queste misure porterebbero ad una definizione sbagliata della profondità del bedrock sismico. Infatti attraverso le misure H/V effettuate non si è in grado di definire il limite degli 800 m/s, per cui il terreno risulti cominciare ad avere una risposta elastica. Per questo caso di studio se, per rappresentare lo spessore dello strato soffice attraverso le frequenze individuate, utilizziamo l'abaco in Tabella 9 o la velocità media ottenuta dal downhole (629 m/s) sottostimeremo il reale spessore dello strato sedimentario.

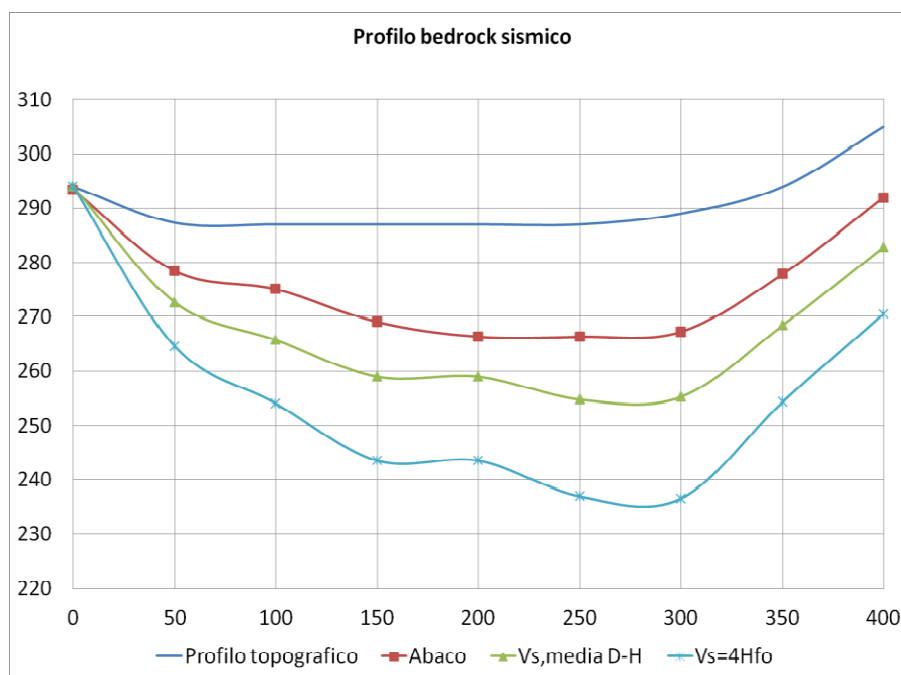


Figura 3.16. Profondità raggiunta in funzione della frequenza individuata.

Avendo a disposizione da sondaggio la profondità reale del bedrock geologico nel punto P5, attraverso l'equazione (2.42), possiamo stimare la $V_{s,media}$ (997 m/s) dello strato sedimentario e rigirando l'equazione definire per le restanti misure lo spessore in funzione delle frequenze individuate dalle curve H/V, ricostruendo così la sezione della valle lungo il transetto di misure effettuate (Figura 3.16).

CAPITOLO 4

CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha avuto come scopo quello di predisporre una carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di livello 1 attraverso l'uso della tecnica dei rapporti spettrali HVSR, comunemente nota come tecnica di Nakamura.

L'uso di questa tecnica risulta particolarmente adatta nel momento in cui ci si trova a dover caratterizzare vaste aree di studio avendo a disposizione un budget limitato. La facilità di impiego degli strumenti e la velocità con cui le misure possono essere acquisite risultano essere il vero punto di forza di questa tecnica di indagine.

Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, la tecnica è in grado di individuare correttamente la frequenza di risonanza del sito nel momento in cui si è in presenza di un netto contrasto di impedenza fra gli strati. Bisogna tener conto del fatto che la caratterizzazione di un sito effettuata con le sole misure di microtremore, però, risulterebbe essere soggetta ad una difficile interpretazione a causa della grande variabilità di incognite che definiscono la natura della curva H/V. Per avere la certezza sul significato del picco rivelato, bisogna disporre di analisi sul sito precedentemente effettuate; in particolare sarebbe opportuno disporre di almeno una prova che possa caratterizzare le velocità del sito e di un log litostratigrafico con cui poter fissare i parametri per ottenere una corretta interpretazione della curva H/V. Come si è visto nel caso del transetto nel comune di Sarezzo, infatti, senza opportuni vincoli ottenuti dai dati a disposizione si sarebbe arrivati a sottostimare lo spessore dello strato sedimentario e a definire una frequenza di risonanza non dovuta alla definizione del raggiungimento degli 800 m/s.

Un altro aspetto di cui bisogna tener conto è il ricoprimento spaziale minimo da raggiungere all'interno di un sito di indagine con solo misure di microtremore.

Si è visto come le misure a spot, opportunamente localizzate previa un'analisi completa dei dati a disposizione, siano in grado di caratterizzare l'intero territorio in termini di f_0 , ma nonostante ciò è presente il rischio di perdita di informazione dovuta ad una elevata distanza tra i punti di misura. Per ovviare a questo problema si consiglia di effettuare dei transetti di misura con i quali si è in grado di apprezzare meglio la variabilità del terreno di copertura in grado di causare amplificazione del moto sismico. Il numero di misure da effettuare è, naturalmente, funzione dell'estensione e della differente composizione geologica dell'area di indagine. Infatti se si è in condizioni omogenee basterebbe un unico transetto di misure equispaziate di non più di 300 m o, in alternativa, avere un passo più stretto per una migliore definizione in termini di variazioni 2D nel caso l'area di indagine non sia di grande estensione. Nel caso in cui le condizioni geologiche all'interno dell'area di indagini risultino essere eterogenee sarebbe opportuno individuare delle direzioni preferenziali su cui effettuare più stendimenti per riuscire a caratterizzare al meglio il sito. Il limite di 300 m fra le stazioni di misura, suggerito, è un valido compromesso se si vuole mantenere inalterata l'informazione ottenuta attraverso le frequenze più alte. Nel momento in cui si è interessati alla sola individuazione degli orizzonti più profondi questa distanza può essere ampliata.

Come detto la tecnica dei rapporti spettrali è di valido ausilio alla microzonazione nel momento in cui essa risulta essere supportata da altri tipi di indagine e se si dispone di un numero di misure sufficienti effettuate.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Benjumea, B. et al., 2011. Integrated geophysical profiles and H/V microtremor measurement for subsoil characteration. *European Association of Geoscientist & Engineers, Near Surface Geophysics*.
- [2] Bonnefoy-Claudet, S., Cotton, F. & Bard, P.-Y., 2006. The nature of noise wavefield and its applications for site effects studies. A literature review. *Earth-Science Reviews 79 (2006)*, pp. 205-227.
- [3] Bour, M., Fouissac, D., Dominique, P. & Martin, C., 1998. On the use of microtremor recordings in seismic microzonation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volume 17, pp. 465-474.
- [4] Castellaro, S., Mulargia, F. & Bianconi, L., 2011. *Passive Seismic Stratigraphy: A new efficient, fast and economic technique*, Bologna: s.n.
- [5] Dolce, M. et al., Anno XXVIII-2011. Contributo per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". *Ingegneria Sismica*, Volume 2.
- [6] Gruppo di lavoro MS, 2008. *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*. Roma: Conferenza delle regioni autonome - Dipartimento della protezione civile.
- [7] Lanzo, G. & Silvestri, F., 1999. *Risposta sismica locale. Teorie ed esperienze*. Benevento: Hevelius Edizioni.
- [8] Mohamed Adel, M. E., Deif, A., El-Hadidy, S. & Moustafa Sayed, S. R., 2008. Definition of soil characteristics and ground response at the northwestern part of the Gulf of Suez, Egypt. 5(420-437).
- [9] Mucciarelli, M. & Gallipoli, M. R., 2004. *The H/V technique from microtremor to strong motion: Empirical and statistical consideration*. Vancouver, B.C., Canada, s.n.
- [10] Nakamura, Y., 2000. *Clear identification of the fundamental idea of Nakamura's technique and its application*. New Zealand, s.n., p. 2656.
- [11] Nakamura, Y., 2000. Clear identification of the fundamental idea of Nakamura's technique and its application.

-
- [12] Nakamura, Y., 2008. *On the H/V spectrum*. Beijing, China, The 14th Conference on Earthquake Engineering.
- [13] SESAME European research project, 2004. *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation*. s.l., <http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm>, p. D23.12.
- [14] Sheriff, R. E. & Geldart, L. P., 1995. *Exploration Seismology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [15] W.M. Telford, L. G. R., 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge: Cambridge university press.

APPENDICE A

CARTE REDATTE DALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

In questa appendice vengono riportate le carte redatte per lo studio di microzonazione sismica di primo livello interessanti il comune di Sant'Antonino di Susa.

In particolare sono riportate:

- La carta delle indagini;
- La carta geologico-tecnica;
- La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.



REGIONE PIEMONTE
 Direzione Opere pubbliche, difesa del suolo,
 economia montana e foreste
 Servizio Sismico



Politecnico di Milano
 Dipartimento di Ingegneria Strutturale

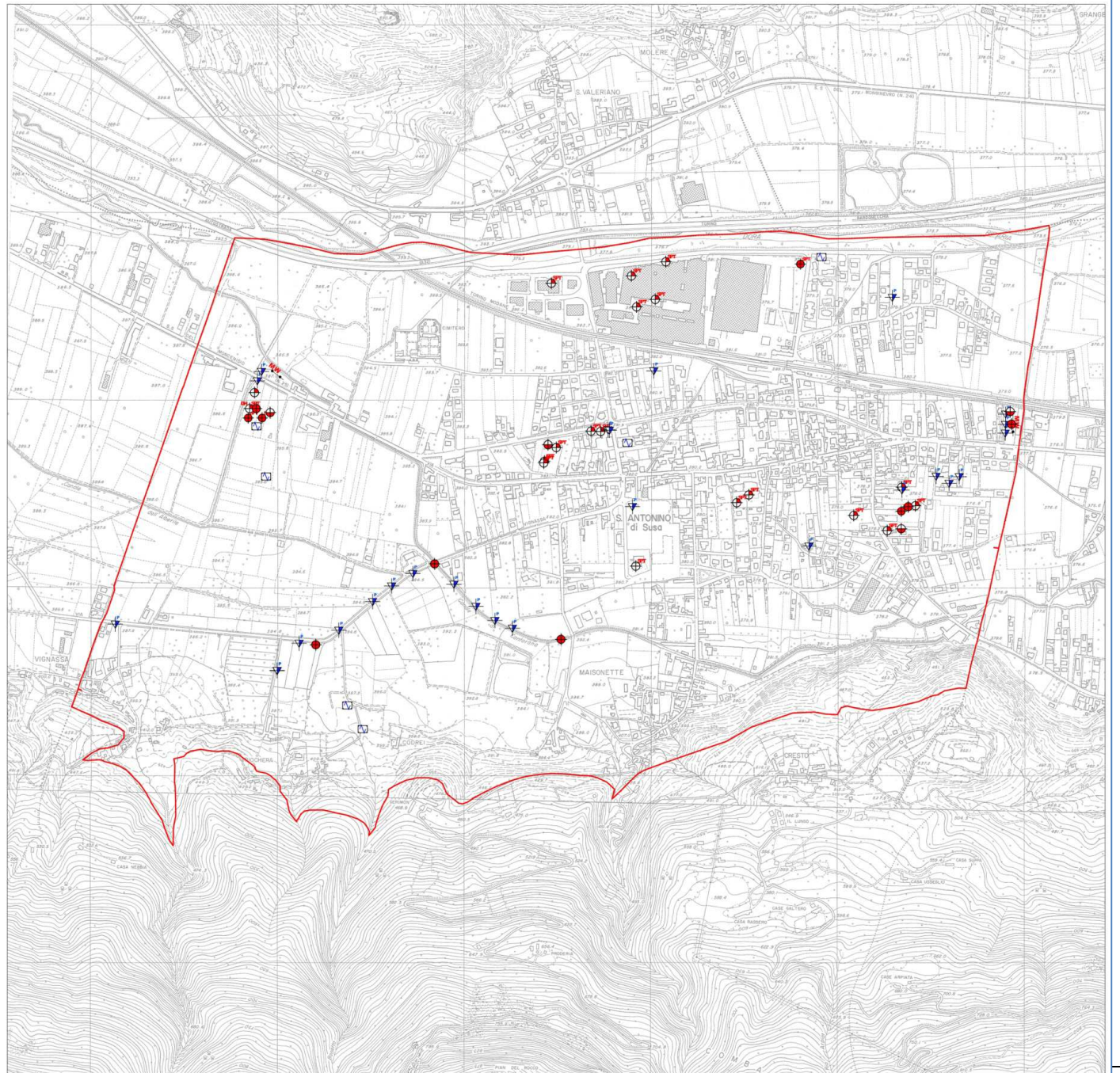
Opcm n. 3907 del 13 novembre 2010:
 contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico

COMUNE DI SANT'ANTONINO DI SUSA (TO)
CARTA DELLE INDAGINI

LEGENDA

-  HVSr - Stazione microtremore a stazione singola
-  DP - Prova penetrometrica dinamica pesante
-  S - Sondaggio a carotaggio continuo
-  SPT - Prova Penetrometrica in foro
-  SC - Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
-  SC-SPT
Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
con Prova penetrometrica in foro
-  SC-SPT-DH
Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
con Prova Penetrometrica in foro
e Prova Sismica in foro tipo Downhole
-  SD-SPT
Sondaggio a distruzione di nucleo
con Prova Penetrometrica in foro
-  T - Trincea o pozzetto esplorativo
-  MASW
-  Area di Indagine

0 2550 100 150 200
 Meters



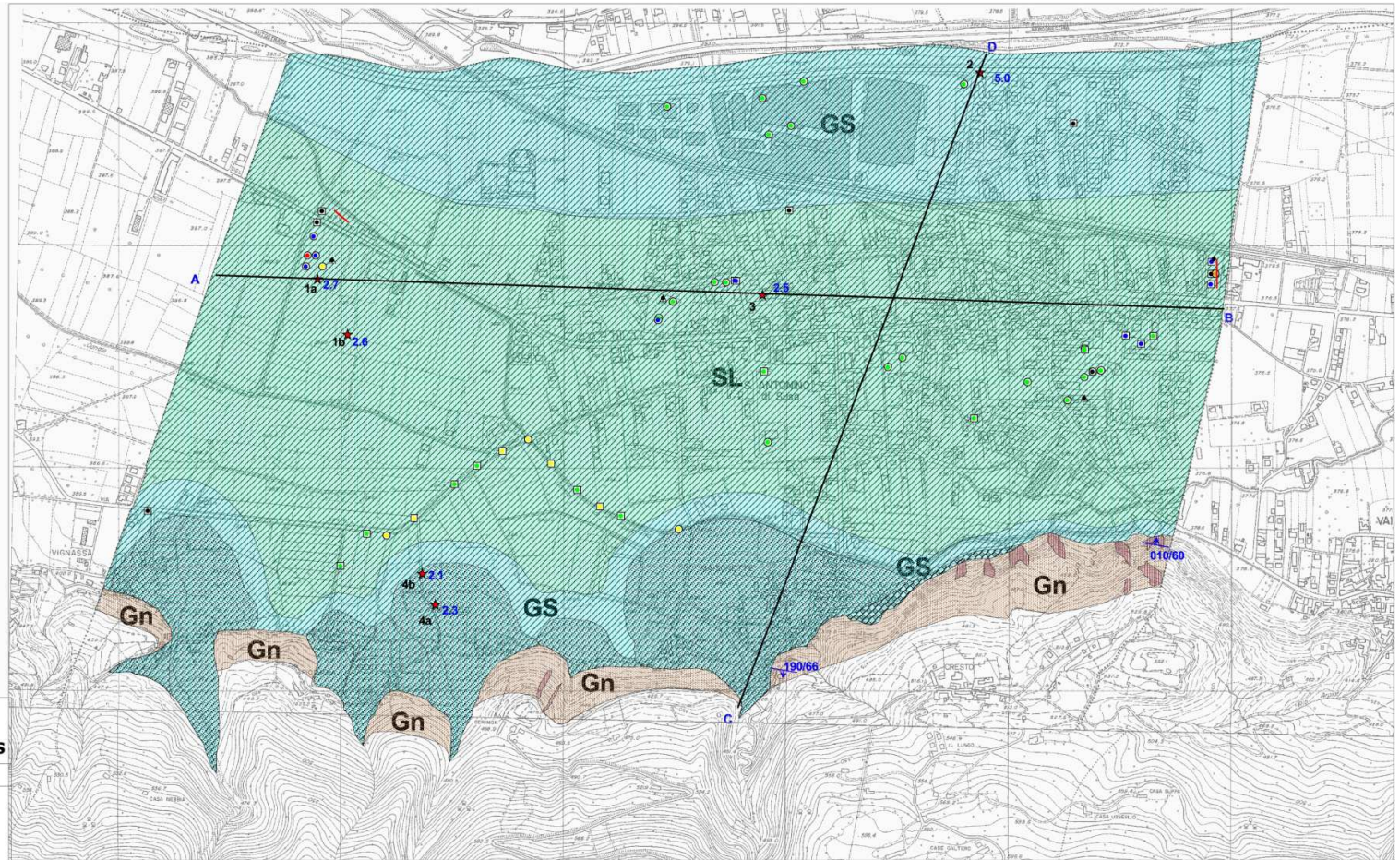


Direzione Opere pubbliche, difesa del suolo,
economia montana e foreste
Servizio Sismico



Politecnico di Milano
Dipartimento di Ingegneria Strutturale

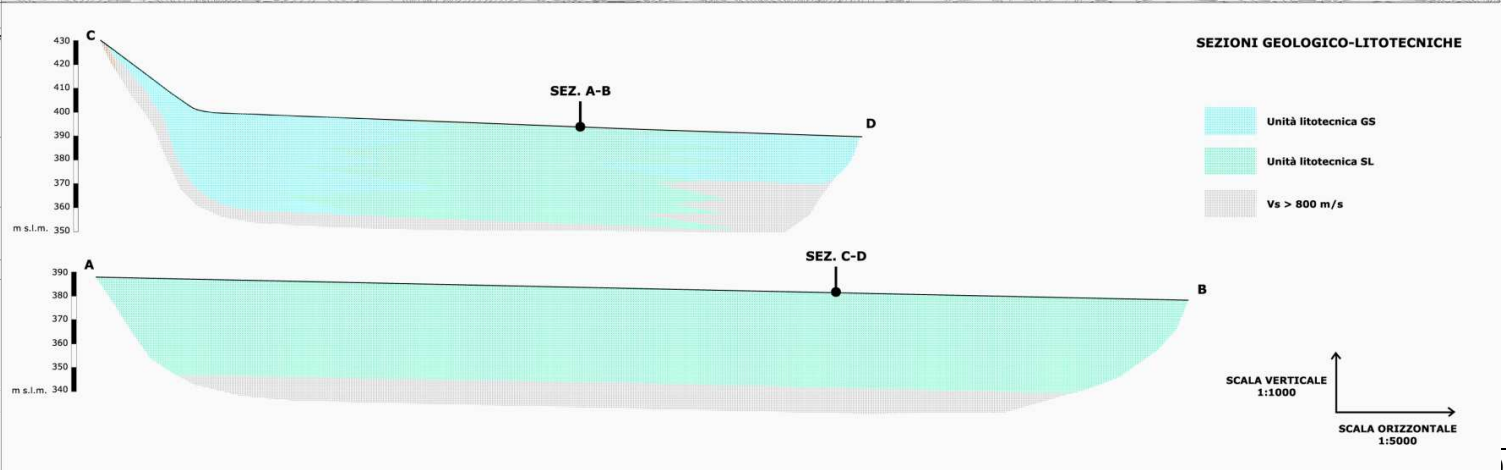
OPCM n. 3907 del 13 novembre 2010:
contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico



COMUNE DI SANT'ANTONINO DI SUSA (TO)
CARTA GEOLOGICO TECNICA PER GLI STUDI DI MS

LEGENDA GEOLOGICO-LITOTECNICA E IDROGEOLOGICA

GS	TERRENO DI COPERTURA	Ghiala sabbiosa - Sabbia Ghialosa addensata: Terreni contraddistinti da buone caratteristiche geotecniche che garantiscono buona capacità portante. Spessore medio rappresentativo > 30 m. Valori medi del parametro Nsp > 15 Valori medi di Vs nei primi 10 m di profondità = 250 m/s Valori medi di Vs tra i 10 m e i 30 m di profondità = 400 m/s Terreni caratterizzati da buona/discreta permeabilità in relazione al contenuto di fini con falda idrica di tipo libero in rapporto diretto con i corsi d'acqua
SL	TERRENO DI COPERTURA	Sabbia limosa-Limo sabbioso da sciolto a poco addensato: Terreni contraddistinti da scadenti caratteristiche geotecniche. Spessore medio rappresentativo > 30 m Valori medi del parametro Nsp < 10 Valori medi di Vs nei primi 5 m di profondità = 250 m/s Valori medi di Vs tra i 5 m e i 30 m di profondità = 350 m/s Valori medi di Vs tra i 30 m e i 40 m di profondità = 400 m/s Terreni caratterizzati da discreta permeabilità in relazione al contenuto di fini con falda idrica di tipo libero in rapporto diretto con i corsi d'acqua
a b	SUBSTRATO RIGIDO	Lapideo non stratificato scistosio: Rocce con buoni/discreti requisiti geomeccanici. Rocce a permeabilità primaria molto bassa o nulla. Localmente in corrispondenza delle discontinuità principali è possibile una modesta circolazione idrica.
Gn	a: subaffiorante b: affiorante	
	FALDA FREATICA A PROFONDITA' MINORE DI 15 m	
	TRACCIA SEZIONE	GIACITURA SCISTOSITA'
INDAGINI		
	INDAGINE MASW	INTERVALLO DI PROFONDITA' RAGGIUNTO (m dal pc)
	PROVA PENETROMETRICA	0-5 15-20
	SONDAGGIO	5-10 20-30
	POZZETTO ESPLORATIVO	10-15 > 30
	HYSR DA RUMORE e VALORE F0 (EX-NOVO)	
		INDAGINE CHE INTERCETTA IL SUBSTRATO RIGIDO
LEGENDA GEOMORFOLOGICA		
	CONOIDE ALLUVIONALE	
	FALDA DETRITICA	





Direzione Opere pubbliche, difesa del suolo,
economia montana e foreste
Servizio Sismico



Politecnico di Milano
Dipartimento di Ingegneria Strutturale

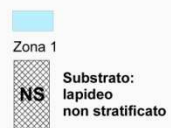
Opcm n. 3907 del 13 novembre 2010:
contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico

COMUNE DI SANT'ANTONINO DI SUSA (TO)

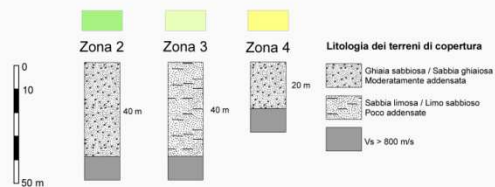
CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (LIVELLO1)

LEGENDA

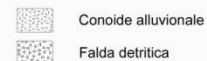
ZONE STABILI



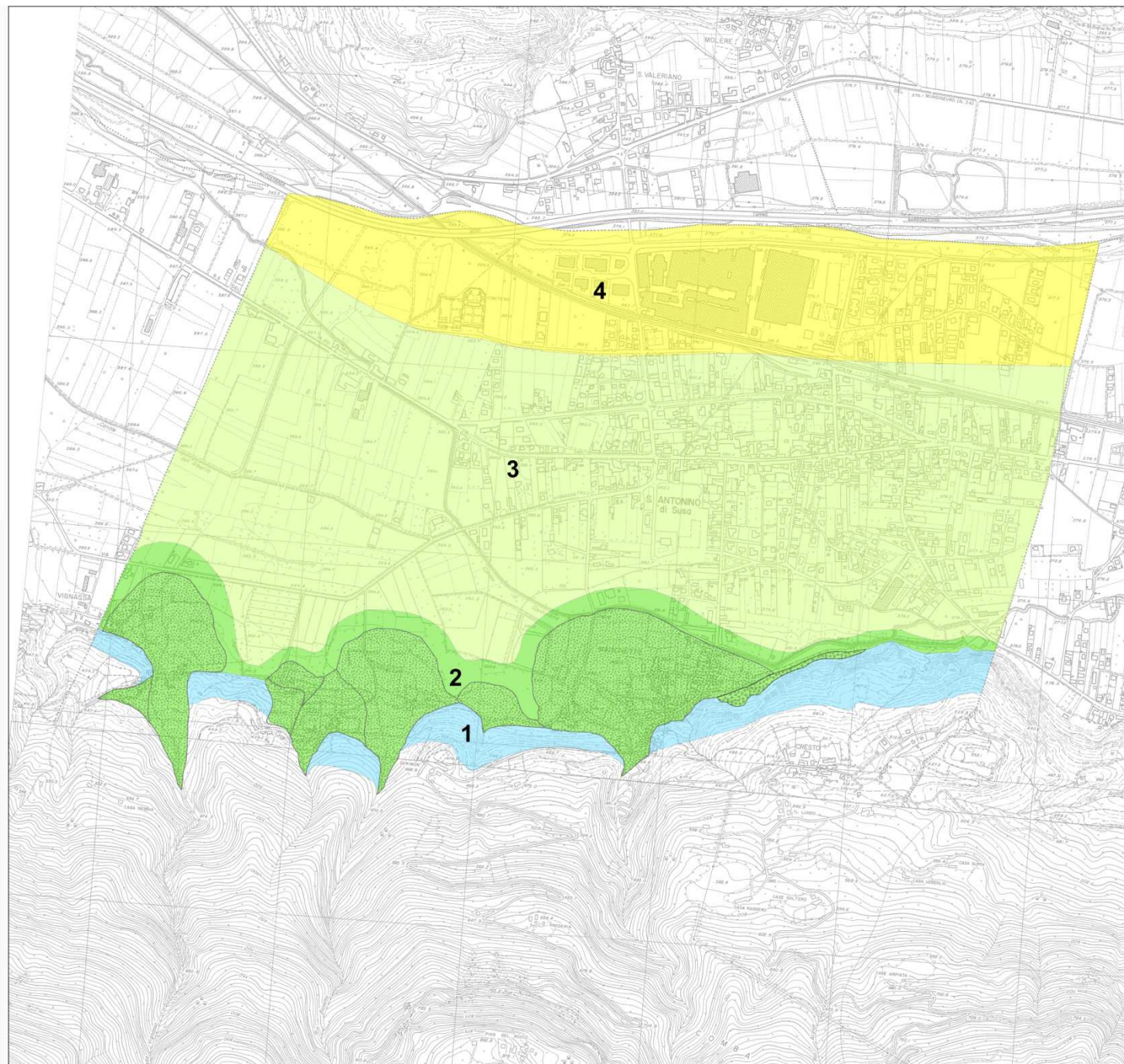
ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



FORME DI SUPERFICIE



0 50 100 200 300 400 Meters



APPENDICE B

PRESENTAZIONE RISULTATI DEL COMUNE DI SANT'ANTONINO DI SUSÀ

In questa appendice vengono riportati i risultati delle elaborazioni tramite la tecnica HVSR delle misure di microtremore effettuate all'interno del comune di Sant'Antonino di Susa.

In particolare si riporta:

- Scheda di campo che riporta le condizioni in cui sono state effettuate le misure
- Grafico componenti spettrali non filtrate e non lisiate
- Grafico componenti spettrali non filtrate e lisiate tramite operatore Konno & Ohmachi (1998)
- Grafico andamento del rapporto H/V in funzione della direzione
- Grafico del rapporto H/V e relativa f_0 calcolata
- Parametri di qualità SESAME per la curva H/V ottenuta

Tabella 11. Risultati elaborazione Punto 1a

DATA:	6/10/2011	ORA:	10:51	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Ing. Stefano Munda		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'27.5"N	LONGITUDINE:	7°15'24.9" E	ALTITUDINE: 385 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_S/p1				
NOME FILE:	p1a.txt		PUNTO: p1a					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG: 18 m					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp. 18°C	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input checked="" type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,flussi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: Fabbrica	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
							Fabbrica posta ad una distanza di circa 10 m con angolo di 45° rispetto al sensore	
macchine						0		
camion						0		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

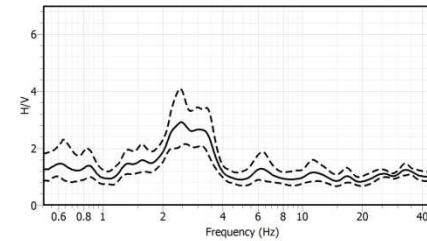


Fig. 1. Curva H/V ottenuta nel punto

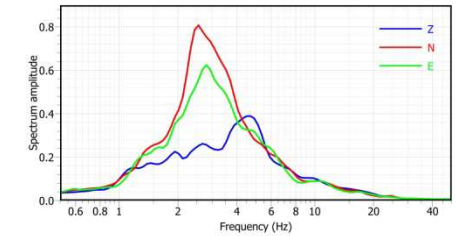


Fig. 2. Componenti spettrali lisce

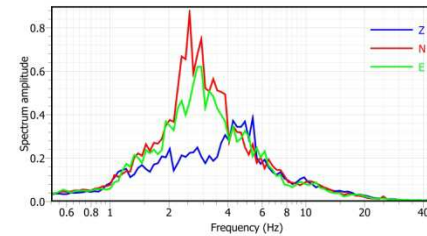


Fig. 3. Componenti spettrali non lisce

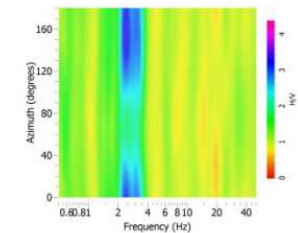


Fig. 4. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 2.7 ± 0.44 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_p > 10/L_w$	2.73 > 0.33	OK
$n_c(f_p) > 200$	2296 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 112	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.689 Hz	OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	10.927 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.48 > 2	OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.24728 < 0.05	NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.441 < 0.137	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2818 < 1.58	OK

Tabella 12. Parametri di qualità SESAME

Tabella 13. Risultati elaborazione Punto 1b

DATA:	6/10/2011	ORA:	11:26	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Ing. Stefano Munda		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'24"N	LONGITUDINE:	7°15'28" E	ALTITUDINE: 385 m				
TIPO STAZIONE :	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	2	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_S/p1				
NOME FILE:	p1b.txt		PUNTO: p1b					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG: 46 m					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp. 18°C	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura / <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input checked="" type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta / <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:							
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: Fabbrica	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
							La fabbrica si trova perpendicolarmente al sensore in direzione nord. A 20-30 m è presente un traliccio elettrico.	
macchine						0		
camion						0		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

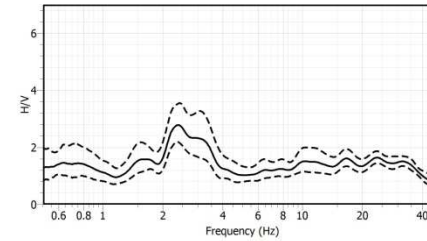


Fig. 5. Curva H/V ottenuta nel punto

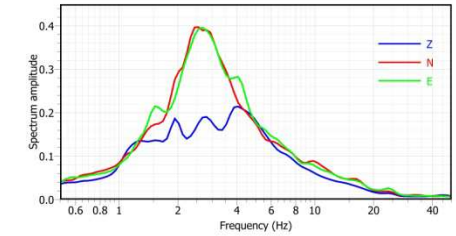


Fig. 6. Componenti spettrali lisce

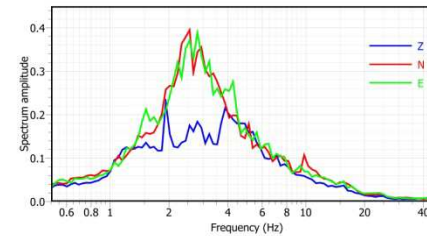


Fig. 7. Componenti spettrali non lisce

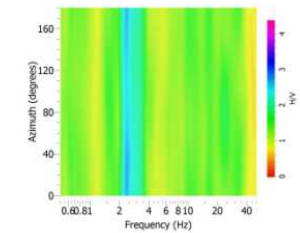


Fig. 8. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 2.6 ± 0.36 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/Lw$	2.609 > 0.33	OK
$n_c(f_0) > 200$	5401 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_c < f < 2f_c$, se $f_c > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 113	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_c < f < 2f_c$, se $f_c < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.915 Hz	OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	8.859 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.48 > 2	OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.21365 < 0.05$	NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.36 < 0.13	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.30849 < 1.58	OK

Tabella 14. Parametri di qualità SESAME

Tabella 15. Risultati elaborazione Punto 2

DATA:	6/10/2011	ORA:	16:23	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Ing. Stefano Munda		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'44"N	LONGITUDINE:	7°15'34.3" E	ALTITUDINE: 381 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_S/p2				
NOME FILE:	p2.txt		PUNTO: p2					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG: 44 m					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp. 25°C	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro							
	<input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO				<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:				
DENSITA' EDIFICI	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:							
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: Fabbrica	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
							Presenza di una palazzina alta 10-12 m ad una distanza di circa 20 m	
macchine						100		
camion						100		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

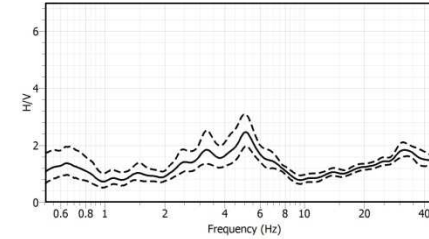


Fig. 9. Curva H/V ottenuta nel punto

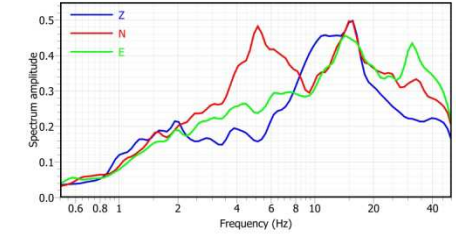


Fig. 10. Componenti spettrali lisceate

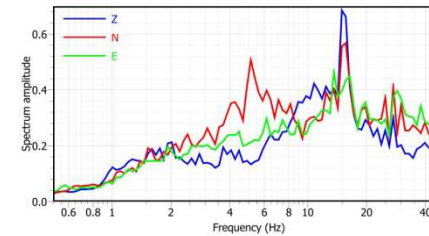


Fig. 11. Componenti spettrali non lisceate

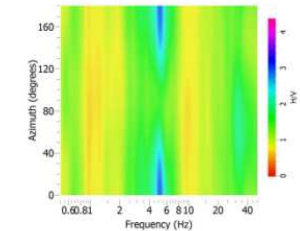


Fig. 12. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 5.0 ± 0.32 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_p > 10/Lw$	5.048 > 0.33	OK
$n_c(f_p) > 200$	5300 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_c < f < 2f_c$, se $f_c > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 112	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_c < f < 2f_c$, se $f_c < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$	1.277 Hz	OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	20 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.497 > 2	OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.03647 < 0.05	OK
$\sigma_t < \epsilon(f_0)$	0.321 < 0.252	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.640 < 1.58	OK

Tabella 16. Parametri di qualità SESAME

Tabella 17. Risultati elaborazione Punto 3

DATA:	6/10/2011	ORA:	15:01	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)		
OPERATORE:	Ing. Stefano Munda		TIPO GPS: Garmin etrex Vista				
LATITUDINE:	45°6'27.4"N	LONGITUDINE:	7°16'12.7" E	ALTITUDINE: 382 m			
TIPO STAZIONE :	Stazione singola		TIPO SENSORE: <i>Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz</i>				
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_S/p3			
NOME FILE:	p3.txt		PUNTO: p3				
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG: 52 m				
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:					
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:					
	Temp. 18°C	Osservazioni:					
TIPO TERRENO	<input type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)						
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:						
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:				
DENSITA' EDIFICI	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: Fabbrica
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)
							(descrizione,altezza,distanza)
							Gli ultimi 5 min di registrazione sono soggetti all'arrivo di un gruppo di bambini all'interno del parco
macchine						0	
camion						0	
pedoni							
altro							
OSSERVAZIONI:							

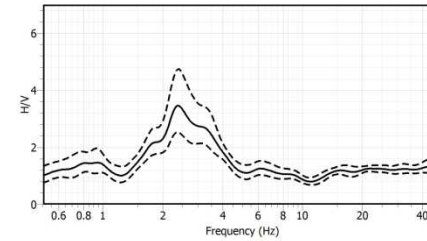


Fig. 13. Curva H/V ottenuta nel punto

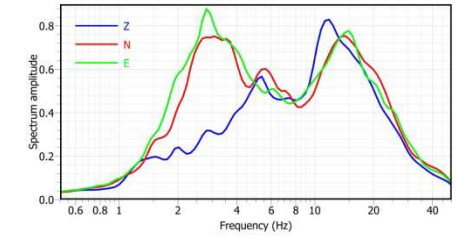


Fig. 14. Componenti spettrali lisce

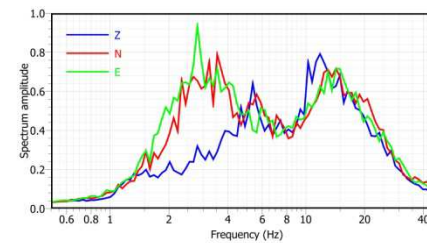


Fig. 15. Componenti spettrali non lisce

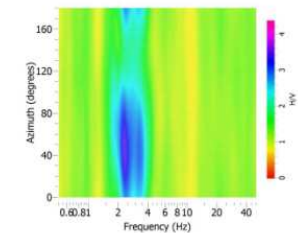


Fig. 16. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 2.5 ± 0.27 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_p > 10/Lw$	2.467 > 0.25	OK
$n_c(f_0) > 200$	3356 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_c < f < 2f_c$, se $f_c > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 112	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_c < f < 2f_c$, se $f_c < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.624 Hz	OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	9.778 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.388 > 2	OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10131 < 0.05$	NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.2712 < 0.123	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3757 < 1.58	OK

Tabella 18. Parametri di qualità SESAME

Tabella 19. Risultati elaborazione Punto 4a

DATA:	6/10/2011	ORA:	14:08	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Ing. Stefano Munda		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'04.6"N	LONGITUDINE:	7°15'39.7" E	ALTITUDINE: 388 m				
TIPO STAZIONE :	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_S/p4				
NOME FILE:	p4a.txt		PUNTO: p4a					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG: 18 m					
CONDIZIONI METEO	VENTO <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	Temp. 25°C	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input checked="" type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
macchine						0		
camion						0		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

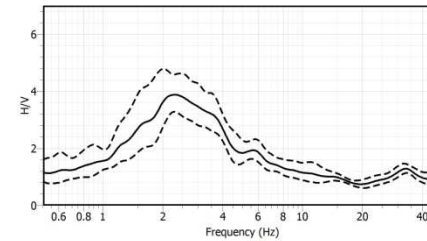


Fig. 17. Curva H/V ottenuta nel punto

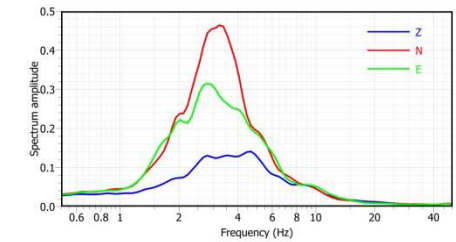


Fig. 18. Componenti spettrali lisce

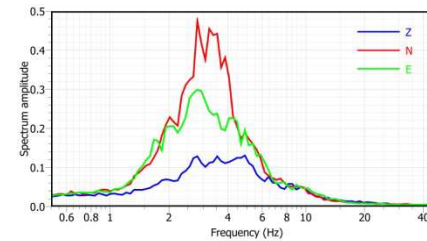


Fig. 19. Componenti spettrali non lisce

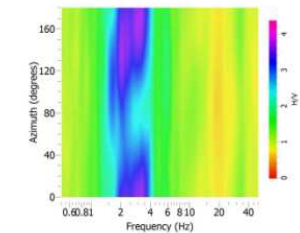


Fig. 20. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 2,3 ± 0,33 Hz (nell'intervallo 0,0 - 50,0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/Lw$	2.3075 > 0.25	OK
$n_s(f_0) > 200$	1845 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$, se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 113	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.580 Hz	OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	9.193 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.8797 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02705 < 0.05$	OK
$\sigma_r < \epsilon(f_0)$	0.3307 < 0.115	NO
$\sigma_A(f_0) < 0(f_0)$	1.37756 < 1.58	OK

Tabella 20. Parametri di qualità SESAME

Tabella 21. Risultati elaborazione Punto 4b

DATA:	6/10/2011	ORA:	14:08	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Ing. Stefano Munda		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'27.5"N	LONGITUDINE:	7°15'24.9" E	ALTITUDINE: 385 m				
TIPO STAZIONE :	Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_S/p4				
NOME FILE:	p4b.txt		PUNTO: p4b					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG: 18 m					
CONDIZIONI METEO	VENTO <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	Temp. 18°C	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input checked="" type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro							
	<input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si,tipo:	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
macchine						0		
camion						0		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

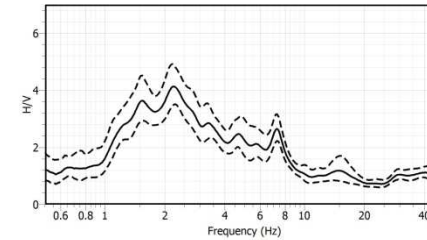


Fig. 21. Curva H/V ottenuta nel punto

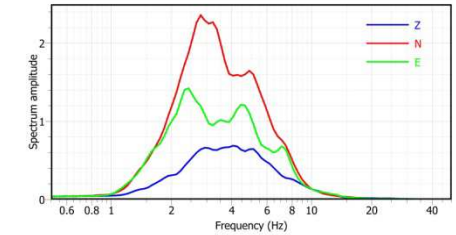


Fig. 22. Componenti spettrali lisceate

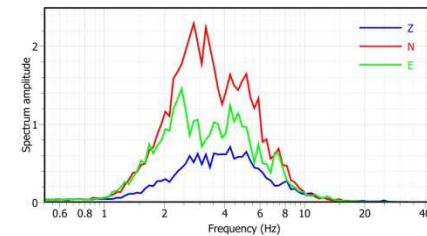


Fig. 23. Componenti spettrali non lisceate

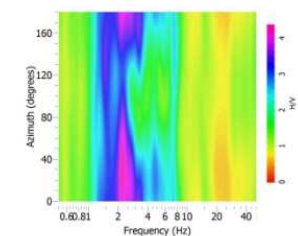


Fig. 24. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 2.1 ± 0.22 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_p > 10/Lw$	2.1499 > 0.25	OK
$n_c(f_0) > 200$	2149 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 112	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.538 Hz	OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	8.537 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.1285 > 2	OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07491 < 0.05$	OK
$\sigma_t < \epsilon(f_0)$	0.2227 < 0.107	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.21432 < 1.58	OK

Tabella 22. Parametri di qualità SESAME

Tabella 23 Risultati elaborazione transetto Punto 1

DATA: 20/7/2012		ORA: 16:00		LUOGO: Sant'Antonino di Susa (TO)				
OPERATORE: Giancarlo Saccà			TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE: 45°6'44.2"N		LONGITUDINE: 7°15'30.3" E		ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE : Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz						
N° STAZIONE: 1		N° SENSORE: 1		DIRECTORY: SAS_T/p1				
NOME FILE: p1.txt			PUNTO: p1					
GUADAGNO:		FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:				
CONDIZIONI METEO	VENTO <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
Temperatura		Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input checked="" type="checkbox"/> ghiaia <input checked="" type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO					<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:			
DENSITA' EDIFICI		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: Autostrada A32-E70, fiume Doria Riparia	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							Autostrada 0 m	
macchine						0		
camion						0		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

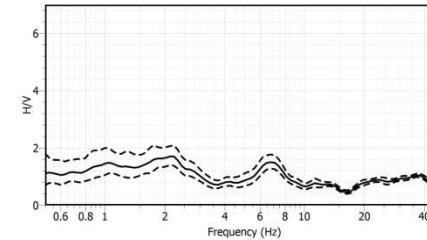


Fig. 25. Curva H/V ottenuta nel punto

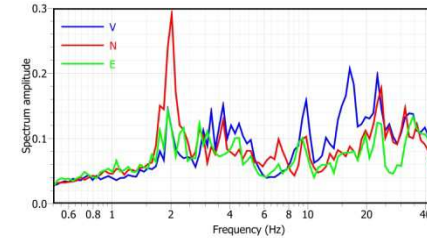


Fig. 27. Componenti spettrali non lisce

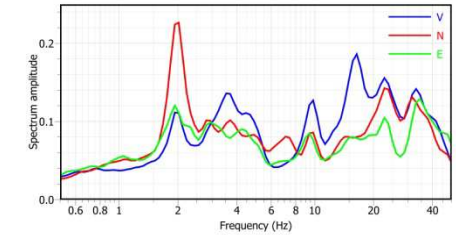


Fig. 26. Componenti spettrali lisce

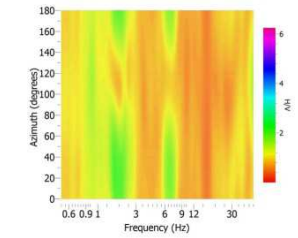


Fig. 28. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 2.0 ± 0.29 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)				Picco H/V a 6.9 ± 0.35 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)					
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]				Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]					
f0>10/Lw	2.045	>	0.333	OK	f0>10/Lw	6.905	>	0.333	OK
nc(f0)>200	2761	>	200	OK	nc(f0)>200	1431	>	200	OK
αA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 30			OK	αA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 30			OK
αA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz					αA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz				
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]				Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2		Hz		NO	Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	3.367	Hz		OK
Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	3.367	Hz		OK	Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	8.943	Hz		OK
A0 > 2	1.671	>	2.000	NO	A0 > 2	1.498	>	2.000	NO
fpicco[AH/V(f) ± αA(f)] = f0 ± 5%	0.069	<	0.050	NO	fpicco[AH/V(f) ± αA(f)] = f0 ± 5%	0.140	<	0.050	NO
of < ε(f0)	0.298	<	0.102	NO	of < ε(f0)	0.345	<	0.150	NO
αA(f0) < θ(f0)	1.222	<	1.580	OK	αA(f0) < θ(f0)	1.175	<	1.580	OK

Tabella 24. Parametri di qualità SESAME

Tabella 25. Risultati elaborazione transetto Punto 2

DATA:	20/7/2012	ORA:	10:30	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'43"N	LONGITUDINE:	7°15'30" E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE :	Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p2				
NOME FILE:	p2.txt		PUNTO: p2					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input checked="" type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp. 24°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input checked="" type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO					<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:			
DENSITA' EDIFICI		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: Autostrada A32-E70, fiume Doria Riparia	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
							Autostrada 30m	
macchine						30		
camion						30		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

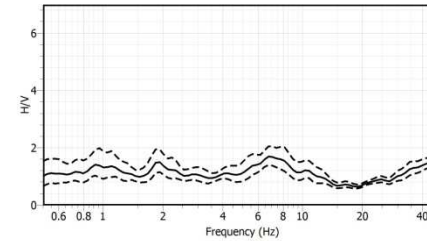


Fig. 29. Curva H/V ottenuta nel punto

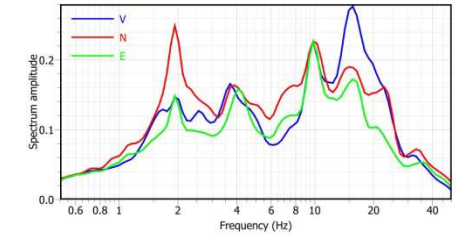


Fig. 30. Componenti spettrali lisce

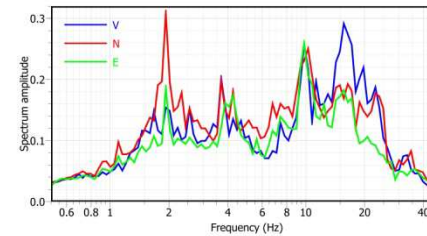


Fig. 31. Componenti spettrali non lisce

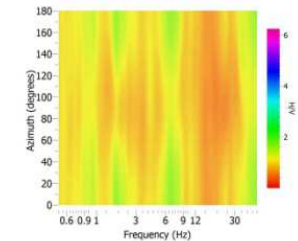


Fig. 32. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 7.0 ± 0.95 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
f0>10/Lw	7.00	> 0.333 OK
nc(f0)>200	7985	> 200 OK
σA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 30 OK	
σA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2		Hz NO
Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	13.5929	Hz OK
A0 > 2	1.7	> 2 NO
fpicco[AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	0.23927	< 0.05 NO
σf < ε(f0)	0.955	< 0.350 NO
σA(f0) < θ(f0)	1.215	< 1.580 OK

Tabella 26. Parametri di qualità SESAME

Tabella 27. Risultati elaborazione transetto Punto 3

DATA:	20/7/2012	ORA:	11:23	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'40.9" N	LONGITUDINE:	7°15'29.9" E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p3				
NOME FILE:	p3.txt		PUNTO: p3					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp. 25°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input checked="" type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO				<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:				
DENSITA' EDIFICI		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: Autostrada A32-E70, fiume Doria Riparia	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
							Autostrada 70 m, alberi (bosco)	
macchine						70		
camion						70		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

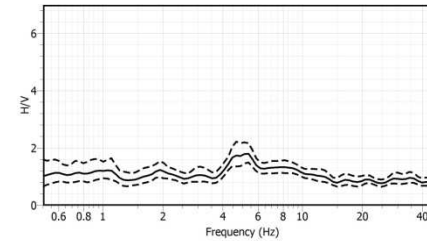


Fig. 33. Curva H/V ottenuta nel punto

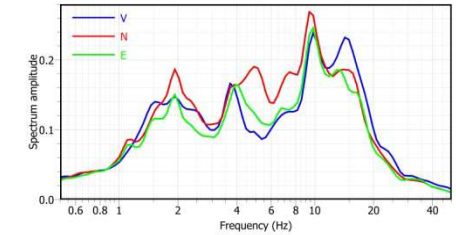


Fig. 34. Componenti spettrali lisceate

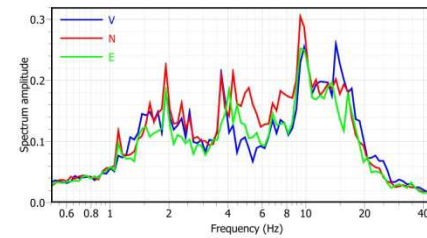


Fig. 35. Componenti spettrali non lisceate

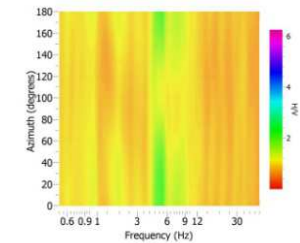


Fig. 36. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 5.1 ± 0.57 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile		
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/Lw$	5.14	> 0.333 OK
$nc(f_0) > 200$	7402	> 200 OK
$\alpha A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 29 OK	
$\alpha A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro		
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f-) < A_0/2$	Hz	NO
Esiste f+ in $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f+) < A_0/2$	14.2402 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.8	> 2 NO
$f_{picco}[AH/V(f) \pm \alpha A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.22085	< 0.05 NO
$\alpha f < \epsilon(f_0)$	0.572	< 0.257 NO
$\alpha A(f_0) < \theta(f_0)$	1.223	< 1.580 OK

Tabella 28. Parametri di qualità SESAME

Tabella 29. Risultati elaborazione transetto Punto 4

DATA:	20/7/2012	ORA:	12:30	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'38.2" N	LONGITUDINE:	7°15'29.7" E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: <i>Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz</i>					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p4				
NOME FILE:	p4txt		PUNTO: p4					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input checked="" type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	Temp. 26°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro							
	<input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: Autostrada A32-E70, fiume Doria Riparia	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
							Alberi nei pressi (d=10-100 m)	
macchine						120		
camion						120		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

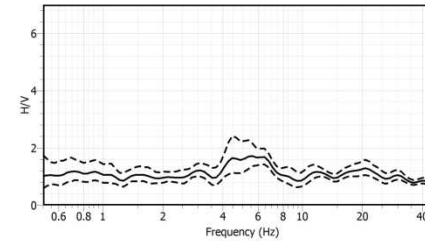


Fig. 37. Curva H/V ottenuta nel punto

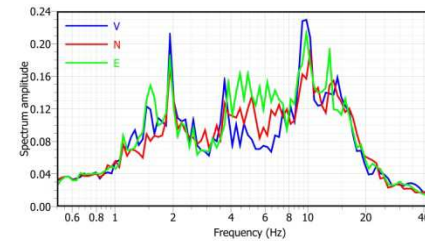


Fig. 39. Componenti spettrali non lisce

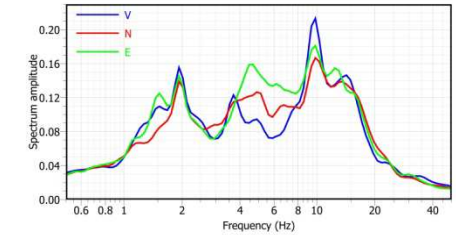


Fig. 38. Componenti spettrali lisce

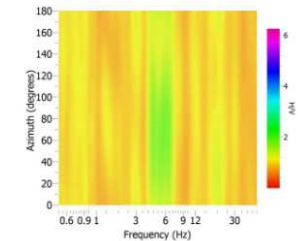


Fig. 40. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 5.3 ± 0.83 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
f0>10/Lw	5.37 > 0.333	OK
nc(f0)>200	6924 > 200	OK
αA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 29	
αA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	Hz	NO
Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	Hz	NO
A0 > 2	1.7 > 2	NO
fpicco[AH/V(f) ± αA(f)] = f0 ± 5%	0.24951 < 0.05	NO
αf < ε(f0)	0.836 < 0.268	NO
αA(f0) < θ(f0)	1.333 < 1.580	OK

Tabella 30. Parametri di qualità SESAME

Tabella 31. Risultati elaborazione transetto Punto 5

DATA:	20/7/2012	ORA:	13:10	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'36.8" N	LONGITUDINE:	7°15'29.5" E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p5				
NOME FILE:	p5.txt		PUNTO: p5					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input checked="" type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp.27°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,flussi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: Autostrada A32-E70, fiume Doria Riparia	
						STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)		
						Alberi (d=10-100m)		
macchine						170		
camion						170		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

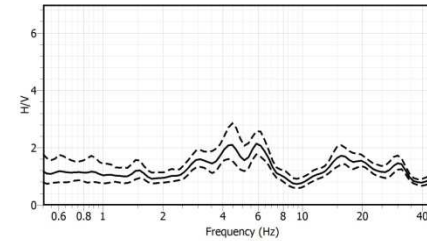


Fig. 41. Curva H/V ottenuta nel punto

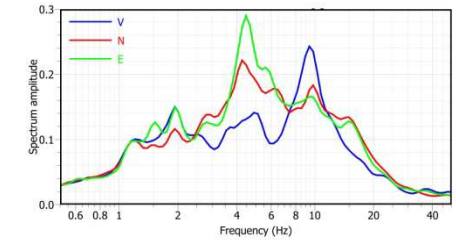


Fig. 42. Componenti spettrali lisce

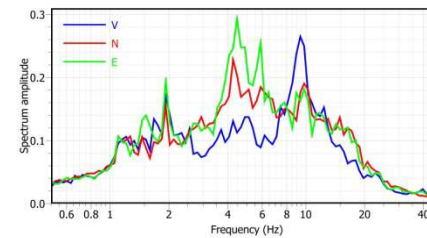


Fig. 43. Componenti spettrali non lisce

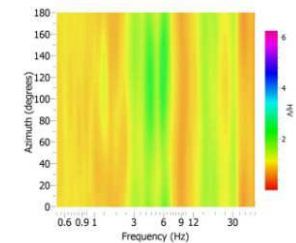


Fig. 44. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 5.5 ± 0.75 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
f0>10/Lw	5.50 > 0.333	OK
nc(f0)>200	7759 > 200	OK
αA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 29	OK
αA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	Hz	NO
Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	9.369 Hz	OK
A0 > 2	1.9 > 2	NO
fpicco[AH/V(f) ± αA(f)] = f0 ± 5%	0.381 < 0.05	NO
αf < ε(f0)	0.752 < 0.275	NO
αA(f0) < θ(f0)	1.277 < 1.580	OK

Tabella 32. Parametri di qualità SESAME

Tabella 33. Risultati elaborazione transetto Punto 6

DATA:	20/7/2012	ORA:	16:00	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'35.4" N	LONGITUDINE:	7°15'28.8" E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p6				
NOME FILE:	p6.txt		PUNTO: p6					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp. 28°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input checked="" type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO				<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:				
DENSITA' EDIFICI		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche, lavori, fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: strada statale SS25, roggia	
							STRUTTURE VICINE (alberi, edifici, ponti, strutture sotterranee,...) (descrizione, altezza, distanza)	
macchine						120	Alberi (d=10-100m)	
camion						120		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

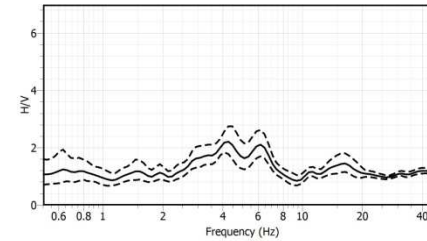


Fig. 45. Curva H/V ottenuta nel punto

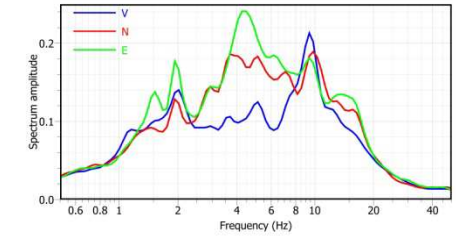


Fig. 46. Componenti spettrali lisce

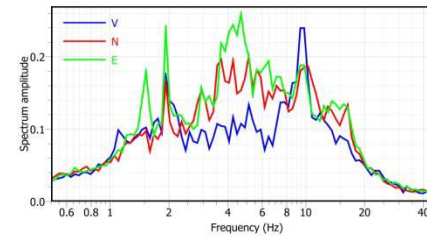


Fig. 47. Componenti spettrali non lisce

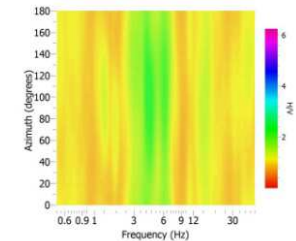


Fig. 48. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 4.5 ± 0.86 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
f0 > 10/Lw	4.48	> 0.333 OK
nc(f0) > 200	6453	> 200 OK
αA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 30 OK	
αA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	1.15506	Hz OK
Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	8.53676	Hz OK
A0 > 2	2.1	> 2 OK
fpicco[AH/V(f) ± αA(f)] = f0 ± 5%	0.233	< 0.05 NO
αf < ε(f0)	0.868	< 0.224 NO
αA(f0) < θ(f0)	1.314	< 1.580 OK

Tabella 34. Parametri di qualità SESAME

Tabella 35. Risultati elaborazione transetto Punto 7

DATA:	21/7/2012	ORA:	14:30	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'33.3" N	LONGITUDINE:	7°15'28.1" E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p7				
NOME FILE:	p7.txt		PUNTO: p7					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temperatura	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input checked="" type="checkbox"/> ghiaia <input checked="" type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,flussi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: strada statale SS25	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
							Bar 20 m, centro commerciale 30 m	
macchine						5		
camion						5		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

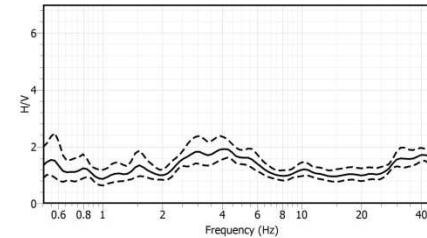


Fig. 49. Curva H/V ottenuta nel punto

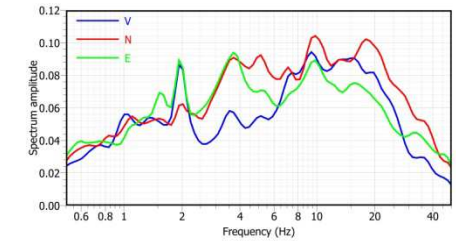


Fig. 50. Componenti spettrali lisce

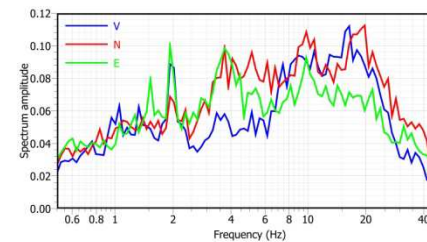


Fig. 51. Componenti spettrali non lisce

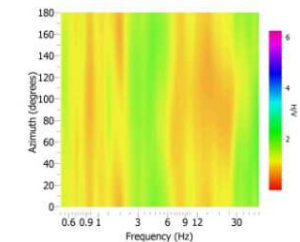


Fig. 52. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 3.8 ± 0.75Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
f0 > 10/Lw	3.86	> 0.333 OK
nc(f0) > 200	3240	> 200 OK
αA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 29 OK	
αA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	1.005	Hz OK
Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2		Hz NO
A0 > 2	1.9	> 2 NO
fpicco[AH/V(f) ± αA(f)] = f0 ± 5%	0.198	< 0.05 NO
σf < ε(f0)	0.755	< 0.193 NO
αA(f0) < θ(f0)	1.254	< 1.580 OK

Tabella 36. Parametri di qualità SESAME

Tabella 37. Risultati elaborazione transetto Punto 8

DATA:	20/7/2012	ORA:	16:00	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)		
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista				
LATITUDINE:	45°6'30.5" N	LONGITUDINE:	7°15'26.4" E	ALTITUDINE: 300 m			
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz				
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p8			
NOME FILE:	p8.txt		PUNTO: p8				
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:				
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:					
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:					
	Temperatura	Osservazioni:					
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)						
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:						
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:				
DENSITA' EDIFICI	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,flussi,...)
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: strada statale SS25,centro commerciale
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)
							(descrizione,altezza,distanza)
							Centro commerciale 20 m (h=12)
macchine						50	
camion						50	
pedoni							
altro							
OSSERVAZIONI:							

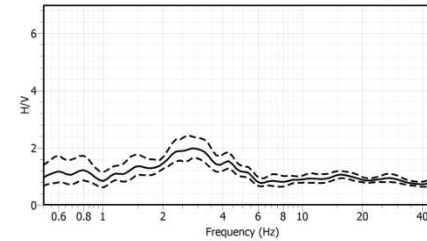


Fig. 53. Curva H/V ottenuta nel punto

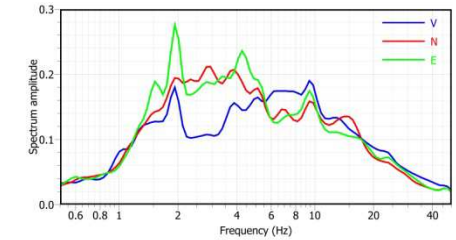


Fig. 54. Componenti spettrali lisceate

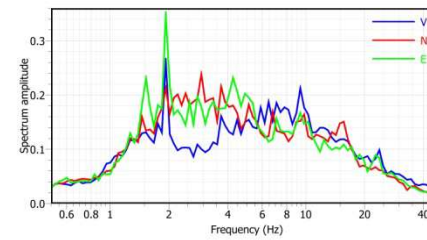


Fig. 55. Componenti spettrali non lisceate

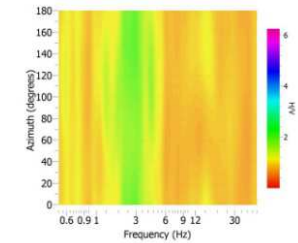


Fig. 56. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 2.7± 0.41 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
f0>10/Lw	2.78	> 0.333 OK
nc(f0)>200	4586	> 200 OK
αA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 30 OK	
αA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	0.915	Hz OK
Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	5.88406	Hz OK
A0 > 2	1.98	> 2 NO
fpicco[AH/V(f) ±αA(f)] = f0 ± 5%	0.016	< 0.05 OK
αf < ε(f0)	0.413	< 0.139 NO
αA(f0) < θ(f0)	1.217	< 1.580 OK

Tabella 38. Parametri di qualità SESAME

Tabella 39. Risultati elaborazione transetto Punto 9

DATA:	20/7/2012	ORA:	17:00	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)		
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista				
LATITUDINE:	45°6'27.4" N	LONGITUDINE:	7°15'25.1" E	ALTITUDINE: 300 m			
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: <i>Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz</i>				
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p9			
NOME FILE:	p9.txt		PUNTO: p9				
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:				
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:					
	PIOGGIA	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:					
	Temperatura	Osservazioni:					
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input checked="" type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)						
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input type="checkbox"/> terreno asciutto <input checked="" type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni: <i>breve scroscio di pioggia</i>						
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:				
DENSITA' EDIFICI	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: <i>strada statale SS25, centro commerciale</i>
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)
							(descrizione,altezza,distanza)
							<i>Centro commerciale 60m (h=12 m)</i>
macchine						200	
camion						200	
pedoni							
altro							
OSSERVAZIONI:							

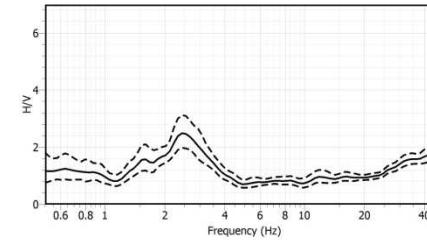


Fig. 57. Curva H/V ottenuta nel punto

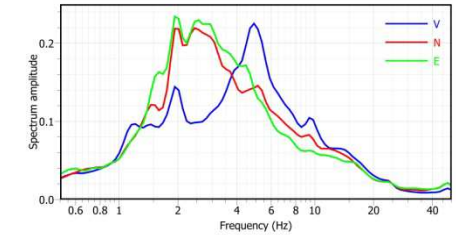


Fig. 58. Componenti spettrali lisceate

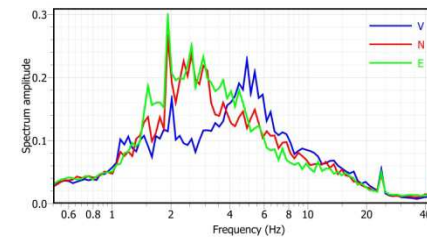


Fig. 59. Componenti spettrali non lisceate

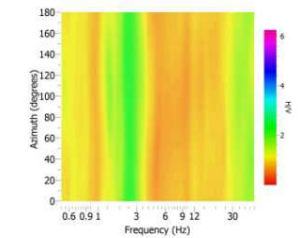


Fig. 60. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 2.5± 0.24 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/Lw$	2.55	> 0.333 OK
$nc(f_0) > 200$	4515	> 200 OK
$\alpha A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5Hz$	Superato 0 volte su 29 OK	
$\alpha A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5Hz$		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f-) < A_0/2$	0.661	Hz OK
Esiste f+ in $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f+) < A_0/2$	3.871	Hz OK
$A_0 > 2$	2.46	> 2 OK
$f_{picco}[AH/V(f) \pm \alpha A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.119	< 0.05 NO
$\sigma f < \epsilon(f_0)$	0.245	< 0.128 NO
$\alpha A(f_0) < \theta(f_0)$	1.258	< 1.580 OK

Tabella 40. Parametri di qualità SESAME

Tabella 41. Risultati elaborazione transetto Punto 10

DATA: 20/7/2012		ORA: 18:00		LUOGO: Sant'Antonino di Susa (TO)				
OPERATORE: Giancarlo Saccà			TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE: 45°6'24.2" N		LONGITUDINE: 7°15'23.5" E		ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE: Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz						
N° STAZIONE: 1		N° SENSORE: 1		DIRECTORY: SAS_T/p10				
NOME FILE: p10.txt			PUNTO: p10					
GUADAGNO:		FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:				
CONDIZIONI METEO	VENTO <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
Temperatura		Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro							
<input type="checkbox"/> terreno asciutto <input checked="" type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:								
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
							Centro commerciale 160m	
macchine						15		
camion								
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

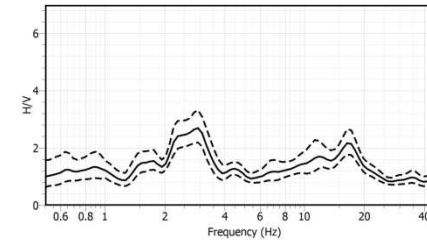


Fig. 61. Curva H/V ottenuta nel punto

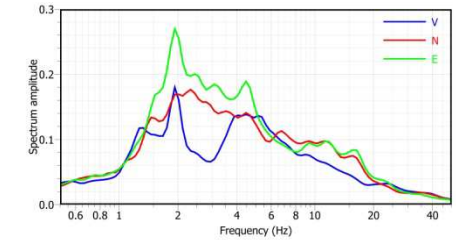


Fig. 62. Componenti spettrali lisceate

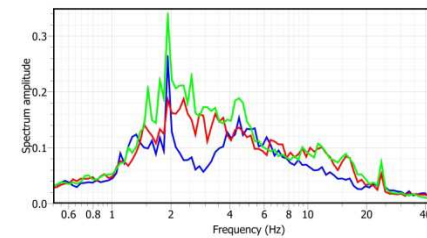


Fig. 63. Componenti spettrali non lisceate

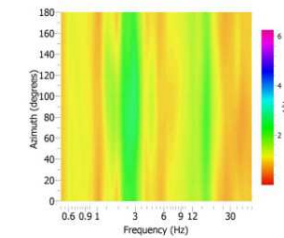


Fig. 64. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 2.7± 0.28Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
f0>10/Lw	2.72	> 0.333 OK
nc(f0)>200	4492	> 200 OK
αA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 30 OK	
αA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	0.692	Hz OK
Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	3.695	Hz OK
A0 > 2	2.58	> 2 OK
fpicco[AH/V(f) ± αA(f)] = f0 ± 5%	0.206	< 0.05 NO
αf < ε(f0)	0.288	< 0.136 NO
αA(f0) < θ(f0)	1.210	< 1.580 OK

Tabella 42. Parametri di qualità SESAME

Tabella 43. Risultati elaborazione transetto Punto 11

DATA: 20/7/2012		ORA: 19:00		LUOGO: Sant'Antonino di Susa (TO)				
OPERATORE: Giancarlo Saccà			TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE: 45°6'20.9" N		LONGITUDINE: 7°15'22.3" E		ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE: Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz						
N° STAZIONE: 1		N° SENSORE: 1		DIRECTORY: SAS_T/p11				
NOME FILE: p11.txt			PUNTO: p11					
GUADAGNO:		FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:				
CONDIZIONI METEO	VENTO <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
Temperatura		Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input checked="" type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input type="checkbox"/> terreno asciutto <input checked="" type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,flussi,...)	
							<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
macchine						10		
camion								
pedoni						10		
altro								
OSSERVAZIONI:								

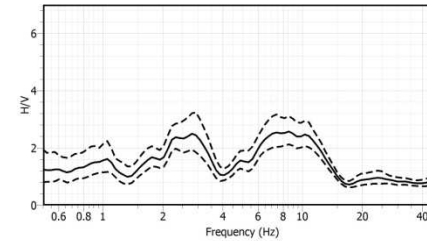


Fig. 65. Curva H/V ottenuta nel punto

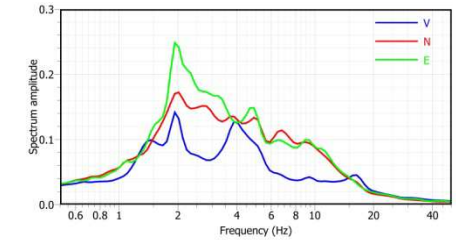


Fig. 66. Componenti spettrali lisce

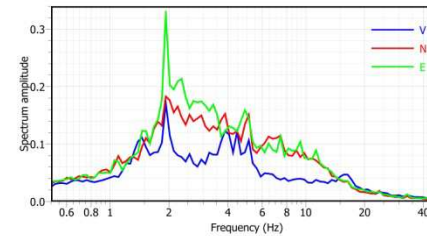


Fig. 67. Componenti spettrali non lisce

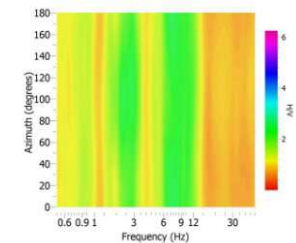


Fig. 68. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 2.7 ± 0.30 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/Lw$	2.67 > 0.333	OK
$nc(f_0) > 200$	4959 > 200	OK
$\sigma A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 30	OK
$\sigma A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f-) < A_0/2$	1.210 Hz	OK
Esiste f+ in $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f+) < A_0/2$	3.871 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.4 > 2	OK
$f_{picco}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.12947 < 0.05	NO
$\sigma f < \epsilon(f_0)$	0.309 < 0.133	NO
$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$	1.273 < 1.580	OK

Tabella 44. Parametri di qualità SESAME

Tabella 45. Risultati elaborazione transetto Punto 12

DATA: 20/7/2012		ORA: 16:40		LUOGO: Sant'Antonino di Susa (TO)				
OPERATORE: Giancarlo Saccà			TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE: 45°6'18" N		LONGITUDINE: 7°15'20.8" E		ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE: Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz						
N° STAZIONE: 1		N° SENSORE: 1		DIRECTORY: SAS_T/p12				
NOME FILE: p12.txt			PUNTO: p12					
GUADAGNO:		FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:				
CONDIZIONI METEO	VENTO <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input checked="" type="checkbox"/> forte Misure:							
Temperatura		Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input type="checkbox"/> terreno asciutto <input checked="" type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,Javori,flussi,...)	
							<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
macchine								
camion								
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

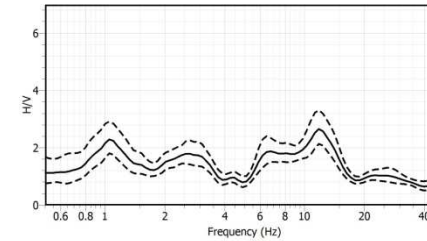


Fig. 69. Curva H/V ottenuta nel punto

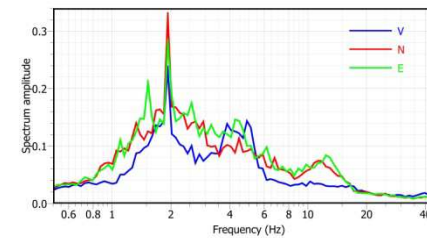


Fig. 71. Componenti spettrali non lisce

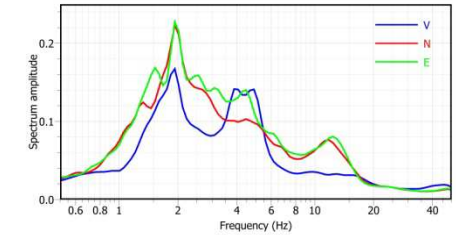


Fig. 70. Componenti spettrali lisce

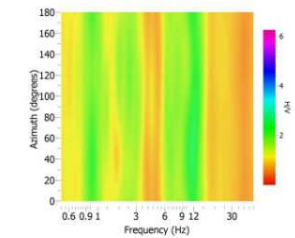


Fig. 72. Direzionalità rapporto H/V

Pico H/V a 12.0 ± 0.88 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		Pico H/V a 2.8 ± 0.57 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		Pico H/V a 1.1 ± 0.11 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)	
Criteri per una curva H/V affidabile (Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti)					
$f_0 > 10/Lw$	11.99 > 0.333 OK	$f_0 > 10/Lw$	2.76 > 0.333 OK	$f_0 > 10/Lw$	1.07 > 0.333 OK
$nc(f) > 200$	22297 > 200 OK	$nc(f) > 200$	5043 > 200 OK	$nc(f) > 200$	1993 > 200 OK
$pa(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 30 OK	$pa(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 30 OK	$pa(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 30 OK
$pa(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		$pa(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		$pa(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	
Criteri per un picco H/V chiaro (Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti)					
Esiste f in $[f_0/4, f_0] AH/V(f) < AQ/2$	3.695 Hz OK	Esiste f in $[f_0/4, f_0] AH/V(f) < AQ/2$	1.210 Hz OK	Esiste f in $[f_0/4, f_0] AH/V(f) < AQ/2$	0.524 Hz OK
Esiste f in $[f_0, 4f_0] AH/V(f) < AQ/2$	14.240 Hz OK	Esiste f in $[f_0, 4f_0] AH/V(f) < AQ/2$	3.871 Hz OK	Esiste f in $[f_0, 4f_0] AH/V(f) < AQ/2$	3.695 Hz OK
$AQ > 2$	2.63 > 2 OK	$AQ > 2$	1.8 > 2 NO	$AQ > 2$	2.3 > 2 OK
$fpico(AH/V(f)) \pm \Delta A(f) = f_0 \pm 5\%$	0.166 < 0.05 NO	$fpico(AH/V(f)) \pm \Delta A(f) = f_0 \pm 5\%$	0.20841 < 0.05 NO	$fpico(AH/V(f)) \pm \Delta A(f) = f_0 \pm 5\%$	0.01879 < 0.05 OK
$df < 4(f_0)$	0.883 < 0.60 NO	$df < 4(f_0)$	0.327 < 0.138 NO	$df < 4(f_0)$	0.116 < 0.138 OK
$sa(f_0) < 8(f_0)$	1.844 < 1.580 OK	$sa(f_0) < 8(f_0)$	1.264 < 1.580 OK	$sa(f_0) < 8(f_0)$	1.272 < 1.580 OK

Tabella 46. Parametri di qualità SESAME

Tabella 47. Tabella 48. Risultati elaborazione transetto Punto 13

DATA: 21/7/2012		ORA: 7:15		LUOGO: Sant'Antonino di Susa (TO)				
OPERATORE: Giancarlo Saccà			TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE: 45°6'14.6" N		LONGITUDINE: 7°15'19.8" E		ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE: Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz						
N° STAZIONE: 1		N° SENSORE: 1		DIRECTORY: SAS_T/p13				
NOME FILE: p13.txt			PUNTO: p13					
GUADAGNO:		FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:				
CONDIZIONI METEO	VENTO <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input checked="" type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
Temperatura		Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro							
<input type="checkbox"/> terreno asciutto <input checked="" type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:								
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,flussi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: macchinari agricoli	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							Azienda agricola 40 m	
macchine								
camion								
pedoni								
altro						40		
OSSERVAZIONI:								

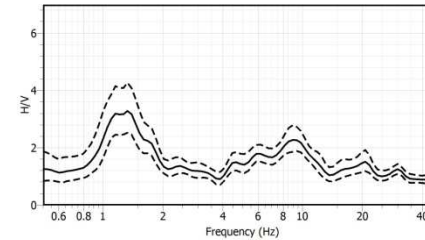


Fig. 73. Curva H/V ottenuta nel punto

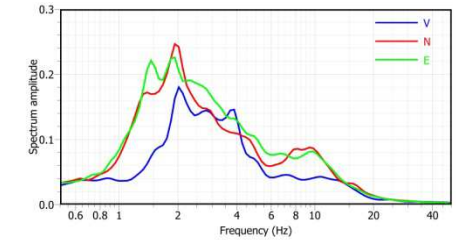


Fig. 74. Componenti spettrali lisceate

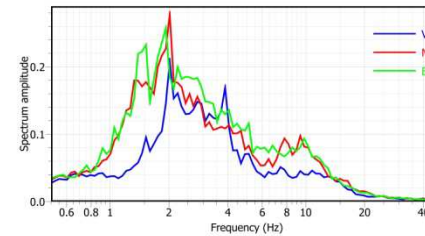


Fig. 75. Componenti spettrali non lisceate

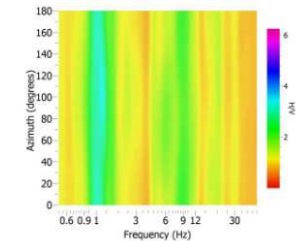


Fig. 76. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 1.3 ± 0.18 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)				Picco H/V a 9.2 ± 0.48 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)					
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]									
f0>10/Lw	1.29	>	0.333	OK	f0>10/Lw	9.18	>	0.333	OK
nc(f0)>200	2507	>	200	OK	nc(f0)>200	15975	>	200	OK
σA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 30			OK	σA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 30			OK
σA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz					σA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz				
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]									
Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	0.631	Hz		OK	Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	3.367	Hz		OK
Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	1.927	Hz		OK	Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	13.593	Hz		OK
A0 > 2	3.20	>	2	OK	A0 > 2	2.3	>	2	OK
fpicco(AH/V(f) ± σA(f)) = f0 ± 5%	0.042	<	0.05	OK	fpicco(AH/V(f) ± σA(f)) = f0 ± 5%	0.23788	<	0.05	NO
σf < ε(f0)	0.182	<	0.13	NO	σf < ε(f0)	0.489	<	0.459	NO
σA(f0) < θ(f0)	1.292	<	1.780	OK	σA(f0) < θ(f0)	1.220	<	1.780	OK

Tabella 49. Parametri di qualità SESAME

Tabella 50. Risultati elaborazione transetto Punto 14

DATA:	21/7/2012	ORA:	8:00	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'12.7" N	LONGITUDINE:	7°15'18.8" E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p14				
NOME FILE:	p14.txt		PUNTO: p14					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp. 20°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input type="checkbox"/> terreno asciutto <input checked="" type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:							
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
							Azienda agricola	
macchine						200		
camion								
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

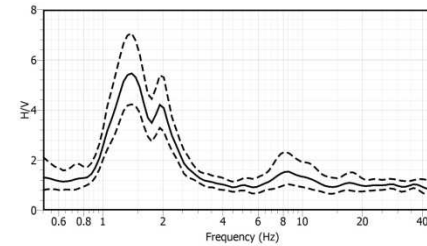


Fig. 77. Curva H/V ottenuta nel punto

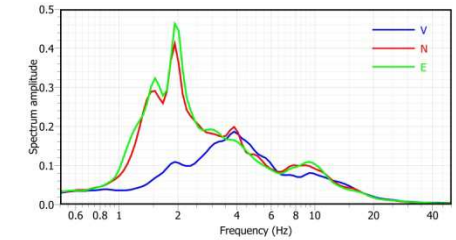


Fig. 78. Componenti spettrali lisceate

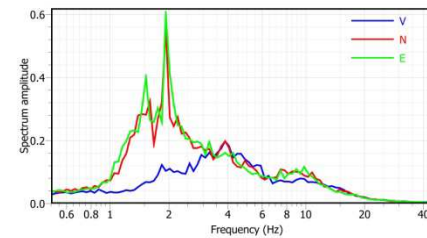


Fig. 79. Componenti spettrali non lisceate

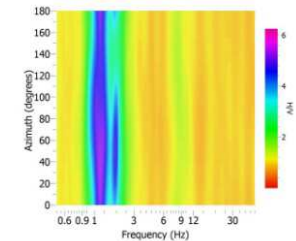


Fig. 80. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 1.44 ± 0.21 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
f0 > 10/Lw	1.44 > 0.333	OK
nc(f0) > 200	2247 > 200	OK
αA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 30	
αA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	0.692 Hz	OK
Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	2.321 Hz	OK
A0 > 2	5.35 > 2	OK
fpicco[AH/V(f) ± αA(f)] = f0 ± 5%	0.049 < 0.05	OK
αf < ε(f0)	0.214 < 0.14	NO
αA(f0) < θ(f0)	1.280 < 1.780	OK

Tabella 51. Parametri di qualità SESAME

Tabella 52. Risultati elaborazione transetto Punto 15

DATA:	21/7/2012	ORA:	9:00	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'10.11" N	LONGITUDINE:	7°15'17" E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p15				
NOME FILE:	p15.txt		PUNTO: p15					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	Temp. 21°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input type="checkbox"/> terreno asciutto <input checked="" type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:						
DENSITA' EDIFICI	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:							
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,flussi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si,tipo: strada comunale, animali	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							<i>Azienda agricola</i>	
OSSERVAZIONI:								

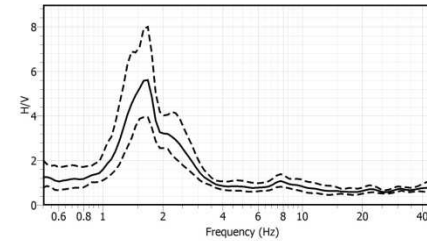


Fig. 81. Curva H/V ottenuta nel punto

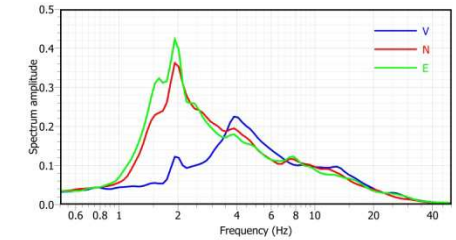


Fig. 82. Componenti spettrali lisceate

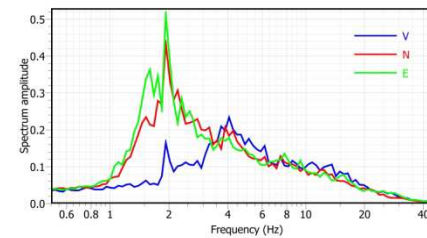


Fig. 83. Componenti spettrali non lisceate

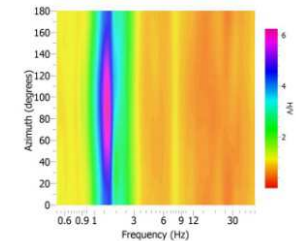


Fig. 84. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 1.6 ± 0.15 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
f0 > 10/Lw	1.60	> 0.333 OK
nc(f0) > 200	1485	> 200 OK
αA(f) < 2 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 > 0.5Hz	Superato 0 volte su 29 OK	
αA(f) < 3 per 0.5f0 < f < 2f0 se f0 < 0.5Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	0.796141	Hz OK
Esiste f+ in [f0, 4f0] AH/V(f+) < A0/2	2.4313	Hz OK
A0 > 2	5.58	> 2 OK
fpicco[AH/V(f) ± αA(f)] = f0 ± 5%	0.079	< 0.05 NO
αf < ε(f0)	0.153	< 0.16 OK
αA(f0) < θ(f0)	1.413	< 1.780 OK

Tabella 53. Parametri di qualità SESAME

Tabella 54. Risultati elaborazione transetto Punto 16

DATA:	21/7/2012	ORA:	10:00	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'9.09" N	LONGITUDINE:	7°15'17.1" E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p16				
NOME FILE:	p16.txt		PUNTO: p16					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	Temp. 22°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input checked="" type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro							
	<input type="checkbox"/> terreno asciutto <input checked="" type="checkbox"/> terreno bagnato		Osservazioni:					
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO				<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:				
DENSITA' EDIFICI		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche, lavori, fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: strada comunale	
							STRUTTURE VICINE (alberi, edifici, ponti, strutture sotterranee,...)	
							(descrizione, altezza, distanza)	
							Stalla per cavalli	
OSSERVAZIONI:								

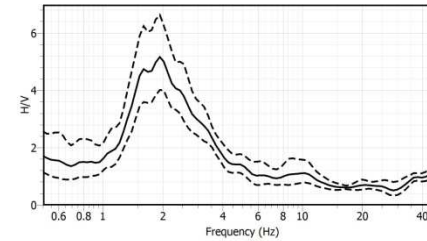


Fig. 85. Curva H/V ottenuta nel punto

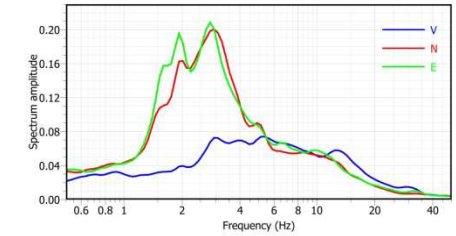


Fig. 86. Componenti spettrali lisceate

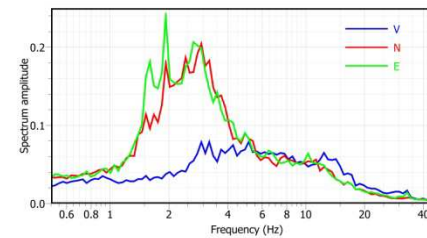


Fig. 87. Componenti spettrali non lisceate

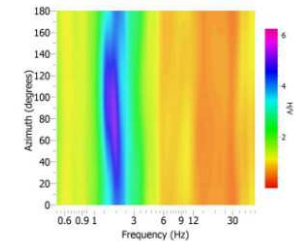


Fig. 88. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 1.9 ± 0.30 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/Lw$	1.88 > 0.333	OK
$nc(f_0) > 200$	2144 > 200	OK
$\alpha A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30	
$\alpha A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f^-) < A_0/2$	0.915 Hz	OK
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f^+) < A_0/2$	3.527 Hz	OK
$A_0 > 2$	5.07 > 2	OK
$f_{picco}[AH/V(f) \pm \alpha A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.046 < 0.05	OK
$\alpha f < \epsilon(f_0)$	0.304 < 0.19	NO
$\alpha A(f_0) < \theta(f_0)$	1.292 < 1.780	OK

Tabella 55. Parametri di qualità SESAME

Tabella 56. Risultati elaborazione transetto Punto 17

DATA:	21/7/2012	ORA:	11:00	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'8.3" N	LONGITUDINE:	7°15'16.5" E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p17				
NOME FILE:	p17.txt		PUNTO: p17					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temperatura	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input checked="" type="checkbox"/> ghiaia <input checked="" type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input type="checkbox"/> terreno asciutto <input checked="" type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO				<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:				
DENSITA' EDIFICI		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: bosco, ruscello	
						STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)		
						(descrizione,altezza,distanza)		
macchine						100		
camion						100		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

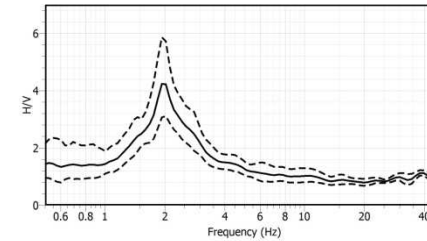


Fig. 89. Curva H/V ottenuta nel punto

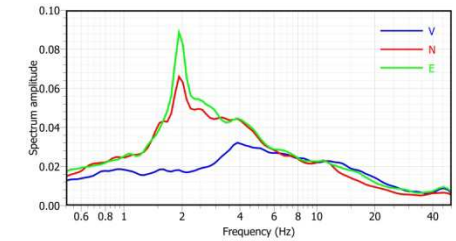


Fig. 90. Componenti spettrali lisceate

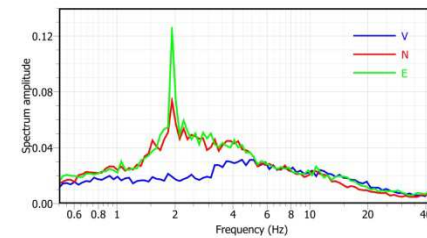


Fig. 91. Componenti spettrali non lisceate

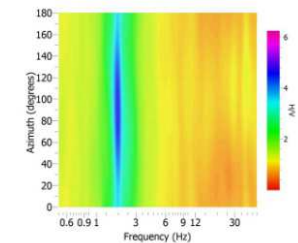


Fig. 92. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 1.9 ± 0.21 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/Lw$	1.99	> 0.333 OK
$nc(f_0) > 200$	2684	> 200 OK
$\alpha A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 30 OK	
$\alpha A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f^-) < A_0/2$	0.959	Hz OK
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f^+) < A_0/2$	3.068	Hz OK
$A_0 > 2$	4.23	> 2 OK
$f_{picco}[AH/V(f) \pm \alpha A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.061	< 0.05 NO
$\alpha f < \epsilon(f_0)$	0.214	< 0.199 NO
$\alpha A(f_0) < \theta(f_0)$	1.365	< 1.780 OK

Tabella 57. Parametri di qualità SESAME

Tabella 58. Risultati elaborazione transetto Punto 18

DATA:	21/7/2012	ORA:	12:00	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°6'5.4" N	LONGITUDINE:	7°15'15" E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p18				
NOME FILE:	p18.txt		PUNTO: p18					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temperatura	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input checked="" type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input type="checkbox"/> terreno asciutto <input checked="" type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO				<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:				
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche, Javori, fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: bosco, ruscello	
							STRUTTURE VICINE (alberi, edifici, ponti, strutture sotterranee,...)	
							(descrizione, altezza, distanza)	
macchine								
camion								
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

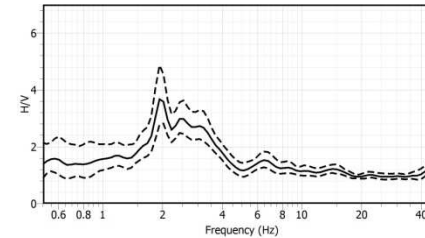


Fig. 93. Curva H/V ottenuta nel punto

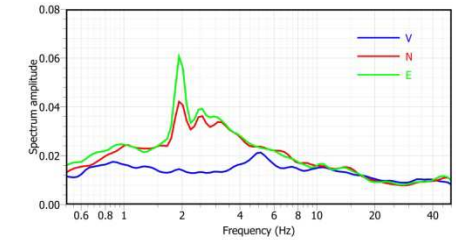


Fig. 94. Componenti spettrali lisce

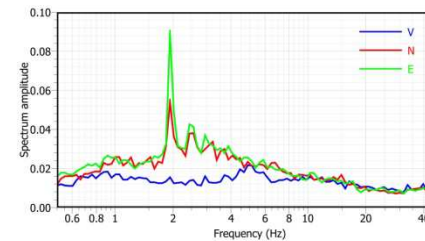


Fig. 95. Componenti spettrali non lisce

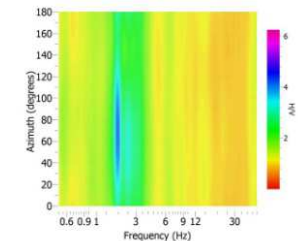


Fig. 96. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 2.7 ± 0.34 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)			
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10/Lw$	2.74	> 0.333	OK
$nc(f_0) > 200$	4770	> 200	OK
$\sigma A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30		OK
$\sigma A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$			
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f- in $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f-) < A_0/2$		Hz	NO
Esiste f+ in $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f+) < A_0/2$	4.663	Hz	OK
$A_0 > 2$	2.7	> 2	OK
$f_{\text{picco}}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.19415	< 0.05	NO
$\sigma f < \epsilon(f_0)$	0.349	< 0.137	NO
$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$	1.201	< 1.580	OK

Tabella 59. Parametri di qualità SESAME

Tabella 60. Risultati elaborazione transetto Punto 19

DATA: 21/7/2012		ORA: 12:40		LUOGO: Sant'Antonino di Susa (TO)				
OPERATORE: Giancarlo Saccà			TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE: 45°6'3.9" N		LONGITUDINE: 7°15'14.2" E		ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE: Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz						
N° STAZIONE: 1		N° SENSORE: 1		DIRECTORY: SAS_T/p19				
NOME FILE: p19.txt			PUNTO: p19					
GUADAGNO:		FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:				
CONDIZIONI METEO	VENTO <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	Temperatura	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice)		<input type="checkbox"/> ghiaia	<input checked="" type="checkbox"/> sabbia	<input type="checkbox"/> roccia			
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro		<input checked="" type="checkbox"/> erba (<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)					
<input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato		Osservazioni:						
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: bosco, ruscello	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
macchine								
camion								
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

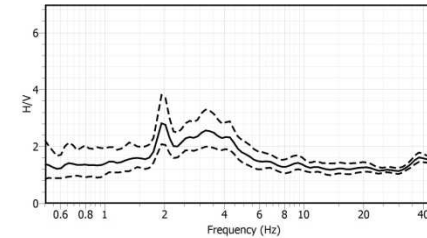


Fig. 97. Curva H/V ottenuta nel punto

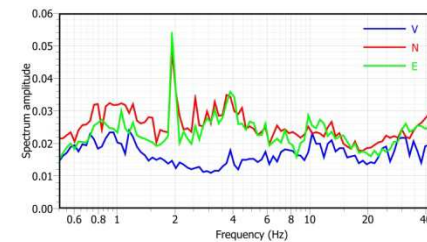


Fig. 99. Componenti spettrali non lisce

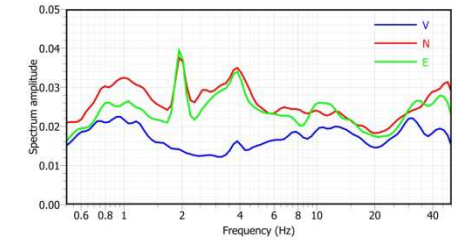


Fig. 98. Componenti spettrali lisce

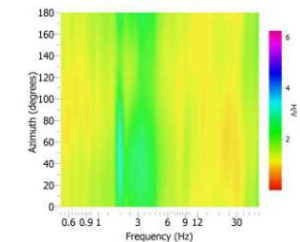


Fig. 100. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 3.27 ± 0.52 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/Lw$	3.27 > 0.333	OK
$nc(f_0) > 200$	5696 > 200	OK
$\sigma A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30	OK
$\sigma A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f- in $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f-) < A_0/2$		NO
Esiste f+ in $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f+) < A_0/2$	10.772 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.6 > 2	OK
$f_{\text{picco}}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.05934 < 0.05	NO
$\sigma f < \epsilon(f_0)$	0.524 < 0.164	NO
$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$	1.285 < 1.580	OK

Tabella 61. Parametri di qualità SESAME

Tabella 62. Risultati elaborazione transetto Punto 20

DATA:	21/7/2012	ORA:	13:30	LUOGO:	Sant'Antonino di Susa (TO)		
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista				
LATITUDINE:	45°6'2.6" N	LONGITUDINE:	7°15'13.84" E	ALTITUDINE: 300 m			
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz				
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: SAS_T/p20			
NOME FILE:	p20.txt		PUNTO: p20				
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:				
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:					
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:					
	Temperatura	Osservazioni:					
TIPO TERRENO	<input type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input checked="" type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)						
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:						
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:				
DENSITA' EDIFICI	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche, lavori, fiumi,...)
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: bosco, ruscello
macchine							STRUTTURE VICINE (alberi, edifici, ponti, strutture sotterranee,...) (descrizione, altezza, distanza)
camion							
pedoni							
altro							
OSSERVAZIONI:							

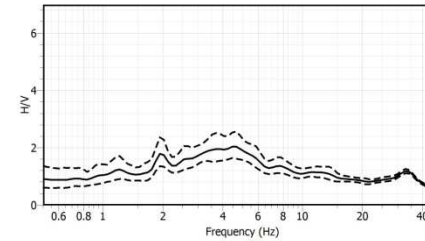


Fig. 101. Curva H/V ottenuta nel punto

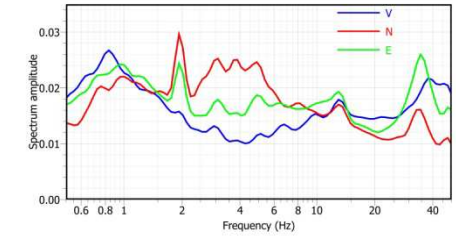


Fig. 102. Componenti spettrali lisceate

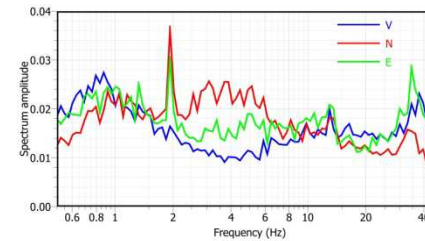


Fig. 103. Componenti spettrali non lisceate

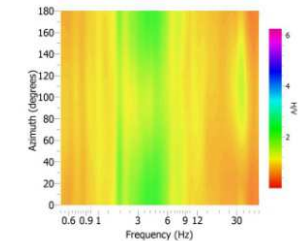


Fig. 104. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 4.3 ± 0.69 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/Lw$	4.29	> 0.333 OK
$nc(f_0) > 200$	7470	> 200 OK
$\alpha A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 30 OK	
$\alpha A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f^-) < A_0/2$	Hz	NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f^+) < A_0/2$	14.918 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.98	> 2 NO
$f_{picco}[AH/V(f) \pm \alpha A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.158	< 0.05 NO
$\alpha f < \epsilon(f_0)$	0.698	< 0.21 NO
$\alpha A(f_0) < \theta(f_0)$	1.233	< 1.580 OK

Tabella 63. Parametri di qualità SESAME

APPENDICE C

PRESENTAZIONE RISULTATI DEL COMUNE DI SAREZZO

In questa appendice vengono riportati i risultati delle elaborazioni tramite la tecnica HVSR delle misure di microtremore effettuate in località Ponte Zanano all'interno del comune di Sarezzo. In particolare si riporta:

- Scheda di campo che riporta le condizioni in cui sono state effettuate le misure
- Grafico componenti spettrali non filtrate e non lisciate
- Grafico componenti spettrali non filtrate e lisciate tramite operatore Konno & Ohmachi (1998)
- Grafico andamento del rapporto H/V in funzione della direzione
- Grafico del rapporto H/V e relativa f_0 calcolata
- Parametri di qualità SESAME per la curva H/V ottenuta

Tabella 64. Risultati elaborazione transetto Punto 1

DATA: 8/8/2012	ORA: 16:15	LUOGO: Ponte Zanano di Sarezzo (BS)																														
OPERATORE: Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista																														
LATITUDINE: 45°39'55.5" N	LONGITUDINE: 10°11'23.9" E	ALTITUDINE: 300 m																														
TIPO STAZIONE: Stazione singola	TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz																															
N° STAZIONE: 1	N° SENSORE: 1	DIRECTORY: PZS/p1																														
NOME FILE: p1.txt		PUNTO: p1																														
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz	DURATA REG:																														
CONDIZIONI METEO	VENTO <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:																															
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:																															
	Temperatura	Osservazioni:																														
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input checked="" type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)																															
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:																															
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:																																
DENSITA' EDIFICI <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:																																
TRANSITI	<table border="1"> <tr> <td>nessuno</td> <td>poco frequenti</td> <td>moderato</td> <td>frequenti</td> <td>molto frequenti</td> <td>distanza (m)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)																									SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,flussi,...) <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: fiume Mella a 5m, alberi
		nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)																									
STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...) (descrizione,altezza,distanza)																																
macchine																																
camion																																
pedoni					5																											
altro					1																											
OSSERVAZIONI:																																

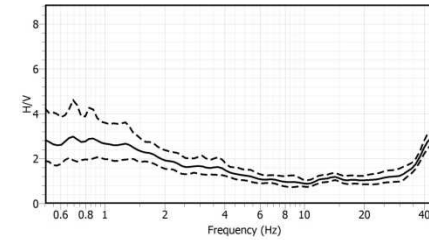


Fig. 105. Curva H/V ottenuta nel punto

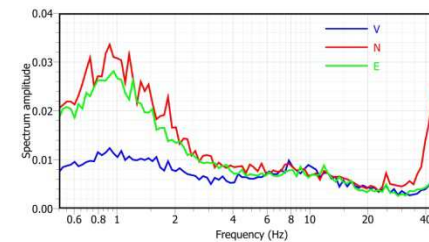


Fig. 107. Componenti spettrali non lisiate

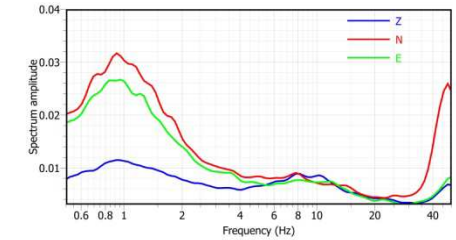


Fig. 106. Componenti spettrali lisiate

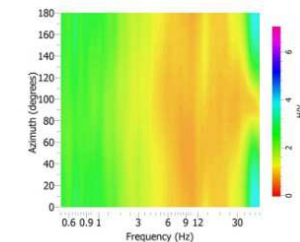


Fig. 108. Direzionalità rapporto H/V

Tabella 65. Risultati elaborazione transetto Punto 2

DATA:	8/8/2012	ORA:	9:00	LUOGO:	Ponte Zanano di Sarezzo (BS)		
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista				
LATITUDINE:	45°39'56.9" N	LONGITUDINE:	10°11'25.4" E	ALTITUDINE: 300 m			
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz				
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: PZS/p2			
NOME FILE:	p2.txt		PUNTO: p2				
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:				
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:					
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:					
	Temp. 21°	Osservazioni:					
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)						
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro						
	<input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:						
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO				<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:			
DENSITA' EDIFICI	<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input checked="" type="checkbox"/> altro, tipo: cimitero, piattaforma ambientale a circa 70 m						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: fiume Mella a 15 m, alberi
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)
macchine							Gasdotto a 60 m
camion							
pedoni							
altro							
OSSERVAZIONI:							

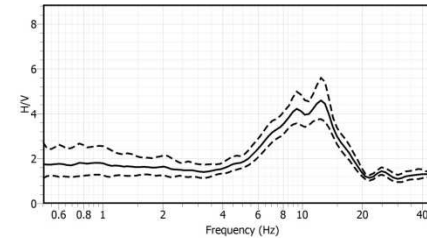


Fig. 109. Curva H/V ottenuta nel punto

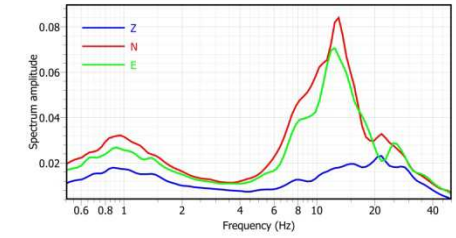


Fig. 110. Componenti spettrali lisceate

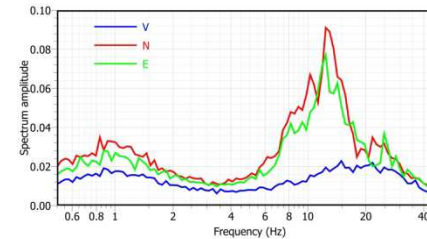


Fig. 111. Componenti spettrali non lisceate

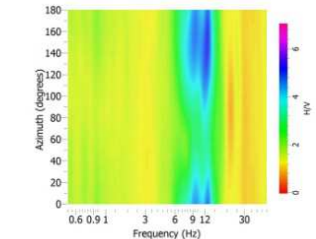


Fig. 112. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 11.5 ± 1.2 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)	
Criteri per una curva H/V affidabile	
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]	
$f_n > 10/L_w$	11.54 > 0.333 OK
$n_c(f_0) > 200$	14189 > 200 OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_n > 0.5Hz$	Superato 0 volte su 30 OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5Hz$	
Criteri per un picco H/V chiaro	
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]	
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$	5.617 Hz OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	17.969 Hz OK
$A_0 > 2$	4.3 > 2 OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.8494 < 0.05 NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.260 < 0.577 NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.156 < 1.580 OK

Tabella 66. Parametri di qualità SESAME

Tabella 67. Risultati elaborazione transetto Punto 3

DATA:	8/8/2012	ORA:	9:50	LUOGO:	Ponte Zanano di Sarezzo (BS)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°39'58.3"N	LONGITUDINE:	10°11'26.0"E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: PZS/p3				
NOME FILE:	p3.txt		PUNTO: p3					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	Temp. 22°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input checked="" type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro							
	<input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO		<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:						
DENSITA' EDIFICI	<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input checked="" type="checkbox"/> altro, tipo:		cimitero, piattaforma ecologica a circa 70 m					
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,flussi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: fiume Mella, piattaforma ecologica	
macchine							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
camion							(descrizione,altezza,distanza)	
pedoni							Cimitero 70 m, gasdotto 5 m, piattaforma ecologica 15 m.	
altro						15		
OSSERVAZIONI: La piattaforma ambientale è in funzione. Frequenti utilizzo di camion e macchinari spostamento macerie.								

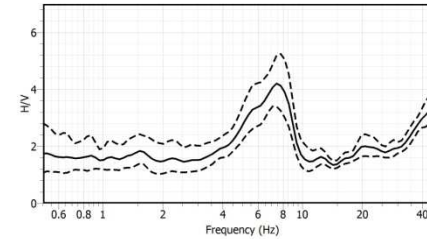


Fig. 113. Curva H/V ottenuta nel punto

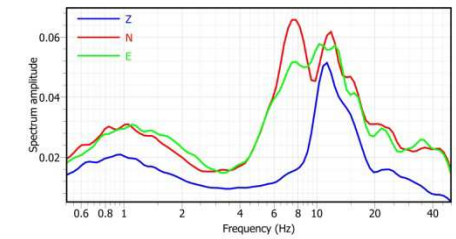


Fig. 114. Componenti spettrali lisceate

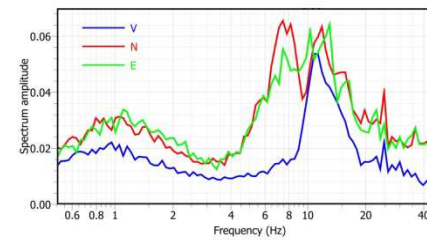


Fig. 115. Componenti spettrali non lisceate

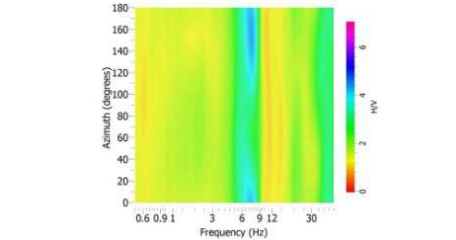


Fig. 116. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 7.43 ± 0.28 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/L_w$	7.43	> 0.333 OK
$n_c(f_0) > 200$	5845	> 200 OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30 OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	30 OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	3.527	Hz OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	9.851	Hz OK
$A_0 > 2$	4.2	> 2 OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.01	< 0.05 OK
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.289	< 0.372 OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.211	< 1.580 OK

Tabella 68. Parametri di qualità SESAME

Tabella 69. Risultati elaborazione transetto Punto 4

DATA:	8/8/2012	ORA:	10:40	LUOGO:	Ponte Zanano di Sarezzo (BS)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°39'59.2"N	LONGITUDINE:	10°11'27.3"E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Velojet 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: PZS/p4				
NOME FILE:	p4.txt		PUNTO: p4					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp. 24°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro							
	<input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO				<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:				
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche, lavori, fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: piattaforma ecologica	
							STRUTTURE VICINE (alberi, edifici, ponti, strutture sotterranee,...)	
							(descrizione, altezza, distanza) Cimitero 70 m, gasdotto 5 m, piattaforma ecologica 15 m, tralicci elettrici 15 m	
							30	
macchine								
camion								
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

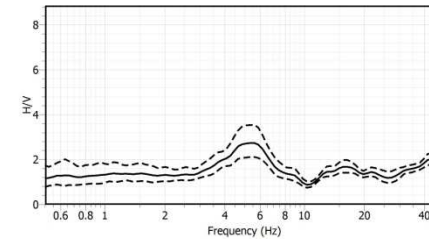


Fig. 117. Curva H/V ottenuta nel punto

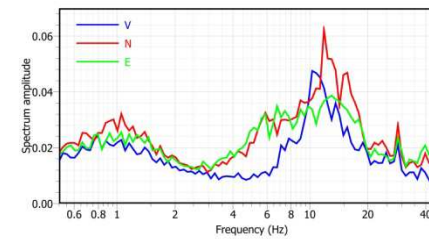


Fig. 119. Componenti spettrali non lisce

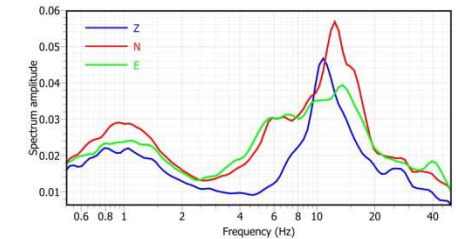


Fig. 118. Componenti spettrali lisce

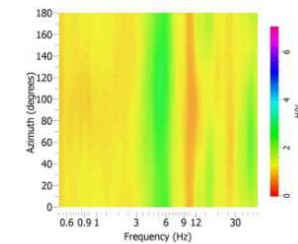


Fig. 120. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 5.4 ± 0.6 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/L$	5.44 > 0.33	OK
$n_s(f_0) > 200$	8003 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 30	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f' in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	2.79541 Hz	OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	8.94325 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.7 > 2	OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.1726 < 0.05	NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.597 < 0.138	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3106 < 1.58	OK

Tabella 70. Parametri di qualità SESAME

Tabella 71. Risultati elaborazione transetto Punto 5

DATA:	8/8/2012	ORA:	11:30	LUOGO:	Ponte Zanano di Sarezzo (BS)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°40'0.07"N	LONGITUDINE:	10°11'27.8"E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: PZS/p5				
NOME FILE:	p5.txt		PUNTO: p5					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp. 26°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input checked="" type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche, Javori, fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: piattaforma ambientale, strada statale	
							STRUTTURE VICINE (alberi, edifici, ponti, strutture sotterranee,...)	
							(descrizione, altezza, distanza)	
							Case di 2-3 piani (8-12 m), tralicci 5 m, cimitero 7 m, acquedotto 55 m	
macchine						150		
camion						150		
pedoni						30		
altro								
OSSERVAZIONI:								

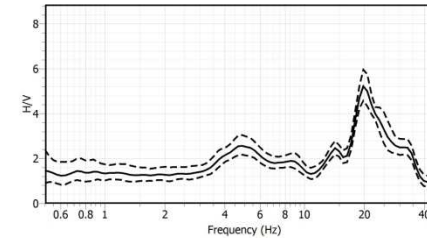


Fig. 121. Curva H/V ottenuta nel punto

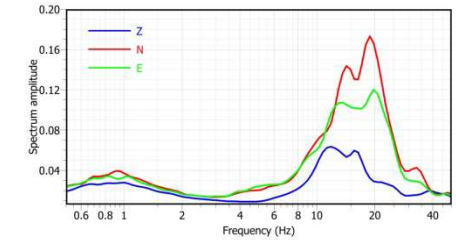


Fig. 122. Componenti spettrali lisceate

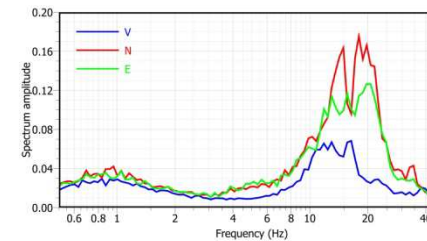


Fig. 123. Componenti spettrali non lisceate

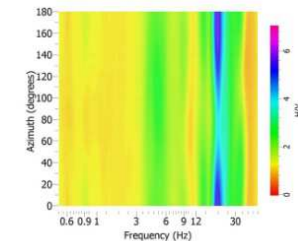


Fig. 124. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 4.9 ± 0.41 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)	
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]	
$f_n > 10/L_w$	4.97 > 0.333 OK
$n_c(f_0) > 200$	26374 > 200 OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	30 OK
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]	
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.760 Hz OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	3.871 Hz OK
$A_0 > 2$	2.7 > 2 OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.08084 < 0.05 NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.411 < 0.248 NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.180 < 1.580 OK

Tabella 72. Parametri di qualità SESAME

Tabella 73. Risultati elaborazione transetto Punto 6

DATA:	8/8/2012	ORA:	12:30	LUOGO:	Ponte Zanano di Sarezzo (BS)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°40'02.1"N	LONGITUDINE:	10°11'29.1"E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: PZS/p6				
NOME FILE:	p6.txt		PUNTO: p6					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp. 27°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input checked="" type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro							
	<input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO					<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:			
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche, Javori, fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: strada statale	
							STRUTTURE VICINE (alberi, edifici, ponti, strutture sotterranee,...)	
							(descrizione, altezza, distanza)	
							Case di 2-3 piani (8-12 m), tralicci 55 m, cimitero 40 m, acquedotto 5 m	
macchine						100		
camion						100		
pedoni						20		
altro								
OSSERVAZIONI:								

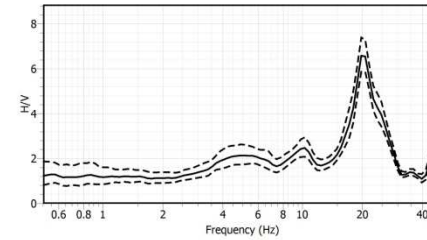


Fig. 125. Curva H/V ottenuta nel punto

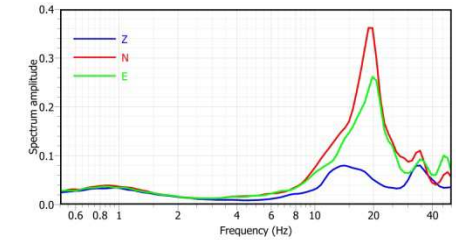


Fig. 126. Componenti spettrali lisceate

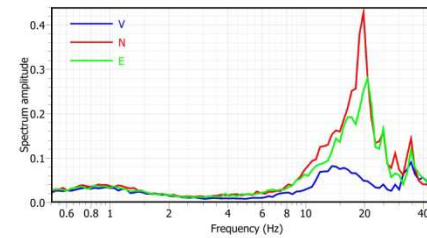


Fig. 127. Componenti spettrali non lisceate

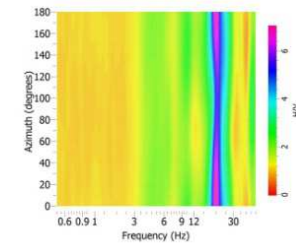


Fig. 128. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 5.0 ± 0.55 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/L$	5.09	> 0.333 OK
$n_s(f_0) > 200$	8099	> 200 OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 30 OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f' in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	Hz	NO
Esiste f'' in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f'') < A_0/2$	Hz	NO
$A_0 > 2$	2.1	> 2 OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.52264	< 0.05 NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.558	< 0.255 NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.193	< 1.580 OK

Tabella 74. Parametri di qualità SESAME

Tabella 75. Risultati elaborazione transetto Punto 7

DATA:	8/8/2012	ORA:	13:10	LUOGO:	Ponte Zanano di Sarezzo (BS)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°40'03.2"N	LONGITUDINE:	10°11'30.2"E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: PZS/p7				
NOME FILE:	p7.txt		PUNTO: p7					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	PIOGGIA <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:							
	Temp. 30*	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input checked="" type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro							
	<input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> sparpagliati <input type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequentissimi	molto frequentissimi	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche, lavori, fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: strada statale 20 m	
							STRUTTURE VICINE (alberi, edifici, ponti, strutture sotterranee,...)	
							(descrizione, altezza, distanza)	
							Case di 2-3 piani (8-12 m), cimitero 60 m, acquedotto 5 m	
macchine						20		
camion						20		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

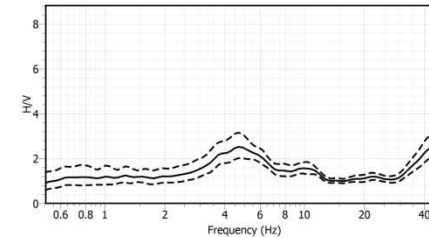


Fig. 129. Curva H/V ottenuta nel punto

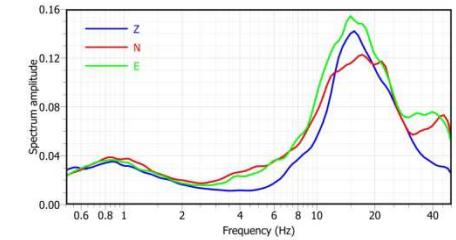


Fig. 130. Componenti spettrali lisceate

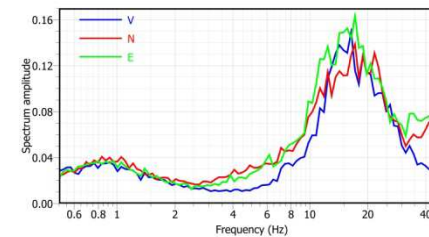


Fig. 131. Componenti spettrali non lisceate

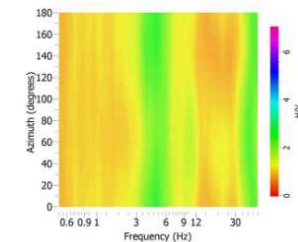


Fig. 132. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 4.5 ± 0.47 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_n > 10/L_w$	4.47	> 0.333 OK
$n_c(f_0) > 200$	6035	> 200 OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	29 OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.321 Hz	OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	12.3854 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.5	> 2 OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.19261	< 0.05 NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.470	< 0.224 NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.236	< 1.580 OK

Tabella 76. Parametri di qualità SESAME

Tabella 77. Risultati elaborazione transetto Punto 8

DATA:	8/8/2012	ORA:	14:00	LUOGO:	Ponte Zanano di Sarezzo (BS)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS: Garmin etrex Vista					
LATITUDINE:	45°40'07.2"	LONGITUDINE:	10°11'30.0"E	ALTITUDINE: 300 m				
TIPO STAZIONE:	Stazione singola		TIPO SENSORE: Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz					
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY: PZS/p8				
NOME FILE:	p8.txt		PUNTO: p8					
GUADAGNO:	FREQ. CAMP. 125 Hz		DURATA REG:					
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temp. 30°	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input checked="" type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOIPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI	<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input checked="" type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:							
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: strada statale 5 m	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
macchine						5	Case di 3-4 piani (12-15 m)	
camion						5		
pedoni								
altro								
OSSERVAZIONI:								

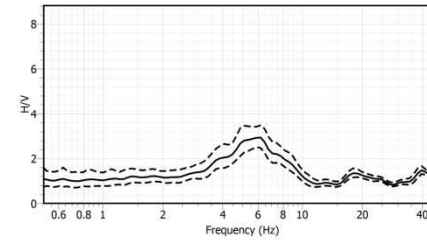


Fig. 133. Curva H/V ottenuta nel punto

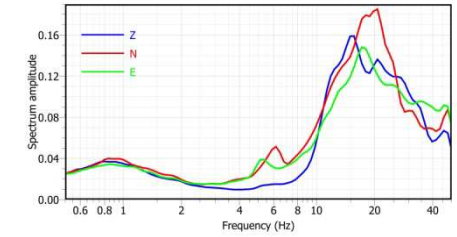


Fig. 134. Componenti spettrali lisceate

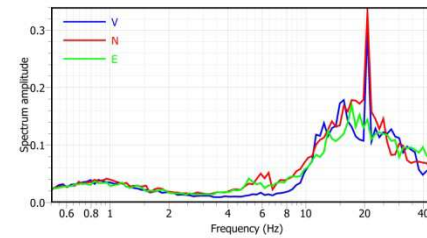


Fig. 135. Componenti spettrali non lisceate

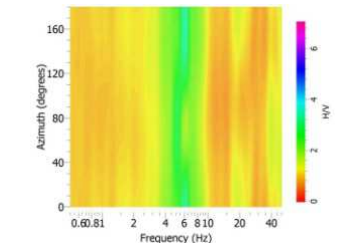


Fig. 136. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 5.7 ± 0.6 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_n > 10/L_w$	5.779	> 0.333 OK
$n_s(f_0) > 200$	8322	> 200 OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30 OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$	3.21404	Hz OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	9.8152	Hz OK
$A_0 > 2$	2.9	> 2 OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.384	< 0.05 NO
$\sigma_1 < \epsilon(f_0)$	0.605	< 0.289 NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.179	< 1.580 OK

Tabella 78. Parametri di qualità SESAME

Tabella 79. Risultati elaborazione transetto Punto 9

DATA:	8/8/2012	ORA:	14:55	LUOGO:	Ponte Zanano di Sarezco (BS)			
OPERATORE:	Giancarlo Saccà		TIPO GPS:	Garmin etrex Vista				
LATITUDINE:	45°40'08.3"N	LONGITUDINE:	10°11'32.1"E	ALTITUDINE:	300 m			
TIPO STAZIONE :	Stazione singola		TIPO SENSORE:	Veloget 3D 1 Hz e Geode a 24 canali della Geometrics con estensione di banda fino a 0,6 Hz				
N° STAZIONE:	1	N° SENSORE:	1	DIRECTORY:	P25/p9			
NOME FILE:	p9.txt		PUNTO:	p9				
GUADAGNO:	FREQ. CAMP.	125 Hz		DURATA REG:				
CONDIZIONI METEO	VENTO	<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	PIOGGIA	<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> debole (5m/s) <input type="checkbox"/> medio <input type="checkbox"/> forte Misure:						
	Temperatura	Osservazioni:						
TIPO TERRENO	<input checked="" type="checkbox"/> terra (<input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> soffice) <input type="checkbox"/> ghiaia <input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> roccia <input checked="" type="checkbox"/> erba (<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> bassa)							
	<input type="checkbox"/> asfalto <input type="checkbox"/> cemento <input type="checkbox"/> cls <input type="checkbox"/> pavimentato <input type="checkbox"/> altro <input checked="" type="checkbox"/> terreno asciutto <input type="checkbox"/> terreno bagnato Osservazioni:							
ACCOPIAMENTO ARTIFICIALE TERRENO STRUMENTO			<input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> si, tipo:					
DENSITA' EDIFICI		<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> sparpagliati <input checked="" type="checkbox"/> addensati <input type="checkbox"/> altro, tipo:						
TRANSITI	nessuno	poco frequenti	moderato	frequenti	molto frequenti	distanza (m)	SORGENTI DI RUMORE (fabbriche,lavori,fiumi,...)	
							<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> si, tipo: strada	
							STRUTTURE VICINE (alberi,edifici,ponti,strutture sotterranee,...)	
							(descrizione,altezza,distanza)	
							Case di 2-3 piani (8-12 m)	
macchine						6		
camion						6		
pedoni						6		
altro								
OSSERVAZIONI:								

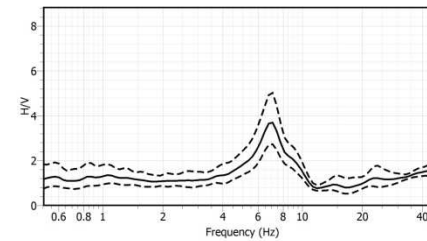


Fig. 137. Curva H/V ottenuta nel punto

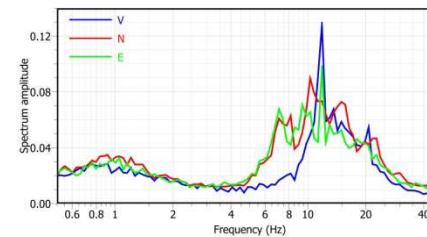


Fig. 139. Componenti spettrali non lisce

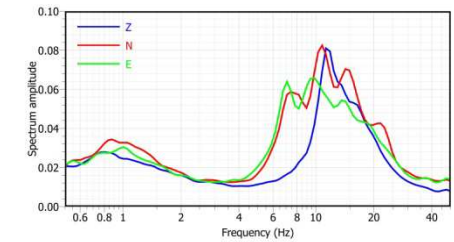


Fig. 138. Componenti spettrali lisce

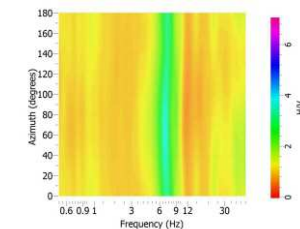


Fig. 140. Direzionalità rapporto H/V

Picco H/V a 7.0 ± 0.46 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz)		
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10/L_w$	7.035 > 0.333	OK
$n_s(f_0) > 200$	8231 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 30	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz		
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	5.11766 Hz	OK
Esiste f' in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	9.8152 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.9 > 2	OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.05 < 0.05	OK
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.469 < 0.352	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.241 < 1.580	OK

Tabella 80. Parametri di qualità SESAME

