

COMUNE DI CAMPI BIENZIO

CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE



Regolamento Urbanistico

Adozione: Delibera C.C. n°201 del 2/12/2004 - Approvazione: Delibera C.C. n°90 del 20/7/2005

Variante per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014

Adozione: Delibera C.C. n°205 del 19/10/2017 - Approvazione: Delibera C.C. n°68 del 12/04/2018

Relazione tecnica illustrativa di supporto allo studio di Microzonazione Sismica di livello 1

Il Sindaco
Emiliano Fossi

Assessore all'Urbanistica
Stefano Salvi

Responsabile del Procedimento
ing. Domenico Ennio Maria Passaniti

Responsabile Ufficio Urbanistica
arch. Letizia Nieri

Garante dell'informazione e della partecipazione
dr.sa Simonetta Cappelli

Progettista
arch. Riccardo Luca Breschi

Studi geologici
Soc. IdroGeo Service Srl
Dott. Geol. Simone Fiaschi (Direttore Tecnico)
Dott. Geol. Alessandro Murratzu (Direttore Tecnico)
Dott. Geol. Alessio Calvetti (collaboratore)

Gennaio 2018

INDICE

| | |
|--|----|
| Premessa..... | 1 |
| 1. Riferimenti normativi | 3 |
| 2. Elaborati prodotti ed Individuazione Aree di indagine | 4 |
| 3. Inquadramento generale | 5 |
| 4. Pericolosità sismica di base | 6 |
| 5. Dati di base | 9 |
| 6. Carta delle Indagini..... | 12 |
| 7. Carta delle Frequenze Fondamentali dei depositi | 12 |
| 8. Carta geologico-tecnica..... | 16 |
| 9. Effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) | 20 |
| 10. Procedura semiquantitativa di valutazione della qualità della carta MOPS di livello1 | 31 |

Allegati:

- Allegato 1 – Certificati delle indagini di sismica passiva HVSR e relativa documentazione cartografica
- Allegato 2 – Certificati delle indagini sismica a rifrazione in onde P e SH e relativa relazione di commento ai risultati
- Allegato 3 – Certificati dell’indagine sismica di tipo M.A.S.W. e relativa relazione di commento ai risultati

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

PREMESSA

La presente Relazione, redatta ai sensi del *Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche* (Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 ottobre 2011 n. 53/R pubblicato nella Sezione I del Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 51 del 2 novembre 2011), è di supporto alla Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014 del Comune di Campi Bisenzio (Provincia di Firenze). La presente relazione è stata realizzata, oltre che ai sensi delle normative vigenti in materia, in conformità con la comunicazione ai sensi dell'art.9 comma 2 – richiesta integrazioni, del DPGR 53/R/2011 da parte della Regione Toscana – Genio Civile Valdarno Centrale e Tutela dell'Acqua del 01/12/2017 e in conformità dell'Osservazione n.0063305 del 29/11/2017 pervenuta al Comune di Campi Bisenzio da soggetti privati.

Le indagini geologiche sono dirette a verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico e sismico, anche in attuazione degli atti di pianificazione sovraordinati, al fine di valutare le condizioni ed i limiti di trasformabilità, garantire e mantenere condizioni di equilibrio idrogeologico e recuperare eventuali situazioni di criticità esistenti.

In particolare, le indagini geologiche hanno previsto la realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1, in ottemperanza a quanto previsto dal Regolamento 53/R, facendo riferimento all'Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5.

Il livello 1 di Microzonazione Sismica costituisce un livello propedeutico caratterizzato essenzialmente da una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e di ulteriori informazioni, finalizzata alla suddivisione del territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

La presente relazione tecnica illustrativa descrive nel dettaglio tutti gli elementi caratterizzanti gli elaborati che costituiscono lo studio di microzonazione, indicandone le problematiche, le metodologie di indagine, le procedure di analisi ed elaborazione utilizzate ed infine i risultati prodotti, attenendosi a quanto prescritto nella Deliberazione 6 agosto 2012 n. 741 e nella ultima aggiornata Deliberazione 25 novembre 2013 n. 971 L.R. 58/2009 – *OPCM 4007/2012 ART.2 COMMA 1. LETT. A – Studi di microzonazione sismica. Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica.*

Preme sottolineare che lo studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 1 a supporto

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

della presente Variante anticipatoria è uno studio definibile anch'esso come anticipatorio, in quanto non coinvolge interamente tutti i centri urbani maggiormente significativi e quelli che vengono coinvolti (in quanto presentano al proprio interno previsioni di interesse per la Variante) non vengono studiati e cartografati per intero ma solo per le porzioni territoriali di interesse per le previsioni oggetto di Variante. Nelle fasi successive di aggiornamento degli strumenti urbanistici comunali (nuovo Piano Strutturale e nuovo Piano Operativo) verrà svolto uno studio di area vasta, partendo dal presente studio di MS di livello 1, che andrà ad interessare tutto il territorio comunale con particolare attenzione, per quanto riguarda gli aspetti sismici ai centri urbani maggiormente significativi, rimanendo comunque, come livello di dettaglio al livello 1.

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stato condotto secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento normativo.

- OPCM n. 3907 del 13.11.2010 e OPCM n. 4007 del 29 febbraio 2012, che disciplinano i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, previsti dalla Legge Regionale 58/2009;
- DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011, pubblicato nella Sezione I del Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 51 del 2 novembre 2011, Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5;
- DGRT n. 261 del 18.04.2011, recepimento a livello regionale dell' OPCM n. 3907/2010 con riferimento all'Allegato A che individua i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di Microzonazione Sismica, le modalità di predisposizione delle specifiche tecniche per la realizzazione dei suddetti studi e le modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS in fase pianificatoria;
- DGRT n. 741 del 6 agosto 2012, approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica;
- DGRT n. 971 del 25 novembre 2013, approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica;
- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS), approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Indicazioni contenute nel Volume di Ingegneria Sismica 2/2011;
- Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 OPCM 3907/2010) – Versione 4.0b.

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

2. ELABORATI PRODOTTI ED INDIVIDUAZIONE AREE DI INDAGINE

Per lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 sono stati prodotti i seguenti elaborati, che costituiscono parte integrante della presente Variante:

- Tavv.4 Carta delle indagini, dati di base e indagini geofisiche;
- Tavv.6 Carta geologico-tecnica (Tavv. 6b, 6c, 6d, 6e e 6f modifiche in conformità con la comunicazione ai sensi dell'art.9 comma 2 – richiesta integrazioni, del DPGR 53/R/2011 da parte della Regione Toscana – Genio Civile Valdarno Centrale e Tutela dell'Acqua del 01/12/2017 e in conformità dell'Osservazione n.0063305 del 29/11/2017 pervenuta al Comune di Campi Bisenzio da soggetti privati);
- Carta delle frequenze fondamentali dei depositi (*All. 1 del presente documento*);
- Tavv.8 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – M.O.P.S. (Tavv. 8a, 8b, 8c, 8d, 8e, 8f e 8g modifiche in conformità con la comunicazione ai sensi dell'art.9 comma 2 – richiesta integrazioni, del DPGR 53/R/2011 da parte della Regione Toscana – Genio Civile Valdarno Centrale e Tutela dell'Acqua del 01/12/2017, in conformità dell'Osservazione n.0063305 del 29/11/2017 pervenuta al Comune di Campi Bisenzio da soggetti privati) e sulla base di errori cartografici e di legenda riscontrati;
- Dati di base n.1 CD;
- Indagine geofisica di sismica passiva HVSR, sismica attiva MASW e sismica a rifrazione in onde P e SH (*All. 1, 2 e 3 del presente documento*).

In particolare sono stati presi in considerazione la parte orientale dell'area industriale a nord del capoluogo comunale, le porzioni settentrionale, sud-orientale e sud-occidentale del capoluogo comunale, le porzioni settentrionale e orientale dell'abitato di San Piero a Ponti, l'abitato di San Donnino, l'abitato di Sant'Angelo e la porzione orientale dell'abitato di Ponte all'Asse.

La restante porzione del territorio comunale esterna alle aree indicate non è stata presa in considerazione in quanto non oggetto della presente Variante anticipatoria.

3. INQUADRAMENTO GENERALE

Per quanto riguarda gli approfondimenti di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico si rimanda a quanto ampiamente trattato nella Relazione Geologica.

Di seguito si riassumono brevemente gli aspetti salienti del territorio, al fine di fornire un inquadramento generale.

Il territorio del Comune di Campi Bisenzio ha un'estensione complessiva di circa 28,7 km² e si presenta totalmente pianeggiante con una quota media di 47 m s.l.m.

Il comune di Campi Bisenzio si trova nella porzione medio-orientale della Piana villafranchiana fluvio-lacustre denominata "Firenze-Prato-Pistoia" a sua volta facente parte del settore centrale della Pianura del medio Valdarno.

Tale depressione è limitata a Nord dai rilievi dei Monti della Calvana – Monte Morello e a Sud dal Monte Albano. Recenti studi segnalano la probabile presenza sul margine Nord della piana Firenze-Prato-Pistoia di una faglia normale capace (Database ITHACA).

I depositi contenuti nella depressione derivano da un processo di sedimentazione iniziato nel Pliocene superiore, inizialmente di tipo lacustre e contemporaneamente di tipo fluviale da conoide (conoide del fiume Bisenzio) e successivamente di tipo fluviale associato alle esondazioni periodiche del fiume Bisenzio, dei suoi principali affluenti e del fiume Arno, nella porzione sud orientale della depressione.

Per quanto suddetto i depositi fluvio-lacustri di riempimento del bacino possono essere suddivisi in tre unità principali: depositi lacustri, depositi di delta di conoide del Bisenzio e depositi recenti di esondazione (Consumi et al., 2016). Essi sono costituiti, per la porzione territoriale di competenza del Comune di Campi Bisenzio principalmente da terreni coesivi limosi e argillosi con presenza da medio a scarsa di livelli e/o lenti di terreni granulari sabbiosi e/o ghiaiosi in matrice sabbiosa e/o argillosa.

Per quanto riguarda il substrato esso presenta una natura variabile in funzione delle diverse litologie affioranti lungo le i margini della pianura fluvio-lacustre. In corrispondenza della porzione centrale del bacino, il substrato è costituito da calcari marnosi appartenenti alla Formazione di Monte Morello associati ad elementi del complesso ofiolitico e ad arenarie dell'Unità Cervalora (Angelini et al., 2016).

Da letteratura il substrato è stimato ad una profondità variabile da un valore massimo di circa 500-550 m da p.c. in corrispondenza dei comuni di Calenzano e Campi Bisenzio fino ad una

profondità minima di circa 50 m da p.c. in corrispondenza dell'abitato di Firenze passando per valori intermedi di 400-450 m da p.c. in corrispondenza del comune di Prato (Capecchi et al., 1975).

Tali valori di profondità del substrato, per l'area di competenza del Comune di Campi Bisenzio, sono confermate anche dalle stime ricavate dalle indagini sismiche ex-novo e di letteratura (database comunale) che mostrano per le porzioni di territorio oggetto d'indagine un valore stimato di profondità da p.c. del substrato (picco di contrasto di impedenza) attestato in un forbice di stima compreso fra 400 m /500 m da p.c..

4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Gli effetti locali prodotti da eventi sismici assumono una diversa rilevanza in funzione della sismicità di base del territorio comunale e della relativa accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

Secondo la mappa di aggiornamento della classificazione sismica regionale, ai sensi del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 22 ottobre 2012, n. 58/R *"Regolamento di attuazione dell'articolo 117, comma 2, lettera g) della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Verifiche nelle zone a bassa sismicità. Determinazione del campione da assoggettare a verifica."*, il territorio comunale di Campi Bisenzio è inserito in zona 3, caratterizzata da valori dell'accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra 0.05 e 0.15 g (Fig. 1).

Ai fini della suddivisione del territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista sismico, secondo la normativa vigente (Regolamento 53/R) risulta necessaria l'acquisizione di tutte le indagini in modo tale da definire un Modello geologico di sottosuolo sul quale effettuare gli approfondimenti necessari e finalizzati alla stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

Nel caso in esame le indagini prese a riferimento non hanno interessato l'intero territorio del Comune di Campi Bisenzio ma solo alcune porzioni di interesse per la presente Variante. Comunque è opportuno specificare che, in virtù della scarsa variabilità geologica del territorio comunale di Campi Bisenzio, in funzione del suo comportamento sismico, e in virtù della buona distribuzione delle aree interessate dalle previsioni urbanistiche della presente Variante del R.U., rispetto al territorio comunale nel suo complesso, le indagini prese a riferimento per il presente studio sono sufficientemente rappresentative dei contesti geologici caratterizzanti il territorio comunale in

esame ai fini soprattutto, come suddetto, della definizione di un modello geologico di massima del sottosuolo di interesse.

Preme ricordare, comunque, che lo studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 1 a supporto della presente Variante anticipatoria è uno studio definibile anch'esso come anticipatorio, in quanto non coinvolge interamente tutti i centri urbani maggiormente significativi e quelli che vengono coinvolti (in quanto presentano al proprio interno previsioni di interesse per la Variante) non vengono studiati e cartografati per intero ma solo per le porzioni territoriali di interesse per le previsioni oggetto di Variante. Nelle fasi successive di aggiornamento degli strumenti urbanistici comunali (nuovo Piano Strutturale e nuovo Piano Operativo) verrà svolto uno studio di area vasta, partendo dal presente studio di MS di livello 1, che andrà ad interessare tutto il territorio comunale con particolare attenzione, per quanto riguarda gli aspetti sismici ai centri urbani maggiormente significativi, rimanendo comunque, come livello di dettaglio al livello 1.

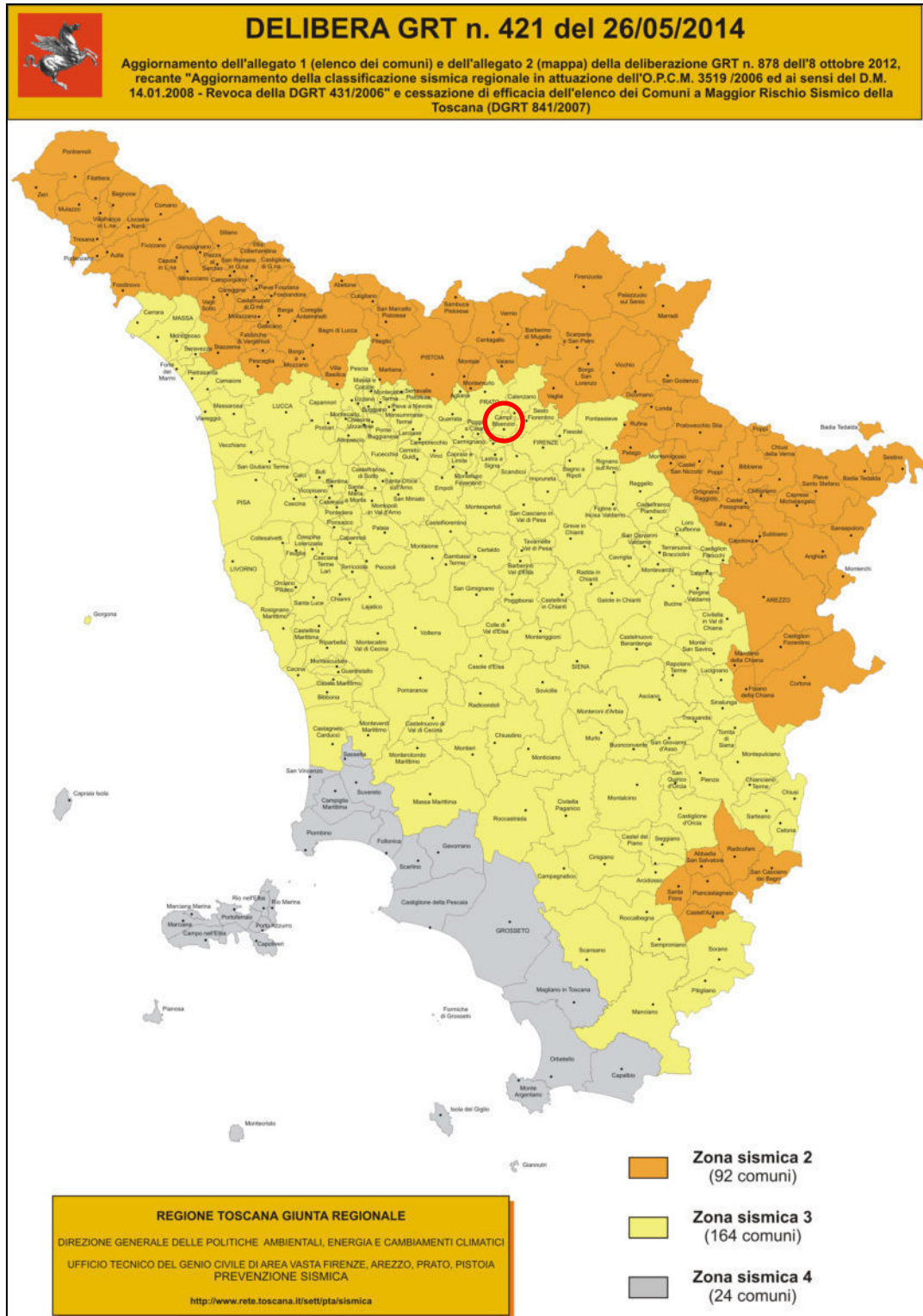


Fig. 1 – Mappa della classificazione sismica dei Comuni della Toscana (fonte Regione Toscana)

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

Relazione illustrativa delle M.O.P.S.

5. DATI DI BASE

Ai fini dell'aggiornamento delle indagini geognostiche effettuate sul territorio comunale, in funzione della ricostruzione del Modello geologico di sottosuolo e della stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.), è stata realizzata una approfondita ricerca bibliografica ed in rete.

In particolare sono stati consultati:

- Archivi comunali ed Indagini geologico-tecniche di supporto al piano strutturale;
- Portale del Servizio Geologico d'Italia (ISPRA), in particolare l'archivio 'Indagini del sottosuolo' (L. 464/84);
- Consultazione degli archivi della Regione Toscana, in particolare della Banca Dati del sottosuolo e della Banca Dati Geotermia (LaMMA), della Banca Dati indagini geotematiche (BDIG) e della Banca Dati stratigrafica della Toscana (SIRA);
- Sistema Informativo Territoriale della Provincia di Firenze.

Alle suddette indagini, ricavate da letteratura (fonte: archivio del Comune di Campi Bisenzio) si sono aggiunte un set di nuove indagini eseguite a supporto del presente studio.

In totale sono stati raccolti i dati relativi a **n. 311** indagini geognostiche alle quali si devono aggiungere quelle realizzate a supporto del presente studio di microzonazione sismica per un totale di **n.343** indagini (Fig. 2).

Le indagini geognostiche raccolte nei suddetti archivi sono costituite variamente da sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche, sia statiche o dinamiche, analisi e prove geotecniche di laboratorio, indagini geofisiche con varie metodologie, pozzi per acqua.

Le indagini specifiche ed integrative realizzate per la presente Microzonazione Sismica nella si compongono di **n. 29** misure di sismica passiva con tecnica a "stazione singola" (HVSR), **n. 1** misure di sismica attiva acquisite con *array* monodimensionale e tecnica MASW e **n. 2** misure di sismica attiva a rifrazione con onde P e SH.

Le indagini sono state svolte solo nelle aree oggetto della presente Variante. Le ubicazioni delle indagini sono state riportate nella carta delle indagini, dati di base e indagini geofisiche, realizzata sia in formato cartaceo che digitale (GIS) in scala 1:2.000, utilizzando la simbologia

prevista dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.0b, Ottobre 2015). I dati sono identificati univocamente con un numero o una sigla progressivi cui corrisponde la scheda disponibile nella raccolta dei dati di base allegata al presente studio in formato digitale.

La Carta delle Indagini rappresenta il tematismo previsto nell'ambito del vigente 53/R e degli studi di Microzonazione Sismica.

E' stata inoltre realizzata, in corrispondenza di alcune porzioni dei centri abitati maggiormente significativi (porzioni territoriali oggetto della presente Variante), la Carta delle frequenze fondamentali dei depositi, in scala 1:10.000 come indagine specifica per lo studio di Microzonazione Sismica (vedi allegato 1 dello studio di Microzonazione sismica). Tale elaborato riporta l'ubicazione di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR), con i relativi valori della frequenza fondamentale (f_0) e dell'ampiezza dei picchi fondamentali (A_0).

Per una trattazione completa relativa agli aspetti sismici si rimanda alla specifica "Relazione tecnica illustrativa di supporto allo studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 1".

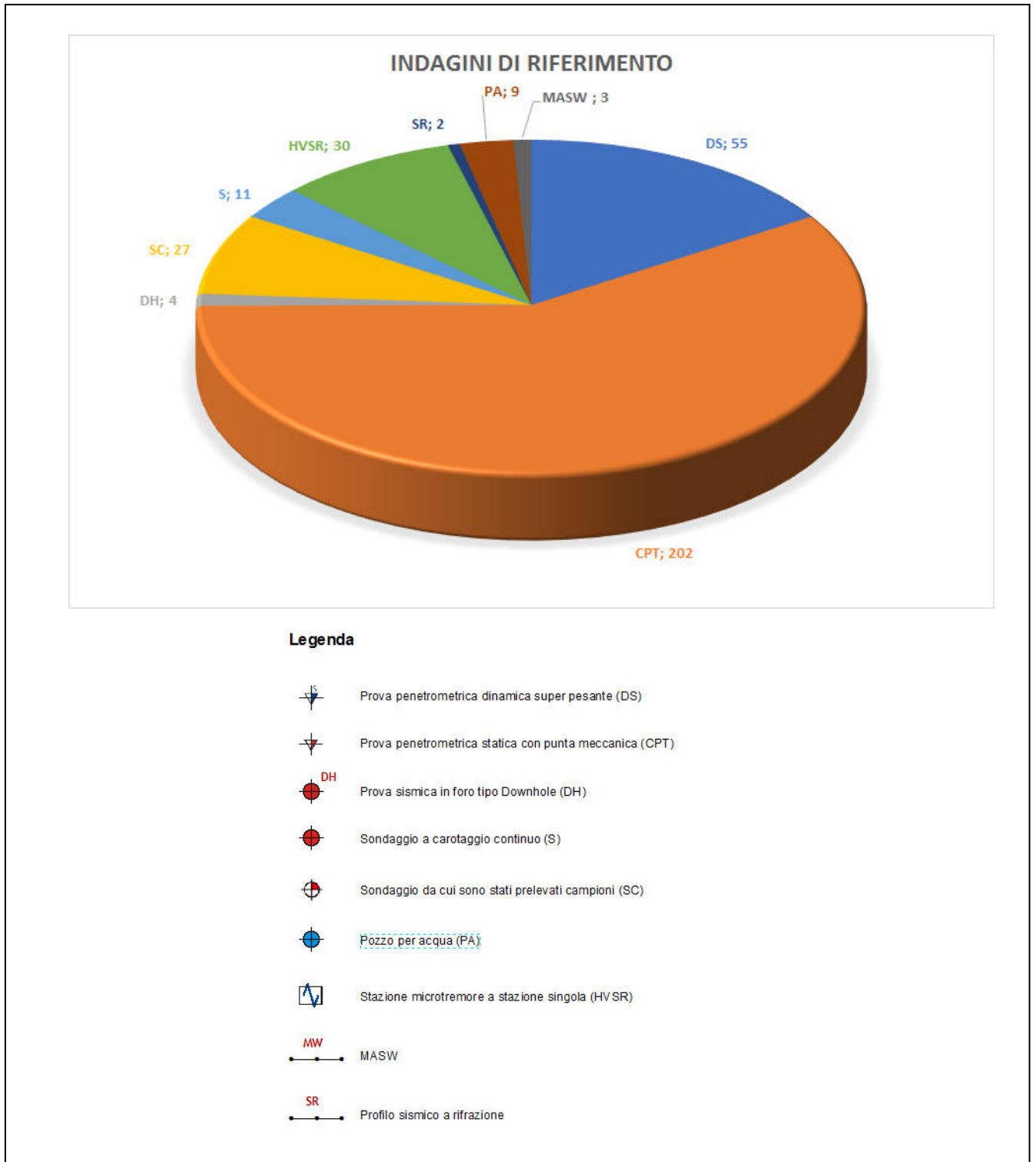


Fig. 2 – Indagini geognostiche raccolte/effettuate nel territorio comunale di Campi Bisenzio

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

6. CARTA DELLE INDAGINI

Le ubicazioni delle indagini raccolte, sia pregresse che di nuova realizzazione, sono state riportate nelle *Tavv. 4, (Carta delle indagini, dati di base e indagini geofisiche)*, realizzate sia in formato cartaceo che digitale (GIS) in scala 1:2.000. Le tavole non coprono l'intero territorio comunale ma solo le porzioni di interesse per il presente studio. I dati sono stati rappresentati in forma simbolica e per tipologia, utilizzando la legenda e le simbologie previste dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.0b – Ottobre 2015).

I dati sono identificati univocamente con un numero o una sigla progressivi cui corrisponde la scheda disponibile nei '*Dati di Base*' (CD allegato). La Carta delle Indagini rappresenta quella prevista nell'ambito del vigente 53/R e degli studi di Microzonazione Sismica.

7. CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI

Dalle indagini specifiche di natura geofisica per lo studio di Microzonazione Sismica è stata realizzata, in corrispondenza dei siti oggetto del presente studio, la Carta delle frequenze fondamentali dei depositi, in scala 1:10.000 (allegato 1 del presente documento). Tale elaborato riporta l'ubicazione di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR), con i relativi valori della frequenza fondamentale (f_0) e dell'ampiezza dei picchi fondamentali (A_0).

Per le metodologie di indagine, i risultati completi relativi alle indagini geofisiche eseguite e per la carta delle frequenze si rimanda agli allegati del presente documento.

La rappresentazione grafica scelta è stata quella semplificata con l'ubicazione dei punti di misura distinti con dei cerchi di colore variabile in funzione della frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza, secondo la legenda tipo riportata nell'Appendice 3 dell'Allegato A della Deliberazione 25 novembre 2013 n. 971 L.R. 58/2009 – *OPCM 4007/2012 ART.2 COMMA 1. LETT. A – Studi di microzonazione sismica. Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica*; ad uno stesso punto di misura sono stati talvolta associati più cerchi a seconda del numero di picchi fondamentali individuati.

Lo scopo di tale indagine è stato quello di individuare qualitativamente zone caratterizzate o meno da fenomeni di risonanza significativi e quelle caratterizzate da alti contrasti di impedenza.

Inoltre l'elaborazione dei risultati ottenuti ha fornito indicazioni e conferme ai fini della ricostruzione del Modello geologico di massima del sottosuolo per la stesura delle M.O.P.S., con

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

particolare riferimento al confronto tra lo spessore delle coperture stimate e le frequenze fondamentali (*Albarello et al.*, 2010).

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali di vibrazione di un deposito.

Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione denominata frequenza fondamentale di risonanza, che dipende dallo spessore H della copertura e dalla velocità media delle Vs della stessa secondo la relazione:

$$v = V_s/4H$$

L'interpretazione delle misure eseguite consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza fra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e le variazioni litologiche presenti nel sottosuolo (Fig. 3).

L'interpretazione delle misure H/V deve essere sempre tarata sulla base di indagini dirette, che consentano una correlazione con la stratigrafia di sottosuolo. Tuttavia nelle porzioni di territorio oggetto della presente Variante non vi sono indagini dirette che hanno raggiunto profondità il substrato roccioso o comunque significative per un confronto con i risultati delle indagini indirette di carattere sismico.

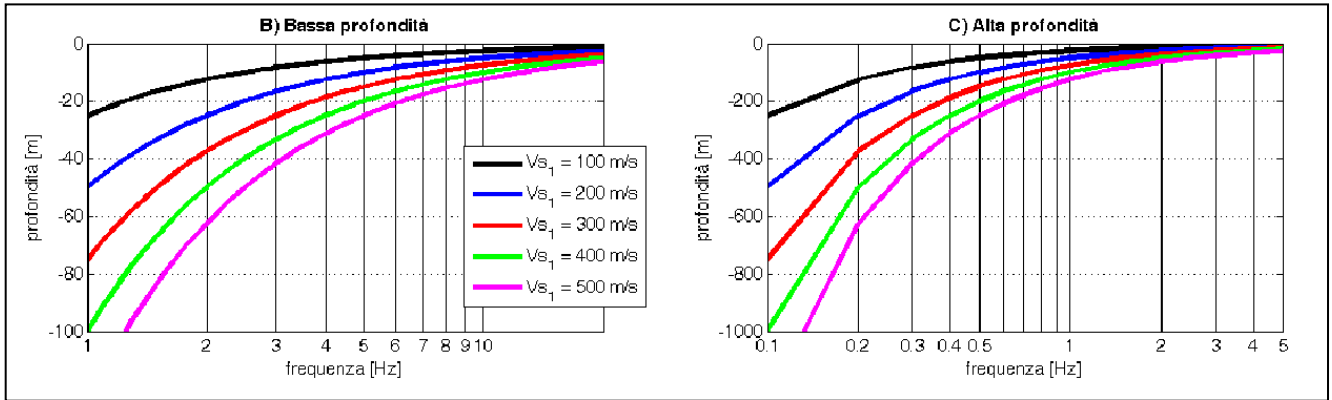


Fig. 3 – Grafici di correlazione fra picchi di frequenze caratteristiche e profondità del contrasto di impedenza associato in funzione di valori pre-fissati di velocità delle onde S (Albarello et al., 2011).

Come emerge dai risultati ottenuti le misure sismiche passive HVSR realizzate rispecchiano in generale l'assetto geologico di sottosuolo come definito da letteratura.

Infatti tra le misure effettuate si individuano due gruppi di frequenze ricorrenti: basse frequenze comprese in un range fra circa 0.25 hz a circa 0.4 hz, e frequenze leggermente più alte intorno a 0.8 hz / 1.84 hz.

Sia le frequenze più basse che le frequenze più elevate sono associabili presumibilmente ad un contrasto di impedenza legato al passaggio fra depositi fluvio-lacustri e substrato roccioso. La discrepanza di valori è dovuta, probabilmente alla minore o maggiore profondità del substrato in funzione a sua volta dell'ubicazione delle indagini all'interno del bacino fluvio-lacustre.

Le frequenze tendono a crescere di valori spostandosi dai margini del territorio comunale verso il centro (capoluogo comunale), con frequenze che passano da 0.8/1.84 hz nella zona di Sant'Angelo e Ponte all'Asse a valori compresi fra 0.31 e 0.44 hz per le aree SE e NO coincidenti con l'area urbana di San Donnino e l'area industriale a Nord del capoluogo comunale fino a valori da 0.25 a 0.31 hz in corrispondenza dell'abitato del capoluogo comunale.

In virtù di suddetta analisi, associando il contrasto di impedenza visionato nelle indagini di sismica passiva con il passaggio fra depositi fluvio-lacustri e substrato rigido, e considerando un

valore medio delle velocità delle onde S compreso fra 400 e 500 m/s si stima un valore di profondità del **suddetto substrato rigido variabile fra 400 e 500 m da p.c. passando dal margine comunale verso il centro del territorio comunale con un valore minimo di circa 100 m p.c. nell'area di Sant'Angelo (zona ubicata in prossimità del margine della Piana Firenze-Prato-Pistoia).**

Tale ricostruzione è ulteriormente confermata dai studi presenti in letteratura che riportano per l'area di Piana fluvio-lacustre in oggetto valori della profondità del substrato compresi fra 400 m da p.c. e 550 m da p.c. in corrispondenza del comparto territoriale comprendente Campi Bisenzio e Prato (Capecchi et al, 1975)

Lo studio delle frequenze fondamentali dei depositi può fornire anche indicazioni di supporto ingegneristico per la progettazione e la salvaguardia dell'edificato.

Infatti la frequenza caratteristica di risonanza del sito rappresenta un parametro fondamentale per un corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale; confrontando infatti la frequenza naturale del terreno con la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio è possibile capire se, in caso di sisma, la struttura possa essere a rischio o meno.

Qualora venga riscontrata la condizione per cui la frequenza di risonanza di un edificio sia pari o analoga alla frequenza naturale del terreno sottostante, può verificarsi una situazione potenzialmente pericolosa, conosciuta come fenomeno della 'doppia risonanza', per il quale si ha la massima amplificazione in caso di sisma, con aumento considerevole delle sollecitazioni sull'edificio.

Da un punto di vista empirico la frequenza di risonanza di un edificio dipende principalmente dalla sua altezza e può essere quindi approssimativamente calcolata con la formula (cfr. es. Pratt):

$$\text{frequenza di risonanza edificio} = 10\text{Hz} / \text{Numero di piani}$$

La misurazione diretta HVSR fornisce dati precisi ed attendibili sulle frequenze di vibrazione.

Ai sensi della normativa vigente (§7.3.3.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), si riportano valutazioni in merito, nel caso di un'analisi lineare statica, ovvero un'analisi lineare dinamica semplificata in cui non si effettua l'analisi dinamica della costruzione per determinare i modi di vibrare 'naturali' della stessa, e si ipotizza un modo di vibrare principale caratterizzato da

un periodo T_1 calcolato in maniera approssimata e da spostamenti linearmente crescenti con l'altezza dal piano di fondazione, ai quali corrisponde la distribuzione di forze statiche da applicare alla costruzione.

Per costruzioni civili e industriali che non superino 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza, T_1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, con la formula seguente:

$$T_1 = C_1 * H^{3/4}$$

dove H è l'altezza della costruzione in metri dal piano di fondazione e C_1 è un coefficiente funzione del tipo di struttura.

Valutazioni di questo tipo consentono una progettazione tenendo conto anche delle frequenze di vibrazione. In prima approssimazione, dai risultati della campagna geofisica, si evince che nel territorio comunale indagato le frequenze sono comprese nel range da 0.3 a 1.8 hz circa, che potrebbero dar luogo ad amplificazioni sugli edifici nel caso questi abbiano altezze significativamente elevate (maggiori di 25-30 metri).

8. CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Sulla base delle cartografie già redatte, in particolare di quelle geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, unitamente all'elaborazione dei dati litologici, stratigrafici, litotecnici e sismici acquisiti, è stata elaborata e redatta per le aree oggetto della presente Variante la Carta geologico-tecnica in scala 1:2.000, quale carta di sintesi ed elaborato propedeutico alla stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.).

La Carta geologico-tecnica è stata realizzata sia in formato cartaceo che digitale (GIS), utilizzando la simbologia prevista dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.0b, Ottobre 2015).

Nell'ambito di tale revisione è stata posta particolare attenzione alla mappatura dei depositi di copertura e alla ricostruzione dettagliata delle variazioni litologiche e di spessore all'interno di questi, alla presenza di aree instabili ed alla stima della profondità del substrato, tramite indagini indirette (indagini geofisiche).

Sono stati indicati gli elementi puntuali geologici ed idrogeologici, l'indicazione della profondità dei sondaggi o pozzi (nessuno, di quelli visionati ha raggiunto il substrato).

Per quanto riguarda gli elementi lineari sono riportati solamente gli assi degli alvei abbandonati del fiume Bisenzio. Altri elementi lineari, quali le scarpate, in prevalenza di origine

fluviale o antropica, riportate nelle *Tavv. 2 - Carta geomorfologica* non sono stati riportati in questa carta e, conseguentemente nelle successive di microzonazione in quanto non raggiungono altezze rilevanti ai fini di questo studio.

Le aree potenzialmente liquefacibili sono riportate nella Carta Litotecnica (*Tavv. 5*).

Il substrato profondo, che costituisce un 'bedrock' dal punto di vista sismico, non affiora nel territorio comunale, e non è stato rinvenuto in nessuno pozzo o sondaggio visionato per lo studio in oggetto. Tuttavia, attraverso le indagini sismiche ex-novo effettuate a supporto della presente variante è stata messa in evidenza in maniera netta e diffusa in tutte le porzioni di territorio comunale analizzate, un contrasto di impedenza presumibilmente riconducibile al passaggio fra i depositi lacustri villafranchiani-pliocenici e il substrato rigido. Dal confronto fra le curve HVSR (grafici che mettono in evidenza le frequenze di picco associate a fenomeni di contrasto di impedenza registrati) riportate come risultato delle indagini sismiche HVSR con l'andamento delle VS in profondità ricavate dalle indagini sismiche di tipo MASW, DownHole (DH) o di tipo a rifrazione effettuate nelle vicinanze delle HVSR si può stimare un valore della profondità del contrasto di impedenza suddetto (e quindi presumibilmente della profondità del substrato rigido). Per le aree oggetto della presente Variante si osserva un contrasto di impedenza rilevante ed omogenea per tutte le aree territoriali studiate ad una profondità stimata compresa fra 400 e 500 m da p.c. (valore di frequenze di picco compresi fra 0,25 e 0,4 Hz e valore di Vs medio per i volumi di terreno di interesse compresi fra 400 e 500 m/s).

Tali valori sono confermati anche da precedenti studi di area vasta (piana Firenze-Prato-Pistoia), presenti in letteratura, che riportano per l'area compresa fra Campi Bisenzio e Prato valori di profondità massima del substrato rigido compresi fra 400 e 550 m da p.c. (Capecchi et al.). Uniche eccezioni sono rappresentate dalle loc. di Sant'Angelo e di Ponte all'Asse in cui si assiste ad una risalita del contrasto di impedenza (e quindi anche del substrato presumibilmente associato) a profondità intorno ai 100 m da p.c. in virtù del fatto che le suddette località sono prossime al margine S-O della piana fluvio-lacustre Firenze-Prato-Pistoia.

Per quanto riguarda i terreni di copertura, questi sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente. Sono stati dunque distinti i seguenti gruppi, secondo la classificazione proposta dalle Specifiche Tecniche Regionali:

Sabbie e sabbie ghiaiose (SW)

Comprendono terreni con stato di addensamento medio costituiti da materiale prevalentemente granulare; sono principalmente costituiti da sabbie medio-fini, sabbie limose e limi sabbiosi con presenza, soprattutto nelle lenti, di frammenti ghiaiosi in quantità rilevanti. Tale unità è presente prevalentemente nella porzione a Sud dell'abitato di San Donnino.

Limi, limi argillosi con presenza di lenti e/o orizzonti di limi sabbiosi e/o sabbie limose (ML)

Comprendono terreni moderatamente consistenti costituiti da materiale prevalentemente limoso argilloso con presenza di lenti e/o orizzonti limoso sabbiosi e/o sabbioso limosi. L'unità caratterizza quasi tutte le porzioni di territorio comunale presi in esame per la Variante in oggetto ad eccezione di alcune porzioni territoriale maggiormente distanti dal fiume Bisenzio (ad eccezione della porzione SO del capoluogo comunale) e la suddetta zona a Sud dell'abitato di San Donnino caratterizzati da terreni prevalentemente granulari.

Argille e argille limose (CL)

Comprendono terreni da moderatamente consistenti costituiti da materiale prevalentemente limoso argilloso e argilloso. L'unità è presente nella porzione SO del capoluogo comunale e in tutte le porzioni del territorio comunale studiate e distanti dal fiume Bisenzio.

Nella cartografia geologico-tecnica sono state messe in evidenza alcune aree potenzialmente instabili a causa della presenza di terreni con scadenti caratteristiche geotecniche e aventi uno spessore rilevante. La prima ricade nella porzione nord del territorio comunale in corrispondenza della previsione urbanistica denominata P.M.U. 4.3. le altre ricadono in corrispondenza dei paleoalvei del fiume Bisenzio rilevati nelle porzioni di territorio comunale di interesse. L'identificazione delle aree di instabilità per cedimenti differenziali si è basata sui certificati delle prove penetrometriche e sui risultati dei sondaggi eseguiti nei due comparti come riportato nel database comunale. Le aree caratterizzate dalla presenza di paleoalvei ma prive delle indagini che caratterizzano, da un punto di vista geotecnico, i terreni, per il principio di cautela sono state inserite tutte nel contesto delle aree instabili per la presenza di potenziali terreni con scadenti caratteristiche geotecniche.

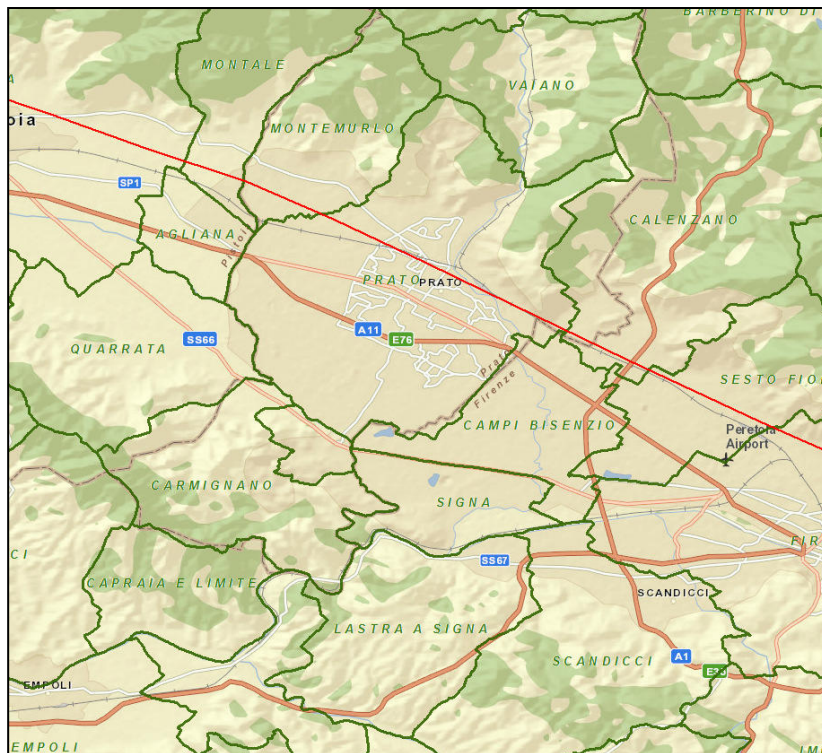
Come riportato nel § 9.2 (Carta Litotecnica) è stato scelto, in questa fase e in accordo con i

tecnici del Genio Civile di competenza, di mantenere i terreni associati ai palealvei all'interno della classe dei terreni con scadenti caratteristiche geotecniche ma allo stesso tempo di togliere il buffer di circa 50 m intorno ai limiti di palealveo ritenendo sufficiente, a livello cautelativo, il buffer associato a tali terreni nella perimetrazione della pericolosità sismica locale. Tale modifica rientra nelle richieste di integrazioni della Regione Toscana – Ufficio Genio Civile Valdano Centrale e Tutela dell'Acqua (sede di Prato) come da comunicazione ai sensi dell'art.9 del D.P.G.R. 53/R/2011 del 01/12/2017.

In merito agli elementi tettonici strutturali, nelle porzioni del territorio del comune di Campi Bisenzio oggetto del presente studio e più in generale nell'intero territorio comunale, non sono state cartografate faglie dirette, trascorrenti e sovrascorrimenti (fonte database geologico della Regione)

Preme sottolineare comunque che, visionando il database delle faglie capaci ITHACA dell'I.S.P.R.A., è possibile mettere in evidenza immediatamente a nord del territorio comunale di Campi Bisenzio e per tutta la lunghezza della Piana Firenze-Prato-Presenza la presenza di una faglia normale capace sepolta (

Fig. 4).



Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

Fig. 4 – Estratto carta delle faglie capaci (in rosso) del Progetto ITHACA (fonte ISPRA).

In conformità con l'Osservazione n.0063305 del 29/11/2017 pervenuta al Comune di Campi Bisenzio da parte di soggetti privati, è stato modificato, per rilevato errore cartografico il perimetro dell'area urbanizzata in corrispondenza via Vittorio Alfieri, angolo Via vicinale Colombina posta nella porzione settentrionale dell'abitato del capoluogo comunale. Questo ha portato ad un modifica consequenziale del perimetro dei terreni contenenti resti di attività antropica (vedi Tav.6b).

9. EFFETTI LOCALI E DI SITO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO - CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

Relativamente agli aspetti sismici le indagini geologico-tecniche hanno previsto la realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1, in ottemperanza a quanto previsto dal Regolamento 53/R, facendo riferimento all'Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5, finalizzato ad evidenziare gli elementi prioritari per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico e scaturito nella realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.). Il suddetto studio è stato realizzato solamente per le porzioni territoriali oggetto della presente Variante ed è stato basato su indagini che si sono focalizzate nelle suddette porzioni territoriali. Grazie alla scarsa variabilità geologica della piana di Campi Bisenzio e grazie alla buona distribuzione geografica delle aree di interesse per la presente Variante, rispetto al territorio comunale nel suo insieme, è stato possibile anche in questa fase, preliminarmente alla realizzazione dei nuovi strumenti urbanistici di area vasta (nuovo Piano Strutturale e nuovo Piano Operativo), realizzare uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1 sufficientemente attendibile per una valutazione di massima delle aree potenzialmente critiche per gli aspetti sismici nelle porzioni territoriali oggetto della Variante in oggetto. Si rimanda alle fasi successive di rinnovamento degli strumenti urbanistici comunali, per uno studio MS di livello 1 di area vasta che comprenda tutto il territorio comunale, naturalmente focalizzato sui principali centri abitati maggiormente significativi, come previsto dalla normativa vigente.

In relazione alla riduzione del rischio sismico gli elementi evidenziati per la valutazione degli effetti locali e di sito, sono stati quelli ritenuti utili alle successive fasi di caratterizzazione sismica dei terreni e di parametrizzazione dinamica riferite alla realizzazione o verifica dell'edificato. A tal fine, oltre all'acquisizione di ogni informazione esistente finalizzata alla conoscenza del territorio

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

sotto il profilo geologico e geomorfologico, sono stati acquisiti elementi per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo per le porzioni territoriali oggetto della presente Variante, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti (mediante la raccolta delle indagini che costituiscono la Carta delle Indagini), sia in termini di parametrizzazione dinamica principalmente in relazione a misure dirette delle Vsh e di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) individua, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e dell'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici, le microzone ove possono verificarsi diverse tipologie di effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica.

In particolare nella valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico è stata posta particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area;
- individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido, accompagnata da una stima approssimativa della profondità ed una stima del contrasto di impedenza sismica atteso;
- individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte;
- presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
- contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
- terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
- terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

L'elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.) è stata realizzata solo in alcune porzioni dei centri urbani maggiormente significativi, individuati dal Comune di Campi Bisenzio e rappresentati da porzioni delle aree urbanizzate del capoluogo comunale, dell'abitato di San Donnino, dell'abitato di San Piero a Ponti, dell'abitato di Sant'Angelo, dell'abitato di Ponte all'Asse e dell'area industriale a nord del capoluogo comunale.

La carta è stata redatta sia in formato cartaceo che vettoriale (GIS), tenendo conto delle indicazioni fornite negli indirizzi e criteri di microzonazione sismica, nelle specifiche tecniche regionali e nel rispetto degli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.0b, Ottobre 2015).

Nello specifico la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.) individua e caratterizza:

1. zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio.
2. zone di attenzione per le instabilità: zone associate a fenomeni di cedimenti differenziali associati a scarse caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali, zone associate a potenziali fenomeni di liquefazioni, zone associate a fenomeni di subsidenza associati a sua volta ad un intenso emungimento antropico della falda.

Come già detto in precedenza il substrato profondo, che costituisce un 'bedrock' dal punto di vista sismico, non affiora nel territorio comunale, e non è stato rinvenuto in nessuno pozzo o sondaggio visionato per lo studio in oggetto, Tuttavia, attraverso le indagini sismiche ex-novo effettuate a supporto della presente variante è stata messa in evidenza in maniera netta e diffusa in tutte le porzioni di territorio comunale analizzate, un contrasto di impedenza presumibilmente riconducibile al passaggio fra i depositi lacustri villafranchiani-pliocenici e il substrato rigido. Dal confronto dei grafici delle frequenze HVSR, riportate come risultato delle indagini sismiche HVSR con l'andamento delle VS in profondità ricavate dalle indagini sismiche di tipo MASW, DownHole o di sismica a rifrazione, effettuate nelle vicinanze delle HVSR si può stimare un valore della profondità del contrasto di impedenza suddetto (e quindi presumibilmente della profondità del substrato rigido) pari a compreso fra 400 e 500 m da p.c. con valori minimi di circa 100 m da p.c. in corrispondenza del margine SO del territorio comunale (area ubicata in prossimità del margine sud-occidentale della Piana Firenze-Prato-Pistoia).

Tale ricostruzione è ulteriormente confermata dai studi presenti in letteratura che riportano per l'area di Piana fluvio-lacustre in oggetto valori della profondità del substrato compresi fra 400 m da p.c. e 550 m da p.c. in corrispondenza del comparto territoriale comprendente Campi Bisenzio e Prato (Capecchi et al, 1975).

Per la definizione delle zone, la loro perimetrazione e gli approfondimenti sugli aspetti di carattere sismico si rimanda alla specifica "*Relazione tecnica illustrativa di supporto allo studio di microzonazione sismica (MS) di Livello 1*".

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

All'interno di questa classe sono state raggruppate tutte le zone caratterizzate dalla presenza di depositi fluvio-lacustri, suddivisi in base alle differenze litologico-tecniche ed agli spessori, ai fini di un possibile effetto di amplificazione sismica locale.

Per ogni zona è stata redatta una colonna stratigrafica e sono descritte in legenda le litologie prevalenti. In presenza di lenti ed intercalazioni litologiche si è riportato nella relativa legenda lo spessore indicativo desunto dalle indagini.

Le colonne stratigrafiche tipo mostrano una successione di terreni semplificata, rappresentativa di una vasta area e quindi, per sua natura, non rappresentativa di un sito specifico.

Per la realizzazione delle colonne, importante risorsa hanno rappresentato le stratigrafie delle perforazioni soprattutto sondaggi e pozzi, i quali raggiungono profondità significative dal punto di vista sismico e forniscono, quindi di per sé una informazione semplificata sulla stratigrafia del sito. Tali dati hanno rappresentato il punto di partenza sia per l'elaborazione e la realizzazione delle sezioni geolitologiche, che per la stesura delle colonne stratigrafiche rappresentative.

Come si evince dalle colonne stratigrafiche riportate in legenda (

Fig. 5), le aree territoriali studiate (area oggetto della presente Variante anticipatoria) presentano un quadro geologico caratterizzato prevalentemente da terreni principalmente coesivi (limosi e argillosi) con presenza all'interno di orizzonti e/o lenti sabbiosi e/o ghiaiosi (Zona 1, Zona 2, Zona 3 e Zona 5). La differenziazione fra le suddette zona è legata principalmente alla prevalenza, di volta in volta, della componente limosa o della componente argillosa. In tutti i casi, le coperture presentano un pattern stratigrafico caratterizzato da un orizzonte superficiale di spessore variabile da un minimo di circa 15 m ad un massimo di circa 35 m costituito da terreni con componente granulometrica prevalente variabile da limo all'argilla e presenza all'interno, in quantità da medio a scarsa, di orizzonti e/o lenti sabbiosi o ghiaiosi di spessore massimo di circa 5 m. Al di sotto e fino alle massime profondità indagate sono presente terreni prevalente argillosi con presenza di lenti e/o orizzonti sabbiosi e/o ghiaiosi di spessore massimo rilevato di circa 10 m. Unica eccezione è rappresentato dalla Zona 4 in cui a livello superficiale si registra un orizzonte, sempre di spessore massimo registrato di circa 35 m, costituito da terreni prevalentemente limoso sabbioso e/o sabbiosi limosi con presenza di lenti e/o orizzonti ghiaiosi di spessore rilevante. Tale zona è caratteristica della porzione territoriale a Sud dell'abitato di San Donnino.

Per quanto riguarda la profondità del substrato, le indagini dirette recuperate dal database comunale o dal database dell'ISPRA non raggiungono mai il substrato. Per il suddetto motivo nel presente studio è stato possibile fare solamente una stima della profondità del substrato basata

sulle indagini dirette presente in letteratura o eseguite ex novo a supporto della presente Variante.

Come emerge dai risultati ottenuti le misure sismiche realizzate per questo studio, nelle porzioni territoriali in oggetto, si individuano due gruppi di frequenze ricorrenti: basse frequenze comprese in un range fra circa 0.25 hz a circa 0.4 hz, e frequenze leggermente più alte intorno a 0.8 hz / 1.84 hz.

Sia le frequenze più basse che le frequenze più elevate sono associabili presumibilmente ad un contrasto di impedenza legato al passaggio fra depositi fluvio-lacustri e substrato roccioso. La discrepanza di valori è dovuta, alla minore o maggiore profondità del substrato in funzione a sua volta dell'ubicazione delle indagini all'interno del bacino fluvio-lacustre.

Le frequenze tendono a crescere di valori spostandosi dai margini del territorio comunale verso il centro (capoluogo comunale), con frequenze che passano da 0.8/1.84 hz nella zona di Sant'Angelo e Ponte all'Asse a valori compresi fra 0.31 e 0.44 hz per le aree SE e NO coincidenti con l'area urbana di San Donnino e l'area industriale a Nord del capoluogo comunale fino a valori da 0.25 a 0.31 hz in corrispondenza dell'abitato del capoluogo comunale.

In virtù di suddetta analisi, associando il contrasto di impedenza visionato nelle indagini di sismica passiva con il passaggio fra depositi fluvio-lacustri e substrato rigido, e considerando un valore medio delle velocità delle onde S compreso fra 400 e 500 m/s si stima un valore di profondità del **suddetto substrato rigido variabile fra 400 e 500 m da p.c. passando dal margine comunale verso il centro del territorio comunale con un valore minimo di circa 100 m p.c. nell'area di Sant'Angelo (zona ubicata in prossimità del margine della Piana Firenze-Prato-Pistoia - Fig. 3)..**

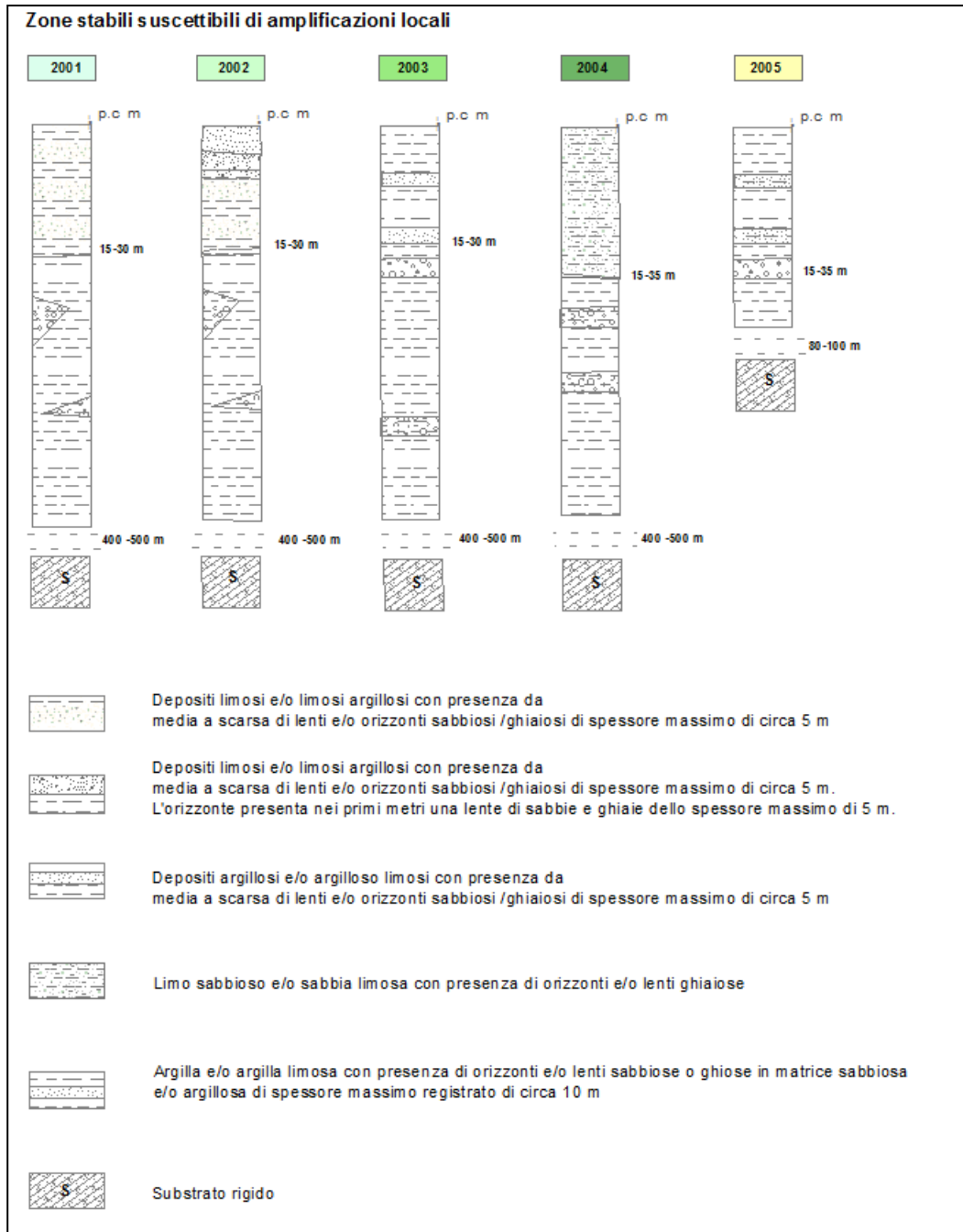


Fig. 5 – Legenda della carta delle M.O.P.S. per le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

Zone di Attenzione per le Instabilità

Sono state individuate le zone corrispondenti a quelle 'instabili', che sono rappresentate dalle seguenti zone:

- zone caratterizzate dalla presenza di terreni con scadenti caratteristiche geotecniche, scarsamente consolidati, o terreni in cui sono in atto fenomeni di subsidenza rilevante associati presumibilmente ad un pompaggio antropico della falda acquifera superiore alla sua capacità di ricarica. Tali zone si rinvencono principalmente nelle aree industriali presenti all'interno dei comparti territoriali studiati. I suddetti terreni sono classificati instabili in quanto possono presentare potenziali cedimenti diffusi in presenza o meno di eventi sismici.
- zone potenzialmente suscettibili di liquefazione, perimetrata nella Carta Litotecnica (Tavv. 5), caratterizzate dalla presenza di litologie prevalentemente granulari (sabbie e ghiaie), superficiali e sotto falda.

Per la presente Variante e in accordo con i tecnici del Genio Civile di competenza (sede di Prato) è stato scelto di mantenere all'interno delle zone instabili, ed in particolare nelle zone caratterizzate dalla presenza di terreni con scadenti caratteristiche geotecniche, anche i terreni alluvionali associati ai paleoalvei. Tale scelta è prettamente cautelativa in quanto non esistono al momento indagini che caratterizzino da un punto di vista geotecnico tali terreni. Nei successivi studi di Microzonazione Sismica di I Livello, che verranno realizzati a supporto del nuovo Piano Strutturale e del nuovo Piano Operativo, saranno approfonditi gli aspetti geotecnici dei terreni costituenti il territorio comunale di Campi Bisenzio, attraverso l'utilizzo di un maggior volume di dati di base, sia da letteratura che ex novo.

Come specificato nei capitoli precedenti e in coerenza con la richiesta di integrazioni della Regione Toscana – Ufficio Genio Civile Valdano Centrale e Tutela dell'Acqua (sede di Prato) come da comunicazione ai sensi dell'art.9 del D.P.G.R. 53/R/2011 del 01/12/2017, è stato scelto per la presente fase della Variante in oggetto (fase di approvazione) di mantenere i terreni associati ai paleoalvei all'interno della classe dei terreni instabili con scadenti caratteristiche geotecniche ma allo stesso tempo di togliere il buffer di circa 50 m intorno ai limiti di paleoalveo ritenendo sufficiente, a livello cautelativo il buffer associato a tali terreni nella perimetrazione delle aree a pericolosità geologica e nella perimetrazione della pericolosità sismica locale.

Alcuni elementi, quali le scarpate, in prevalenza di origine fluviale o antropica, non sono stati riportati fra le zone di attenzione per le instabilità in quanto non raggiungono altezze rilevanti ai fini di questo studio.

Particolare attenzione va posta alle zone potenzialmente suscettibili di liquefazione, inserite nelle zone instabili ed alle quali è stata attribuita una pericolosità sismica locale elevata (**S.3**) nella Carta della pericolosità sismica (Tavv. 12), data la zona sismica di appartenenza del territorio comunale.

Ai sensi della normativa vigente (§7.11.3.4 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), si intende con tale termine "...*quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.*" ed una opportuna verifica prevede il controllo dell'esistenza delle condizioni predisponenti il fenomeno, quali la magnitudo attesa, l'accelerazione massima in superficie e la presenza di 'sabbie monogranulari sature scarsamente addensate'.

Nella Carta Litotecnica (Tavv. 5) sono riportate delle aree in corrispondenza delle quali si ritiene potenzialmente possibile il fenomeno della liquefazione, per fattori legati alla litologia, essendo in presenza di terreni a granulometria prevalentemente granulare, aventi spessori di una certa entità ed una certa continuità laterale, ed in presenza di falda idrica superficiale.

Tali aree si riscontrano principalmente a Sud dell'abitato di San Donnino in corrispondenza dell'affioramento di terreni prevalentemente sabbioso-limosi e/o limoso-sabbiosi con presenza di lenti di spessore rilevante caratterizzate da ghiaie in matrice sabbiosa.

Per consentire una valutazione sulle problematiche di liquefazione sono state prese in esame, oltre alla granulometria dei terreni presenti e alle condizioni idrogeologiche dei siti in esame (andamento delle linee isopiezometriche), anche le Mappe di Pericolosità Sismica elaborate dall'INGV, disponibili ed interattive sul sito, ed effettuando l'analisi mediante il grafico di disaggregazione del valore di ag (g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, si ottengono valori di magnitudo M medi sempre inferiori a 5 (circa 4.930) ed il contributo percentuale alla pericolosità per magnitudo attese superiori a 5 è intorno al 10%.

Da tali elaborazioni si evince anche il valore stimato dell'accelerazione massima attesa al sito, compresa nel territorio fra 0.125 e 0.150 g (Fig. 6 e

Fig. 7).

I risultati indicano fattori sismogenetici scatenanti il fenomeno della liquefazione al limite della soglia indicata dalla normativa vigente.

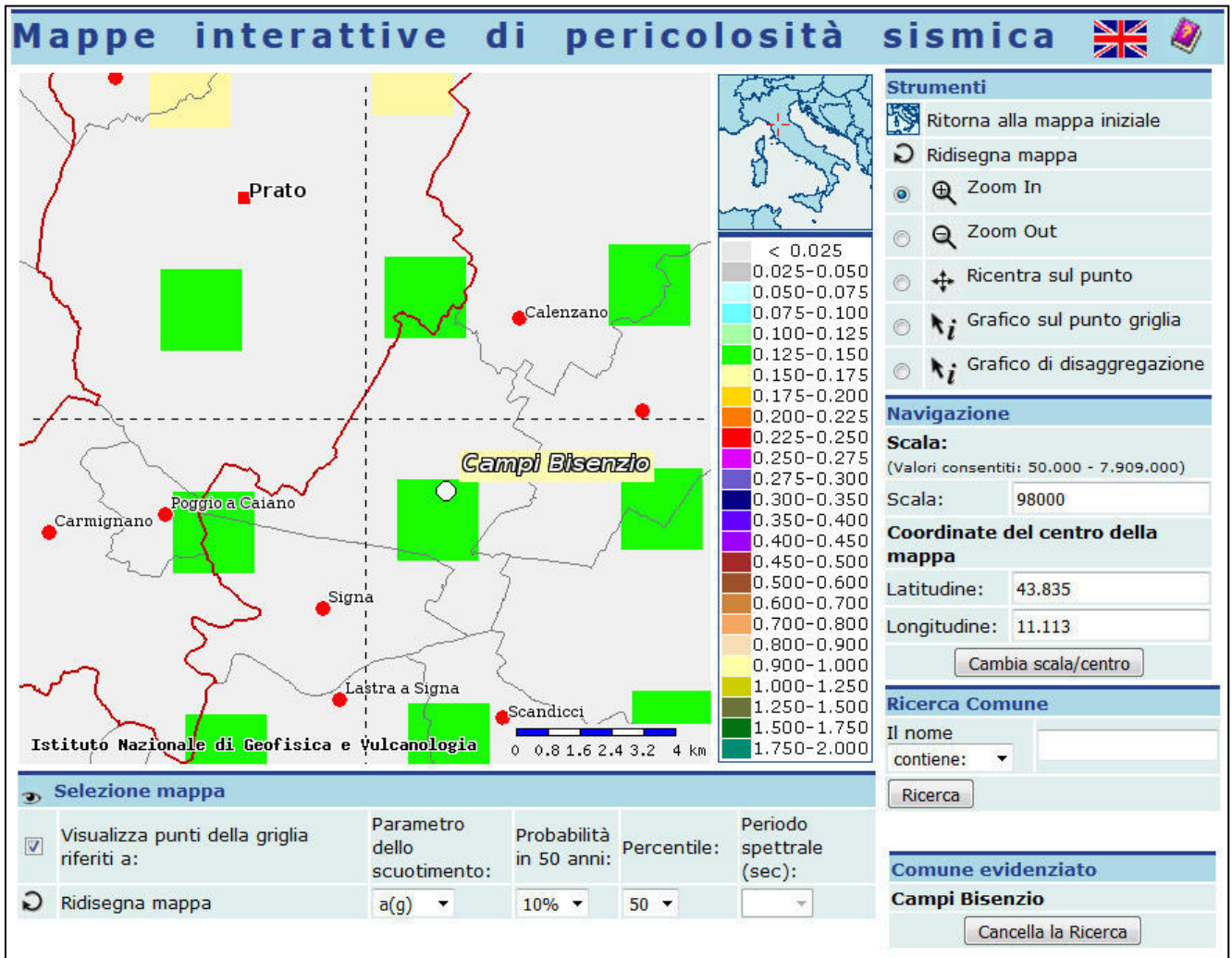


Fig. 6 – INGV: Mappa interattiva dell'accelerazione massima attesa per il Comune di Campi Bisenzio

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

Deve essere inoltre specificato che le ricostruzioni del modello litostratigrafico di sottosuolo effettuate per questo studio si sono basate principalmente su dati litostratigrafici desunti da sondaggi e pozzi, o da correlazioni derivanti da prove penetrometriche, privi nella maggior parte dei casi di analisi e prove di laboratorio, tali da non poter attribuire con certezza la descrizione litologica all'interno del fuso granulometrico delle sabbie monogranulari. Dall'analisi di tali stratigrafie si evince inoltre la presenza diffusa di una frazione fine, anche all'interno delle zone caratterizzate dalla prevalenza di sabbie, o di livelli e alternanze sabbiose intercalate ad argille o limi, per le quali dovrà comunque essere posta particolare attenzione all'eventualità che si verifichi il fenomeno.

Pertanto anche l'aspetto litologico necessita di approfondimenti locali, con opportune indagini geognostiche che accertino puntualmente le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni presenti, non disponibili in questa fase di pianificazione.

Considerato quanto sopra esposto, sia per quanto riguarda gli aspetti litologici che quelli sismogenetici, si è proceduto inoltre, per il principio della cautela, a prescrivere specifici approfondimenti geotecnici nelle aree di nuova previsione e adeguate indagini geognostiche a livello di intervento diretto come previsto dalla normativa vigente, che accertino la presenza localizzata delle suddette problematiche. (vedi specifiche schede di fattibilità):

In relazione alle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica elevata (S.3) per possibili fenomeni di liquefazione, in fase di studi geologici e geotecnici si dovranno eseguire le verifiche per la liquefazione ai sensi dell'art. 7.11.3.4 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14 Gennaio 2008). Tali verifiche dovranno essere condotte sulla base di adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate sia ad una puntuale ricostruzione litostratigrafica ed idrogeologica, nonché delle caratteristiche geotecniche e del grado di addensamento dei terreni, sia al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Tra i metodi utilizzabili per la verifica del potenziale di liquefazione deve essere adottato quello più cautelativo, dopo aver applicato più procedure per ottenere una valutazione attendibile, descrivendone e motivandone la scelta di tutti i parametri di input (magnitudo, accelerazione, profondità della falda, litologia ...).

Infine, come previsto dalla normativa vigente:

“Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità dei manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR

65/2014.

interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali."

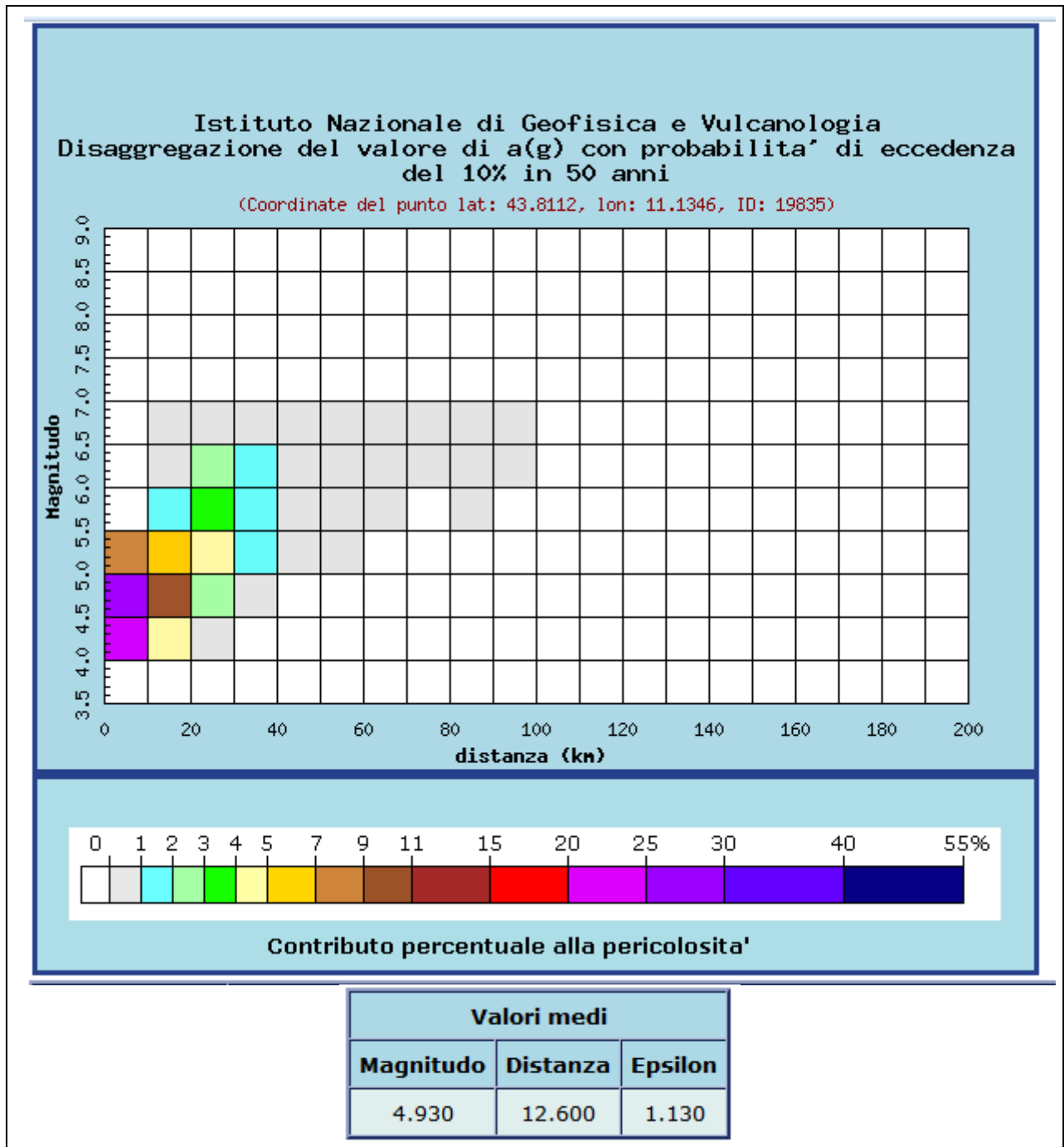


Fig. 7 – INGV: Grafico di disaggregazione di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per il Comune di

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

10. PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO1

In questa fase non è stata svolta la procedura semiquantitativa di valutazione della qualità della carta delle M.O.P.S. di livello 1 in quanto lo studio, in questa fase, e di comune accordo con il Genio Civile di Prato, non ha interessato l'intero territorio comunale ed in particolare i suoi centri abitati maggiormente significativi, come da normativa vigente, ma solo piccole porzioni territoriali in cui ricadono le previsioni urbanistiche oggetto della presente Variante anticipatoria.

Il presente studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 1 a supporto della Variante anticipatoria in oggetto è uno studio definibile anch'esso come anticipatorio, in quanto, come suddetto non coinvolge interamente tutti i centri urbani maggiormente significativi e quelli che vengono coinvolti (in quanto presentano al proprio interno previsioni di interesse per la Variante) non vengono studiati e cartografati per intero ma solo per le porzioni territoriali di interesse per le previsioni oggetto di Variante. Nelle fasi successive di aggiornamento degli strumenti urbanistici comunali (nuovo Piano Strutturale e nuovo Piano Operativo) verrà svolto uno studio di area vasta, partendo dal presente studio di MS di livello 1, che andrà ad interessare tutto il territorio comunale con particolare attenzione, per quanto riguarda gli aspetti sismici ai centri urbani maggiormente significativi, rimanendo comunque, come livello di dettaglio al livello 1.

Si rimanda agli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 a supporto dei nuovi strumenti urbanistici comunali (nuovo Piano Strutturale e nuovo Piano Operativo) per la valutazione semi-quantitativa della carta delle M.O.P.S. di livello 1.

Certaldo, Agosto 2017

IdroGeo Service S.r.l.
Engineering and Consulting



Il Direttore Tecnico

Dott. Geol.

Simone FIASCHI

Il Direttore Tecnico

Dott. Geol.

Alessandro MURRATZU



Collaboratore Tecnico

Dott. Geol. Alessio CALVETTI

Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR 65/2014.

ALLEGATO 1:

*CERTIFICATI DELLE INDAGINI DI SISMICA PASSIVA HVSR E RELATIVA DOCUMENTAZIONE
CARTOGRAFICA*

*Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali
e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR
65/2014.*

Relazione illustrativa delle M.O.P.S.

**COMUNE DI
CAMPI BISENZIO (FI)**

**STUDIO DI
MICROZONAZIONE SISMICA
LIVELLO 1**

REPORTS DELLE MISURE HVSR

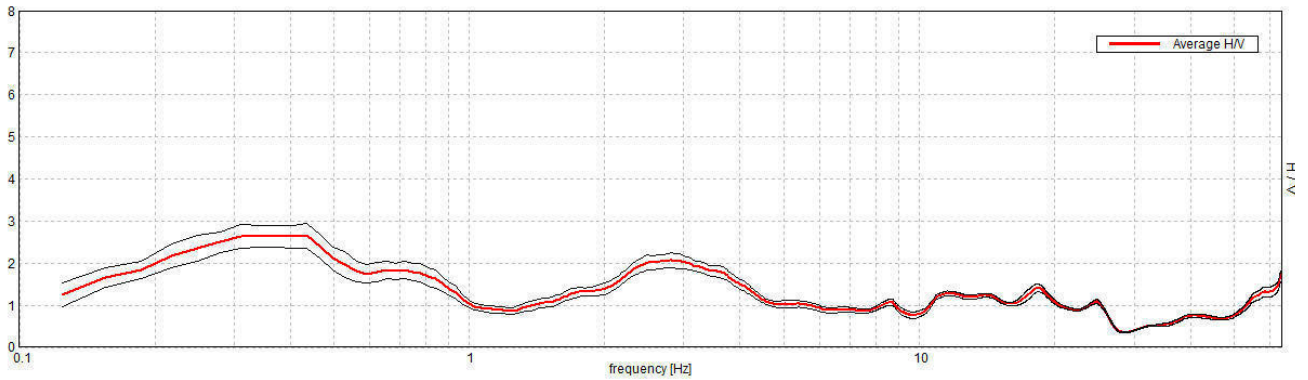
CAMPI BIENZIO, T 01

Instrument: TZ3-0001/01-13
 Data format: 32 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 07/06/17 11:54:30 End recording: 07/06/17 12:16:30
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h22'00". Analyzed 79% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

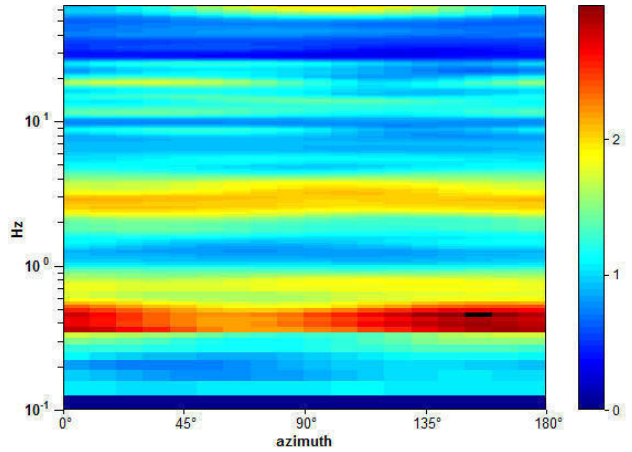
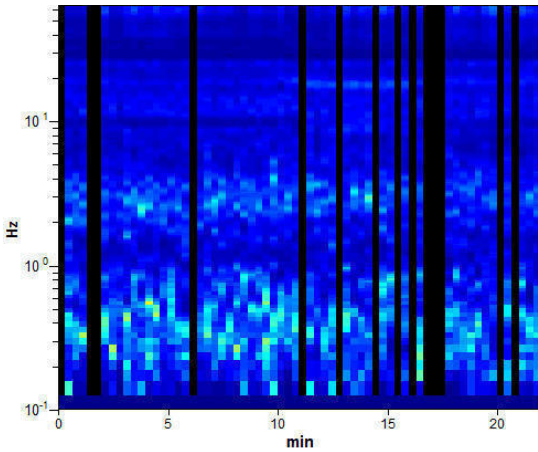
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 0.44 ± 0.11 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).

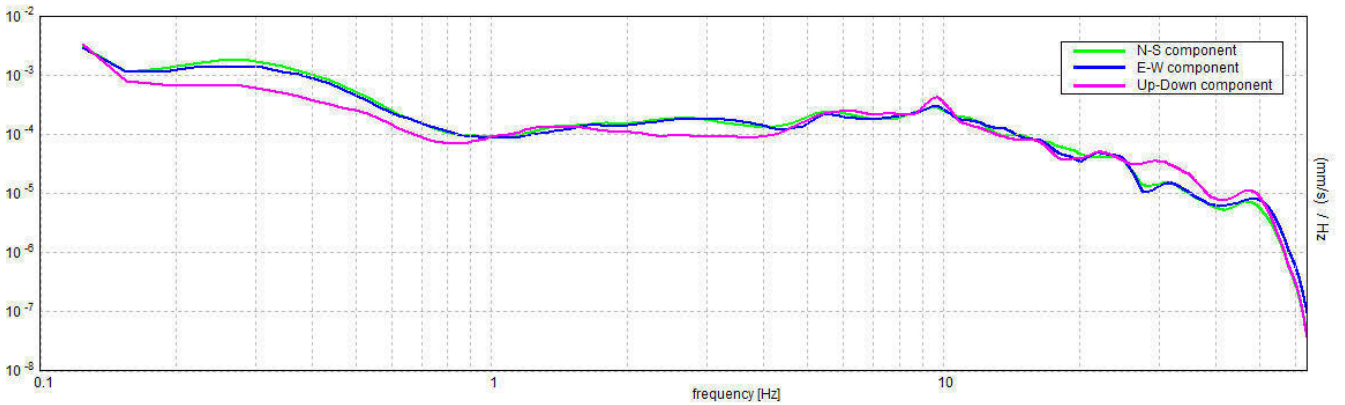


H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.44 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.44 > 0.50$ | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | $455.0 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 22 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.125 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.938 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.65 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.25582 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.11192 < 0.0875$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.2966 < 2.5$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

CAMPI BIENZIO, T 02

Instrument: TZ3-0001/01-13

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 07/06/17 12:37:55 End recording: 07/06/17 12:59:55

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h22'00". Analyzed 71% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

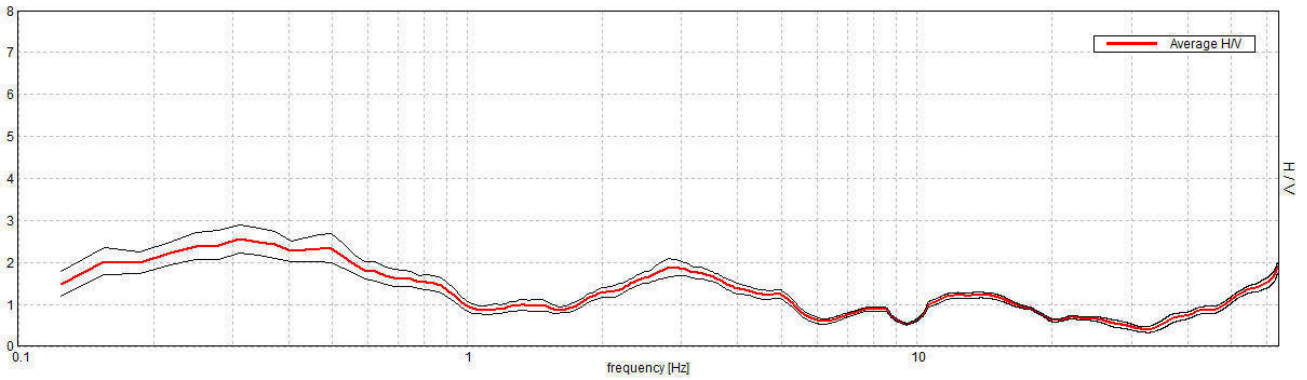
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

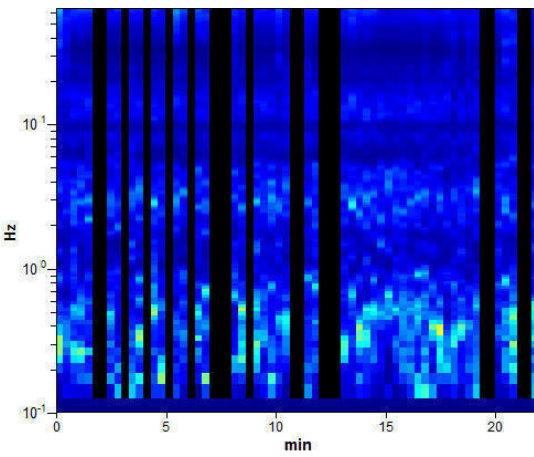
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

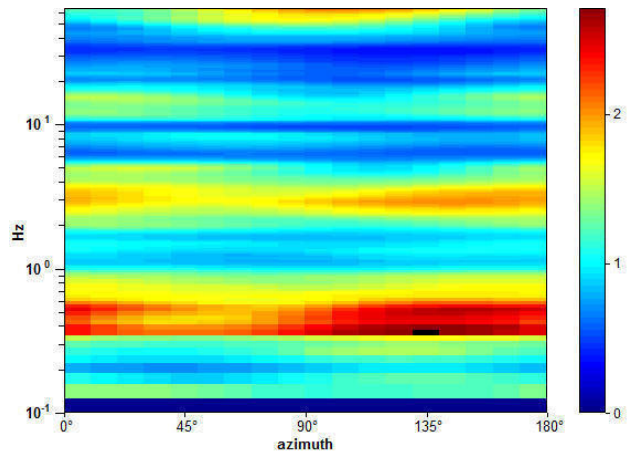
Max. H/V at 0.31 ± 0.05 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).



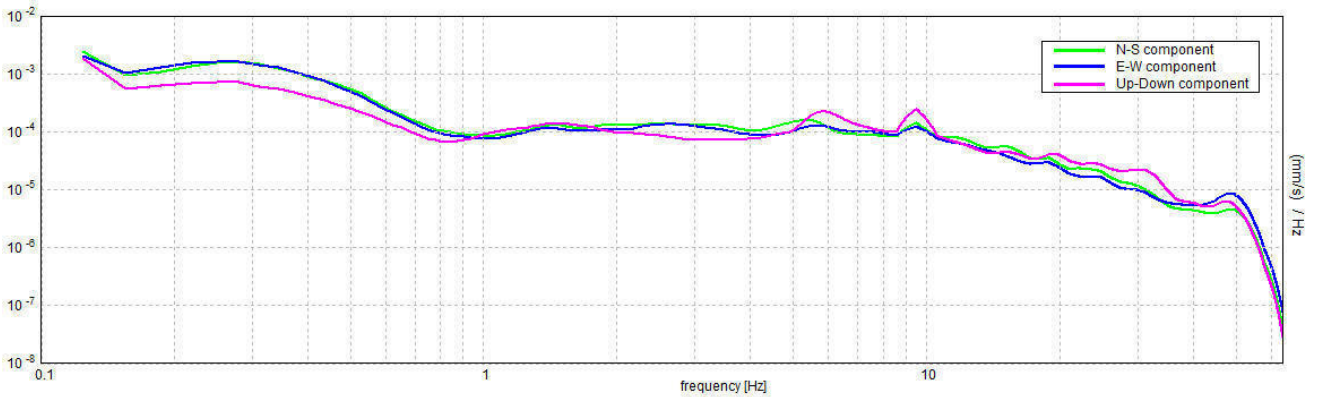
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.31 ± 0.05 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 0.31 > 0.50 | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | 293.8 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 16 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.094 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.938 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 2.57 > 2 | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.15229 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.04759 < 0.0625 | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.3349 < 2.5 | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

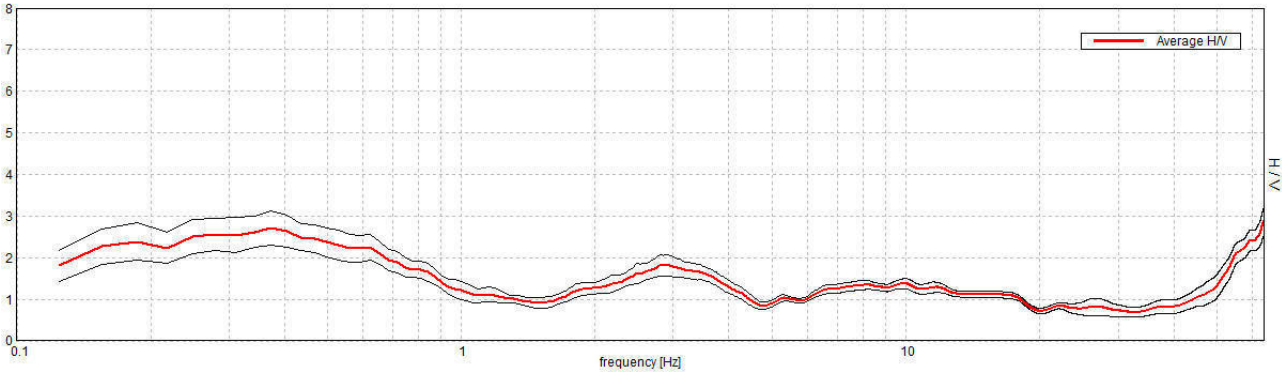
CAMPI BIENZIO, T 03

Instrument: TZ3-0001/01-13
Data format: 32 byte
Full scale [mV]: 51
Start recording: 07/06/17 13:18:23 End recording: 07/06/17 13:40:23
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

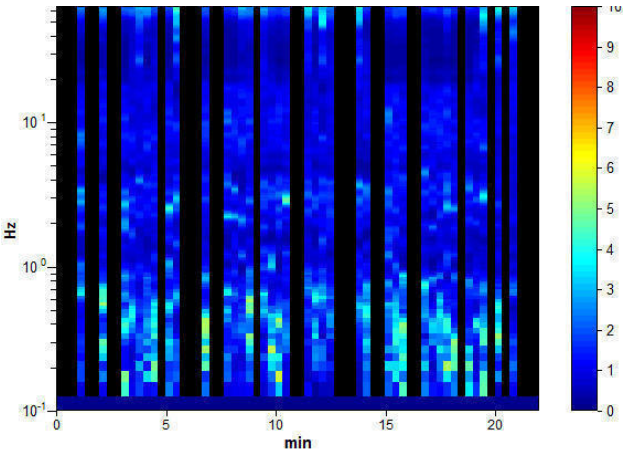
Trace length: 0h22'00". Analyzed 56% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

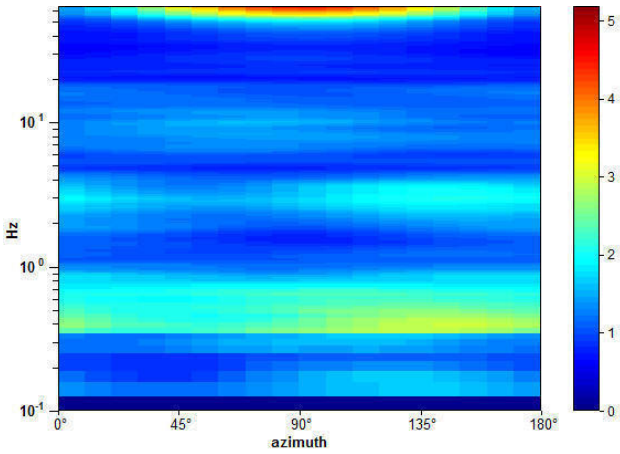
Max. H/V at 0.38 ± 0.13 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).



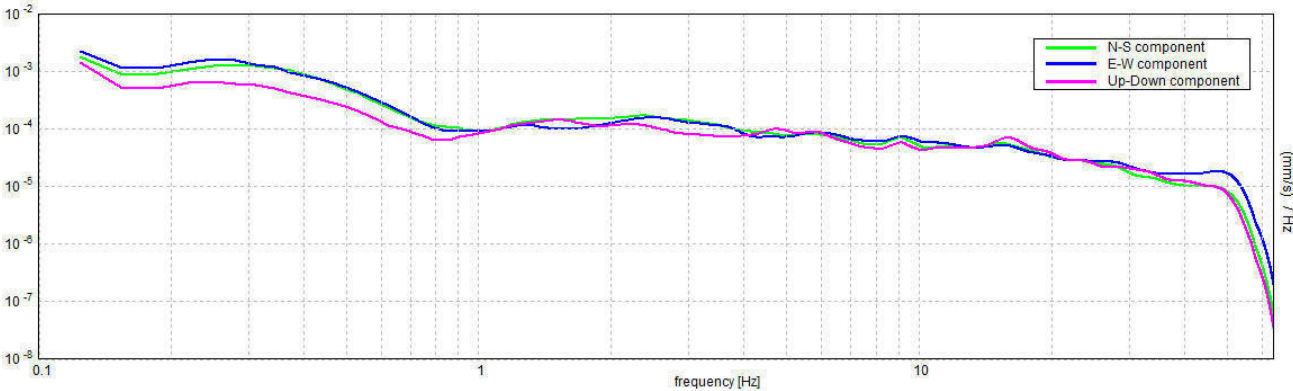
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.38 ± 0.13 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.38 > 0.50$ | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | $277.5 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 19 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.094 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.938 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.72 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.33809 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.12678 < 0.075$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.4063 < 2.5$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

CAMPI BIENZIO, T 04

Instrument: TZ3-0001/01-13

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 07/06/17 13:50:40 End recording: 07/06/17 14:12:40

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h22'00". Analyzed 48% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

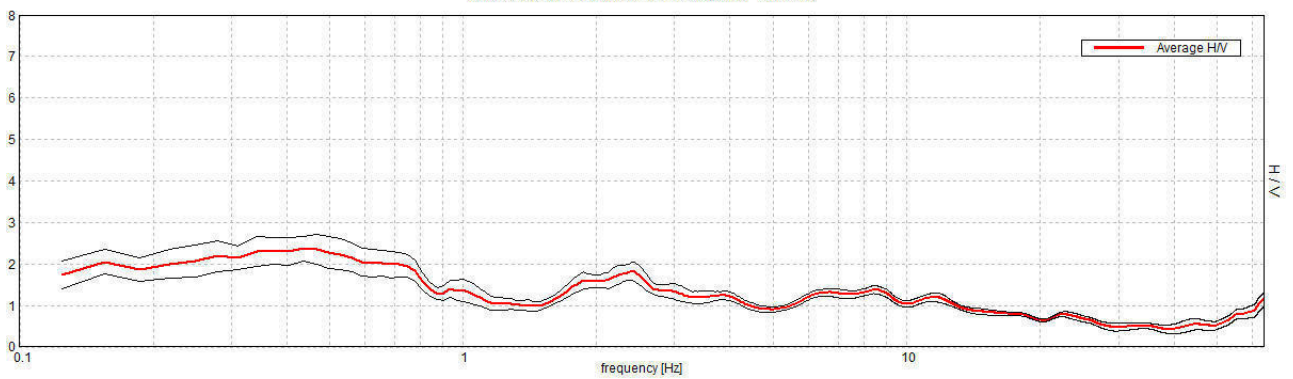
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

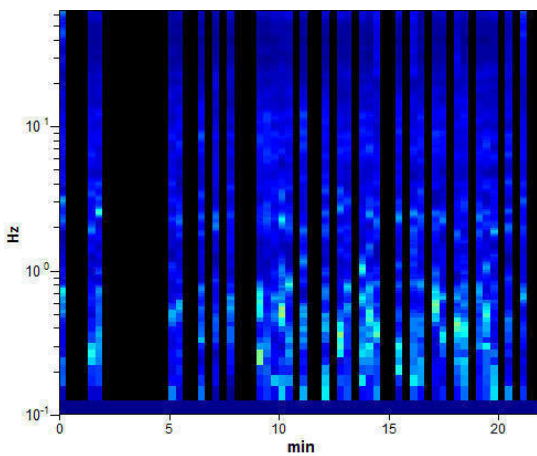
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

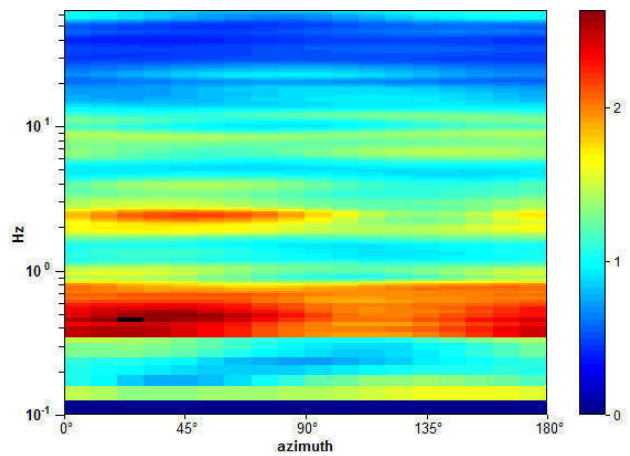
Max. H/V at 0.44 ± 0.09 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).



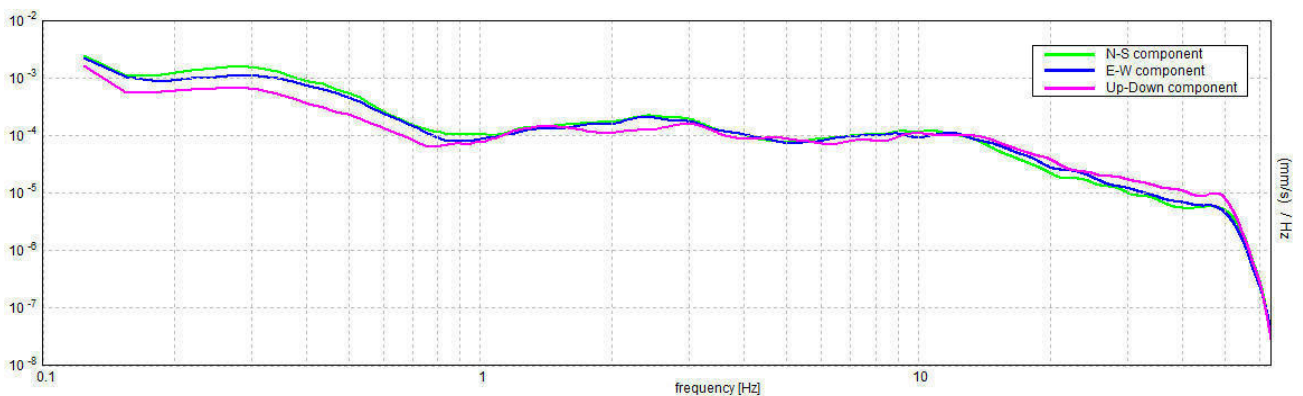
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.44 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.44 > 0.50$ | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | $280.0 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 22 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | | | NO |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 1.125 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.37 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.20939 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.09161 < 0.0875$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.292 < 2.5$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

CAMPI BIENZIO, T 05

Instrument: TZ3-0001/01-13

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 07/06/17 14:26:34 End recording: 07/06/17 14:46:34

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 60% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

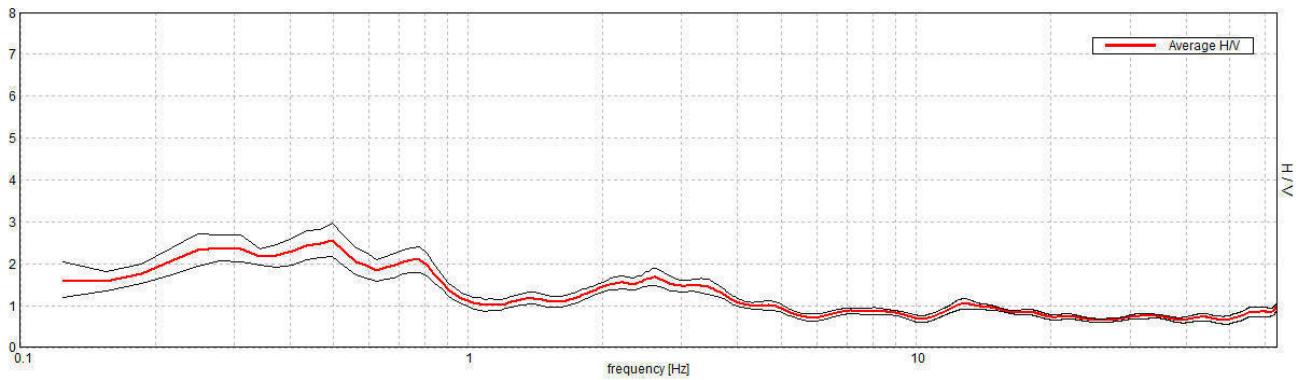
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

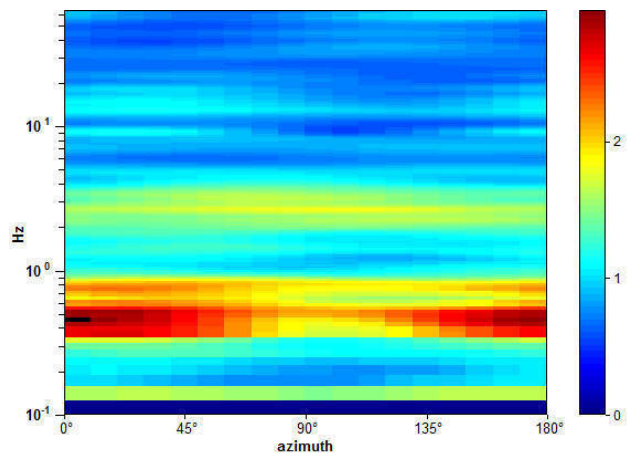
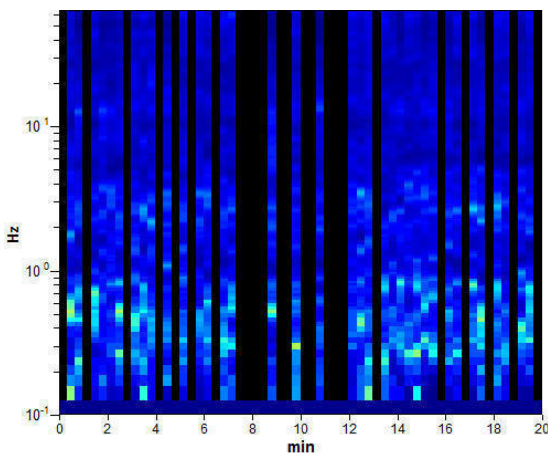
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 0.5 ± 0.02 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).

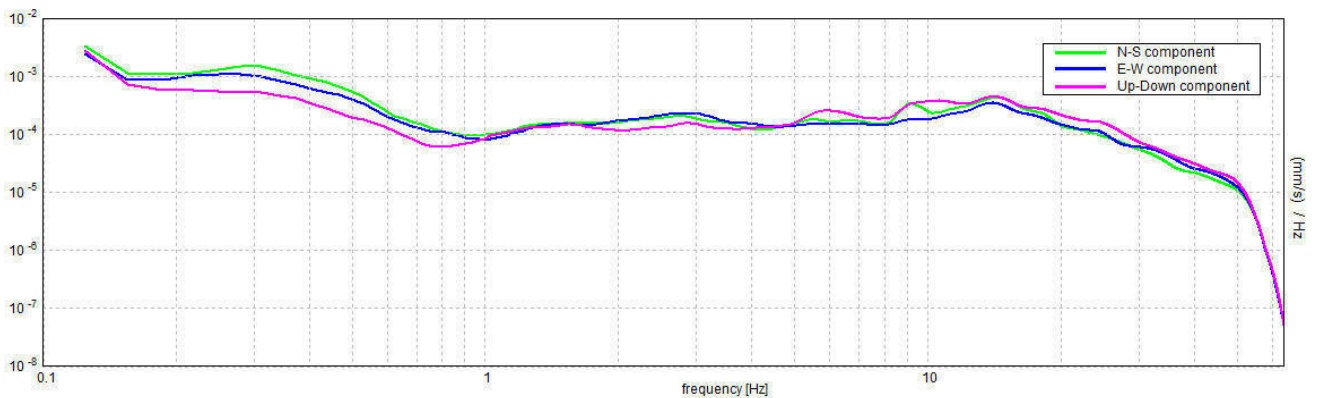


H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.5 ± 0.02 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.50 > 0.50$ | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | $360.0 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 25 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | | | NO |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.938 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.56 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.03898 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.01949 < 0.075$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.4011 < 2.0$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

CAMPI BIENZIO, T 06

Instrument: TZ3-0001/01-13

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 07/06/17 14:55:51 End recording: 07/06/17 15:15:51

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 65% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

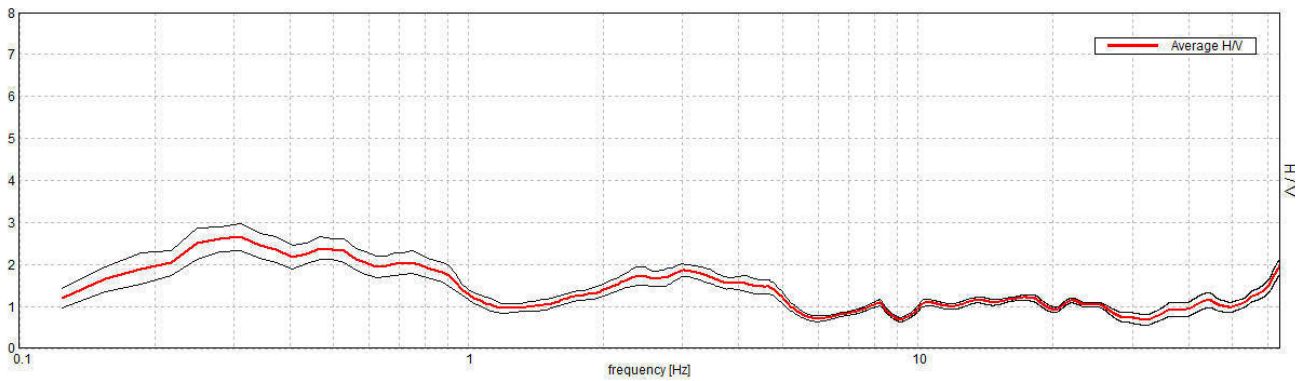
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

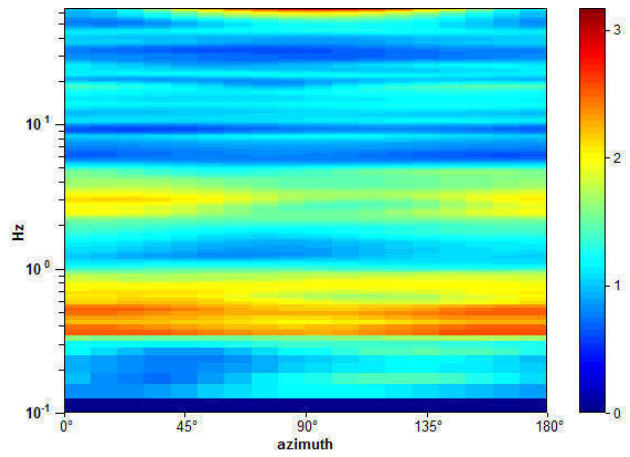
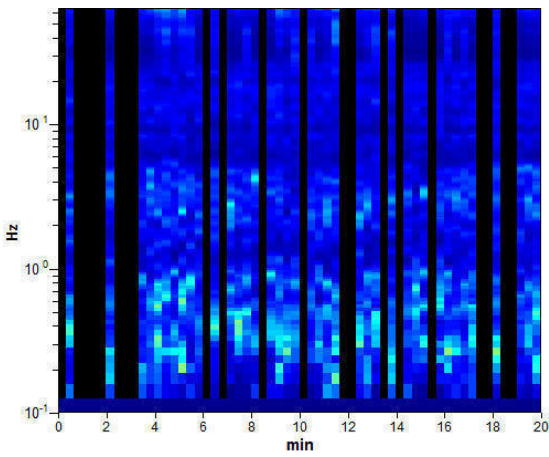
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 0.31 ± 0.1 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).

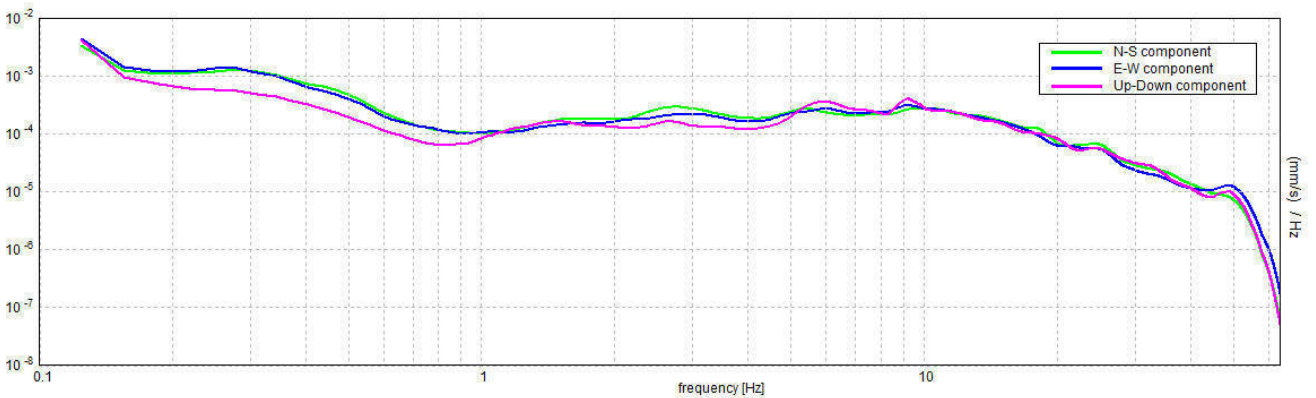


H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.31 ± 0.1 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.31 > 0.50$ | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | $243.8 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 16 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.125 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 1.0 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.65 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.32972 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.10304 < 0.0625$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.3259 < 2.5$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

CAMPI BIENZIO, T 07

Instrument: TZ3-0001/01-13

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 07/06/17 15:44:20 End recording: 07/06/17 16:04:20

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 63% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

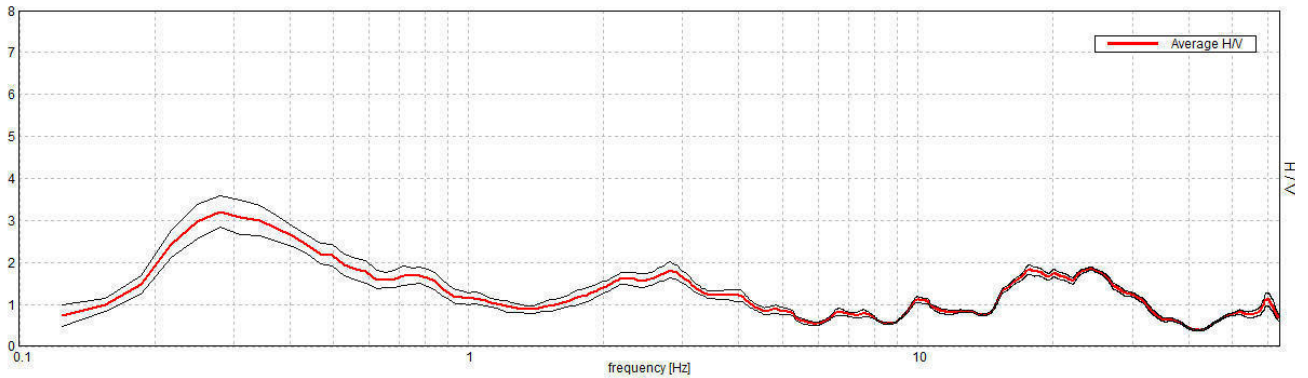
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

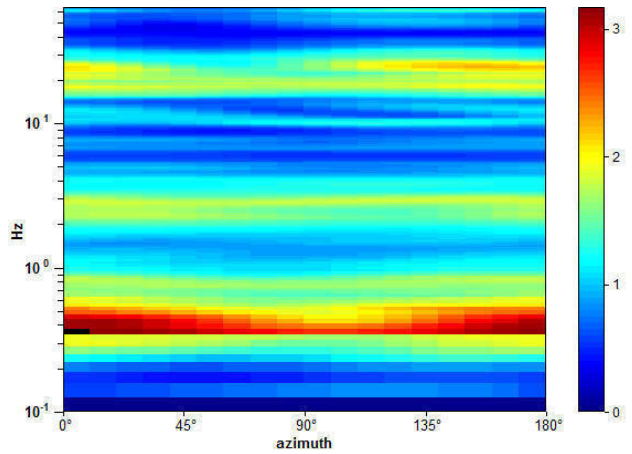
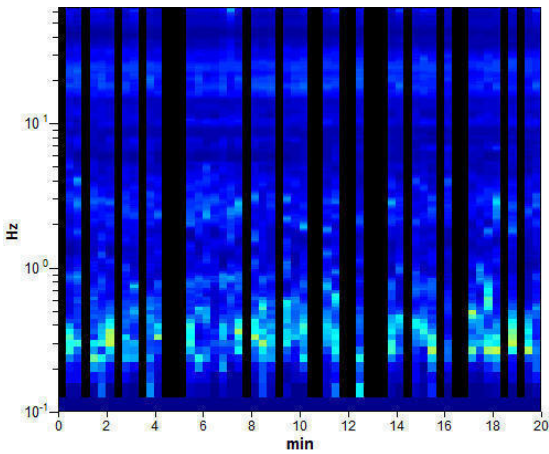
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 0.28 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).

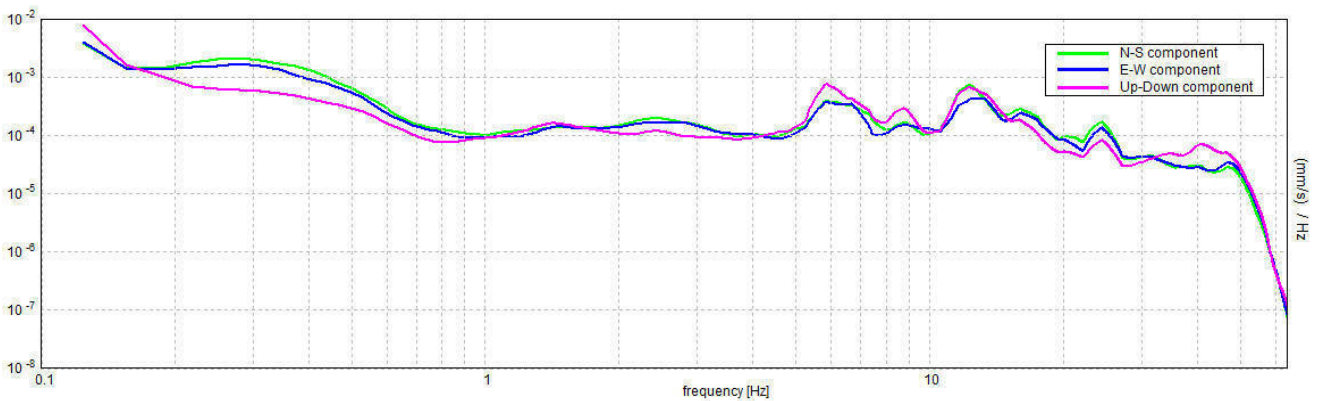


H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.28 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.28 > 0.50$ | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | $213.8 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 14 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|---------------------|-----------|--|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.188 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.625 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $3.21 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.01802 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.00507 < 0.05625$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.3677 < 2.5$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

CAMPI BIENZIO, T 08

Instrument: TZ3-0001/01-13

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 07/06/17 16:15:07 End recording: 07/06/17 16:35:07

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 63% trace (manual window selection)

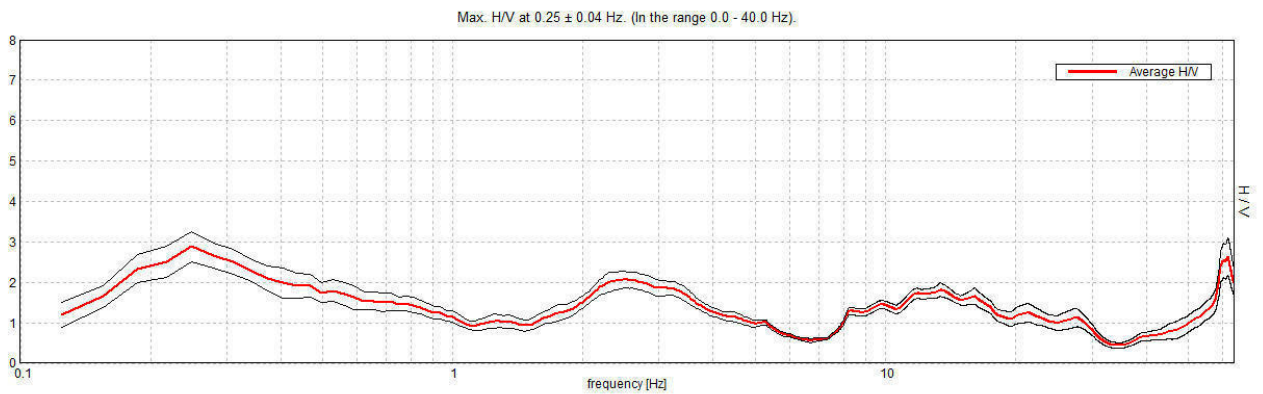
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

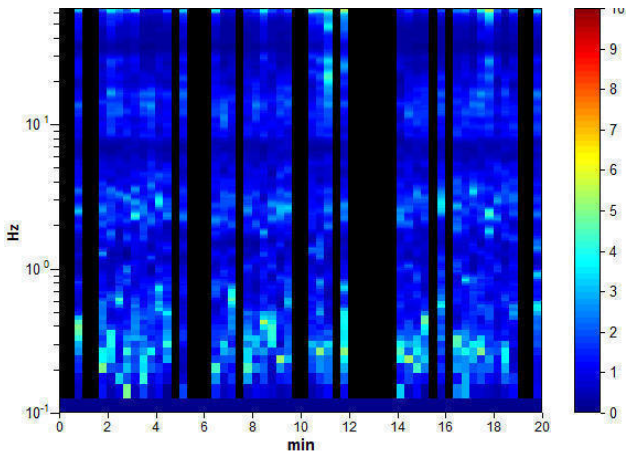
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

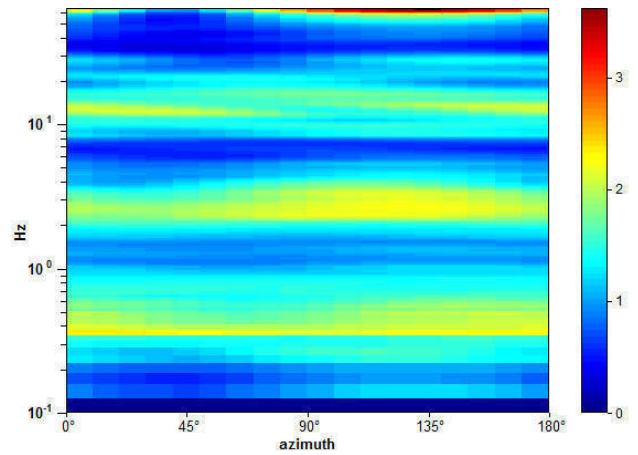
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



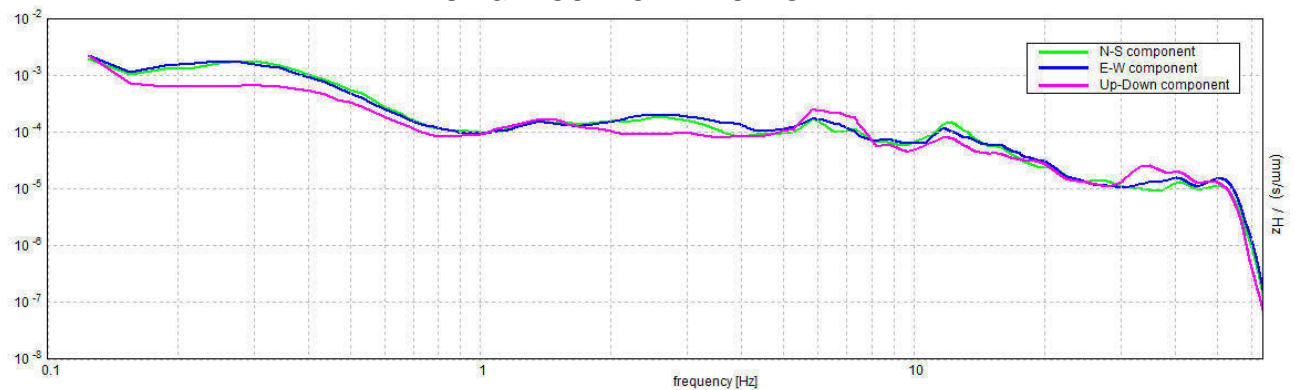
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.25 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.25 > 0.50$ | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | $190.0 > 200$ | | NO |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 13 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.125 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.813 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.88 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.14901 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.03725 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.384 < 2.5$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

CAMPI BIENZIO, T 09

Instrument: TZ3-0001/01-13

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 07/06/17 16:54:51 End recording: 07/06/17 17:14:51

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 68% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

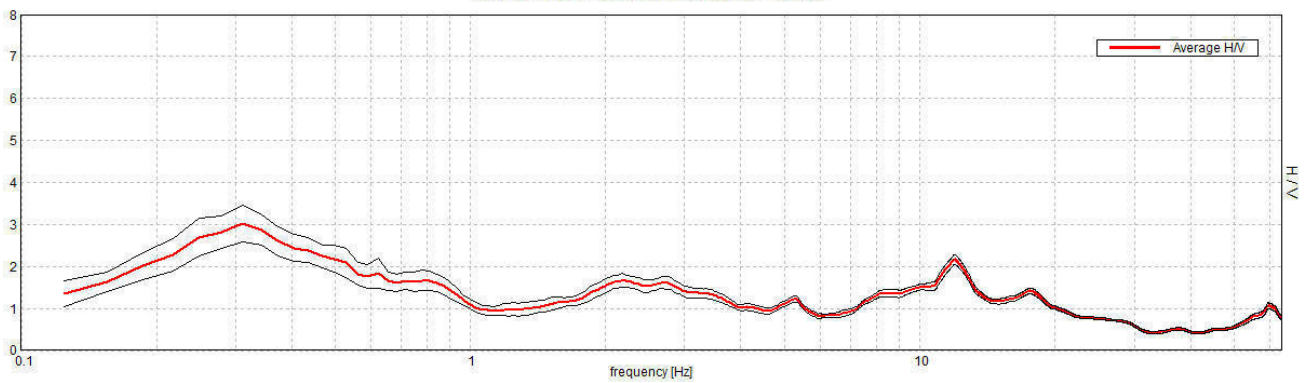
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

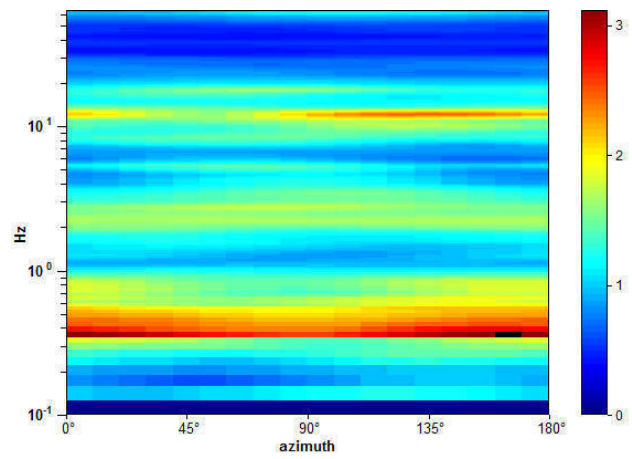
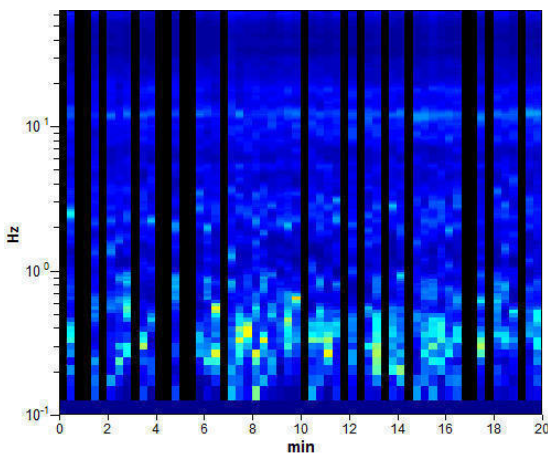
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 0.31 ± 0.34 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).

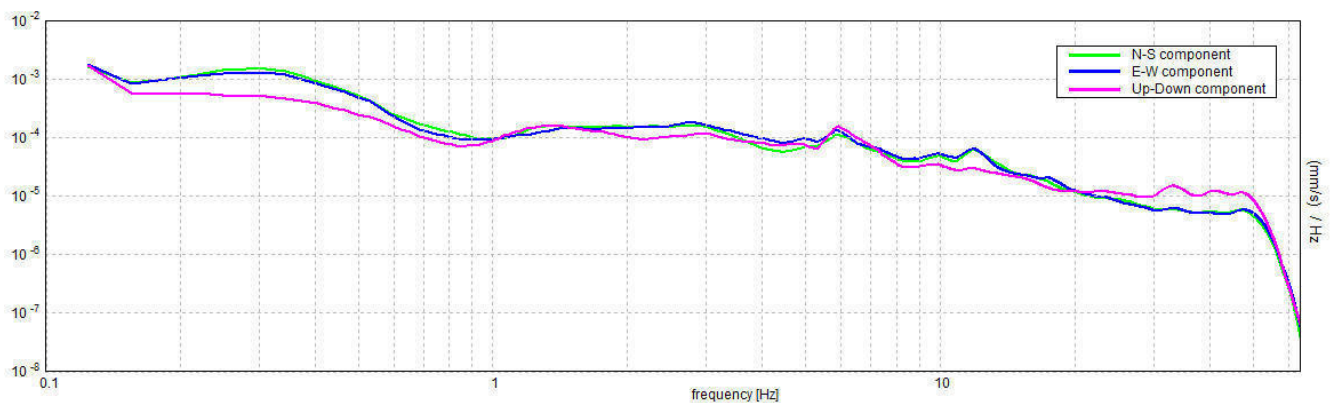


H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.31 ± 0.34 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 0.31 > 0.50 | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | 256.3 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 16 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|-------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.125 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.906 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 3.02 > 2 | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 1.0902 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.34069 < 0.0625 | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.4415 < 2.5 | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

CAMPI BIENZIO, T 10

Instrument: TZ3-0001/01-13

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 07/06/17 17:23:07 End recording: 07/06/17 17:43:07

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 53% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

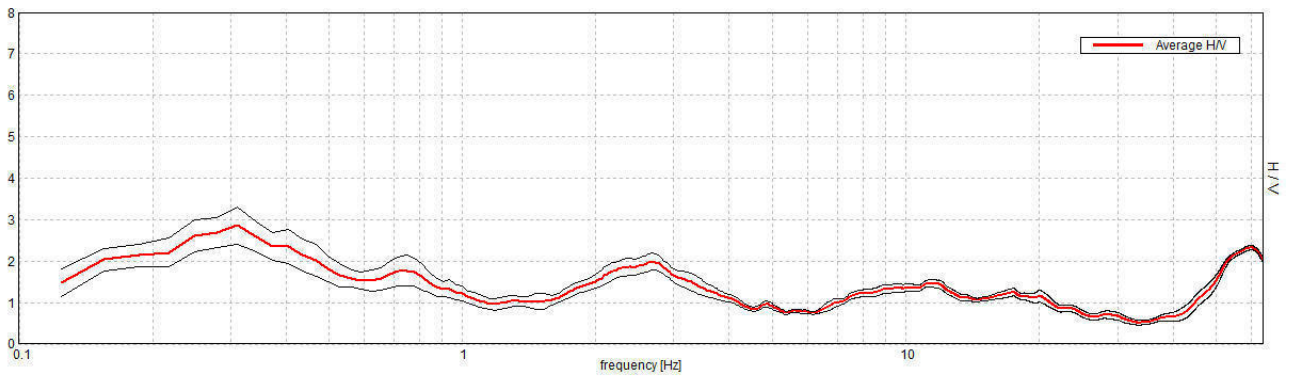
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

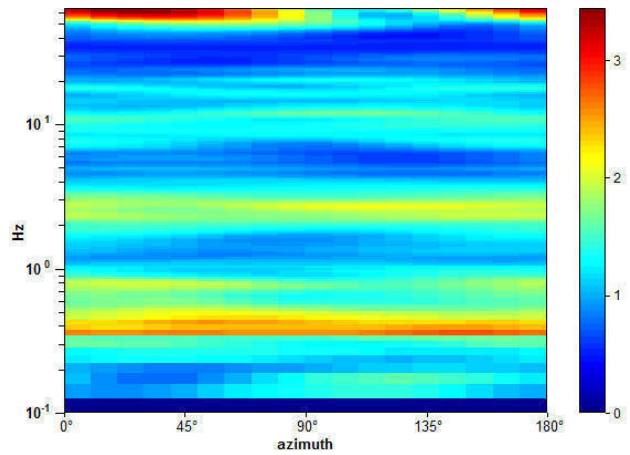
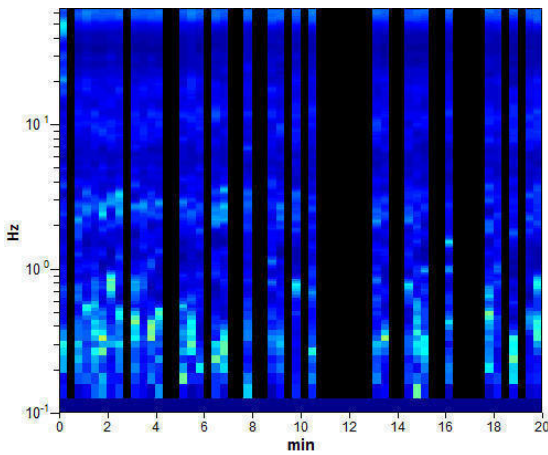
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 0.31 ± 0.02 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).

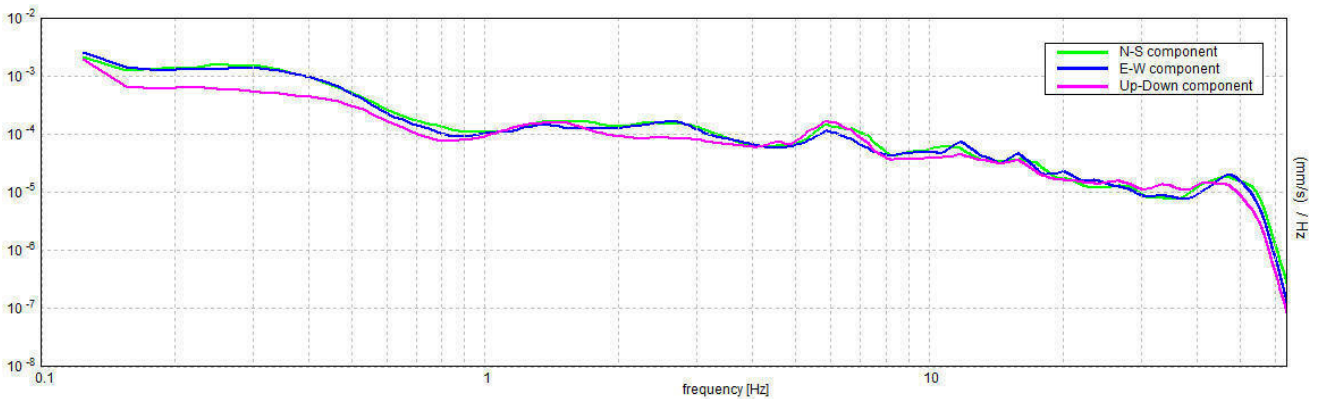


H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.31 ± 0.02 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 0.31 > 0.50 | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | 200.0 > 200 | | NO |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 16 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.094 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.875 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 2.86 > 2 | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.07906 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 0.02471 < 0.0625 | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.4424 < 2.5 | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

CAMPI BIENZIO, T 11

Instrument: TZ3-0001/01-13

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 07/06/17 18:01:56 End recording: 07/06/17 18:21:56

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 45% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

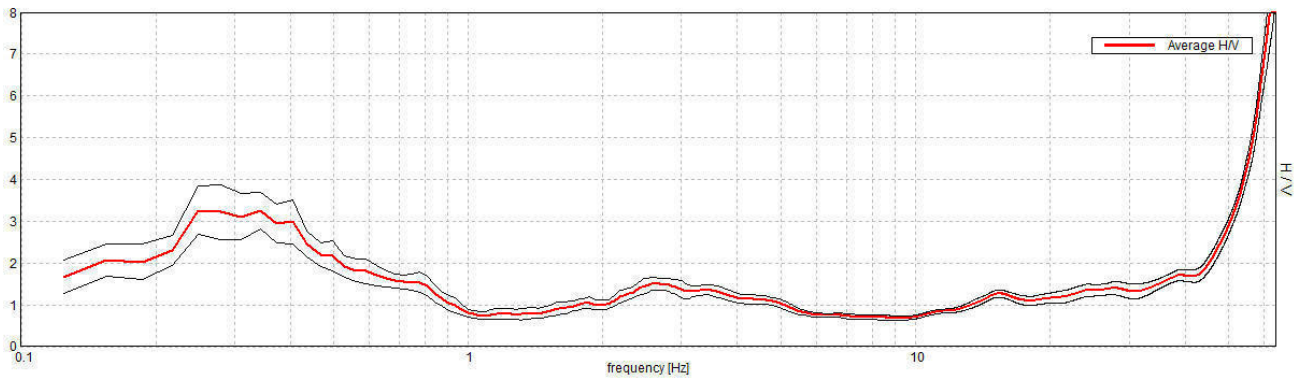
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

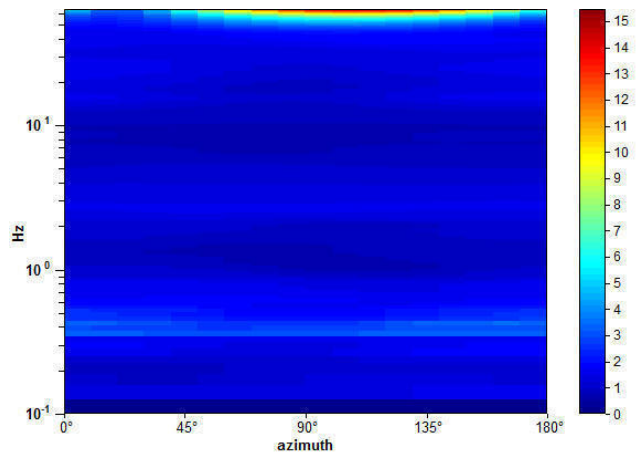
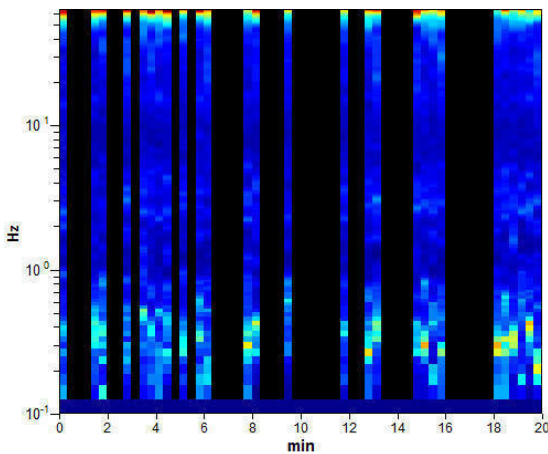
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 0.25 ± 0.09 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).

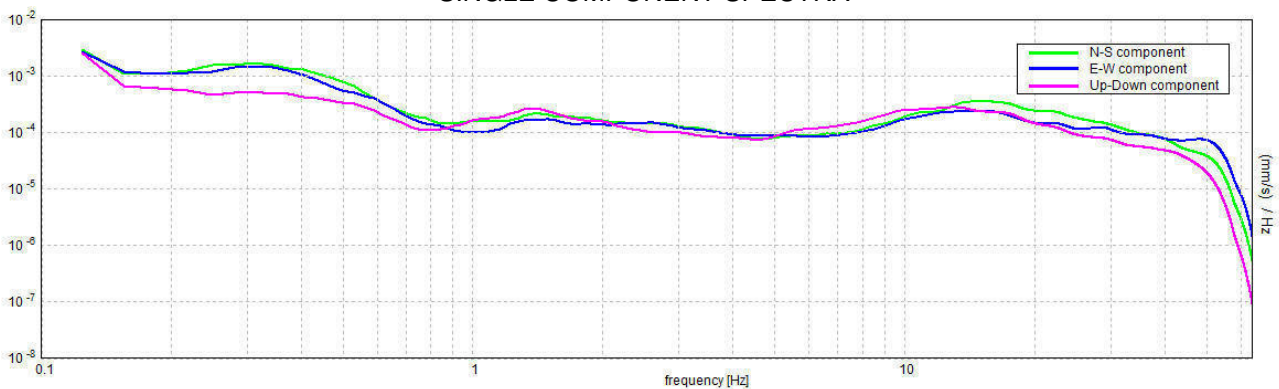


H/V TIME HISTORY

DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.25 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.25 > 0.50$ | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | $135.0 > 200$ | | NO |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 13 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.094 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.656 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $3.26 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.34694 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.08674 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.5753 < 2.5$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

CAMPI BIENZIO, T 12

Instrument: TZ3-0001/01-13

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 07/06/17 18:33:55 End recording: 07/06/17 18:53:55

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 45% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

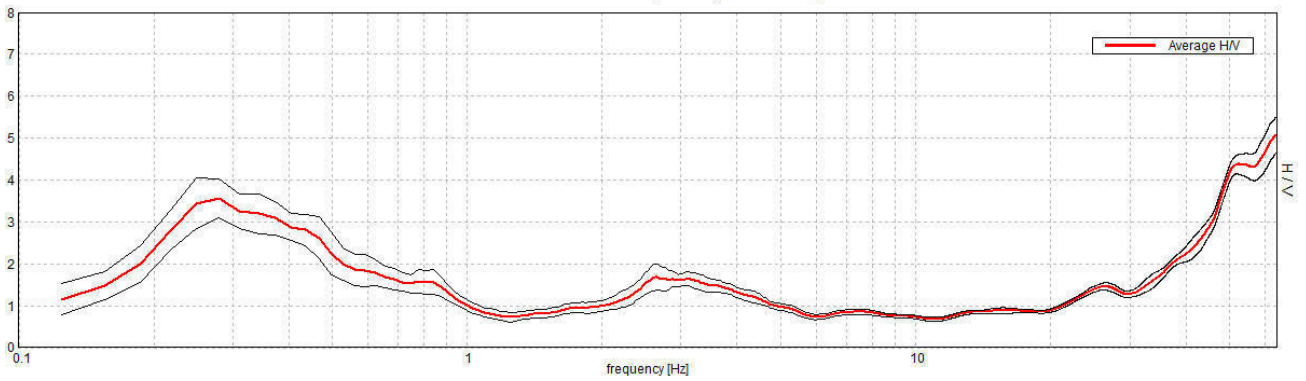
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

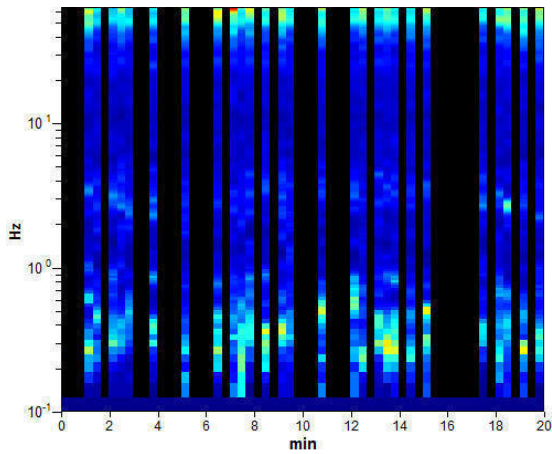
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

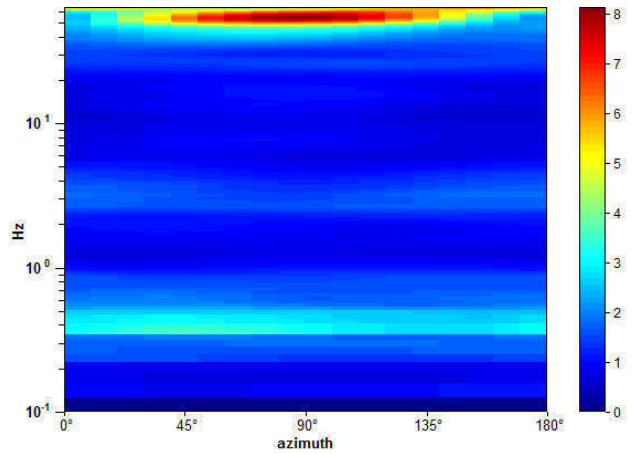
Max. H/V at 0.28 ± 0.03 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).



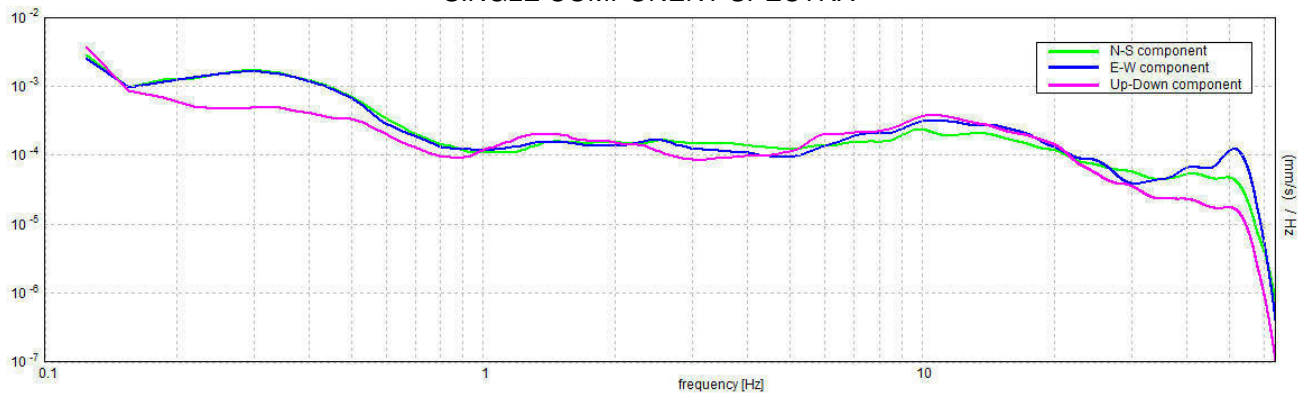
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.28 ± 0.03 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.28 > 0.50$ | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | $151.9 > 200$ | | NO |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 14 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|---------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.156 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.656 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $3.56 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.1003 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.02821 < 0.05625$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.4663 < 2.5$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

CAMPI BIENZIO, T 13

Instrument: TZ3-0001/01-13

Data format: 32 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 20/06/17 09:21:31 End recording: 20/06/17 09:41:31

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 75% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

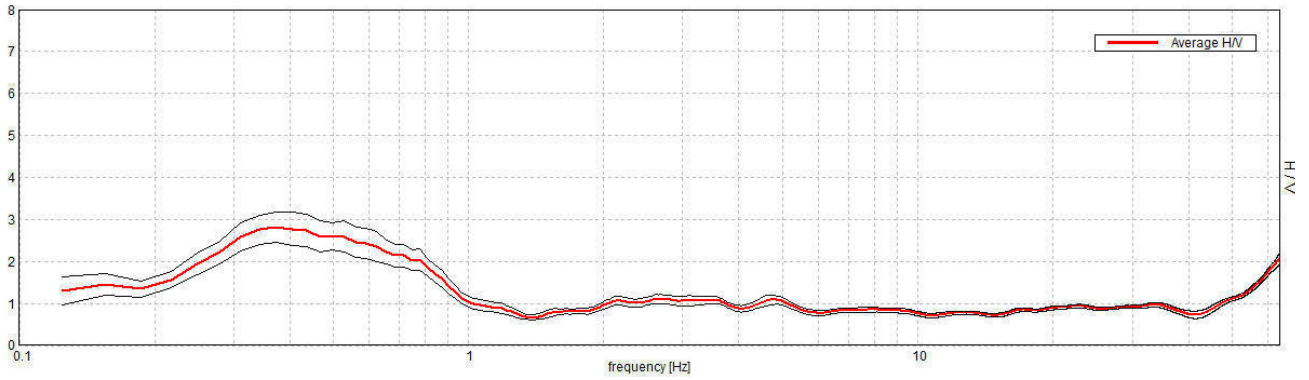
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

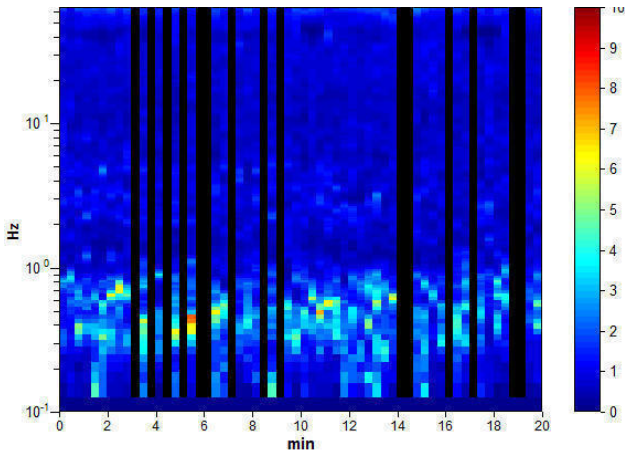
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

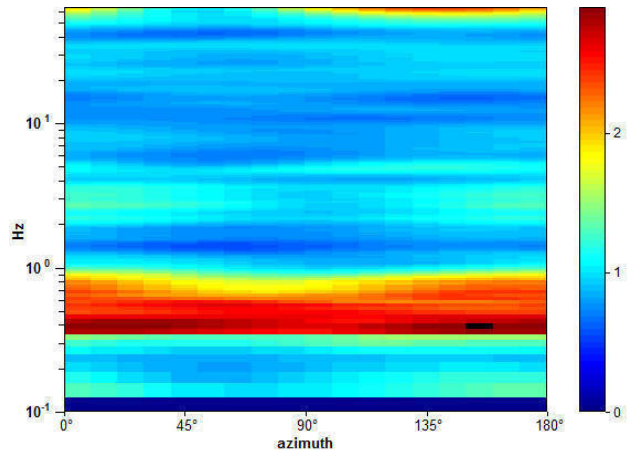
Max. H/V at 0.38 ± 0.1 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).



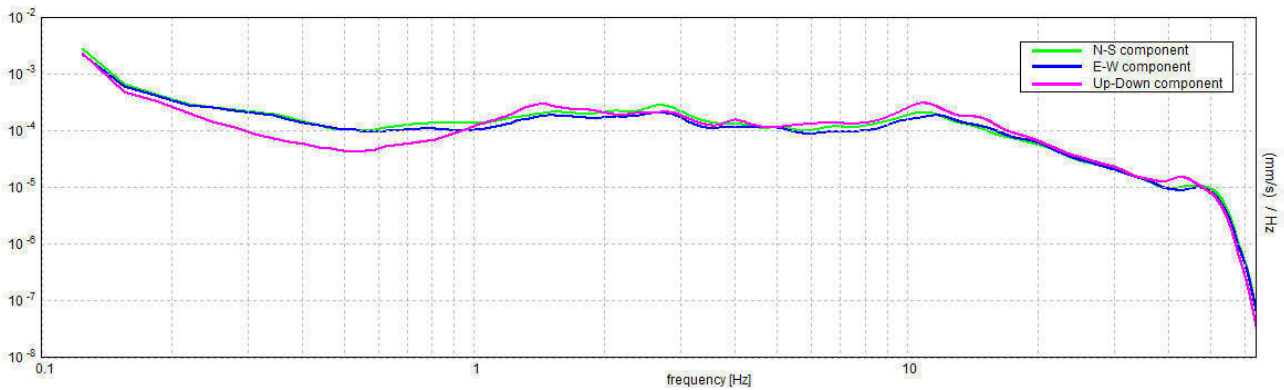
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.38 ± 0.1 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.38 > 0.50$ | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | $337.5 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 19 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.188 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.906 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.82 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.25999 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.09749 < 0.075$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.3557 < 2.5$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

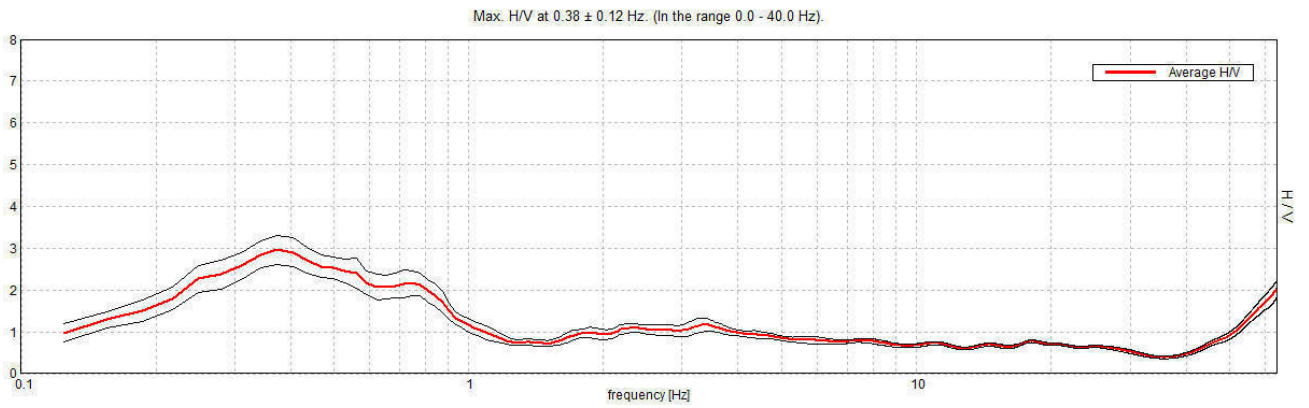
| Freq. range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58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

CAMPI BISENZIO, T 14

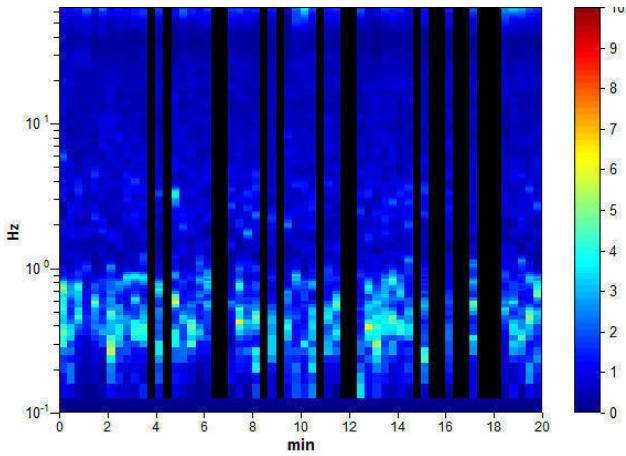
Instrument: TZ3-0001/01-13
Data format: 32 byte
Full scale [mV]: 51
Start recording: 20/06/17 09:50:35 End recording: 20/06/17 10:10:35
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 72% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

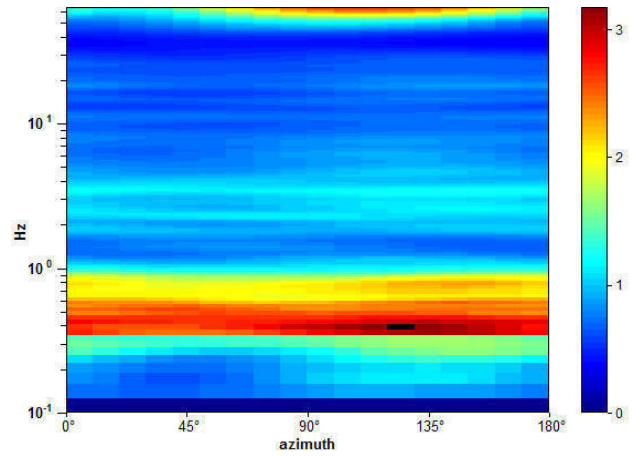
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



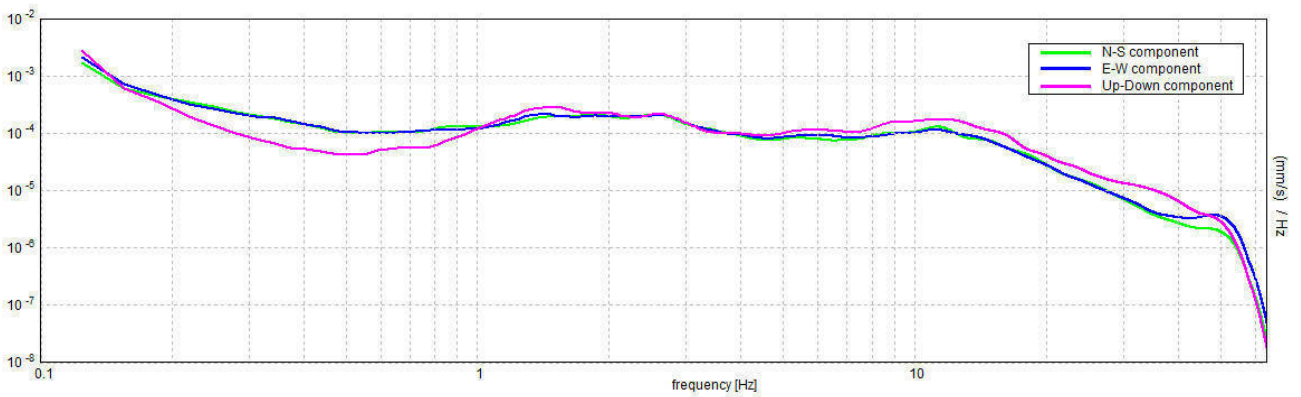
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.38 ± 0.12 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $0.38 > 0.50$ | | NO |
| $n_c(f_0) > 200$ | $322.5 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 19 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.156 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.938 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.96 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.31567 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.11837 < 0.075$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.3528 < 2.5$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

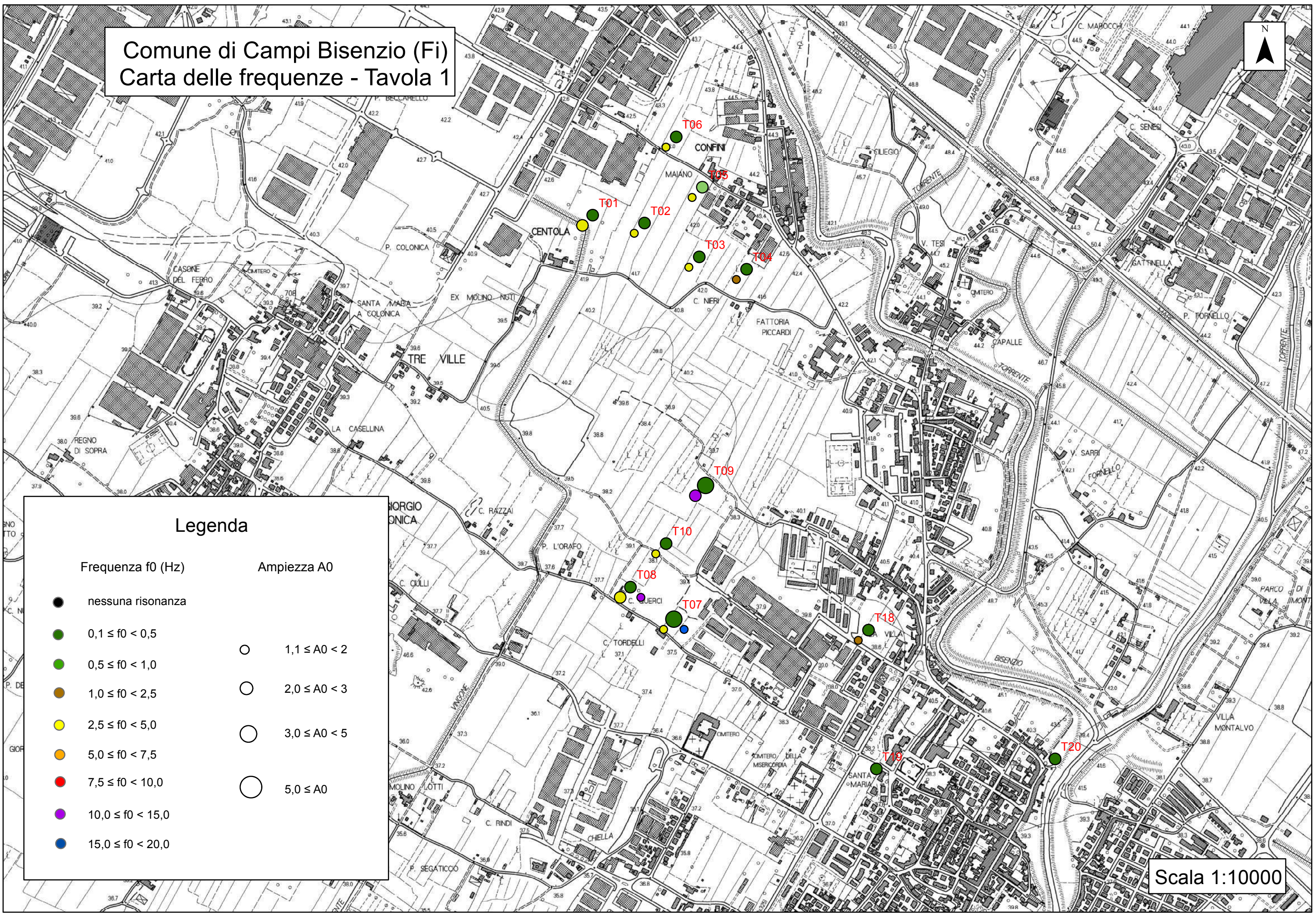
| Freq. range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58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

Comune di Campi Bisenzio (Fi) Carta delle frequenze - Tavola 1



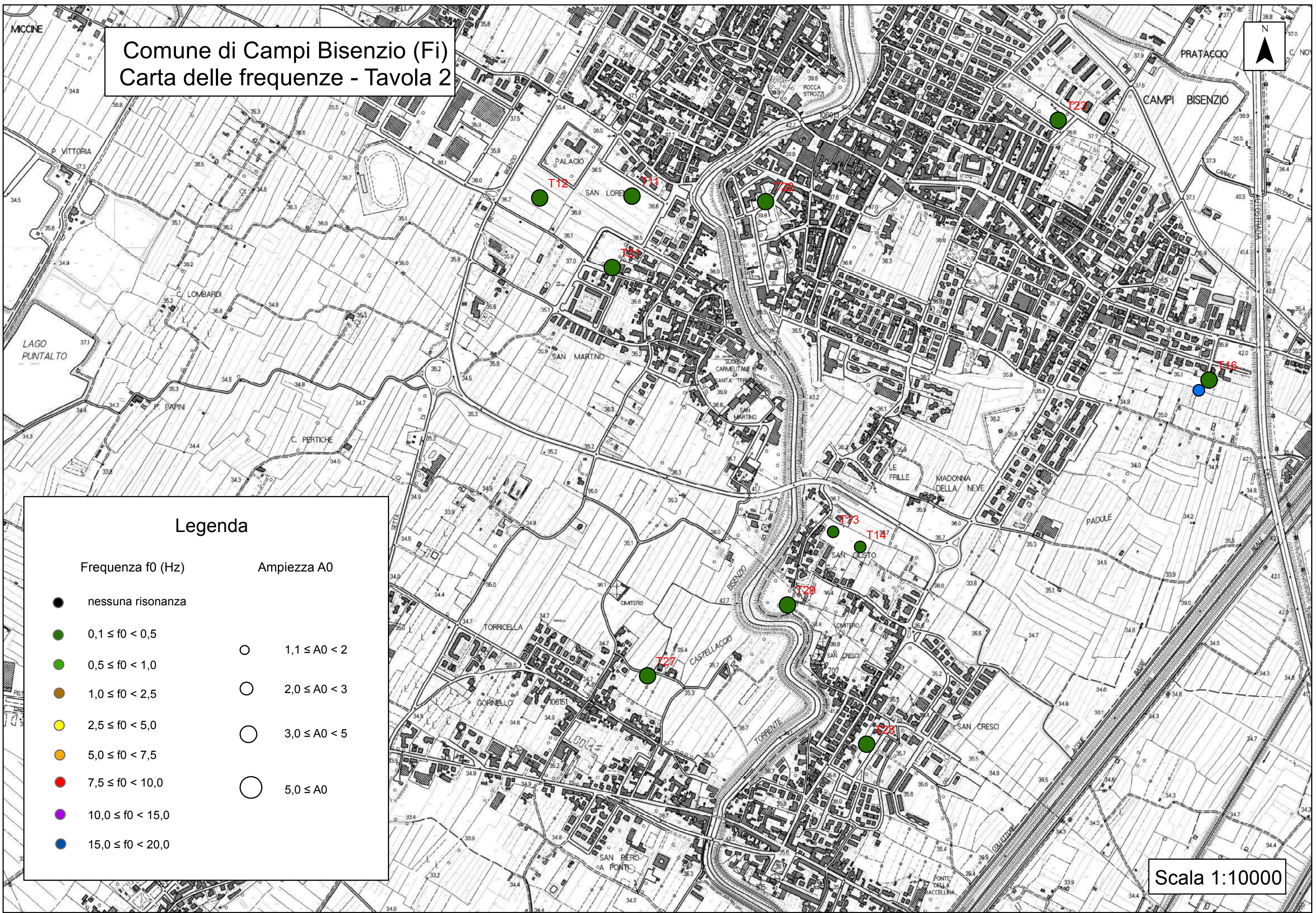
Legenda

| Frequenza f_0 (Hz) | Ampiezza A_0 |
|--------------------------|----------------------|
| ● nessuna risonanza | ○ $1,1 \leq A_0 < 2$ |
| ● $0,1 \leq f_0 < 0,5$ | ○ $2,0 \leq A_0 < 3$ |
| ● $0,5 \leq f_0 < 1,0$ | ○ $3,0 \leq A_0 < 5$ |
| ● $1,0 \leq f_0 < 2,5$ | ○ $5,0 \leq A_0$ |
| ● $2,5 \leq f_0 < 5,0$ | |
| ● $5,0 \leq f_0 < 7,5$ | |
| ● $7,5 \leq f_0 < 10,0$ | |
| ● $10,0 \leq f_0 < 15,0$ | |
| ● $15,0 \leq f_0 < 20,0$ | |



Scala 1:10000

Comune di Campi Bisenzio (Fi) Carta delle frequenze - Tavola 2



Legenda

Frequenza f_0 (Hz)

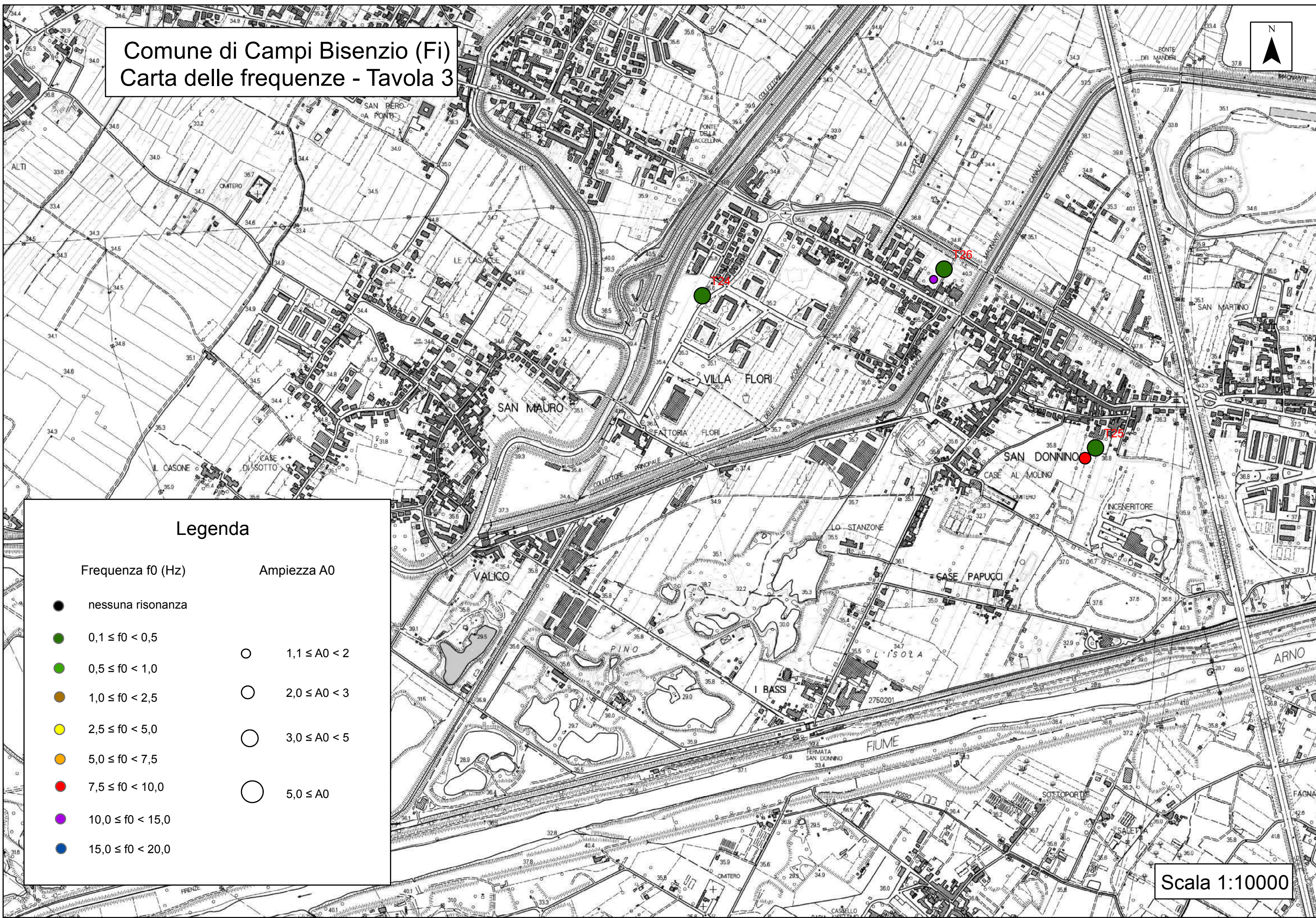
Ampiezza A_0

- nessuna risonanza
- $0,1 \leq f_0 < 0,5$
- $0,5 \leq f_0 < 1,0$
- $1,0 \leq f_0 < 2,5$
- $2,5 \leq f_0 < 5,0$
- $5,0 \leq f_0 < 7,5$
- $7,5 \leq f_0 < 10,0$
- $10,0 \leq f_0 < 15,0$
- $15,0 \leq f_0 < 20,0$

- $1,1 \leq A_0 < 2$
- $2,0 \leq A_0 < 3$
- $3,0 \leq A_0 < 5$
- $5,0 \leq A_0$

Scala 1:10000

Comune di Campi Bisenzio (Fi) Carta delle frequenze - Tavola 3



Legenda

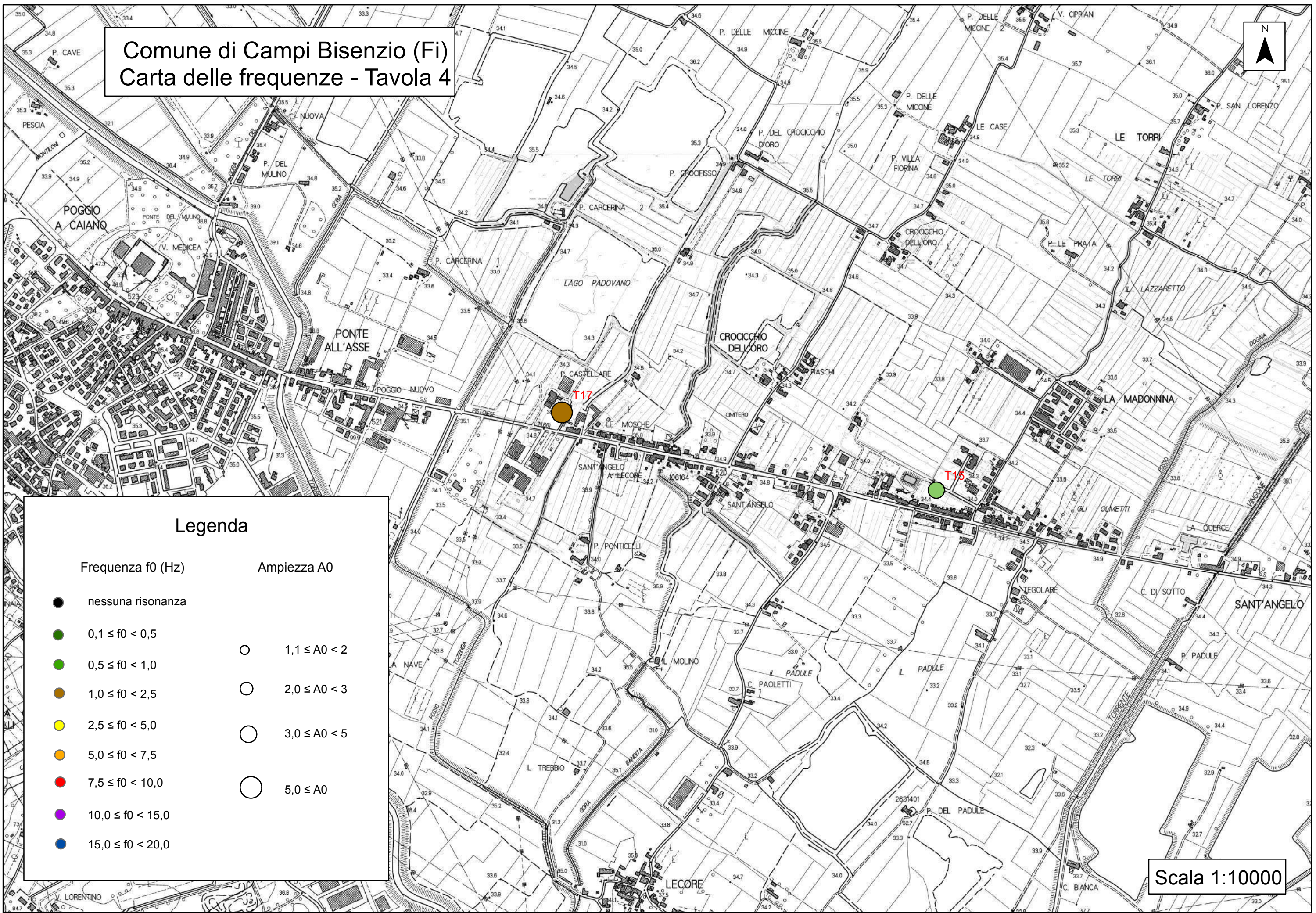
Frequenza f_0 (Hz)

Ampiezza A_0

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| ● nessuna risonanza | ○ $1,1 \leq A_0 < 2$ |
| ● $0,1 \leq f_0 < 0,5$ | ○ $2,0 \leq A_0 < 3$ |
| ● $0,5 \leq f_0 < 1,0$ | ○ $3,0 \leq A_0 < 5$ |
| ● $1,0 \leq f_0 < 2,5$ | ○ $5,0 \leq A_0$ |
| ● $2,5 \leq f_0 < 5,0$ | |
| ● $5,0 \leq f_0 < 7,5$ | |
| ● $7,5 \leq f_0 < 10,0$ | |
| ● $10,0 \leq f_0 < 15,0$ | |
| ● $15,0 \leq f_0 < 20,0$ | |

Scala 1:10000

Comune di Campi Bisenzio (Fi) Carta delle frequenze - Tavola 4



Legenda

| Frequenza f0 (Hz) | Ampiezza A0 |
|---------------------|----------------|
| ● nessuna risonanza | ○ 1,1 ≤ A0 < 2 |
| ● 0,1 ≤ f0 < 0,5 | ○ 2,0 ≤ A0 < 3 |
| ● 0,5 ≤ f0 < 1,0 | ○ 3,0 ≤ A0 < 5 |
| ● 1,0 ≤ f0 < 2,5 | ○ 5,0 ≤ A0 |
| ● 2,5 ≤ f0 < 5,0 | |
| ● 5,0 ≤ f0 < 7,5 | |
| ● 7,5 ≤ f0 < 10,0 | |
| ● 10,0 ≤ f0 < 15,0 | |
| ● 15,0 ≤ f0 < 20,0 | |

Scala 1:10000

ALLEGATO 2:

*CERTIFICATI DELLE INDAGINI DI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P E SH E RELATIVA
RELAZIONE DI COMMENTO AI RISULTATI*

*Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali
e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR
65/2014.*

Relazione illustrativa delle M.O.P.S.

**INDAGINE DI SISMICA
A RIFRAZIONE IN ONDE P E SH
ST01**

Committente: Idrogeo Service s.r.l.

Oggetto: Studio di Microzonazione Sismica (Livello 1)

Ubicazione: loc. Maccione

Comune: Campi Bisenzio (Fi)

Colle di Val d'Elsa 04/08/2017

Relazione Tecnica

1 - Premessa

Su incarico della Idrogeo Service s.r.l., il giorno 17/07/2017 è stata realizzata una linea di sismica a rifrazione in onde P e Sh in loc. Maccione nel Comune di Campi Bisenzio (Fi).

L'ubicazione dello stendimento è riportata negli estratti planimetrici sottostanti (fig.1).

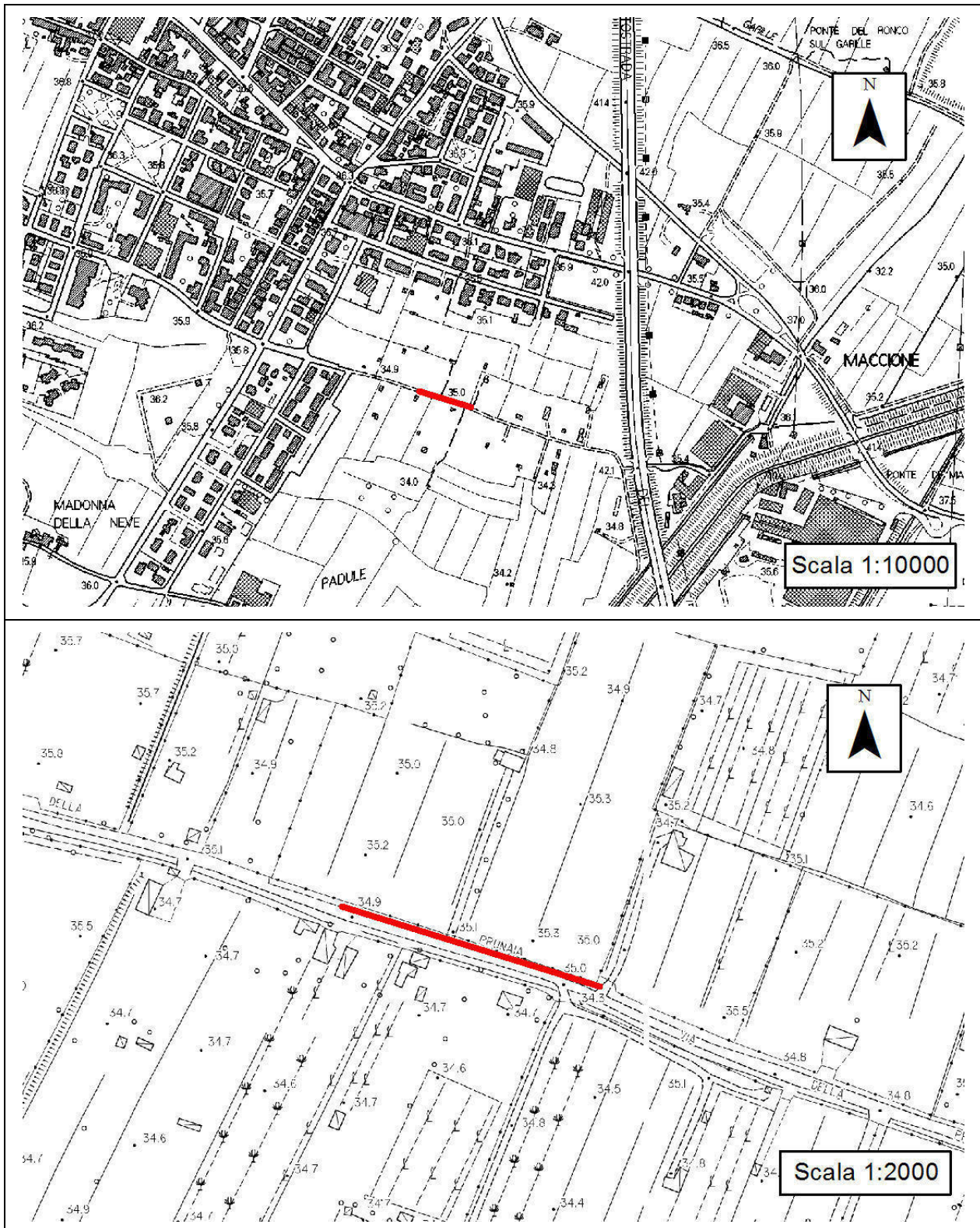


Fig. 1: ubicazione dello stendimento



La prospezione di sismica a rifrazione ha permesso di determinare l'andamento delle velocità delle onde di compressione e di taglio su una sezione del sottosuolo, con la definizione del grado di consistenza dei terreni costituenti il sito in esame e l'individuazione di eventuali superfici di separazione tra "materiale" con diverse caratteristiche fisico-meccaniche.

L'acquisizione in onde SH ha permesso la definizione del parametro V_{s30} e della categoria di sottosuolo ai sensi del D.M. 2008 (Testo unico sulle costruzioni).

2 - Indagine di sismica a rifrazione

La linea è stata eseguita utilizzando un gruppo di 24 geofoni spazati 4 metri, per uno sviluppo totale pari a 92 metri.

Si sono generate e registrate onde di compressione (P) e onde di taglio polarizzate orizzontalmente (SH).

2.1 - Modalità esecutive della prova sismica a rifrazione.

L'indagine sismica a rifrazione consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione di onde di volume (P) e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può scomporsi nelle seguenti fasi fondamentali:

- a) individuazione del primo arrivo sui sismogrammi registrati;
- b) ricostruzione delle relative dromocrone;
- c) interpretazione delle dromocrone con conseguente ricostruzione delle geometrie del sottosuolo.

APPARECCHIATURA USATA E SCHEMA DELLA PROVA.

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

- sistema sorgente;
- sistema di ricezione;
- sistema di acquisizione dati;
- trigger.

Sorgente onde P:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili, con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione, es. grave in caduta libera (massa da 110 kg), in alternativa è possibile utilizzare un cannone a cartucce industriali o una mazza di 10 kg adoperata per colpire una piastra di alluminio appoggiata sul terreno.

Sorgente onde SH:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale.

Tale sorgente è costituita da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpita lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia nel momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa.

Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

L'accoppiamento parallelepipedo-terreno è fatto per "contatto" e non per "infissione".

I profili sismici a rifrazione sono realizzati energizzando ad intervalli regolari lungo stendimenti di sensori detti geofoni: ciascuno stendimento multicanale viene denominato base sismica.

Sistema di ricezione:

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni a componente verticale e con frequenza propria di circa 14 Hz per le onde P, e da 24 geofoni a componente orizzontale con frequenza propria di circa 10 Hz per le onde SH. Per l'acquisizione i geofoni sono accoppiati al terreno e posizionati verticalmente tramite il puntale di cui sono dotati.

La spaziatura dei geofoni è proporzionale alla profondità dell'indagine. Per questo lavoro i geofoni sono stati disposti in allineamento ad una distanza regolare di 4 m. tra loro.

Sistema di acquisizione dati:

Le registrazioni sono state acquisite mediante un sismografo digitale con 24 canali a 16 bit, si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare su ciascun canale in modo digitale i segnali provenienti da ogni trasduttore di velocità (geofoni) a cui è collegato e conservarli su memoria di massa dinamica. Le forme d'onda acquisite sono visualizzabili come tracce a partire dall'impulso inviato dal trigger nel computer portatile ad esso collegato e salvabili in forma numerica in modo definitivo.

Trigger:

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave o la mazza colpisce la base di battuta, consentendo la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Interpretazione dei profili sismici

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono hanno permesso di ricostruire i diagrammi spazio-tempo, detti dromocrone.

L'interpretazione delle dromocrone fatta attraverso il software Rayfract, ha permesso di definire un modello della stratigrafia del terreno basato sulle variazioni della velocità delle onde di compressione P e di taglio S.

Risultati:

L'indagine di sismica a rifrazione ha permesso di caratterizzare dinamicamente le unità litologiche presenti nell'area, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_P) e di taglio (V_S), e la determinazione della geometria nel sottosuolo (spessori e superfici di contatto).

I dati acquisiti sono stati elaborati in tecnica tomografica, utilizzando il software Rayfract.

Il profilo ha messo in evidenza una distribuzione delle velocità delle onde sismiche di compressione (P) e di taglio (S) schematizzabile in due sismostrati.

Per le onde P si osserva un livello superficiale con spessore medio di circa 4,3 metri e con velocità media V_P pari a 655 metri/s.

Al di sotto le velocità aumentano e si attestano su livelli medi di 1610 m/s.

Per le onde S il primo sismo strati ha spessore medio di circa 13,3 metri e con velocità media V_S pari a 265 metri/s.

Le velocità del substrato hanno un valore medio di 460 m/s.

Calcolo della V_{S30}

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle V_{S30} , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m. di profondità.

Per il calcolo delle V_{S30} si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, in funzione delle velocità ricavate, è stata calcolata una V_{S30} pari a 347 m/s che ha portato a definire una categoria di suolo di fondazione di tipo C.

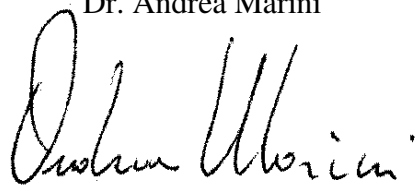
Tabella : Categorie di suolo di fondazione (D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

Il Tecnico:

GeoEcho s.n.c.

Dr. Andrea Marini



Allegato 1: elaborati grafici delle indagini di sismica a rifrazione

INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE ST01 - ONDE P E ONDE SH

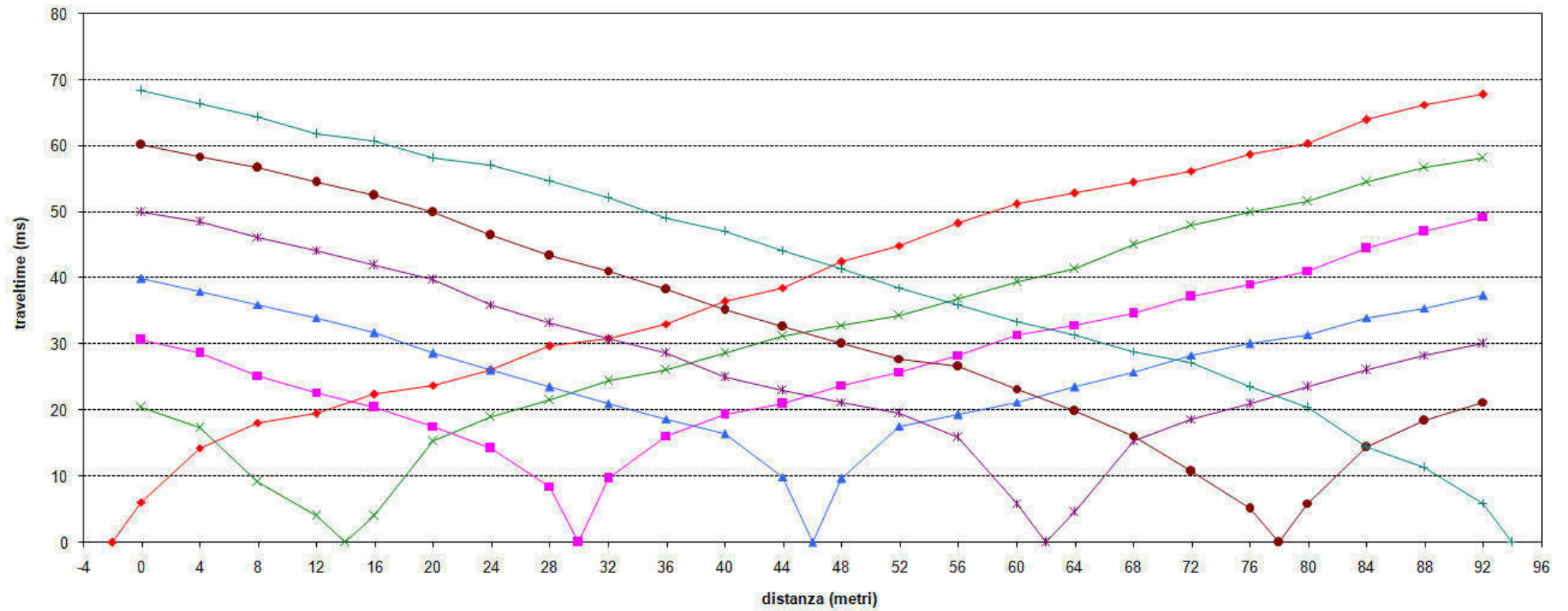
SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

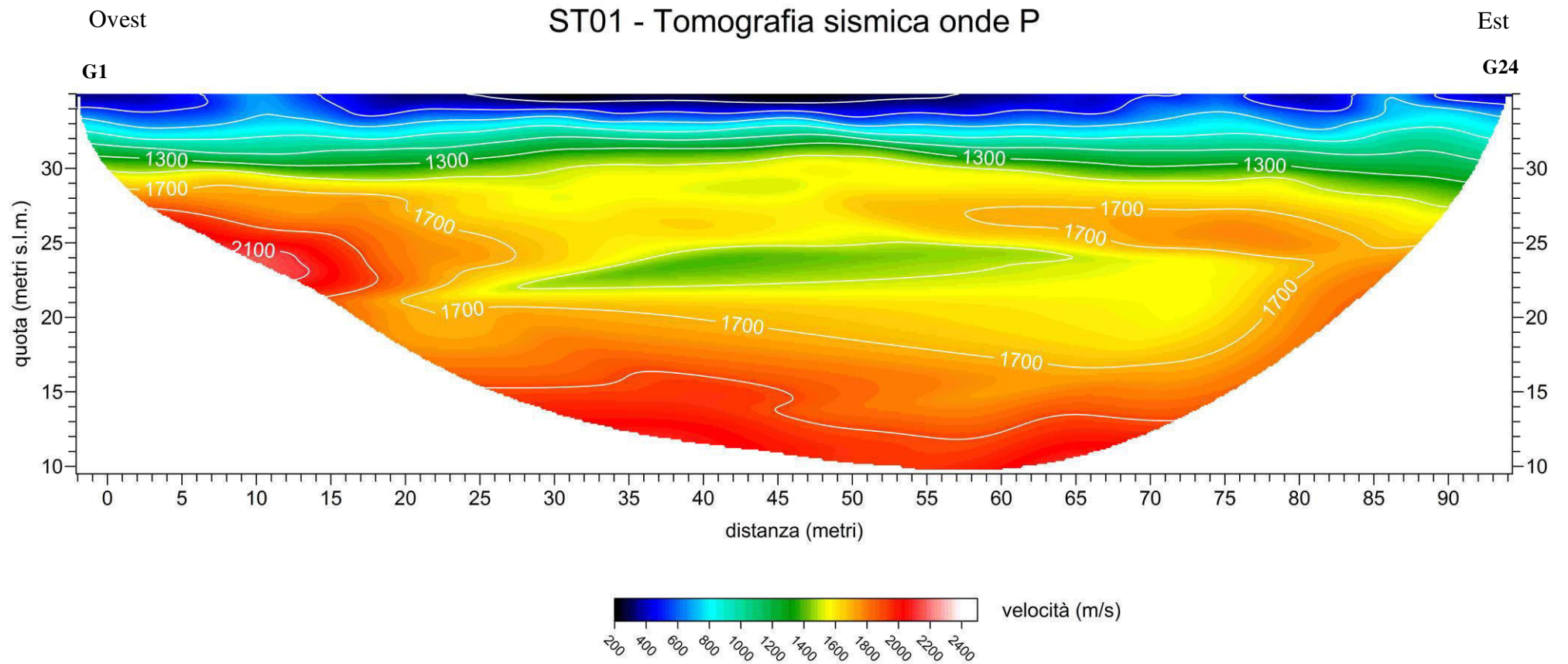
| Geofoni n. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Distanza progressiva (m) | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| Distanza parziale (m) | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Quote geof. (m s.l.m.) | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE - ONDE SH

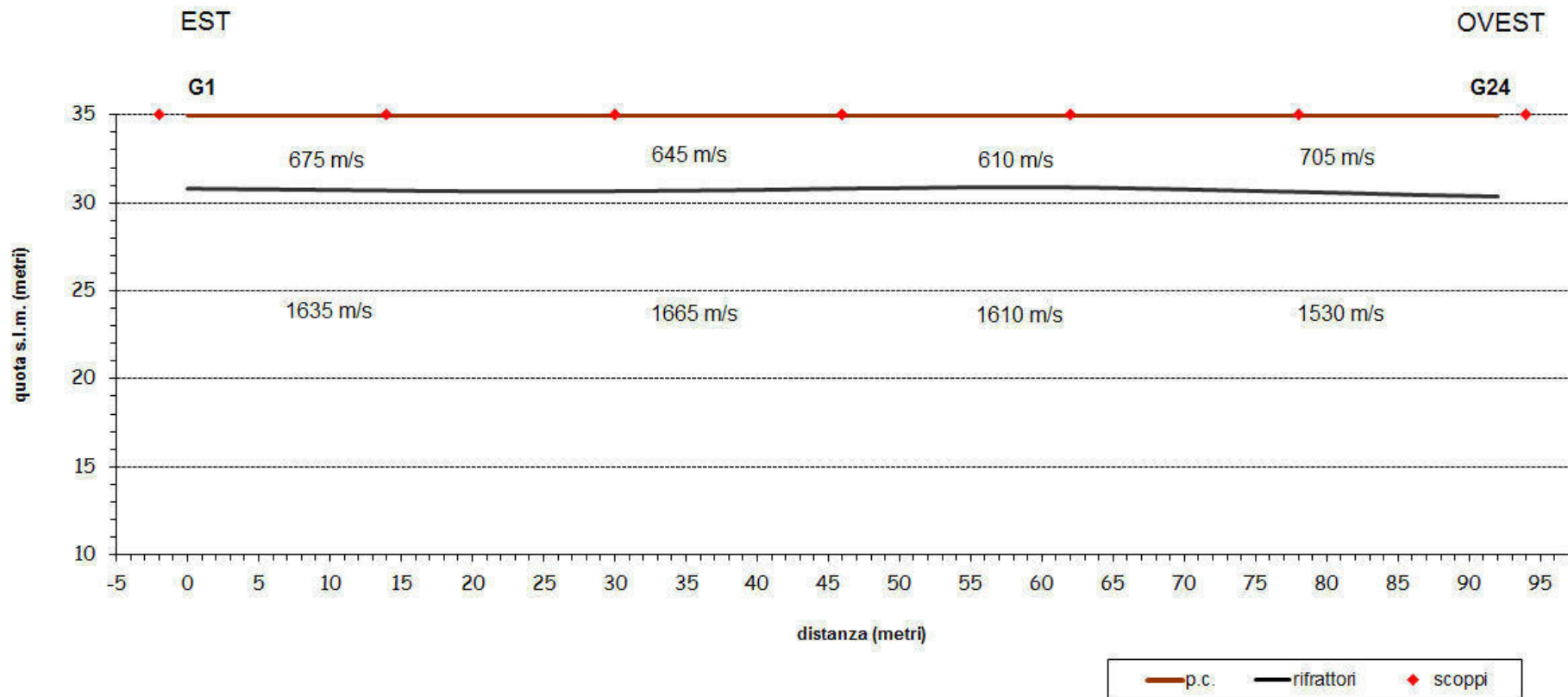
| | SCOPPIO 1 | SCOPPIO 2 | SCOPPIO 3 | SCOPPIO 4 | SCOPPIO 5 | SCOPPIO 6 | SCOPPIO 7 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m) | -2,0 | 14 | 30 | 46 | 62 | 78 | 94 |
| QUOTA (m s.l.m.) | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |

DROMOCRONE ST01 - ONDE P



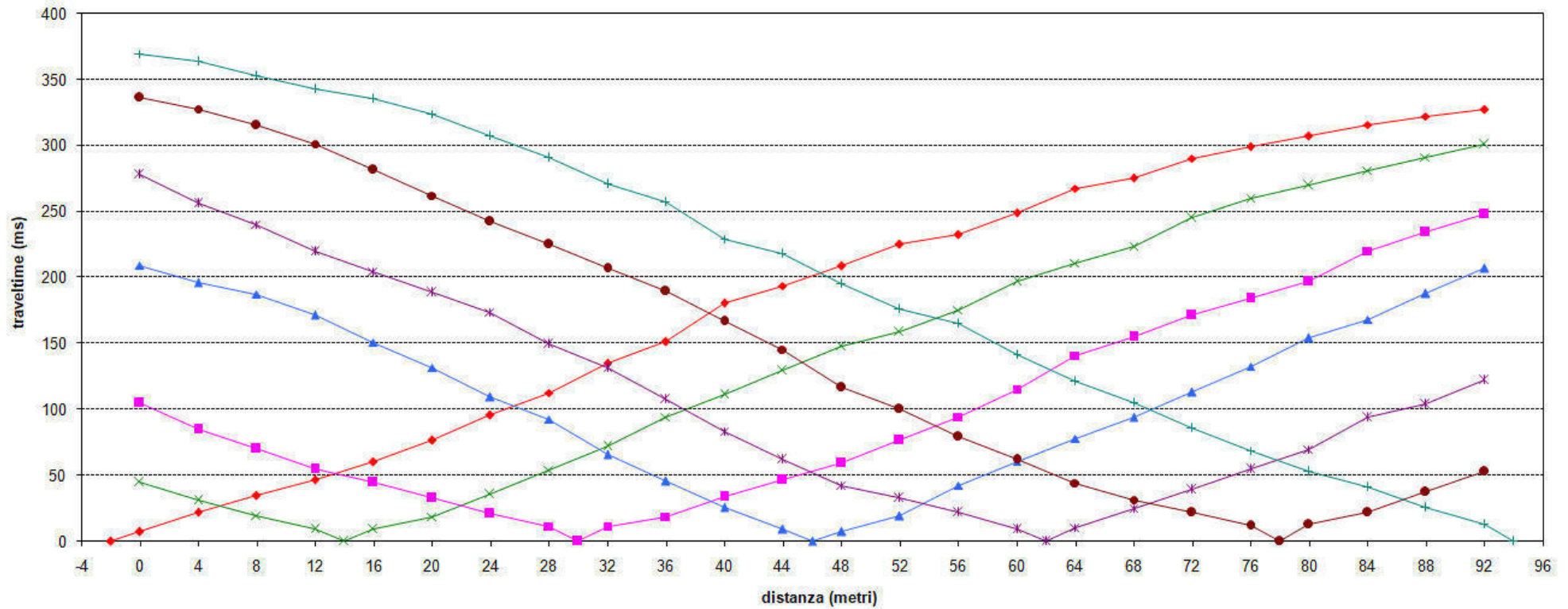


SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ST01 - ONDE P

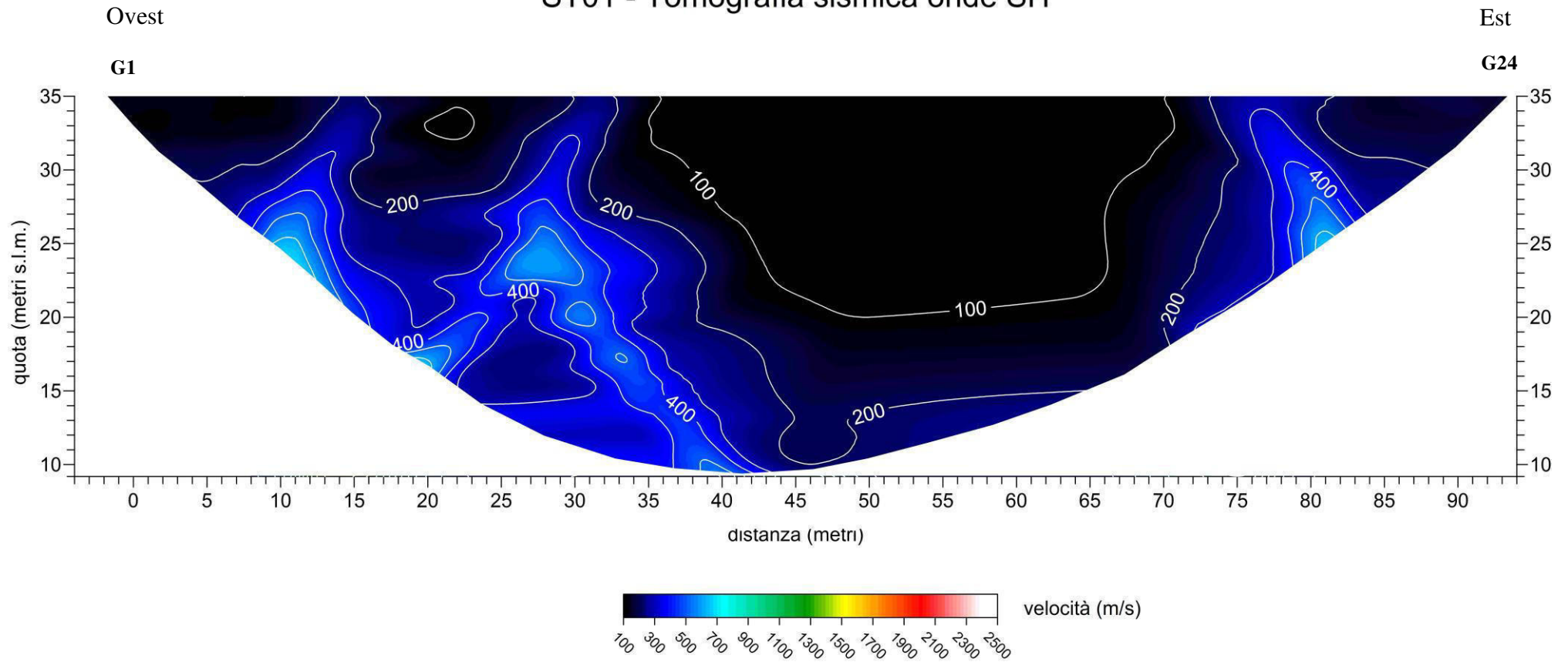


| Tabella velocità e spessori - Linea ST01 - Onde P | | | | | | |
|---|----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|
| Distanza dal geof. 1 | Quota (m. slm) | V1 (m/s) | Spessore 1 (m.) | V2 (m/s) | Spessore 2 (m.) | V3 (m/s) |
| 0 | 35 | 684 | 4.2 | 1605 | | |
| 2 | 35 | 684 | 4.2 | 1613 | | |
| 4 | 35 | 684 | 4.2 | 1619 | | |
| 6 | 35 | 680 | 4.2 | 1625 | | |
| 8 | 35 | 677 | 4.2 | 1630 | | |
| 10 | 35 | 674 | 4.3 | 1635 | | |
| 12 | 35 | 671 | 4.3 | 1639 | | |
| 14 | 35 | 668 | 4.3 | 1643 | | |
| 16 | 35 | 664 | 4.3 | 1647 | | |
| 18 | 35 | 664 | 4.3 | 1650 | | |
| 20 | 35 | 664 | 4.3 | 1654 | | |
| 22 | 35 | 662 | 4.3 | 1657 | | |
| 24 | 35 | 660 | 4.4 | 1661 | | |
| 26 | 35 | 658 | 4.3 | 1664 | | |
| 28 | 35 | 656 | 4.3 | 1667 | | |
| 30 | 35 | 655 | 4.3 | 1669 | | |
| 32 | 35 | 655 | 4.3 | 1671 | | |
| 34 | 35 | 653 | 4.3 | 1672 | | |
| 36 | 35 | 652 | 4.3 | 1671 | | |
| 38 | 35 | 644 | 4.3 | 1667 | | |
| 40 | 35 | 636 | 4.3 | 1663 | | |
| 42 | 35 | 628 | 4.2 | 1658 | | |
| 44 | 35 | 620 | 4.2 | 1652 | | |
| 46 | 35 | 613 | 4.2 | 1648 | | |
| 48 | 35 | 605 | 4.2 | 1643 | | |
| 50 | 35 | 607 | 4.1 | 1636 | | |
| 52 | 35 | 609 | 4.1 | 1630 | | |
| 54 | 35 | 608 | 4.1 | 1625 | | |
| 56 | 35 | 606 | 4.1 | 1620 | | |
| 58 | 35 | 602 | 4.1 | 1619 | | |
| 60 | 35 | 598 | 4.1 | 1612 | | |
| 62 | 35 | 595 | 4.1 | 1603 | | |
| 64 | 35 | 592 | 4.1 | 1595 | | |
| 66 | 35 | 610 | 4.2 | 1587 | | |
| 68 | 35 | 628 | 4.2 | 1579 | | |
| 70 | 35 | 633 | 4.2 | 1571 | | |
| 72 | 35 | 638 | 4.3 | 1563 | | |
| 74 | 35 | 650 | 4.3 | 1554 | | |
| 76 | 35 | 662 | 4.3 | 1547 | | |
| 78 | 35 | 680 | 4.4 | 1540 | | |
| 80 | 35 | 698 | 4.4 | 1534 | | |
| 82 | 35 | 715 | 4.5 | 1528 | | |
| 84 | 35 | 731 | 4.5 | 1521 | | |
| 86 | 35 | 736 | 4.6 | 1513 | | |
| 88 | 35 | 741 | 4.6 | 1506 | | |
| 90 | 35 | 741 | 4.6 | 1501 | | |
| 92 | 35 | 741 | 4.7 | 1497 | | |

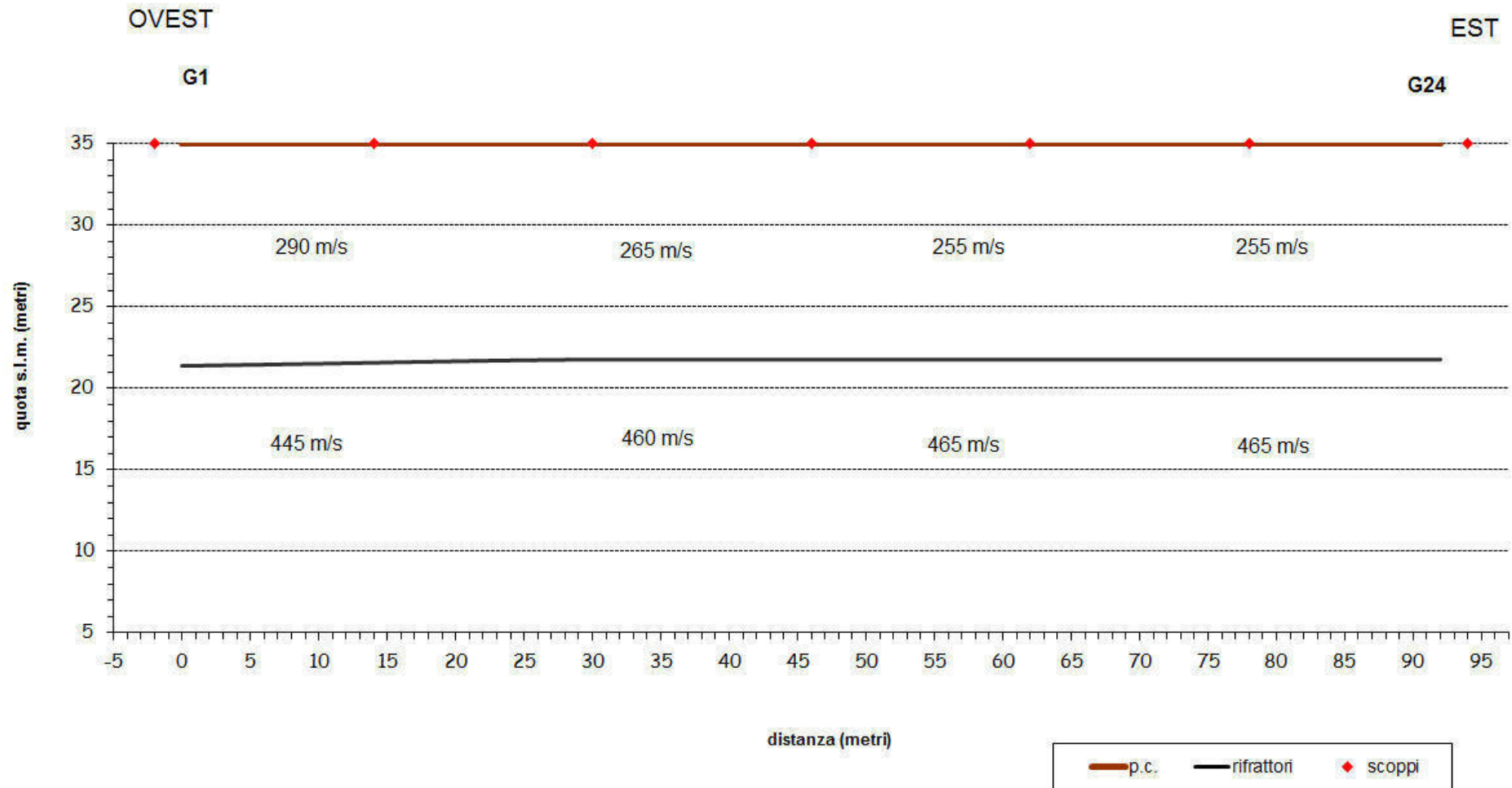
DROMOCRONE ST01 - ONDE SH



ST01 - Tomografia sismica onde SH



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ST01 - ONDE SH



| Tabella velocità e spessori - Linea ST01 - Onde SH | | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| Distanza dal geof. 1 | Quota (m. slm) | V1 (m/s) | Spessore 1 (m.) | V2 (m/s) | Spessore 2 (m.) | V3 (m/s) |
| 0 | 35 | 304 | 13.6 | 429 | | |
| 2 | 35 | 302 | 13.6 | 433 | | |
| 4 | 35 | 299 | 13.6 | 436 | | |
| 6 | 35 | 297 | 13.5 | 440 | | |
| 8 | 35 | 294 | 13.5 | 443 | | |
| 10 | 35 | 291 | 13.5 | 446 | | |
| 12 | 35 | 289 | 13.5 | 450 | | |
| 14 | 35 | 286 | 13.4 | 453 | | |
| 16 | 35 | 283 | 13.4 | 457 | | |
| 18 | 35 | 279 | 13.4 | 460 | | |
| 20 | 35 | 276 | 13.3 | 462 | | |
| 22 | 35 | 274 | 13.3 | 460 | | |
| 24 | 35 | 272 | 13.3 | 460 | | |
| 26 | 35 | 270 | 13.2 | 459 | | |
| 28 | 35 | 269 | 13.2 | 460 | | |
| 30 | 35 | 266 | 13.2 | 461 | | |
| 32 | 35 | 264 | 13.2 | 462 | | |
| 34 | 35 | 264 | 13.2 | 463 | | |
| 36 | 35 | 263 | 13.2 | 463 | | |
| 38 | 35 | 261 | 13.2 | 463 | | |
| 40 | 35 | 260 | 13.2 | 463 | | |
| 42 | 35 | 259 | 13.2 | 463 | | |
| 44 | 35 | 258 | 13.2 | 463 | | |
| 46 | 35 | 258 | 13.2 | 463 | | |
| 48 | 35 | 257 | 13.2 | 463 | | |
| 50 | 35 | 257 | 13.2 | 463 | | |
| 52 | 35 | 257 | 13.2 | 463 | | |
| 54 | 35 | 257 | 13.2 | 463 | | |
| 56 | 35 | 256 | 13.2 | 463 | | |
| 58 | 35 | 255 | 13.2 | 463 | | |
| 60 | 35 | 254 | 13.2 | 463 | | |
| 62 | 35 | 253 | 13.2 | 463 | | |
| 64 | 35 | 252 | 13.2 | 463 | | |
| 66 | 35 | 252 | 13.2 | 463 | | |
| 68 | 35 | 251 | 13.2 | 463 | | |
| 70 | 35 | 251 | 13.2 | 463 | | |
| 72 | 35 | 251 | 13.2 | 463 | | |
| 74 | 35 | 251 | 13.2 | 463 | | |
| 76 | 35 | 251 | 13.2 | 463 | | |
| 78 | 35 | 253 | 13.2 | 463 | | |
| 80 | 35 | 255 | 13.2 | 463 | | |
| 82 | 35 | 256 | 13.2 | 463 | | |
| 84 | 35 | 257 | 13.2 | 463 | | |
| 86 | 35 | 257 | 13.2 | 463 | | |
| 88 | 35 | 258 | 13.2 | 463 | | |
| 90 | 35 | 258 | 13.2 | 463 | | |
| 92 | 35 | 258 | 13.2 | 463 | | |

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**INDAGINE DI SISMICA
A RIFRAZIONE IN ONDE P E SH
ST02**

Committente: Idrogeo Service s.r.l.

Oggetto: Studio di Microzonazione Sismica (Livello 1)

Ubicazione: loc. Villa Flori – San Donnino

Comune: Campi Bisenzio (Fi)

Colle di Val d'Elsa 04/08/2017

Relazione Tecnica

1 - Premessa

Su incarico della Idrogeo Service s.r.l., il giorno 24/07/2017 è stata realizzata una linea di sismica a rifrazione in onde P e S in loc. Villa Flori – San Donnino nel Comune di Campi Bisenzio.

L'ubicazione dello stendimento è riportata negli estratti planimetrici sottostanti (fig.1).

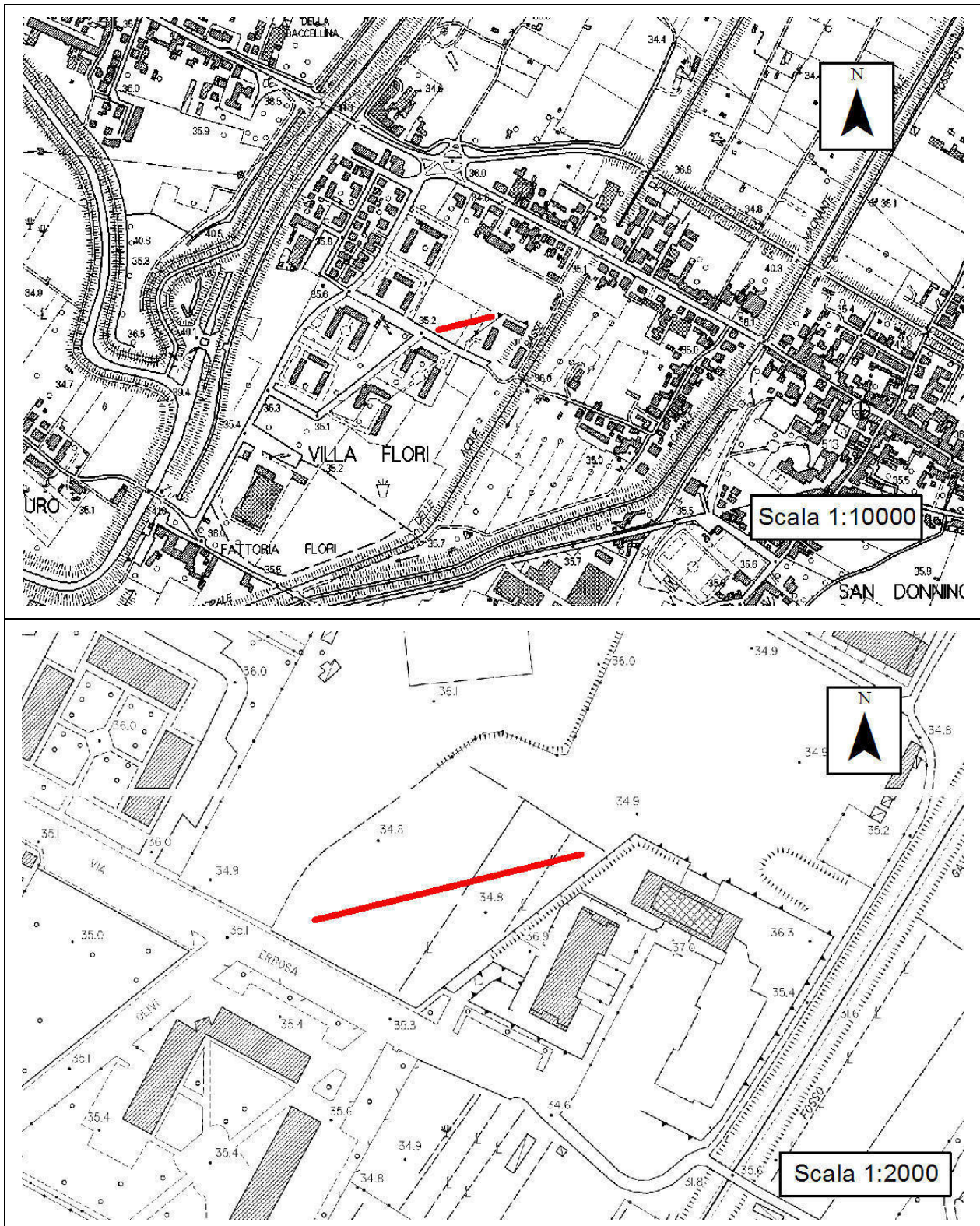


Fig. 1: ubicazione dello stendimento



La prospezione di sismica a rifrazione ha permesso di determinare l'andamento delle velocità delle onde di compressione e di taglio su una sezione del sottosuolo, con la definizione del grado di consistenza dei terreni costituenti il sito in esame e l'individuazione di eventuali superfici di separazione tra "materiale" con diverse caratteristiche fisico-meccaniche.

L'acquisizione in onde SH ha permesso la definizione del parametro V_{s30} e della categoria di sottosuolo ai sensi del D.M. 2008 (Testo unico sulle costruzioni).

2 - Indagine di sismica a rifrazione

La linea è stata eseguita utilizzando un gruppo di 24 geofoni spaziati 4 metri, per uno sviluppo totale pari a 92 metri.

Si sono generate e registrate onde di compressione (P) e onde di taglio polarizzate orizzontalmente (SH).

2.1 - Modalità esecutive della prova sismica a rifrazione.

L'indagine sismica a rifrazione consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione di onde di volume (P) e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può scomporsi nelle seguenti fasi fondamentali:

- a) individuazione del primo arrivo sui sismogrammi registrati;
- b) ricostruzione delle relative dromocrone;
- c) interpretazione delle dromocrone con conseguente ricostruzione delle geometrie del sottosuolo.

APPARECCHIATURA USATA E SCHEMA DELLA PROVA.

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

- sistema sorgente;
- sistema di ricezione;
- sistema di acquisizione dati;
- trigger.

Sorgente onde P:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili, con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione, es. grave in caduta libera (massa da 110 kg), in alternativa è possibile utilizzare un cannoncino a cartucce industriali o una mazza di 10 kg adoperata per colpire una piastra di alluminio appoggiata sul terreno.

Sorgente onde SH:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale.

Tale sorgente è costituita da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpita lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia nel momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa.

Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

L'accoppiamento parallelepipedo-terreno è fatto per "contatto" e non per "infissione".

I profili sismici a rifrazione sono realizzati energizzando ad intervalli regolari lungo stendimenti di sensori detti geofoni: ciascuno stendimento multicanale viene denominato base sismica.

Sistema di ricezione:

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni a componente verticale e con frequenza propria di circa 14 Hz per le onde P, e da 24 geofoni a componente orizzontale con frequenza propria di circa 10 Hz per le onde SH. Per l'acquisizione i geofoni sono accoppiati al terreno e posizionati verticalmente tramite il puntale di cui sono dotati.

La spaziatura dei geofoni è proporzionale alla profondità dell'indagine. Per questo lavoro i geofoni sono stati disposti in allineamento ad una distanza regolare di 4 m. tra loro.

Sistema di acquisizione dati:

Le registrazioni sono state acquisite mediante un sismografo digitale con 24 canali a 16 bit, si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare su ciascun canale in modo digitale i segnali provenienti da ogni trasduttore di velocità (geofoni) a cui è collegato e conservarli su memoria di massa dinamica. Le forme d'onda acquisite sono visualizzabili come tracce a partire dall'impulso inviato dal trigger nel computer portatile ad esso collegato e salvabili in forma numerica in modo definitivo.

Trigger:

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave o la mazza colpisce la base di battuta, consentendo la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Interpretazione dei profili sismici

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono hanno permesso di ricostruire i diagrammi spazio-tempo, detti dromocrone.

L'interpretazione delle dromocrone fatta attraverso il software Rayfract, ha permesso di definire un modello della stratigrafia del terreno basato sulle variazioni della velocità delle onde di compressione P e di taglio S.

Risultati:

L'indagine di sismica a rifrazione ha permesso di caratterizzare dinamicamente le unità litologiche presenti nell'area, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_P) e di taglio (V_S), e la determinazione della geometria nel sottosuolo (spessori e superfici di contatto).

I dati acquisiti sono stati elaborati in tecnica tomografica, utilizzando il software Rayfract.

Il profilo ha messo in evidenza una distribuzione delle velocità delle onde sismiche di compressione (P) e di taglio (S) schematizzabile in due sismostrati.

Per le onde P si osserva un livello superficiale con spessore medio di circa 4,7 metri e con velocità media V_P pari a 510 metri/s.

Al di sotto le velocità aumentano e si attestano su livelli medi di 1635 m/s.

Per le onde S il primo sismostrato ha spessore medio di circa 4,9 metri con velocità media V_S pari a 195 metri/s.

Le velocità del substrato hanno un valore medio di 245 m/s.

Calcolo della V_{S30}

A partire dal modello sismico restituito, è possibile calcolare il valore delle V_{S30} , che rappresenta la velocità di propagazione delle onde di taglio entro 30 m. di profondità.

Per il calcolo delle V_{S30} si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, in funzione delle velocità ricavate, è stata calcolata una V_{S30} pari a 232 m/s che ha portato a definire una categoria di suolo di fondazione di tipo C.

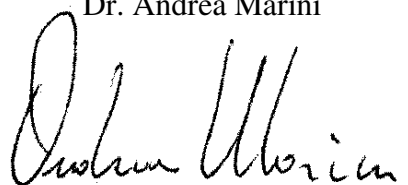
Tabella : Categorie di suolo di fondazione (D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

Il Tecnico:

GeoEcho s.n.c.

Dr. Andrea Marini



Allegato 1: elaborati grafici delle indagini di sismica a rifrazione

INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE ST02 - ONDE P E ONDE SH

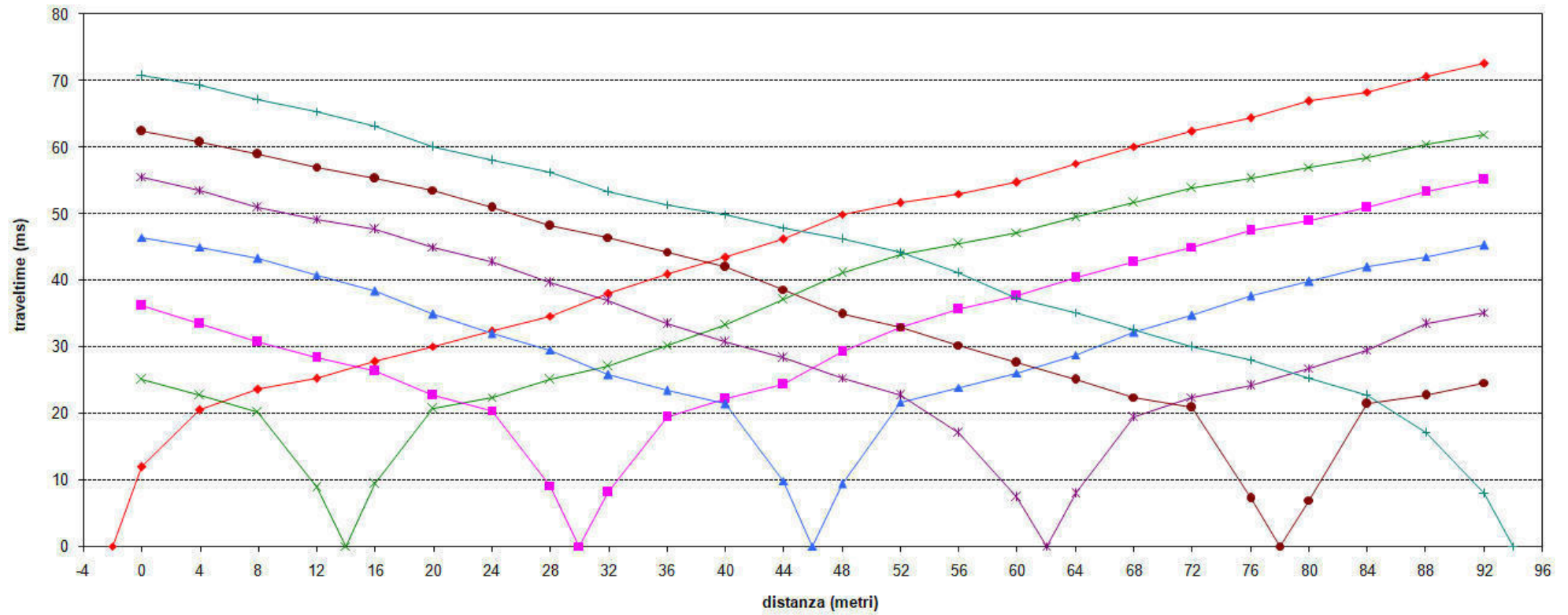
SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

| Geofoni n. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Distanza progressiva (m) | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| Distanza parziale (m) | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Quote geof. (m s.l.m.) | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 |

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE - ONDE SH

| | SCOPPIO 1 | SCOPPIO 2 | SCOPPIO 3 | SCOPPIO 4 | SCOPPIO 5 | SCOPPIO 6 | SCOPPIO 7 |
|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m) | -2,0 | 14 | 30 | 46 | 62 | 78 | 94 |
| QUOTA (m s.l.m.) | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 |

DROMOCRONE ST02 - ONDE P



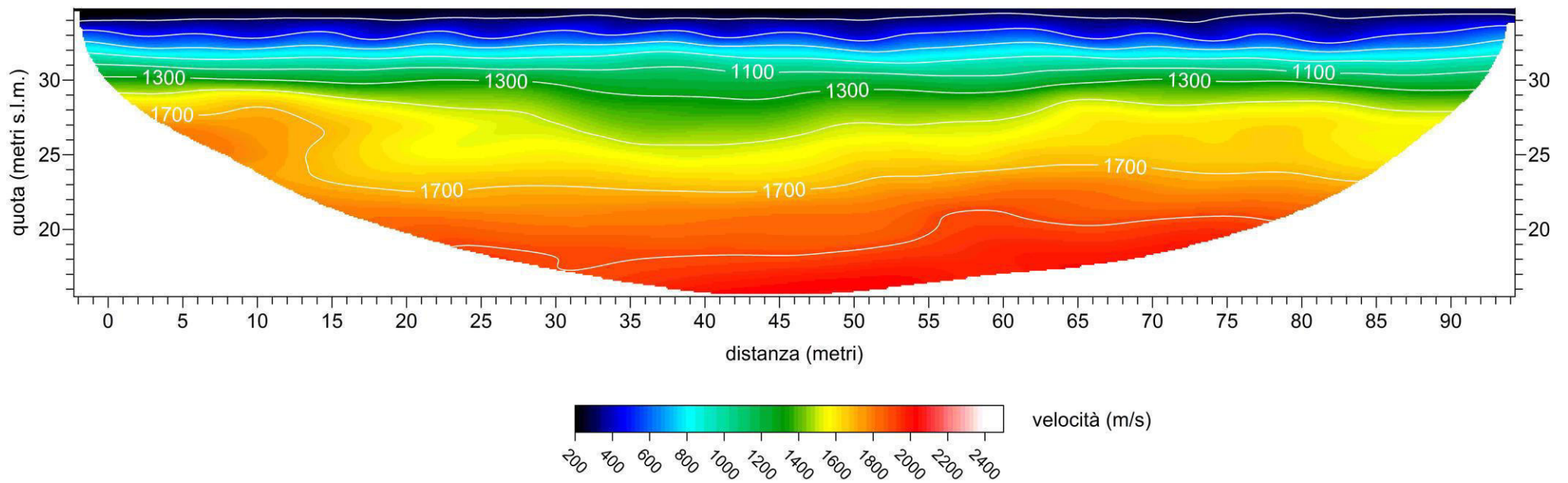
Ovest

ST02 - Tomografia sismica onde P

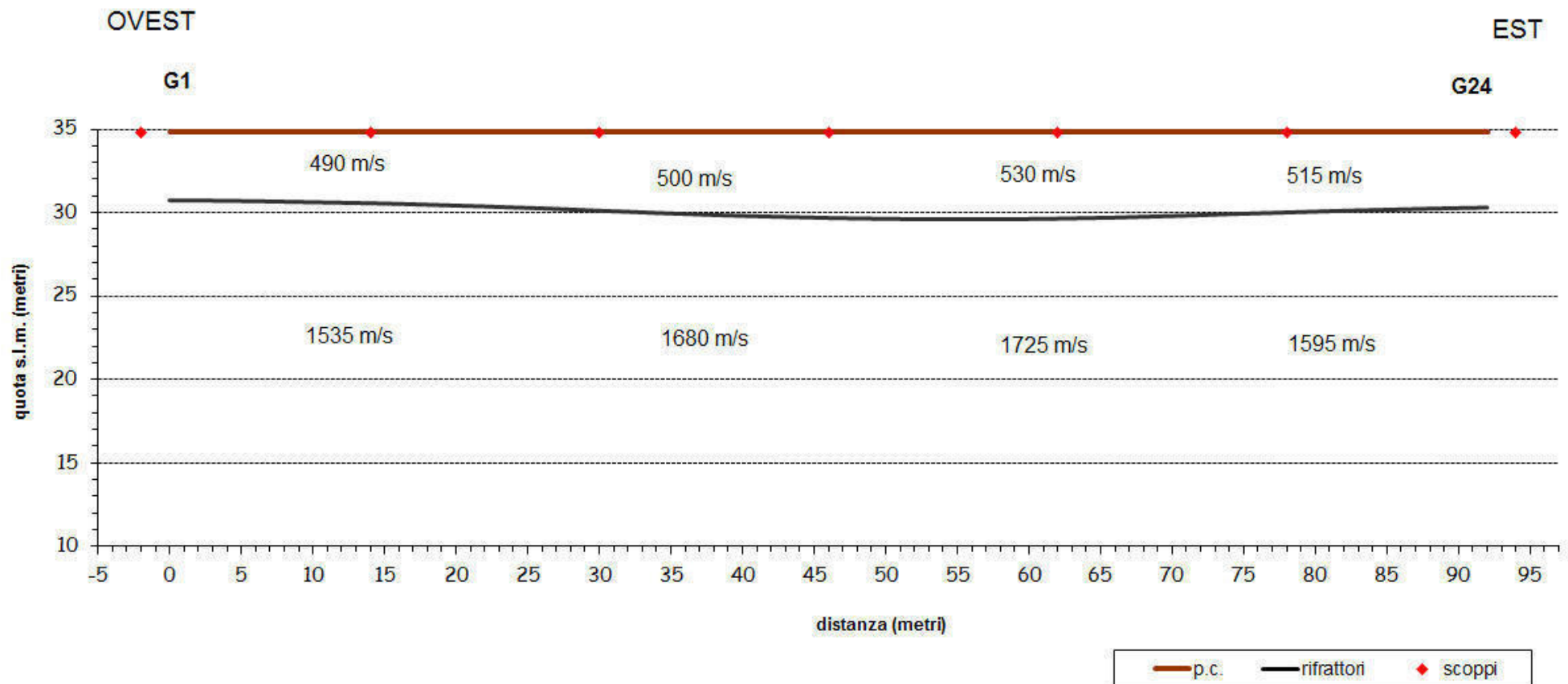
Est

G1

G24

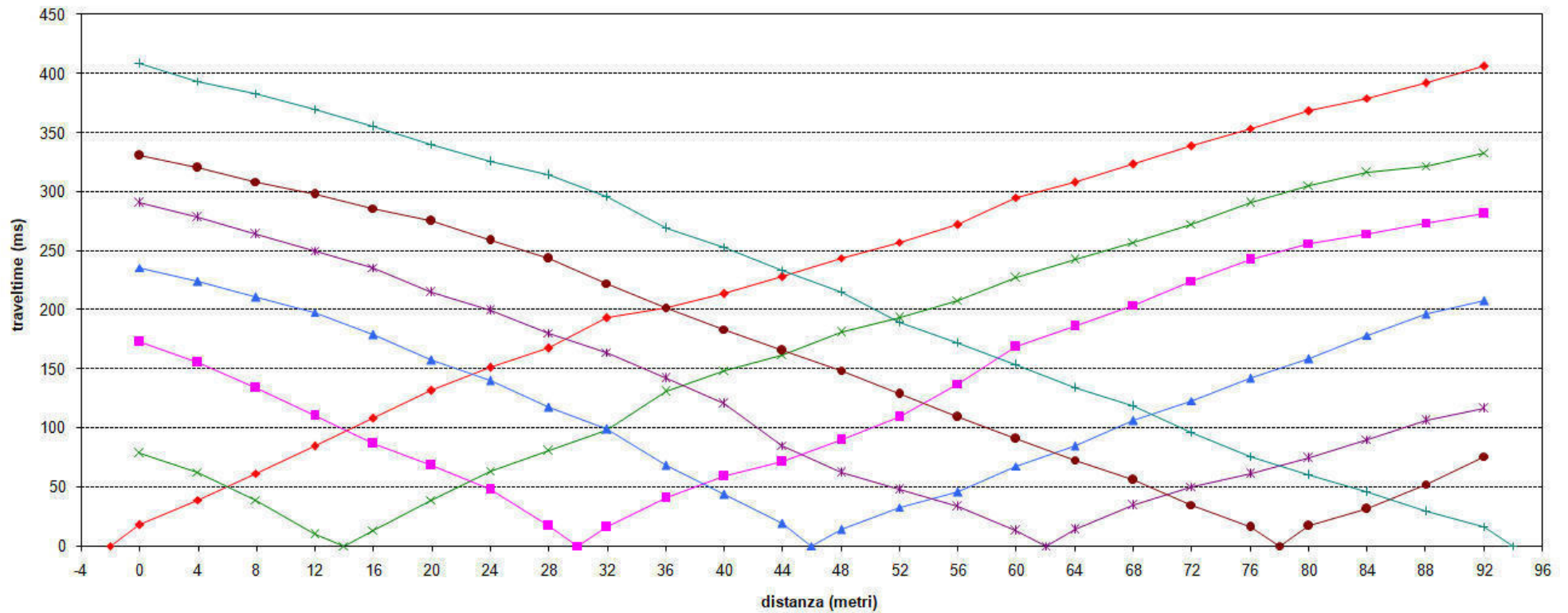


SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ST02 - ONDE P

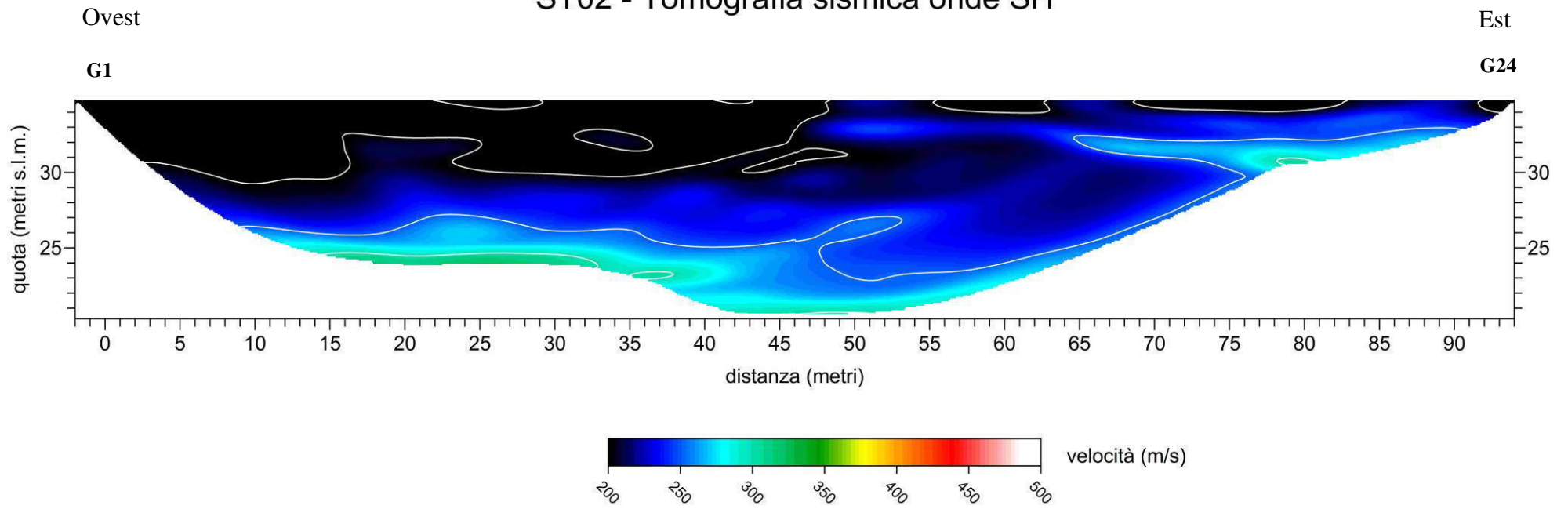


| Tabella velocità e spessori - Linea ST02 - Onde P | | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| Distanza dal geof. 1 | Quota (m. slm) | V1 (m/s) | Spessore 1 (m.) | V2 (m/s) | Spessore 2 (m.) | V3 (m/s) |
| 0 | 34,8 | 491 | 4.1 | 1506 | | |
| 2 | 34,8 | 491 | 4.1 | 1507 | | |
| 4 | 34,8 | 491 | 4.1 | 1510 | | |
| 6 | 34,8 | 491 | 4.1 | 1513 | | |
| 8 | 34,8 | 491 | 4.1 | 1517 | | |
| 10 | 34,8 | 491 | 4.2 | 1523 | | |
| 12 | 34,8 | 491 | 4.2 | 1530 | | |
| 14 | 34,8 | 491 | 4.2 | 1542 | | |
| 16 | 34,8 | 491 | 4.3 | 1552 | | |
| 18 | 34,8 | 491 | 4.3 | 1562 | | |
| 20 | 34,8 | 491 | 4.4 | 1573 | | |
| 22 | 34,8 | 491 | 4.4 | 1587 | | |
| 24 | 34,8 | 491 | 4.5 | 1600 | | |
| 26 | 34,8 | 491 | 4.5 | 1616 | | |
| 28 | 34,8 | 491 | 4.6 | 1632 | | |
| 30 | 34,8 | 491 | 4.7 | 1648 | | |
| 32 | 34,8 | 490 | 4.7 | 1663 | | |
| 34 | 34,8 | 494 | 4.8 | 1677 | | |
| 36 | 34,8 | 499 | 4.9 | 1692 | | |
| 38 | 34,8 | 502 | 4.9 | 1704 | | |
| 40 | 34,8 | 505 | 5.0 | 1716 | | |
| 42 | 34,8 | 512 | 5.0 | 1726 | | |
| 44 | 34,8 | 519 | 5.1 | 1736 | | |
| 46 | 34,8 | 524 | 5.1 | 1746 | | |
| 48 | 34,8 | 529 | 5.1 | 1752 | | |
| 50 | 34,8 | 531 | 5.2 | 1755 | | |
| 52 | 34,8 | 532 | 5.2 | 1755 | | |
| 54 | 34,8 | 537 | 5.2 | 1753 | | |
| 56 | 34,8 | 541 | 5.2 | 1742 | | |
| 58 | 34,8 | 536 | 5.2 | 1735 | | |
| 60 | 34,8 | 530 | 5.2 | 1726 | | |
| 62 | 34,8 | 529 | 5.1 | 1716 | | |
| 64 | 34,8 | 527 | 5.1 | 1705 | | |
| 66 | 34,8 | 529 | 5.1 | 1693 | | |
| 68 | 34,8 | 531 | 5.0 | 1680 | | |
| 70 | 34,8 | 527 | 5.0 | 1667 | | |
| 72 | 34,8 | 522 | 4.9 | 1652 | | |
| 74 | 34,8 | 522 | 4.9 | 1639 | | |
| 76 | 34,8 | 522 | 4.8 | 1625 | | |
| 78 | 34,8 | 522 | 4.8 | 1612 | | |
| 80 | 34,8 | 521 | 4.7 | 1600 | | |
| 82 | 34,8 | 521 | 4.7 | 1589 | | |
| 84 | 34,8 | 520 | 4.6 | 1581 | | |
| 86 | 34,8 | 512 | 4.6 | 1570 | | |
| 88 | 34,8 | 503 | 4.6 | 1561 | | |
| 90 | 34,8 | 504 | 4.5 | 1555 | | |
| 92 | 34,8 | 505 | 4.5 | 1550 | | |

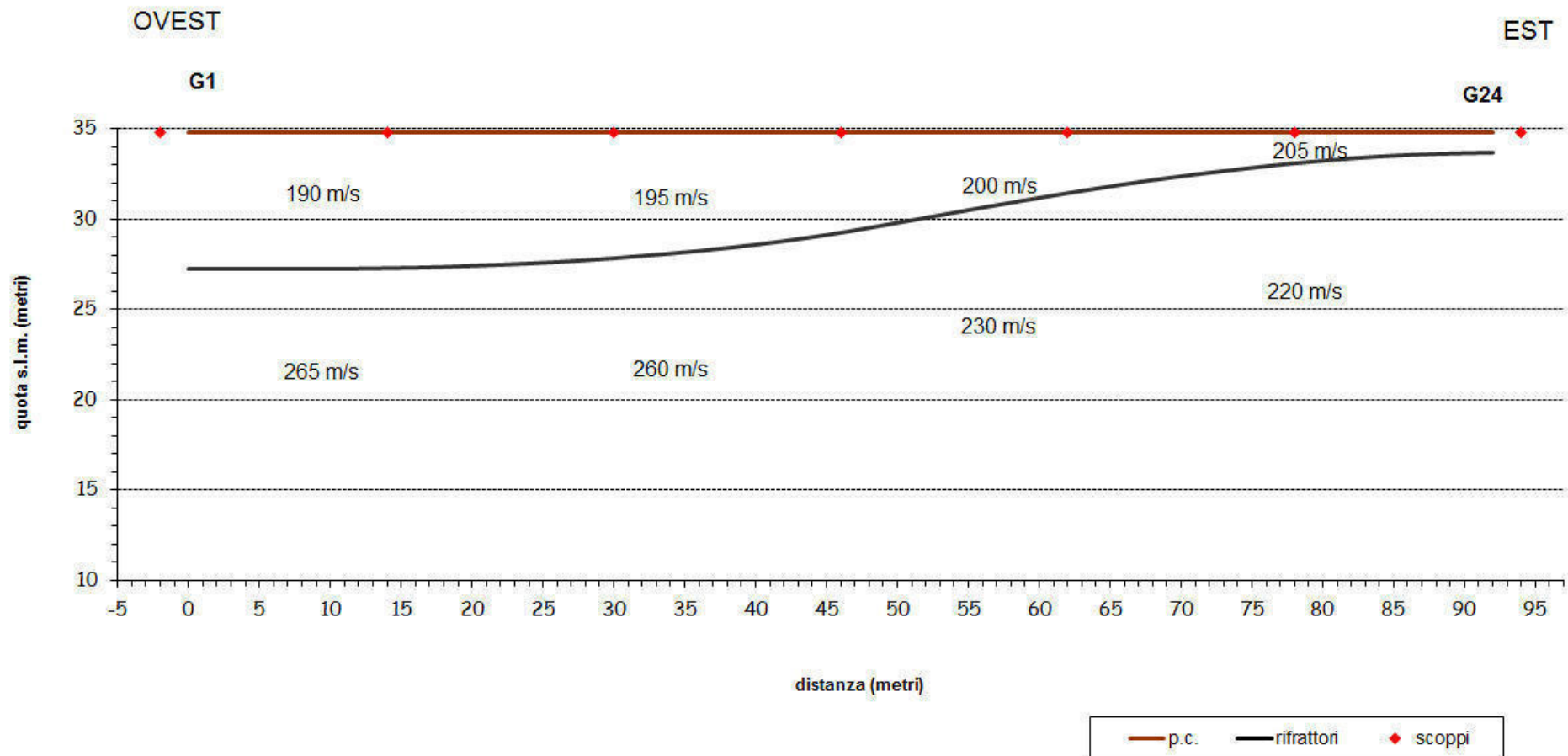
DROMOCRONE ST02 - ONDE SH



ST02 - Tomografia sismica onde SH



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ST02 - ONDE SH



| Tabella velocità e spessori - Linea ST02 - Onde SH | | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| Distanza dal geof. 1 | Quota (m. slm) | V1 (m/s) | Spessore 1 (m.) | V2 (m/s) | Spessore 2 (m.) | V3 (m/s) |
| 0 | 34,8 | 187 | 7.6 | 262 | | |
| 2 | 34,8 | 186 | 7.6 | 262 | | |
| 4 | 34,8 | 186 | 7.6 | 262 | | |
| 6 | 34,8 | 187 | 7.6 | 263 | | |
| 8 | 34,8 | 187 | 7.6 | 263 | | |
| 10 | 34,8 | 187 | 7.6 | 264 | | |
| 12 | 34,8 | 188 | 7.5 | 264 | | |
| 14 | 34,8 | 188 | 7.5 | 264 | | |
| 16 | 34,8 | 189 | 7.5 | 265 | | |
| 18 | 34,8 | 190 | 7.5 | 265 | | |
| 20 | 34,8 | 190 | 7.4 | 265 | | |
| 22 | 34,8 | 192 | 7.3 | 266 | | |
| 24 | 34,8 | 193 | 7.3 | 266 | | |
| 26 | 34,8 | 193 | 7.2 | 267 | | |
| 28 | 34,8 | 193 | 7.1 | 266 | | |
| 30 | 34,8 | 193 | 7.0 | 265 | | |
| 32 | 34,8 | 193 | 6.8 | 263 | | |
| 34 | 34,8 | 193 | 6.7 | 261 | | |
| 36 | 34,8 | 194 | 6.6 | 259 | | |
| 38 | 34,8 | 194 | 6.4 | 257 | | |
| 40 | 34,8 | 194 | 6.2 | 255 | | |
| 42 | 34,8 | 195 | 6.0 | 253 | | |
| 44 | 34,8 | 196 | 5.8 | 251 | | |
| 46 | 34,8 | 196 | 5.6 | 248 | | |
| 48 | 34,8 | 197 | 5.3 | 245 | | |
| 50 | 34,8 | 198 | 5.0 | 242 | | |
| 52 | 34,8 | 200 | 4.7 | 240 | | |
| 54 | 34,8 | 201 | 4.5 | 237 | | |
| 56 | 34,8 | 202 | 4.2 | 235 | | |
| 58 | 34,8 | 203 | 3.9 | 233 | | |
| 60 | 34,8 | 204 | 3.6 | 231 | | |
| 62 | 34,8 | 204 | 3.4 | 228 | | |
| 64 | 34,8 | 204 | 3.1 | 225 | | |
| 66 | 34,8 | 205 | 2.9 | 223 | | |
| 68 | 34,8 | 205 | 2.7 | 221 | | |
| 70 | 34,8 | 205 | 2.4 | 220 | | |
| 72 | 34,8 | 206 | 2.2 | 220 | | |
| 74 | 34,8 | 206 | 2.1 | 219 | | |
| 76 | 34,8 | 206 | 1.9 | 219 | | |
| 78 | 34,8 | 206 | 1.7 | 220 | | |
| 80 | 34,8 | 206 | 1.6 | 220 | | |
| 82 | 34,8 | 206 | 1.5 | 220 | | |
| 84 | 34,8 | 206 | 1.3 | 220 | | |
| 86 | 34,8 | 206 | 1.3 | 220 | | |
| 88 | 34,8 | 206 | 1.2 | 220 | | |
| 90 | 34,8 | 206 | 1.2 | 221 | | |
| 92 | 34,8 | 206 | 1.1 | 221 | | |

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



ALLEGATO 3:

*CERTIFICATI DELL'INDAGINE SISMICA DI TIPO M.A.W.S. E RELATIVA RELAZIONE DI
COMMENTO AI RISULTATI*

*Comune di Campi Bisenzio (FI) – Variante al Regolamento Urbanistico vigente per interventi puntuali
e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato individuato ai sensi dell'art. 224 della LR
65/2014.*

Relazione illustrativa delle M.O.P.S.

**INDAGINE SISMICA
TIPO MASW
PROVA N. 1**

Committente: IdroGeo Service s.r.l.

Oggetto: Studio di Microzonazione Sismica (Livello 1)

Ubicazione: loc. Crocicchio dell'Oro

Comune di Campi Bisenzio (Fi)

Colle di Val d'Elsa, 27/07/2017

Relazione Tecnica

1 - Premessa

Su incarico della Idrogeo Service s.r.l., il giorno 17/07/2017 è stata realizzata una indagine sismica tipo masw in loc. Crocicchio dell'Oro nel Comune di Campi Bisenzio (Fi).

L'ubicazione dello stendimento è riportata negli estratti planimetrici sottostanti (fig.1).

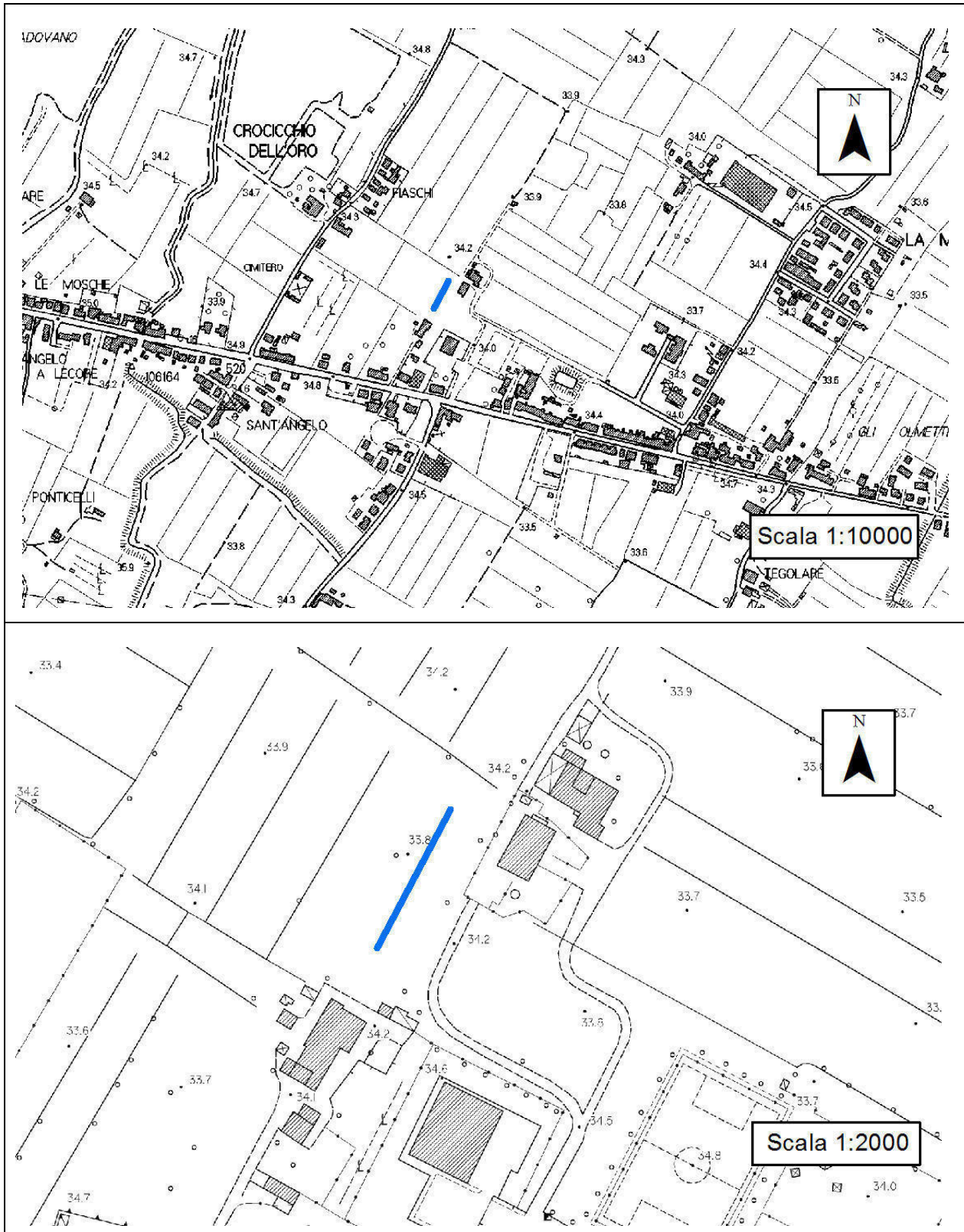


Fig. 1: ubicazione dello stendimento

2 – Indagine MASW

Il modello sismico monodimensionale costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2.1 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un "metodo attivo", le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 4.5 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

2.2 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2,5 m., compatibilmente con le condizioni logistiche e gli spazi disponibili del sito. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

Sono state fatte 4 acquisizioni. Successivamente si è provveduto ad elaborare tutte e 4 le misurazioni valutando la coerenza dei risultati e la loro qualità.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali “con $f = 4.5$ Hz
- 1 Cavo sismico $L = 57.5$ m
- 1 Sorgente Mazza di 10 kg battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni: 2,5 m
- Distanze sorgente: 1° e 24° geofono: 5-10 m.
- Tempo di registrazione: 1.0 s

2.3 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

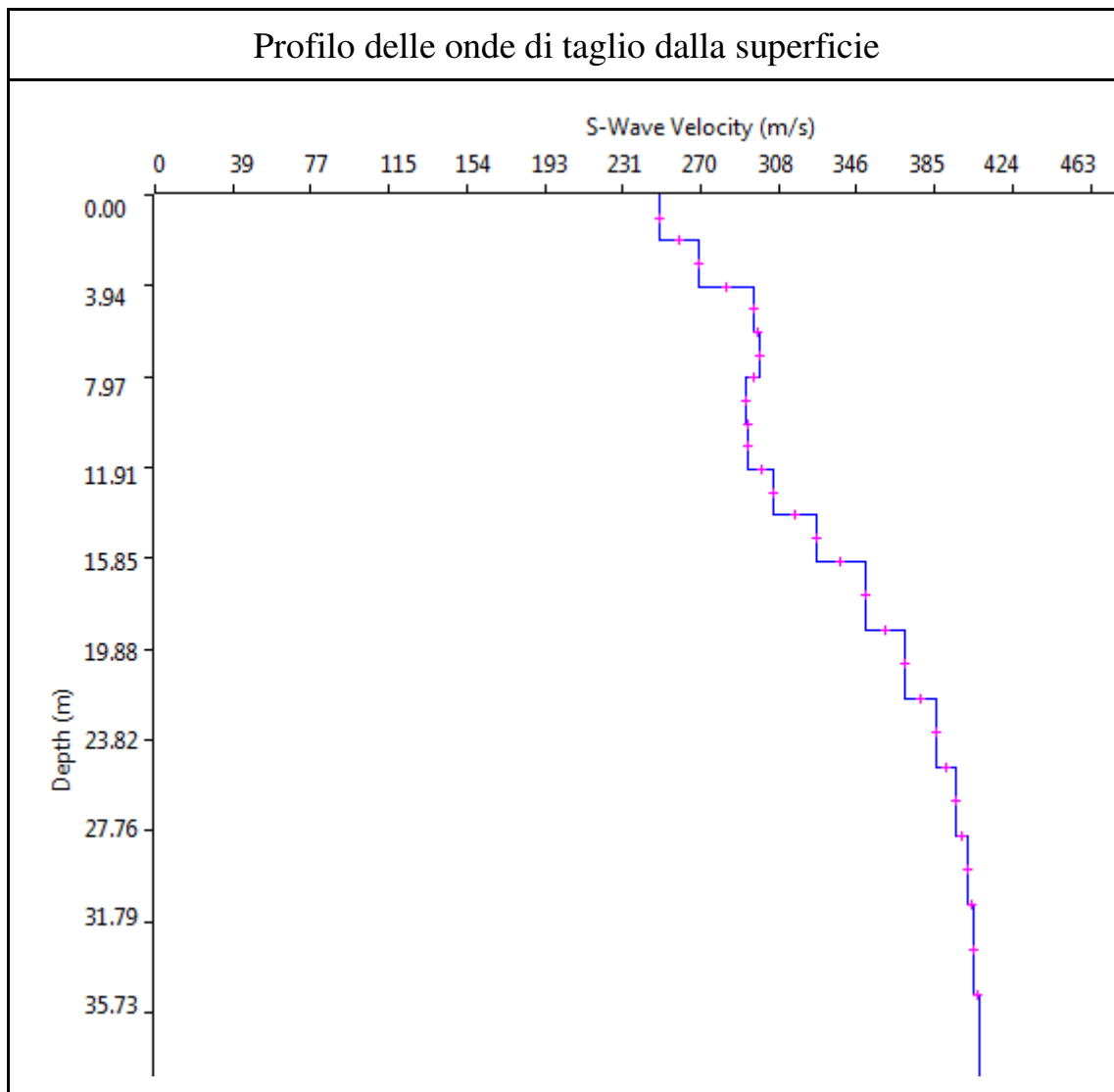
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57,5 m).

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|-----|-----|---------|---------|
| 2 | 0 | 249 | 498 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 2 | 269 | 538 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 4 | 296 | 592 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 6 | 299 | 598 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 8 | 292 | 584 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 10 | 293 | 586 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 12 | 306 | 612 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 14 | 327 | 654 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 16 | 351 | 701 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 19 | 371 | 741 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 22 | 386 | 771 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 25 | 396 | 791 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 28 | 402 | 803 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 31 | 405 | 809 | 0.333 | 1.8 |
| | 35 | 407 | 813 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



2.4 – Calcolo della Vs30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

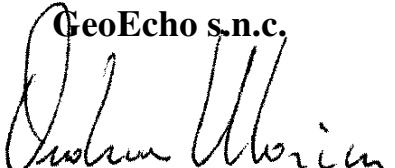
dove Hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 325 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **C** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

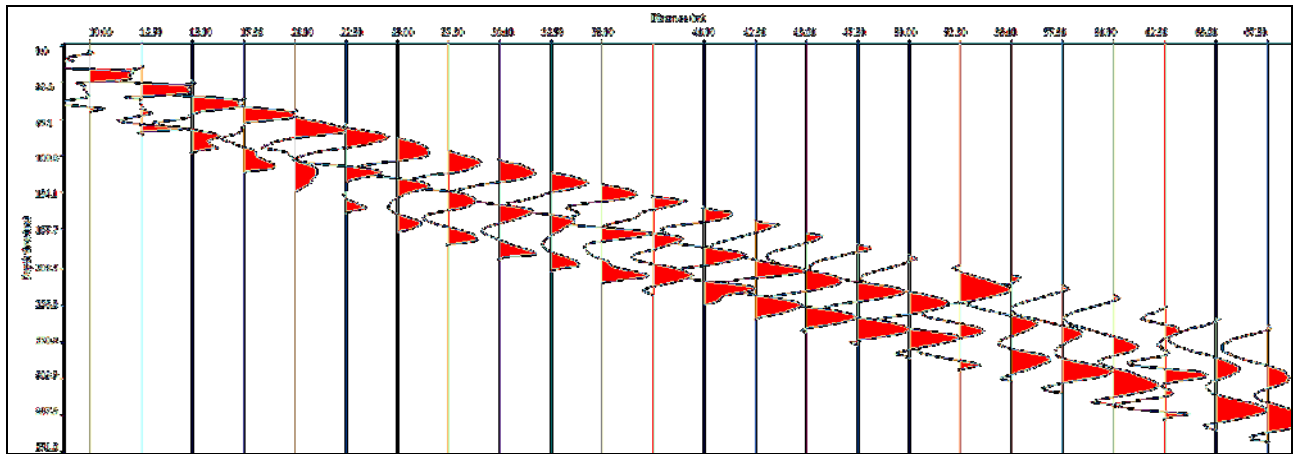
| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

Il Tecnico:.

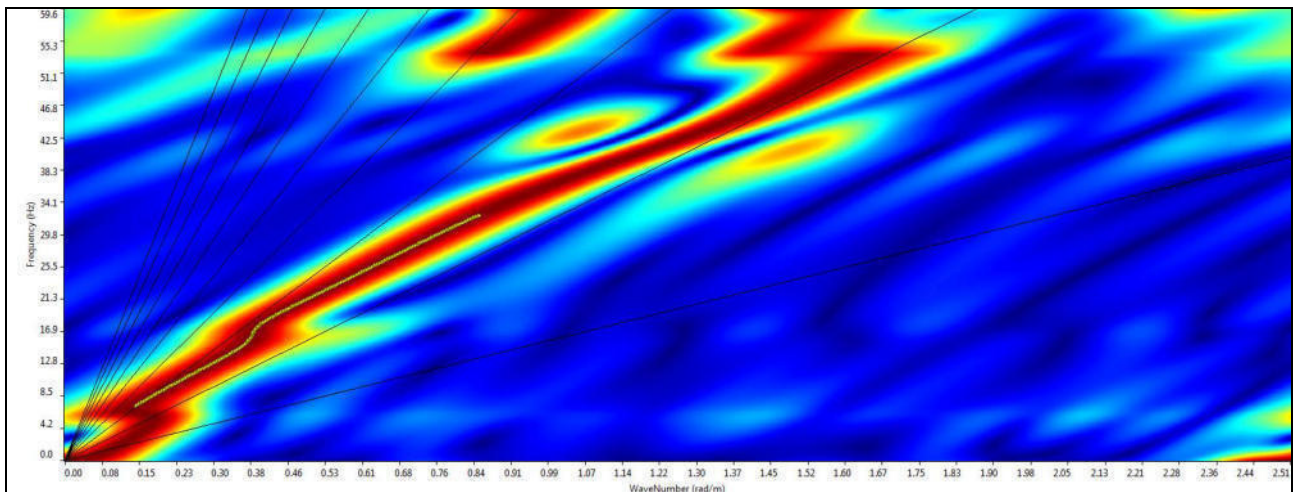
GeoEcho s.n.c.


ALLEGATI
ELABORATI GRAFICI PROVA MASW

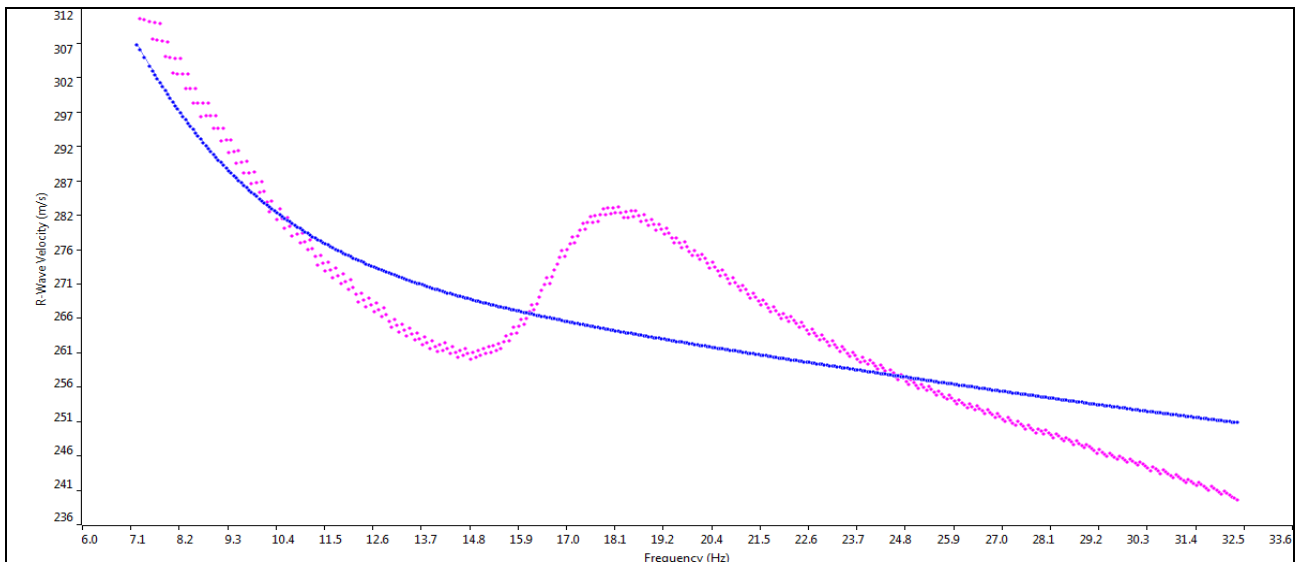
Sismogramma



Spettro F – K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

