

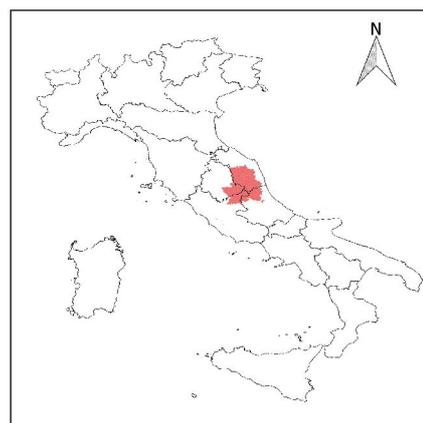
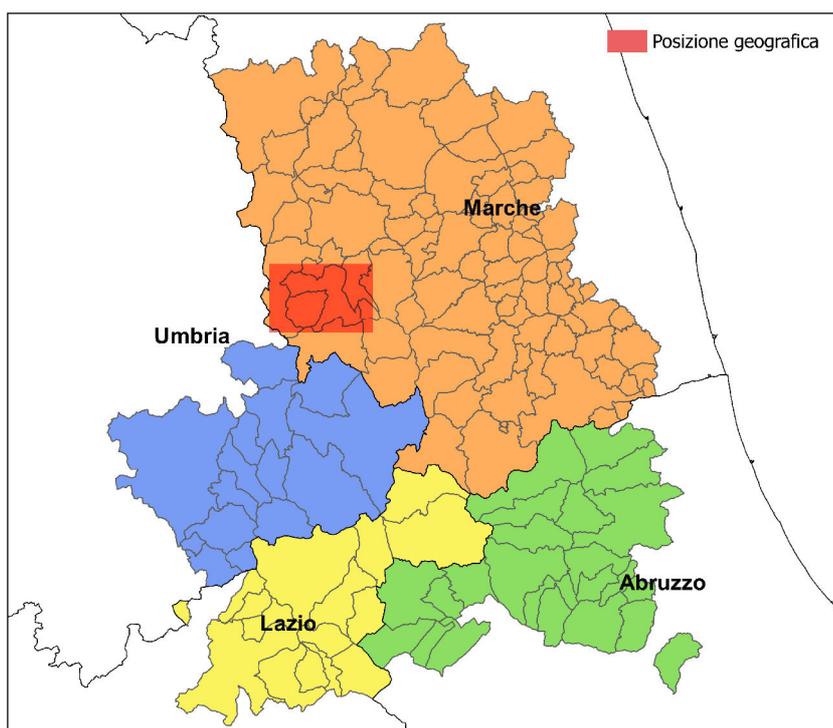


Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Pieve Torina ai sensi  
dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n. 24 registrata  
il 15 maggio 2017 al n. 1065

## MICROZONAZIONE SISMICA

### Relazione Illustrativa

#### Regione Marche Comune di Pieve Torina



Soggetto Realizzatore

dott. geol. Umberto Lenzi  
dott.ssa geol. Alessandra Lenzi  
dott. geol. Simone Pinti

Data e revisione

Integrazioni\_aprile\_2018

**CENTROMS**  
CENTRO PER LA  
MICROZONAZIONE SISMICA  
E LE SUE APPLICAZIONI



STUDIO GEOGNOSTICO  
Lenzi Umberto - Lenzi Alessandra  
60015 FALCONARA M. (AN)  
Via Giacomo Matteotti 41/a  
tel. e fax 071 - 910.861  
Partita I.V.A. 00161790423  
e - mail: lenzicav@libero.it

**DOTT. PINTI SIMONE**  
60030 CASTELBELLINO (AN)  
Contrada Molino 16f/14  
telefono 0731 - 89674  
Partita I.V.A. 02287580423  
e – mail: simone.pinti@tin.it

## INDICE

1.0. <u>Introduzione</u>	Pag. 3
1.1. Finalità dello studio	Pag. 3
1.2. Descrizione generale dell'area	Pag. 4
1.3. Archivi consultati e cartografia di base	Pag. 5
1.4. Aree sottoposte agli studi di MS	Pag. 5
2.0. <u>Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento</u>	Pag. 5
2.1. Sismicità storica dell'area di studio	Pag. 5
2.2. Sismicità recente dell'area di studio	Pag. 6
2.3. Pericolosità sismica di base	Pag. 8
3.0. <u>Assetto geologico e geomorfologico dell'area</u>	Pag. 9
3.1. Inquadramento geomorfologico	Pag. 9
3.2. Inquadramento geologico	Pag. 10
3.3. Assetto stratigrafico	Pag. 10
3.3.1. <i>Unità di copertura</i>	Pag. 10
3.3.2. <i>Substrato geologico</i>	Pag. 11
3.4. Idrografia	Pag. 12
4.0. <u>Dati geotecnici e geofisici</u>	Pag. 13
4.1. Dati pregressi	Pag. 13
4.2. Dati acquisiti ex novo	Pag. 13
5.0. <u>Modello del sottosuolo finalizzato alla MS</u>	Pag. 17
5.1. Unità geologico-tecniche	Pag. 17
5.2. Sezioni geologico-tecniche	Pag. 22
5.2.1. <i>Pieve Torina</i>	Pag. 22
5.2.2. <i>Frazione di Appennino</i>	Pag. 22
6.0. <u>Interpretazioni ed incertezze</u>	Pag. 23

7.0. <u>Metodologia ed elaborazione dei risultati</u>	Pag. 23
7.1. Zone stabili suscettibili di amplificazione	Pag. 23
7.1.1. <i>Scelta dell'input sismico (centro)</i>	Pag. 23
7.1.2. <i>Simulazioni numeriche</i>	Pag. 23
7.1.3. <i>Risultati</i>	Pag. 26
7.2. Zone instabili	Pag. 31
7.2.2. <i>Liquefazione</i>	Pag. 31
8.0. <u>Elaborati grafici</u>	Pag. 31
8.1. Carta delle indagini	Pag. 31
8.2. Carta delle Frequenze	Pag. 32
8.3. Carta Geologico-Tecnica per la MS	Pag. 38
8.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	Pag. 38
8.5. Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3	Pag. 52

## **MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3**

### **DEL COMUNE DI**

### **PIEVE TORINA**

\*\*\*.\*\*\*

#### *Relazione Illustrativa*

#### **1.0. Introduzione.**

##### **1.1. Finalità dello studio.**

Oggetto della presente relazione è lo “Studio di Microzonazione Sismica di Terzo Livello del Comune di Pieve Torina” in attuazione dell’Art. 1 del D.L. n. 8 del 9 febbraio 2017, convertito con modificazioni dalla Legge 7 Aprile 2017 n.45.

Lo studio, descritto di seguito, è stato svolto da un Raggruppamento Temporaneo di Professionisti quali il Dott. Simone Pinti e lo Studio geognostico Lenzi Umberto e Lenzi Alessandra ed ha avuto come obiettivo la realizzazione della Microzonazione sismica di Terzo Livello di parte del Territorio urbanizzato del Comune.

Lo studio è stato condotto in accordo con le più recenti normative e sempre in collaborazione con il Centro MS per la Microzonazione sismica ed in particolare con il Responsabile Prof. Dario Albarello dell’Unità Operativa del Centro MS, Marche 1.

Le attività svolte sono state articolate nel seguente modo:

- 1 - Definizione della pericolosità sismica di base e degli eventi sismici di riferimento per il Comune di Pieve Torina
- 2 - Inquadramento geologico, geomorfologico e litologico delle aree in esame
- 3 - Ampliamento della raccolta dati (già presenti nella microzonazione di 1° livello) con il reperimento presso l’U.T.C. di altre indagini – nel frattempo eseguite – riguardanti tre siti ubicati nel Capoluogo Pieve Torina e consistenti in:
  - n. 2 carotaggi con prova Down Hole in foro
  - n. 6 prove h/v

- 4 - Pianificazione delle indagini che hanno visto la realizzazione di un sondaggio a rotazione spinto fino alla profondità di 14,50 m. (con contestuale n. 1 prova SPT), successivamente condizionato per l'esecuzione di una prova Down Hole, da n. 12 misure del rumore ambientale con metodo a stazione singola e da n. 12 misure delle onde di taglio Vs (MASW).
- 5 - Interpretazione delle prove geofisiche ai fini della definizione del bedrock sismico.
- 6 - Stima della possibile amplificazione sismica locale per 11 siti individuati dall'Amministrazione Comunale.
- 7 - Redazione degli elaborati elencati di seguito secondo gli standard di rappresentazione grafica e archiviazione informatica previsti:
  - Carta delle indagini
  - Carta Geologico - Tecnica
  - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica
  - Carta delle frequenze naturali dei terreni

#### 1.2. Descrizione generale dell'area.

Il comune di Pieve Torina (Codice ISTAT 043038) si trova in Provincia di Macerata ed ha una superficie di 74,80 Km<sup>2</sup>.



Figura 1. Carta della Provincia di Macerata con evidenziato il territorio del Comunale di Pieve Torina

### 1.3. Archivi consultati e cartografia di base.

Per il presente studio ci si è basati, dopo un'attenta verifica, sulla microzonazione di Primo Livello, oltre che sulla Carta tecnica Regionale e sulle carte Geologiche a disposizione.

### 1.4. Aree sottoposte agli studi di MS.

Nella Figura 2 si riporta la carta del disciplinare firmata, dove il Comune ha indicato le zone su cui eseguire la Microzonazione di terzo livello

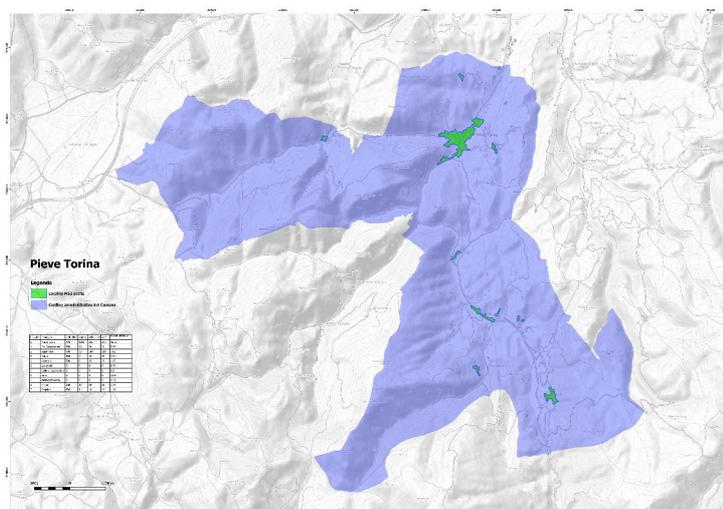


Figura 2. Carta definitiva sottoscritta al disciplinare di incarico

## 2.0. **Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento.**

### 2.1. Sismicità storica dell'area di studio.

Il territorio del Comune di Pieve Torina si trova all'interno della zonazione sismica 923, zona sismogenetica 759 (Moletti e Valsesia 2004) come riprodotto nella Figura 3. La massima magnitudo attesa nella zona è  $M = 5.4$

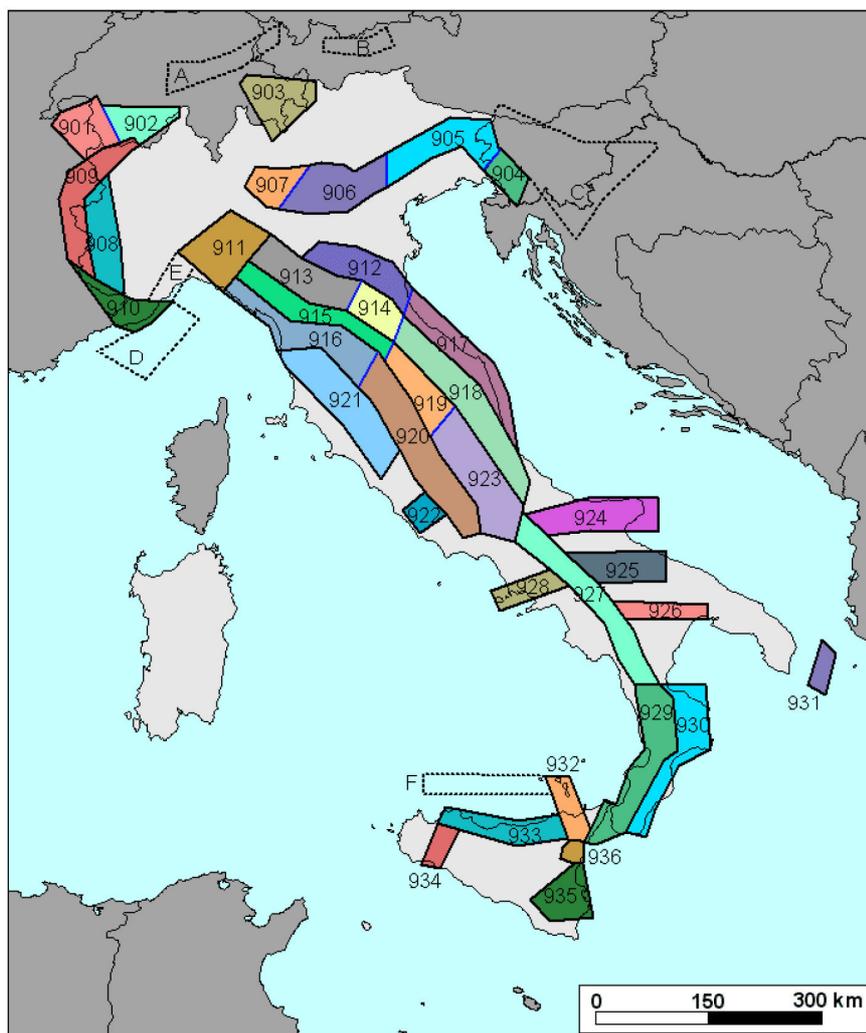


Figura 3. (Moletti e Valsesia 2004)

## 2.2. Sismicità recente dell'area di studio.

La Figura 4 riporta la sequenza sismica dal 1997 al 2017 superiore a 2,5. Sicuramente l'evento sismico più forte è quello avvenuto tra la provincia di Macerata, Perugia ed Ascoli Piceno alla profondità di 9 Km alle 7,30 del mattino del 30 Ottobre 2016.

Tale sisma è risultato essere il più forte dal 1980 da quello dell'Irpinia di magnitudo  $M = 6.5$ .

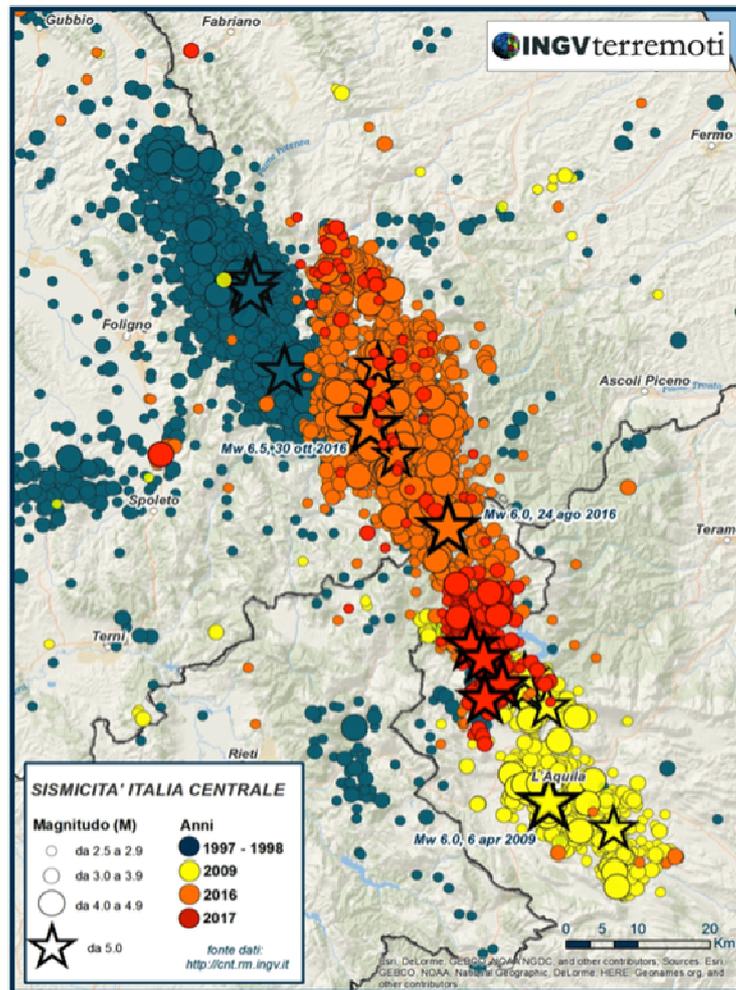


Figura 4. Carta della sequenza sismica dell'Italia centrale dal 1997 al 2017 superiore a 2,5

A tal fine di seguito si riporta l'immagine tratta da INGV – CPTI15 – DBMI15 relativa al Comune di Pieve Torina.

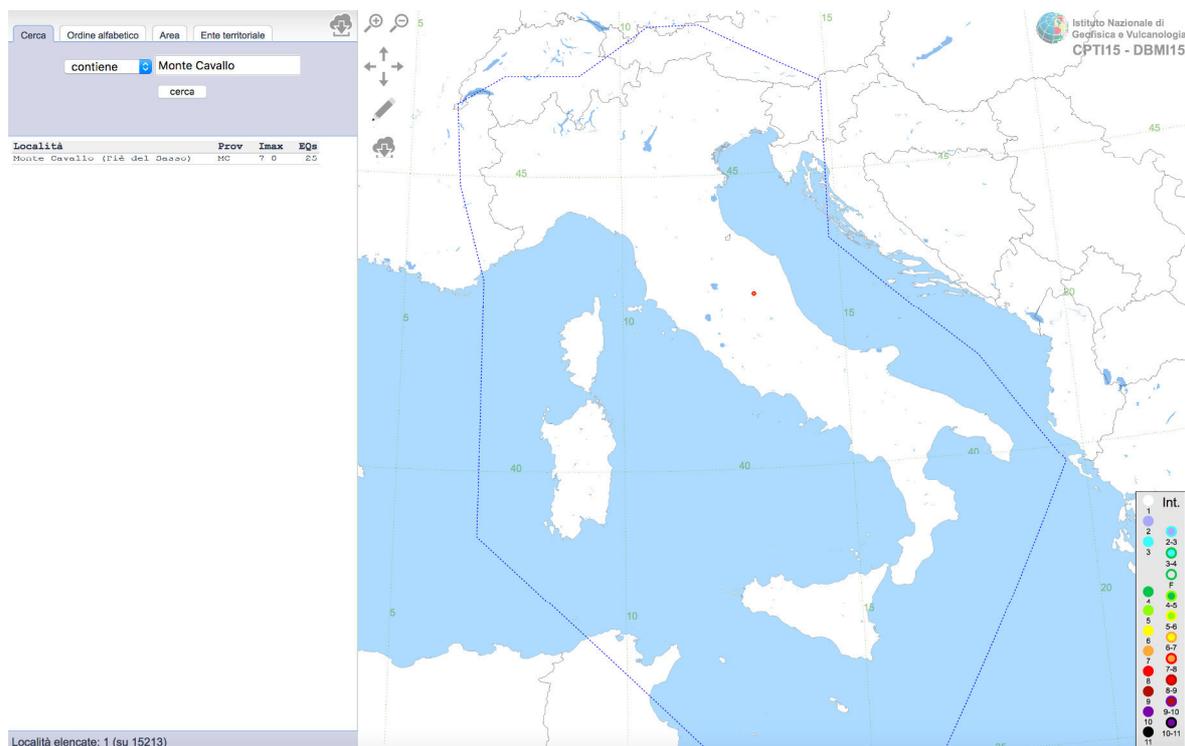


Figura 5. Riferimento sismico del terremoto del 30 ottobre 2016.

### 2.3. Pericolosità sismica di base.

Per quanto riguarda gli accelerogrammi di progetto per il territorio del Comune di Pieve Torina nella figura seguente sono rappresentate le accelerazioni massime attese sul suolo rigido (PGA0) di riferimento secondo le Norme Tecniche Italiane, NTC 2008 relative ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ovvero tempo di ritorno a  $T_r = 475$ : si notino accelerazioni attese comprese tra 0,225g e 0,250g.

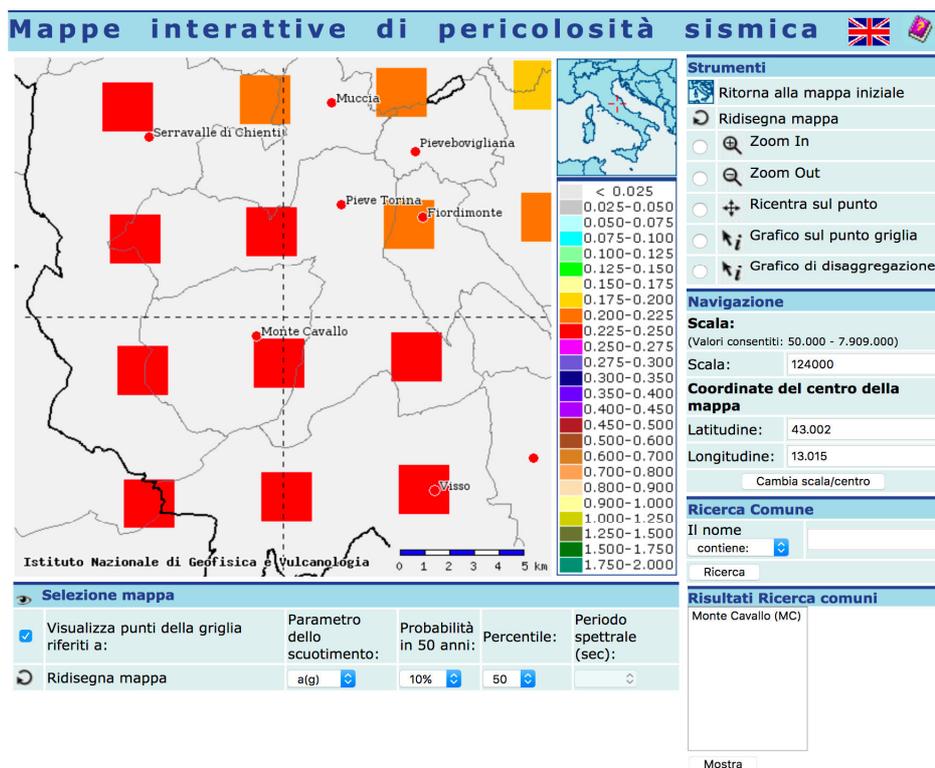


Figura 6. Accelerazioni massime sul suolo rigido attese per il Comune di Pieve Torina

Infine, per la risposta sismica locale sono stati utilizzati sette accelerogrammi forniti dal Centro MS e caricati per ogni comune sul sito FTP.

### 3.0. Assetto geologico e geomorfologico dell'area.

#### 3.1. Inquadramento geomorfologico

Il territorio del Comune di Pieve Torina si trova nella zona sud-occidentale della Provincia di Macerata ed è costituito da un insieme di nuclei abitativi di cui il più esteso è il capoluogo di Pieve Torina da cui prende il nome il comune.

Il territorio è prevalentemente montuoso tranne il capoluogo che è situato in una zona pianeggiante ed i suoi terreni fanno parte della serie giurassico – olocenica.

### 3.2 Inquadramento geologico

Questi ultimi fanno parte della classica sequenza umbro – marchigiana depositi tra il Tortoniano sup. ed il Miocene sup. Oltre alle unità litologiche del substrato geologico sono spesso presenti anche le coltri colluvio-eluviali, i depositi alluvionali, detritici o alluvionali – detritici in molte aree del Comune.

### 3.3. Assetto stratigrafico.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche litologiche presenti sul territorio comunale tra Unità di copertura e Substrato geologico.

#### 3.3.1. Unità di copertura.

##### *Coltre colluvio-eluviale*

Rappresentano tipicamente le coperture dei versanti meno acclivi: sono principalmente di natura limoso-sabbiosa debolmente argillosa, a grado di addensamento medio-basso, con uno spessore generalmente al di sotto dei 10 m. E' distribuita piuttosto uniformemente su tutte le aree oggetto di studio, eccezion fatta per la località Tazza.

##### *Detrito di falda.*

Tale deposito è piuttosto frequente essendo costituito dal disfacimento dei rilievi calcari posti a monte di questi. Sono presenti coltri detritiche anche di notevoli spessori, omogenee e talora molto addensate, a luoghi cementate.

Il detrito è costituito da ghiaie, ghiaie – sabbiose, sabbie e ciottoli e talora possono essere presenti elementi lapidei di dimensioni maggiori.

Come detto la loro origine è data dal disfacimento del materiale soprastante e da movimenti gravitativi anche di notevole dimensione come per l'abitato di Tazza e Fiume.

*Depositi alluvionali attuali e recenti.*

Costituiti principalmente da ghiaie in matrice sabbiosa o limosa più o meno abbondante; tali ghiaie sono costituite da elementi calcarei arrotondati. Questi depositi sono ben presenti nel capoluogo del Comune di Pieve Torina e – in misura minore, negli abitati di Pie' Casavecchia e Fiume.

*Travertini.*

Trattasi di una roccia sedimentaria calcarea generatasi da un ambiente continentale subaereo dove la soluzione calcarea ha avuto modo di ristagnare e depositarsi avendo subito vari cicli di emersione e sommersione. Tali depositi sono presenti solo a Fiume.

*3.3.2. Substrato geologico.*

Si elencano brevemente le unità presenti sul territorio comunale dalla più recente alla più antica.

*Schlier.*

Sono marne, marne calcaree e calcari marnosi fittamente stratificati di colore grigiastro. Tale formazione si trova a Casavecchia Alta, Seggiole e ad Antico.

*Bisciario.*

Trattasi di calcari marnosi grigi, marne calcaree e marne argillose grigie fittamente stratificate con strati da sottili a medi; ha uno spessore tra i 30 ed i 40 m.

Tale formazione è presente ad Antico, Casavecchia Alta, Seggiole, Colle di Casavecchia-Varoncelli ed Appennino.

*Scaglia Cinerea.*

Fitta alternanza di sottili strati di calcari di marne calcaree, marne argillose talora anche calci medi. Naturalmente nella parte bassa prevale la facies calcarea grigio – chiara mentre la parte superiore è caratterizzata da un aumento della componente

argillosa che assume una colorazione grigio verdastria; presenta uno spessore compreso tra i 100 ed i 150 m.

Tale formazione è distribuita uniformemente su tutte le aree oggetto di studio, in particolare affiora diffusamente negli abitati di Pieve Torina, Tazza, Pie' Casavecchia e Fiume.

#### *Scaglia Variegata.*

Alternanza di calcari e calcari marnosi policromi e marne con strati da sottili a medi anch'esse policrome. Il passaggio stratigrafico sia a tetto che a letto non è sempre ben comprensibile; ha uno spessore tra i 25 ed i 30 m.

Anche questa formazione risulta essere presente esclusivamente a Capriglia e nel margine sud-occidentale dell'abitato di Pieve Torina.

#### *Scaglia Rossa.*

E' costituita da calcari, calcari marnosi, micriti e marne calcaree con selce rossa presente sia in noduli che in liste.

Presente una stratificazione ben evidente anche se talvolta molto caoticizzata. Talora mostra una fitta stratificazione con strati sottili, talora gli strati assumono spessori pluridecimetrici.

La colorazione tipica varia dal rosso al rosa; lo spessore varia da 300 a 350 m.

La scaglia è presente solamente a Capriglia e nel margine sud-occidentale dell'abitato di Pieve Torina.

### 3.4. Idrografia.

Il territorio del Comune di Pieve Torina ricade nel Bacino imbrifero del Fiume Chienti ed è anche il suo corso d'acqua principale.

In esso affluiscono, da ovest, il Torrente S. Angelo ed il Torrente Vasaino, mentre a sud confluiscono il Torrente Vallicetto ed il fosso Capriglia che, unendosi, generano appunto il Fiume Chienti.

#### 4.0. **Dati geotecnici e geofisici**

##### 4.1. Dati pregressi

Sono state inserite tutte le indagini pregresse presenti nella microzonazione di primo livello, tuttavia per le varie modellazioni necessarie per la MS di Livello III si sono utilizzate solo quelle indagini aventi i dati originari da input (indagini in località Pieve Torina con due Down Hole e degli HVSR).

##### 4.2. Dati acquisiti ex novo

Come detto le indagini hanno visto la realizzazione di un sondaggio a rotazione spinto fino alla profondità di 14,5 m. condizionato, per una prova Down Hole, da n. 15 misure del rumore ambientale con metodo a stazione singola e da n. 12 misure delle onde di taglio Vs (MASW).

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito è stata eseguita un'indagine di sismica superficiale mediante il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW.

##### Strumentazione utilizzata

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali;

un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso della massa 12.2 gr) con frequenza propria 4.5 Hz (Masw), ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali prodotte da una specifica sorgente;

un sistema di acquisizione dati: Sismografo ECHO 24-2010 della Ditta Ambrogeo srl con memoria dinamica a 16 bit composto da 12 data loggers a 2 canali ciascuno per un totale di 24 canali, n° 2 cavi sismici telemetrici di 60 m ciascuno, il si-

stema è in grado di registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale dal sistema di ricezione;

un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta (piastra metallica), consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

Indagine MASW: metodologia ed acquisizione

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio VS, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da uno stendimento linea-

re di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 2-100Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa tra i 10m ed i 50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente e presenta una maggiore affidabilità per profondità di circa 20m. Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S. I vantaggi della tecnica M.A.S.W. possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
- buona risoluzione.

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

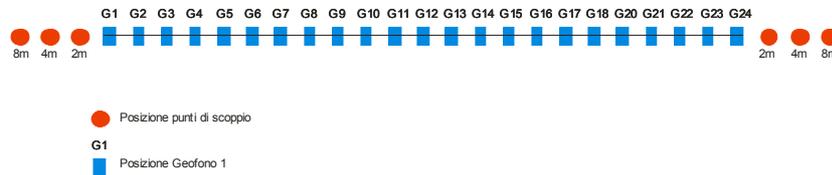
- Creazione dello spettro FK;
- Ricerca del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;
- Profilo di velocità delle onde s.

I limiti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali ed omogenei, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata sia dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°. Nell'area indagata le condizioni sopra riportate sono quasi del tutto rispettate. Si rammenta in ogni caso che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira generalmente attorno al 10-20 %.

La "copertura" dei tiri sulla base sismica è stata tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alla profondità stabilita dall'indagine. L'elaborazione è stata eseguita tramite il software MASW (Roma, 2007). L'acquisizione è stata eseguita posizionando i 24 geofoni da 4.5 Hz, secondo la seguente configurazione spaziale e temporale:

- Lunghezza stendimento ricevitori: 46 m; n. geofoni: 24; distanza intergeofonica: 2m

- n. punti di energizzazione: 6; offset sorgenti: 2 m, 4m e 8m; durata acquisizione: 1000 ms; intervallo di campionamento: 0.0478 ms



**Fig. 1:** Geometria di acquisizione ed ubicazione punti di energizzazione.

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Per tale scopo viene utilizzato un sismografo 24 bit GEOBOX prodotto dalla ditta Sara Instruments Srl (frequenza di risonanza 0.45 Hz).

Lo strumento (GeoBox – Sara Instrument) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione, alimentato a batterie, senza cavi esterni.

Le procedure di analisi dati per stazioni singole H/V sono le seguenti:

dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero si ricava la curva H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), avendo utilizzato i seguenti parametri:

larghezza delle finestre d'analisi 20 s,

lisciamento secondo finestra Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 20/40),

rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

La curva H/V viene riprodotta creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

Tale operazione è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo che può essere la profondità, nota tramite prove dirette (Sondaggi eseguiti in situ), di un riflettore sismico il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V (Castellaro e Mu-

largia, 2008) o la velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) del primo strato nota da altre indagini.

#### 5.0. **Modello del sottosuolo finalizzato alla MS.**

Vista la complessità del territorio e la sua estensione, non esiste un modello univoco per l'intera zona ma, ogni piccolo centro abitato è stato trattato a sé coprendo in modo completo le aree individuate dai comuni.

A tale scopo si sono utilizzate le misure di rumore ambientale a stazione singola HVSR. Le misure sono state poi riportate nella carta delle frequenze in allegato.

#### 5.1. Unità geologico-tecniche.

Sulla base delle informazioni disponibili (riferibili principalmente alle risultanze degli Studi di MS di Primo Livello), i risultati delle prove sismiche eseguite hanno permesso di suddividere le aree oggetto di MS di Livello III in tredici MOPS, ognuna delle quali caratterizzata da analogo comportamento sismico (parametro di riferimento:  $V_s$ ) a fronte di caratteristiche geologiche per quanto possibile analoghe (parametro di riferimento: Tipo\_gt):

- *2006 (Inversione di riferimento: Pieve Torina – Via Angelini)*

La microzona comprende tutta la porzione di territorio pianeggiante su cui sorge l'abitato di Pieve Torina; è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali recenti e attuali costituiti da ghiaie in matrice sabbiosa o limosa più o meno abbondante. Sia le indagini sismiche reperite (Down-Hole eseguiti presso nuovo plesso scolastico e Caserma Forestale) che quelle eseguite ex novo (inversione congiunta di Via Angelini) hanno evidenziato la presenza - per i primi metri - di alluvioni da poco a mediamente addensate, caratterizzate da una  $V_s$  di circa 350 m/sec; subito sotto si passa a depositi molto addensati (a luoghi cementati) caratterizzati da  $V_s \approx 800$  m/sec, costituenti quindi il substrato sismico di riferimento; alla profondità di circa 18-29 m è rinvenibile il

substrato geologico (SCC) su cui si è deposta la copertura alluvionale, caratterizzato da  $V_s > 1.000$  m/sec;

- *2007 (Inversione di riferimento: Pieve Torina - Via Pascoli)*

La microzona 2007 è rinvenibile principalmente in località Pieve Torina (porzione orientale dell'abitato di raccordo tra la parte bassa e la parte alta; lembo sud-occidentale in località Roti) e subordinatamente in località Fiume e Appennino. E' caratterizzata dalla presenza in superficie di coltre colluvio-eluviale (per uno spessore di circa 4/5 m con  $V_s$  di circa 200 m/sec), poggianti su substrato geologico costituito da Scaglia Cinerea ( $V_s$  variabili da circa 400 m/sec per la porzione fratturata più superficiale, a circa 600 m/sec);

- *2008 (Inversione di riferimento: Pieve Torina – Via Mattarella)*

Interessa tutto il margine nord dell'abitato di Pieve Torina (oltre a un lembo in località Roti, nell'estrema porzione sud-orientale), e limitate porzioni del nucleo di Pie' Casavecchia a ridosso della piana alluvionale. Anche in questo caso si hanno in affioramento coltri detritiche di limitato spessore (5/6 m;  $V_s$  circa 200 m/sec), poggianti su substrato geologico (SCC) con velocità  $V_s$  di circa 700 m/sec;

- *2009 (Inversione di riferimento: Pie' Casavecchia)*

Riguarda principalmente la porzione pianeggiante su cui è ubicato l'agglomerato di Pie' Casavecchia, e in second'ordine, da una limitata area in località Fiume, in aderenza alla S.P. In affioramento si trovano i depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi recenti e attuali – da poco a mediamente addensati – fino alla profondità di circa 15/19 m ( $V_s$  media 370 m/sec); il substrato di appoggio è costituito – anche in questo caso – da Scaglia Cinerea, caratterizzata da  $V_s > 1.000$  m/sec;

- *2010 (Inversione di riferimento: Appennino\_3)*

Rinvenibile nell'estrema porzione meridionale dell'abitato di Appennino, in corrispondenza della porzione terminale di una conoide alluvionale detritica (spessore circa 4/6 m;  $V_s$  media 330 m/sec), e molto limitatamente, nell'abitato di Seggiole; Scaglia Cinerea come basamento geologico, caratte-

rizzato da Vs medie variabili da 670 m/sec per la porzione superficiale fratturata e Vs media > 900 m/sec per quella integra;

- *2011 (Inversione di riferimento: Tazza)*

E' stata cartografata esclusivamente in località Tazza, in cui è rinvenibile una coltre detritica avente uno spessore variabile tra 3 e 7 m (Vs media 550 m/sec), poggiante su Scaglia Cinerea con Vs medie variabili da circa 700 m/sec per la porzione superficiale fratturata e Vs media > 930 m/sec per quella integra;

- *2012 (Inversione di riferimento: Fiume)*

Interessa esclusivamente il centro abitato di Fiume in corrispondenza dei depositi di travertino affioranti fino alla profondità di circa 11/15 m (Vs media 340 m/sec); il basamento geologico è costituito da Scaglia Cinerea (Vs di circa 750 m/sec);

- *2099-1 (Inversione di riferimento: Appennino\_1)*

Riguarda fundamentalmente la porzione orientale dell'abitato di Appennino e – marginalmente – porzioni più o meno estese in corrispondenza degli abitati di Pie' Casavecchia, Tazza e Pieve Torina. Presentano tutte in affioramento Scaglia Cinerea fratturata/alterata, caratterizzata da Vs passanti da 730 m/sec a oltre 1.100 m/sec a partire da una profondità media di circa 17 m;

- *2099-2 (Inversione di riferimento: Appennino\_2)*

Interessa principalmente la porzione occidentale dell'abitato di Appennino (con Bisciario in affioramento) e – in subordinatamente – la parte alta occidentale dell'abitato di Pieve Torina e lembi isolati in località Fiume (Scaglia Cinerea). Il substrato affiorante si presenta per i primi metri estremamente fratturato (anche per presenza di particolari condizioni strutturali e morfologiche quali faglie ravvicinate (Fiume) e creste molto accentuate (Appennino) con velocità Vs variabili da circa 300 m/sec per la porzione superficiale più alterata a circa 650 m/sec;

- *2099-3 (Inversione di riferimento: Capriglia)*  
E' stata cartografata esclusivamente nell'abitato di Capriglia, in cui il substrato in affioramento, costituito da Scaglia Variegata e Scaglia Cinerea, è caratterizzato da Vs medie passanti da 320 m/sec per la porzione superficiale fratturata (pochi metri), a oltre 800 m/sec per quella integra;
- *2099-4 (Inversione di riferimento: Seggiole)*  
Si trova solamente in corrispondenza dell'abitato di Seggiole, in cui si riscontra la presenza di Bisciaro e – in subordine - Scaglia Cinerea in affioramento, entrambi fratturati e/o alterati. Le Vs passano da circa 300 m/sec relativamente ai primi 10 m, a circa 740 m/sec (intervallo 10÷30 m), per poi superare i 1.000 m/sec;
- *2099-5 (Inversione di riferimento: Casavecchia Alta)*  
Riscontrabile negli abitati di Casavecchia Alta, Colle di Casavecchia, Varoncelli e Antico, in corrispondenza degli affioramenti litoidi di Schlier e Bisciaro rinvenibili in egual misura. Anche in questo caso si presentano superficialmente alterati e/o fratturati (primi 10 m circa) con Vs media di 360 m/sec, per poi passare a Vs > 950 m/sec in corrispondenza della porzione integra;
- *2099-6 (Inversione di riferim.: loc. Collattoni - Comune di Monte Cavallo)*  
Per l'estrema porzione sud-occidentale dell'abitato di Pieve Torina (località Roti), in considerazione delle affinità geologiche dei due siti, sono stati presi come riferimento i dati sismici risultanti dal processo di inversione congiunta effettuato in località Collattoni del Comune di Monte Cavallo (per il quale ci si è avvalsi della medesima strumentazione e dei medesimi codici di calcolo). La Scaglia Rossa in affioramento si presenta anche in questo caso alterata e fratturata per i primi 10 m circa, con Vs media 650 m/sec; si passa poi a Vs > 1.100 m/sec in corrispondenza della porzione non alterata.

In considerazione delle descrizioni sopra riportate, la tabella che segue riporta sinteticamente le principali caratteristiche geologico-sismiche:

MOPS	SPESS. MIN (m)	SPESS. MAX (m)	TIPO _GT	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
2006	7	14	GM	deposito alluv. poco addens. (MTIbn)	TC	578	536	621
	11	15	GP	deposito alluv. molto addens. (MTIbn)	SS	> 800		
			ALS	SCC	SS	> 800		
2007	4	5	ML	Coltre colluvio-eluviale (MUSb2)	TC	210	200	220
	3	4	ALS	SCC S.F.	SG	391	370	412
			ALS	SCC	SG	617	597	636
2008	5	6	ML	Coltre colluvio-eluviale (MUSb2)	TC	208	202	214
			ALS	SCC	SS	811	664	957
2009	15	19	GM	deposito alluv. poco addens. (MTIbn)	TC	299	287	312
			ALS	SCC	SS	> 800		
2010	4	6	GM	Detrito di versante (MUSa)	TC	324	282	366
	26	37	ALS	SCC S.F.	SG	676	508	844
			ALS	SCC	SS	> 800		
2011	8	9	GM	Detrito di versante (MUSa)	TC	552	543	561
	7	8	ALS	SCC S.F.	SG	717	707	727
			ALS	SCC	SS	> 800		
2012	11	15	GW	Travertini (MUSf1)	TC	341	303	378
			ALS	SCC S.F.	SG	755	643	867
2099-1	13	22	ALS	SCC S.F.	SG	731	613	849
			ALS	SCC	SS	> 800		
2099-2			ALS	SCC/BIS S.F.	SG	559	507	610
2099-3	3	4	ALS	SCC S.F.	SG	321	301	342
			ALS	SCC	SS	815	701	929
2099-4	10	13	ALS	SCC/BIS/SCH S.F.	SG	309	279	340
	28	33	ALS	SCC/BIS/SCH	SG	740	663	817
			ALS	SCC/BIS/SCH	SS	> 800		

<b>2099-5</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	ALS	BIS/SCH S.F.	SG	365	274	456
	<b>19</b>	<b>40</b>	ALS	BIS/SCH	SS	> 800		
			ALS	BIS/SCC	SS	> 800		

<b>2099-6</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	ALS	SAA S.F.	SG	655	574	735
			ALS	SAA	SS	> 800		

## 5.2. Sezioni geologico-tecniche.

Sono state eseguite sezioni geologiche per tutti i centri abitati individuati dal Comune. Di seguito si descriveranno solo due sezioni relative una al Capoluogo di Pieve Torina e una di Appennino.

### 5.2.1. Pieve Torina

La sezione del maggior centro abitato di Pieve Torina è una sezione piuttosto lineare presentando un materasso alluvionale con spessore piuttosto uniforme, pari a circa 27÷33 m. nel centro della valle, per poi assottigliarsi ai suoi lati. Dalle indagini eseguite si è potuto riscontrare che il Substrato Sismico non coincide con il Substrato Geologico: infatti il primo si riscontra già intorno ai 5 m. dal piano campagna mentre il Substrato Geologico è stato reperito intorno ai 27 m.

### 5.2.2. Frazione di Appennino

La frazione Appennino, pur presentando il Substrato Geologico affiorante per tutto il suo nucleo abitativo, mostra sia una morfologia complessa, soprattutto nel suo punto più alto, sia un substrato molto fratturato tanto che le indagini sismiche non hanno riscontrato il Substrato Sismico.

## 6.0. Interpretazioni ed incertezze.

Vista la complessità del territorio del Comune di Pieve Torina dovuta alla differenziazione geologica e geomorfologica, si è cercato comunque di investigare in modo piuttosto completo cercando di dare un'uniformità ed una risposta ad ogni variazione individuata.

## 7.0. Metodologia ed elaborazione dei risultati.

### 7.1. Zone stabili suscettibili di amplificazione.

Tutte le aree individuate dal Comune sono zone stabili suscettibili di amplificazione sismica.

#### 7.1.1. Scelta dell'input sismico.

Sono stati scelti 7 accelerogrammi dal Centro di microzonazione come input sismico.

#### 7.1.2. Simulazioni numeriche

##### - **Analisi della risposta sismica mediante modellazione 1D**

Per le analisi di terzo livello in corrispondenza dei siti indicati dall'Amministrazione comunale di Pieve Torina, sono stati realizzati studi di risposta sismica locale attraverso simulazioni numeriche del moto sismico dal substrato roccioso alla superficie.

Per lo studio di risposta sismica locale è stato utilizzato il codice STRATA, programma di RSL numerico 1D di libero utilizzo eseguendo l'analisi di RSL (Risposta Sismica Locale) utilizzando come input spettri derivanti da quelli di risposta provenienti dalla teoria sismologica di sorgente.

Il codice di calcolo STRATA opera nel dominio delle frequenze e modella il comportamento non lineare dei terreni mediante il metodo lineare equivalente, in cui il sottosuolo è schematizzato mediante una successione di strati orizzontali sovrapposti omogenei (modelli 1D).

Tale studio è stato applicato a tutte le tredici MOPS individuate nelle aree oggetto di MS di terzo livello del Comune di Pieve Torina inserendo per ognuna i seguenti parametri:

- Lo scuotimento sismico (accelerogramma) su basamento sismico affiorante, ovvero su un sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale (moto di input). Per questo studio di MS sono stati forniti dal Centro MS, incaricato dal coordinamento per la microzonazione di terzo livello secondo quanto previsto dal Decreto Legge n. 8 del 9 Febbraio 2017 (Nuovi interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del 2016 e del 2017) convertito con modificazioni dalla Legge 7 aprile 2017 n. 45), sette accelerogrammi rappresentativi della risposta sismica locale associata a eventi con tempi di ritorno di 475 anni
- Il profilo di velocità delle onde S ( $V_s$ ) fino alla profondità corrispondente al basamento sismico, ovvero al tetto di un ammasso roccioso o terreno rigido caratterizzato da valori di  $V_s$  pari a 800 m/sec o superiori
- Il peso di volume del substrato sismico e dei vari litotipi componenti la colonna stratigrafica della MOPS
- Le curve di decadimento del modulo di taglio normalizzato ( $G/G_0$ ) e del rapporto di smorzamento  $D$  in funzione della deformazione di taglio per ciascuno dei materiali presenti nella colonna stratigrafica definita per la MOPS (il Centro MS, sulla base di tutti i campioni di materiale ricevuti dai vari comuni costituenti il raggruppamento "Marche 1", ha associato ad ogni tipologia presente nel territorio il relativo modulo di taglio normalizzato e il rapporto di smorzamento).

Una volta costruita la colonna sismo-stratigrafica della MOPS e associato il corrispondente profilo di velocità  $V_s$  (i cui valori sono stati ottenuti dalle elaborazioni delle inversioni congiunte eseguite), i calcoli sono stati eseguiti ogni volta per tutti e 7 gli accelerogrammi di input.

Alla fine del processo iterativo di calcolo, il codice STRATA permette di calcolare per ogni singola MOPS tutti i parametri richiesti dal disciplinare, ovvero:

- il fattore di amplificazione FA relativo ai tre intervalli di periodo T richiesti dal disciplinare (ovvero 0.1-0.5 sec; 0.4-0.8 sec 0.7-1.1 sec);
- sette accelerogrammi calcolati in superficie, uno per ogni spettro di input
- sette spettri di risposta elastici al 5% di smorzamento in superficie.

Per quanto riguarda l'identificazione del fattore di amplificazione FA per i tre periodi di riferimento, STRATA restituisce per ogni simulazione di calcolo (per ognuno dei sette accelerogrammi di input caratteristici del sito oggetto di studio) cento spettri di risposta calcolati in superficie e di cento spettri relativi all'input di riferimento su substrato rigido.

Riguardo i primi, quello che interessa è lo spettro "mediano" (identificabile nella penultima colonna della restituzione dei risultati in forma tabellare), mentre per i secondi, tutte le colonne conterranno i medesimi valori dato che il moto di input è uno solo.

Copiando tali dati (lo spettro "mediano" calcolato in superficie e quello su substrato rigido) su un foglio Excel appositamente predisposto dal Centro MS, è possibile ottenere per ogni MOPS i tre valori di FA richiesti.

In merito infine alla selezione – dai cento ottenuti da STRATA - dei sette accelerogrammi e dei sette spettri di risposta in superficie per ogni moto di input (così come richiesto dal disciplinare), è stato predisposto dal Centro MS un secondo foglio di calcolo Excel che permette la selezione degli accelerogrammi e degli spettri di risposta che meglio approssimano lo spettro "mediano" utilizzato in precedenza per il calcolo dei fattori di amplificazione.

- **Analisi della risposta sismica mediante modellazione 2D**

L'analisi di risposta sismica condotta mediante l'uso del codice STRATA con un approccio lineare equivalente 1D non consente di tenere conto di effetti indotti dalla presenza di marcate variazioni laterali nelle proprietà sismiche dei corpi geologici sepolti, né di quelli provocati da morfologie complesse della superficie del terreno. Questi ultimi effetti possono indurre marcate variazioni dello scuotimento anche a piccola scala ovvero all'interno della specifica Microzona Omogenea in Prospettiva Sismica (MOPS), la cui effettiva omogeneità è garantita solo in prima approssimazione, ovvero alla scala della microzonazione sismica. Anche gli esiti prodotti dallo studio di microzonazione sismica di livello III, in quanto finalizzati alla valutazione del livello di pericolosità sismica alla scala dell'abitato, non possono essere considerati sostitutivi di una specifica analisi di risposta sismica locale finalizzata alla progettazione o alla verifica sismica del singolo manufatto. Tuttavia può risultare utile valutare preliminarmente l'entità degli effetti non considerati nella modellazione 1D della risposta sismica mediante l'uso di appositi abachi o modellazioni più avanzate.

7.1.3. Risultati

- **Modellazione 1D**

La tabella che segue riassume i parametri di input utilizzati per la modellazione attraverso il codice di calcolo STRATA:

MOPS	Tipo_gt	Peso di volume $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	Vs media (m/sec)	Spessore (m)
2006	GM	19,15	350	3,00
	GP	21,00	827	19,00
	SS	21,20	1043	H/S
2007	ML.1	18,50	160	2,00
	ML.2	19,00	260	3,00
	SFALS	20,00	391	3,00

	SG	20,50	617	H/S
2008	ML.1	18,50	163	2,00
	ML.2	19,00	252	4,00
	SS	20,80	811	H/S
2009	GM.1	18,60	229	11,00
	GM.2	20,20	511	6,00
	SS	21,20	1019	H/S
2010	ML.1	18,50	186	3,00
	ML.2	19,50	460	3,00
	SFALS	20,00	676	30,00
	SS	21,00	921	H/S
2011	GM	19,50	552	9,00
	SFALS	20,00	717	7,00
	SS	21,00	931	H/S
2012	GW	19,50	341	13,00
	SG	20,50	755	H/S
2099.1	SFALS	20,00	731	17,00
	SS	21,00	1104	H/S
2099.2	SFALS.1	20,30	304	4,00
	SFALS.2	20,50	660	H/S
2099.3	SFALS	20,00	321	4,00
	SS	21,00	815	H/S
2099.4	SFALS	20,00	309	11,00
	SG	20,70	740	32,00
	SS	21,30	1090	H/S
2099.5	SFALS	20,20	365	10,00
	SS	21,20	960	H/S
2099.6	SFALS	20,60	655	10,00
	SS	21,00	1105	H/S

Per ogni MOPS individuata, la modellazione 1D permette di ottenere i seguenti parametri sismici:

- Valore del coefficiente di amplificazione FA per tre intervalli di periodo (0,1-0,5 sec; 0,4-0,8 sec; 0,7-1,1 sec)
- N. 7 accelerogrammi calcolati in superficie, uno per ogni spettro di input
- N. 7 spettri di risposta elastici al 5% di smorzamento in superficie, uno per ogni spettro di input

Le elaborazioni effettuate hanno fornito schematicamente – per il valore del fattore di amplificazione FA - i seguenti risultati:

MOPS	FA (intervallo periodo 0,1-0,5 sec)	FA (intervallo periodo 0,4-0,8 sec)	FA (intervallo periodo 0,7-1,1 sec)
2006	1,40**	1,10**	1,00**
2007	1,56	1,14	1,08
2008	1,76	1,23	1,13
2009	1,69	1,69	1,45
2010	1,55*1,2=1,86	1,25	1,14
2011	1,21	1,06	1,03
2012	1,57	1,24	1,13
2099-1	1,22	1,06	1,03
2099-2	1,09-1,91 (1,09x1,75)	1,02	1,01
2099-3	2,05* (1,14x1,8)	1,02	1,01
2099-4	1,67	1,28	1,15
2099-5	1,62 – 2,59 (1,62*1,6)	1,22	1,12
2099-6	1,14	1,03	1,01

\* valori ottenuti moltiplicando il fattore di amplificazione FA ottenuto attraverso la modellazione 1D per un coefficiente di amplificazione topografica in considerazione delle particolari condizioni morfologiche delle aree (presenza di crinali molto accentuati con rapporto H/L > 0,4 in località Appennino, Capriglia, Casavecchia alta e Colle di Casa-

vecchia); inoltre, presentando la MOPS 2010 di Appennino pendenze superiori al 15%, per il periodo  $0,1 < T < 0,5$  sec è stato adottato un  $F_a = 1,86$

\*\* valori derivati dal confronto con i risultati ottenuti con la modellazione 2D

Gli accelerogrammi e gli spettri di risposta – come previsto dagli Standard MS 4.0b, sono allegati nella struttura di archiviazione dati.

#### - **Modellazione 2D**

A questo scopo vengono esaminati i risultati di una modellazione numerica 2D su una sezione rappresentativa delle condizioni del sottosuolo del territorio indagato in modo da valutare il possibile scostamento dai valori di FA ottenuti nelle diverse MOPS con quelli dedotti in alcuni punti dall'analisi 2D della risposta sismica. Questa analisi è stata condotta dal Centro di Microzonazione Sismica utilizzando un codice agli elementi finiti (LSR\_2D prodotto dalla ditta STACEC S.p.A) che implementa l'algoritmo lineare equivalente QUAD4M (Idriss et al., 1994) e seguendo le prescrizioni definite nei protocolli operativi definiti nell'ambito delle attività di microzonazione sismica nell'area dell'Italia Centrale. Dato che si tratta comunque di un'analisi di microzonazione sismica non finalizzata alla progettazione, i dati relativi ai valori di Vs assunti per le diverse formazioni (gruppi\_GT) corrispondono alla mediana degli intervalli di variazione assegnati alla formazione considerata. Non è stato fatto alcun tentativo di ottimizzazione in rapporto alle misure disponibili localmente.

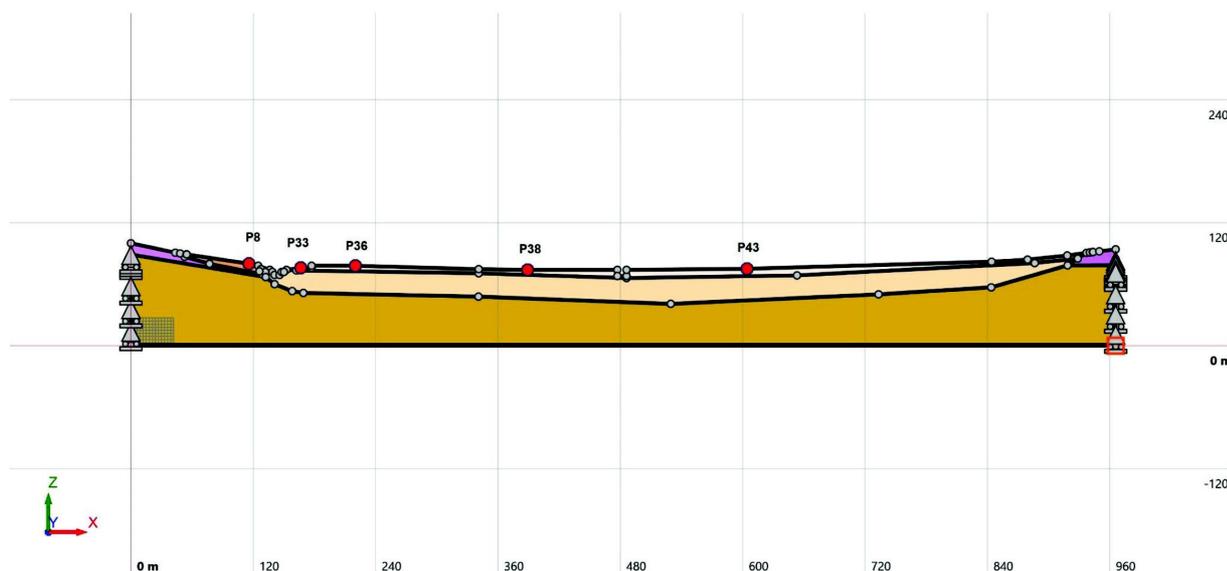
In alcuni punti della sezione giudicati rappresentativi degli effetti attesi, sono stati ricavati di fattori di amplificazione (FA) nelle tre fasce di periodo di vibrazione, gli spettri di risposta relativi ai sette accelerogrammi rappresentativi della pericolosità sismica di riferimento (moto di input) e i sette accelerogrammi alla superficie. I valori di FA sono stati confrontati con quelli dedotti per la stessa MOPS dall'analisi 1D per valutarne la relativa congruità. Nel caso in cui questi ultimi risultassero meno cautelativi i risultati della modellazione 1D sono stati sostituiti da

quelli dedotti dalla modellazione 2D. Il confronto è stato eseguito utilizzando i seguenti criteri:

1. il parametro guida è il valore di FA nell'intervallo 0.1-0.5 s
2. lo scarto tra i valori di FA ottenuti dalla modellazione 1D e quella 2D sia  $\geq 0.2$

La tabella e lo schema a seguire sintetizza i risultati ottenuti per la sezione A-A1 che attraversa il centro abitato del capoluogo Pieve Torina:

	P8	P33	P36	P38	P43
FA(0.1-0.5)	1.3	1.0	1.3	1.2	1.4
FA(0.4-0.8)	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1
FA(0.7-1.1)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



Confrontando i valori di cui sopra con quelli ottenuti nella modellazione 1D (riferibili a una verticale nella porzione marginale della valle dove è sito l'abitato di Pieve Torina, corrispondente al P33 della sezione), essi risultano assolutamente confrontabili, avendo ottenuto valori di amplificazione  $FA = 1,12/1,03/1,01$ .

Avendo tuttavia la modellazione 2D (che tiene conto anche di altri fattori quali le variazioni laterale delle proprietà sismiche dei corpi geologici sepolti) messo in luce la possibilità di avere – man mano che ci si avvicina al centro della valle –

una maggiore amplificazione (valori compresi tra 1,3 e 1,5), in via cautelativa per la microzona omogenea 2006 sono stati assegnati i valori di FA corrispondenti alla verticale P43 e quindi pari a 1,40/1,10/1,00.

## 7.2. Zone instabili.

Nel territorio comunale praticamente non si sono riscontrate aree instabili nelle zone oggetto della microzonazione di terzo livello.

### 7.2.2. Liquefazione.

I terreni del presente comune non sono soggetti al fenomeno della liquefazione per cui non si è ritenuto necessario eseguire alcuna verifica in merito.

## 8.0. **Elaborati grafici.**

Occorre preliminarmente sottolineare la scelta di redarre la cartografia su una base cartografica in scala 1:2.000 (rilievi aerofotogrammetrici gentilmente messi a disposizione dall'Ufficio Tecnico Comunale di Pieve Torina), in considerazione delle dimensioni – a volte piuttosto limitate – delle aree oggetto di MS di terzo livello.

### 8.1. Carta delle indagini.

Le frazioni del Comune di Pieve Torina sono costituite da aggregati di medie dimensioni; sono comunque realtà contenute e le indagini si sono concentrate per lo più nelle aree più urbanizzate. Le indagini pregresse sono per lo più sondaggi a rotazione - talora con trivelsonda - sempre piuttosto corti e atti a verificare le condizioni stratigrafiche per le caratteristiche geotecniche.

Le nuove indagini, prevalentemente di natura sismica, hanno permesso di dare nuove informazioni per la risposta sismica di questi litotipi.

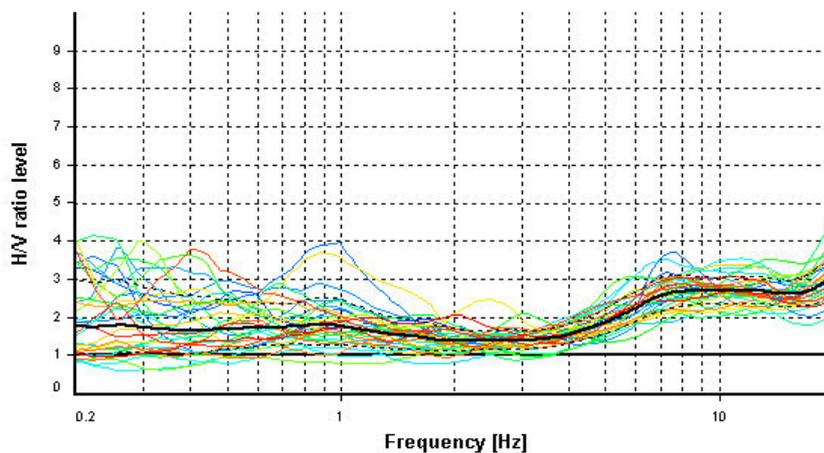
## 8.2. Carta delle Frequenze.

Di seguito si sono esaminate tutte le indagini sismiche HVSR eseguite nelle varie aree per la MS di Livello 3.

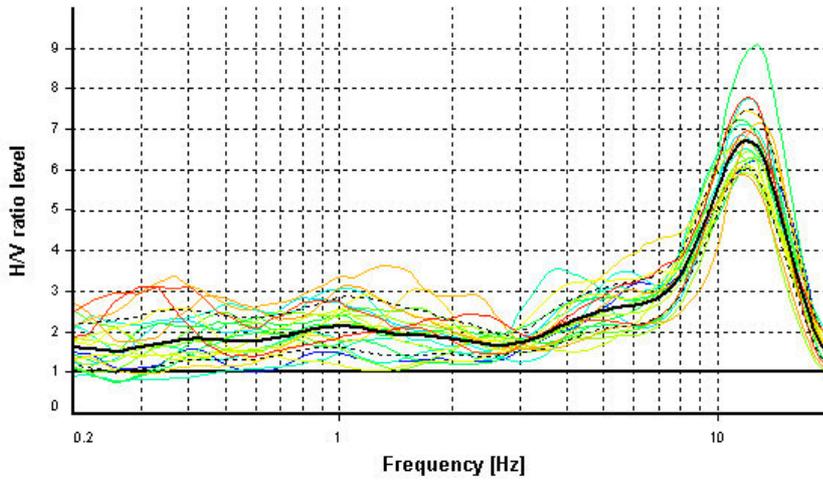
La carta è stata redatta utilizzando le frequenze sotto indicate.

### Pieve Torina.

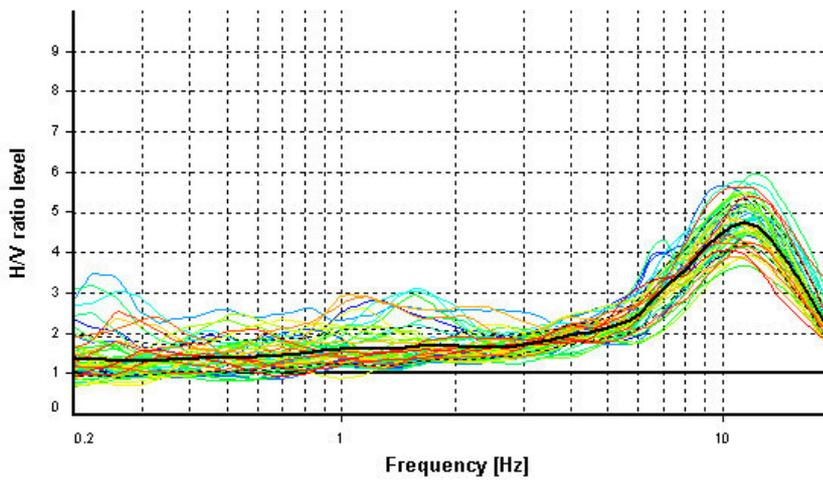
Pieve Torina, come detto, è il Capoluogo dove sono state eseguite 6 HVSR. Confrontando i risultati ottenuti si può osservare che gli HV effettuati nella piana alluvionale risultano avere picchi di poco maggiori di 10,00 Hz. L'indagine eseguita sul lato della valle alluvionale in via Angelini conferma la tendenza mostrando un debole picco alla frequenza di 9,4 Hz.



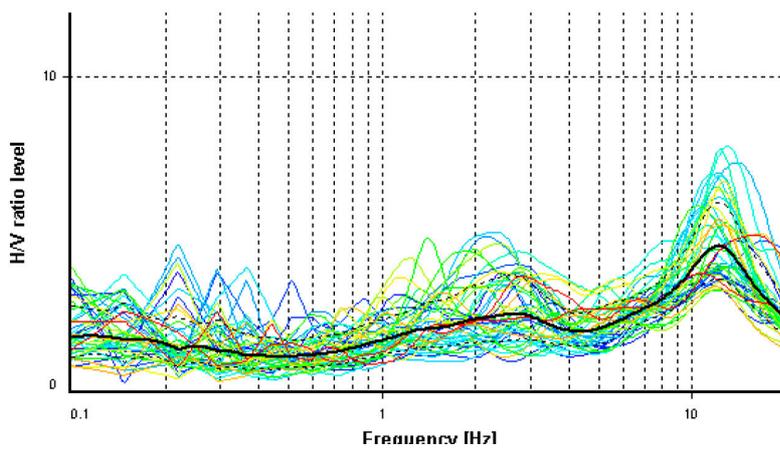
Pieve Torina - Via Angelini



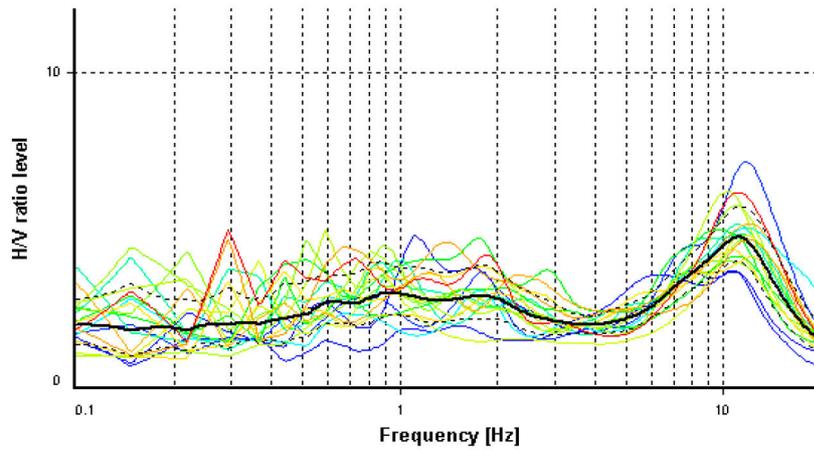
Pieve Torina - Via Mattarella



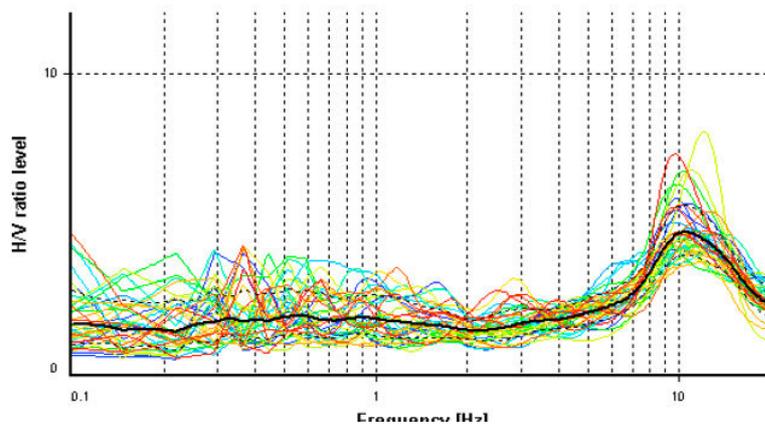
Pieve Torina - Via G. Pascoli



Pieve Torina Down Hole



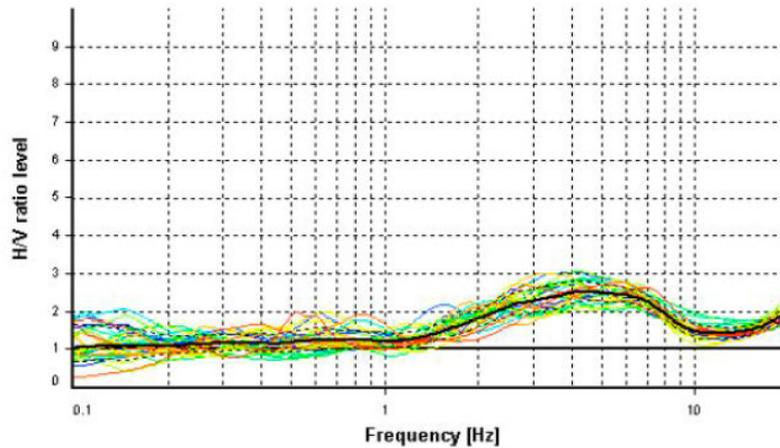
Pieve Torina A



Pieve Torina B

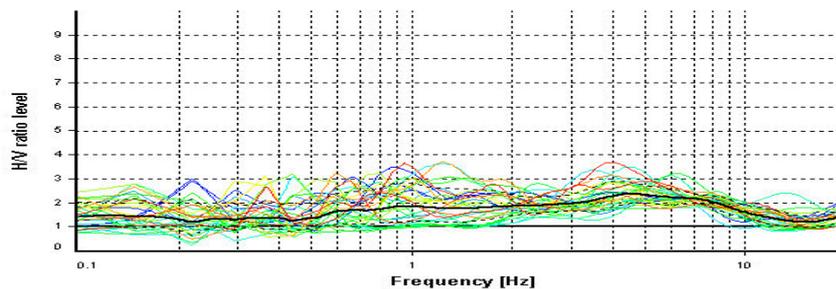
Seggiole.

Nella frazione di Seggiole è stata eseguita una sola misurazione di HVSR che ha mostrato un andamento piuttosto piatto con blando picco ad una frequenza di  $4,600 \pm 0,963$  Hz con ampiezza di poco superiore a 2.



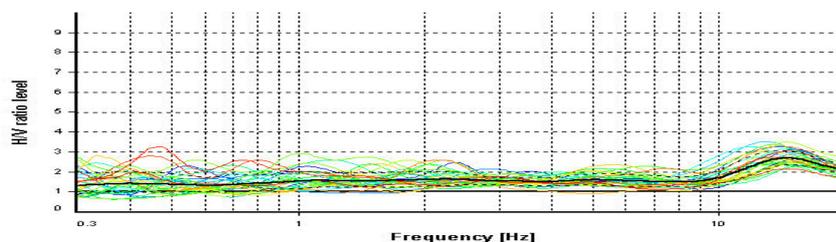
### Fiume.

In questa piccola frazione è stata eseguita una HVSR che ha mostrato un andamento piuttosto piatto con picco molto debole ad una frequenza di  $4,856 \pm 0,980$  Hz con ampiezza anche qui di poco superiore a 2.



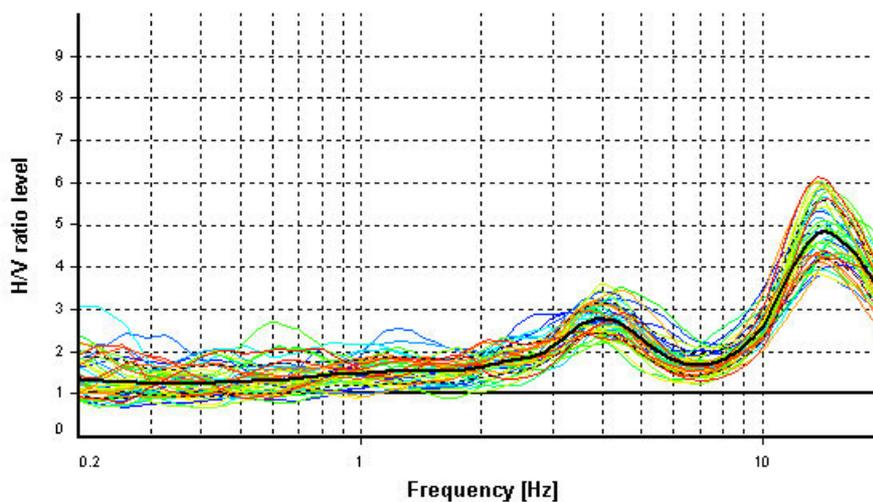
### Capriglia.

Dall'indagine HVSR è stato evidenziato un picco non molto accentuato oltre i 10 Hz. La frequenza risulta essere di  $14,389 \pm 1,215$  Hz con ampiezza  $> 2$ .



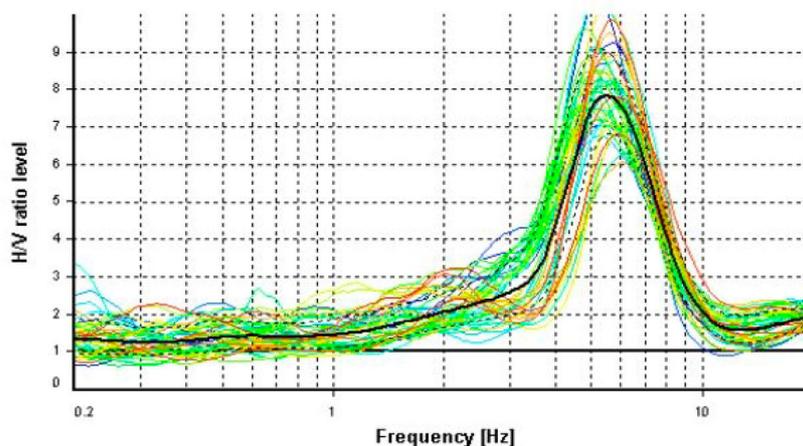
Casavecchia Alta.

Dall'indagine è ben evidente la presenza di un picco a frequenza di  $14,400 \pm 0,779$  Hz con un'ampiezza  $> 4$  e un picco - più significativo - a circa 4 Hz con ampiezza  $> 2$ .



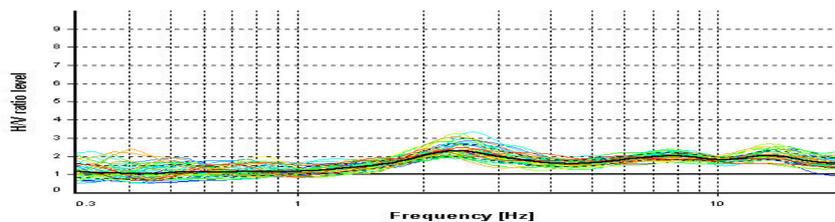
Piè di Casavecchia.

L'HVSR eseguita mette in luce la presenza di un evidente picco ad una frequenza di  $5,474 \pm 0,402$  Hz con un'ampiezza  $> 7$  (passaggio da terreni alluvionali di copertura poco addensati a Substrato Sismico).



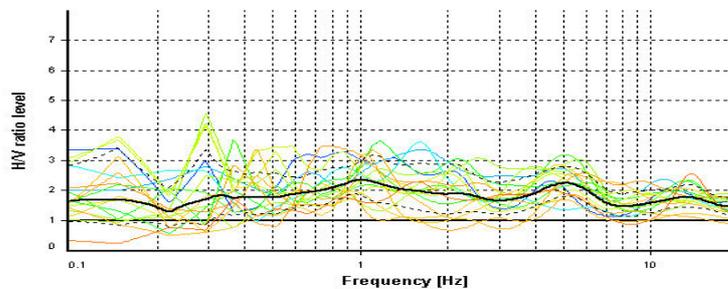
### Tazza.

La rappresentazione dell'HVSR mette in evidenza un grafico piuttosto piatto con un leggero picco ad una frequenza di  $2,419 \pm 0,259$  Hz ed un'ampiezza di poco > 2.

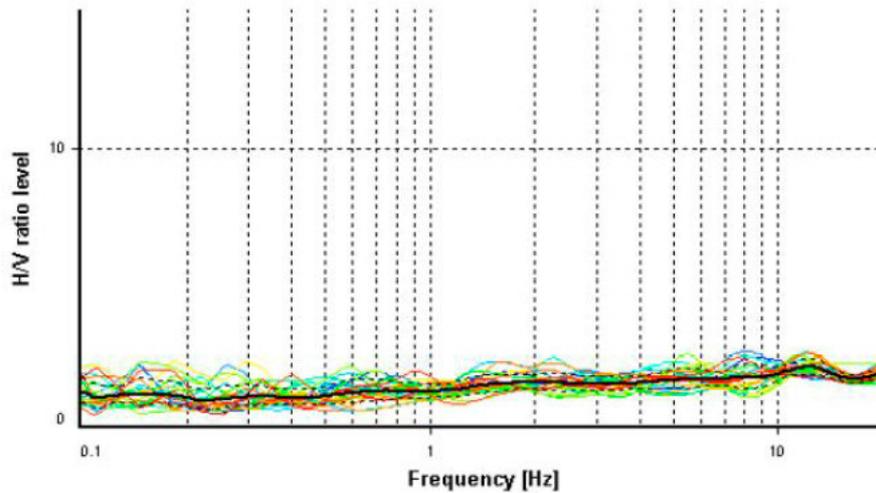


### Appennino.

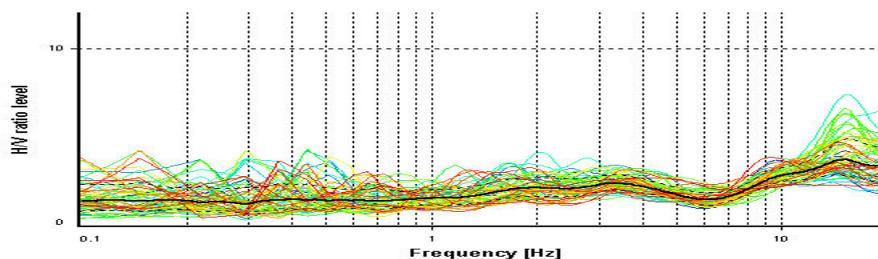
Vista la sua complessità geologica e geomorfologica si sono eseguiti tre HVSR e tutti e tre hanno mostrato un andamento piuttosto piatto. Il 2 ed il 3 possono considerarsi piuttosto affini, infatti entrambi presentano un picco oltre i 10 Hz. Invece l'indagine denominata Appennino 1 risulta avere un picco a circa  $4,948 \pm 0,647$  Hz con ampiezza > 2,243.



Appennino 1



Appennino 2



Appennino 3

### 8.3. Carta Geologico - Tecnica per la MS

La carta Geologico - Tecnica è stata redatta riesaminando quella per la microzonazione di primo livello attraverso un attento rilevamento di campagna e verifica di quanto riportato sulla carta, talora ridisegnato a seconda di alcuni risultati ottenuti dalle nuove indagini.

Per la descrizione dei litotipi relativi alle unità del substrato si rimanda al capitolo 3.0. dove sono stati esaminati sia quelli del substrato che quelli di copertura.

### 8.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

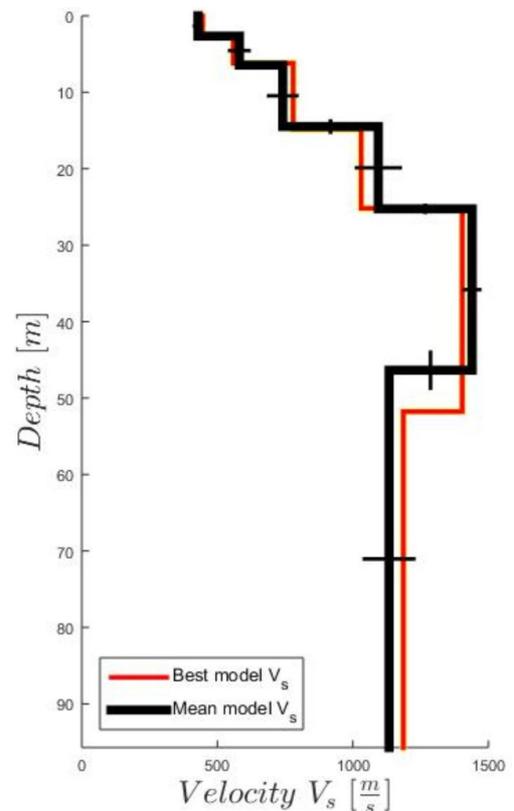
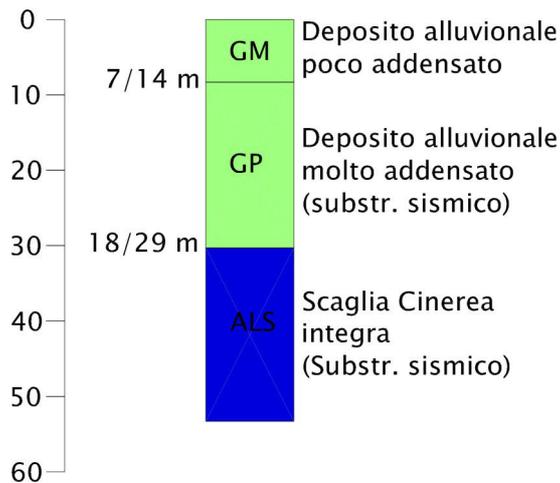
Come detto in precedenza, per tutto il territorio investigato si sono distinte tredici MOPS identificate a seconda dei risultati ottenuti dalle diverse indagini che hanno

portato a varie differenziazioni, cercando razionalmente di raggruppare – a parità di comportamento sismico – i territori con stratigrafia geologica simile (in particolare per le MOPS con substrato affiorante); per quanto riguarda le loro caratteristiche geologico-sismiche, si rimanda a quanto descritto al Paragrafo 5.1.

Di seguito si riportano gli schemi dei rapporti litostratigrafici per le singole microzone associati ai rispettivi profili di Vs ottenuti dalle procedure di inversione effettuate per la differenziazione delle MOPS individuate:

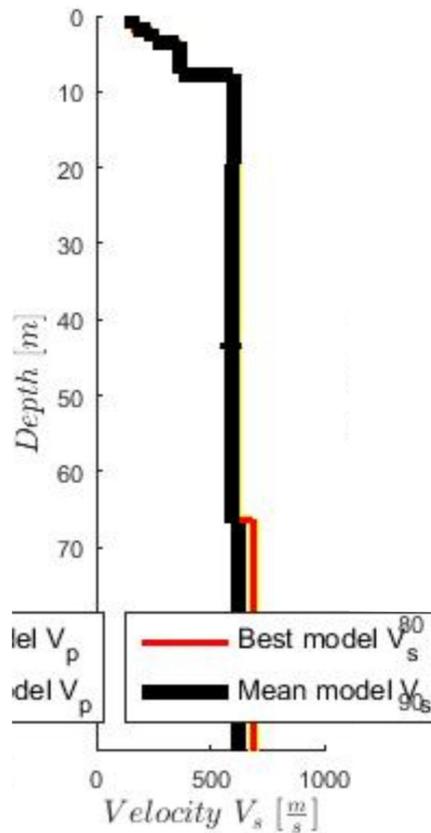
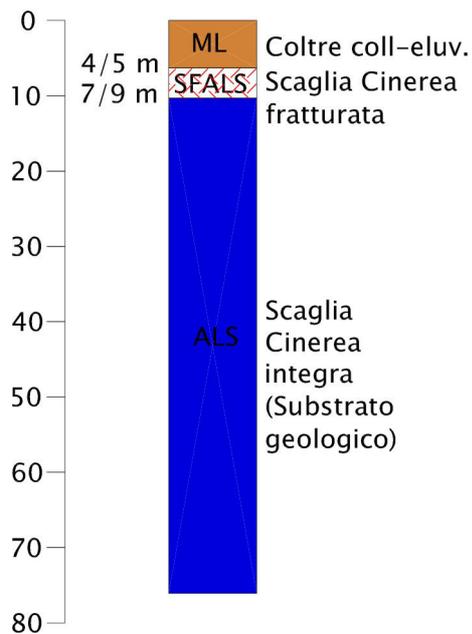
*MOPS 2006*

*Inversione congiunta di riferimento: Pieve Torina – Via Angelini*



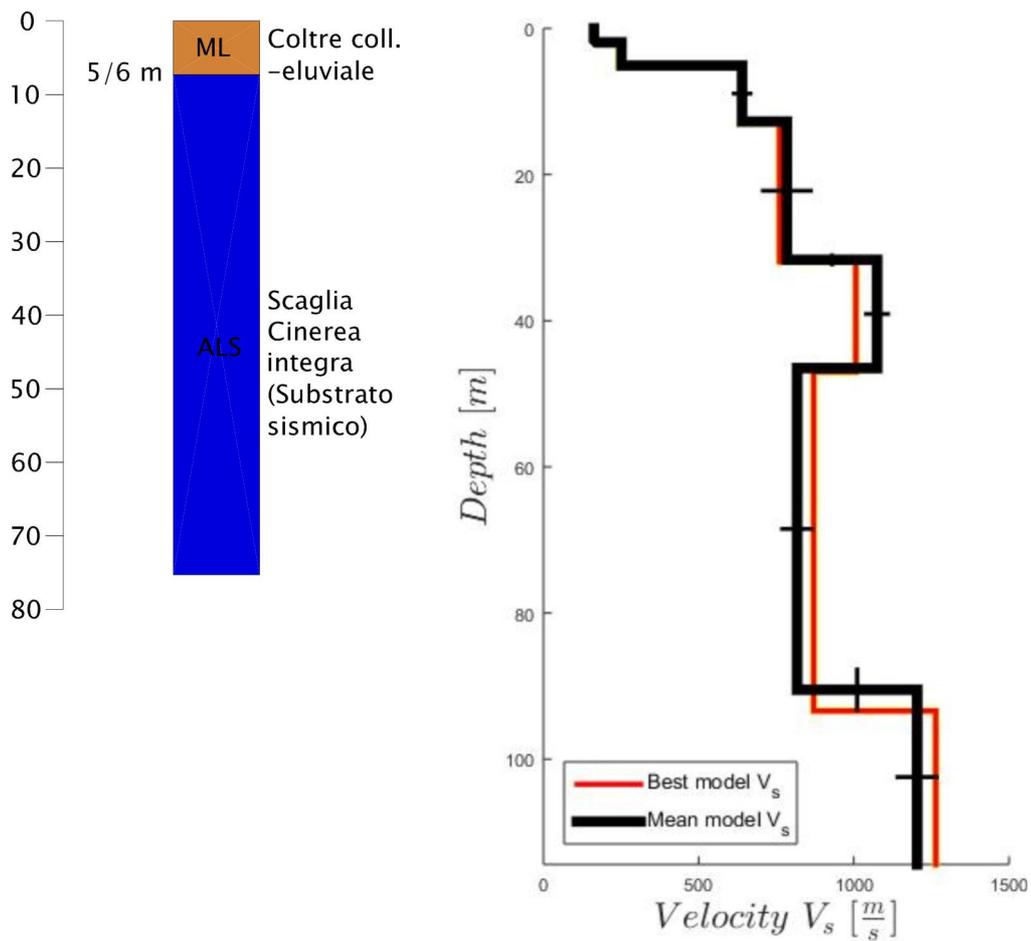
MOPS 2007

*Inversione congiunta di riferimento: Pieve Torina – Via Pascoli*



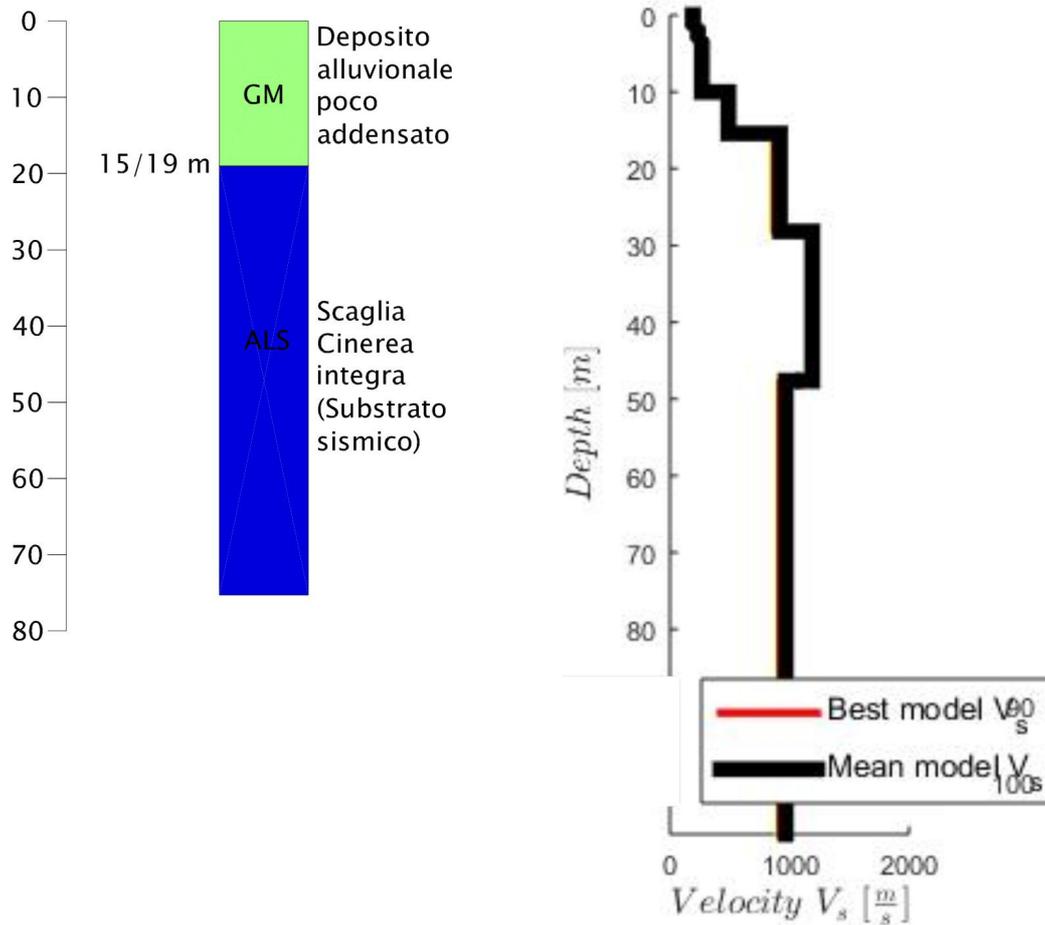
MOPS 2008

Inversione congiunta di riferimento: Pieve Torina – Via Mattarella



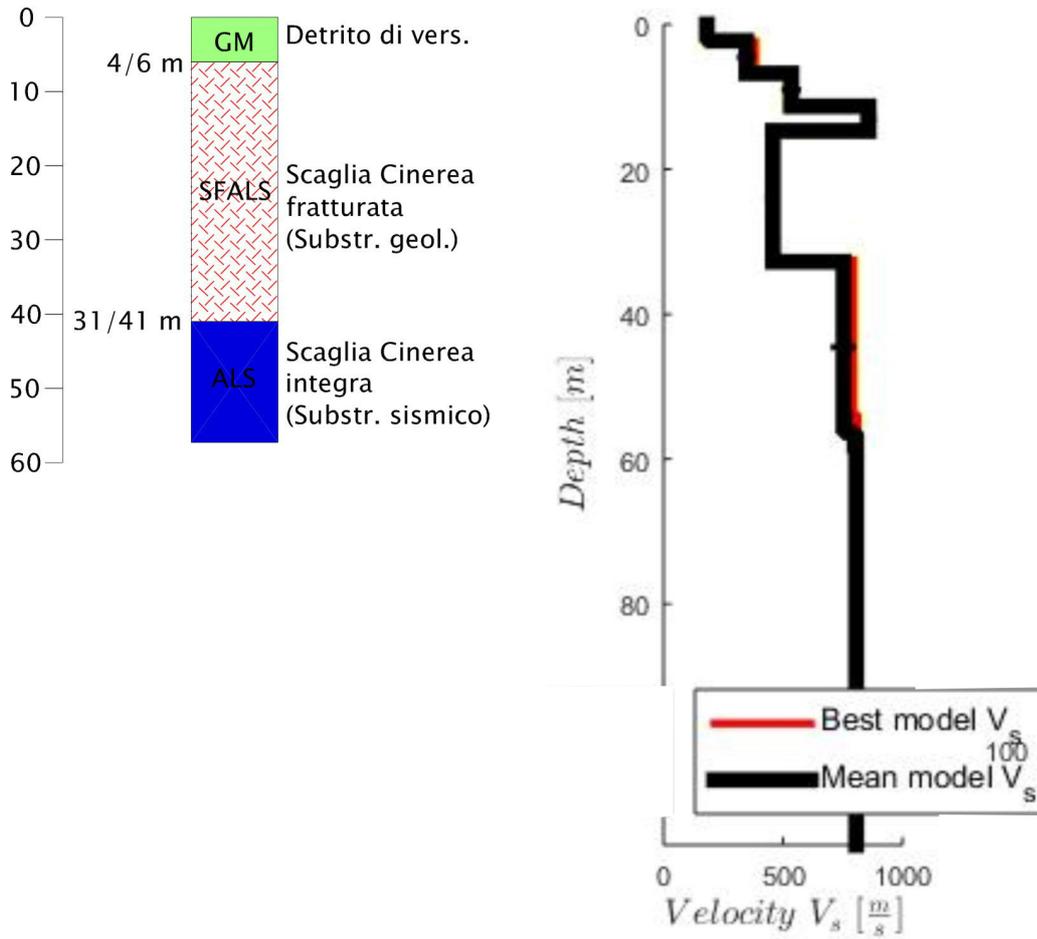
MOPS 2009

*Inversione congiunta di riferimento: Pie' Casavecchia*



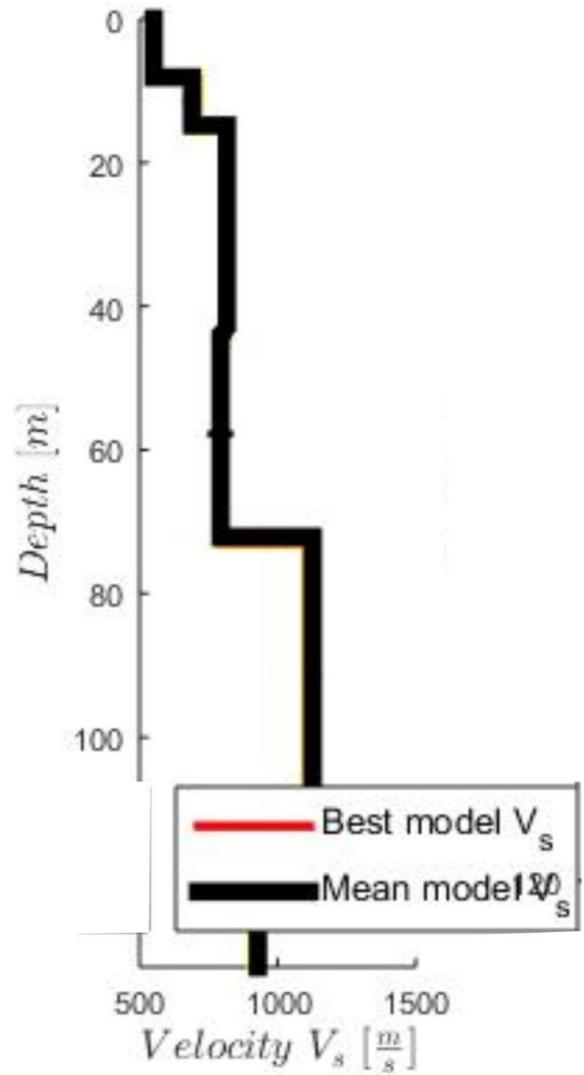
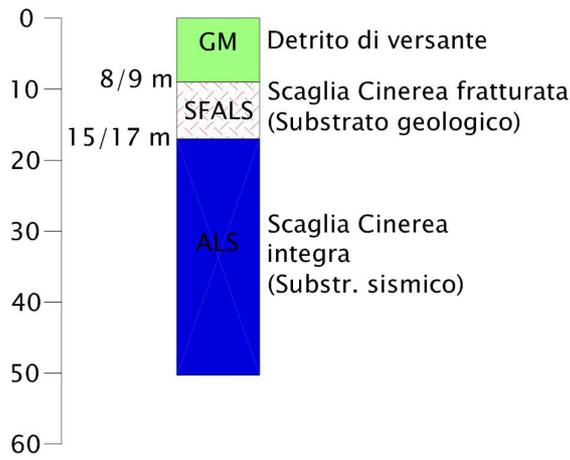
MOPS 2010

Inversione congiunta di riferimento: Appennino\_3



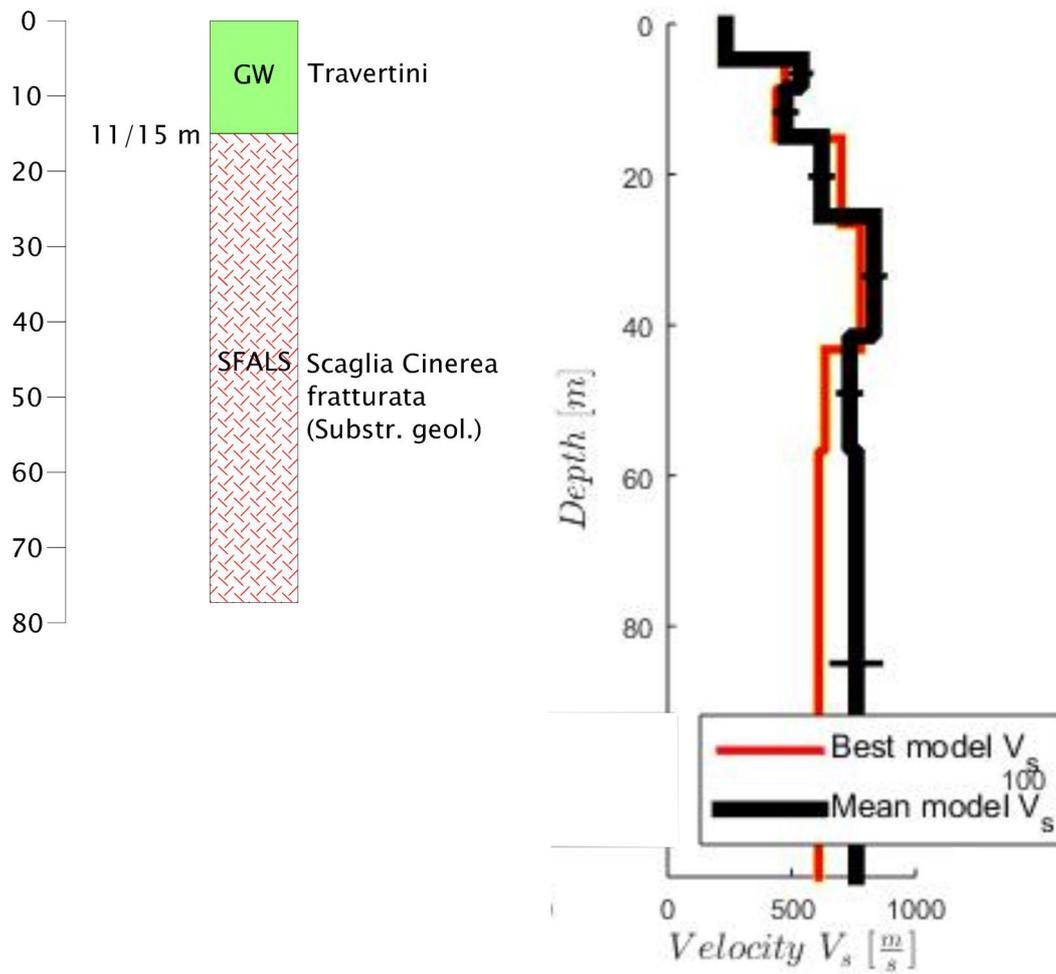
MOPS 2011

*Inversione congiunta di riferimento: Tazza*



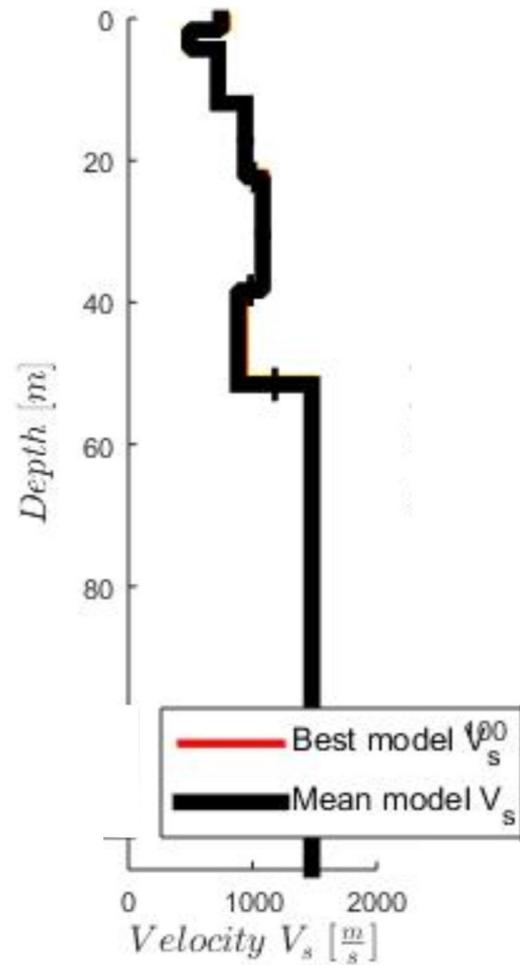
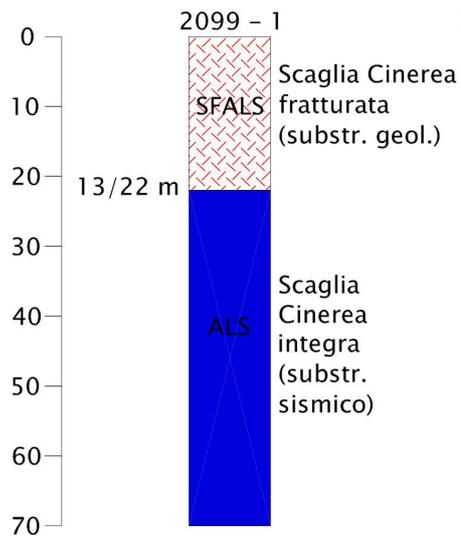
MOPS 2012

Inversione congiunta di riferimento: Fiume



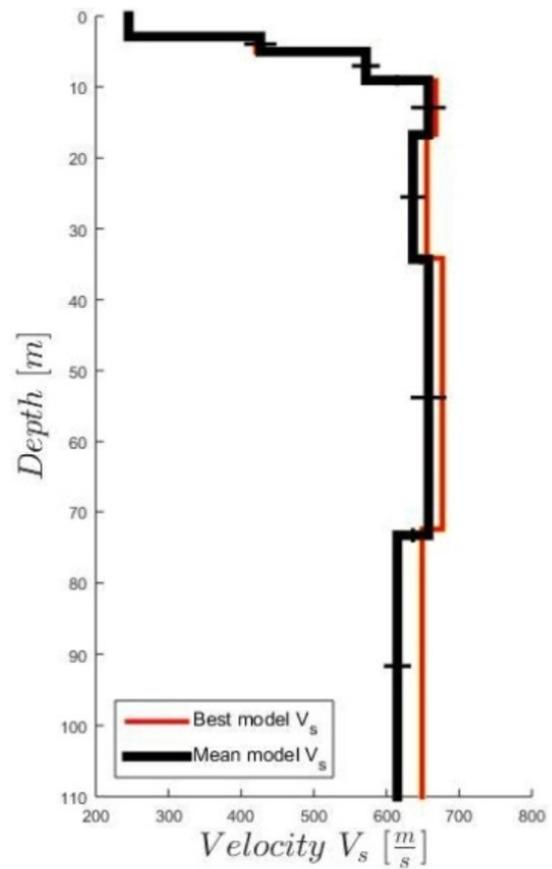
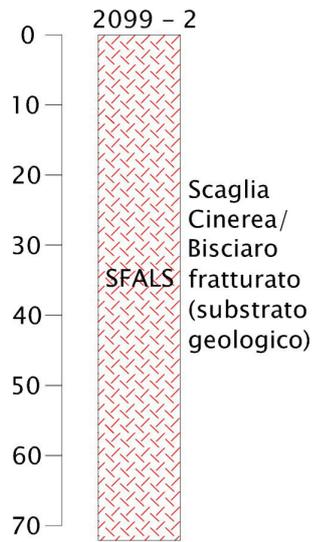
*MOPS 2099-1*

*Inversione congiunta di riferimento: Appennino\_1*



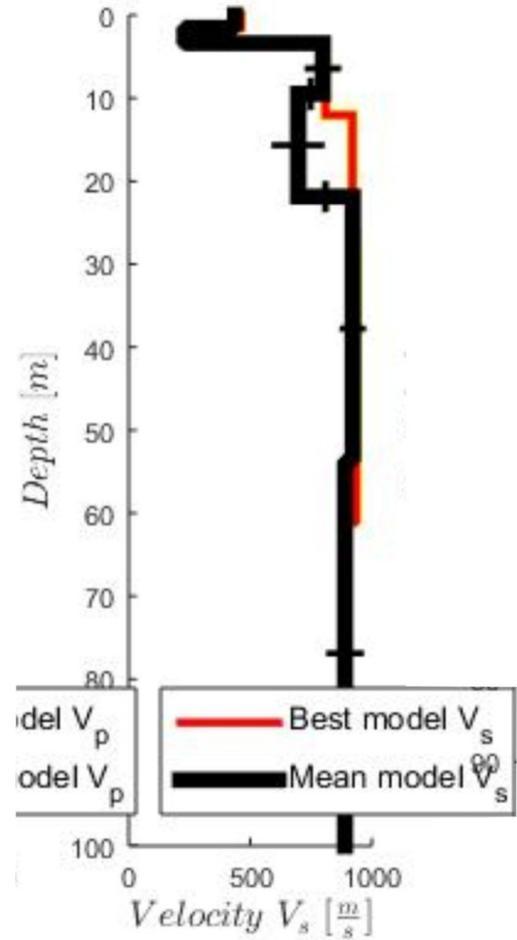
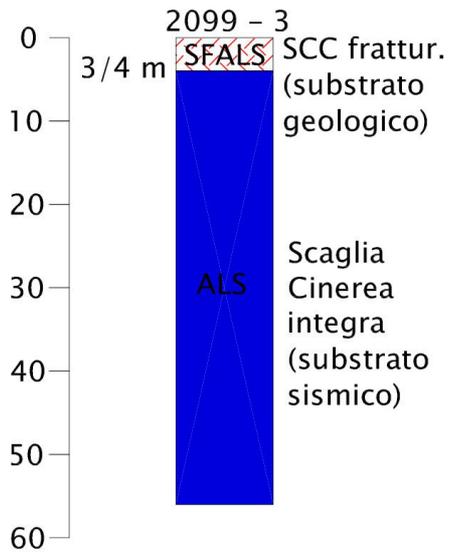
MOPS 2099-2

Inversione congiunta di riferimento: Appennino\_2



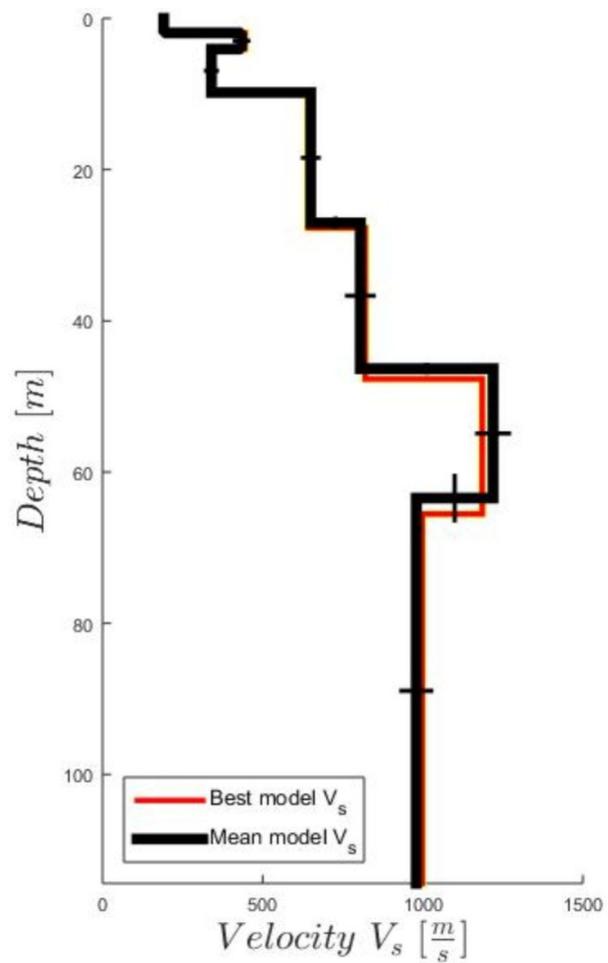
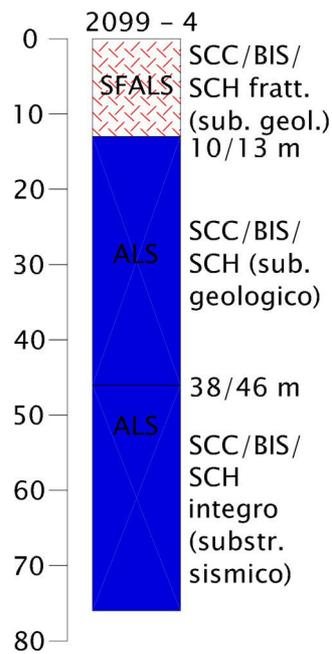
*MOPS 2099-3*

*Inversione congiunta di riferimento: Capriglia*



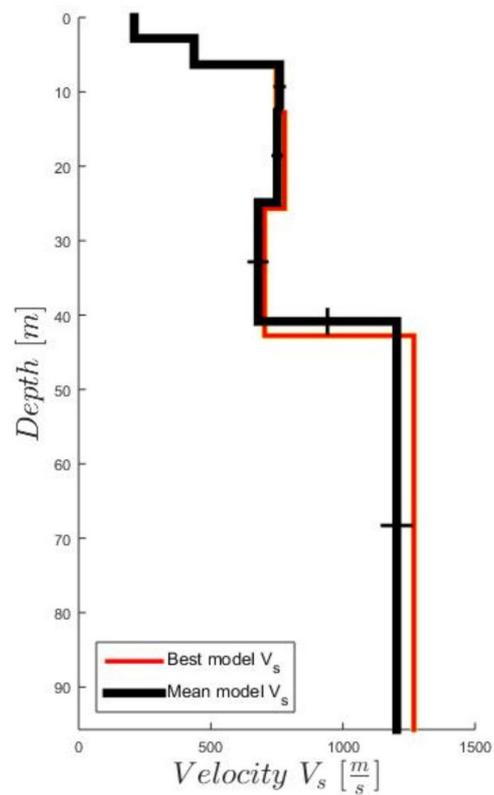
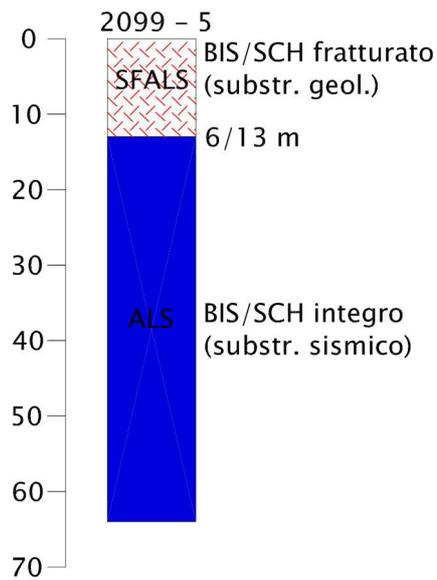
*MOPS 2099-4*

*Inversione congiunta di riferimento: Seggiole*



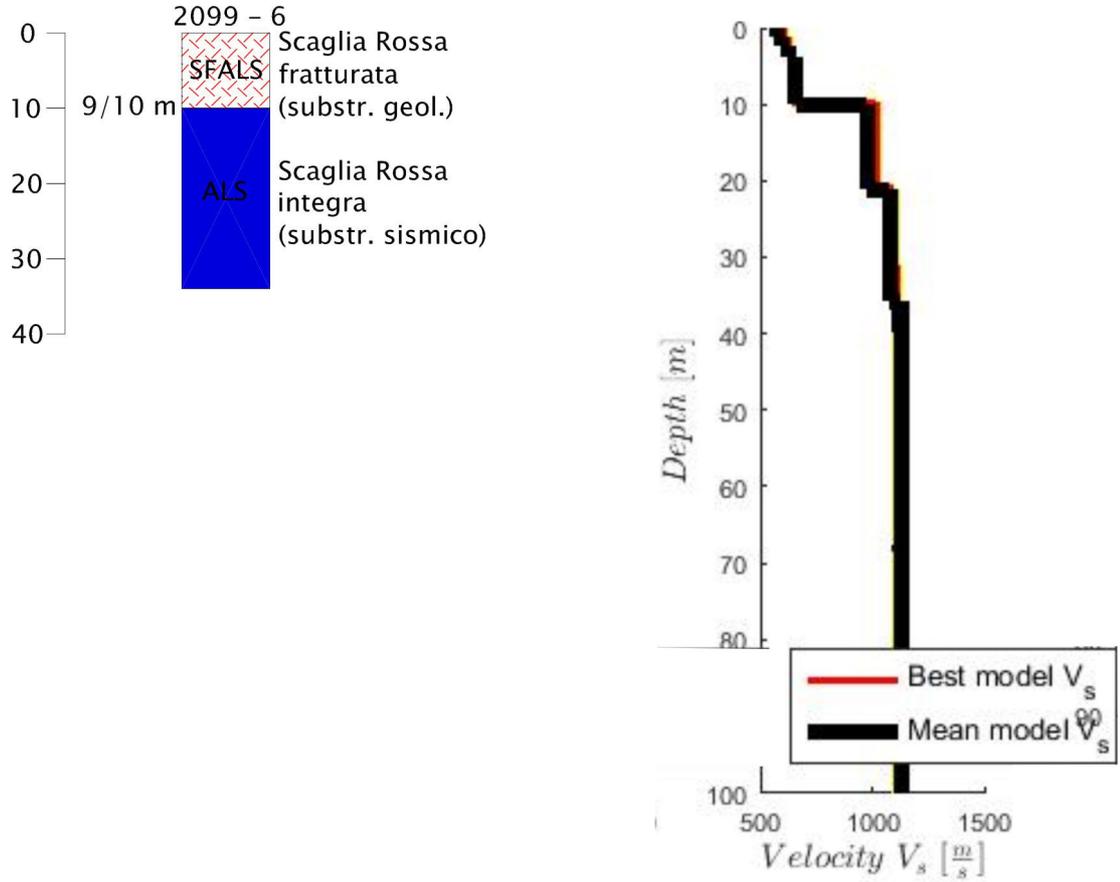
MOPS 2099-5

Inversione congiunta di riferimento: Casavecchia Alta



MOPS 2099-6

Inversione congiunta di riferimento: Collattoni – Comune di Monte Cavallo



Da quanto sopra riportato si possono elaborare alcune considerazioni riguardanti in primis il substrato geologico.

Quest'ultimo, quando affiorante, risulta essere in genere estremamente fratturato con valori delle Vs che possono risultare piuttosto bassi (cfr. MOPS 2012 in loc. Fiume e MOPS 2099-2 in loc. Pieve Torina – Via Pascoli e in Fraz. Appennino, dove non è stato raggiunto il substrato sismico, pur essendo il substrato geologico presente sin dal piano campagna. Diversamente, con la Scaglia Cinerea al di sotto delle coperture (coltri colluviali e alluvionali), a luoghi possono raggiungersi velocità  $V_s > 800$  m/sec (cfr. loc. Pieve Torina Via Mattarella – MOPS 2008 e loc. Pie' Casavecchia – MOPS 2009).

Per quanto concerne i depositi alluvionali, si possono presentare delle situazioni diversificate: da un lato, in corrispondenza del centro abitato del capoluogo essi mostrano addensamenti tali che il substrato sismico risulta essere all'interno di questi e non corrisponde con il substrato geologico molto più profondo; dall'altro, i depositi alluvionali presenti in loc. Fiume e loc. Pie' Casavecchia hanno evidenziato per tutto il loro spessore valori di Vs generalmente più bassi e pari a circa 340-370 m/sec.

Facendo un raffronto con la carta delle MOPS di primo livello, pur essendo quella di terzo livello più circoscritta, si notano solo poche differenze: sono stati ridisegnati alcuni limiti nel Capoluogo verso Capecchiara ed è stata leggermente modificata anche la zona verso Sud per uscire dal paese.

Per quanto riguarda le altre piccole frazioni si sono talora modificati solo alcuni limiti a seconda delle indagini e dei rilevamenti eseguiti (es. l'individuazione di una piccola conoide in località Pie' Casavecchia).

#### 8.5. Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3

La determinazione sismica di base può essere considerata valida solo puntualmente quindi non è possibile attribuire il valore delle Vs30 a tutte le MOPS; di seguito si attribuisce il valore solo del punto dove è stata eseguita la prova Down Hole.

In accordo con le Norme tecniche Nazionali per le Costruzioni, NTC 2008, i terreni sono stati classificati sulla base della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio misurate nei primi 30 m. di profondità, definita come:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo

$V_{s1}$  = velocità di propagazione delle onde di taglio misurate nello strato  $i$ -esimo.

Inoltre tale valore è valido solamente per il punto dove questa è stata eseguita e non per tutta la MOPS.

A Pieve Torina si hanno due DH: uno al centro del paese dove si è ricavato un coefficiente  $V_{s30} = 651$  mentre per il DH a lato della valle, area con tutte le nuove casette, il coefficiente risulta essere  $V_{s30} = 917$ . Tali risultati portano così ad avere nella zona del DH centrale una categoria B, mentre, dove è stato eseguito il DH a lato della valle, una categoria di suolo A.

## ALLEGATI

Carta delle indagini  
Carta delle Frequenze  
Carta Geologico-Tecnica per la MS  
Sezioni Geologico-Tecniche  
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)  
Carta di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3

12/04/2018

## BIBLIOGRAFIA:

*Idriss, I. M.; Lysmer, John; Hwang, Richard N.; Seed, H. Bolton; QUAD-4: a computer program for evaluating the seismic response of soil structures by variable damping finite element procedures, Center for Geotechnical Modeling, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis, 1994*