



## Comune di Tredozio (FC)

### Studio di microzonazione sismica



## I LIVELLO

### Relazione illustrativa

Codice	S11145-M1-RE-01-0
--------	-------------------

Rev.	Data	Redatto	Controllato	Approvato
0	30.01.2012	Federico Sciascia	Gianluca Benedetti	Gianfranco Marchi
1				
2				



CERT-16254-2005-AQ-BOL-SINCERT

Mod 2 Rev.1 01/02/2011

Sede Principale:  
Viale Baccharini, 29  
48018 FAENZA (RA)  
Tel. 0546 663423/56  
Fax 0546 663428

C.F./P.IVA/Registro Imprese RA  
02058800398

Sede di Bologna:  
Via Zacconi, 16  
40127 BOLOGNA (BO)  
Tel. 051 245663  
Fax 051 242251

CAPITALE SOCIALE  
€ 105 000,00 i.v.

Sede di Santarcangelo:  
Via Andrea Costa, 115  
47822 SANTARCANGELO DI ROMAGNA (RN)  
Tel. 0541 1832933  
Fax 0541 1832936

Web: [www.enser.it](http://www.enser.it)  
E-Mail: [enser@enser.it](mailto:enser@enser.it)



	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>10</b>
<b>4.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>14</b>
4.1	STRATIGRAFIA.....	15
4.1.1	<i>FMA1- Membro di Biserno.....</i>	<i>18</i>
4.1.2	<i>FMA2 - Membro di Corniolo.....</i>	<i>18</i>
4.1.3	<i>FMA3 - Membro di Premilcuore.....</i>	<i>18</i>
4.1.4	<i>FMA4 - Membro di Galeata.....</i>	<i>19</i>
4.1.5	<i>AES7 - Subsistema di Villa Verucchio.....</i>	<i>20</i>
4.1.6	<i>AES8 - Subsistema di Ravenna.....</i>	<i>20</i>
4.1.7	<i>AES8a - Unità di Modena.....</i>	<i>20</i>
4.1.8	<i>a3 - Deposito di versante s.l.....</i>	<i>21</i>
4.1.9	<i>b1 - Deposito alluvionale in evoluzione.....</i>	<i>21</i>
<b>5.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>22</b>
5.1	FENOMENI FRANOSI.....	24
5.1.1	<i>Scivolamenti.....</i>	<i>24</i>
5.1.2	<i>Colamenti lenti.....</i>	<i>25</i>
5.1.3	<i>Fenomeni complessi.....</i>	<i>26</i>
5.1.4	<i>Fenomeni indistinti.....</i>	<i>27</i>
<b>6.</b>	<b>INQUADRAMENTO TETTONICO-SISMICO.....</b>	<b>28</b>
6.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA .....	31
6.2	SISMICITÀ STORICA .....	32
6.3	STRUTTURE SISMOGENETICHE.....	34
<b>7.</b>	<b>SEZIONI GEOLOGICHE .....</b>	<b>36</b>
7.1	SEZIONE A-A' .....	36
7.2	SEZIONE B-B' .....	36
7.3	SEZIONE C-C' .....	37
7.4	SEZIONE D-D' .....	37
7.5	SEZIONE E-E' .....	37
7.6	SEZIONE F-F' .....	37
7.7	SEZIONE G-G' .....	38
7.8	SEZIONE H-H' .....	38
<b>8.</b>	<b>INDAGINI IN SITO .....</b>	<b>39</b>
8.1	SEZIONI GEOLOGICO TECNICHE .....	41
8.2	INDAGINI INTEGRATIVE E CARTA DELLE FREQUENZE.....	48
<b>9.</b>	<b>CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI .....</b>	<b>49</b>

## TABELLE

TABELLA 1. STORIA SIMICA DEL COMUNE DI TREDOZIO.....	33
--	----

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

TABELLA 2. CORRELAZIONE TRA SIGLA DELLA PROVA E IDENTIFICATIVO CARTOGRAFICO. ....40

## FIGURE

FIGURA 1. LOCALIZZAZIONE DEL COMUNE DI TREDOZIO. ....	10
FIGURA 2. PARTICOLARE DI LOCALIZZAZIONE DEL COMUNE. ....	10
FIGURA 3. SCHEMA DELLE MACRO AREE INTERESSATE DALLO STUDIO. ....	11
FIGURA 4. PARTICOLARE DELL'AREA TREDOZIO CENTRO. IN ROSSO SONO INDICATE LE AREE AFFERENTI AL PTCP E PSC. ....	12
FIGURA 5. PARTICOLARE DELL'AREA MONTE BUSCA. IN ROSSO SONO INDICATE LE AREE AFFERENTI AL PTCP E PSC. ....	12
FIGURA 6. PARTICOLARE DELL'AREA MONTE FREDDO. IN ROSSO SONO INDICATE LE AREE AFFERENTI AL PTCP E PSC. ....	13
FIGURA 7. STRUTTURA DEI TERRAZZI FLUVIALI (PANIZZA,92). LA FRECCIA SULLA SINISTRA INDICA IL MECCANISMO GENETICO, OVVERO EROSIONE - DEPOSIZIONE ....	14
FIGURA 8. STRUTTURA DELLE TORBIDITI. ....	16
FIGURA 9. CARTA DELL'ACCLIVITÀ DEI VERSANTI. ....	23
FIGURA 10. MODELLI SCHEMATICI DI UN VERSANTE INTERESSATO DALLA PROGRESSIVA EVOLUZIONE DI UNO SCORRIMENTO TRASLATIVO. SI EVIDENZIA LA SUPERFICIE PLANARE DI SCORRIMENTO, CORRISPONDENTE AD UN PIANO DI STRATIFICAZIONE DISPOSTO A FRANAPOGGIO, E LA PROGRESSIVA DISARTICOLAZIONE DEL MATERIALE NEL CORSO DELL'EVOLUZIONE DEL FENOMENO. LA FIGURA A) MOSTRA CHE IL MOVIMENTO È STATO FAVORITO DALLO SCALZAMENTO AL PIEDE DEL VERSANTE PRODOTTO DALL'AZIONE EROSIONE DI UN CORSO D'ACQUA. LA FIGURA C) EVIDENZIA CHE LO STESSO CORSO D'ACQUA, SUCCESSIVAMENTE INCIDE IL CORPO DI FRANA ACCUMULATOSI AI PIEDI DEL VERSANTE FIGURA B). ....	25
FIGURA 11. MODELLO SCHEMATICO DI UN COLAMENTO LENTO. IN QUESTA TIPOLOGIA DI MOVIMENTI AVVIENE SPESSO CHE FENOMENI DIVERSI CONFLUISCANO IN UN UNICO IMPLUVIO, FORMANDO UN SOLO COLAMENTO, CHE PUÒ PERCORRERE ANCHE NOTEVOLI DISTANZE. SI OSSERVA LA CARATTERISTICA FORMA A LOBO DELL'ACCUMULO DI FRANA. ....	26
FIGURA 12. SCHEMA TETTONICO E DEI DOMINI GEOLOGICI DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE. NEL RIQUADRO ROSSO È INDICATA L'AREA DI STUDIO. ....	28
FIGURA 13. DETTAGLIO DELLO SCHEMA TETTONICO E DEI DOMINI GEOLOGICI DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE. NEL RIQUADRO ROSSO È INDICATA L'AREA DI STUDIO. ....	29
FIGURA 14. STRALCIO DELLA CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA IN SCALA 1:250.000. ....	30
FIGURA 15. SEZIONE D-D'. B: BASAMENTO CRISTALLINO, CA: SUCCESSIONE CARBONATICA, M: MIOCENE, M-P1: MESSINIANO-PLIOCENE, P2: PLIOCENE, QM: PLEISTOCENE. ....	30
FIGURA 16. LEGENDA DELLA CARTA SISMO TETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA IN SCALA 1:250.000. ....	31
FIGURA 17. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA. L'AREA COMUNALE È INDICATA IN ROSSO. ....	32
FIGURA 18. DISTRIBUZIONE TEMPORALE DEI TERREMOTI STORICI RELATIVI AL COMUNE DI TREDOZIO. ....	33

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

FIGURA 19. SORGENTI SISMOGENETICHE CONTENUTE NELLA NUOVA VERSIONE DEL "DATABASE OF POTENTIAL SOURCES FOR EARTHQUAKES LARGER THAN M 5.5 IN ITALY" PER L'AREA DEL COMUNE DI TREDOZIO. ....	35
FIGURA 20. AFFIORAMENTO 102. ....	42
FIGURA 21. UBICAZIONE SOTTOSEZIONE D-D'. SCALA GRAFICA. ....	43
FIGURA 22. UBICAZIONE SOTTOSEZIONE E-E'. SCALA GRAFICA. ....	43
FIGURA 23. UBICAZIONE SOTTOSEZIONE H-H'. SCALA GRAFICA. ....	44
FIGURA 24. LEGENDA DELLE SOTTOSEZIONI GEOLOGICO TECNICHE. ....	44
FIGURA 25. SOTTOSEZIONE GEOLOGICO TECNICA D-D'.....	45
FIGURA 26. SOTTOSEZIONE GEOLOGICO TECNICA E-E'.....	46
FIGURA 27. SOTTOSEZIONE GEOLOGICO TECNICA H-H'.....	47

## APPENDICI

APPENDICE A: INDAGINI HVSR .....	51
----------------------------------	----

## ALLEGATI

S11145-M1-TV01-0 – Carta delle indagini	
S11145-M1-TV02-0 – Carta geologica	
S11145-M1-TV03-0 – Sezioni geologiche	
S11145-M1-TV04-0 – Carta delle frequenze naturali dei terreni su carta lito-morfologica	
S11145-M1-TV05-0 – Carta delle aree suscettibili di effetti locali	
DVD contenente i dati vettoriali in formato SHP e file delle indagini geognostiche bibliografiche	

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

## 1. PREMESSA

L'Amministrazione comunale di Tredozio, recependo le delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna n. 1051/2011 (documento GPG/2011/694) "*approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm.*", ha affidato ad Enser Srl l'incarico di elaborazione dei documenti necessari alla microzonazione sismica comunale di I e II livello.

La seguente relazione illustra i dati di base e i risultati delle analisi di primo livello condotte nel territorio comunale, in particolare, la bibliografia geognostica disponibile, l'assetto geologico e sismico del territorio.

L'area oggetto di studio è stata comunicata dall'Amministrazione Comunale riferendola, come richiesto nell'allegato B dei "criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica (secondo livello di approfondimento), di cui all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907/2010, e s.m.i., e decreto n. 8422 del 10/12/2010 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, alle aree urbanizzate e a quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche e lungo le fasce a cavallo delle reti infrastrutturali.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	<b>Codice:</b> S11145-M1-RE-01-0 <b>Data:</b> 30/01/2012

## 2. **NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

**Regione Emilia Romagna (2007):** n. 2131: Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". (Proposta della Giunta regionale in data 10 gennaio 2007, n. 1).

**Regione Emilia Romagna (2011):** 1051/2011: Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e SS.MM. e relativi allegati A, B e C.

**Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile (2008):** Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica parti I e II.

**Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali - Servizio Geologico d'Italia (2001):** NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 Foglio 254 - Modigliana.

**Consiglio Nazionale delle Ricerche e Regione Emilia Romagna (2004):** Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:250.000 e Note illustrative.

**Consiglio Nazionale delle Ricerche e Regione Emilia Romagna (2002):** Carta geologico-strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo in scala 1:250.000 e Note illustrative.

**APAT (2006):** Fenomeni di dissesto geologico - idraulico sui versanti. Classificazione e simbologia. Manuali e Linee Guida 39/2006.

**Carta Geologica della Regione Emilia Romagna in scala 1:10.000:** Sezioni 254050, 254060, 254090, 254100, 254130 e 254140.

**Comune di Tredozio:** Piano Strutturale Comunale (PSC), 1° approvazione Provincia di Forlì-Cesena delibera di Consiglio Provinciale n.68886/146 del 14.09.2006. Variante integrativa adottata con delibera di Consiglio Provinciale n.29974/42 del 30/03/2009 ed approvata con delibera del Consiglio Provinciale n.70346/146 del 19/07/2010, entrata in vigore il giorno 04/08/2010.

**Germano Ortelli (1990):** Relazione geologica e geotecnica eseguita nella lottizzazione "Le Volte" in Comune di Tredozio per valutare alcune caratteristiche meccaniche dei terreni.

**Germano Ortelli - Matteo Ortelli (1990):** Relazione sull'indagine geologica e geotecnica eseguita in fregio a Via Fabbri in Comune di Tredozio per la costruzione di un fabbricato ad uso civile abitazione.

**Germano Ortelli (2005):** Caratteristiche geolitologiche dei terreni ubicati nei mapp.li 2074-2075 del Fg. 10 in Comune di Tredozio.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

**Germano Ortelli** (1998): Relazione Geologica e Geotecnica eseguita nella lottizzazione "Le Volte" in Comune di Tredozio per valutare alcune caratteristiche meccaniche dei terreni.

**Germano Ortelli** (2005): Relazione sull'indagine geologica e geotecnica eseguita in Via Fabbri in località "Buggiano" in Comune di Tredozio ad ampliamento di un capannone esistente - lotto 4 - .

**Luciano Vanni** (2006): Indagine geognostica e relazione geologica con indicazioni geotecniche.

**Salvatore Tagliata** (1996): Relazione geologica per l'ampliamento di uno stabilimento industriale con annessa cabina ENEL in Comune di Tredozio su di un terreno sito in Via dei Martiri 47-49 contraddistinto al N.C.T. al foglio n.10 - particelle n. 234-235-249-317-318.

**Germano Ortelli - Matteo Ortelli** (2000): Relazione sull'indagine geologica e geotecnica eseguita in fregio a Via Fabbri in Comune di Tredozio per l'ampliamento di un edificio di civile abitazione.

**Enzo Lucchi** (2004): Indagine geologica e prospezioni geofisiche.

**Giovanni Piani** (2002): Indagine geologica per la realizzazione nell'ambito di un progetto di riqualificazione del centro storico, di una terrazza a sbalzo da zero a due metri, sul torrente Tramazzo.

**Massimo Borghetti** (2006): Realizzazione di fabbricato residenziale in Via Manzoni.

**Germano Ortelli** (1990): Relazione geologica e geotecnica eseguita per la variante al piano regolatore generale di Tredozio.

**Pierluigi Amadori:** Indagine geotecnica di massima sui terreni di fondazione dell'area artigiano-industriale di "Buggiano".

**Germano Ortelli:** Relazione sull'indagine geologica e geotecnica eseguita in località "Canepa" in Comune di Tredozio per la ristrutturazione di un edificio.

**Germano Ortelli** (2009): Relazione sull'indagine geologica e geotecnica eseguita in Via Fabbri in Comune di Tredozio per l'ampliamento di un fabbricato esistente.

**Giancarlo Andreatta:** Relazione geologica e caratterizzazione geotecnica del sottosuolo eseguita per l'ampliamento del cimitero di Tredozio.

**Albert Van Zutphen** (2003): Relazione geologica e geotecnica eseguita in località Le Volte, in Comune di Tredozio per variante al PRG.

**Giovanni Piani** (2003): Indagine geologica per variante P.R.G. relativa alla nuova zona artigianale "Canepa-Ortali".

**Albert Van Zutphen:** Relazione geologica e geotecnica eseguita il località Buggiano, per intervento urbanistico preventivo in area artigianale D3 in comune di Tredozio e per variante al PRG.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

**Germano Ortelli:** Relazione geologica e geotecnica eseguita in fregio a Via Cassone di Tredozio per la ristrutturazione ed ampliamento della casa di riposo.

**Mario Casadio (2005):** Relazione geologica e geotecnica impianto sportivo polivalente sito in località Le Volte, Comune di Tredozio.

**Matteo Ortelli:** Relazione sull'indagine geologica e geotecnica eseguita in località "Orto di Briola" in Comune di Tredozio per la costruzione di un muro "a retta" presso l'immobile ad uso deposito legname.

**Germano Ortelli (1993):** Relazione geologica e geotecnica eseguita in località "Le Volte" in Comune di Tredozio per la costruzione di servizi ad uso della piscina comune.

**Stefano Tomidei (2011):** Relazione geologica con indicazioni geotecniche nuova costruzione di fabbricato di civile abitazione, il lotto di terreno sito in Via monte Busca, località Monte Busca.

**Albert Van Zutphen:** Relazione geologica e geotecnica eseguita in località Le Volte, Via Bachelet 16 in comune di Tredozio per la costruzione di una casetta unifamiliare.

**Albert Van Zutphen:** Relazione geologica e geotecnica eseguita in prossimità del cimitero del comune di Tredozio per la costruzione di 3 nuovi loculi.

**Albert Van Zutphen:** Relazione geologica e geotecnica eseguita in località Torre Fantini di Tredozio per la collocazione di una piscina amovibile.

**Albert Van Zutphen:** Relazione geologica e geotecnica eseguita in località Le Volte, Via Bachelet in Comune di Tredozio per la costruzione di una casetta unifamiliare.

**Germano Ortelli (1989):** Relazione geologica e geotecnica eseguita nella lottizzazione "Le Volte" in Comune di Tredozio per valutare alcune caratteristiche meccaniche dei terreni.

 <b>ENSER</b> SOCIETA' DI INGEGNERIA	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	<b>Codice:</b> S11145-M1-RE-01-0 <b>Data:</b> 30/01/2012

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Tredozio è situato nel medio Appennino settentrionale a circa 40 km a sud ovest dal capoluogo di provincia Forlì - Cesena (Regione Emilia-Romagna).

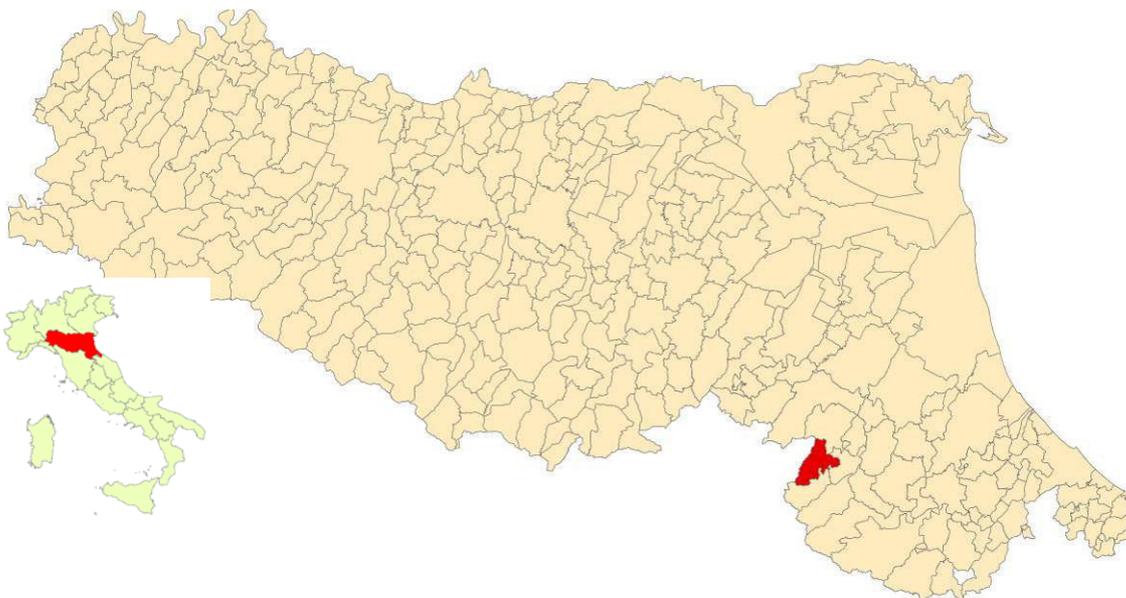


Figura 1. Localizzazione del Comune di Tredozio.

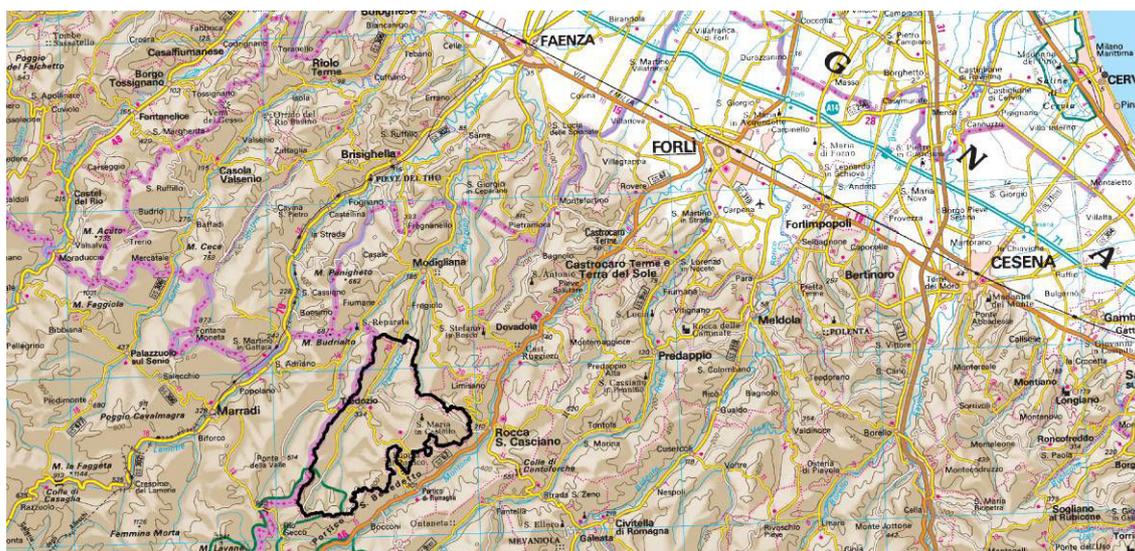


Figura 2. Particolare di localizzazione del Comune.

Le aree del comune interessate dallo studio di microzonazione sismica, aree edificate e di prossima espansione urbanistica, sono state individuate

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

dall'Amministrazione Comunale facendo riferimento ai P.T.C.P. - P.S.C. vigenti. In particolare, sono state individuate tre macro aree così denominate: Tredozio centro, Monte Busca e Monte Freddo come indicato in Figura 3. I particolari planimetrici sono riportati nella Figura 4, Figura 5 e Figura 6

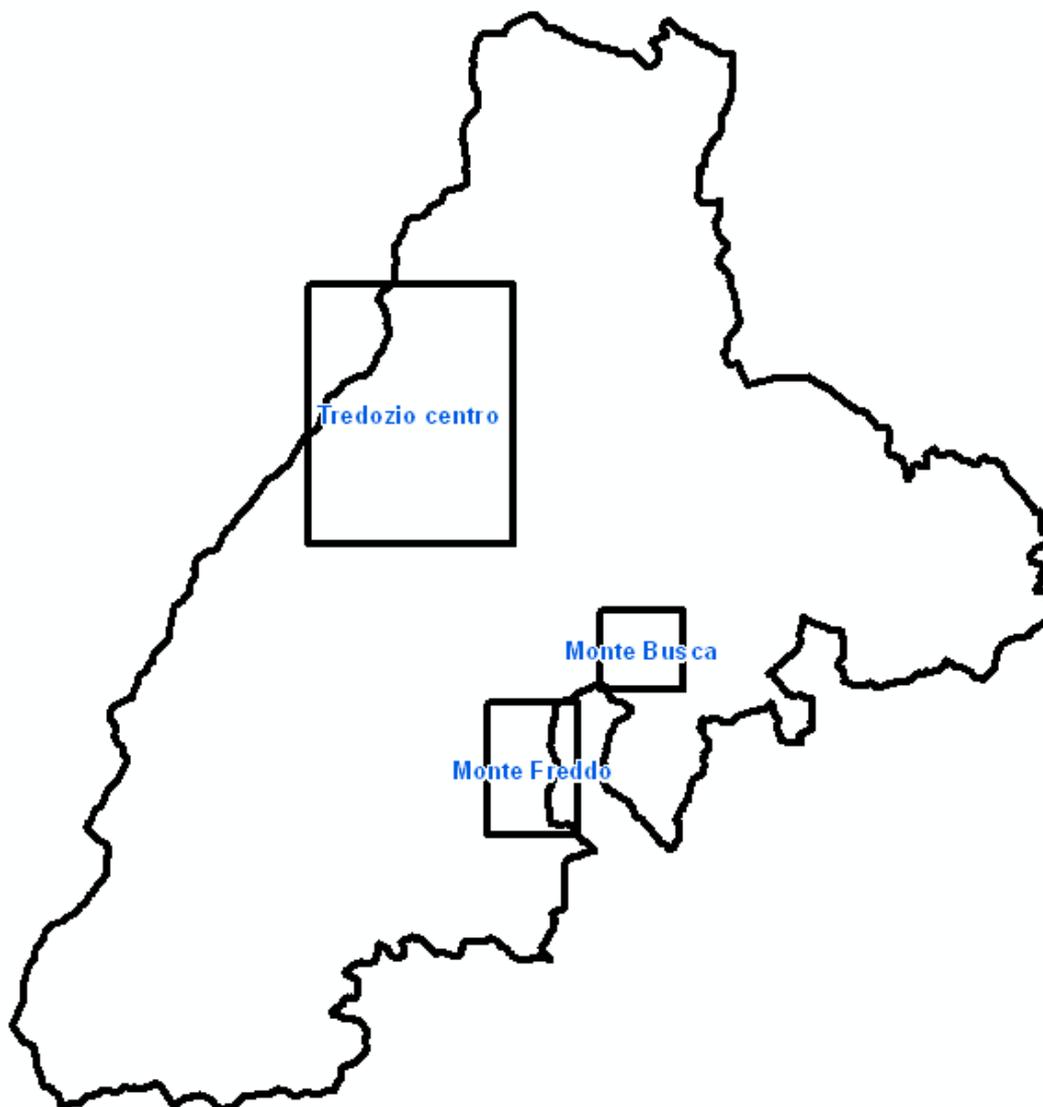


Figura 3. Schema delle macro aree interessate dallo studio.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

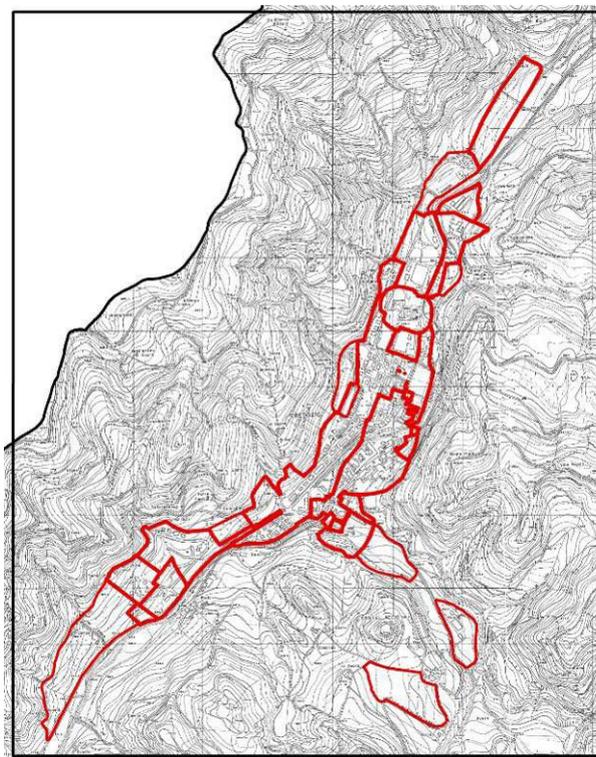


Figura 4. Particolare dell'area Tredozio centro. In rosso sono indicate le aree afferenti al PTCP e PSC.

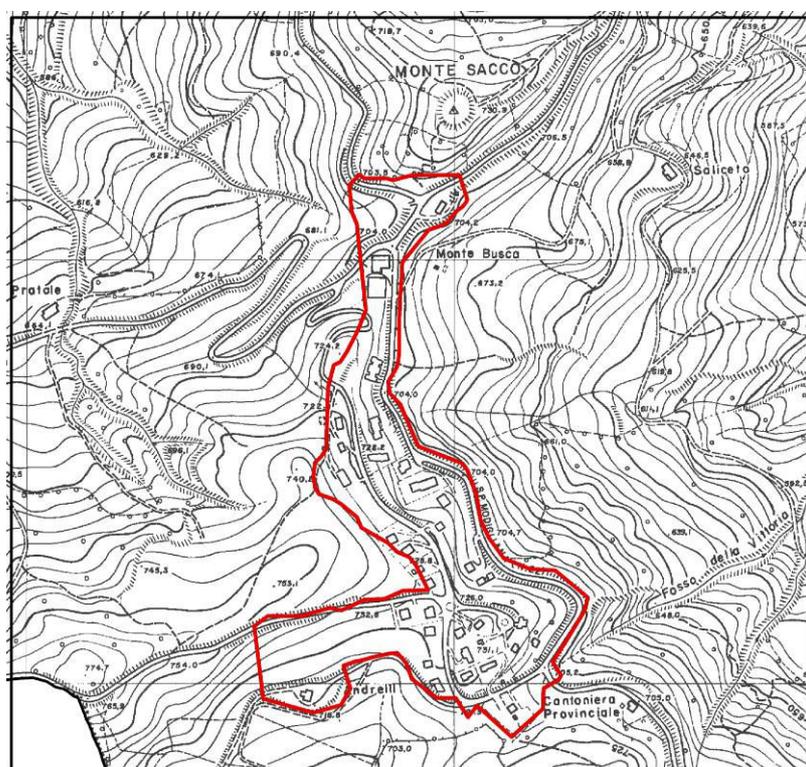


Figura 5. Particolare dell'area Monte Busca. In rosso sono indicate le aree afferenti al PTCP e PSC.

 <b>ENSER</b> SOCIETA' DI INGEGNERIA	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	<b>Codice:</b> S11145-M1-RE-01-0 <b>Data:</b> 30/01/2012

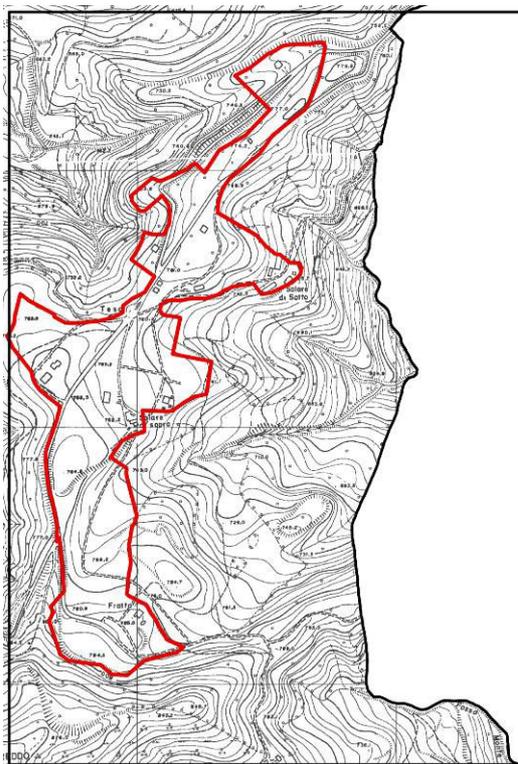


Figura 6. Particolare dell'area Monte Freddo. In rosso sono indicate le aree afferenti al PTCP e PSC.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area del comune di Tredozio ricade all'interno del foglio 254 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000. In particolare, ricade all'interno degli elementi 050, 060, 090, 100, 130 e 140.

L'intero territorio è occupato dalle unità più antiche della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (Membro di Biserno, Langhiano inferiore), la potente successione sedimentaria torbiditica che forma l'ossatura dell'Appennino Romagnolo, e dai depositi terrazzati quaternari del Torrente Tramazzo e del Fosso Pereto.

La Formazione Marnoso Arenacea è per lo più caratterizzata da un'apparente omogeneità sia verticale che laterale o da elementi di eterogeneità fino ad oggi individuati solo su grande scala: ulteriori distinzioni al suo interno sono basate sulla presenza di strati e orizzonti guida e sulle differenti distribuzioni delle componenti litologiche.

I depositi quaternari sono costituiti da corpi sedimentari terrazzati, di vari ordini, sia a ripiani (ovvero corpi terrazzati in cui tra due ordini successivi affiora il substrato) sia incastrati (ovvero corpi terrazzati in cui tra due ordini successivi non affiora il substrato) come schematizzato in Figura 7.

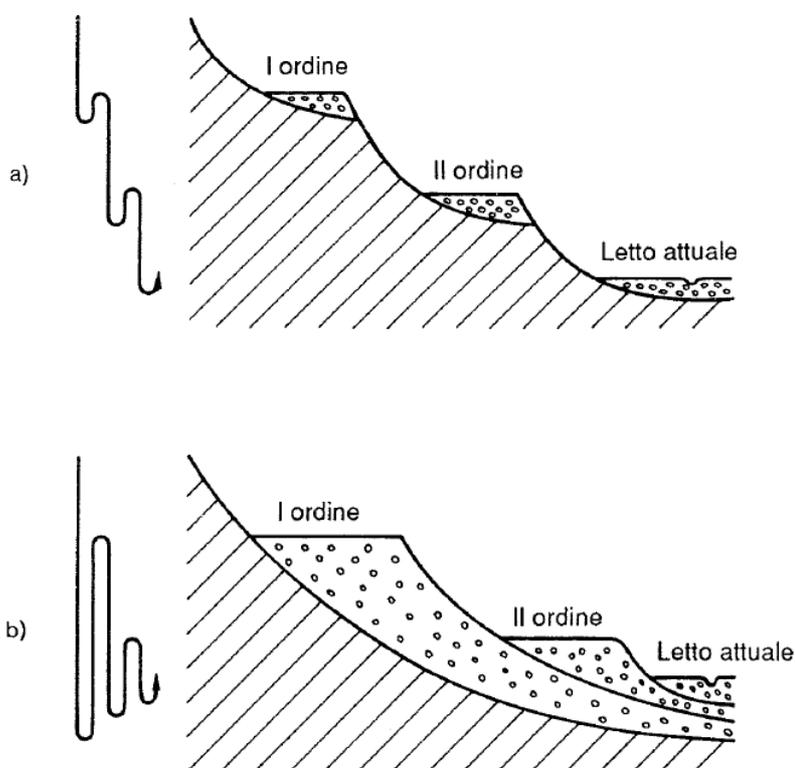


Figura 7. Struttura dei terrazzi fluviali (Panizza,92). La freccia sulla sinistra indica il meccanismo genetico, ovvero erosione - deposizione

Le descrizioni delle unità geologiche fanno riferimento alla carta lito-morfologia allegata (codice S11145-M1 TV 02 0).

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

## 4.1 Stratigrafia

Le unità litostratigrafiche presenti appartengono al Dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo e hanno una età compresa fra il Langhiano e il Serravalliano.

La Formazione Marnoso Arenacea (FMA) è una formazione torbiditica, costituita da materiali risedimentati (essenzialmente arenarie, siltiti e marne) e caratterizzata da una potenza in affioramento che complessivamente supera i 3500 m; il limite inferiore non affiora e l'età è compresa fra il Langhiano inferiore e il Tortonianiano superiore. Facilmente riconoscibili in campagna, anche da lontano, sono singoli strati e letti (in particolare quelli di arenaria, quasi sempre sporgenti dall'affioramento, con tipico profilo "a sega") oppure pacchi di strati, di volta in volta a prevalenza marnosa o arenacea. Superficiali colate di fango tendono tuttavia spesso a dare dei singoli affioramenti un'idea più "marnosa" di quanto non siano in realtà (Note illustrative foglio 254).

Questi depositi si sono accumulati in un bacino stretto e allungato al margine esterno della catena appenninica in formazione, una avanfossa coperta dal mare e il cui fondo si trovava ad almeno 1000 m sotto al livello del mare. Essi derivano da antichi sedimenti litorali e deltizi rimobilizzati da frane sottomarine, terremoti e tempeste che producevano colossali correnti di torbida con prevalente verso NO-SE; queste trasportavano il sedimento, per lo più in sospensione, anche per decine di km prima di depositarlo in mare profondo. Si formava così una vasta piana sottomarina bordata, verso le scarpate alimentatrici, da fasce sabbiose "prossimali", tipo conoide sottomarina o "apron"; su queste si fermava parte della sabbia, mentre quasi tutto il fango, insieme alla sabbia più fine, ricopriva la piana. La struttura sedimentaria e stratigrafica di ogni strato è riportata in Figura 8. L'asse di deposizione dell'avanfossa, orientato in senso appenninico (NOSE, NNO-SSE, ONO-ESE), si è spostato nel tempo da SO verso NE in concomitanza con la deformazione e la migrazione della catena; nel Tortonianiano le torbiditi diventarono sempre più ricche di apporti sabbiosi (con un acme in corrispondenza del Membro di Fontanelice: FMA13); l'atto finale della sedimentazione è rappresentato da un'interruzione di tali apporti sabbiosi, che venivano ricoperti da fanghi (Membro di Borgo Tossignano) (Note illustrative foglio 254).

 <b>ENSER</b> SOCIETA' DI INGEGNERIA	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	<b>Codice:</b> S11145-M1-RE-01-0 <b>Data:</b> 30/01/2012

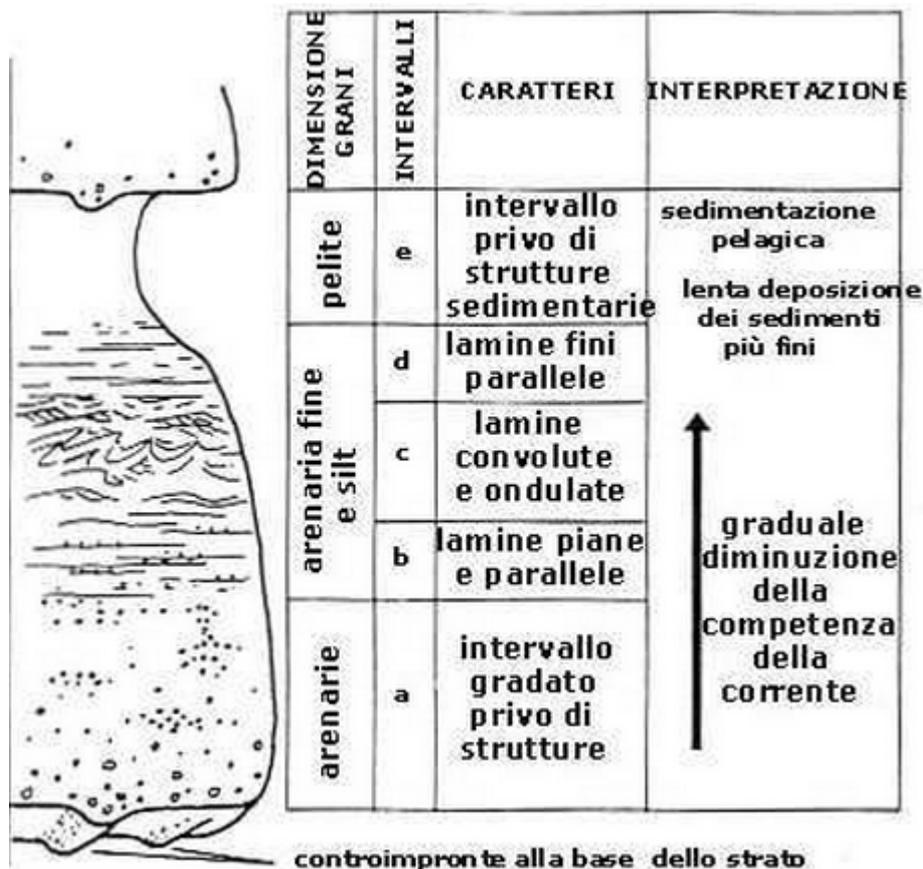


Figura 8. Struttura delle torbiditi.

Circa il 10% degli strati non è composto da torbiditi, ma da marne emipelagiche, relativamente ricche in resti fossili (soprattutto microfossili) e in carbonato di calcio: esse erano il prodotto della normale sedimentazione marina (a lenta pioggia) che prevaleva negli intervalli di tempo tra l'arrivo di torbide successive. La loro distribuzione nella successione non è costante ed è raramente in grado di costituire un sicuro carattere distintivo dei diversi membri (Note illustrative foglio 254).

Intercalate all'interno Formazione Marnoso Arenacea compaiono alcune torbiditi calcaree di composizione "anomala" e grande estensione laterale, che possono essere utilizzate come livelli guida per la correlazione e la suddivisione stratigrafica verticale. Ognuna di questi strati è costituita da una coppia arenite/pelite, con la pelite (marna o marna calcarea) di solito più sviluppata in spessore. Limitandoci alla porzione arenitica, se ne distinguono due tipi: uno arenaceo, con una frazione carbonatica più o meno abbondante (areniti ibride, secondo ZUFFA 1980) e uno calcareo (calcareni). Tra gli strati guida arenacei il più importante è quello denominato "Strato Contessa" (RICCI LUCCHI & PIALLI 1973), che si segue e si cartografa dalla zona di Gubbio (quella più vicina alla fonte e che ha fornito il toponimo) fino al limite occidentale della formazione affiorante. Gli strati guida calcarenitici affiorano per lo più sopra lo "Strato Contessa", in numero superiore a 20 e sono stati denominati collettivamente "colombine" (RICCI LUCCHI & VALMORI, 1980), utilizzando un termine dialettale locale che stava per "pietra da calce". Ognuno di essi è qui specifi-

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

cato da una sigla e un toponimo. Le strutture sedimentarie e la composizione indicano una provenienza da SE-ESE lungo l'asse del bacino, ma legata a una zona diversa da quella dello "Strato Contessa" (Note illustrative foglio 254).

Nell'intento di privilegiare l'unicità della provenienza delle correnti che hanno messo in posto tali strati, si è preferito conservare il nome di "colombine" per tutti gli strati guida calcarenitici, a prescindere dalla loro posizione stratigrafica, sottostante o sovrastante allo Strato Contessa (indicato con la sigla cs). Tale scelta ha il pregio di non complicare ulteriormente la terminologia esistente. Nel Foglio 254, e nell'area in esame, è stato rinvenuto un solo strato guida "ibrido", cioè con quell'abbondanza di clasti arenacei che la rende, malgrado la potenza nettamente inferiore, simile allo Strato Contessa: lo strato Imolavilla (io), entro il Membro di Corniolo. La colombina più antica presente nel foglio è quella indicata con la sigla ca (colombina Calanca). Essa compare a circa 100 m dal tetto del Membro di Biserno e comprende 1,7 m di calcarenite gradata da medio - grossolana a fine, con laminazione piano parallela alla base, e 3,15 m di marna. Entro la successione altri strati guida tipo colombine hanno permesso una suddivisione dotata di notevole precisione e correlabilità. Alcune di quelle caratterizzate da letti calcarenitici più potenti e meglio seguibili sul terreno sono state rappresentate anche sulla Carta geologica; altre compaiono solo nelle sezioni stratigrafiche a corredo della presente descrizione; molte, infine, non sono state rappresentate, sia per l'esiguità dei loro spessori, sia per la loro vicinanza stratigrafica, sia infine per la difficoltà di correlarle durante il rilevamento (Note illustrative foglio 254).

Per quanto riguarda i depositi continentali quaternari, si tratta nel complesso di ghiaie, sabbie e limi. Caratteristica pressoché costante nei depositi ghiaiosi è la diffusione dei clasti formati dalle areniti a maggiore cementazione, in particolare le calcareniti dei livelli guida come lo Strato Contessa e le colombine; le areniti meno cementate - come quelle delle unità tortoniane - vengono facilmente trasformate in sabbia per erosione e/o rotolamento (Note illustrative foglio 254).

Di seguito si riporta la descrizione dei membri affioranti entro il territorio in esame tratte dalle Note illustrative del foglio 254 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 e dalla legenda della Carta Geologica della Regione Emilia Romagna in scala 1:10.000.

Lo spessore della Formazione Marnoso Arenacea nell'area di studio è di circa 1.100 m, come ricavato dai pozzi esplorativi Agip "Montefreddo001" e "Montefreddo002". Al di sotto della Formazione Marnoso Arenacea si rinviene la Scaglia Cinepresa e la Scaglia Rossa della successione eocenica umbro-marchigiana.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

#### 4.1.1 FMA1- Membro di Biserno.

Si tratta di torbiditi a prevalenti marne (facies D2-D3), con subordinate arenarie per lo più medio-fini, raramente grossolane, ben cementate soprattutto dove hanno subito i maggiori effetti dell'attività tettonica; nei letti arenacei meno cementati abbondano frustoli e lenti carboniose di 1x10 cm. Sia A/P che lo spessore medio dei letti arenitici mostrano una leggera ma generale diminuzione da SSO a NNE e da O a E.

Osservazioni e misure risultano notevolmente disturbate dagli effetti dell'attività tettonica (frequenti piani di taglio sovrapposti e intersecantisi fino a formare strutture complesse; superfici di scorrimento interstrato riempite da vene di calcite millimetriche e centimetriche, legate a un movimento generale da SSO a NNE).

La base stratigrafica non affiora. Il passaggio al sovrastante FMA2 è graduale rapido, legato ad un aumento del rapporto A/P circa 40 m sotto lo strato Imolavilla.

Di conseguenza si può solo affermare che la porzione più antica della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola qui affiorante appartiene al Langhiano inferiore da analisi di microfossili. L'assenza di benthos fa pensare ad un ambiente ipipelagico.

#### 4.1.2 FMA2 – Membro di Corniolo.

Differisce dall'unità precedente per un lieve aumento, graduale ma rapido, del contenuto arenaceo, cui corrisponde peraltro una più equilibrata distribuzione dei letti arenacei. Il rapporto A/P si mantiene relativamente costante in senso verticale per tutto l'intervallo, ma presenta variazioni laterali anche sensibili tra le diverse aree (da 1:1 a 1:3). In genere abbondano le marne emipelagiche, fino a raggiungere le stesse percentuali di quelle torbiditiche.

Un sensibile aumento nella diffusione dei letti arenacei più spessi è riconoscibile a partire dalla colombina Imolavilla (io), intercalata nella porzione inferiore o addirittura alla base dell'unità e caratterizzata da più evidenti analogie con lo Strato Contessa (abbondanza di materiale "ibrido"); il letto calcarenitico ha una potenza che varia da 110 cm o 100 a un minimo di 70.

Il limite inferiore è graduale rapido (pochi metri). Il limite superiore è graduale (per ulteriore aumento di A/P e dello spessore dei letti arenitici) ed eteropico.

Le microfaune presenti indicano il passaggio dal Langhiano superiore (zona a *Orbulina suturalis*) al Serravalliano inferiore (zona a *Globorotalia miozea*), grazie alla comparsa di *Orbulina universa*, che nella porzione inferiore dell'unità è raro e difficilmente individuabile. Si può quindi affermare solo che la base dell'unità appartiene ancora al Langhiano, mentre la sommità è già serravalliana. Il benthos continua ad essere assente e pertanto il bacino può essere interpretato come ipipelagico.

#### 4.1.3 FMA3 – Membro di Premilcuore.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

L'unità differisce dalla precedente per un aumento talora netto della componente arenacea e una diminuzione delle marne emipelagiche. In località Cannetole- Montazio il rapporto A/P sale da 1:1,7 a 1:1,1 e i letti arenitici molto spessi arrivano quasi al 30%, contro il 13% dell'intervallo precedente; successivamente A/P scende mediamente a 1:1,2, mentre la distribuzione dei letti arenacei si sposta decisamente a favore degli strati sottili (oltre 40%). Nella porzione basale prevalgono le facies C e D, in quella mediana e sommitale le facies B e C, che passano a C e D verso SE e NE.

La potenza complessiva dell'unità diminuisce fortemente da O verso E, passando dai 250 m agli 85: tale variazione è legata alla diversa posizione stratigrafica dei limiti inferiore e superiore ed è accompagnata da una generale diminuzione degli apporti più grossolani da O verso E.

Il limite superiore è graduale rapido, segnato da un aumento di A/P e dal distribuirsi delle arenarie in letti complessivamente più spessi.

La microfauna è ancora rappresentata per lo più da foraminiferi planctonici, raramente bentonici, per lo più a guscio agglutinante. Tra i primi si riconoscono Globigerinoides trilobus, G.bisphaericus, Globoquadrina dehiscens, Praeorbulina circularis e Globorotalia peripheroronda; anche in assenza del marker Orbulina universa, la successione è attribuibile al Serravalliano inferiore e al Langhiano, anche per i confini in parte eteropici col membro di Corniolo. Il benthos è caratteristico degli ambienti a sedimentazione torbidityca.

#### **4.1.4 FMA4 – Membro di Galeata.**

Si tratta di una potente successione torbidityca (circa 600 m), caratterizzata da una notevole eterogeneità verticale di pacchi decametrici con arenarie presenti nella stessa quantità delle marne che si alternano a pacchi in cui queste ultime prevalgono, anche se mai in modo netto. In generale la porzione inferiore dell'unità, a partire dallo Strato Contessa, mostra una progressiva diminuzione di A/P (da 1:1,1 a 1:2) e della distribuzione dei letti arenacei più spessi; successivamente le due caratteristiche mostrano una inversione di tendenza (A/P passa da 1:1,6 a 1:1,1). Anche se in generale prevalgono quelli sottili e molto sottili, la distribuzione dei letti arenacei è molto variabile: essi aumentano complessivamente di spessore anche in senso SE-NO e NE-SO. Sono composti da arenarie medie e medio-fini, talora grossolane alla base degli strati, a prevalenti facies D, C e G. Nella successione si intercalano anche pacchi di strati rappresentanti frange di corpi sabbiosi ("lobi"), con paleocorrenti provenienti da NO-NNO. Le emipelagiti sono diffuse in modo uniforme (rapporto con le marne torbidityche da 1:3 a 1:1).

Alla base o a 30-40 m da questa compare il già citato Strato Contessa (cs), una torbidityca calcarea con un letto arenitico quasi ovunque superiore ai 4 m, seguito da una "coda" pelitica attorno ai 10 m. Tutto ciò ne fa un livello guida di facile identificazione sul terreno. Gli apporti carbonatici da SE sono nel complesso diffusi in tutta l'unità, spesso in strati poco più che centimetrici. Le colombine a spessore ed

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

estensione maggiori sono la "sd" (S. Adriano: 27-38 cm) e la "va" (Valbura: 66-110 cm).

Il limite superiore è graduale rapido, per complessiva diminuzione del contenuto arenaceo.

Le microfaune a Foraminiferi planctonici sono molto disperse e i bentonici sono estremamente rari. La presenza di Globorotalia miozea, Globoquadrina alt ispira e Orbulina universa molto più rara di O. suturalis indicano l'appartenenza dei depositi alla parte inferiore del Serravalliano (zona a Globorotalia miozea). Tra i saltuari Foraminiferi bentonici, la presenza di Planulina wüllerstorfi e di Bulimina affinis è indicativa di un deposito torbiditico mesobatialo.

#### **4.1.5 AES7 - Subsistema di Villa Verucchio**

Si tratta depositi organizzati in diversi ordini di terrazzo costituiti da ghiaie, sabbie, limi ed argille di origine fluviale. Il tetto dell'unità è generalmente rappresentato da suoli non calcarei molto evoluti di colore bruno scuro. Il limite inferiore è erosivo e discordante sui depositi sottostanti. Lo spessore massimo è di 10 m circa. *Pleistocene medio - sup.*

#### **4.1.6 AES8 - Subsistema di Ravenna**

Si tratta di ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, di depositi intravallivi terrazzati. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità circa 10 metri. *Pleistocene sup. - Olocene.*

#### **4.1.7 AES8a - Unità di Modena**

Si tratta di depositi alluvionali intravallivi, terrazzati costituiti da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Il limite superiore è coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Può ricoprire resti archeologici di età romana del VI secolo d.C.. Limite inferiore inconforme, marcato da una superficie di erosione fluviale lateralmente correlata a un suolo da decarbonatato a parzialmente carbonatato contenente resti archeolo-

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

gici di età dal Neolitico al Romano. Lo spessore massimo dell'unità varia da 4 a 10 m. *Olocene*.

#### **4.1.8 a3 - Deposito di versante s.l.**

Si tratta di deposito costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso. *Olocene*.

#### **4.1.9 b1 - Deposito alluvionale in evoluzione**

Si tratta di ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; il detrito è generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in matrice sabbiosa, allo sbocco di impluvi e valli secondarie. *Attuale*.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

## 5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Le aree oggetto di studio sono distinte da due diversi ambienti geomorfologici: quello di piana terrazzata intravalliva di Tredozio centro e quello di cresta di Monte Busca e Monte Freddo.

L'assetto del primo ambiente è costituito da una valle a "V" di larghezza media intorno ai 600-800m generata dall'azione erosiva del Torrente Tramazzo il quale ora scorre da SW a NE.

I depositi terrazzati del Torrente Tramazzo formano aree subpianeggianti terminanti in blande scarpate di raccordo tra i diversi ordini laddove non affiora il substrato. Nei luoghi in cui i terrazzi sono a ripiani si formano scarpate rocciose subverticali di bassa altezza (qualche metro).

Si individuano 4 ordini di terrazzo afferenti al Subsistema di Ravenna (compresa l'Unità di Modena) e 1 ordine di terrazzo afferente al Subsistema di Villa Verucchio.

Nel fondo valle il torrente scorre incidendo sia il substrato sia gli stessi depositi fluviali rimaneggiandoli in barre fluviali costituite da ghiaie con clasti arenacei.

L'assetto del secondo ambiente è individuato da creste rocciose di limitata larghezza, ai cui fianchi i versanti presentano acclività anche piuttosto accentuate. Il substrato è quasi sempre sub affiorante, presenta limitate coperture detritiche o fasce rocciose cataclastiche.

Il substrato marnoso-arenaceo, essendo molto competente, fa sì che i versanti presentino inclinazioni anche piuttosto elevate. Le aree pianeggianti o subpianeggianti si rinvengono nel fondo valle e nelle aree di cresta.

In Figura 9 è riportato l'andamento dell'acclività dei versanti per le aree di studio (i valori in legenda sono espressi in gradi sessagesimali).

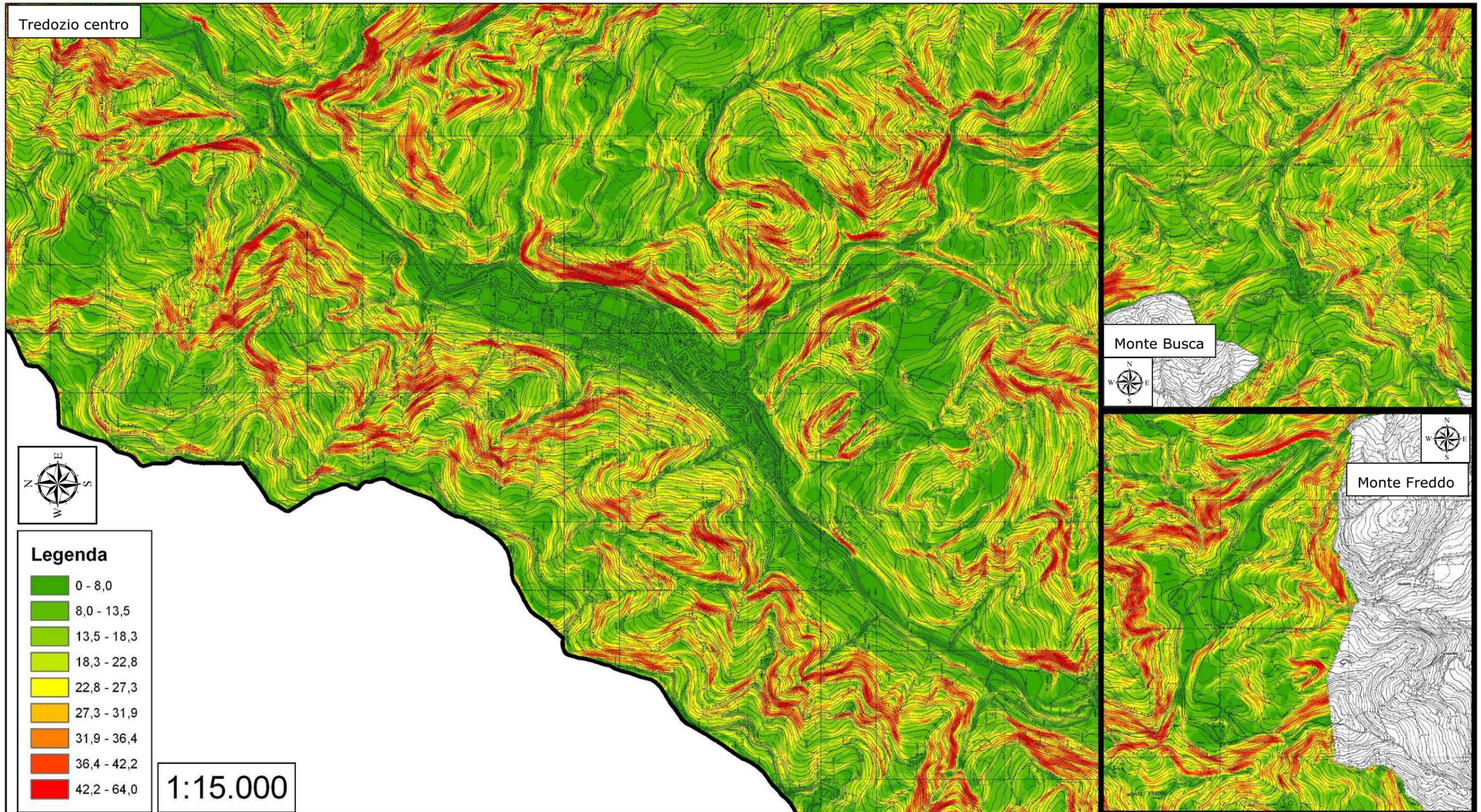


Figura 9. Carta dell'acclività dei versanti.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

## 5.1 Fenomeni franosi

I principali movimenti franosi in atto sono principalmente dovuti a scivolamenti lungo strato, che evolvono in fenomeni complessi, e a movimenti della coltre di alterazione superficiale dell'ammasso roccioso. Di seguito si riporta la descrizione dei fenomeni indicando le sigle cartografiche utilizzate per il loro riconoscimento nella carta lito-morfologica.

### 5.1.1 Scivolamenti

Questo tipo di movimento si può sviluppare in tutti i tipi di materiali (rocce, detriti e terre) ed è tipico delle successioni stratificate, soprattutto di quelle costituite da alternanze di litotipi a diverso grado di coesione.

Le superfici di discontinuità possono corrispondere a: giunti di stratificazione, piani di faglia, fratturazioni tettoniche, fessurazioni di varia natura, piani di scistosità o di laminazione, superfici di contatto tra materiali aventi caratteristiche geo-mecchaniche differenti.

La massa dislocata può sia essere completamente destrutturata e disarticolata, sia rimanere relativamente integra o scomporsi in molteplici blocchi, i quali possono conservare la loro struttura interna.

La velocità di movimento può essere estremamente variabile, da lenta a estremamente rapida.

Nell'area di studio sono riconosciuti depositi di frana di questo tipo sia attivi, indicati con la sigla a1b, che quiescenti, indicati con la sigla a2b e a2h. Nei depositi a2h si riconosce un blocco di roccia traslato e rimasto integro a grande scala.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

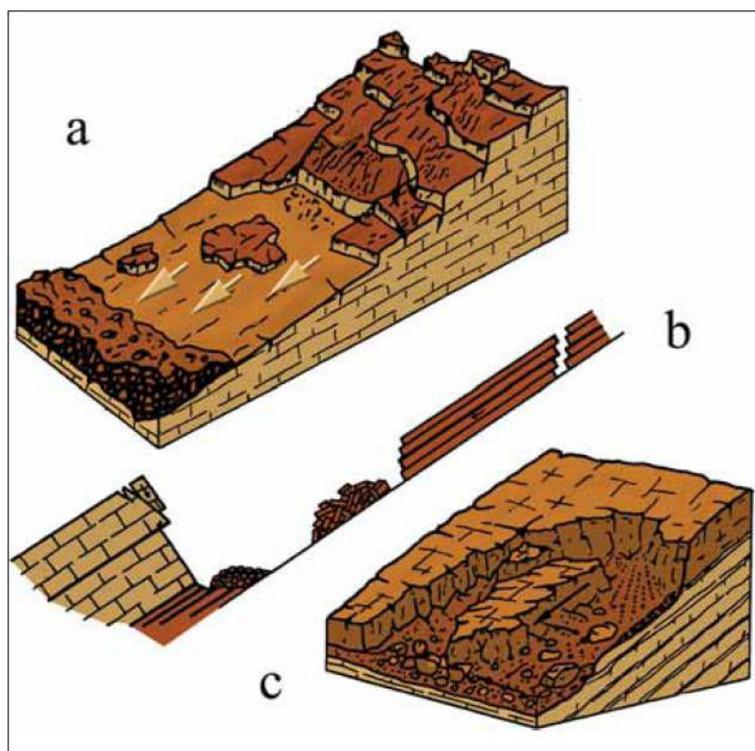


Figura 10. Modelli schematici di un versante interessato dalla progressiva evoluzione di uno scorrimento traslativo. Si evidenzia la superficie planare di scorrimento, corrispondente ad un piano di stratificazione disposto a franapoggio, e la progressiva disarticolazione del materiale nel corso dell'evoluzione del fenomeno. La figura a) mostra che il movimento è stato favorito dallo scalzamento al piede del versante prodotto dall'azione erosiva di un corso d'acqua. La figura c) evidenzia che lo stesso corso d'acqua, successivamente incide il corpo di frana accumulatosi ai piedi del versante figura b).

### 5.1.2 Colamenti lenti

I colamenti sono deformazioni lente che implicano all'interno del corpo di frana un'intensa deformazione plastica differenziale. Il movimento avviene non solo in corrispondenza della superficie di separazione tra massa in frana e materiale in posto, ma può coinvolgere in modo differenziale l'intero corpo di frana. I limiti tra la zona in movimento e il materiale in posto possono essere netti o sfumati all'interno di una fascia, non definibile dall'esterno che può presentare spessore variabile e discontinuità spaziale, nella quale i movimenti differenziali tendono a diminuire gradualmente con la profondità.

Il movimento è causato generalmente dalla saturazione del materiale per aumento del contenuto d'acqua. Tali fenomeni sono caratterizzati da una bassa velocità di spostamento, comunque dipendente dal contenuto d'acqua e dalla pendenza del versante. La distribuzione delle velocità e degli spostamenti è molto variabile all'interno della massa in movimento e può essere paragonata a quella di un fluido viscoso.

All'interno di un corpo di frana la velocità di spostamento è variabile nello spazio, risulta maggiore al centro rispetto ai bordi, più alta in superficie rispetto alle parti più profonde. Questa distribuzione genera la caratteristica forma lobata del corpo di frana (Figura 11). Altri elementi morfologici tipici dei colamenti sono i molteplici av-

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

vallamenti, rigonfiamenti e contropendenze, che favoriscono i ristagni d'acqua e, di conseguenza, aggravano le condizioni di equilibrio.

I colamenti lenti interessano con maggiore diffusione detriti e terre; sono tipici dei terreni ad elevato contenuto argilloso o che presentano un decadimento delle caratteristiche meccaniche, con coesione bassa e debole consolidamento.

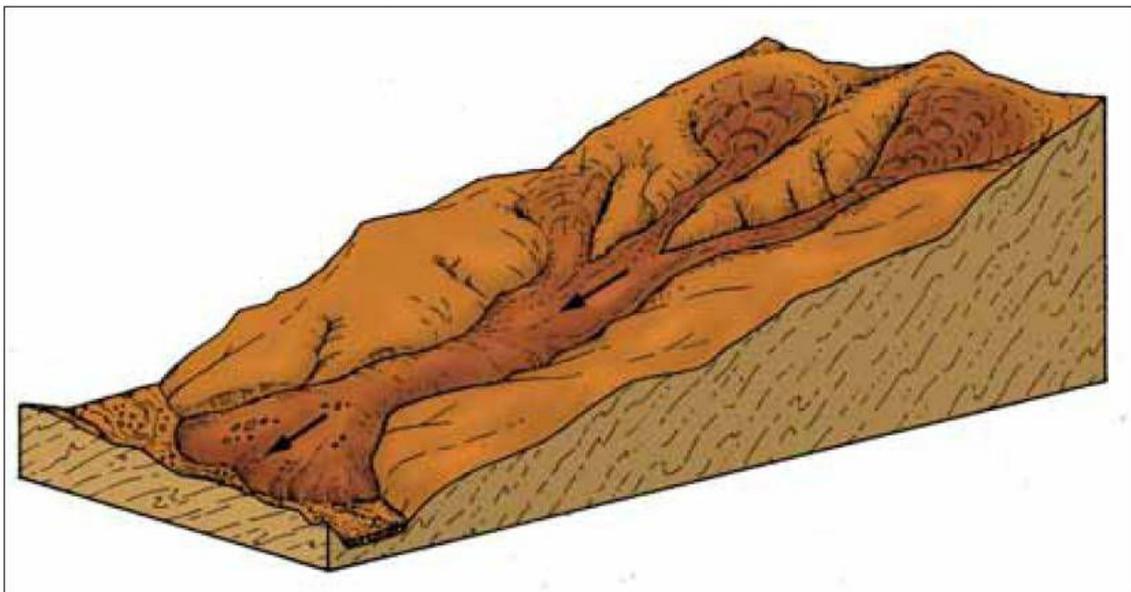


Figura 11. Modello schematico di un colamento lento. In questa tipologia di movimenti avviene spesso che fenomeni diversi confluiscono in un unico impluvio, formando un solo colamento, che può percorrere anche notevoli distanze. Si osserva la caratteristica forma a lobo dell'accumulo di frana.

Nell'area di studio sono riconosciuti depositi di frana di questo tipo sia attivi, indicati con la sigla a1d, che quiescenti, indicati con la sigla a2d. Questi fenomeni si sviluppano principalmente nelle porzioni di ammasso roccioso ad alto contenuto pelitico - marnoso.

### 5.1.3 Fenomeni complessi

Questi movimenti presentano caratteristiche di innesco ed evoluzione nel tempo e nello spazio non riconducibili ad una sola delle categorie principali, il relativo movimento deriva, quindi, dalla combinazione di due o più tipi di movimento, verificatisi in successione temporale.

Per una loro corretta classificazione devono essere individuati e riconosciuti i principali tipi di movimento che li caratterizzano, in base ai quali si assegna una nomenclatura binaria al fenomeno. Essi devono essere presi a riferimento anche per la rappresentazione cartografica della frana (vedi capitolo 3 "Simbologia"). tipicamente i casi più frequenti di combinazioni sono dati da scorrimenti rotazionali - colamenti, scorrimenti traslativi - colamenti, scorrimento rotazionale - colata rapida di detrito, soil slip - colata rapida e crollo di roccia - colata rapida di detrito.

 <b>ENSER</b> SOCIETA' DI INGEGNERIA	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

Nell'area di studio sono riconosciuti depositi di frana di questo tipo sia attivi, indicati con la sigla a1g, che quiescenti, indicati con la sigla a2g. Entrambi i fenomeni sono attribuibili a scorrimenti traslativi (di detrito o di roccia) – colamenti.

#### **5.1.4 Fenomeni indistinti**

Nell'area di studio sono cartografati alcuni fenomeni quiescenti, indicati con la sigla a2, in cui non si riconosce un movimento attribuibile alle classiche classificazioni delle frane.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	<b>Codice:</b> S11145-M1-RE-01-0 <b>Data:</b> 30/01/2012

## 6. INQUADRAMENTO TETTONICO-SISMICO

Il Comune di Tredozio è situato all'interno dell'Appennino Settentrionale. L'Appennino è una catena a pieghe e faglie tuttora in evoluzione, come testimoniato dai frequenti eventi sismici (sequenza sismica del Faentino del 2000, sequenza del Montefeltro del 2011).

La vergenza della catena è in direzione nord-est, allineate in questa direzione vi sono le principali strutture compressive (sovrascorrimenti) dette a vergenza appenninica. Vi sono inoltre strutture vergenti verso nord-ovest definite antiappenniniche (faglie trascorrenti).

Le strutture principali della catena appenninica sono indicate negli schemi tettonici di Figura 12 e Figura 13.

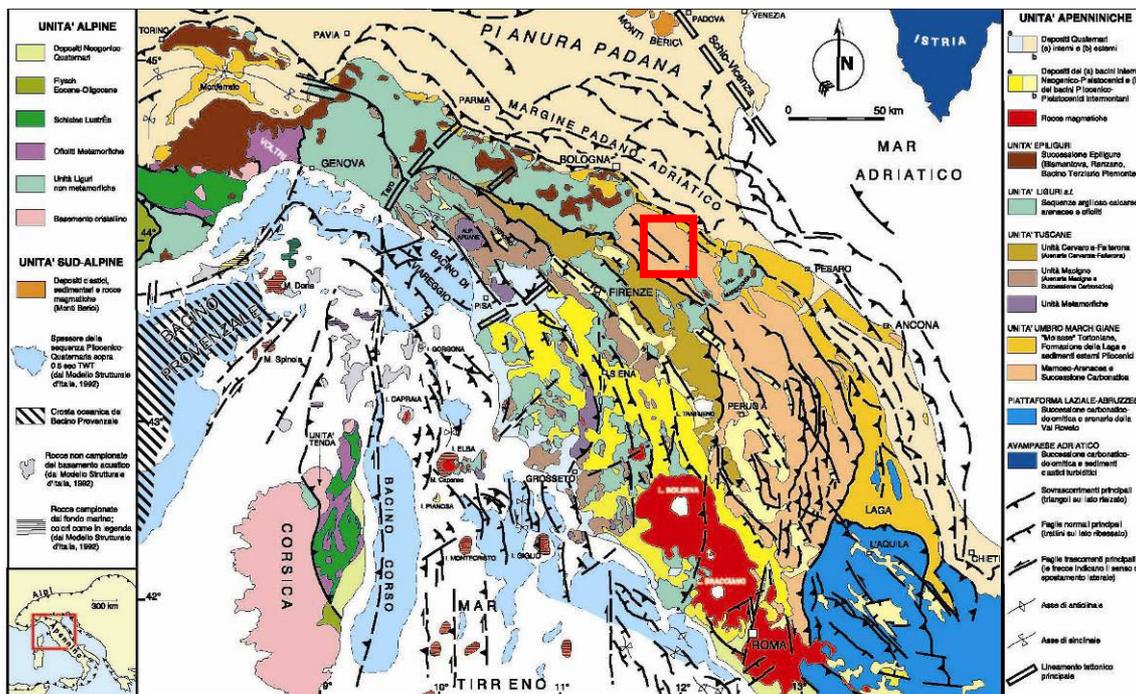


Figura 12. Schema tettonico e dei domini geologici dell'Appennino Settentrionale. Nel riquadro rosso è indicata l'area di studio.

 <b>ENSER</b> SOCIETA' DI INGEGNERIA	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	<b>Codice:</b> S11145-M1-RE-01-0 <b>Data:</b> 30/01/2012

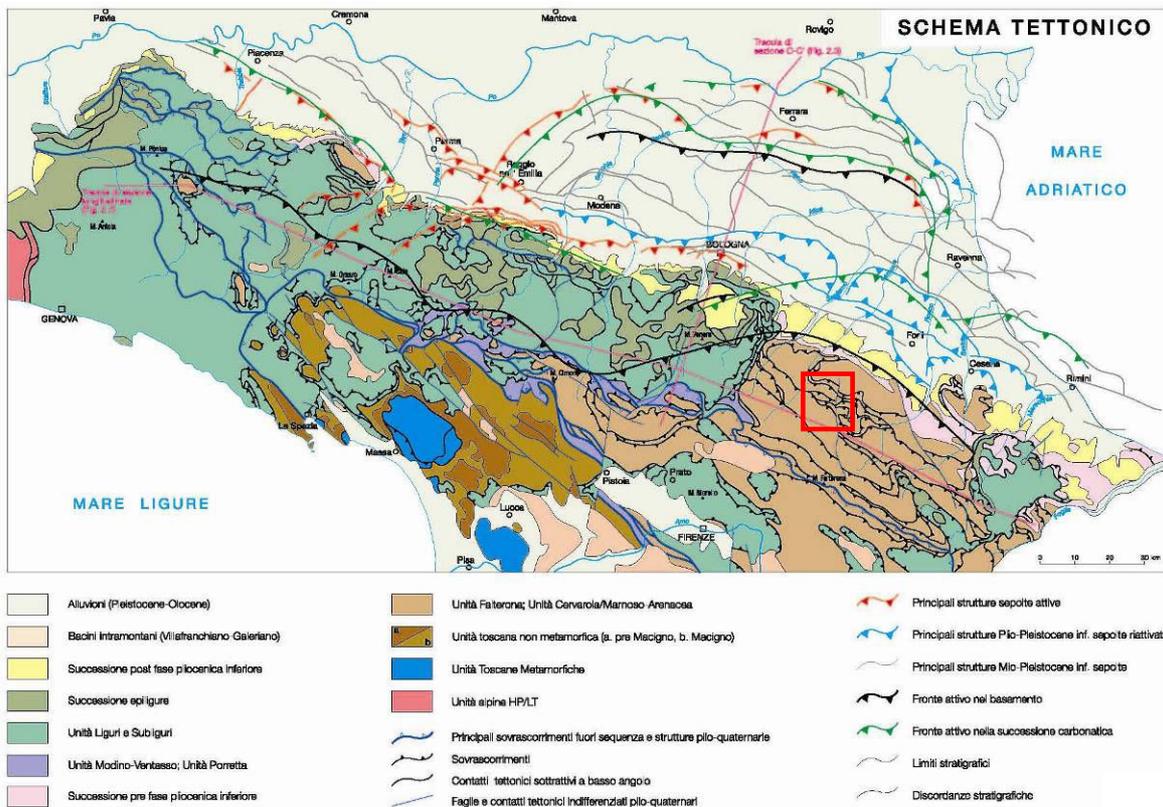


Figura 13. Dettaglio dello schema tettonico e dei domini geologici dell'Appennino Settentrionale. Nel riquadro rosso è indicata l'area di studio.

Lo stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna (Figura 14, Figura 15, Figura 16), mostra invece un particolare delle strutture presenti nell'area di studio. Si possono osservare sovrascorrimenti sud vergenti e nord vergenti con meccanismi focali dei sismi inversi a componente trascorrente.

 <b>ENSER</b> SOCIETA' DI INGEGNERIA	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	<b>Codice:</b> S11145-M1-RE-01-0 <b>Data:</b> 30/01/2012

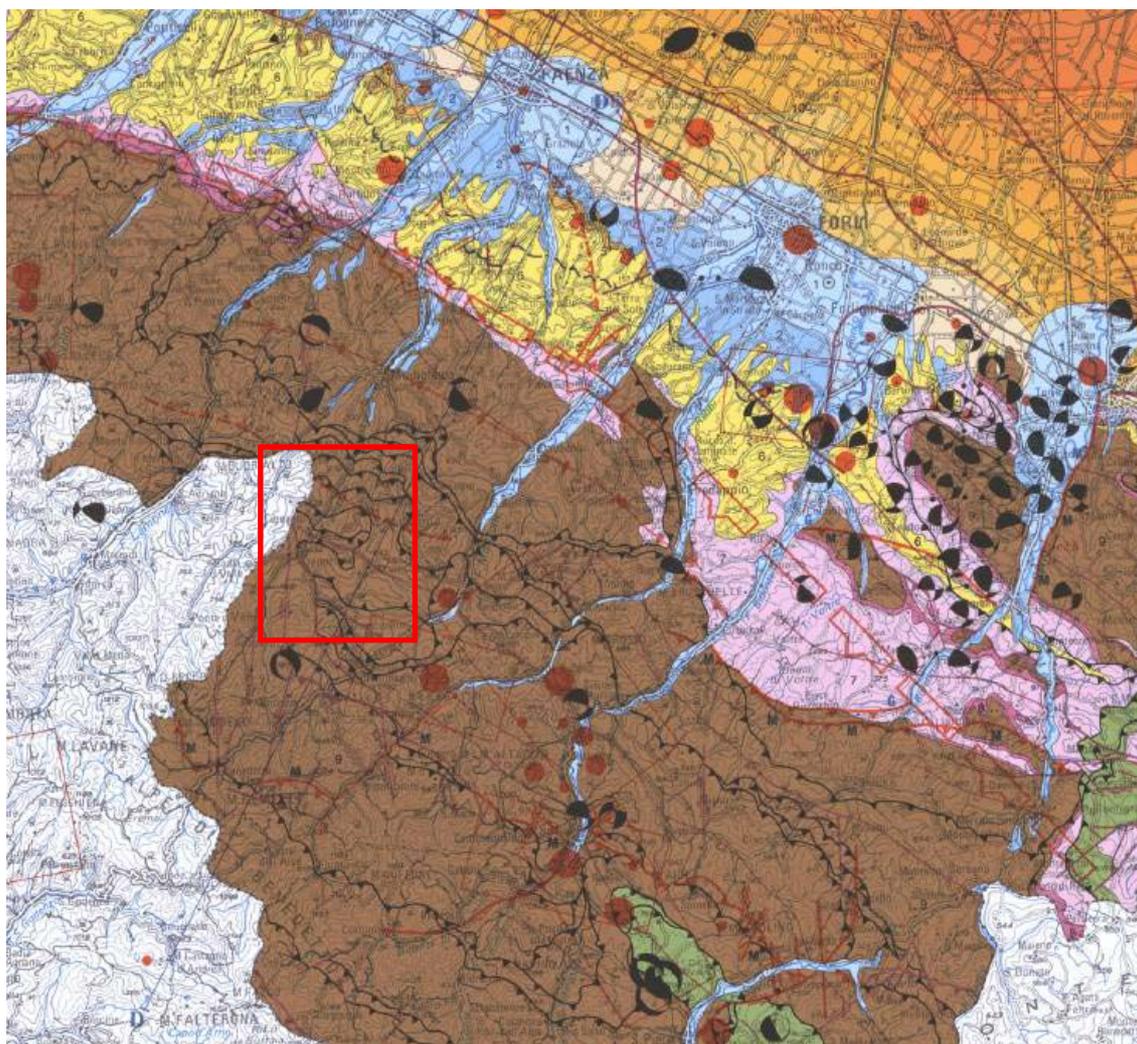


Figura 14. Stralci della Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna in scala 1:250.000.

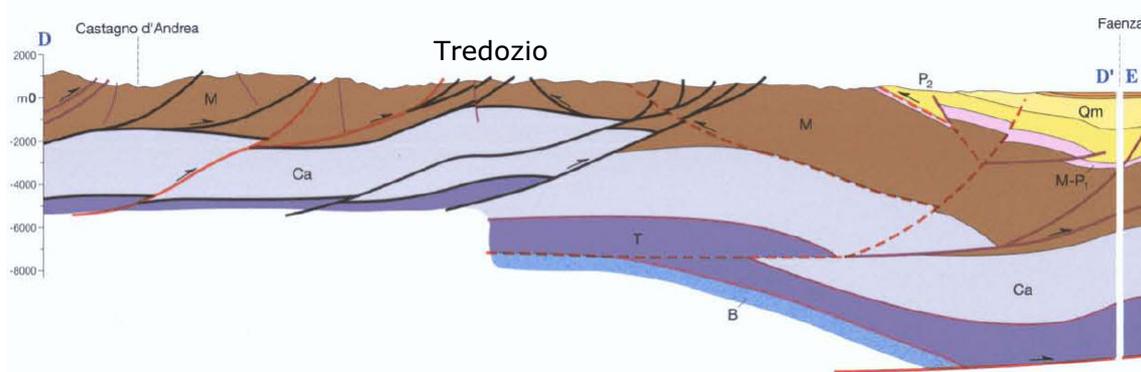


Figura 15. Sezione D-D'. B: Basamento cristallino, Ca: Successione carbonatica, M: Miocene, M-P1: Messiniano-Pliocene, P2: Pliocene, Qm: Pleistocene.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012



Figura 16. Legenda della Carta Sismo Tettonica della Regione Emilia Romagna in scala 1:250.000.

## 6.1 Classificazione sismica

Per quanto concerne la classificazione sismica del territorio comunale, si fa riferimento all'OPCM 2003 la cui cartografia è riportata in Figura 17.

 <b>ENSER</b> SOCIETA' DI INGEGNERIA	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	<b>Codice:</b> S11145-M1-RE-01-0 <b>Data:</b> 30/01/2012

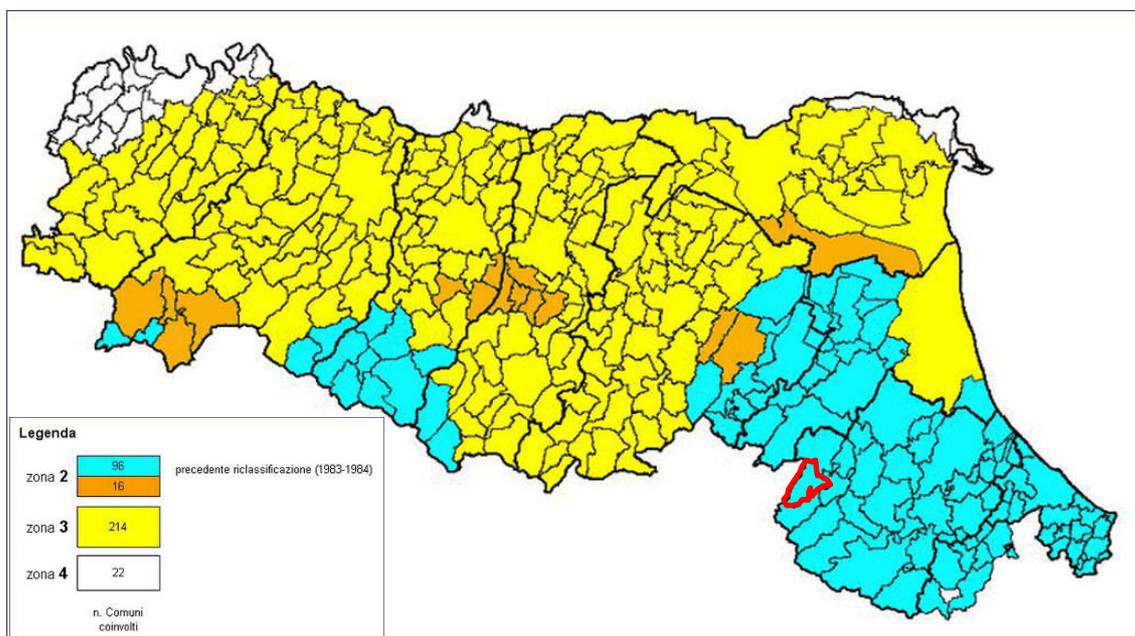


Figura 17. Classificazione sismica della Regione Emilia Romagna. L'area comunale è indicata in rosso.

Da ciò si evince che il Comune di Tredozio ricade in zona sismica 2.

## 6.2 Sismicità storica

Facendo riferimento alle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno censiti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), nella seguente Tabella 1 si riporta un breve riepilogo della storia sismica del Comune di Tredozio (FC).

Il valore di magnitudo media attesa per l'area in oggetto è pari a 4,94, come riportato nel database INGV di pericolosità sismica, e un  $a_g$  attesa pari a 0,21 m/s.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

<b>Storia sismica del Comune di Tredozio</b>				
<b>[44.080, 11.743]</b>				
<b>Is</b>	<b>Anno Me Gi Or</b>	<b>Area epicentrale</b>	<b>Io</b>	<b>Mw</b>
7-8	1661 03 22 12 45	Appennino romagnolo	9	5.83
6	1768 10 19 23	Appennino romagnolo	9	5.84
6	1781 07 17 09 40	Romagna	8	5.53
5	1895 09 04 13 30	Valle del Montone	6-7	5.03
4-5	1909 01 13 00 45	BASSA PADANA	6-7	5.53
5	1929 07 18 21 02	MUGELLO	6-7	5.07
3-4	1931 09 05 01 26	FIRENZUOLA	6-7	5.09
5	1952 07 04 20 35	ROCCA SAN CASCIANO	5-6	4.77
5	1960 10 29 00 09	MUGELLO	7	4.93
4-5	1970 02 09 07 39	MERCATO SARACENO	5-6	4.67
NF	1986 12 06 17 07 19	BONDENO	6	4.56

Tabella 1. Storia sismica del Comune di Tredozio.

Con:

- **Is** = intensità in sito (MCS)
- **Me** = mese    **Gi** = giorno    **Or** = ora
- **Io** = Intensità epicentrale (MCS)
- **Mw** = Magnitudo momento

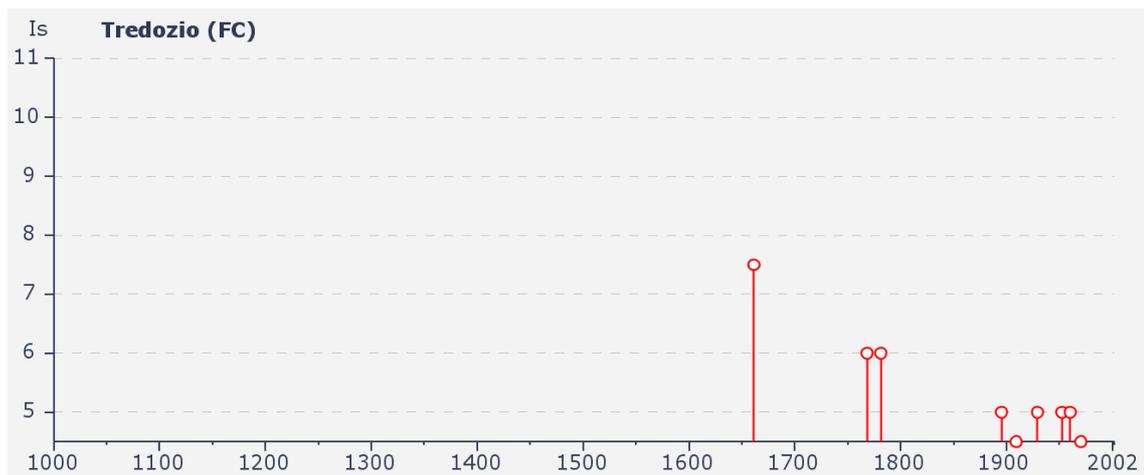


Figura 18. Distribuzione temporale dei terremoti storici relativi al Comune di Tredozio.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

### 6.3 Strutture sismogenetiche

Recentemente è stata presentata la nuova versione (vers. 3.0) del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy", inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise e Pantosti, 2001).

Il Database contiene sorgenti sismogenetiche individuali ritenute in grado di generare grandi terremoti. L'individuazione e la caratterizzazione di tali sorgenti consentirà una sempre migliore definizione della pericolosità sismica, sia alla scala di singole opere o infrastrutture che a scala regionale.

La nuova versione del Database contiene oltre 100 sorgenti sismogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). Tali sorgenti ricadono sull'intero territorio italiano e su alcune regioni confinanti.

L'assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull'andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico, al fine di rendere quanto più possibile completa l'informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale. Per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al., 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Dall'esame del Database (Figura 19) si osserva la presenza di una sorgente sismica che interessa la quasi totalità del territorio tredoziese.

Si tratta di strutture associate alla sorgente composita denominata Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga (ITCS027), indicata con campitura arancione in Figura 19, che appartiene ai fronti di sovrascorrimento dell'Appennino settentrionale.

La geometria di questa zona sismogenetica è vincolata dalle singole fonti contenute all'interno: gli intervalli di strike sono compresi tra gli 88° (Fonte Loiano) e i 160° (Camerino e fonti Sarnano), e l'immersione della zona è compresa tra 20° e 54° verso SW.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

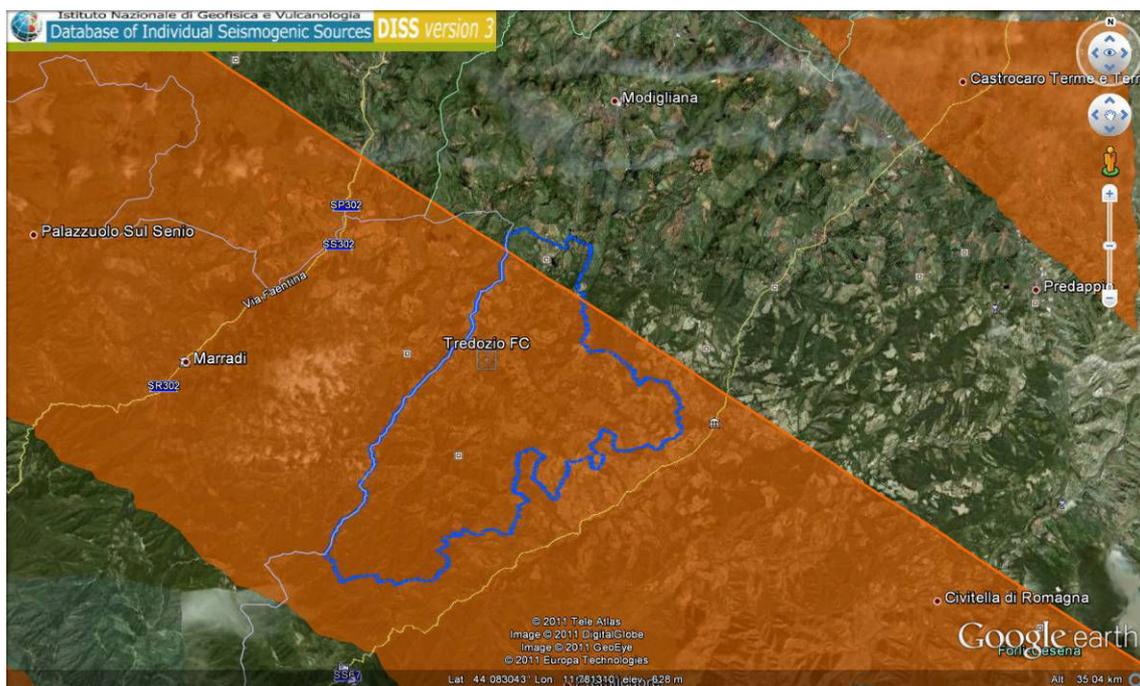


Figura 19. Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy" per l'area del Comune di Tredozio.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

## 7. SEZIONI GEOLOGICHE

Per la definizione dell'assetto geologico dell'are di studio, sono state prodotte otto sezioni geologiche. In particolare, è stata prodotta una sezione longitudinale in asse alla valle del T. Tramazzo (A-A'), quattro sezioni trasversali alla valle del T. Tramazzo (C-C', D-D', E-E'e H-H'), una sezione trasversale al Fosso Pereto (B-B'), una in asse al crinale presso Monte Busca (F-F') ed una in asse al crinale di Monte Freddo (G-G'). Le sezioni geologiche sono riportate nel documento S11145-M1-TV03-0 allegato alla presente relazione.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica di ogni sezione geologica.

### 7.1 Sezione A-A'

La sezione geologica A-A' è tracciata in senso SW-NE. Facendo riferimento al punto di origine della sezione, in località Villanelli, si osserva la presenza del membro 3 e 4 della Formazione Marnoso-Arenacea. I due membri si trovano in contatto stratigrafico. Alcune faglie caratterizzano questo primo tratto della sezione. Nella zona compresa tra l'inizio della sezione e la località Canepa è presente una struttura ad horst (la medesima struttura tettonica è tagliata più a sud-est anche dalla sezione B-B') con gli strati nella zona di valle della struttura a maggiore inclinazione. L'inclinazione degli strati è comunque sempre modesta ed inferiore a 10°.

Nella parte terminale della sezione è presente una struttura tipo piega - faglia, ruotata sino a rendere quest'ultima subverticale. Tale struttura è svincolata sul lato sud-ovest da una ulteriore faglia inversa che mette in contatto il membro 3 con il membro 4.

I depositi quaternari, in gran parte depositatesi in sinistra idraulica del T. Tramazzo, ricoprono il substrato miocenico con spessori variabili da 3 a 10 metri a seconda dell'ordine evolutivo del terrazzo.

### 7.2 Sezione B-B'

La sezione geologica B-B' è tracciata in senso SW-NE. Facendo riferimento al punto di origine della sezione, si osserva la presenza del membro 3 della Formazione Marnoso-Arenacea immergente verso NE con inclinazione degli strati circa costante nell'ordine di 20°.

A valle della Strada Provinciale Modigliana, a circa 240 m dall'origine della sezione, è presente una faglia che mette in contatto tettonico FMA3 con il più antico membro FMA2. Il contatto stratigrafico tra le due unità, affiorante più a valle, è in parte obliterato dal terrazzo fluviale del Fosso Pereto. Lo stesso fosso è impostato su una faglia normale che ripropone il contatto tettonico tra il membro 2 e il membro 3 producendo una struttura ad horst. Nella parte terminale della sezione è presente il contatto stratigrafico tra il membro 3 e il membro 4 di FMA, in quest'ultimo membro è visibile lo strato guida "Contessa".

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

### 7.3 Sezione C-C'

La sezione geologica C-C' è tracciata in senso NW-SE. Facendo riferimento al punto di origine della sezione presso il Fosso S. Michele, si osserva la presenza del membro 3 della Formazione Marnoso-Arenacea. La direzione apparente degli strati lungo la sezione, mostra la presenza di una blanda anticlinale che ha il proprio asse in direzione NNE-SSW. I depositi di terrazzo del T. Tramazzo si sono impostati nel fianco sinistro della piega.

### 7.4 Sezione D-D'

La sezione geologica D-D' è tracciata in senso WNW-ESE. Facendo riferimento al punto di origine della sezione, presso la località Belvedere, si osserva la presenza del membro 4 della Formazione Marnoso-Arenacea. La direzione apparente degli strati lungo la sezione, mostra anche in questo caso la presenza di una blanda anticlinale che ha il proprio asse in direzione NNE-SSW. I depositi di terrazzo del T. Tramazzo si sono impostati sia nel fianco sinistro della piega, sia nel nucleo della stessa. Il T. Tramazzo ora scorre nel fianco destro dell'anticlinale. Nella parte terminale della sezione è presente un sovrascorrimento, sub orizzontale in sezione, che disloca il membro FMA4 producendo un raddoppio dello strato guida "Contessa" che compare a quote diverse lungo la stessa sezione.

### 7.5 Sezione E-E'

La sezione geologica E-E' è tracciata in senso NW-SE. Facendo riferimento al punto di origine della sezione, presso la località Canepa, si osserva un assetto stratigrafico apparente immergente verso SE di circa 12°. La stratigrafia mostra il contatto tra il membro 3 e 4 della FMA. Tale contatto è obliterato dalla presenza dei depositi di terrazzo del T. Tramazzo, sia in destra sia in sinistra idraulica del corso d'acqua. Verso la parte terminale della sezione è presente una piccola faglia verticale che rigetta leggermente la successione.

### 7.6 Sezione F-F'

La sezione geologica F-F' è tracciata in senso N-S sino al centro di Villaggio Monte Busca per poi orientarsi in senso W-E. Facendo riferimento al punto di origine della sezione, presso la cima di Monte Sacco, si osserva la presenza di tutti i membri della Formazione Marnoso Arenacea rilevati nell'area di studio (FMA 1÷4). In particolare si può osservare il contatto tettonico tra il membro 4, con immersione apparente di 35° verso NE, e il membro 2 e 3 immergenti nella medesima direzione e inclinazione del membro 4. Il membro 2 e 3 sono a loro volta in contatto stratigrafico tra di loro e in contatto tettonico con il membro 1. Il membro 1 della FMA si presenta in assetto anticlinale con il nucleo della piega fratturato ed indicato come zona cataclastica. Nella parte terminale della sezione è presente una faglia interna al membro 1.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

## 7.7 Sezione G-G'

La sezione geologica G-G' è tracciata in senso N-S. Facendo riferimento al punto di origine della sezione, si osserva il contatto stratigrafico tra il membro 1 e 2 della FMA. Viene cartografato e riportato in sezione lo strato guida "Imolavilla". Una faglia verticale rigetta lo strato guida all'interno del membro 2 della FMA. La formazione appare in assetto sub-orizzontale in quanto gli strati immergono in modo perpendicolare rispetto alla linea di sezione. Nella parte terminale della sezione, una faglia inversa mette in contatto il membro 2 con il membro 4 della medesima formazione. L'assetto del membro 4 della formazione immerge in senso opposto al membro 2. Una faglia subverticale, presente alle pendici di Monte Freddo, disloca il membro 4 con una vistosa variazione di assetto degli strati e la presenza di una zona cataclastica importante in corrispondenza della cima del monte. Nell'ultimo terzo di sezione, si segnala la presenza di una importante frana per scorrimento traslativo in blocco lungo piano di strato, ove si riconoscono lungo il versante almeno due porzioni significative di roccia traslate verso est.

## 7.8 Sezione H-H'

La sezione geologica H-H' è tracciata in senso NW-SE. Facendo riferimento al punto di origine della sezione si osserva la presenza del membro 4 e del membro 3 in contatto tettonico. Gli strati del membro 4 immergono di circa 6-8° verso NW mentre gli strati del membro 3 appaiono orizzontali in quanto immergenti in direzione perpendicolare alla traccia di sezione. Per quanto riguarda i depositi quaternari si nota la presenza di terrazzi alluvionali in sinistra idraulica della valle, e un importante fenomeno franoso in destra idraulica.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

## 8. INDAGINI IN SITO

Per la definizione degli spessori dei depositi terrazzati, è stata condotta una ricerca bibliografica all'interno dell'archivio degli enti di riferimento. In primis è stato consultato il database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, dopodiché si è proceduto ad un esame minuzioso dell'archivio comunale per recepire relazioni geologiche pregresse con annesse prove geognostiche.

La ricerca si è protratta anche presso i singoli professionisti locali come quello del Dott. Geol. Albert Van Zutphen che ha messo a disposizione le indagini geognostiche prodotte dallo studio SGT.

La ricerca si è conclusa con il recepimento di 124 prove geognostiche divise tra prove penetrometriche dinamiche, (leggere, medie, pesanti, e super pesanti), prove penetrometriche statiche con punta meccanica ed elettrica e trincee esplorative condotte con escavatore.

La cartografia allegata, doc. S11145 – M1 TV 01 0, riporta l'ubicazione delle indagini. Ogni prova geognostica è stata identificata mediante una sigla alfanumerica univoca concorde con le indicazioni regionali. Al fine di rendere possibile la lettura della cartografia prodotta, ad ogni indagine è stato poi assegnato un codice numerico identificativo come indicato in Tabella 2.

Le indagini bibliografiche risultano (i certificati di prova sono riportati in formato PDF sul DVD allegato):

- 70 prove penetrometriche dinamiche leggere;
- 4 prove penetrometriche dinamiche medie;
- 3 prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- 7 prove penetrometriche dinamiche super pesanti;
- 7 prove penetrometriche statiche con punta elettrica;
- 13 prove penetrometriche statiche con punta meccanica;
- 18 trincee esplorative con esploratore;
- 2 affioramenti.

Oltre alle indagini geognostiche dirette sono state recepite dalla bibliografia tre indagini a sismica passiva a stazione singola, atte alla definizione della frequenza naturale del terreno e del profilo di velocità delle onde S. Di queste, una è stata condotta nel I ordine di terrazzi, una nel II e una a Monte Busca, in corrispondenza di una zona cataclastica.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

Sigla	Profondità prova	Tipo di prova	ID cartografico	Sigla	Profondità prova	Tipo di prova	ID cartografico	Sigla	Profondità prova	Tipo di prova	ID cartografico
254090D415A	4,2	Prova penetrometrica dinamica leggera	1	254090D090B	5,1	Prova penetrometrica dinamica pesante	42	254090D210G	2,5	Trincea esplorativa	83
254090D415D	6,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	2	254090D090C	3,1	Prova penetrometrica dinamica pesante	43	254090D210C	11,0	Prova penetrometrica statica con punta elettrica	84
254090D415B	4,2	Prova penetrometrica dinamica leggera	3	254090D090D	5,8	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	44	254090D220A	2,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	85
254090D415C	6,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	4	254090D100A	3,0	Affioramento	45	254090D220B	1,5	Prova penetrometrica dinamica leggera	86
254090D412C	1,6	Prova penetrometrica dinamica leggera	5	254090D110A	3,8	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	46	254090D220C	3,5	Prova penetrometrica dinamica leggera	87
254090D412B	3,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	6	254090D120A	4,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	47	254090D220D	3,5	Prova penetrometrica dinamica leggera	88
254090D412A	2,5	Prova penetrometrica dinamica leggera	7	254090D130A	7,2	Prova penetrometrica dinamica media	48	254090D250A	6,0	Trincea esplorativa	89
254090D414D	4,3	Prova penetrometrica dinamica leggera	8	254090D130B	3,4	Prova penetrometrica dinamica media	49	254090D250B	6,0	Trincea esplorativa	90
254090D414B	2,7	Prova penetrometrica dinamica leggera	9	254090D130C	3,4	Prova penetrometrica dinamica media	50	254090T260A	1,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	91
254090D414C	4,4	Prova penetrometrica dinamica leggera	10	254090D130D	4,8	Prova penetrometrica dinamica media	51	254090T260B	1,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	92
254090D414A	3,6	Prova penetrometrica dinamica leggera	11	254090D150A	1,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	52	254090T260C	2,2	Prova penetrometrica dinamica leggera	93
254090D413C	6,4	Prova penetrometrica dinamica leggera	12	254090D150B	4,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	53	254090T270A	4,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	94
254090D413B	4,3	Prova penetrometrica dinamica leggera	13	254090D150B	4,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	54	254090T270B	4,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	95
254090D413D	3,7	Prova penetrometrica dinamica leggera	14	254090D170A	4,6	Prova penetrometrica dinamica leggera	55	254090T270C	1,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	96
254090D413A	4,3	Prova penetrometrica dinamica leggera	15	254090D170B	5,6	Prova penetrometrica dinamica leggera	56	254090T270D	2,2	Prova penetrometrica dinamica leggera	97
254090D056F	10,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	16	254090D170C	2,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	57	254090D010A	7,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	98
254090D056E	1,8	Prova penetrometrica dinamica leggera	17	254090D180A	6,2	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	58	254090D010B	6,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	99
254090D056G	10,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	18	254090D180B	6,2	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	59	254090D010C	7,6	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	100
254090D056A	6,4	Prova penetrometrica dinamica leggera	19	254090D190A	5,8	Prova penetrometrica statica con punta elettrica	60	254100D200G	6,0	Prova penetrometrica dinamica super pesante	101
254090D056B	5,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	20	254090D190B	2,0	Prova penetrometrica statica con punta elettrica	61	254090D300A	8,0	Affioramento	102
254090D056C	6,8	Prova penetrometrica dinamica leggera	21	254090D190C	8,4	Prova penetrometrica statica con punta elettrica	62	254090D400A	4,4	Prova penetrometrica dinamica leggera	103
254090D056D	5,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	22	254090D190D	9,0	Prova penetrometrica statica con punta elettrica	63	254090D400B	4,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	104
254090D421A	5,7	Prova penetrometrica dinamica leggera	23	254090D200B	4,0	Prova penetrometrica dinamica super pesante	64	254090D420A	1,8	Prova penetrometrica dinamica leggera	105
254090D421B	5,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	24	254090D200A	10,0	Prova penetrometrica dinamica super pesante	65	254090D420B	1,7	Prova penetrometrica dinamica leggera	106
254090D421C	5,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	25	254090D200C	11,6	Prova penetrometrica dinamica super pesante	66	254090D430A	6,8	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	107
254090D421D	1,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	26	254100D200D	4,0	Prova penetrometrica dinamica super pesante	67	254090D430B	9,0	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	108
254090D421E	6,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	27	254100D200E	9,6	Prova penetrometrica dinamica super pesante	68	254090D430C	3,7	Prova penetrometrica dinamica leggera	109
254090D020B	6,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	28	254100D200F	4,4	Prova penetrometrica dinamica super pesante	69	254090D430D	6,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	110
254090D020A	3,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	29	254090D210M	4,9	Trincea esplorativa	70	254090D430E	8,8	Prova penetrometrica dinamica leggera	111
254090D020C	6,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	30	254090D210D	1,4	Trincea esplorativa	71	254090D440A	4,8	Prova penetrometrica dinamica leggera	112
254090D040C	3,2	Prova penetrometrica dinamica leggera	31	254090D210P	3,0	Trincea esplorativa	72	254090D440B	4,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	113
254090D040A	3,9	Prova penetrometrica dinamica leggera	32	254090D210O	3,5	Trincea esplorativa	73	254090D440C	7,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	114
254090D040B	2,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	33	254090D210N	1,0	Trincea esplorativa	74	254090D440D	7,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	115
254090D060C	8,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	34	254090D210A	17,0	Prova penetrometrica statica con punta elettrica	75	254090D440E	7,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	116
254090D060D	8,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	35	254090D210Q	0,9	Trincea esplorativa	76	254090D440F	8,0	Prova penetrometrica dinamica leggera	117
254090D060G	3,8	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	36	254090D210L	4,0	Trincea esplorativa	77	254090D450B	4,0	Trincea esplorativa	118
254090D060F	4,3	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	37	254090D210I	4,5	Trincea esplorativa	78	254090D450A	5,5	Trincea esplorativa	119
254090D060E	10,0	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	38	254090D210H	2,5	Trincea esplorativa	79	254090D450C	4,5	Trincea esplorativa	120
254090D080A	1,2	Prova penetrometrica dinamica leggera	39	254090D210B	9,8	Prova penetrometrica statica con punta elettrica	80	254090D450D	4,5	Trincea esplorativa	121
254090D080B	1,2	Prova penetrometrica dinamica leggera	40	254090D210E	3,4	Trincea esplorativa	81	254100D500A	2,7	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	122
254090D090A	2,9	Prova penetrometrica dinamica pesante	41	254090D210F	2,5	Trincea esplorativa	82	254100D500B	2,8	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	123
								254100D500C	2,7	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	124

Tabella 2. Correlazione tra sigla della prova e identificativo cartografico.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

Oltre al recepimento delle indagini bibliografiche, nel mese di ottobre 2011 è stato condotto uno specifico rilevamento geologico e geomorfologico atto sia ad integrare i dati di base sia a valutare in sito lo spessore dei terrazzi fluviali laddove affiorano i contatti.

In generale si osservano spessori tendenzialmente omogenei dei diversi depositi terrazzati del fondovalle del Torrente Tramazzo.

In particolare, in relazione alle indagini bibliografiche ed allo specifico rilevamento, si possono definire gli spessori minimi e massimi dei depositi dei diversi ordini di terrazzo.

Per i depositi terrazzati di I ordine, afferenti al Subsistema di Ravenna, si può definire uno spessore compreso tra 8 e 10m. Per i depositi di II ordine, afferenti all'Unità di Modena, si può definire uno spessore compreso tra 6 e 8m. Infine, per i depositi di III ordine, afferenti all'Unità di Modena, si può definire uno spessore compreso tra 3 e 5m.

Per quanto riguarda i depositi terrazzati del Fosso Pereto, lo spessore del terrazzo fluviale stimato in sito durante il rilevamento di ottobre 2011, è compreso tra 8 e 10m.

## 8.1 Sezioni geologico tecniche

Nell'ambito dello studio dei depositi terrazzati, sono state costruite tre sezioni geologico tecniche di dettaglio individuate in Figura 21, Figura 22 e Figura 23 e denominate rispettivamente sottosezione d-d', e-e' e h-h'. La legenda della carta geologica di riferimento è riportata nell'allegato S11145-M1-TV02-0.

Le prove da bibliografia, quasi unicamente costituite da indagini penetrometriche, mostrano rifiuti strumentali a diverse profondità. Si ritiene ragionevole supporre una stratigrafia costituita da depositi di terrazzo alluvionale con ghiaie basali, dell'ordine di 1 o 2 metri di spessore, sovrastate da limi argillosi sabbiosi. Tale assunzione è supportata dalle osservazioni effettuate presso l'affioramento 102 di cui si riporta una foto in Figura 20 in cui si rileva la presenza del substrato arenaceo, lo spessore della ghiaia basale e lo spessore dei limi.

In particolare, è possibile descrivere i terreni nel seguente modo:

- **FMA:** Formazione Marnoso Arenacea, lapidea, costituita da alternanze di strati decimetrici e metrici di arenarie, più o meno gradate, e marne con talora intercalazioni di strati di emipelagiti costituiti da calcari marnosi o marne calcaree.
- **GW:** Ghiaie sabbiose. Si tratta di ghiaie arenacee, blandamente arrotondate, e auto sostenute con una matrice sabbiosa (debolmente limosa). Lo spessore della ghiaia è di circa 1.5 metri. I ciottoli sono lievemente embriciati. La dimensione dei ciottoli è centimetrica, con talora presenti blocchi decimetrici.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

- **LS:** Limi argillosi sabbiosi e sabbie limose argillose con talora presenti lenti di argilla azzurra e ciottoli arenacei sparsi. Lo spessore è variabile in funzione dell'ordine di terrazzo, in affioramento sono stati misurati circa 6.5 metri di questa unità.

Nelle sottosezioni di Figura 25, Figura 26 e Figura 27 si osserva la stratigrafia costruita in funzione delle prove geognostiche bibliografiche. Si osserva come lo spessore dei depositi terrazzati superiori sia maggiore rispetto a quelli di ordine inferiore.

I terrazzi risultano sia incastrati, come nelle sottosezioni di Figura 25 e Figura 27 sia a ripiani come nella sottosezione di Figura 26.

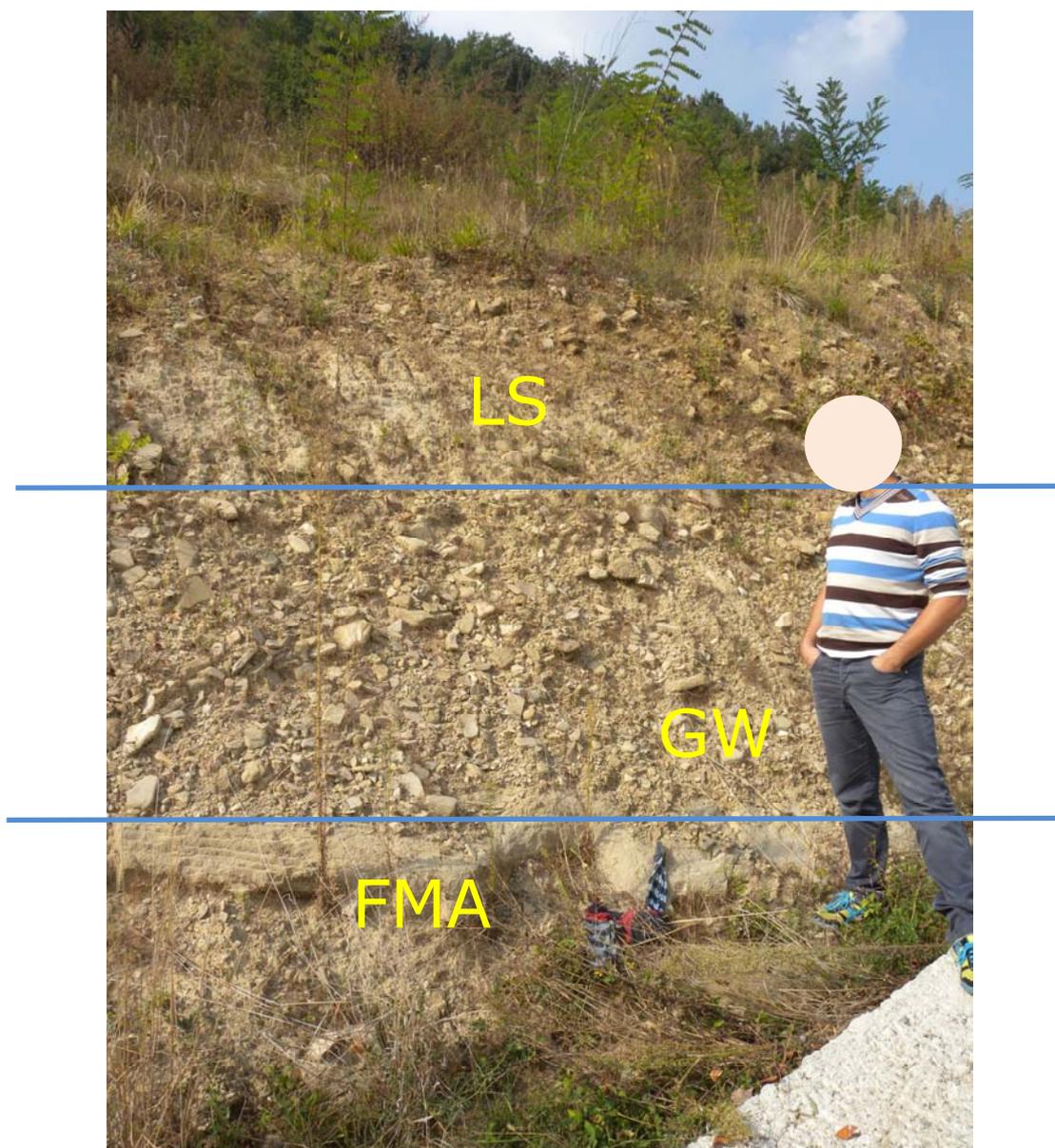


Figura 20. Affioramento 102.

 <b>ENSER</b> SOCIETA' DI INGEGNERIA	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

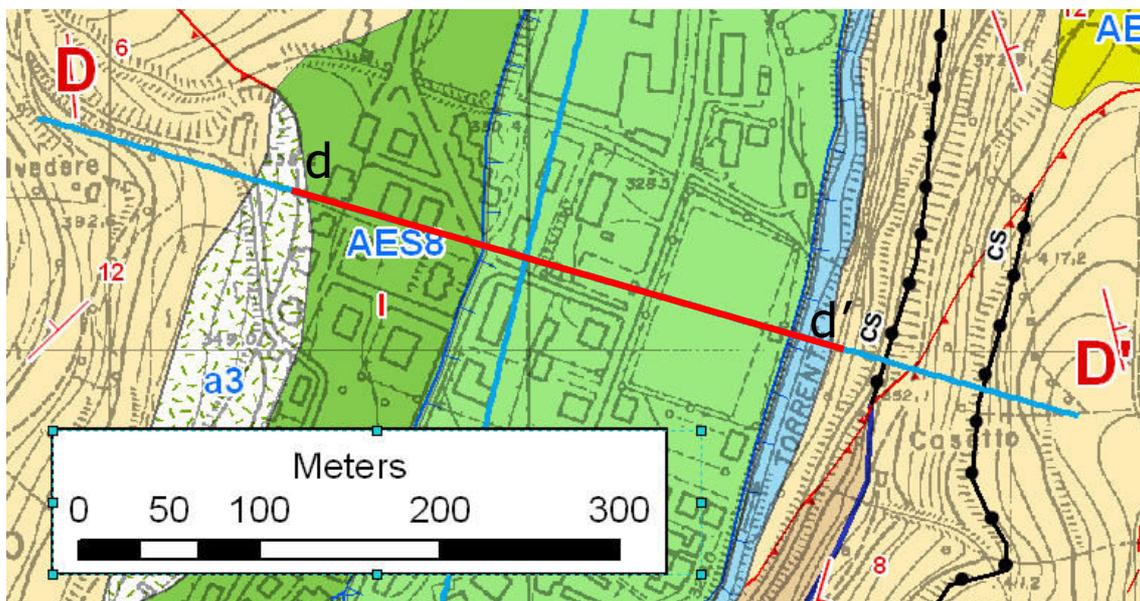


Figura 21. Ubicazione sottosezione d-d'. Scala grafica.

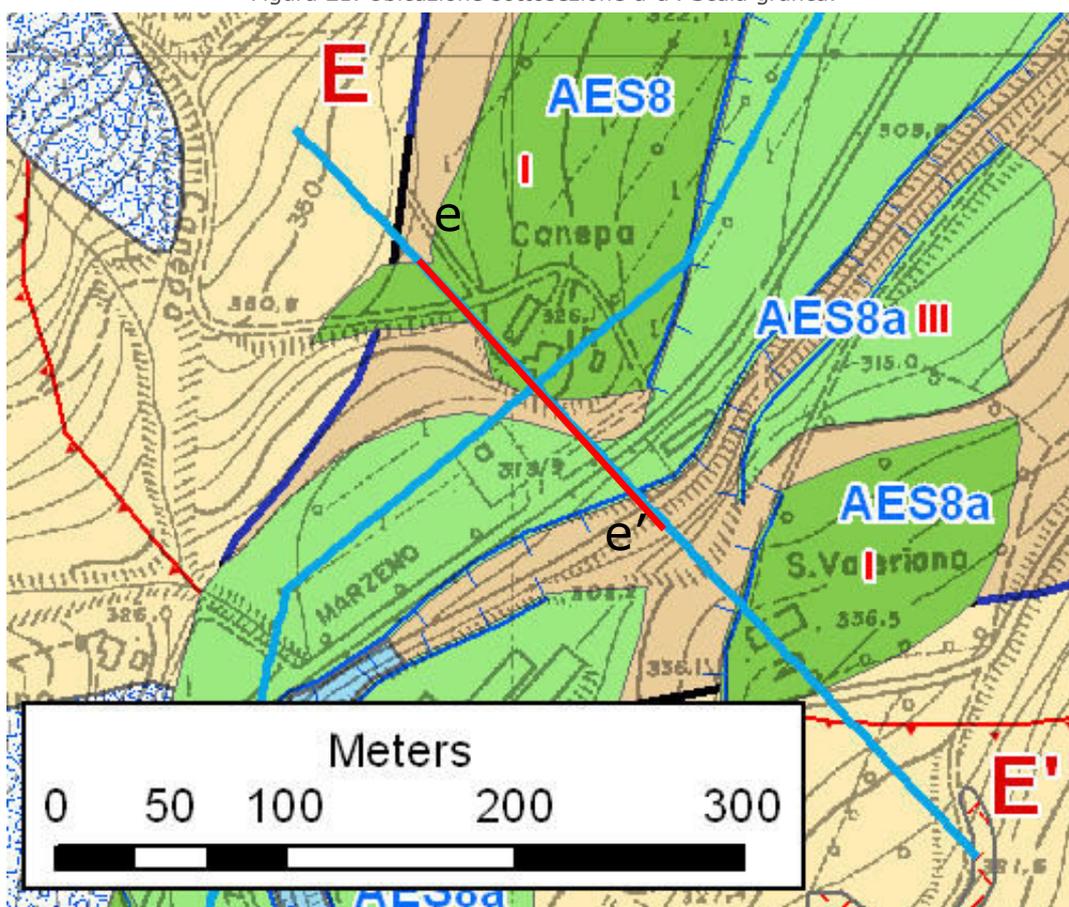


Figura 22. Ubicazione sottosezione e-e'. Scala grafica.

 <b>ENSER</b> SOCIETA' DI INGEGNERIA	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

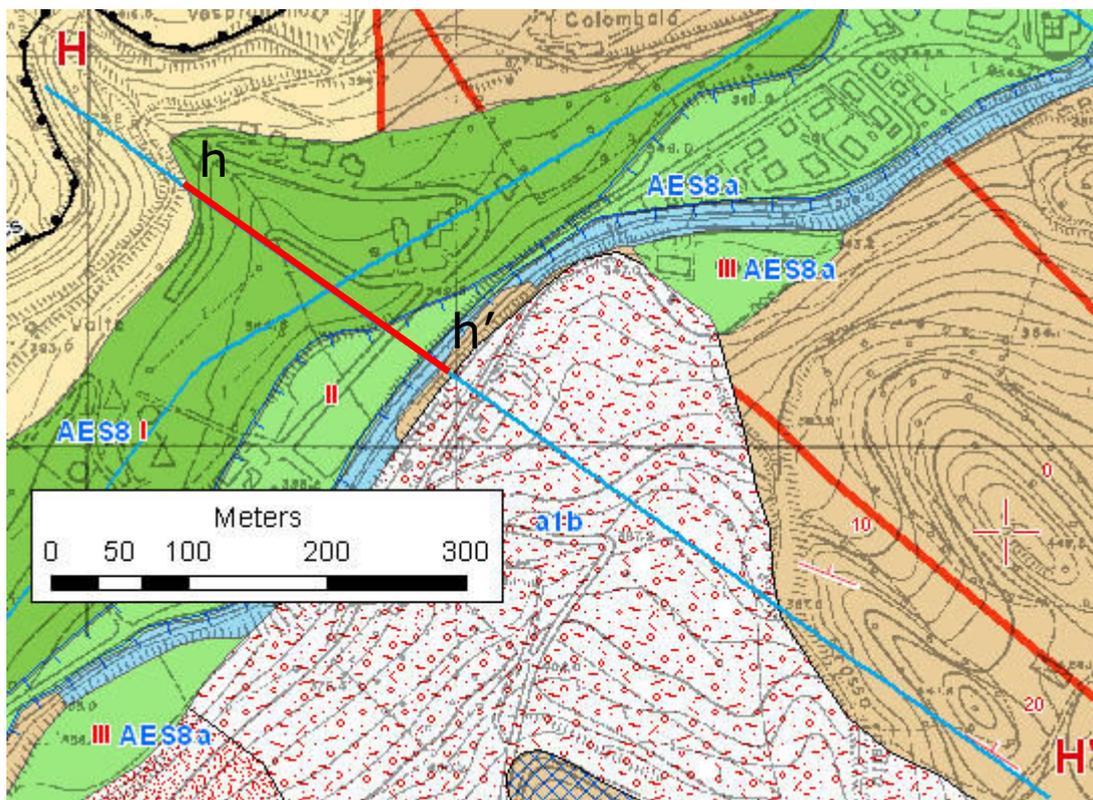


Figura 23. Ubicazione sottosezione h-h'. Scala grafica.

### Legenda sezioni geologico tecniche

	LS: Limi argilloso-sabbiosi e sabbie limoso-argillose.
	GW: Ghiaie sabbiose.
	Despositi di versante costituiti da sabbie e limi.
	FMA Substrato roccioso della Formazione Marnoso Arenacea (FMA).
<b>Simboli</b>	
	Limite litologico (stratigrafico)

Figura 24. Legenda delle sottosezioni geologico tecniche.

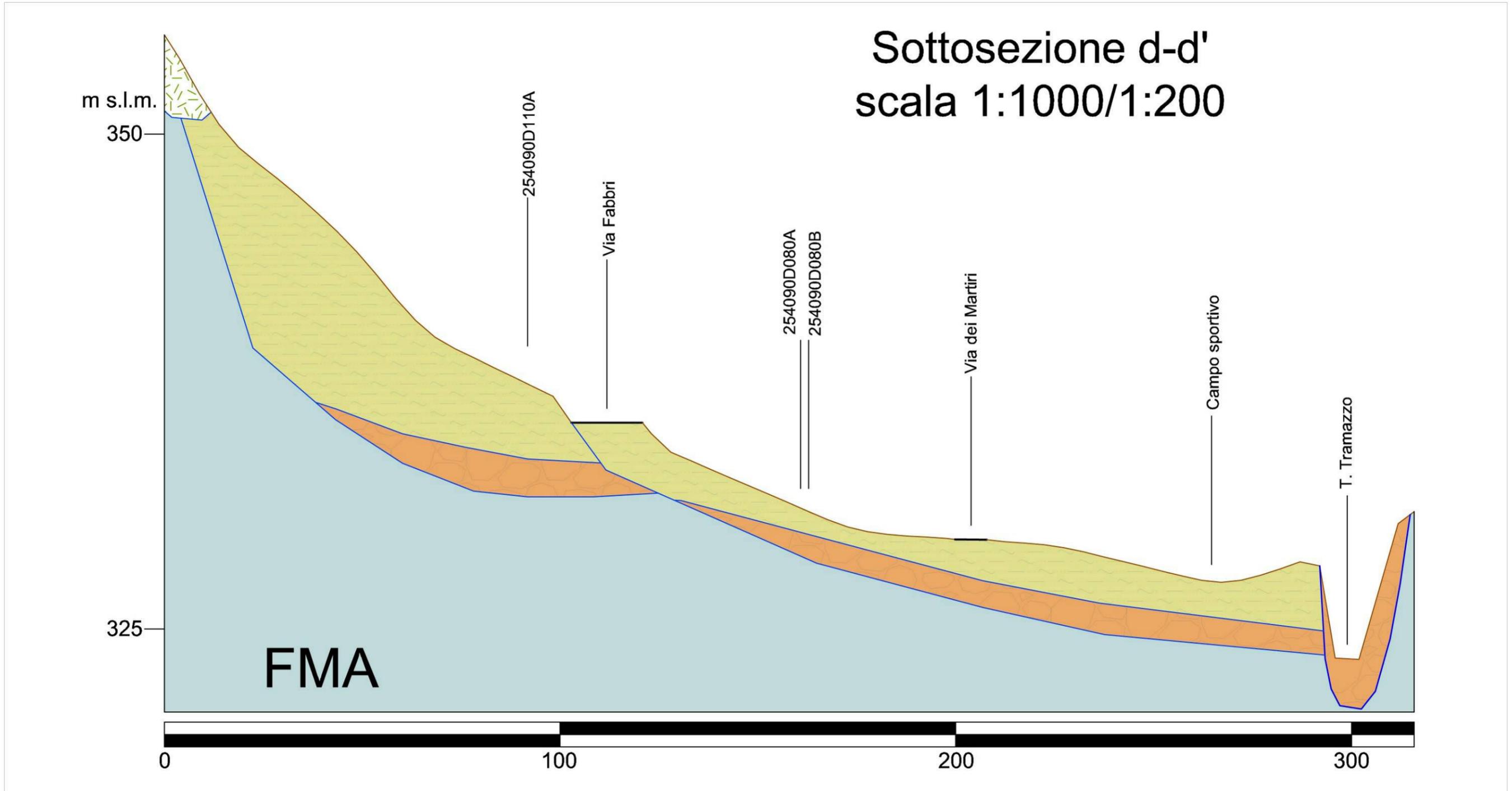


Figura 25. Sottosezione geologico tecnica d-d'

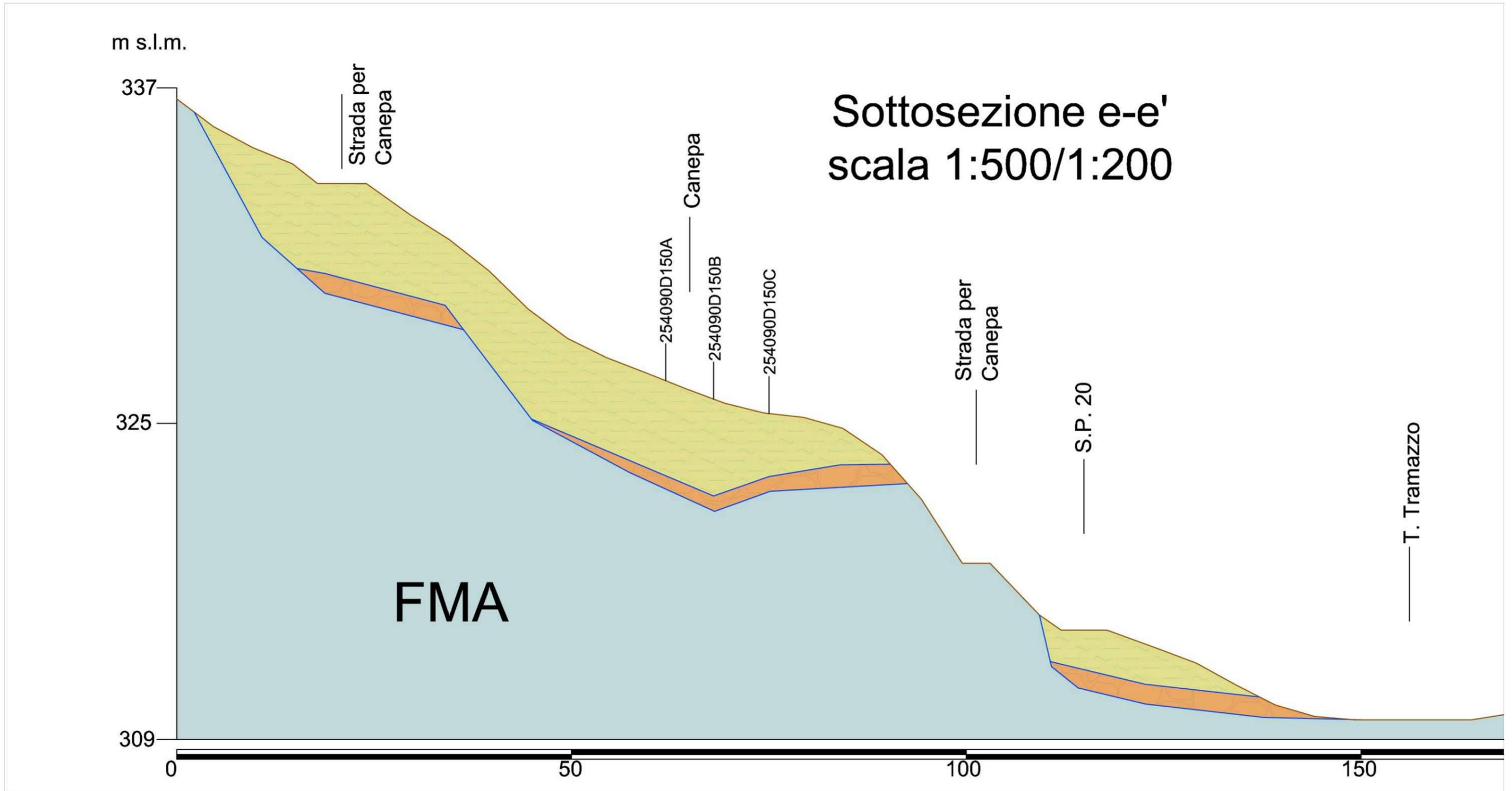


Figura 26. Sottosezione geologico tecnica e-e'

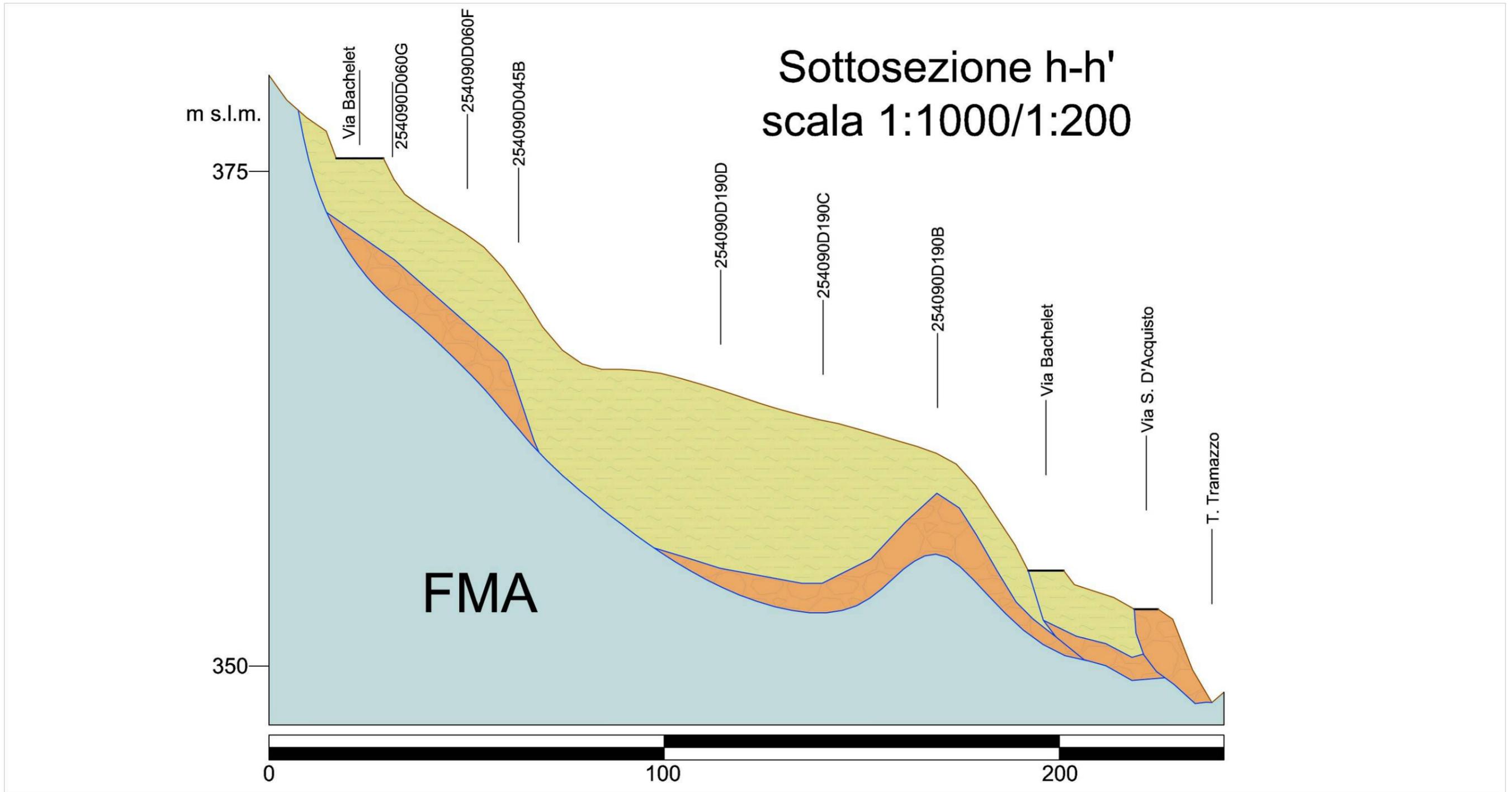


Figura 27. Sottosezione geologico tecnica h-h'

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

## 8.2 Indagini integrative e carta delle frequenze

Premesso che le indagini geognostiche bibliografiche ed il rilevamento in sito sono risultati sufficienti alla definizione degli spessori dei depositi terrazzati, in relazione alle somme a disposizione, è stata condotta una campagna geognostica integrativa in sismica passiva, sia per la definizione della frequenza naturale dei terreni, sia per la definizione delle  $V_{SH}$  necessarie per il secondo livello di approfondimento.

Sono state quindi effettuate sei nuove registrazioni in sismica passiva a stazione singola, tramite tromografo digitale, indicate con la sigla HV\_##, di cui tre nei depositi terrazzati del Torrente Tramazzo, una nei depositi terrazzati del Fosso Pereto, una nella zona cataclastica di Monte Busca ed una a sud del colle Castellaccio.

Con i dati integrativi derivati dalle indagini in sismica passiva, è stata redatta la carta delle frequenze naturali dei terreni (doc. S11145-M1TV040) in cui, puntualmente in corrispondenza delle indagini, è stata riportata la frequenza principale misurata.

Si può osservare che per i depositi alluvionali di maggior spessore, le frequenze naturali dei terreni si attestano intorno agli 8 Hz. La frequenza dei depositi alluvionali di minor spessore si attesta invece intorno ai 12-13Hz.

La misura condotta su ciò che sembra bedrock sub affiorante (HV\_05), mostra però un picco in frequenza a 3Hz; tale valore è riferibile ad una zona fratturata e detensionata del bedrock (fascia cataclastica).

Le frequenze misurate a Monte Busca indicano substrato sub affiorante (misura di repertorio 254100D500A e nuova misura HV\_06 con frequenza a 15Hz) posto a pochi metri (1-2) da piano campagna.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

## 9. CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI

Il documento prodotto ha codice S11145-M1-TV05-0.

Facendo riferimento al documento 1051/2011 della Regione Emilia Romagna, in merito ai criteri per gli studi di microzonazione sismica, per redigere la carta delle aree suscettibili di effetti locali o delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), il territorio in oggetto è stato suddiviso in tre categorie. Tali categorie definiscono le aree in cui non sono necessari altri approfondimenti, aree in cui è necessario approfondire al secondo livello (ed eventualmente al terzo) ed aree in cui è necessario eseguire direttamente approfondimenti di terzo livello. Le categorie di suddivisione del territorio sono così definite:

- a) **Zone stabili**, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive); in queste zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;
- b) **zone suscettibili di amplificazioni locali**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale; nelle zone con variazioni stratigrafiche laterali poco significative (zone di pianura, valli ampie) sono ritenuti sufficienti approfondimenti di secondo livello; nelle zone in cui la stratigrafia presenta variazioni laterali significative e il modello geologico non è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale, come valli strette, conche intramontane e fasce pedemontane o zone prossime a strutture tettoniche sepolte (in prima approssimazione: zone con coefficiente di forma  $C > 0.25$  dove  $C = H/L$ ,  $H$  = spessore della coltre alluvionale,  $L$  = semiampiezza della valle), sono richiesti approfondimenti di terzo livello;
- c) **zone suscettibili di instabilità**, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio; i principali tipi di instabilità attesi sono (In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello):
  - instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili,
  - liquefazioni in presenza di importanti spessori di terreni granulari saturi nei primi 20 m da piano campagna (non presenti nella zona di studio),
  - densificazioni in presenza di terreni granulari poco addensati e terreni coesivi poco consolidati (non presenti nella zona di studio),
  - cedimenti differenziali in aree che presentano terreni con significative variazioni laterali delle caratteristiche meccaniche (zone di contatto,

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

zone di faglia, ...) o in presenza di cavità sotterranee (non presenti nella zona di studio).

Il territorio del Comune di Tredozio risulta tendenzialmente stabile in quanto il substrato roccioso è quasi sempre affiorante.

Si è proceduto identificando inizialmente le zone suscettibili in instabilità, ovvero le aree in frana, sia attive sia quiescenti, per le quali è necessario il terzo livello di approfondimento.

In secondo luogo, sono state identificate le zone suscettibili di amplificazioni locali, riconosciute come zone in cui si ipotizza amplificazione del moto sismico. Nel territorio indagato, queste zone sono localizzate laddove sono presenti depositi terrazzati in quanto, tali zone sono caratterizzate da un deposito alluvionale sovrastante un substrato lapideo rigido. Oltre ai depositi terrazzati, sono stati inseriti in queste zone anche le fasce cataclastiche in cui ci si aspetta un substrato particolarmente alterato ed allentato (area Monte Busca) e l'area a sud del colle Castellaccio dove è stata condotta la misura HV\_05.

In ultima analisi, ciò che esula dai contesti sopra descritti è quindi definito stabile. Non sono presenti aree in cui ci si aspetta amplificazione topografica in quanto non vi sono pendii di altezza maggiore di 30m e pendenza superiore a 15°.

	<b>Committente:</b> Comune di Tredozio (FC)	<b>Documento:</b> Relazione illustrativa I livello
	<b>Lavoro:</b> S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M1-RE-01-0 Data: 30/01/2012

APPENDICE A: Indagini HVSr

## TREDOZIO ENSER, ENSER - H/V 1

Instrument: TEN-0017/01-07

Start recording: 20/10/11 09:07:18 End recording: 20/10/11 09:21:19

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h14'00". Analyzed 81% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

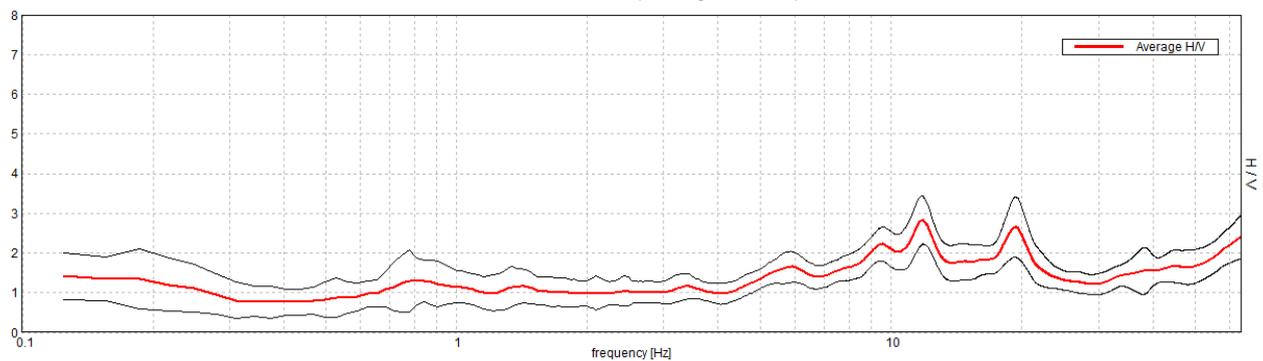
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

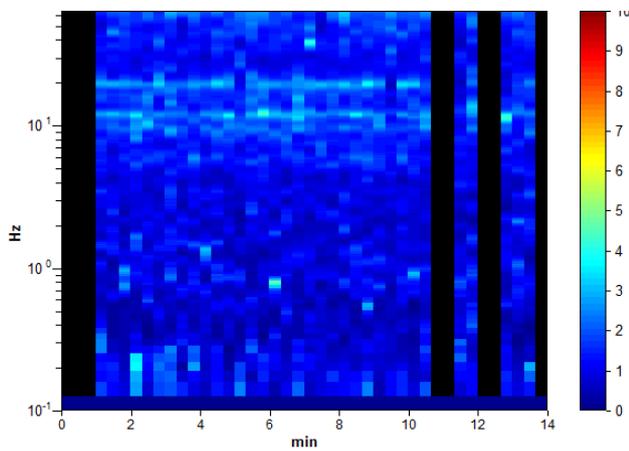
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

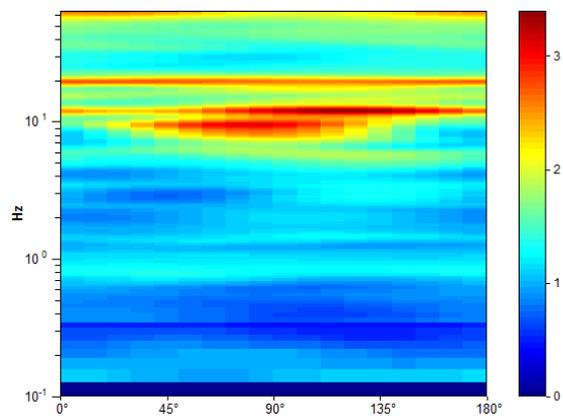
Max. H/V at  $11.84 \pm 1.03$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).



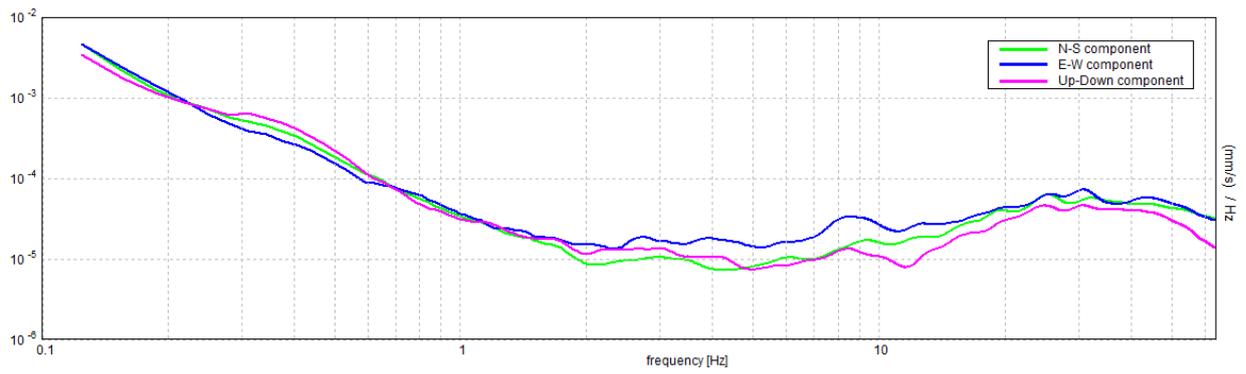
### H/V TIME HISTORY



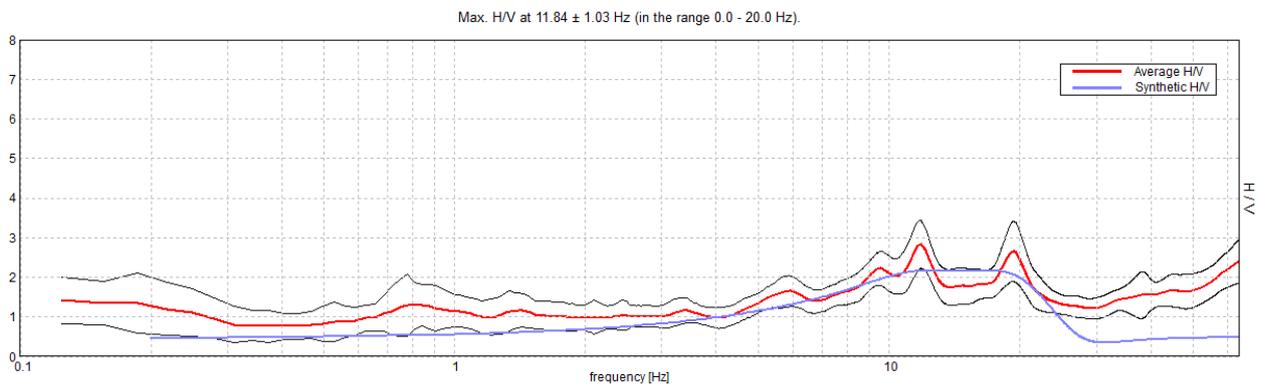
### DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

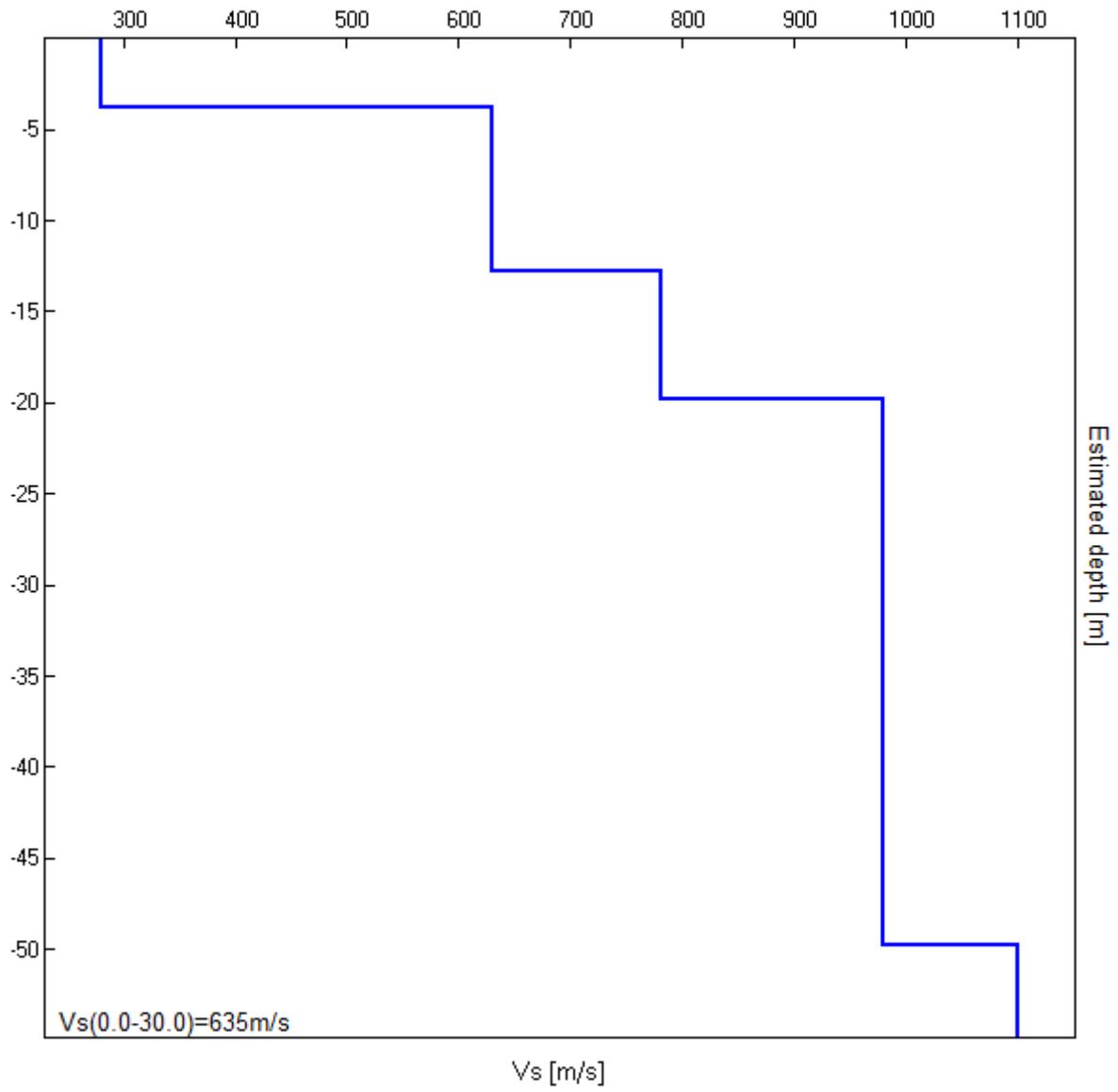


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.80	3.80	280	0.35
12.80	9.00	630	0.35
19.80	7.00	780	0.35
49.80	30.00	980	0.35
inf.	inf.	1100	0.35

Vs(0.0-30.0)=635m/s



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

**Max. H/V at 11.84 ± 1.03 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	11.84 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	8053.8 > 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 570 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.0 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	23.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.83 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04214  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.49908 < 0.59219$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2932 < 1.58$	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
$\sigma_f$	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  $\sigma_f$  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

## TREDOZIO ENSER, ENSER - H/V 2

Instrument: TEN-0017/01-07

Start recording: 20/10/11 09:31:53      End recording: 20/10/11 09:45:54

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h14'00".      Analyzed 88% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

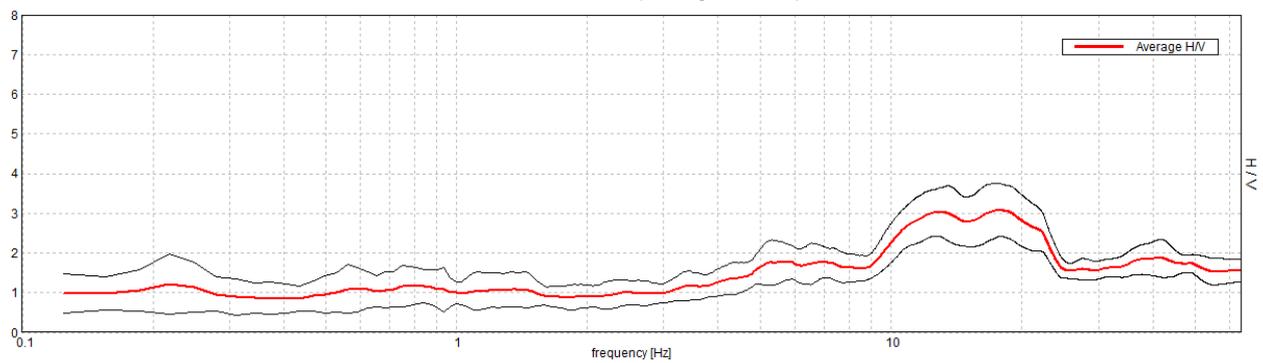
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

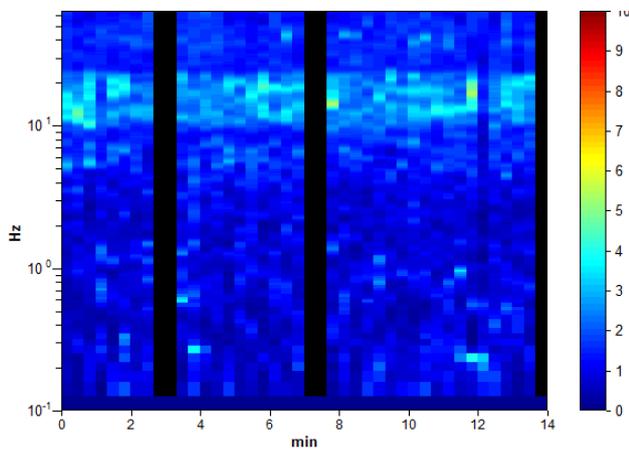
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

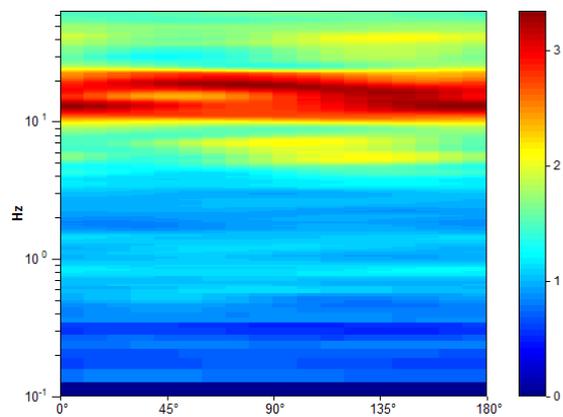
Max. H/V at  $17.66 \pm 1.25$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).



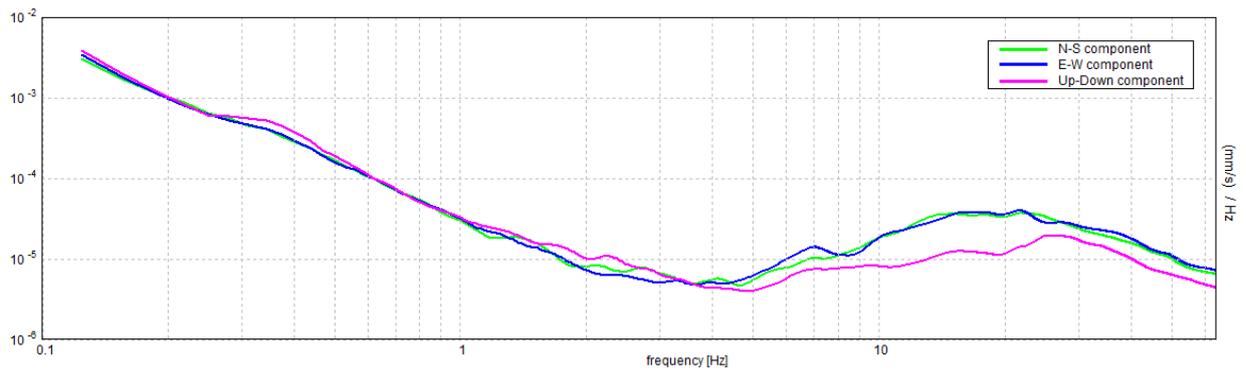
### H/V TIME HISTORY



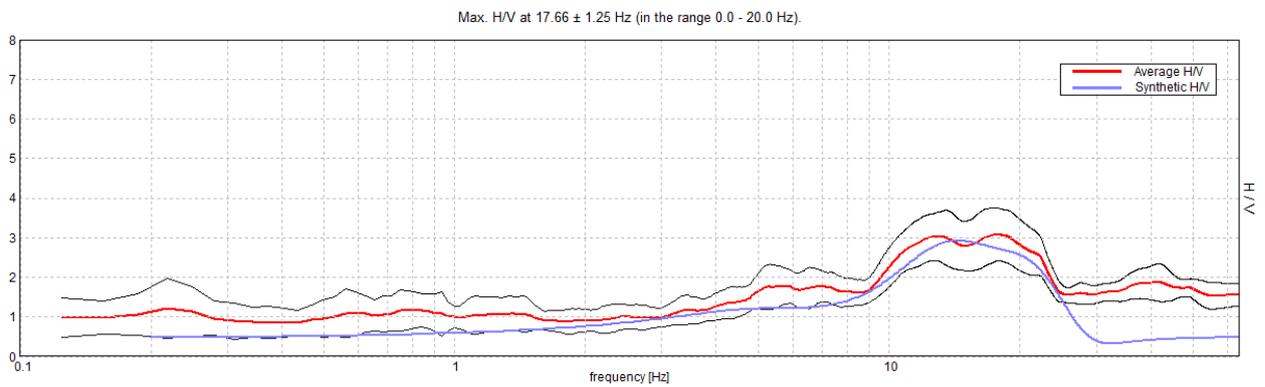
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

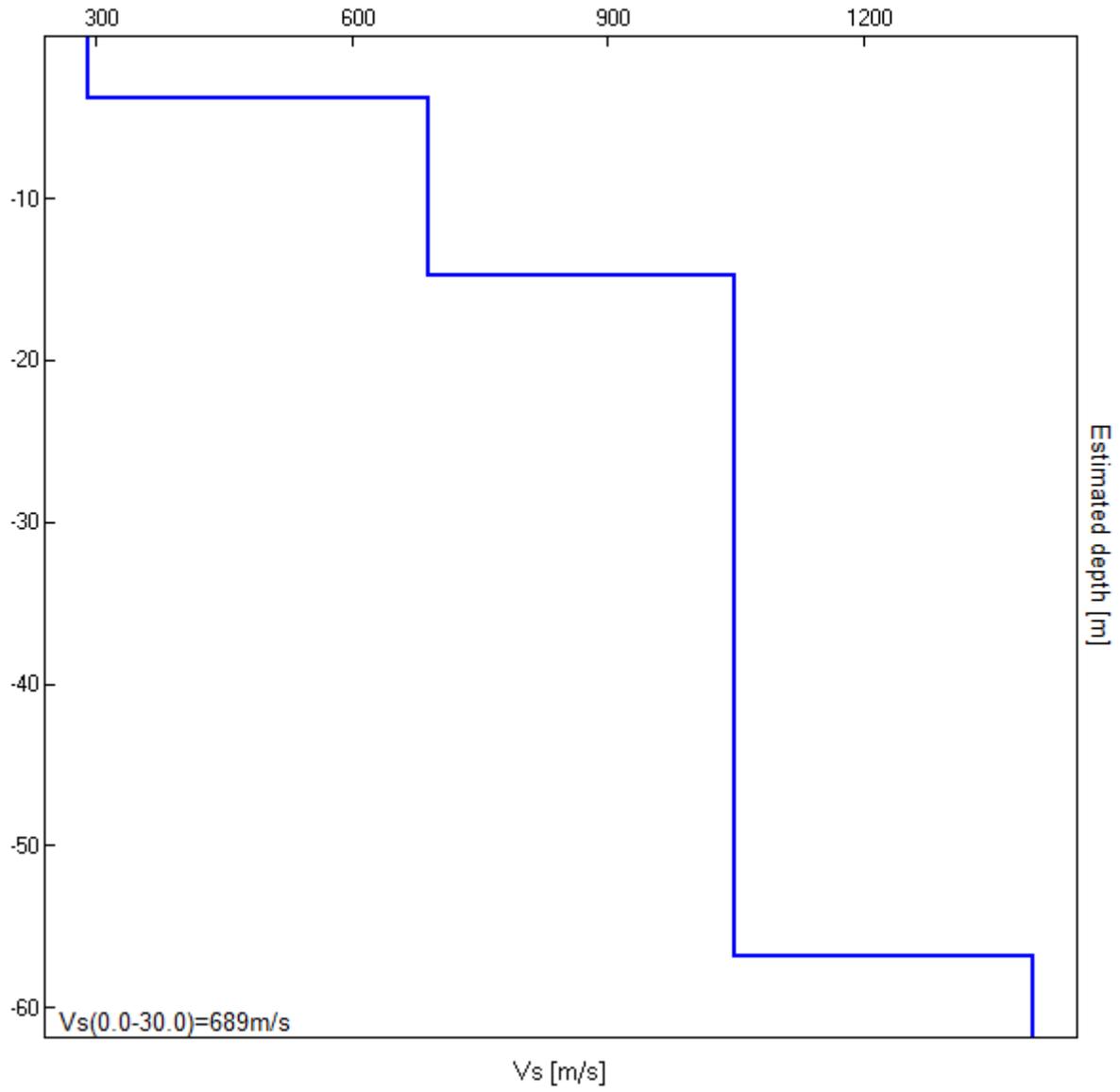


### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.80	3.80	290	0.35
14.80	11.00	690	0.35
56.80	42.00	1050	0.35
inf.	inf.	1400	0.35

Vs(0.0-30.0)=689m/s



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

**Max. H/V at  $17.66 \pm 1.25$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$17.66 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$13065.6 > 200$	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 848 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.813 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	54.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.08 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03442  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.60769 < 0.88281$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3278 < 1.58$	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
$\sigma_f$	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  $\sigma_f$  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

### TREDOZIO ENSER, ENSER - H/V 3

Instrument: TEN-0017/01-07

Start recording: 27/10/11 10:26:47      End recording: 27/10/11 10:40:48

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h14'00".      Analyzed 62% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

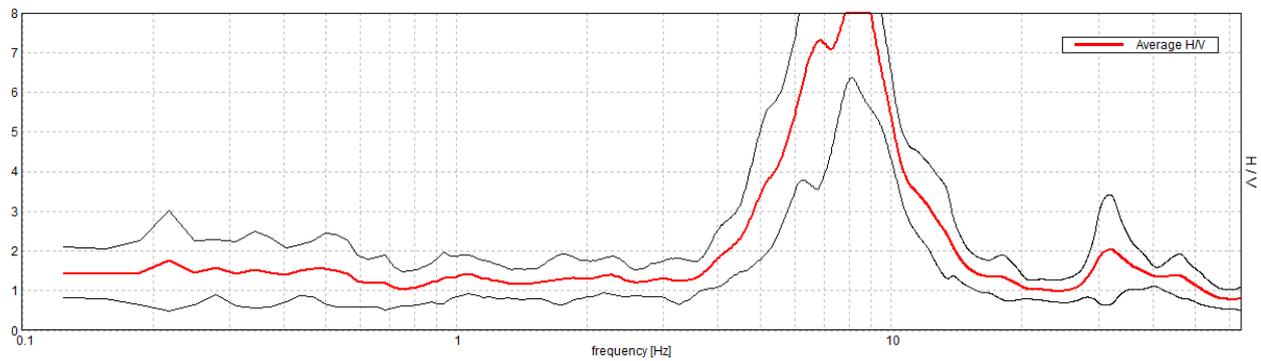
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

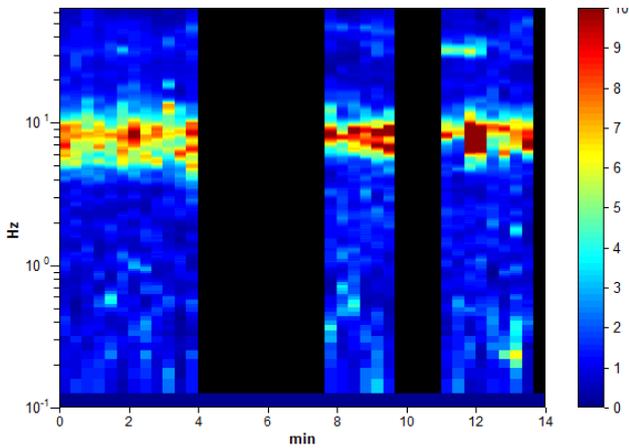
Smoothing: 10%

#### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

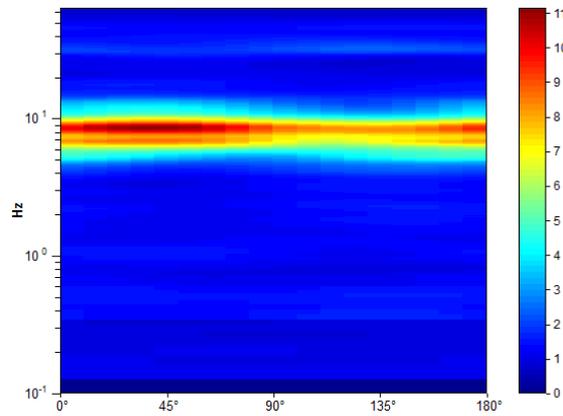
Max. H/V at  $8.53 \pm 0.2$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).



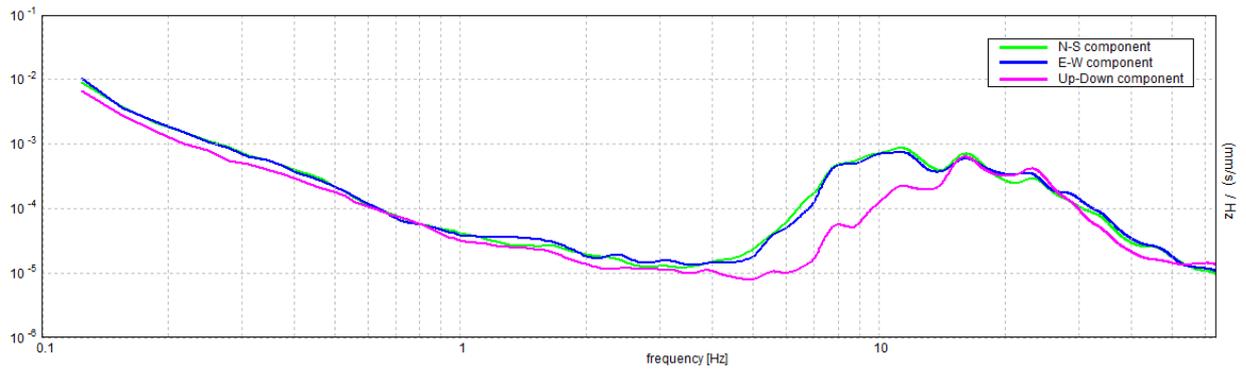
#### H/V TIME HISTORY



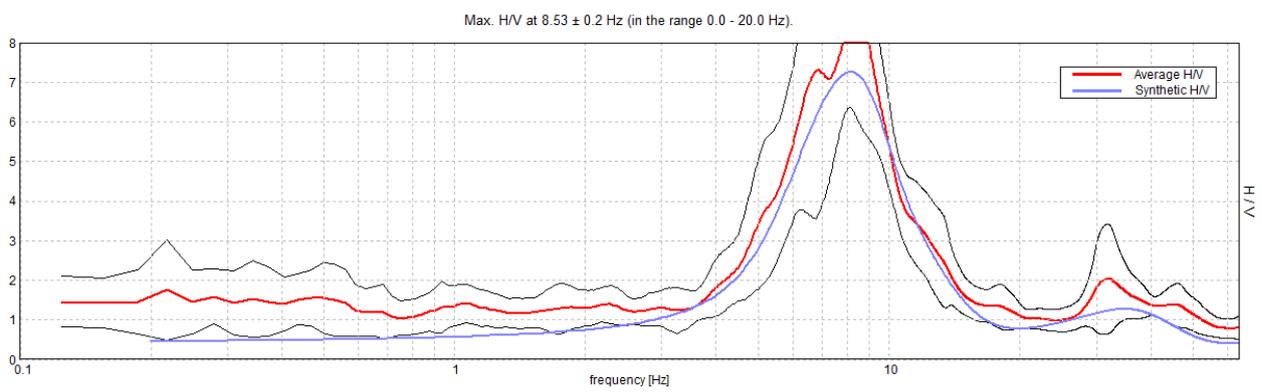
#### DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

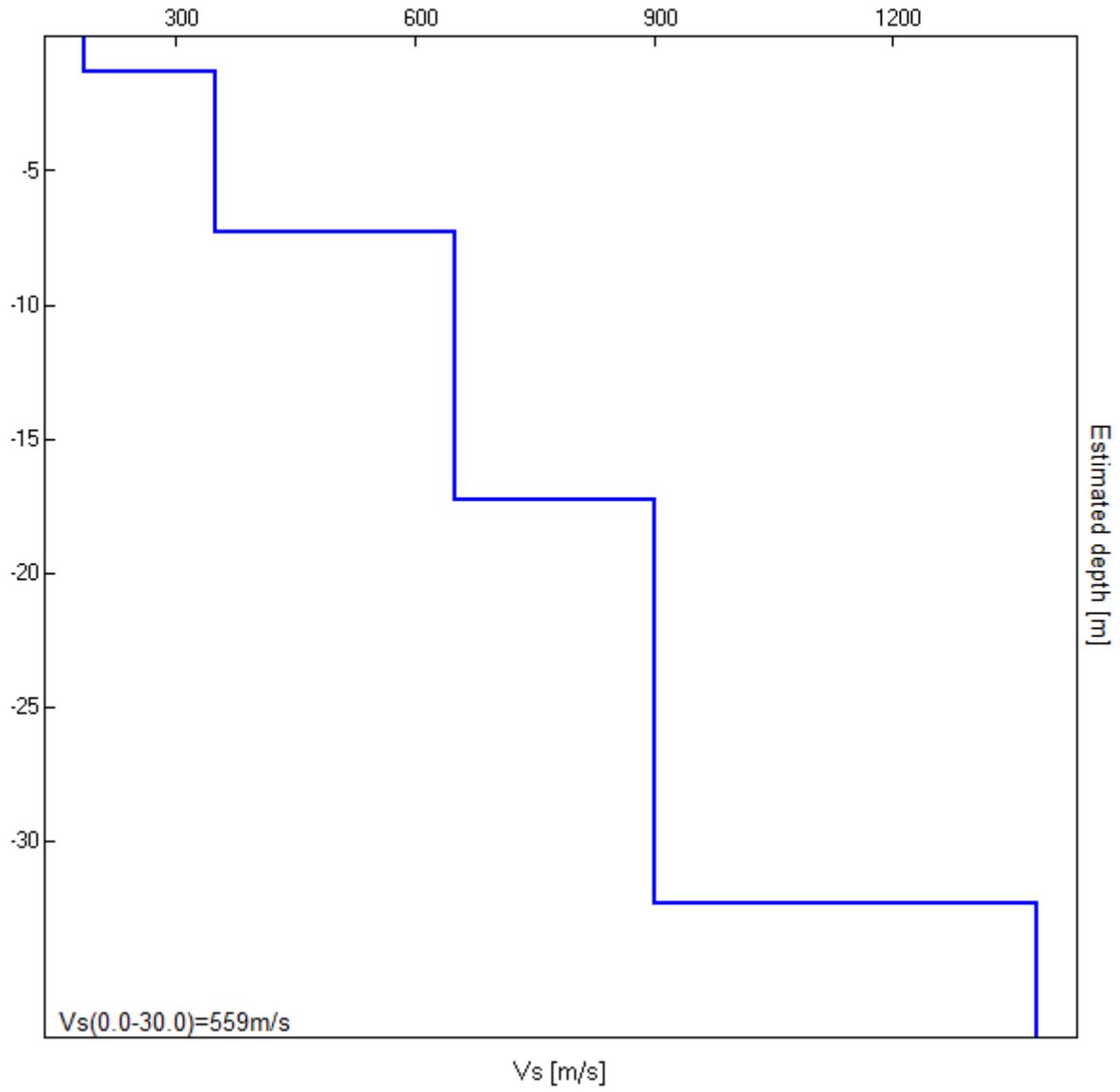


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.30	1.30	185	0.35
7.30	6.00	350	0.35
17.30	10.00	650	0.35
32.30	15.00	900	0.35
inf.	inf.	1380	0.35

Vs(0.0-30.0)=559m/s



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

**Max. H/V at 8.53 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	8.53 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4436.3 > 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 88 out of 410 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.625 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.469 Hz	OK	
$A_0 > 2$	8.79 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01138  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.09713 < 0.42656$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.3371 < 1.58$	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
$\sigma_f$	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  $\sigma_f$  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

## TREDOZIO ENSER, ENSER - H/V 4

Instrument: TEN-0017/01-07

Start recording: 27/10/11 09:35:19      End recording: 27/10/11 09:49:20

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h14'00".      Analyzed 93% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

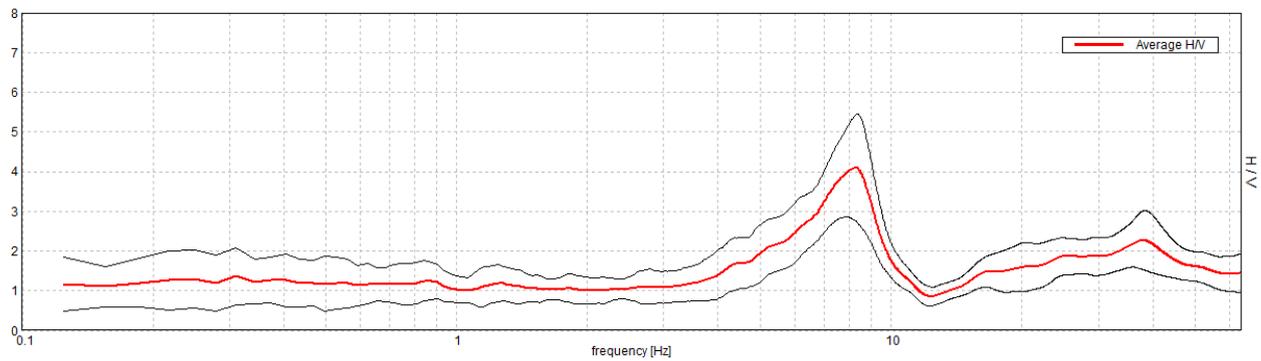
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

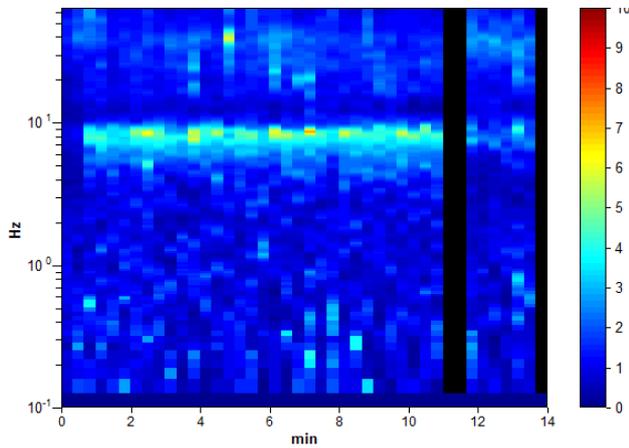
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

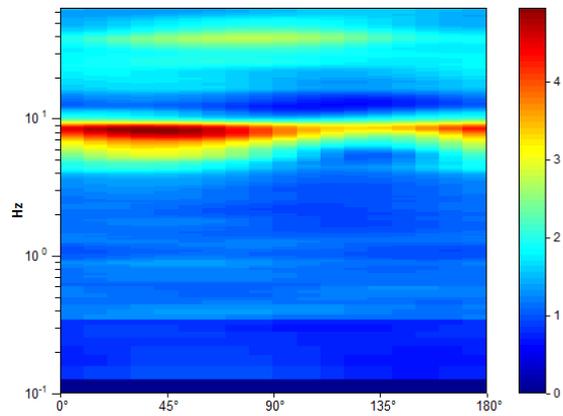
Max. H/V at  $8.31 \pm 0.6$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).



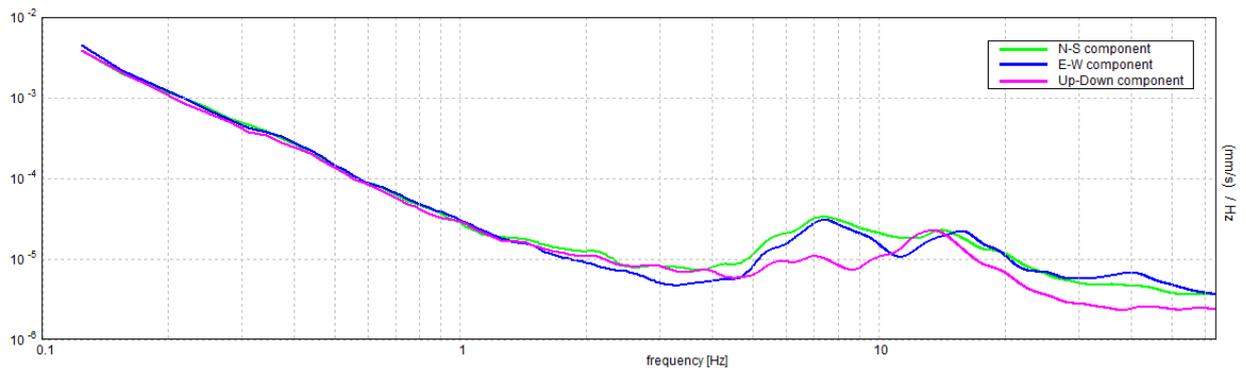
### H/V TIME HISTORY



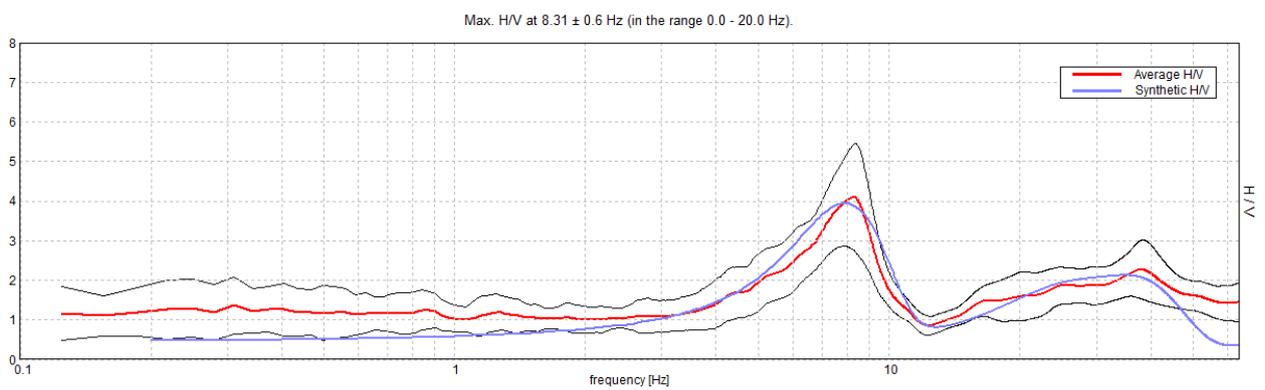
### DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

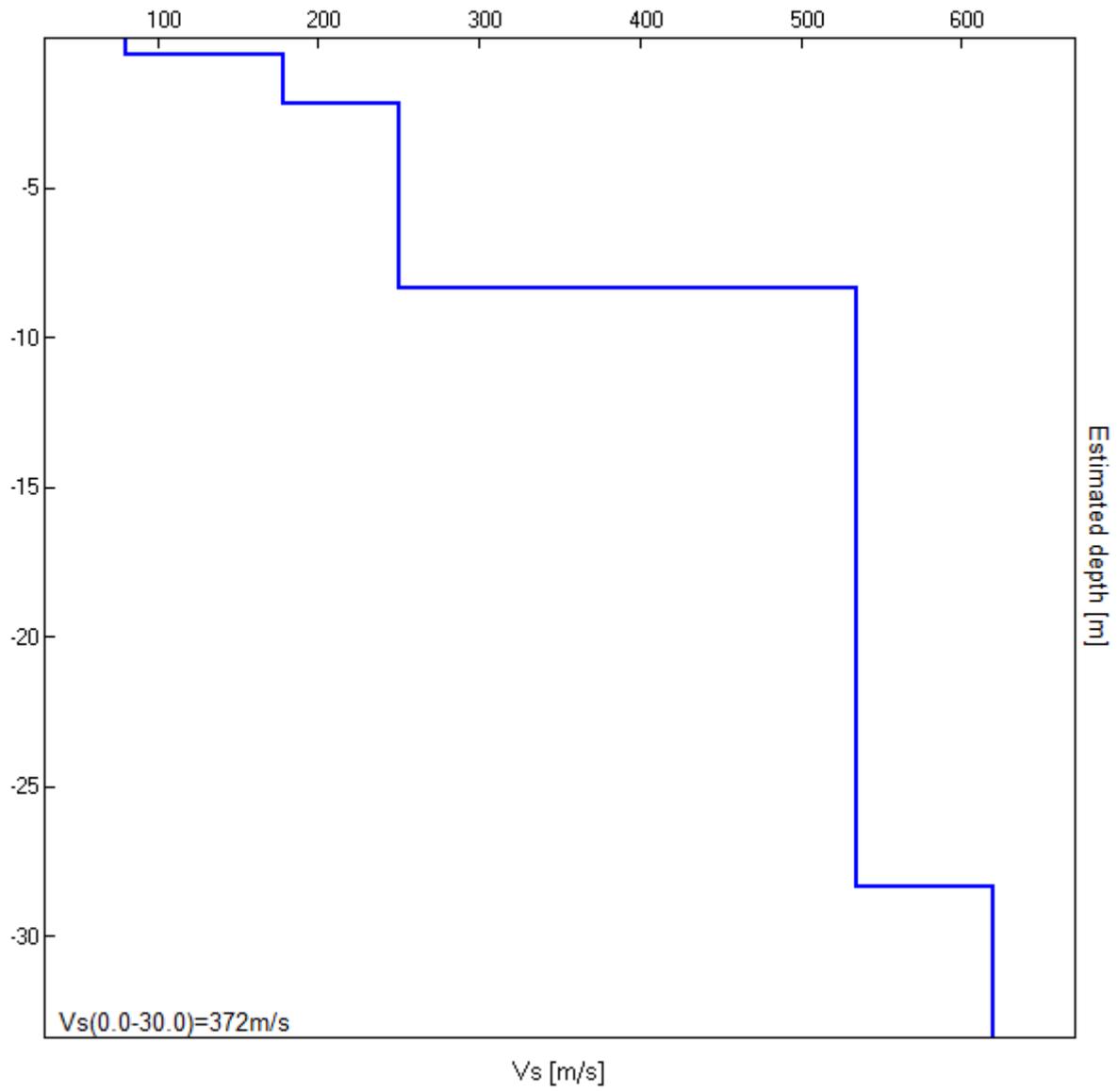


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.55	0.55	80	0.35
2.15	1.60	178	0.35
8.35	6.20	250	0.35
28.35	20.00	535	0.35
inf.	inf.	620	0.35

Vs(0.0-30.0)=372m/s



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

**Max. H/V at 8.31 ± 0.6 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	8.31 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6483.8 > 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 400 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.125 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.09 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03506  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.29145 < 0.41563$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6562 < 1.58$	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
$\sigma_f$	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  $\sigma_f$  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

## TREDOZIO ENSER, ENSER - H/V 5

Instrument: TEN-0017/01-07

Start recording: 27/10/11 10:00:10 End recording: 27/10/11 10:14:11

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h14'00". Analyzed 79% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

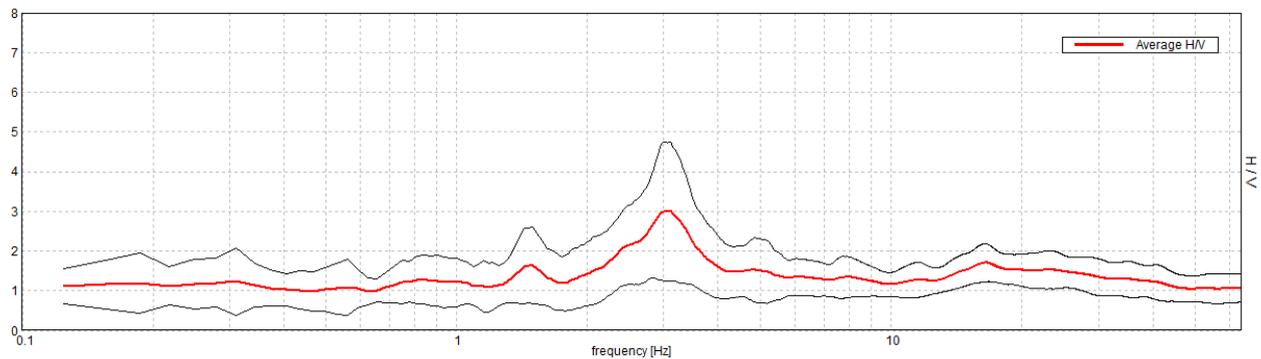
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

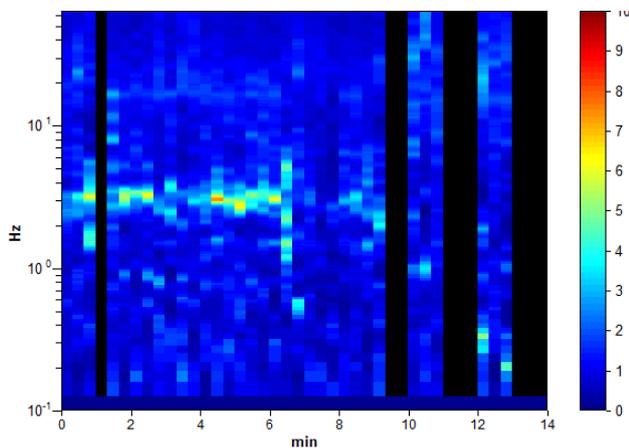
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

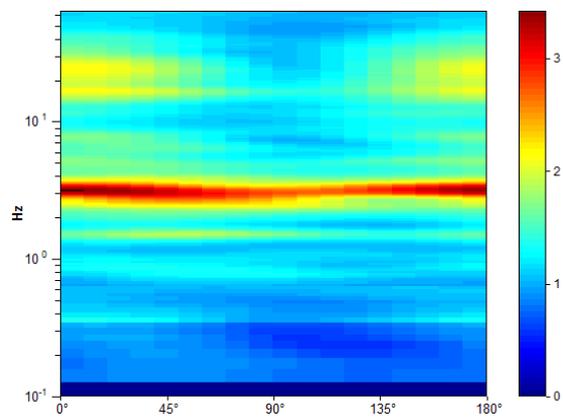
Max. H/V at  $3.03 \pm 0.03$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).



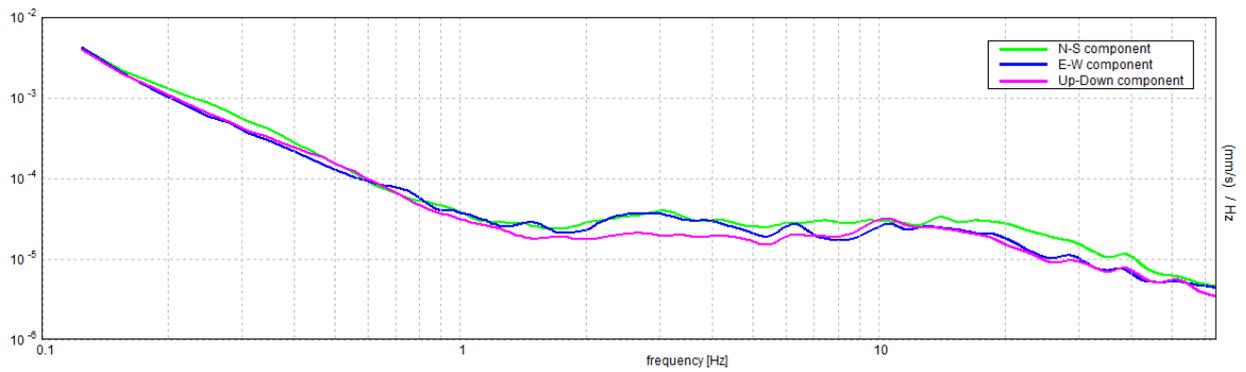
### H/V TIME HISTORY



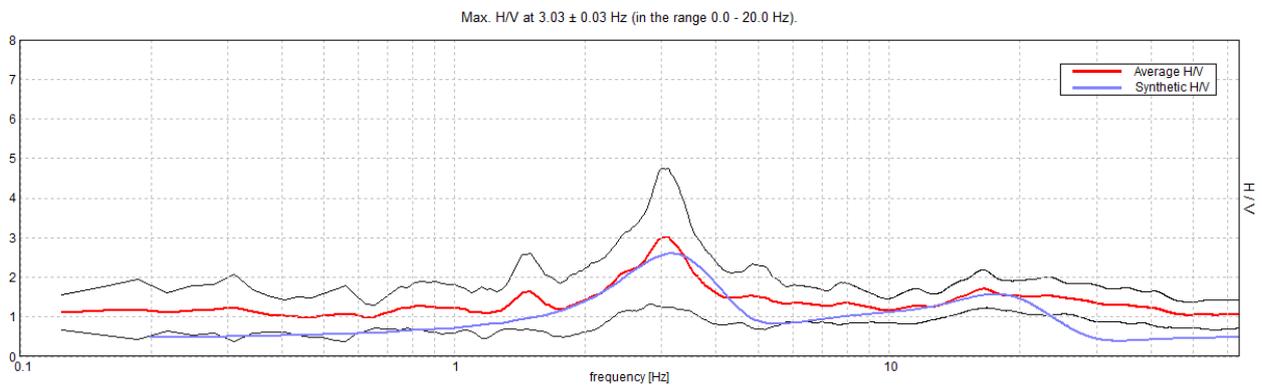
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

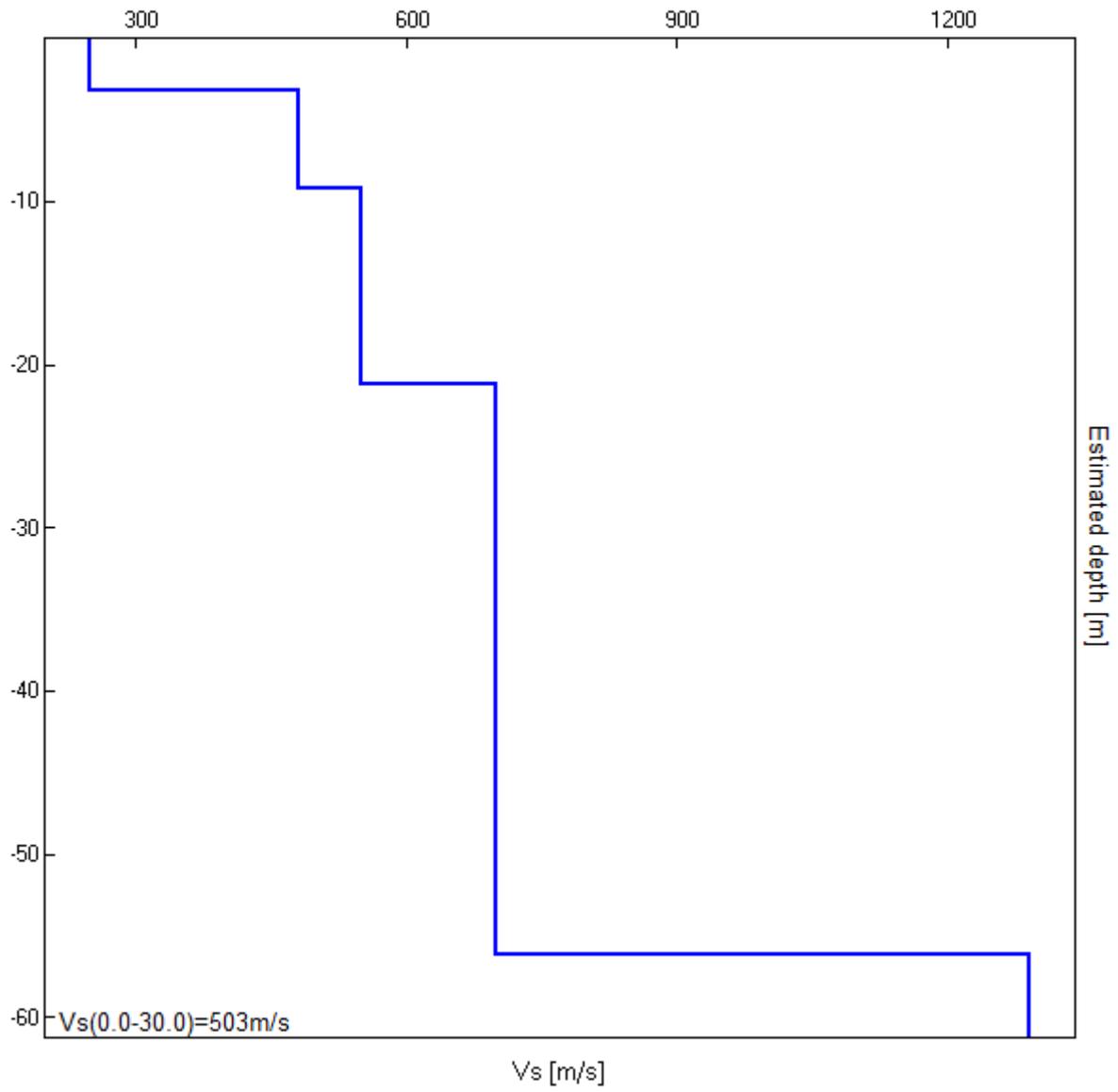


### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.20	3.20	250	0.35
9.20	6.00	480	0.35
21.20	12.00	550	0.35
56.20	35.00	700	0.35
inf.	inf.	1290	0.35

Vs(0.0-30.0)=503m/s



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

**Max. H/V at  $3.03 \pm 0.03$  Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.03 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2000.6 > 200$	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 146 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.031 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.00 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00449  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01362 < 0.15156$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8455 < 1.58$	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
$\sigma_f$	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  $\sigma_f$  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

## TREDOZIO ENSER, ENSER - H/V 6

Instrument: TEN-0017/01-07

Start recording: 06/11/11 16:33:14      End recording: 06/11/11 16:47:15

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h14'00".      Analyzed 83% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

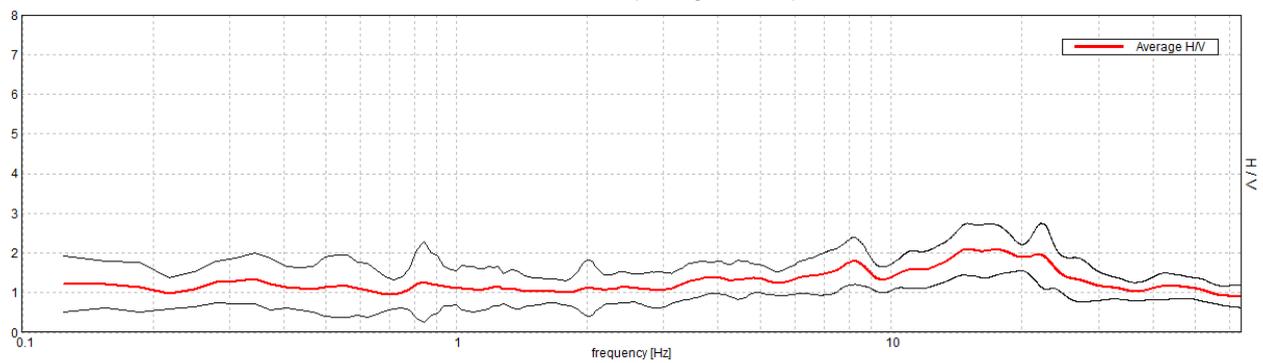
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

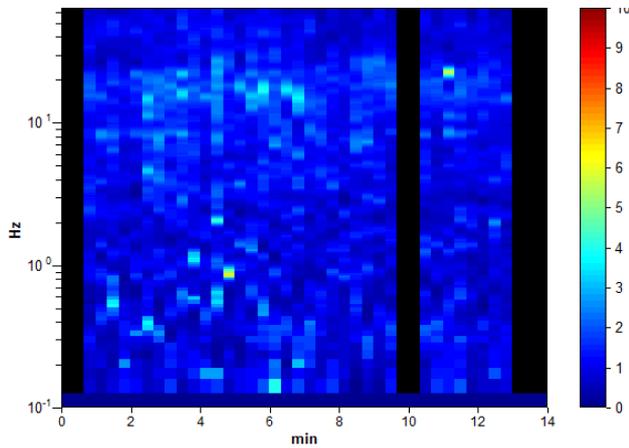
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

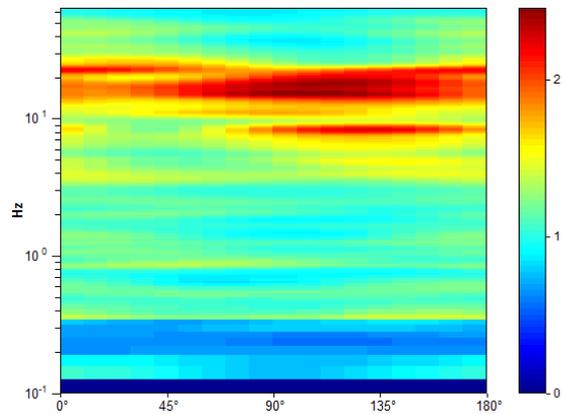
Max. H/V at 15.0 ± 1.24 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).



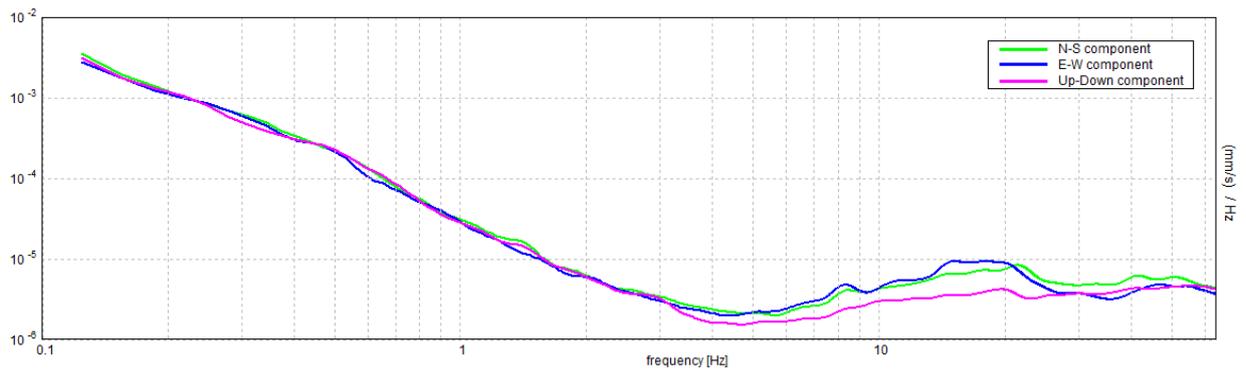
### H/V TIME HISTORY



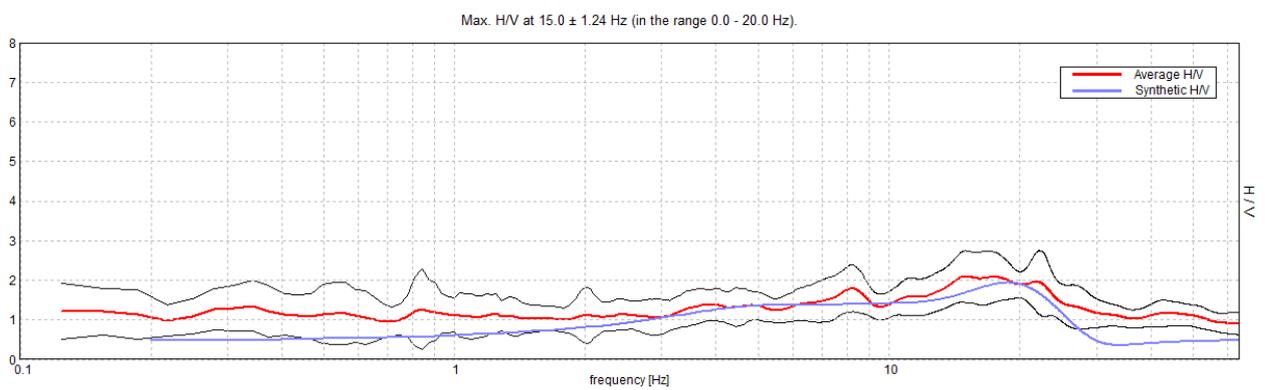
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

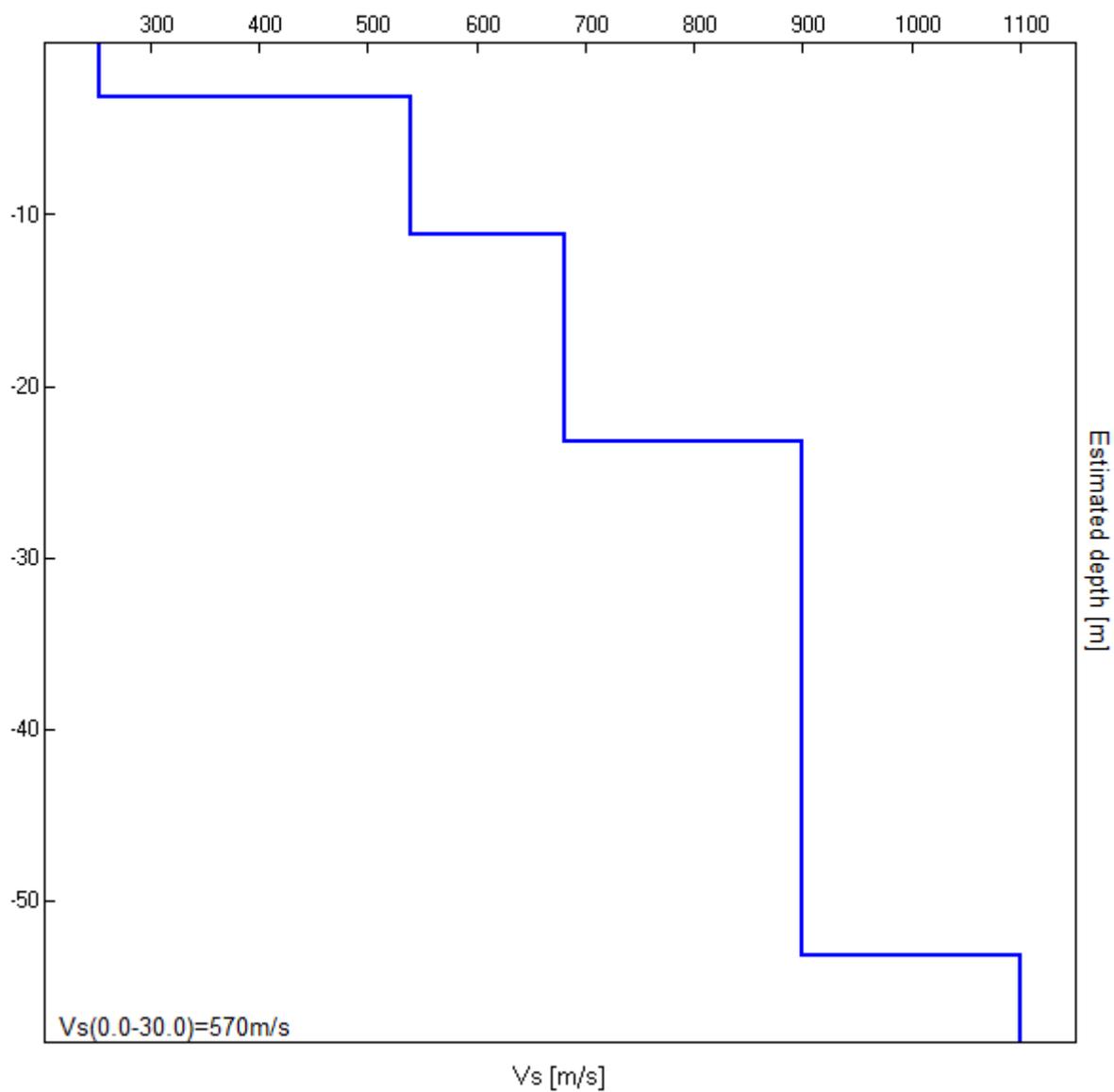


### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.20	3.20	253	0.35
11.20	8.00	540	0.35
23.20	12.00	680	0.35
53.20	30.00	900	0.35
inf.	inf.	1100	0.35

Vs(0.0-30.0)=570m/s



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

**Max. H/V at 15.0 ± 1.24 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	15.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	10500.0 > 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 721 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	35.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.09 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04015  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.60222 < 0.75	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3184 < 1.58	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
$\sigma_f$	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  $\sigma_f$  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