



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Montefiorino



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	Dott. Geol. Valeriano Franchi	Luglio 2018

Responsabile

Geom. Maurizio Paladini

Soggetto realizzatore

Dott. Geol. Valeriano Franchi

Consulenza

Prof. Dario Albarello

Collaboratori

Dott. Geol. Alessandro Ghinoi

Dott. Geol. Gianluca Vaccari

Dott. Geol. Marco Sacchi

Dott. Francesco Venuta

INDICE CONTENUTI

1. Introduzione.....	4
2. Inquadramento territoriale e cartografico	7
3. Definizione della pericolosità sismica di base e degli eventi sismici di riferimento	9
3.1. Sismicità del territorio comunale	11
4. Assetto geologico e geomorfologico.....	19
4.1. Inquadramento geologico generale per i territori dell’Unione dei Comuni Montani “Valli Dolo, Dragone e Secchia”	19
4.1.1. Il lineamento Interno e il Settore strutturale meridionale (territori di Palagano)	24
4.1.2. Settore Centrale e lineamento Mediano (territori di Palagano e Montefiorino)	25
4.1.3. Settore Settentrionale, sistema della Val Rossenna e Vicariante della Val Rossenna (territori di Prignano)	25
4.1.4. Analisi morfostrutturale e strutture tettoniche trasversali	26
4.2. Geologia dell’area oggetto di analisi di MS3	30
4.3. Inquadramento geomorfologico generale per i territori dell’Unione dei Comuni Montani “Valli Dolo, Dragone e Secchia”	31
4.3.1. Frane	31
4.3.2. Altri depositi di versante di varia genesi	33
4.3.3. Morfologie legate all’azione delle acque di ruscellamento superficiale.....	34
4.4. Geomorfologia dell’area oggetto di analisi di MS3	37
5. Modello del sottosuolo	52
5.1. Descrizione generale per i territori dell’Unione dei Comuni Montani “Valli Dolo, Dragone e Secchia”	52
5.1.1. Unità Liguridi	52
5.1.2. Unità Subliguri	55
5.1.3. Unità di pertinenza toscana o di dubbia attribuzione paleogeografica	55
5.1.4. Successione Epiligure	57
5.2. Descrizione specifica del modello del sottosuolo, relativa al territorio comunale di Montefiorino ed all’area oggetto di analisi di MS3.....	59
6. Dati geotecnici e geofisici.....	66
7. Interpretazioni e incertezze	77

8. Metodologie di elaborazione e risultati	79
8.1. La microzonazione di I e II livello nell'area d'indagine (sintesi)	79
8.2. Analisi di III livello per l'area d'indagine	81
8.2.1. Inversione congiunta delle curve di dispersione ed H/V	82
8.2.2. Analisi della risposta sismica locale (1D)	86
8.2.3. Caratteristiche del corpo di frana dedotte dai risultati della modellazione 1D	91
8.2.4. Analisi della Risposta sismica locale (2D).....	91
8.2.5. Calcolo del massimo spostamento co-sismico tramite l'approccio di Newmark	97
9. Elaborati cartografici	103
9.1. Carta delle indagini	104
9.2. Carta delle Vs	105
9.3. Carta delle frequenze	105
9.4. Carta delle MOPS	106
9.5. Carta di microzonazione sismica (MS_0203)	107
10. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	108
11. Bibliografia	109

1. INTRODUZIONE

Su incarico dell'Unione dei Comuni Montani Valli Dolo, Dragone e Secchia è stato eseguito uno studio di **Microzonazione Sismica di III livello** all'interno del territorio comunale di Montefiorino (Provincia di Modena).

Lo studio è stato realizzato nel rispetto delle seguenti disposizioni normative:

- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007;
- D.G.R. 16 dicembre 2013, n° 1919: "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'ordinanza del capo dipartimento della protezione civile n.52/2013 a favore degli enti locali";
- D.G.R. 21 dicembre 2015, n° 2193: "Art. 16 della l.r. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n. 112.

Inoltre, per gli aspetti tecnici, si è fatto anche riferimento al documento "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (ICMS) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni¹.

L'assetto geologico, geomorfologico e sismico di base viene descritto per l'intero territorio dell'Unione, con dettaglio crescente per il territorio comunale di Montefiorino e per l'area oggetto di analisi di MS3. Le indagini geognostiche e geofisiche sono state limitate all'area identificata, di comune accordo con l'Ufficio Tecnico comunale, come oggetto delle analisi di MS3. Tale area (Figura 1), già individuata nello studio di Microzonazione Sismica di I e II livello come suscettibile di amplificazione e di instabilità, coincide con un corpo di frana considerato "attivo" dalla letteratura scientifica e dai documenti tecnici consultati. Allo stesso tempo, il corpo di frana interessa un tratto di viabilità strategica (SP 32) per i collegamenti tra il paese di Montefiorino ed il settore orientale del territorio comunale che si affaccia sul torrente Dragone e, in ultima istanza, con il territorio comunale di Palagano, con evidenti ripercussioni sulla Condizione Limite per l'Emergenza (CLE). Infine, il corpo di frana in esame coinvolge direttamente alcuni edifici privati, ma potrebbe, in una sua eventuale evoluzione, interessare anche edifici pubblici di massima vulnerabilità quali il Palasport Montefiorino (a valle della frana, indicato dalla stella in Figura 1) ed il complesso scolastico (a monte della frana, indicato dal cerchio verde in Figura 1), in cui sono presenti elementi di rilevante importanza per il sistema di protezione civile comunale.

¹ Gruppo di lavoro MS, 2008. "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd. Link breve: <https://goo.gl/Od0XBo>

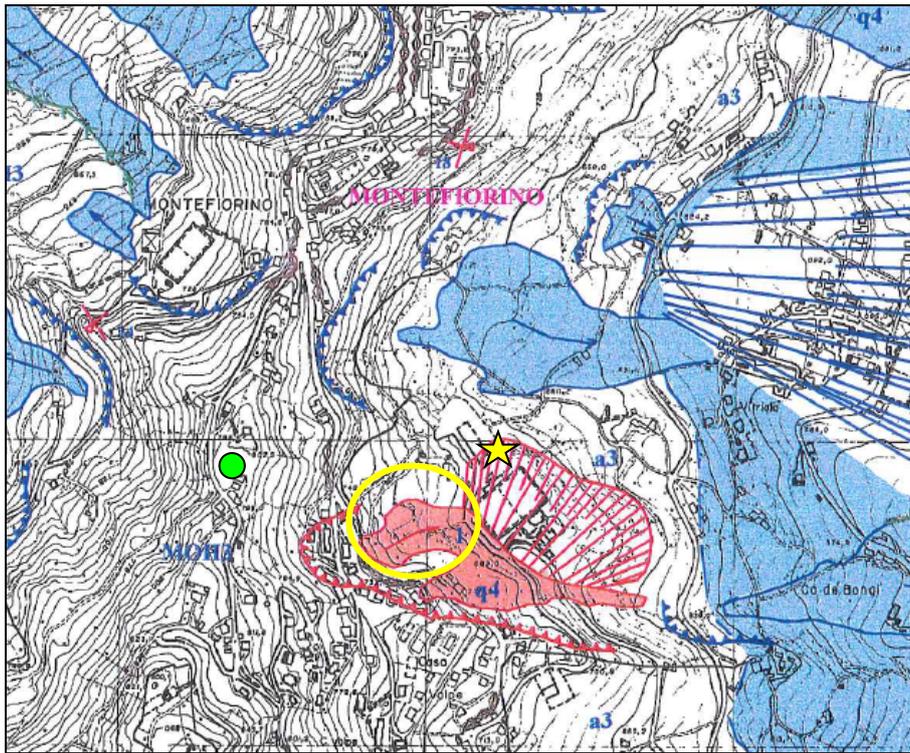


Figura 1 – Stralcio della scheda monografica 3602501 del Comune di Montefiorino in: “Rischio da frana” – Schede monografiche dei siti a rischio da frana: 9 – Comune di Montefiorino. Programma di previsione e prevenzione di Protezione Civile della Provincia di Modena (L. 24 febbraio 1992, n. 225 – L.R. 19 aprile 1995, n. 45). Regione Emilia-Romagna, Provincia di Modena, Settore Difesa del suolo e tutela dell’Ambiente, Ufficio di Protezione Civile (1998). Il cerchio giallo identifica l’area in frana oggetto del presente studio di MS3. **Legenda** – 1: frana identificata nella scheda monografica; q4: creep; linea rossa con denti triangolari: orlo di scarpata di frana attiva; poligono rosso: frana attiva; poligono blu: frana quiescente; stella gialla: Palasport Montefiorino; cerchio verde: complesso scolastico.

La frana costituisce, pertanto, un elemento di pericolosità che interferisce e può interferire con elementi vulnerabili, generando condizioni di rischio idrogeologico potenzialmente di livello più alto all’interno del territorio comunale. Per questo motivo, tenuto conto delle risorse complessive allocate per lo studio di MS3 dell’Unione, si è deciso di concentrare su questa sola area le indagini e le analisi di MS3 per il Comune di Montefiorino.

Gli obiettivi del presente studio sono stati i seguenti:

1. Ricostruzione della geometria del corpo di frana attraverso un rilevamento geomorfologico di dettaglio e sondaggi geognostici e geofisici.
2. Determinazione dei valori dei parametri di resistenza del terreno, funzionali alle analisi di stabilità.
3. Determinazione delle frequenze naturali dei terreni, ai fini della individuazione di fenomeni di risonanza significativi.
4. Determinazione della profondità del bedrock sismico o della principale superficie di risonanza.
5. Determinazione dei profili di Vs.

6. Analisi di risposta sismica 1D e 2D sul corpo di frana per ricavare i fattori di amplificazione della PGA a dell'intensità di Housner nonché gli spettri di risposta in superficie sia in termini di pseudo-accelerazione che di pseudo-velocità.
7. Definizione della pericolosità sismica locale attraverso il calcolo degli spostamenti indotti dal sisma atteso sul corpo di frana.
8. Perimetrazione dettagliata dell'area indagata e dei valori indicativi della pericolosità locale.

Tutte le attività sono state svolte nel rispetto delle specifiche di cui agli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” elaborati dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di microzonazione sismica (OPCM 3907/2010, art. 5, comma 7), versione 4.0b dell'ottobre 2015.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARTOGRAFICO

Il territorio comunale di Montefiorino si colloca nel settore occidentale del medio Appennino Modenese, al confine con la Provincia di Reggio Emilia (Figura 2), compreso tra le Valli del Torrente Dolo, a ovest, e del Torrente Dragone, a est (Figura 3).

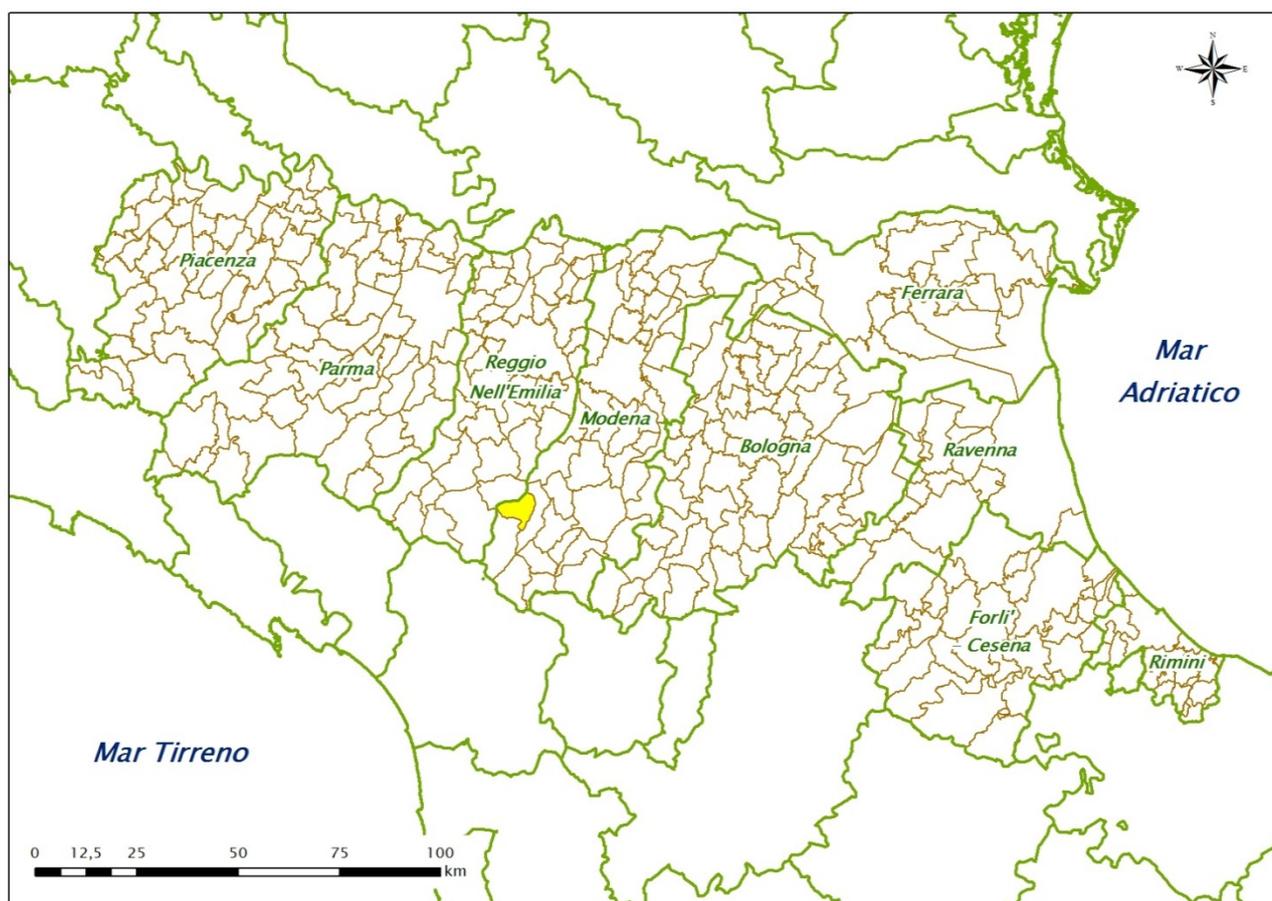


Figura 2 – Inquadramento amministrativo regionale del territorio comunale di Montefiorino (in giallo in figura).

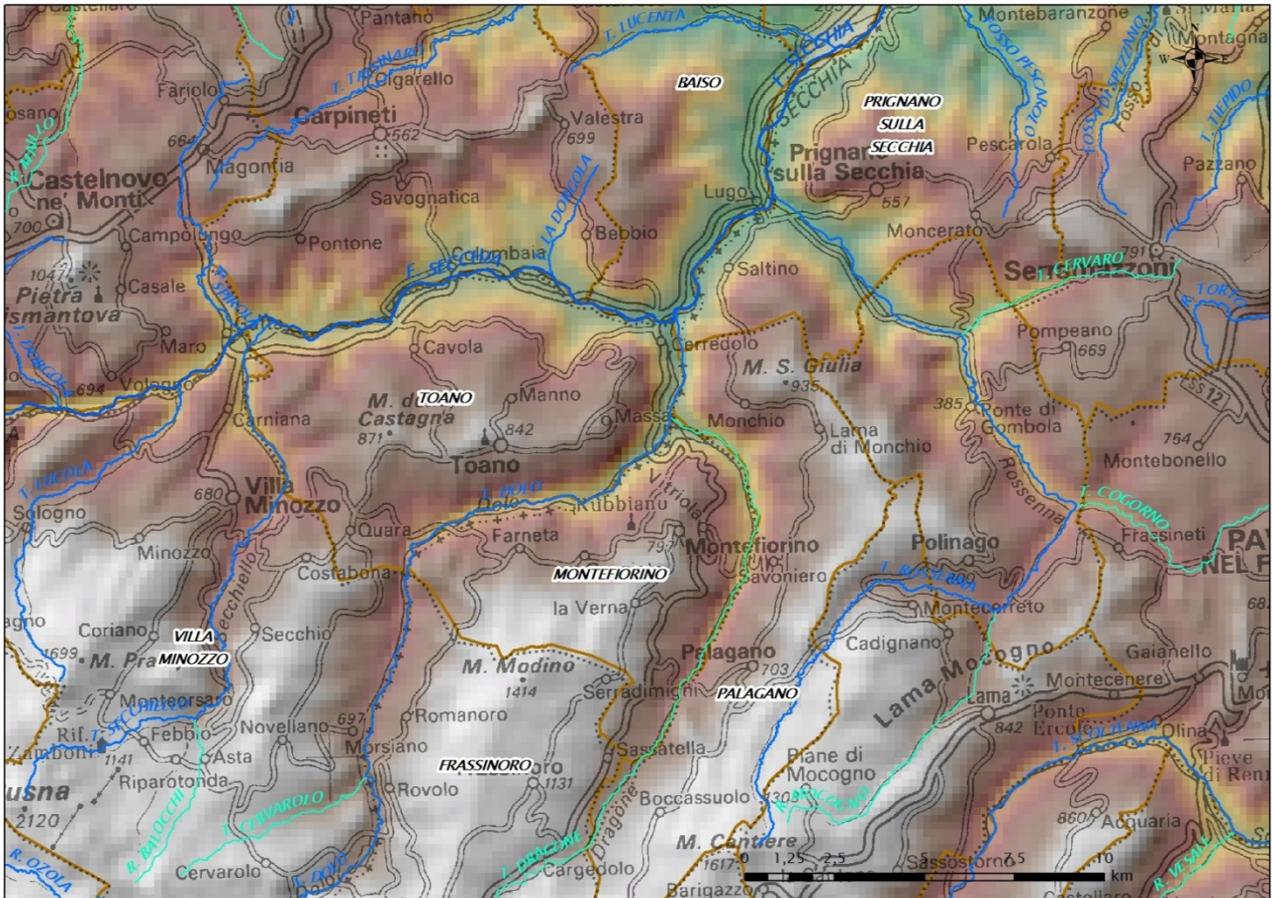


Figura 3 – Inquadramento geografico-fisico del territorio comunale di Montefiorino. Il DEM (modello digitale delle quote) mostra le differenti fasce altimetriche: da quelle con valori relativamente più alti, in grigio chiaro, a quelle con i valori relativamente più bassi, in verde e azzurro.

Il territorio comunale di Montefiorino fa parte dei settori altimetrici di collina, bassa e media montagna, con quote sul livello del mare (dati da modello digitale delle quote – si veda Figura 3) che variano da un minimo di circa 330 m alla confluenza tra T. Dolo e T. Dragone, nell'estremità settentrionale del territorio comunale, agli oltre 1200 m del versante settentrionale di Monte Modino, lungo il confine meridionale.

Il clima è caratterizzato, nel periodo 1991–2008, da precipitazioni totali annue, in media, di 972 mm e temperature medie annue di 11,1°C, pari, rispettivamente, ad una variazione di -13 mm e +0,8°C rispetto al periodo 1961–1990².

Nella cartografia regionale, il territorio è compreso nella Tavola alla scala 1:25.000:

- nr. 235NE denominata “Montefiorino”;

nelle Sezioni alla scala 1:10.000:

- nr. 235030 denominata “Toano”,
- nr. 235040 denominata “Montefiorino”,
- nr. 235070 denominata “Romanoro”,

² Atlante Idroclimatico dell'Emilia-Romagna – <http://www.arpa.emr.it/sim/?clima>

- nr. 235080 denominata “Palagano”,
e negli Elementi alla scala 1:5.000:
- nr. 235032 denominato “Farneta”,
- nr. 235033 denominato “Lignano”,
- nr. 235041 denominato “Monchio”,
- nr. 235042 denominato “Castellaccio”,
- nr. 235043 denominato “Montefiorino”,
- nr. 235044 denominato “Massa”,
- nr. 235071 denominato “Giunzione”,
- nr. 235072 denominato “Venano”,
- nr. 235074 denominato “Gova”,
- nr. 235081 denominato “Savoniero”,
- nr. 235082 denominato “Palagano”,
- nr. 235083 denominato “Sassatella”,
- nr. 235084 denominato “La Verna”.

3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI SISMICI DI RIFERIMENTO

Il dato di partenza per un’analisi della potenzialità sismica di un territorio è certamente la ricostruzione delle strutture tettoniche maggiormente attive nel tempo geologico più recente, all’incirca l’ultimo milione di anni (neotettonica). Sono queste le strutture che possono, se confermate anche da dati macrosismici e/o sismologici, ragionevolmente costituire sorgente di terremoti anche nel prossimo futuro.

L’analisi neotettonica di un’area si esegue attraverso l’esame di una serie innumerevole di dati di natura geologica, morfoneotettonica, idrogeologica, e idrochimica, che concorrono a definire, appunto, il regime tettonico di quell’area, con l’individuazione di strutture geologiche rilevanti, per giungere eventualmente alla definizione del loro potenziale sismogenetico, il potenziale, cioè, di generare terremoti.

Il territorio comunale di Montefiorino, dal punto di vista geologico-strutturale, è parte degli Appennini settentrionali, una catena a pieghe e sovrascorrimenti costituita dalla sovrapposizione di unità tettoniche NE-vergenti, la cui formazione è conseguenza della collisione, in epoca cenozoica, tra la Placca Europea e la Placca Adria (Africana). Attualmente, la convergenza tra le due placche ha velocità pari a circa 6–8 mm all’anno, con vergenza all’incirca NO, e si sviluppa lungo un margine di placca ampio e complesso, ove placche e blocchi crostali minori controllano la distribuzione e la cinematica delle deformazioni. Tale convergenza determina una diffusa sismicità ed un quadro deformativo complesso, caratterizzato da un settore (quello tirrenico) con prevalenti campi tensionali distensivi, e da un settore (quello adriatico) ove prevalgono campi tensionali compressivi (Boccaletti et al., 2011).

In modo più specifico, per quanto riguarda le strutture tettoniche quaternarie più recenti ed attive, il territorio comunale di Montefiorino si colloca all'interno di un sistema di faglie pressoché continuo che si estende lungo il crinale appenninico, coincidente approssimativamente con il fronte di *thrust* delle Unità Toscane (sebbene in esso siano presenti anche faglie trascorrenti e normali di importanza minore) (rettangolo contrassegnato col numero 1 in Figura 4). Il crinale appenninico è caratterizzato da sollevamenti localizzati, pleistocenici ed attuali, e da moderata sismicità. La soluzione dei meccanismi focali ha mostrato la presenza di due distinti campi deformativi a differenti profondità:

- quello più superficiale, a profondità inferiori a 15 km, è caratterizzato da eventi sismici di magnitudo da bassa a moderata, con meccanismi focali principalmente estensionali e, in maniera minore, trascorrenti e compressivi; gli eventi distensivi più importanti sono peculiari del versante tirrenico della catena, capaci di determinare sismi con magnitudo pari a 6 (nei bacini della Garfagnana, della Lunigiana e del Mugello);
- quello relativo alla crosta intermedia, a profondità comprese tra 15 e 25 km, è interessato da eventi sismici tipici di un campo tensionale a carattere principalmente compressivo; tali eventi possono, almeno in parte, essere correlabili all'attività del principale sovrascorrimento crostale, responsabile del raddoppiamento del basamento e della successione carbonatica al di sotto della catena.

A profondità superiori a 35 km, sebbene siano disponibili pochi meccanismi focali, gli eventi sismici mostrano un carattere predominante di tipo compressivo, legati ad una struttura attiva che interessa la Moho. Secondo un'interpretazione alternativa, questi eventi sismici profondi potrebbero essere messi in relazione alla flessura della litosfera continentale africana in subduzione (Boccaletti et al., 2011).

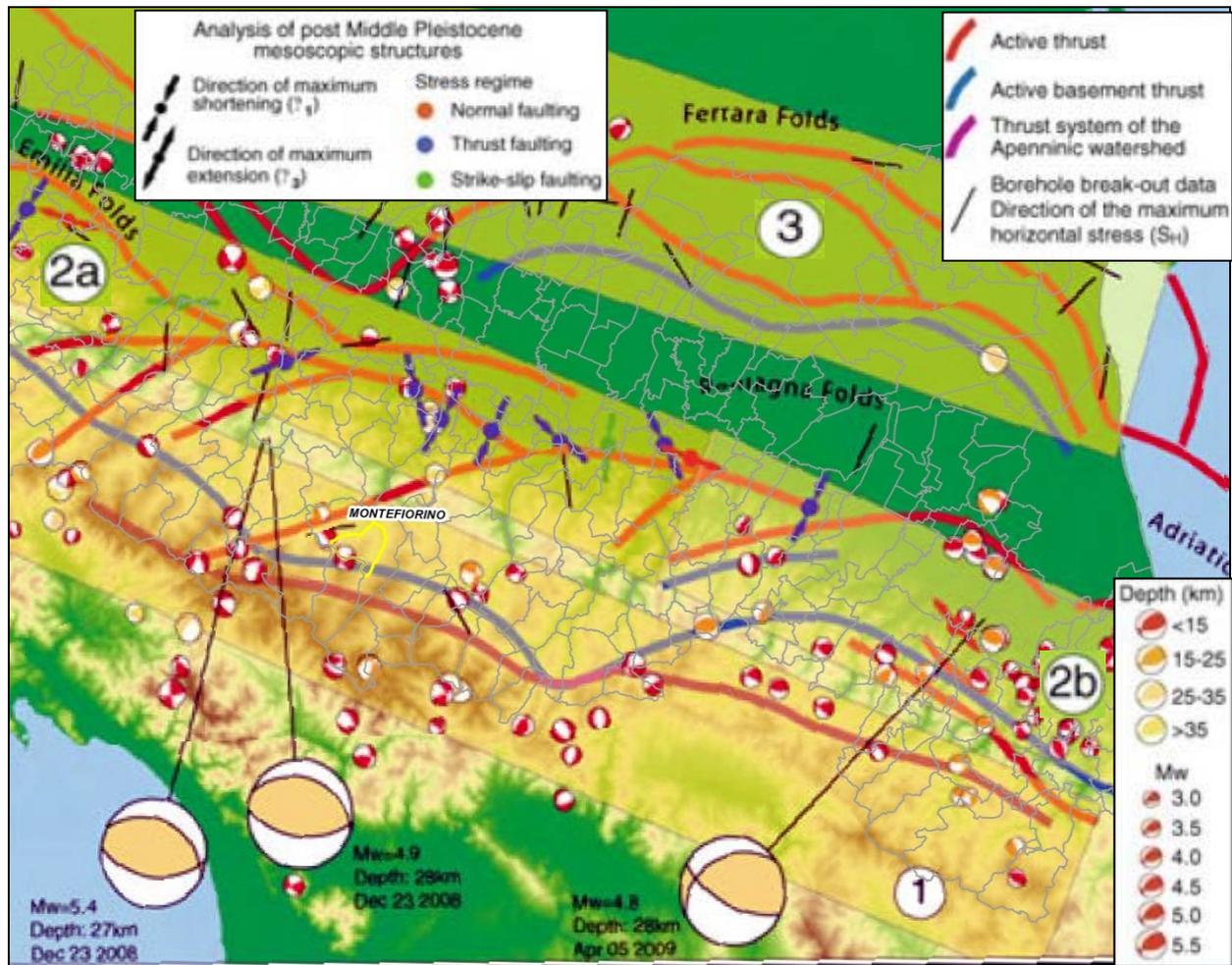


Figura 4 – Sintesi delle strutture recenti e attive del settore esterno degli Appennini settentrionali, con sovrapposte le soluzioni dei meccanismi focali (Boccaletti et al., 2004), i campi tensionali da analisi mesoscopiche (Ghiselli e Martelli, 1997) e i dati di *breakout* da pozzo (Mariucci e Muller, 2003). Tre meccanismi focali in dettaglio relativi agli eventi principali di sequenze sismiche che hanno interessato gli Appennini il 23 dicembre 2008 ed il 5 aprile 2009 (da dati INGV). I numeri nei cerchi indicano i principali sistemi di faglie: (1) Catena appenninica; (2a) Margine Appennini–Pianura (settore nord–occidentale); (2b) Margine Appennini–Pianura (settore sud–orientale); (3) Pieghe Emiliane e Ferraresi sepolte. (Fonte: Boccaletti et al., 2011). Il poligono con contorno giallo individua in carta il territorio comunale di Montefiorino.

In prossimità del territorio comunale, i meccanismi focali rivelano la presenza di sismi superficiali (< 15 km), di Mw circa pari a 4, con campo di stress principalmente estensionale/trascorrente (e secondariamente compressivo/trascorrente), legato probabilmente ad un campo di deformazione secondario presente in corrispondenza del tetto del sistema di *thrust* che interessa il crinale appenninico (Bonini, 2007) o, alternativamente, ad un sistema di faglie normali, superficiali (< 15 km), attive su piani di *thrust* deattivati (Bonini and Tanini, 2009).

3.1. Sismicità del territorio comunale

Dal punto di vista sismico, al comune di Montefiorino è stata assegnata la **classe 3**, ovvero a bassa sismicità, in base all’Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003, con accelerazione massima attesa (PGA) pari a **0,161g** (Figura 5).

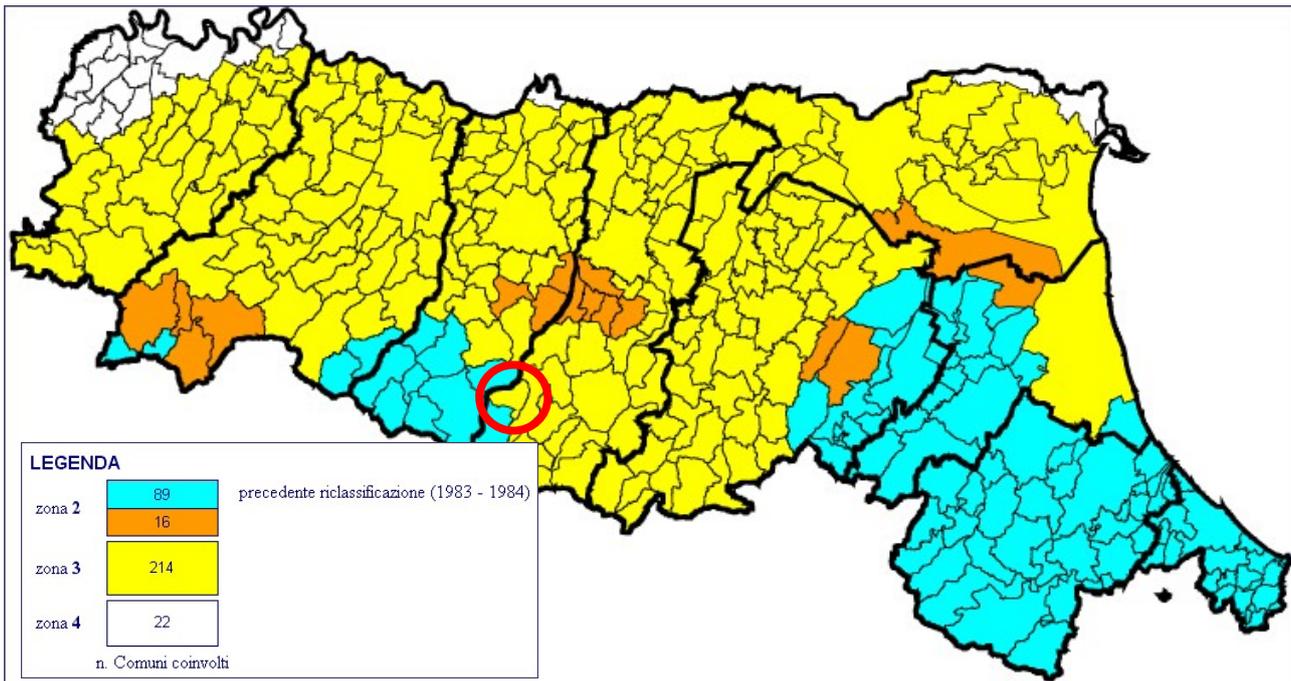


Figura 5 – Classificazione sismica dei comuni dell’Emilia-Romagna. Nel cerchio rosso il Comune di Montefiorino.

Se si analizza la sequenza storica degli effetti macrosismici registrati nel territorio comunale dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani – Database Macrosismico Italiano DBMI15 dell’INGV (Locati et al., 2016)³ – si nota come importanti effetti si siano registrati anche in relazione ad epicentri lontani dal territorio comunale. Di seguito viene riportata la storia sismica del Capoluogo (Figura 6), limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4, così come estratte dal DBMI15 dell’INGV.

Legenda:

Int. – Intensità al sito (MCS); **Io** – Intensità epicentrale (MCS); **Mw** – Magnitudo momento (epicentrale); **NMDP** – Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto.

³ Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D’Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
4-5	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
4-5	1927	11	20	10	24	1	Appennino reggiano	16	5	4.29
4-5	1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33
4	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1985	01	23	10	10	1	Garfagnana	73	6	4.60
4	1986	10	01	19	53	3	Lunigiana	68	5	4.46
4	2000	10	03	01	12	3	Frignano	62	5	4.22

Figura 6 – Osservazioni macrosismiche per Montefiorino (Locati et al., 2016).

Dai dati si evince come le massime intensità macrosismiche registrate (in gradi MCS) corrispondano:

- al terremoto del 4 marzo 1898, con area epicentrale in val di Parma, intensità epicentrale pari a 7-8 MCS e magnitudo momento epicentrale pari a 5.37,
- al terremoto del 17 novembre 1904, con area epicentrale nel Pistoiese, intensità epicentrale pari a 7 MCS e magnitudo momento epicentrale pari a 5.10,
- al terremoto del 24 dicembre 1997, con area epicentrale in Garfagnana, intensità epicentrale pari a 5 MCS e magnitudo momento epicentrale pari a 4.33;
- al terremoto del 20 novembre 1927, con area epicentrale nell'appennino reggiano, intensità epicentrale pari a 5 MCS e magnitudo momento epicentrale pari a 4.29.

In generale, le intensità macrosismiche al sito di maggior grado (tra cui 4 è il valore più ricorrente), sul territorio comunale, sono dovute a terremoti con epicentri localizzati in Garfagnana, nel Parmense e nel Pistoiese, registrati a partire dalla fine del XIX secolo ad oggi. Intensità al sito di grado < 4 sono dovute a terremoti con epicentri localizzati nel Frignano e , più in generale, nella fascia del crinale entro la quale ricade il territorio comunale stesso.

Terremoti con epicentri geograficamente più lontani, rispetto al territorio comunale, non vanno oltre il limite regionale e si individuano nel Forlivese, nel Reggiano e nella Bassa Modenese.

Occorre precisare che il DBMI15, relativamente a Montefiorino, non registra intensità macrosismiche derivate dal terremoto della Garfagnana del 7 settembre 1920. Se, però si visualizzano le intensità macrosismiche registrate al contorno (Figura 7) si può vedere come nella vicina località di Molinello (tra Farneta e Guscioia), in occasione di tale sisma, si sia registrata una intensità macrosismica pari a 7-8 MCS. Considerando la breve distanza (3,38 km) tra Molinello e Montefiorino, risulta inverosimile che in occasione del sisma del 7 settembre non si siano registrati effetti anche a Montefiorino. E', quindi, verosimile che un'intensità molto prossima a 7 MCS sia stata registrata anche nel Capoluogo.

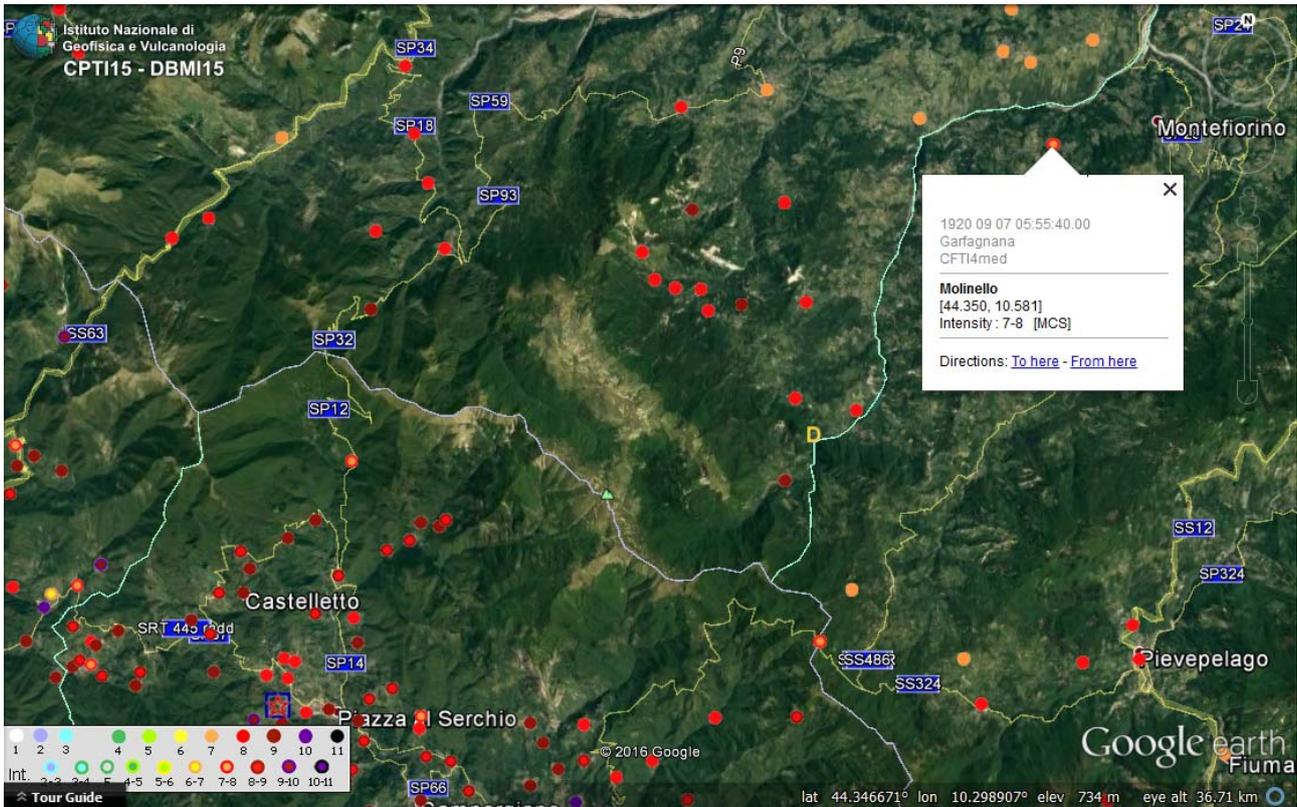


Figura 7 – Estratti dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell'INGV e dal DBMI15 (sovrapposti alla base Google Earth): i punti colorati si riferiscono alle intensità macrosismiche registrate in occasione del sisma del 7 settembre 1920 con epicentro in Garfagnana (più precisamente all'interno della sorgente sismogenetica composta ITCS083 "Garfagnana"). In basso a sinistra la scala delle intensità MCS).

In ogni caso, trattando, in questa sede, della sismicità dell'intero territorio comunale, l'inserimento di un grado 7 di intensità MCS risulta comunque necessario per completare il quadro della sismicità storica dell'area in esame. In occasione, infine, del recente sisma della Lunigiana del 2013 (Alpi Apuane – Massa, Lucca – MI 5.2 del 2013-06-21 ore 10:33:57 UTC), l'intensità macrosismica è stata pari a 4-5, ovvero prossima all'intensità macrosismica media, storicamente caratteristica dell'area in studio⁴.

Sovrapponendo gli epicentri dei sismi che hanno dato, storicamente, effetti macrosismici maggiori all'interno del territorio comunale di Montefiorino, sulle sorgenti sismogenetiche dell'INGV, è possibile constatare come le maggiori intensità al sito (I) siano state determinate da sismi avvenuti all'interno delle sorgenti composite ITCS083 "Garfagnana" e ITCS046 "Langhirano-Sassuolo". Intensità leggermente minori (da 3 a 4) sono invece state determinate da sismi avvenuti all'interno della sorgente sismogenetica composta ITCS027 "Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga", entro cui ricade lo stesso territorio comunale. Un altro settore, non identificato dall'INGV come una vera e propria sorgente sismogenetica, ma che ha comunque contribuito alla storia sismica di Montefiorino, è il Pistoiese (Pistoia e valle del Bisenzio), da cui si sono generati sismi che hanno

⁴ Link breve: <https://goo.gl/2iGZT1>

dato intensità macrosismiche al sito pari a 3, ma anche intensità pari a 4–5 MCS, che rappresentano il massimo registrato storicamente per l'area di studio.

Descrivendo nel dettaglio, quindi, le **sorgenti sismogenetiche**, che in maggior modo possono caratterizzare la sismicità locale, il territorio comunale di Montefiorino ricade parzialmente, come detto, all'interno della sorgente sismogenetica composta **ITCS027** "Bore–Montefeltro–Fabriano–Laga", ritenuta capace di produrre sismi con Mw massima pari a **6.2** (derivata dalla massima magnitudo delle sorgenti sismogenetiche individuali in essa comprese) (Figura 8). La geometria di quest'area sismogenetica è determinata dalla geometria delle singole sorgenti individuali in essa contenute: lo *strike* varia da 90° (per la sorgente di Loiano) a 160° (per le sorgenti di Camerino e Sarnano); il *dip* varia da 20° a 55° verso SO; il *rake* è assunto corrispondente ad un sovrascorrimento puro (90°) sulla base di considerazioni geodinamiche generali; la *slip rate* varia da 0,1 ad 1 mm/anno.

Circa 30 km a SO del territorio comunale è presente la sorgente sismogenetica composta **ITCS083** "Garfagnana", ritenuta capace di produrre sismi con Mw massima pari a **6.4** (derivata dalla massima magnitudo delle sorgenti sismogenetiche individuali in essa comprese – ITIS050 "Garfagnana Nord e ITIS 051 "Garfagnana Sud") (Figura 9). Questa sorgente composta rappresenta una fascia a regime tettonico distensivo che attraversa gli appennini toscani ed emiliani in prossimità della valle del Serchio. La letteratura scientifica la interpreta come possibile estensione verso nord–ovest del Sistema di Faglie Etrusco, immergente verso NE, che rappresenta il limite estensionale nord–occidentale degli appennini settentrionali. I cataloghi sismici storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) identificano, per tale fascia, una sismicità da intermedia ($4.5 < Mw < 5.0$) a distruttiva, al di là dei terremoti distruttivi dell'11 aprile 1837 (Mw 5.6, Alpi Apuane) e del 7 settembre 1920 (Mw 6.5).

Alcuni segmenti di questa sorgente composta sono stati associati ai terremoti più importanti di questo settore appenninico.

Lo *strike* varia da 300° a 310°; il *dip* varia da 30° a 45°; il *rake* (260°–280°) è assunto corrispondente ad un movimento estensionale puro sulla base di osservazioni geologiche; le profondità minima e massima sono state individuate, rispettivamente, a –1 e –10 km; la *slip rate* varia da 0,1 ad 1 mm/anno, dedotta da osservazioni geologiche relative a strutture adiacenti appartenenti al medesimo quadro tettonico della sorgente Garfagnana.

Nella sorgente composta "Garfagnana" sono comprese due sorgenti sismogenetiche individuali, la **ITIS050** "Garfagnana Nord" e la **ITIS051** "Garfagnana Sud" (Figura 9), due faglie normali con immersione verso NE le cui attività controllano l'evoluzione recente della valle del Serchio, comunemente denominata "Garfagnana". La "Garfagnana Nord" costituisce la sorgente del terremoto distruttivo del 7 settembre 1920 ed i suoi caratteri geometrici sono stati derivati proprio dalle caratteristiche di tale evento sismico.

COMUNE DI MONTEFIORINO – PROVINCIA DI MODENA
 MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

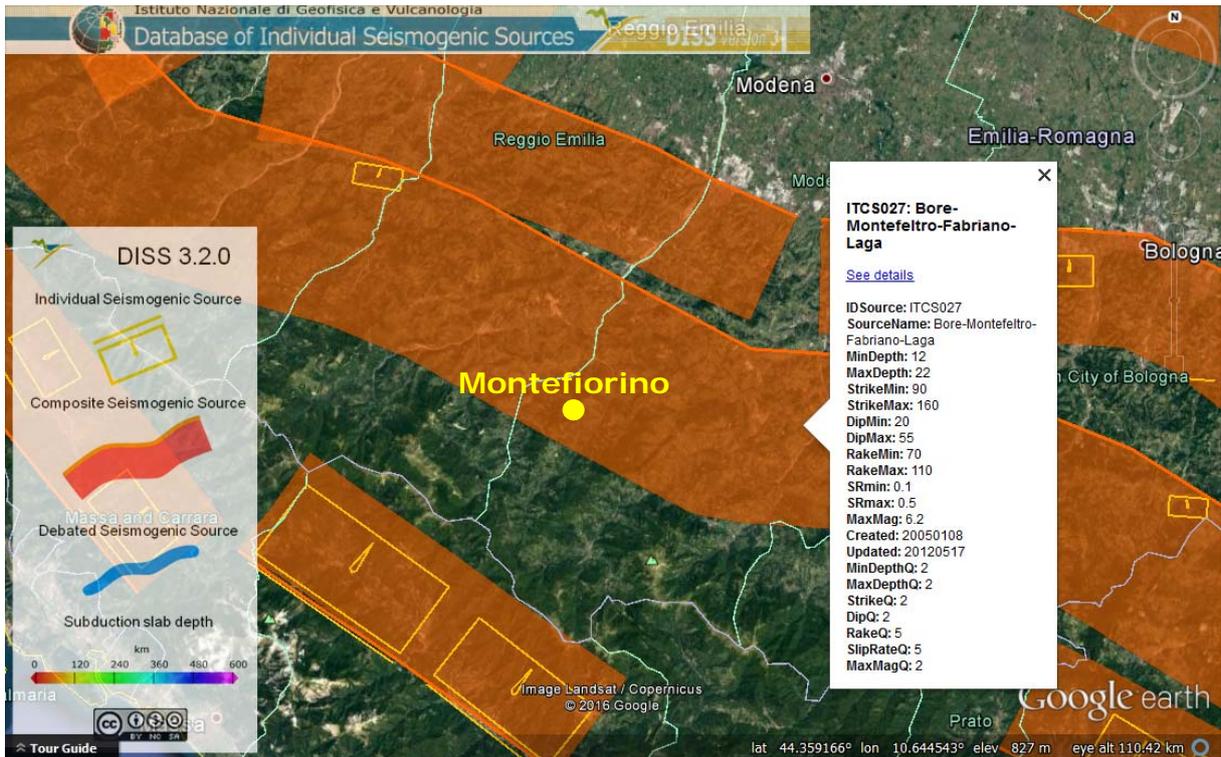


Figura 8 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS, versione 3.2) dell'INGV: tratto della Sorgente Sismogenetica Composita (ITCS) 027 “Bore–Montefeltro–Fabriano–Laga”.

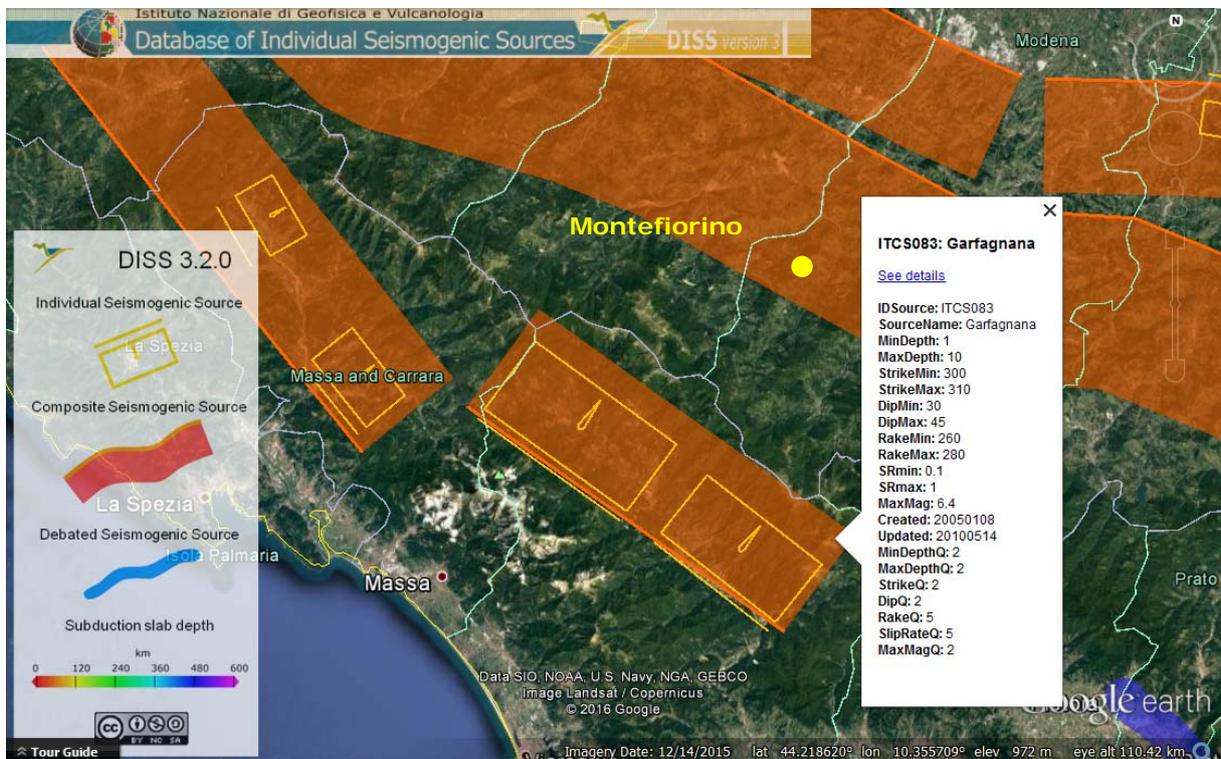


Figura 9 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS, versione 3.2) dell'INGV: Sorgente Sismogenetica Composita (ITCS) 083 “Garfagnana” e Sorgenti Sismogenetiche Individuali (ITIS) 050 “Garfagnana Nord” e 051 “Garfagnana Sud”.

Alla sorgente “Garfagnana Sud”, diversamente dalla prima, non sono associati grandi terremoti storici e le sue caratteristiche geometriche sono state necessariamente dedotte da quelle della ITIS050. La valle del Serchio è poi delimitata, a nord, dal lineamento Sarzana–Equi Terme e, a sud, dal lineamento Viareggio–Val di Lima–Bologna, lineamenti che sembrano delimitare anche il blocco delle Alpi Apuane. La dorsale di Monte Perpoli, vicino a Castelnuovo Garfagnana, rappresenta, a sua volta, la linea di separazione tra le due sorgenti individuali, suddividendo la valle del Serchio in due porzioni pressoché di egual lunghezza. La ITIS050 è ritenuta capace di sismi di Mw massima pari a 6.4; la ITIS051 è ritenuta capace di sismi di Mw massima pari a 6.1.

Una terza sorgente sismogenetica composta, capace di influire sulla sismicità del territorio comunale di Montefiorino è, come detto, la **ITCS046** “Langhirano–Sassuolo” (Figura 10), con il sisma del 1898 che ha determinato una intensità macrosismica locale (I) pari a 4–5 MCS. La sorgente è ritenuta capace di produrre sismi con Mw massima pari a 5.9 (derivata dal più forte sisma in essa registrato). La geometria è determinata principalmente sulla base delle osservazioni geologiche: lo *strike* varia da 95° a 120°; il *dip* varia da 20° a 40°; il *rake* è assunto corrispondente ad un sovrascorrimento puro (80°–100°); la *slip rate* varia da 0,1 a 0,5 mm/anno; le profondità minima e massima sono state individuate, rispettivamente, a –2 e –8 km.

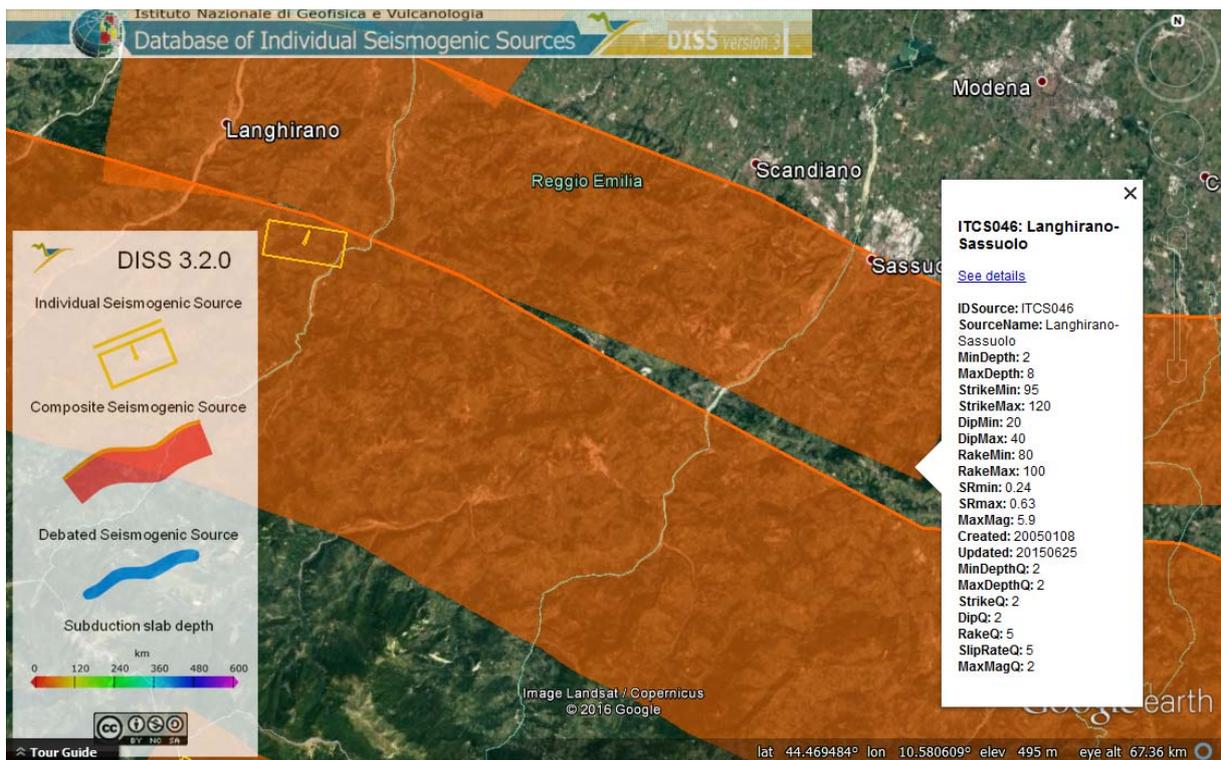
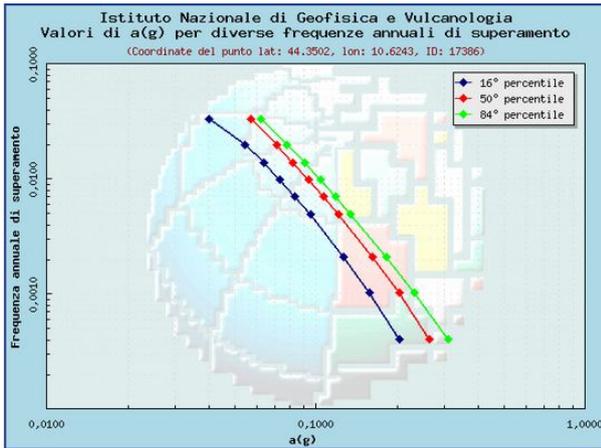


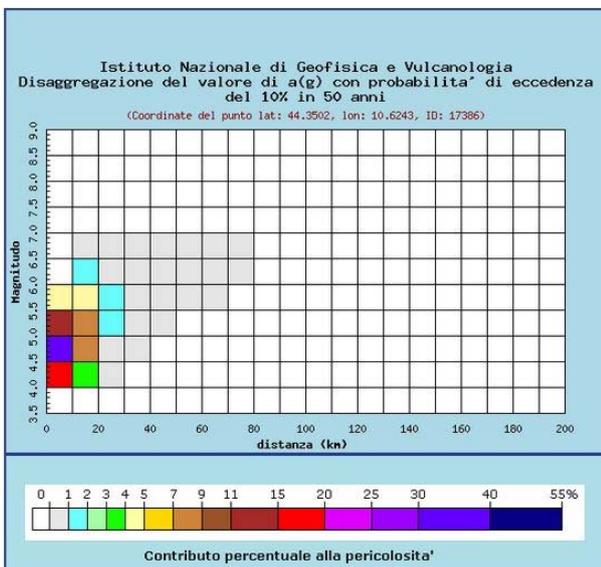
Figura 10 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS, versione 3.2) dell’INGV: tratto della Sorgente Sismogenetica Composita (ITCS) 046 “Langhirano–Sassuolo”.

Sulla base dell'analisi di pericolosità effettuata dall'INGV⁵, il valore di PGA atteso, con 10% di probabilità di superamento in 50 anni, è pari a 0,16g (50° percentile, pari ad una frequenza di superamento annuale di 0,0021) (Figura 11). La disaggregazione del valore di a_g con la medesima probabilità di eccedenza (Figura 12) mostra come il contributo percentualmente maggiore (30–40%) alla pericolosità sismica di base del territorio comunale sia determinato da sismi di magnitudo compresa tra 4.5 e 5, con epicentro nei primi 10 km di distanza dal territorio comunale, in grado di produrre PGA pari a 0,31g.



Frequenza annuale di superamento	a(g) (Coordinate del punto lat: 44.3502, lon: 10.6243, ID: 17386)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2033	0.2643	0.3103
0.0010	0.1575	0.2031	0.2318
0.0021	0.1268	0.1614	0.1817
0.0050	0.0952	0.1208	0.1343
0.0071	0.0833	0.1063	0.1176
0.0099	0.0735	0.0941	0.1039
0.0139	0.0638	0.0822	0.0909
0.0200	0.0545	0.0712	0.0780
0.0333	0.0399	0.0571	0.0625

Figura 11 – Valore di PGA atteso per il territorio comunale di Montefiorino con il 10% di probabilità di superamento in 50 anni, calcolato dallo studio di pericolosità sismica dell'INGV.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.3502, lon: 10.6243, ID: 17386)									
	Magnitudo									
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5
0-10	0.000	19.600	31.200	14.000	4.300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.230	8.760	7.430	4.140	1.010	0.140	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.018	0.610	1.600	1.570	0.792	0.134	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.175	0.483	0.388	0.078	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.009	0.115	0.129	0.028	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.027	0.007	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 12 – Disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per il territorio comunale di Montefiorino.

Il contributo del 15–20% alla pericolosità sismica di base del territorio comunale è dato dalla coppia (Mw 4–4,5; epicentro 0–10 km), in grado di produrre PGA pari a 0,2g. Contributi percentuali minori alla pericolosità (11–15% e 7–9%) sono dati, rispettivamente, dalle coppie (Mw 5–5,5; epicentro 0–10 km) e (Mw 4,5–5,5; epicentro 10–20 km), in grado di produrre PGA pari a

⁵ <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

0,14g e 0,07–0,08g. Solo il 4–5% di contributo alla pericolosità sismica di base è dato dalla coppia (Mw 5.5–6; epicentro 0–20 km), in grado di produrre PGA pari a 0,04g.

4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Per la descrizione degli aspetti geologici e geomorfologici caratteristici dell'intero territorio comunale di Montefiorino si è scelto di utilizzare la trattazione che di essi viene data nella relazione “*Indagine geologico – ambientale*”, a cura dello Studio Geologico Ambientale “Arkigeo” del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell’Unione di Comuni Montani “Valli Dolo, Dragone e Secchia” (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia); questo al fine di inquadrare il territorio comunale e l’area oggetto delle indagini di dettaglio di MS3 in un più ampio contesto geologico e geomorfologico, funzionale per comprendere gli elementi di criticità locali.

4.1. Inquadramento geologico generale per i territori dell’Unione dei Comuni Montani “Valli Dolo, Dragone e Secchia”

Il medio Appennino modenese è caratterizzato (Figura 13) da un substrato roccioso composito, formato da rocce appartenenti a successioni stratigrafiche e unità tettoniche ascrivibili principalmente a due distinti domini paleogeografici (Plesi, 2002):

- Dominio ligure;
- Dominio subligure;

La struttura della catena appenninica settentrionale viene interpretata da diversi ricercatori come un prisma d’accrezione, formato dalla sovrapposizione verticale di grandi unità tettoniche regionali (falde), ciascuna dello spessore di diverse centinaia (fino anche a migliaia) di metri. Ogni grande falda tettonica sarebbe riconducibile a un diverso settore paleogeografico in cui era suddiviso l’originario bacino marino, denominato Tetide, dal quale avrebbe avuto origine la catena appenninica (Treves, 1984) (Figura 14).

Le successioni sedimentarie marine originali sarebbero state segmentate e sovrapposte le une sulle altre in corrispondenza di una zona di subduzione che, secondo le più recenti teorie, sarebbe dapprima stata caratterizzata da un’immersione verso ESE, e impilamento delle falde tettoniche a vergenza alpina (fase ligure o eo–alpina del *Cretaceo superiore–Paleocene*), poi da immersione verso OSO e impilamento delle falde con vergenza e direzione di trasporto verso nord (fasi tettoniche appenniniche) (Figura 15).

COMUNE DI MONTEFIORINO – PROVINCIA DI MODENA
 MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

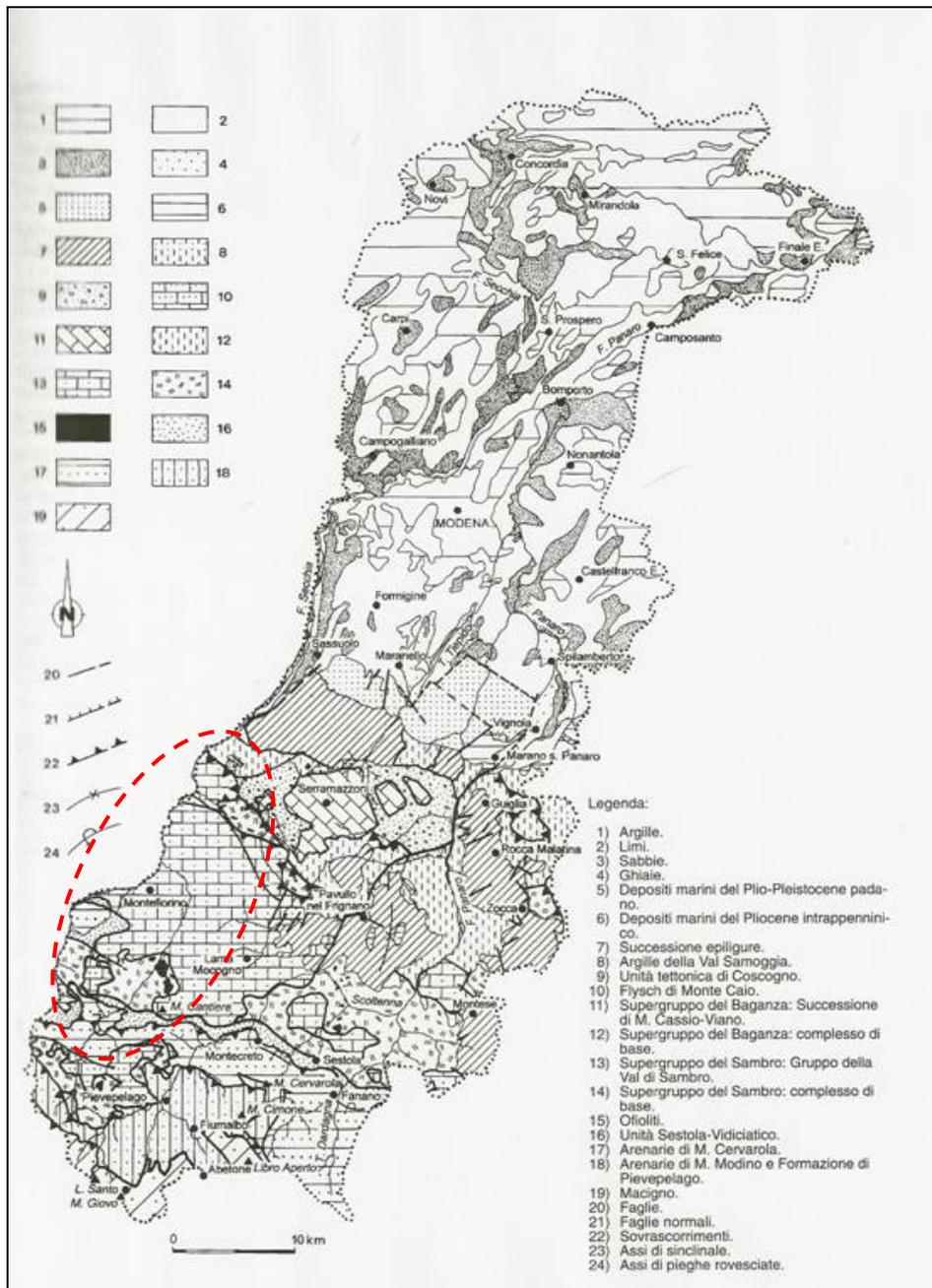


Figura 13 – Carta geologica della Provincia di Modena, estratta da (Capitani e Bertacchini, 1997). L’ellissi a tratteggio rossa individua a grandi linee la collocazione dell’area in studio presa in esame per la relazione “Indagine geologico – ambientale”, a cura dello Studio Geologico Ambientale “Arkigeo” del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell’Unione di Comuni Montani “Valli Dolo, Dragone e Secchia” (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia).

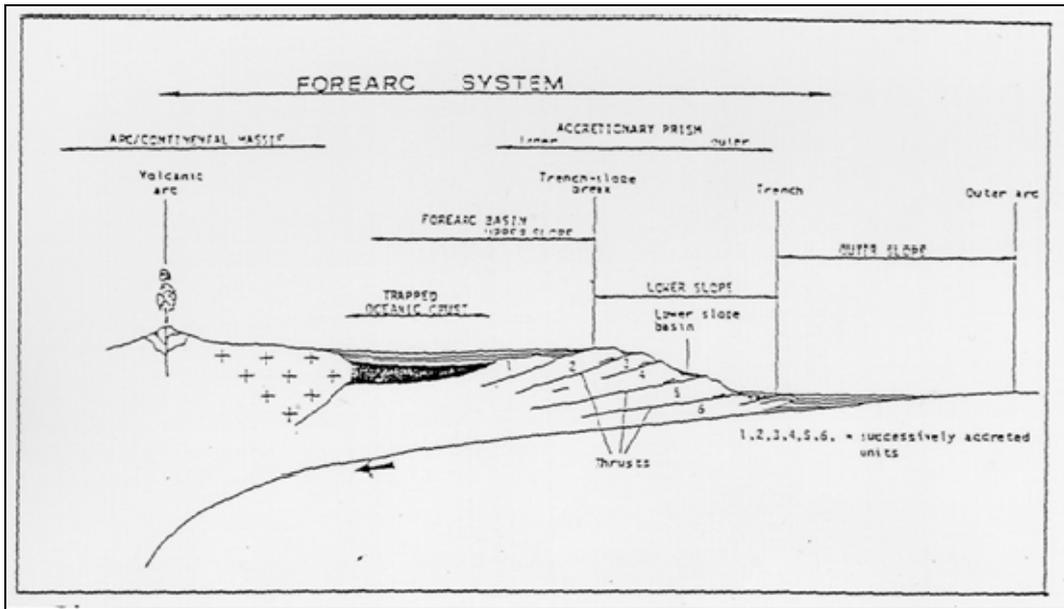


Figura 14 – L'Appennino Settentrionale è una catena a "pieghe e a faglie inverse" inquadrabile nel modello di prisma d'accrezione (da Treves, 1984).

Durante la prima fase tettonica neo-alpina sarebbe avvenuta la subduzione di gran parte dell'originaria crosta oceanica, riferibile a un segmento dell'Oceano Tetide denominato bacino Ligure (o Ligure-Piemontese), con formazione di un prisma d'accrezione costituito da falde liguri, che nelle fasi tettoniche successive sarebbero poi state traslate verso ENE, al di sopra delle unità subliguri, toscane e umbro-marchigiano-romagnole, a formare le cosiddette unità alloctone liguri o Liguridi (Figura 15).

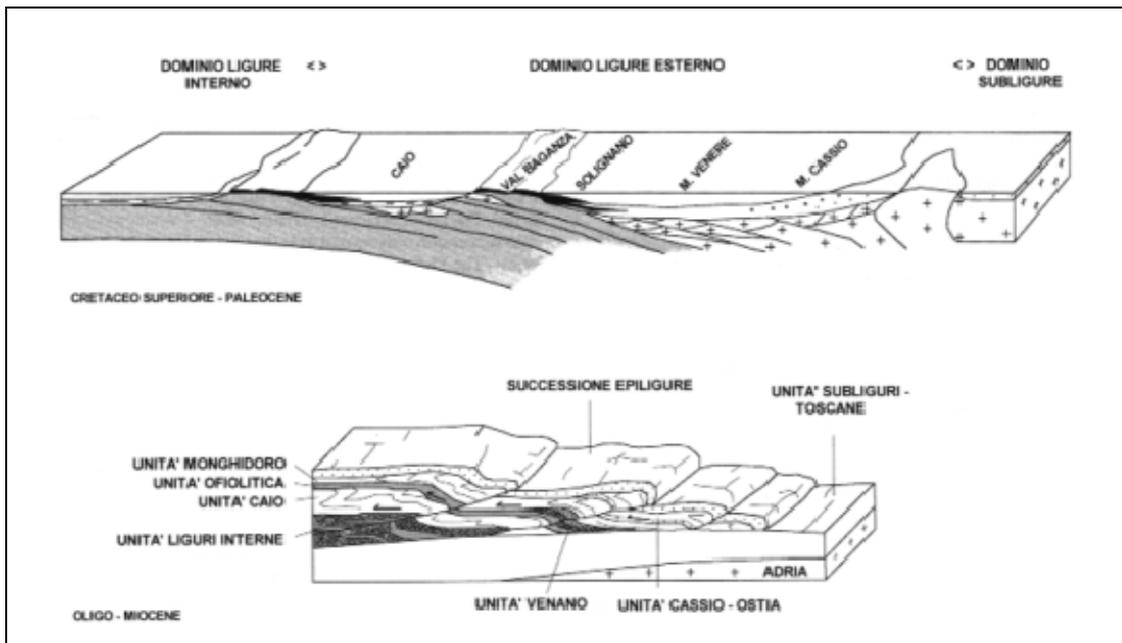


Figura 15 – Ricostruzione paleogeografica del dominio ligure esterno e assetto strutturale generale delle Liguridi Esterne attraverso l'Appennino modenese secondo (Daniele e Plesi, 2000).

Tale strutturazione (Figura 15) alla scala della catena è ancora riconoscibile anche nell'Appennino modenese (Bettelli e Panini, 1992; Bettelli et al., 1989a, 1989b, 1989c; Daniele e Plesi, 2000; Plesi, 2002). A grandi linee, infatti, è possibile ricostruire la struttura dell'edificio appenninico caratterizzata dalla sovrapposizione, dall'alto verso il basso, di:

- Unità liguri o Liguridi;
- Unità subliguri (o subLiguridi);
- Unità Toscane.

La pila delle Liguridi presenta una strutturazione interna complessa, caratterizzata anch'essa dalla sovrapposizione di unità distinte che avrebbero ciascuna un proprio significato paleogeografico (Figura 15).

Le Liguridi, nel settore di Appennino Modenese compreso tra l'alta Val Dolo e la Val Scoltenna, sono distinguibili, in base all'ordine geometrico di sovrapposizione dall'alto verso il basso (Figura 16) (Plesi, 2002), in:

- Unità Monghidoro (Liguridi esterne);
- Unità Venano (Liguridi esterne) (non affiorante in Val Scoltenna e più a est);
- Unità ofiolitica della Val Baganza;
- Unità Caio (Liguridi interne).

Più a nord, compaiono altre unità tettoniche ascrivibili alle Liguridi esterne, ad esempio l'Unità Cassio (Figura 16) tipica delle aree di Serramazzone (MO) e di Viano (RE) e che affiora limitatamente anche nel territorio di Prignano sulla Secchia.

Nei settori nord dell'area dell'Unione (e in generale nel medio-basso Appennino modenese), le unità Liguridi sono spesso accompagnate dalla così detta Successione epiligure, che rappresenta il prodotto della sedimentazione, avvenuta in ambiente marino (tra l'*Eocene medio-superiore* e il *Tortoniano*), al di sopra delle Liguridi, mentre queste traslavano verso nord sovrapponendosi alle unità subliguri, toscane e umbro-marchigiane (Bettelli et al., 1989a, 1989b) (Figura 15).

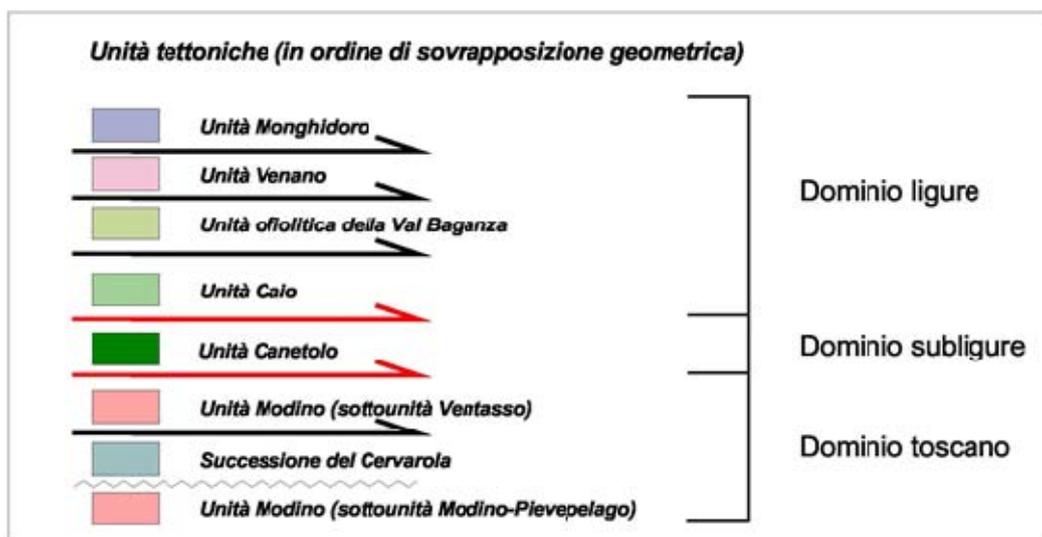


Figura 16 – Schema di sovrapposizione geometrica delle unità strutturali presenti nel medio Appennino Modenese occidentale – disegnato sulla base di (Plesi, 2002).

Gli insiemi di unità tettoniche (toscani, liguri ecc.) affiorano in generale secondo delle fasce ad andamento NO-SE delimitate a nord e a sud da fasce di strutture tettoniche lateralmente persistenti che assumo i caratteri di importanti lineamenti tettonici di valenza regionale (Figura 17). Nell'area dell'Unione dei Comuni si distinguono: un Lineamento Interno (o Linea della Santona (Bettelli et al., 2002)), un Lineamento Mediano, il Sistema della Val Rossenna e un sistema di strutture Vicariante della Val Rossenna.

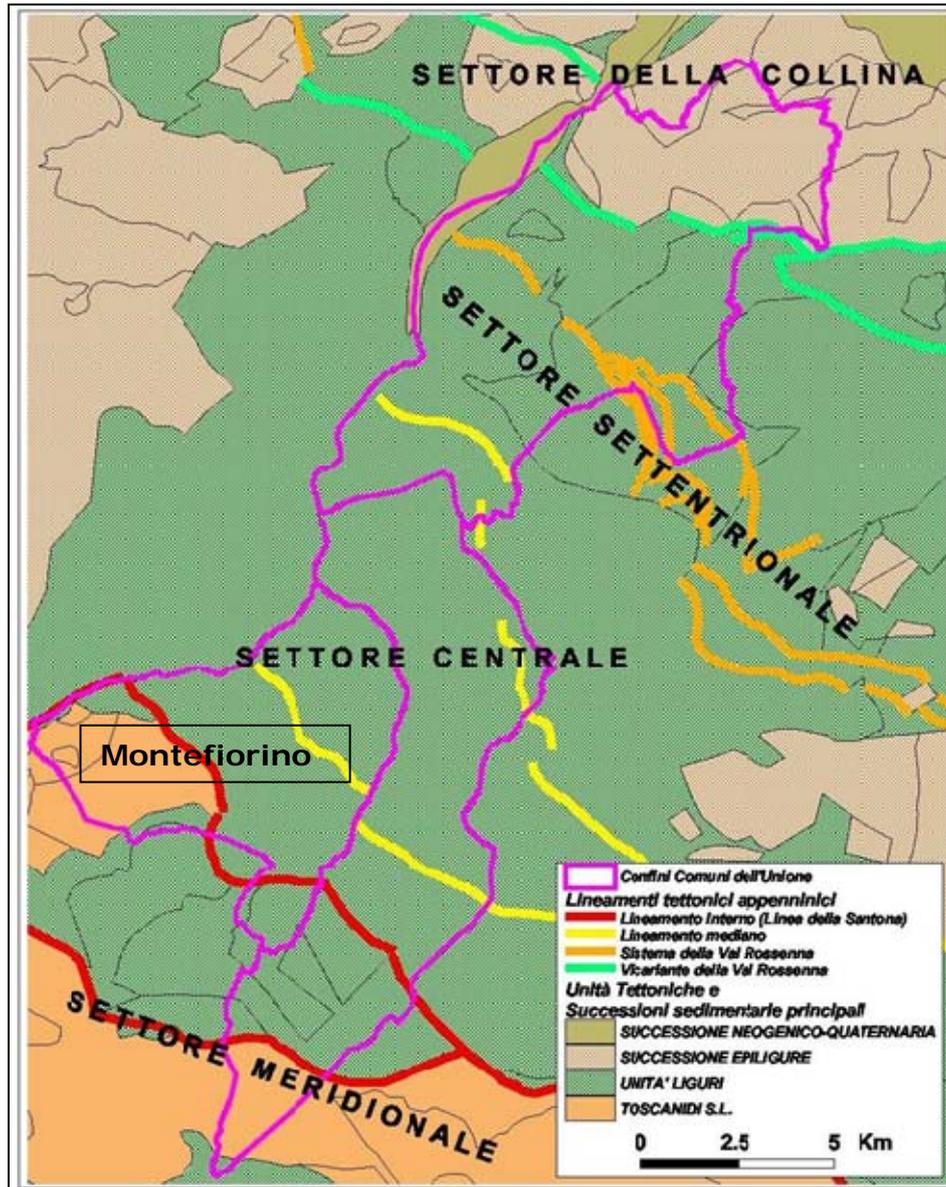


Figura 17 - Schema tettonico del settore centro occidentale dell'Appennino Modenese (fonte: "Indagine geologico - ambientale", a cura dello Studio Geologico Ambientale "Arkigeo" del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell'Unione di Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia" (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia).

Tali lineamenti tettonici suddividono i territori dell'Unione in tre settori (Figura 17), ciascuno con caratteri litostratigrafici e strutturali che si distinguono in maniera evidente da quelli degli altri settori. Per semplicità descrittiva i tre settori strutturali individuati nei territori dell'Unione sono di

seguito informalmente denominati come *Settore meridionale*, *Settore centrale* e *Settore settentrionale* (Figura 17).

4.1.1. Il lineamento Interno e il Settore strutturale meridionale (territori di Palagano)

Il **Lineamento Interno** (Bettelli et al., 2002), (Figura 17 e Figura 18) è composto da due strutture (faglie o, meglio, fasci di faglie), a direzione appenninica e a cinematica normale, che verso est confluiscono in un unico sistema, denominato da Bettelli e Panini (1992) come Linea della Santona.

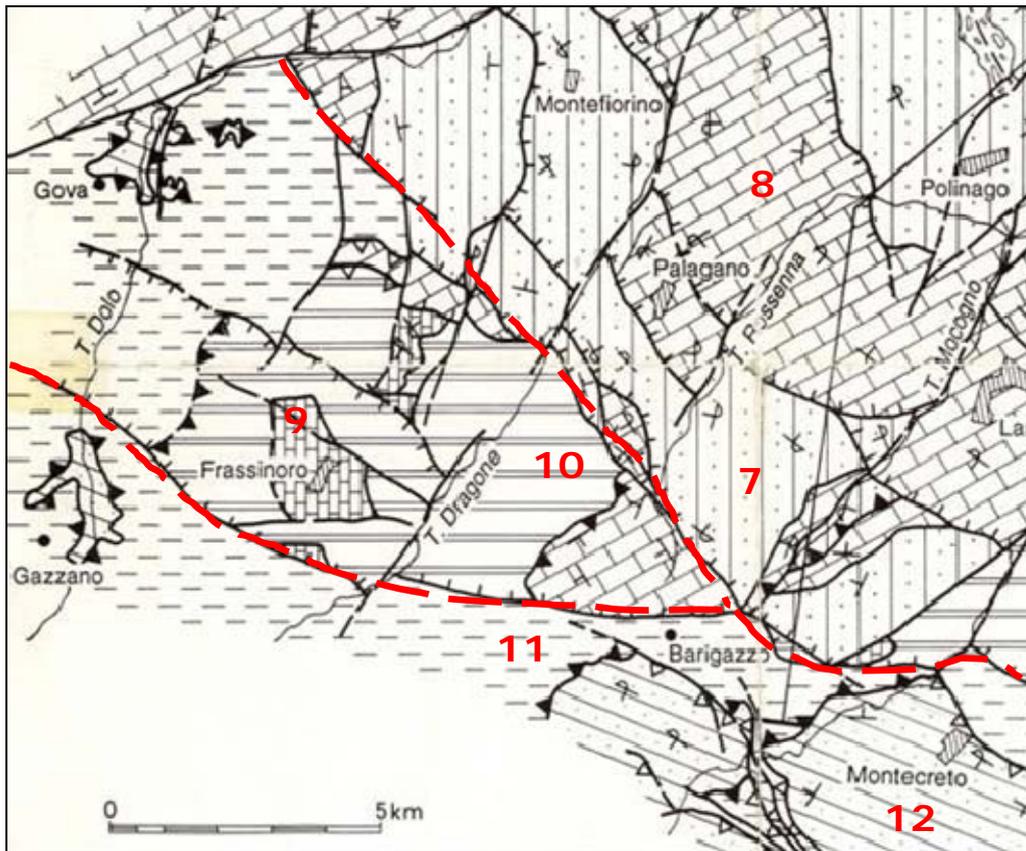


Figura 18 – Carta Geologico-strutturale schematica – estratto da (Plesi, 2002). Legenda: 7) Formazione di Monghidoro; 8) Formazione di Monte Venere, 9) Flysch di Monte Caio, 10) Complesso di base I: Arenarie di P.gio Castellina (Arenarie di Frassinoro), Argilliti di P.gio Mezzature, argilliti variegata, torbiditi arenaceo-pelitiche, Argille a palombini; 11) Unità tettonica Sestola-Vidiciatico (Unità Ventasso); 12) Arenarie di Monte Cervarola. Elementi lineari: linea continua-faglia subverticale o trascorrente; linea con triangoli vuoti-Faglia inversa; linea con triangoli pieni-sovrascorrimento; linea con lineette-faglia normale. La linea rossa tratteggiata individua il Lineamento Interno (o Linea della Santona) che a ovest di Barigazzo si suddivide in due diramazioni.

In corrispondenza di tale struttura tettonica si determina la giustapposizione delle unità toscane, a sud, con le Liguridi ribassate a nord, tra la Valle del Leo e la Valle dello Scoltenna (Figura 17 e Figura 18), funzione che si esercita anche lungo la diramazione sud, tra Barigazzo e la Val Dolo (a sud del Monte Cantiere), laddove a cavallo della Val Dragone si ha (nei pressi di Cargedolo) la

giustapposizione tra l'unità Modino⁶ (sotto-unità Ventasso) e l'Unità Ofiolitica del Val Baganza⁷. Per i settori in esame, occorre considerare anche il significato della diramazione nord della Linea della Santona, che giustappone l'Unità Monghidoro alle unità Liguridi geometricamente sottostanti (Unità Caio, Unità Venano, Unità Ofiolitica della Val Baganza) (Figura 16, Figura 17 e Figura 18). Alla macroscale l'effetto generale di tale strutturazione si risolve nel ribassare i settori posti a nord rispetto quelli posti a sud. Ne consegue che il Settore Meridionale di cui alla Figura 17 è caratterizzato dalla presenza di un substrato roccioso ascrivibile essenzialmente ad unità litostratigrafiche di pertinenza toscana, principalmente Unità Modino-Sottounità Ventasso (nota in letteratura anche come Unità Sestola-Vidiciatico).

4.1.2. Settore Centrale e lineamento Mediano (territori di Palagano e Montefiorino)

Il substrato roccioso del Settore Centrale è ascrivibile quasi completamente a unità litostratigrafiche Liguridi. Solo nella parte occidentale del territorio di Montefiorino, in Val Dolo, affiorano rocce ascrivibili alla sottounità Ventasso (dell'unità Modino) di pertinenza toscana, alle quali, localmente (poco a nord del Monte delle Coste), affiorano rocce⁸ di incerta collocazione stratigrafica (e paleogeografica) che a parere di alcuni studiosi evidenziano caratteristiche affini con unità riferibili al dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo (Plesi, 2002).

Nell'area compresa tra le due diramazioni del Lineamento interno affiorano rocce ascrivibili a diverse unità tettonico-stratigrafiche liguri (Plesi, 2002) tra le quali l'unità Monghidoro, l'unità Venano, l'Unità ofiolitica della Val Baganza e l'Unità Caio (Figura 16, Figura 17 e Figura 18); a nord, invece, (già anche in gran parte del territorio comunale di Montefiorino) affiorano quasi esclusivamente rocce ascrivibili all'Unità Monghidoro (Formazioni di Monte Venere e di Monghidoro) coinvolte in una struttura plicativa di importanza regionale nota in letteratura come **Sinclinale della Val Rossenna** (Garberi et al., 1999) e, più in particolare, nel suo **fianco rovesciato**. Sebbene tale struttura plicativa sia ben ricostruibile alla scala sub regionale, essa comunque appare segmentata in settori longitudinali, più o meno relativamente ribassati l'uno rispetto all'altro, in corrispondenza di **fasci di faglie (probabilmente normali)** indicati nella Figura 17 come **Lineamento Mediano**, in realtà anch'esso formato da due insiemi di strutture fragili ad alto angolo, circa parallele, che tendono a ribassare i blocchi posti a nord relativamente a quelli posti a sud⁹.

4.1.3. Settore Settentrionale, sistema della Val Rossenna e Vicariante della Val Rossenna (territori di Prignano)

Il Sistema della Val Rossenna e il Vicariante della Val Rossenna sono due insiemi di faglie ad alto angolo, **incline verso sud**, che **ribassano i blocchi meridionali rispetto a quelli settentrionali**. Il primo dei due insiemi pare essere inquadrabile come un sistema a rigetto normale, mentre la

⁶ L'unità Modino appartiene alle unità toscane, mentre l'Unità Ofiolitica della Val Baganza appartiene alle Liguridi.

⁷ Nella Figura 18 sono utilizzate le denominazioni rispettivamente di Unità Tettonica Sestola-Vidiciatico e Complesso di base I.

⁸ Arenarie di Gova nella Carta Geologica regionale.

⁹ In Bettelli e Panini, (1992) tali lineamenti sono denominati Linea Palagano-Case M. Santo Stefano e Linea di San Martino.

cinematica del secondo è dubbia e non facilmente risolvibile. Potrebbe trattarsi di un insieme di rampe frontali di vecchi sovrascorrimenti.

Il sistema della Val Rossena abbassa l'Unità Monghidoro, coinvolta nella Sinclinale della Val Rossenna, a una quota strutturale inferiore e la porta a giustapporsi alle Liguridi esterne dell'Appennino Modenese, nonché all'insieme strutturale (commistione di lembi formazionali liguridi, subliguridi e *incertae sedis*), noto in letteratura come Melange di Coscogno o Unità Tettonica Coscogno); giustapposizione tettonica che si perfeziona attraverso il sistema strutturale che qui è stato informalmente definito come Vicariante della Val Rossenna. L'unità Monghidoro resta pertanto delimitata, come areale di affioramento, a sud dal Lineamento Interno e, a nord, dal Sistema della Val Rossena–Vicariante della Val Rossenna. Nel Settore Centrale di Figura 18 è strutturata in maniera che prevalgono gli strati a polarità rovesciata¹⁰, mentre nel Settore Settentrionale prevalgono le polarità diritte¹¹.

4.1.4. Analisi morfostrutturale e strutture tettoniche trasversali

Attraverso l'analisi della presenza di strutture lineari o planari che si discostano dall'andamento medio dei versanti (resa possibile dal modello digitale delle quote – DEM), sono state identificate le strutture indicate in Figura 19 e in Figura 20. Tali strutture, da un'attenta disamina dei dati geologici di bibliografia, d'archivio o derivanti da rilevamento di campagna, coincidono per gran parte con limiti identificabili sulla base dell'interpretazione geologico-stratigrafica, o hanno comunque un andamento che corrisponde a quello di elementi geologico-strutturali identificati sulla base dei dati geologici (stratigrafici e strutturali).

Figura 19 e Figura 20 mostrano come l'area dell'Unione sia caratterizzata principalmente da lineamenti strutturali ad andamento appenninico (in verde nelle figure), circa NO–SE, e da lineamenti anti-appenninici (con direzione circa N210). I morfolineamenti a direzione appenninica mostrano un andamento grossolanamente curvilineo e appaiono riconducibili a piani ad alto angolo, o comunque molto inclinati; questi spesso coincidono (o comunque sono subparalleli) con le faglie normali e coi sistemi di faglie normali descritti precedentemente (Figura 17 e Figura 18: ad es. Lineamento Interno). In Figura 19 e Figura 20 sono indicati anche numerosi lineamenti ad assetto antiappenninico che formano un fascio di tracce sub-parallele, rettilinee (riferibili quindi a piani pressoché subverticali). Il fascio di strutture è riconoscibile per una larghezza di circa 12 Km (in senso NO–SE) e per una lunghezza di circa 25 Km in direzione trasversale alla catena (N210). Le evidenze morfologiche dell'esistenza di tale fascio di deformazioni fragili trasversali sono numerose:

- i corsi dei Torrenti Dragone, Rossenna (parte alta), Mocogno e di un tratto del Torrente Scoltenna, sono pressoché subparalleli (direzione circa N210); il lineamento lungo il T. Mocogno, oltre tutto, si pone come diretta prosecuzione di quello dello Scoltenna, mentre il lineamento che passa poco a est di Monchio si pone in prosecuzione di quello che si colloca a cavallo del corso del Dragone;

¹⁰ Fianco rovesciato della Sinclinale della Val Rossenna.

¹¹ Fianco diritto della Sinclinale della Val Rossenna.

- lungo il T. Dragone e il T. Mocogno, principalmente in sinistra idrografica, si riconosce la presenza di forme, cosiddette “faccette triangolari” (*flatiron*), la cui interpretazione è generalmente ricondotta alla presenza di piani di faglia, che tagliano un versante determinando una discontinuità morfologica che, nella carta dell'esposizione (Figura 20) appare piuttosto evidente. Il dato è interessante, soprattutto per la Val Dragone, dove le faccette triangolari sembrano delineare un'unica struttura planare (una superficie a trend N210, ad alto angolo inclinata verso SE) lungo la quale si sarebbe impostata la valle medesima;
- Il dato è reso ancor più significativo dal fatto che le strutture sono individuabili sia nel tratto di valle a nord del ramo settentrionale della Linea della Santona (Figura 18), dove sono presenti rocce appartenenti all'unità Monghidoro, sia nel tratto a sud di tale lineamento tettonico, dove affiorano invece le ofioliti e le argille a Palombini riferibili all'Unità Ofiolitica della Val Baganza;
- lungo il versante destro della Val Dragone si individuano lineamenti sub-paralleli (direzione N210) evidenziati da variazioni brusche dell'acclività, contropendenze, superfici sub-pianeggianti e deviazioni nell'andamento di linee di dorsale e crinali secondari. Detti lineamenti sono solo parzialmente mascherati dalla presenza di estesi corpi di frana. Non è escluso che la geometria e la diffusione degli stessi movimenti franosi possa essere stata controllata anche dall'assetto strutturale e, soprattutto, da contatti tettonici lungo faglie a direzione anti-appenninica (coincidenti con i lineamenti morfostrutturali);
- nel corso di sopralluoghi con rilevamento di campagna sono state osservate (su rocce ofiolitiche sia in destra che in sinistra del T. Dragone) diverse superfici di faglie mesoscopiche, anche di grandi dimensioni, subparallele al trend antiappenninico dei lineamenti morfostrutturali principali o comunque con assetti geometrici inquadrabili in uno schema riconducibile ad una fascia di deformazioni di taglio destro caratterizzata da un'orientazione all'incirca N210.

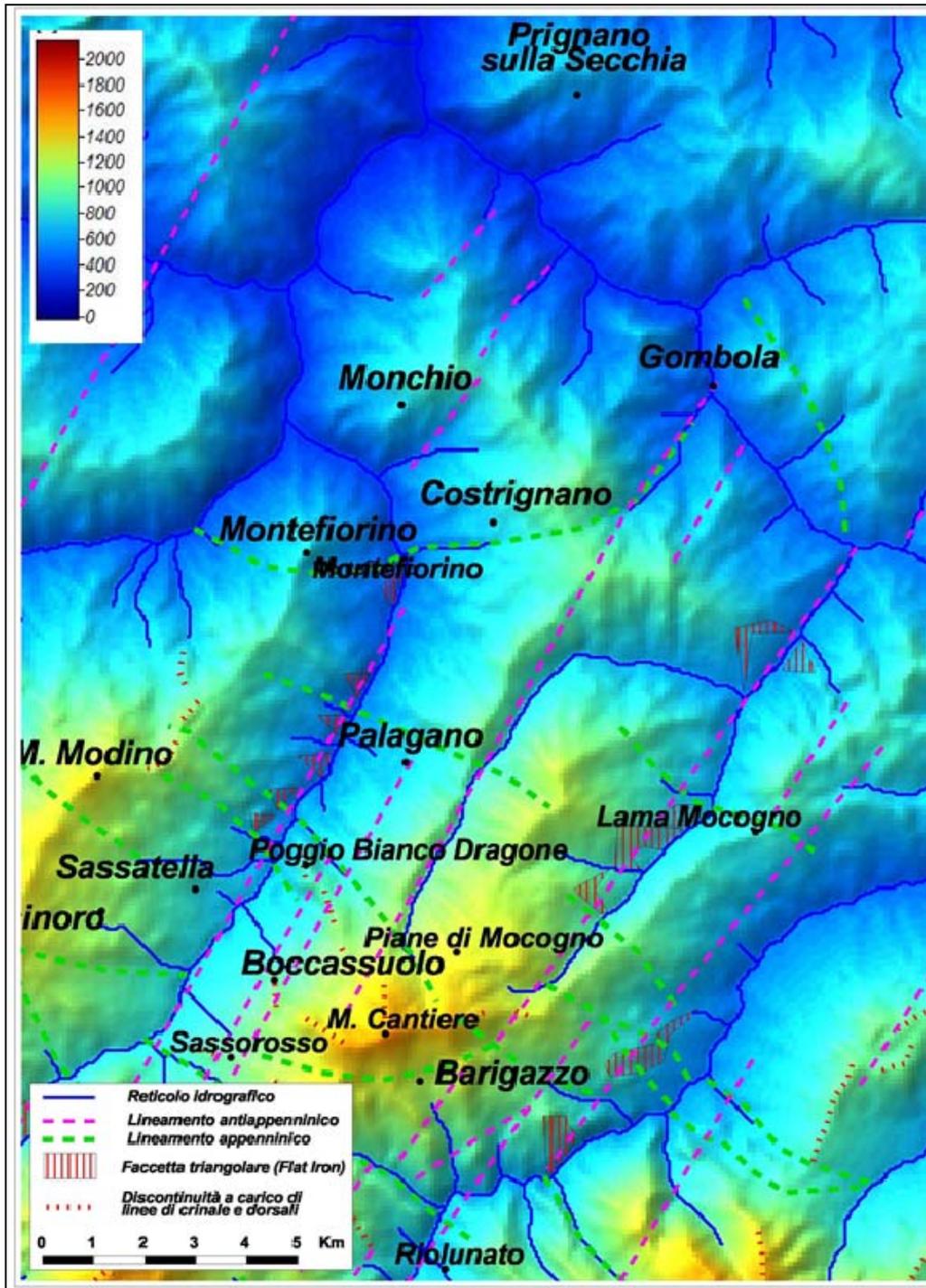


Figura 19 – Rappresentazione della topografia dell'area compresa tra la Val Dragone e la Valle dello Scoltenna tramite modello digitale del terreno (fonte dati: DEM SRTM, sito web NASA). Da: "Indagine geologico – ambientale", a cura dello Studio Geologico Ambientale "Arkigeo" del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell'Unione di Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia" (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia).

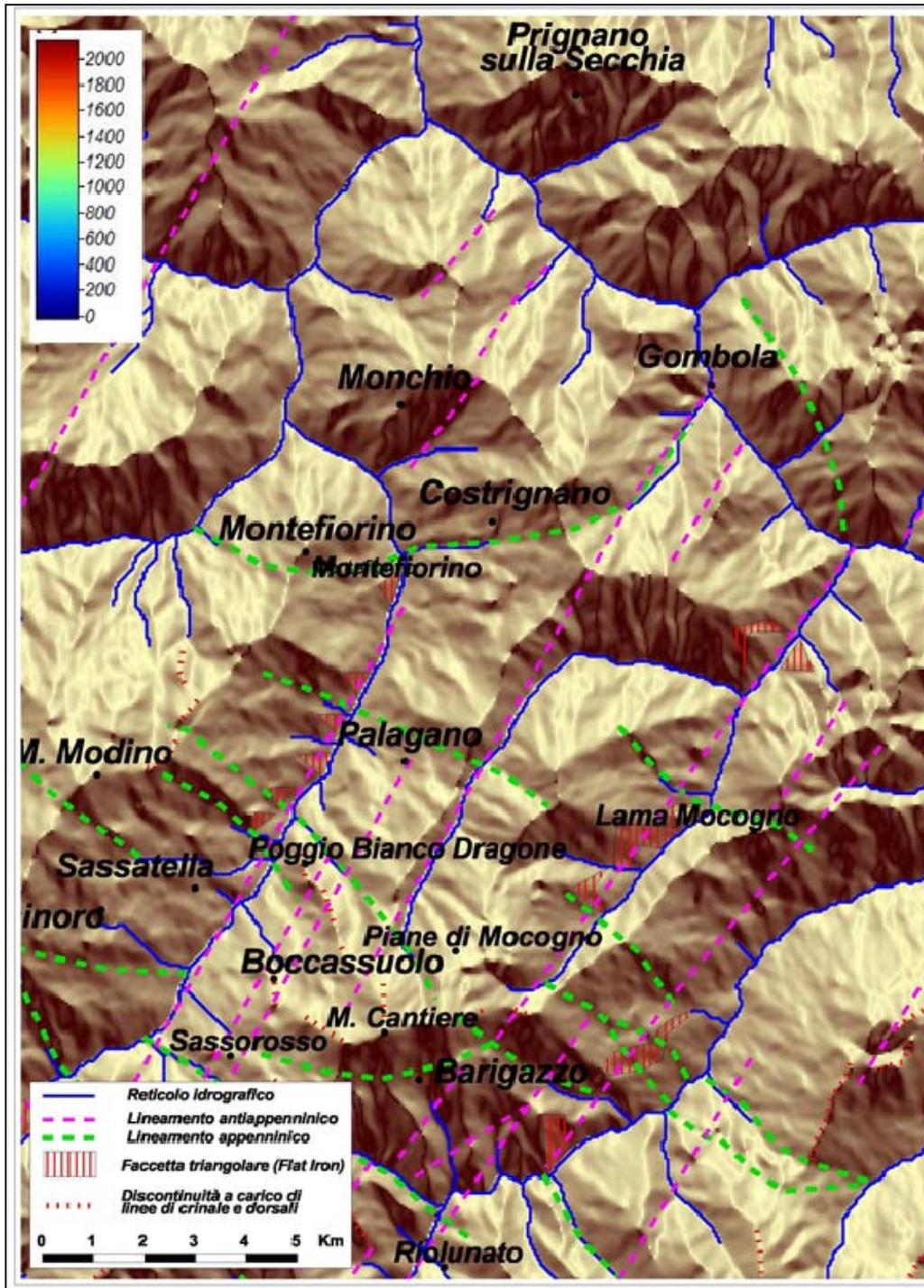


Figura 20 – *Aspect map* (carta dell'esposizione) elaborata a partire dal DEM di cui alla figura precedente. La carta descrive l'orientazione, rispetto al nord, di ciascuna cella che forma il DEM. Tale elaborazione permette di accentuare maggiormente il risalto di certe forme topografiche (crinali, fondivalle, scarpate, superfici relitte, faccette triangolari (*flatiron*), ecc.), evidenziando l'esistenza di strutture e forme. Da: "Indagine geologico - ambientale", a cura dello Studio Geologico Ambientale "Arkigeo" del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell'Unione di Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia" (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia).

4.2. Geologia dell'area oggetto di analisi di MS3

L'area di studio è cartografata, nel Foglio 235 "Pievepelago" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 (Figura 21), come corpo di frana senza indizi di evoluzione sul substrato roccioso della Formazione di Monghidoro (MOH). In questa area, così come per il settore orientale del territorio comunale, gli strati della Formazione di Monghidoro risultano rovesciati, poiché probabilmente appartenenti al fianco (rovesciato) dell'ampia sinclinale ultra-coricata della Val Rossenna (Bettelli e Panini, 1992), formatasi nella fase tettonica ligure. L'immersione molto variabile degli strati è stata spiegata dagli autori invocando fasi di deformazione e piegamento successive a quella in cui si sono formati i fianchi delle pieghe principali. Gli assetti più prossimi rivelano una immersione verso NO con un'inclinazione di circa 40° (giacitura rovesciata), rilevati in prossimità del nucleo abitato di Vitriola (Figura 21), sul lato ovest della carreggiata della SP486R.

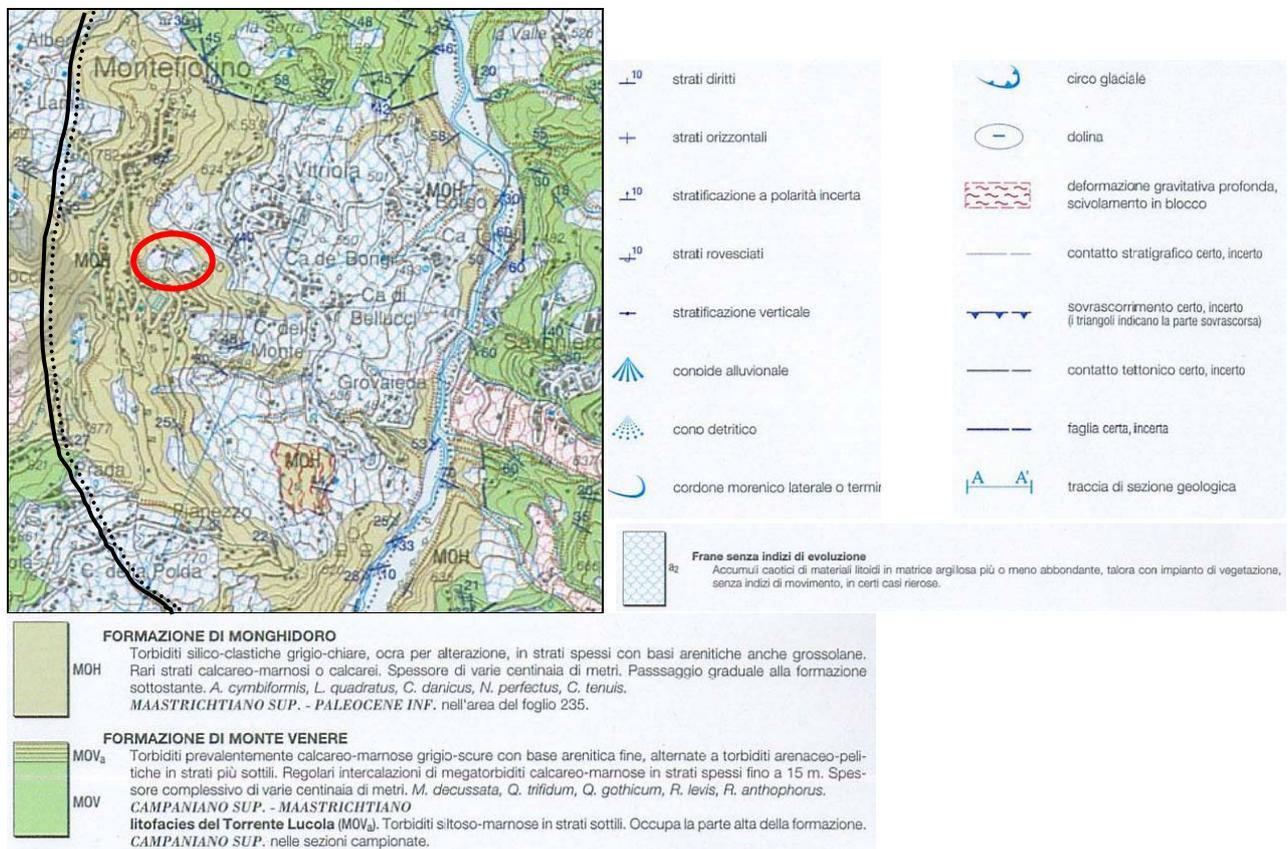


Figura 21 – Stralcio del Foglio 235 "Pievepelago" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000. Il cerchio rosso individua l'area di studio. Linea nera (apposta dallo scrivente): indicazione della faglia normale che ha ribassato il settore orientale rispetto a quello occidentale; i punti indicano la parte ribassata (spiegazione nel testo).

Procedendo verso sud, sempre lungo la SP486R, un altro affioramento mostra una immersione verso NNO con inclinazione 48° (giacitura rovesciata). Dal rilevamento sul terreno effettuato per questo studio è risultato estremamente difficile individuare affioramenti rocciosi del Monghidoro tali da poter essere considerati rappresentativi dell'assetto della roccia in posto; anche in corrispondenza della cresta rocciosa (come rappresentata nelle carte geologiche ufficiali) su cui sorge il Capoluogo, non è stato possibile individuare alcun affioramento. Ciò fa presupporre la

presenza di una coltre detritica, di non facilmente determinabile spessore, al di sopra del substrato roccioso, anche in corrispondenza degli alti topografici.

Da notare come, poco ad ovest della cresta che congiunge l'area in studio con il centro di Montefiorino, gli assetti tornino a mostrare una giacitura diritta ed una immersione principalmente verso E. Bettelli e Panini (1992) spiegano questo repentino cambiamento di giacitura con la presenza di una faglia normale, ad immersione verso E, che avrebbe ribassato il Monghidoro appartenente alla porzione rovescia della piega ultra-coricata facendolo venire a contatto con il Monghidoro della porzione diritta della piega stessa (andamento indicativo della faglia: linea nera in Figura 21; si veda il corrispettivo andamento in Figura 18). Il complesso quadro strutturale fin qui esposto è ulteriormente complicato dalla presenza di lineamenti tettonici ad andamento appenninico ed anti-appenninico, indicati, rispettivamente, in tratteggio verde e fucsia nelle figure Figura 19 e Figura 20 sulla base del modello digitale delle altezze. Come ipotizzato precedentemente (capitolo 4.1.4), non è escluso che i movimenti franosi presenti possano essere stati predisposti proprio dai contatti tettonici lungo faglie a direzione anti-appenninica

4.3. Inquadramento geomorfologico generale per i territori dell'Unione dei Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia"

Da un'osservazione anche sommaria degli elementi che caratterizzano il paesaggio dei territori dell'Unione, è evidente che, al di là dei condizionamenti strutturali di cui si è parlato nei capitoli precedenti, l'azione della forza di gravità e delle acque incanalate sono gli agenti che in maggiore misura contribuiscono alla morfogenesi recente ed attuale.

4.3.1. Frane

Pressoché tutti i versanti dei corsi d'acqua principali (Secchia, Dolo, Dragone e Rossenna) sono interessati dalla presenza di corpi franosi che, in vari casi, si allungano per tutto o quasi tutto lo sviluppo del versante medesimo (secondo la direzione di massima pendenza).

Secondo quanto riportato in (Garberi e Pizziolo., 1999), il territorio di Montefiorino è interessato da corpi franosi per una percentuale compresa tra il 40 e il 50 per cento, mentre i territori di Prignano e Palagano sarebbero interessati da frane per una percentuale compresa tra il 20 e il 30 per cento dell'intero territorio comunale. Sempre secondo quanto riportato nella pubblicazione citata, i chilometri totali di infrastrutture viarie interessate da frane attive o che insistono su frane quiescenti sarebbero rispettivamente: oltre 32 nel territorio di Montefiorino (pari a circa il 47% del totale), oltre 26 nel Comune di Palagano (pari a poco più del 38% del totale) e oltre 30 nel Comune di Prignano (pari a oltre il 27% del totale).

In linea generale, le tipologie di frana più frequenti, per quanto riguarda la dinamica di movimento, sono: *traslativa*, *roto-traslativa*, *colata* o, più spesso, *complessa*. La genesi è favorita dall'alta energia del rilievo (elevato dislivello tra crinale e fondo valle), dall'assetto strutturale (strati a franapoggio, oppure strutturazione del rilievo caratterizzata da presenza di rocce a componente prevalentemente lapidea nelle parti elevate del versante e rocce a componente prevalentemente argillitica nelle parti medio basse del medesimo) e da abbondanti precipitazioni

totali annue, che possono, in talune annualità, ripartirsi in piogge concentrate in certi periodi dell'anno, tanto che molti eventi franosi sembrerebbero essersi attivati in coincidenza di eventi pluviometrici particolarmente intensi e/o prolungati (si veda, a proposito, anche il recente articolo presente sul numero 47 della rivista "Il Geologo dell'Emilia-Romagna", a cura di Tellini, 2013).

La propensione alla franosità dei territori in esame è testimoniata sia dalla documentazione storica (ad. es. (Leuratti et al., 2007)) sia dai numerosi studi e segnalazioni che hanno interessato e interessano tutt'ora gli areali dell'Unione.

Il sistema delle frane che scendono dal Monte Modino (Figura 22) ne è un chiaro esempio, sia in riferimento ai danni che i versanti interessati hanno subito storicamente e recentemente (sia in destra Dolo che in sinistra Dragone), sia per gli sforzi materiali ed economici che sono stati impegnati per lo studio di tali fenomeni franosi e per la risistemazione di manufatti e infrastrutture viarie che, a più riprese, anche nel recente passato, sono stati danneggiati dai movimenti di versante (Leuratti et al., 2007). Da evidenziare come si tratti, spesso, di frane la cui origine è molto antica (diverse migliaia di anni secondo alcune datazioni radiometriche) (Leuratti et al., 2007) e che hanno contribuito a modificare le forme e la percezione del paesaggio locale sia lungo i versanti che nei fondovalle.

Evidenze morfologiche, ma anche testimonianze recenti, indicherebbero, ad esempio, che le frane della "Lezza Nuova" e di "Tolara" (Figura 22) avrebbero ostruito a più riprese il corso del Torrente Dragone, dando luogo alla formazione di laghi di sbarramento effimeri (Soldati e Tosatti, 1993). L'area di Monte Modino non è comunque l'unica sede di movimenti gravitativi di versante importanti ad avere destato l'interesse di studiosi e degli organi tecnici preposti al monitoraggio e alla sicurezza del territorio.

Numerose sono le forme gravitative di versante che, nel tempo, sono state oggetto di studio, di interventi di messa in sicurezza o di ripristino, o comunque soggette a monitoraggio periodico; tra queste, oltre al citato sistema delle frane del Monte Modino (Comuni di Montefiorino, Palagano e Frassinoro), si ricordano la frana di Saltino-La Volta (Comune di Prignano, fianco destro della valle del F. Secchia), le frane di Castelvecchio-Case Olivieri (Comune di Prignano, fianco destro della valle del F. Secchia), le frane di Boccassuolo e dell'area del Cinghio del Corvo (Comune di Palagano, fianco destro della Valle del Torrente Dragone); la frana sul versante orientale di Montefiorino (Comune di Montefiorino, fianco sinistro della Valle del Torrente Dragone); la frana di Ponte Dolo (Comune di Montefiorino, fianco destro della Valle del Torrente Dolo) ecc.

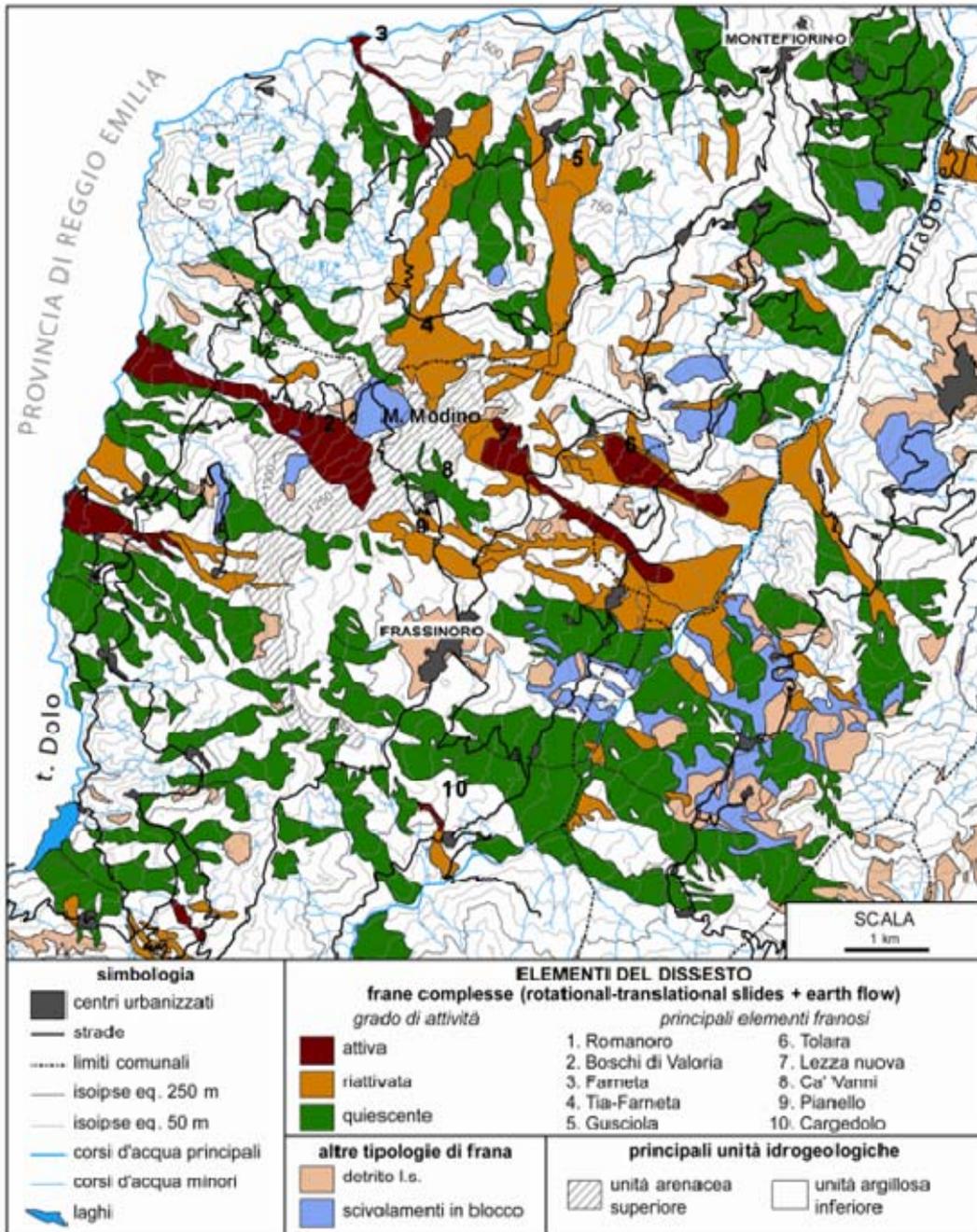


Figura 22 – Carta geomorfologica della dorsale compresa tra Frassinoro e Montefiorino (Valli dei Torrenti Dolo e Dragone). Sono individuate, con un numero di riferimento, le frane che scendono dal Monte Modino (estratto da Leuratti et al., 2007).

4.3.2. Altri depositi di versante di varia genesi

La carta idro-geomorfologica del redigendo PSC dell'Unione riporta, mutuandoli dalla carta geologica regionale, gli accumuli detritici di versante ascrivibili a processi diversi dalle frane (Figura 24). Si tratta di depositi eolici (o interpretati come tali), palustri o da riempimento di laghetti, eluviali, colluviali e, ovviamente, di genesi mista. Data la loro estrema eterogeneità

genetica e composizionale, non è possibile, in questa sede, descriverne in modo specifico le caratteristiche litotecniche (resistenza, compattezza, grado di alterazione ecc.) ed individuarne precisi spessori. Questi ultimi sono identificabili solo in pochissimi casi puntuali, in corrispondenza di sondaggi geognostici. La loro presenza può comunque giocare un ruolo importante nell'amplificazione stratigrafica dell'input sismico.

Come si può vedere in Figura 24, i depositi di versante di genesi mista sono in gran parte distribuiti sui versanti orientale ed occidentale del crinale su cui sorge l'abitato di Montefiorino; la genesi è "genericamente" definita come "di versante", ma considerata la loro prossimità a corpi di frana cartografati, potrebbero anche essere identificati come depositi di frana stabilizzati o relitti.

4.3.3. Morfologie legate all'azione delle acque di ruscellamento superficiale

RETICOLO IDROGRAFICO

Nei territori dell'Unione Comunale, oltre alla forza di gravità, il principale agente morfologico del paesaggio è rappresentato dalle acque di ruscellamento superficiale che danno forma al reticolo idrografico il quale ha nei Torrenti Dolo, Dragone, Rossenna e Fiume Secchia gli assi principali; il suo andamento generale, come detto precedentemente, è spesso influenzato dall'assetto strutturale e dal substrato litologico.

Le principali aste fluviali presentano un andamento sostanzialmente parallelo tra di loro (Figura 23), per lo meno nei settori Meridionale e Centrale di Figura 17 e, per il Secchia, anche nei settori settentrionali e della collina. Tale andamento rispecchia sostanzialmente quello delle faglie trasversali di cui si è parlato diffusamente in precedenza (Figura 19 e Figura 20). In realtà, il torrente Dolo conserva tale andamento più a sud, nel Comune di Frassinoro, mentre tende a deviare verso est nel territorio di Montefiorino, fino quasi alla confluenza col Dragone. Tale andamento è ancora fortemente controllato dalle macrostrutture geologiche. In tale settore, la presenza di una faglia posta in coincidenza proprio del torrente determina il forte abbassamento relativo del blocco settentrionale (in Provincia di Reggio Emilia) con giustapposizione delle unità liguri (Unità Tettonica Monghidoro), a nord, alle unità toscane della Finestra tettonica di Gova. L'entità del rigetto verticale supererebbe i 3000 m sulla base dei dati derivanti da una perforazione profonda nei pressi di Quara, sul versante reggiano della Val Dolo (Anelli et al., 1994) e il risultato di tale strutturazione alla macroscale avrebbe come conseguenza anche la deviazione indotta dalla presenza di rocce meno erodibili (formazioni di Monghidoro e Monte Venere) che farebbero da ostacolo alla progressione fluviale e avrebbero deviato il corso fluviale dal generale andamento SO-NE, riscontrato, invece, in tutte le aste fluviali principali.

Sempre a cause strutturali e legate alla natura del substrato sarebbe dovuto anche l'andamento del segmento più a valle del Torrente Rossenna (tra il comune di Polinago e quello di Prignano), laddove l'affiorare del nucleo della sinclinale della Val Rossenna porta a giorno le rocce più erodibili (a natura prevalentemente argillitica) del Complesso del Rio Cagnone e, in generale, della Successione della Val Rossenna (parte alta della Successione che ha dato origine all'Unità Tettonica Monghidoro).

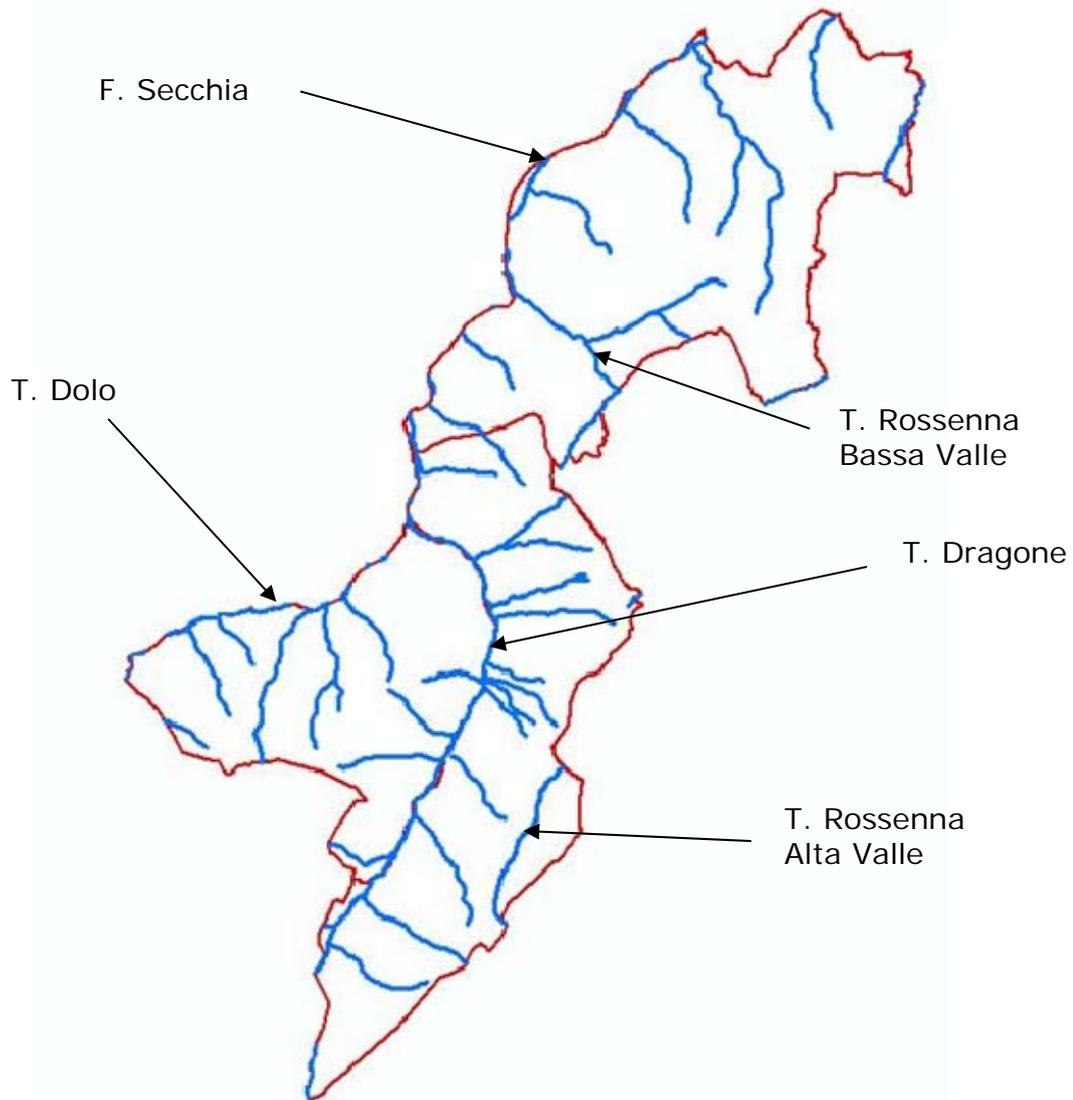


Figura 23 – Schema del reticolo idrografico dei territori comunali di Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia.

DEPOSITI FLUVIALI DI FONDOVALLE E TERRAZZATI

Nella carta idro-geomorfologica del redigendo PSC dell'Unione (a cui si rimanda per completo riferimento), sono indicati i depositi fluviali, distinti secondo l'ordine di terrazzamento locale. Seguendo i contenuti della carta geologica regionale, i depositi fluviali sono stati distinti in sei ordini di terrazzi morfologici partendo dai depositi di alveo attuali (identificati come terrazzi numero 0 e numero 1) fino ai resti di depositi fluviali terrazzati a quote anche di diverse decine di metri rispetto all'alveo attuale (terrazzi di ordine 3, 4 e 5).

I terrazzi di ordine superiore sono interpretabili come i resti dell'alveo di epoche antiche (anche pre-Olocene) che, per effetto del sollevamento generalizzato della catena appenninica, sono stati erosi e in generale in minima parte preservati come forme di terrazzo morfologico. Tra questi si distinguono, per la notevole ampiezza e continuità, i terrazzi morfologici presenti nel territorio di Prignano (loc. Le Piane e Casa Azzoni), in destra Secchia. Si tratta di estese superfici pianeggianti

che si sviluppano parallelamente al corso fluviale complessivamente per circa 2 chilometri, con una larghezza che raggiunge anche i 200 m e sono delimitate verso fiume da una scarpata subverticale di oltre 40 m di altezza. La presenza in alveo di rocce scarsamente erodibili (Formazione di Pantano) ha fatto sì che il fiume abbia scavato una gola stretta (nota come Stretta del Pescale) lasciando in alto i resti di un'antica piana valliva, ben preservata, caratterizzata dalla presenza in superficie di alcuni metri di depositi fluviali antichi che al bordo del versante sono localmente ricoperti da materiali di natura eluvio-colluviale o gravitativa.

Oltre ai depositi fluviali terrazzati, nella Carta Idro-geomorfologica del redigendo PSC sono individuati anche i conoidi alluvionali, solitamente localizzati in corrispondenza della confluenza tra due corsi d'acqua.

Come si vede da Figura 24, i depositi alluvionali terrazzati sono ovviamente limitati agli alvei attuali dei corsi d'acqua principali, ovvero dei torrenti Dolo e Dragone e, con estensioni relativamente maggiori, in prossimità della confluenza tra i due torrenti, ove sono presenti anche terrazzi piuttosto estesi di ordine 1.

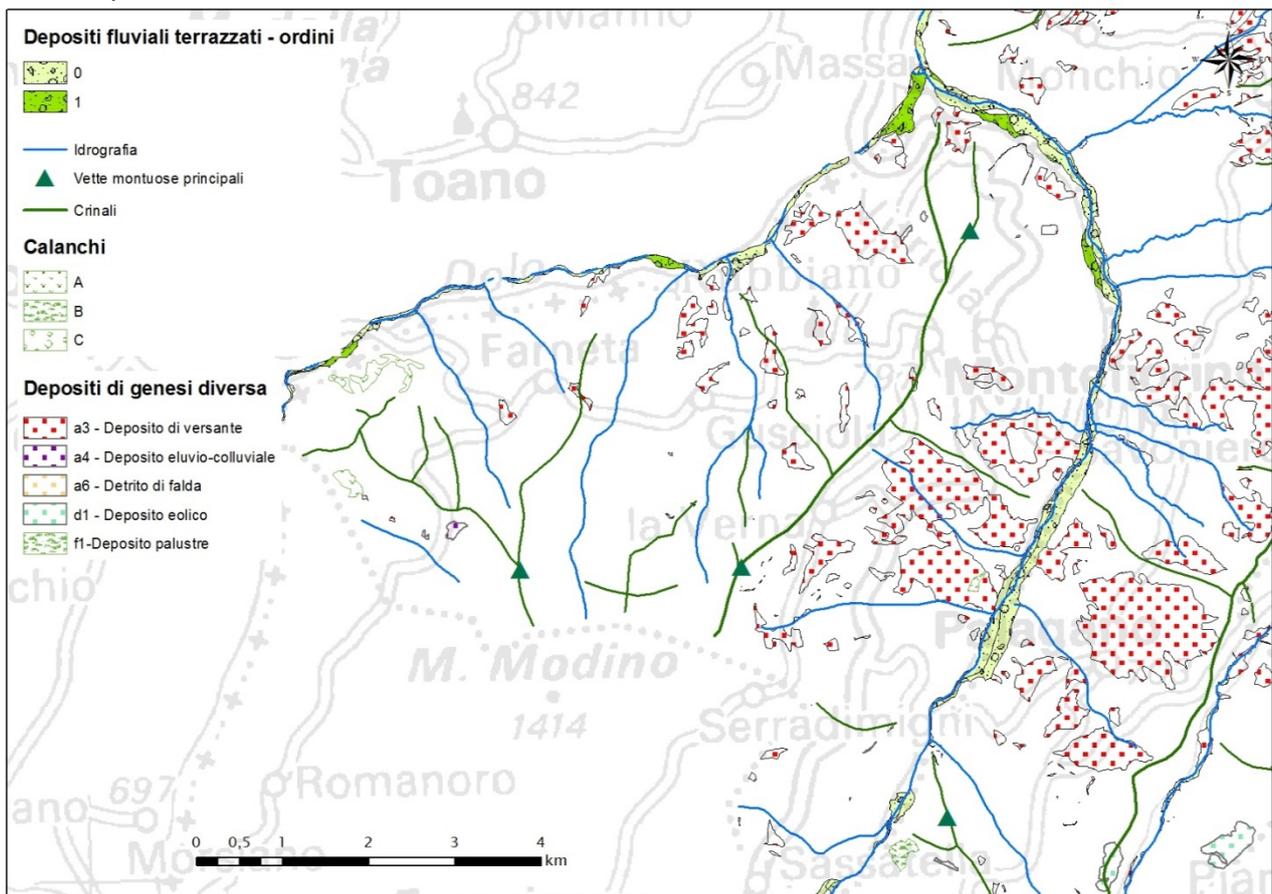


Figura 24 – Distribuzione dei depositi alluvionali terrazzati (solo ordini minori), dei depositi di genesi diversa e dei calanchi nel territorio comunale di Montefiorino. Tematismi vettoriali estratti dalla Carta Idro-geomorfologica del redigendo PSC dell'Unione dei Comuni delle Valli Dolo-Dragone-Secchia.

CALANCHI

I calanchi sono forme erosive derivanti dall'azione del ruscellamento concentrato delle acque meteoriche. Si formano su terreni a comportamento geomeccanico plastico, generalmente sovraconsolidati. Nelle fasi genetiche iniziali si origina una vallecchia principale, dalla quale si diramano poi altre vallecchie di ordini via, via inferiori. Il processo procede generalmente per arretramento delle testate delle varie vallecchie e conseguente riduzione dello spazio tra una vallecchia e l'altra; si formano, in tal modo, dorsali ripide e strette ("a lama di coltello"). La genesi delle forme calanchive è favorita dall'assetto a reggipoggio della stratificazione, che permette la formazione di versanti ripidi nei quali prevalgono i fenomeni erosivi rispetto a quelli franosi (i quali sono generalmente favoriti da pendenze più dolci e concavità pronunciate della superficie topografica). Le forme calanchive mature presentano una struttura ad anfiteatro, tuttavia fattori strutturali e litologici possono condizionarne l'aspetto. Spesso si possono avere forme miste, in cui ai fenomeni erosivi *strictu sensu* si associano fenomeni franosi: laddove questi ultimi prevalgono, le forme risultanti vengono dette pseudo-calanchive.

Considerate le caratteristiche geologico-strutturali precedentemente descritte, ne deriva che le forme calanchive si concentrano prevalentemente nella parte nord del territorio di Prignano. Alcune forme sono presenti nel territorio di Montefiorino (Figura 24), nella zona a ovest, mentre in Palagano sono quasi completamente assenti.

Nella carta idro-geomorfologica del redigendo PSC sono state riportate le forme calanchive riprese dal PTCP, in quanto non è stata ravvisata l'esistenza di ulteriori simili morfosculture cartografabili. Dallo stesso PTCP è stata anche mantenuta la classificazione in calanchi peculiari (A), Calanchi tipici (B) e Aree (o zone) sub-calanchive (C).

4.4. Geomorfologia dell'area oggetto di analisi di MS3

Dal punto di vista geomorfologico, l'area di studio ricade all'interno di un'ampia conca rivolta verso est, che ha una evidente scarpata con orlo semi-circolare corrispondente al crinale che congiunge l'abitato di Montefiorino con l'area di studio stessa. La pendenza della scarpata è rilevante, con una media di 25° e valori massimi che toccano i 37°. In corrispondenza dell'abitato di Vitriola, la scarpata lascia il passo ad un rilievo trapezoidale di ampia estensione, con superficie topografica sub-orizzontale, delimitato lungo tutto il suo perimetro da versanti a media inclinazione. Le incisioni dei fossi creano vallecchie che si approfondiscono gradualmente procedendo verso l'alveo del torrente Dragone. Qui la conca trova il suo limite orientale, con una profonda scarpata sull'alveo del torrente Dragone, impostata nelle alternanze arenaceo-pelitiche della Formazione di Monghidoro che, proprio in corrispondenza dell'alveo, mostra i suoi più chiari affioramenti in giacitura rovesciata ed immersione variabile, ma a grandi linee verso sud. Come mostrato nel capitolo 4.1.4, la scarpata sul Dragone potrebbe essere una scarpata di faglia, con faccette triangolari allineate che sembrano delineare un'unica struttura planare (una superficie a trend N210, ad alto angolo inclinata verso SE) lungo la quale si sarebbe impostata la valle medesima.

Sebbene le cartografie geologiche pubblicate interpretino l'ampia conca di Montefiorino come in gran parte costituita da un vasto deposito di frana quiescente, non vi è sempre accordo sulla estensione e genesi di tale deposito.

Il Foglio nr. 86 "Modena" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 (Figura 25) evidenzia un ampio deposito di frana, con orlo di scarpata sul lato orientale della strada SP486R, subito a monte dell'abitato di Vitriola, e piede in corrispondenza dell'alveo del Torrente Dragone. Simile, ma più articolato, è il disegno del grande deposito di frana che si può trovare nel Foglio nr. 235 "Pievepelago" della carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 (Figura 26). Qui viene interpretata come in frana anche una porzione a monte della SP486R, con zona di distacco alla base della lunga scarpata orientale del crinale su cui sorge Montefiorino. La stessa Figura 26 mostra anche un corpo di frana di estensione largamente inferiore, in prossimità della scarpata sopraccitata, indicato in figura dalla freccia rossa. Parte di questo corpo di frana, anch'esso, come il più ampio, definito "senza indizi di evoluzione" dalla cartografia geologica, è costituita dalla frana oggetto di studio di questa indagine di microzonazione sismica di terzo livello.

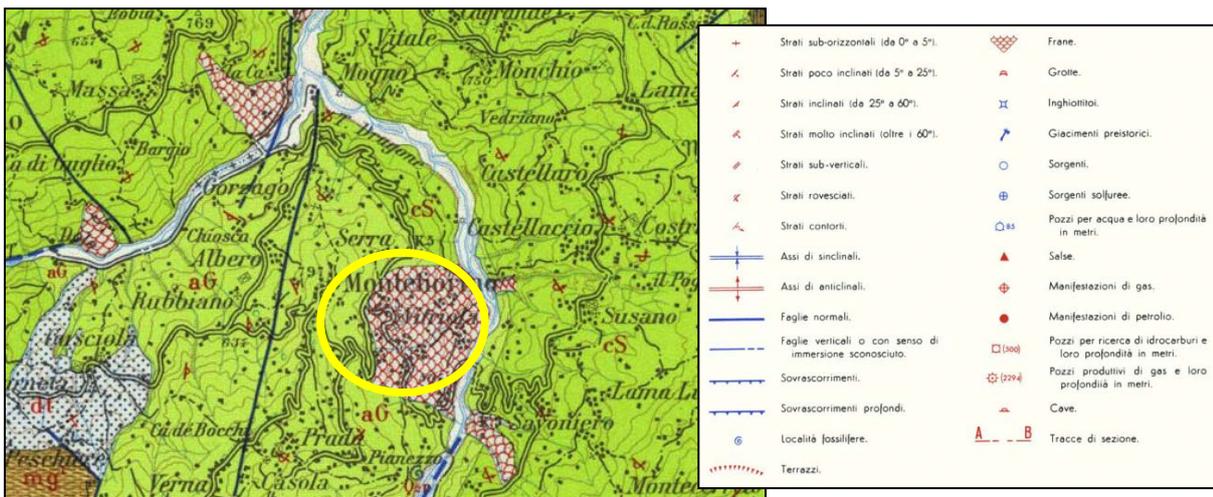


Figura 25 – Stralcio del Foglio nr. 86 "Modena" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000. Il cerchio giallo identifica la conca di Montefiorino.

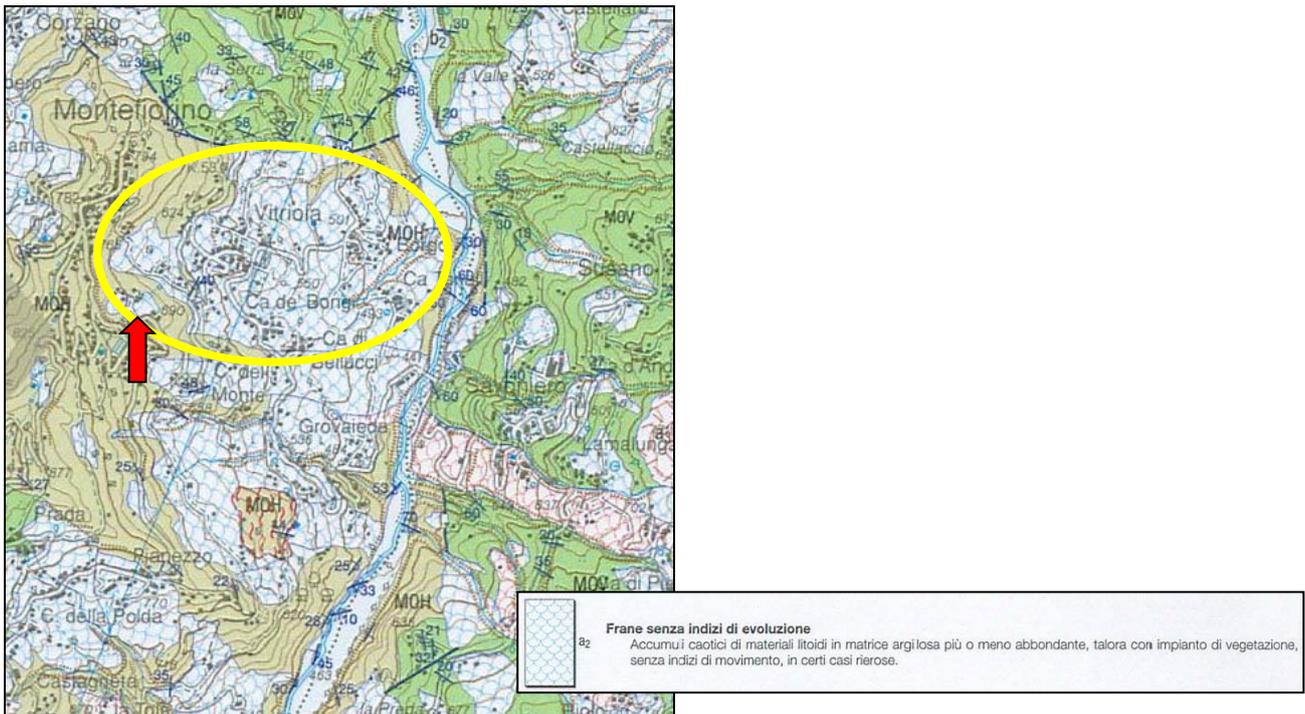


Figura 26 – Stralcio del Foglio nr. 235 “Pievepelago” della carta Geologica d’Italia a scala 1:50.000. Il cerchio giallo identifica la conca di Montefiorino all’interno della quale ha sede l’ampio deposito di frana descritto nel testo. La freccia rossa indica un corpo di frana di estensione minore, separato dal deposito di frana principale.

Ancor più complesso è il quadro della franosità dell’area descritto nella Sezione nr. 235040 “Montefiorino” della Carta geologica dell’Appennino emiliano–romagnolo a scala 1:10.000 della Regione Emilia–Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli) (Figura 27). Qui i corpi di frana di diversa tipologia ed attività, coalescenti, ricoprono l’intera estensione della conca di Montefiorino, lasciando affiorare la roccia del substrato geologico solo in corrispondenza della cresta su cui sorge il Capoluogo e i nuclei abitati a sud dello stesso.

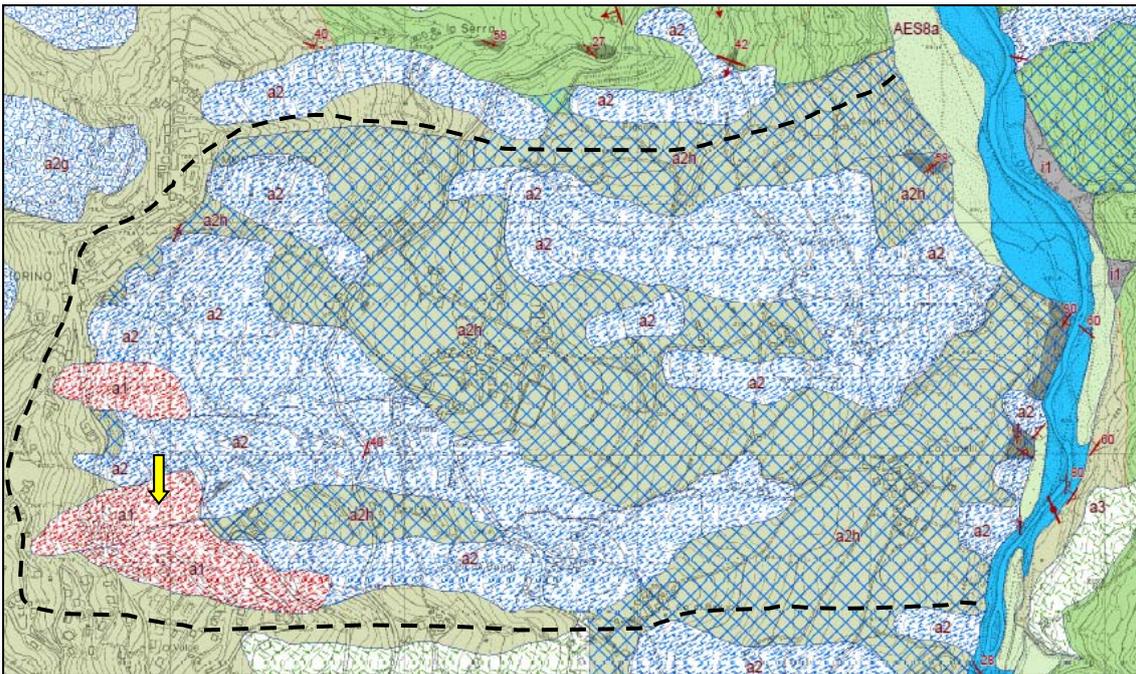


Figura 27 – Stralcio della Sezione nr. 235040 “Montefiorino” della Carta geologica dell’Appennino emiliano-romagnolo a scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (Rilevamento geologico originale eseguito alla scala 1:10.000, negli anni 1982\1996. Aggiornamento delle unità geologiche al 2005 e parziale aggiornamento delle coperture al 2011). **Legenda** – tratteggio nero: perimetro della conca di Montefiorino; a2: deposito di frana quiescente di tipo indeterminato; a1: deposito di frana attiva di tipo indeterminato; a2h: deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV; freccia gialla: corpo di frana oggetto delle analisi di microzonazione di terzo livello (questo studio); si noti come la freccia indichi un corpo di frana con asse longitudinale orientato OSO-ENE, distinto, ancorché coalescente, con la scarpata (anch’essa ritenuta in frana attiva, col simbolo “a1”) a sud.

Gran parte dei corpi franosi descritti dalla sezione 235040 viene interpretato come effetto di dislocazioni di ampie porzioni di ammassi rocciosi, o per scivolamento in blocco o per deformazioni gravitative profonde. Il settore più esteso, interessato da una di queste dislocazioni, è quello su cui sorge l’abitato di Vitriola, al centro dello stralcio della carta in Figura 27. L’attuale ampia scarpata di Montefiorino parrebbe quindi essere, in larga parte, la superficie di scollamento di queste ampie porzioni di substrato. A luoghi, come spesso si osserva negli scivolamenti in massa o nelle DGPV, gli ammassi dislocati possono aver conservato, più o meno intatta, la stratificazione flyschoidale, ma con assetti differenti rispetto a quelli delle porzioni non dislocate. L’assenza di affioramenti significativi nell’intera conca (addirittura anche in corrispondenza della scarpata principale) rende comunque difficile individuare aree con assetti omogenei, sia in corrispondenza degli ammassi dislocati, ma ancor più sorprendentemente, negli affioramenti della roccia ritenuta in posto.

In occasione del rilevamento di dettaglio eseguito per questo studio, all’interno del corpo di frana in esame è stato possibile misurare diversi affioramenti di blocchi rocciosi in cui è possibile riconoscere una stratificazione, ma l’insieme delle misure conferma un quadro di generale disomogeneità negli assetti misurati (da considerarsi, pertanto, “locali”), avvalorando l’ipotesi della presenza, almeno per l’area in frana esaminata, di un deposito detritico determinato da processi gravitativi che hanno completamente smembrato l’originale omogeneità del substrato roccioso.

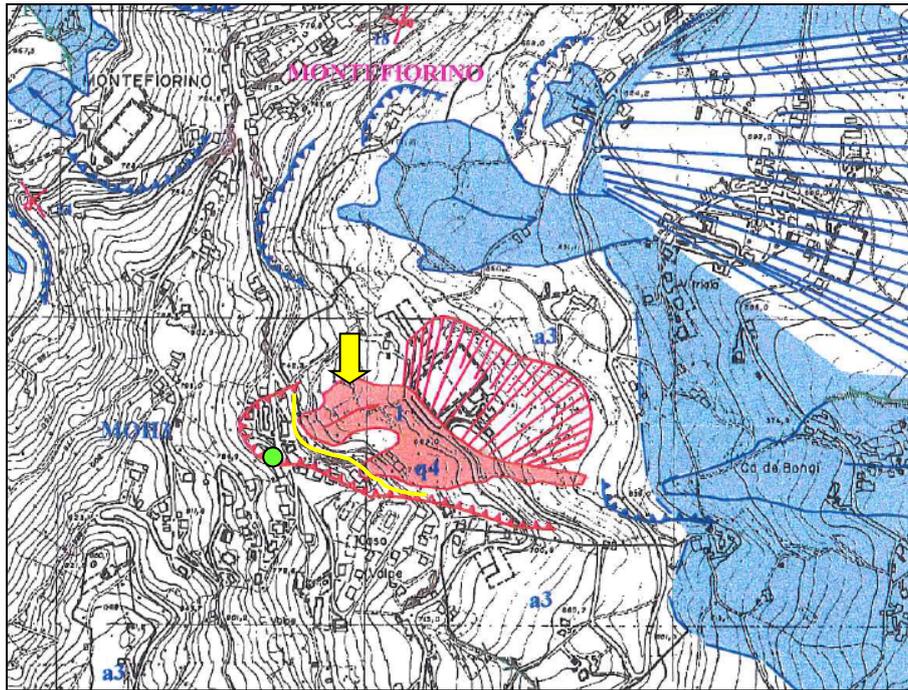


Figura 28 – Stralcio della scheda di rilevamento nr. 3602501 “Montefiorino” del “Programma di previsione e prevenzione di protezione civile della Provincia di Modena – L. 24 febbraio 1992, n. 225 – L.R. 19 aprile 1995, n. 45 – Rischio da frana, schede monografiche dei siti a rischio frana, 9- Comune di Montefiorino”, novembre 1998. **Legenda** – freccia gialla: indica il corpo di frana, ritenuto attivo e indicato col numero 1, oggetto del presente studio di MS3; “q4”: creep; linea rossa con triangoli rossi: orlo di scarpata di degradazione per processi gravitativi attivi; poligoni rossi: frane attive; poligoni blu: frane quiescenti; poligoni con linee tratteggiate interne (rosse e blu): rispettivamente, falde detritiche attive e quiescenti. Punto verde e linea gialla: vedi descrizione nel testo.

In Figura 28, la scheda monografica dei siti a rischio frana del Comune di Montefiorino (a cura della Provincia di Modena) indica, per la zona di studio, la presenza di un corpo di frana per scivolamento lento (creep) di detrito, identificato con la sigla “q4”. Come si vede, si tratta, in realtà, di due corpi di frana coalescenti, con orlo di scarpata di distacco semi-circolare per quello oggetto di studio (indicato dalla freccia gialla in figura), e orlo di scarpata rettilineo per il corpo adiacente, verso est. In realtà, a seguito del rilevamento di dettaglio eseguito per questo studio, si è potuto appurare come l’orlo semi-circolare abbia termine, a sud, in corrispondenza del punto verde di Figura 28. Il tratto rettilineo dell’orlo di scarpata, verso est, segue l’andamento di Figura 28 soltanto nel tratto più orientale, da SO di Cà de Bongi, fino all’inizio del tratto giallo: quest’ultimo rappresenta la continuazione effettiva dell’orlo di scarpata verso ovest e, a sua volta, assume forma semi-circolare in corrispondenza del settore apicale del corpo di frana cartografato in rosso pieno, subito al di sotto della sede stradale della SP32, sub-parallelo all’orlo di scarpata posto più a monte, citato in precedenza. Nella descrizione del fenomeno, all’interno della scheda monografica, viene fatto osservare come la conca di Montefiorino sia interessata da *“diffusi fenomeni franosi, principalmente quiescenti, che interessano la spessa coltre detritica, originata dal disfacimento delle torbiditi arenaceo-pelitiche. I corpi di tali movimenti franosi raggiungerebbero i ripiani, dove danno luogo a conoidi o a potenti accumul”*. Le falde detritiche, rappresentate nella scheda monografica, non possono essere definite come tali: il settore distale, infatti, risulta delimitato da scarpate, più o meno accentuate, mentre le falde detritiche trovano in questo settore solitamente le pendenze più dolci ed un raccordo con la topografia circostante;

inoltre, l'esiguo bacino di alimentazione a monte non ne giustifica l'estensione cartografata, in particolar modo per la falda quiescente su cui sorgerebbe Vitriola. La morfologia risulta invece più simile a quella di ammassi rocciosi dislocati, o per scivolamento in blocco o per DGPV (Cruden e Varnes, 1996; Dikau et al., 1996), come è nell'interpretazione della Sezione 235040 di Figura 27, a sua volta derivante dalla cartografia redatta per le "Attività di studio integrato relativo a fenomeni franosi, Regione Emilia-Romagna"¹² (Figura 29). E' in quest'ultimo documento che viene reinterpretata la tipologia dei depositi precedentemente definiti come "falde di detrito", identificandoli come "scivolamenti in blocco".

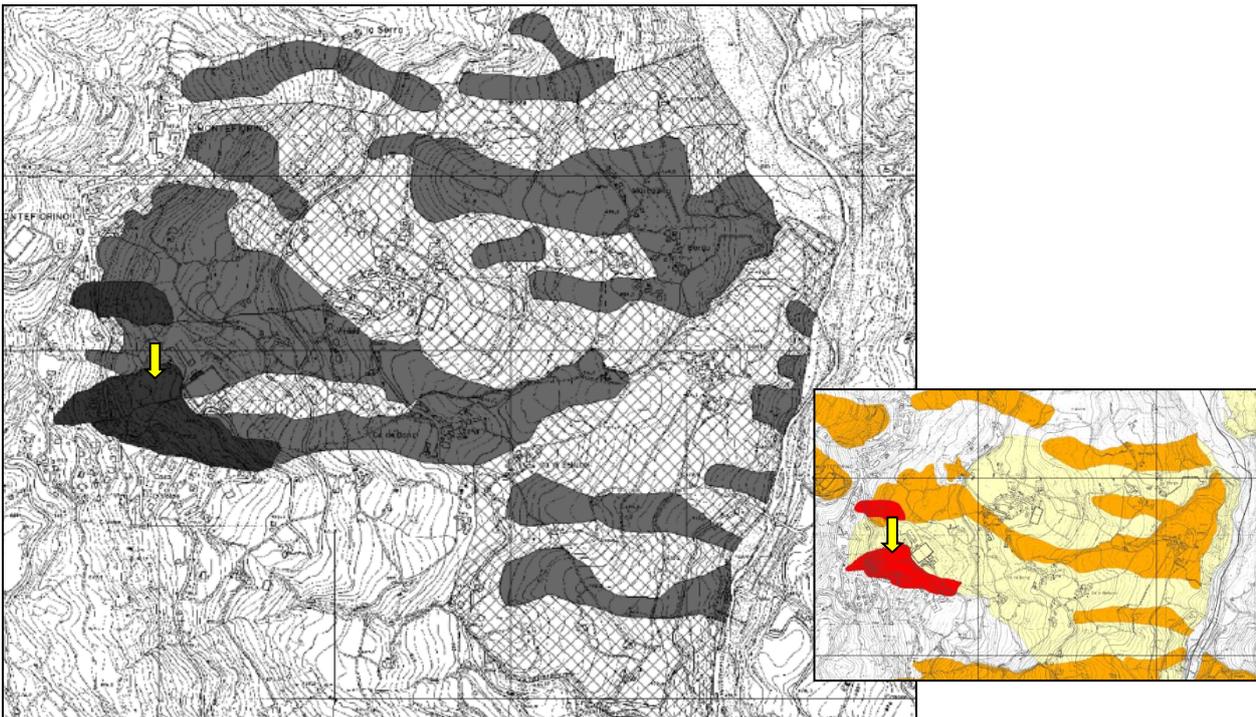


Figura 29 - 14 - Vitriola (Comune di Montefiorino) - Proposta di modifica della carta inventario del dissesto. Legenda - grigio scuro: frana attiva; grigio medio: frana quiescente; retinato (quadrati): scivolamento in blocco. (Fonte: Attività di studio integrato relativo a fenomeni franosi, Regione Emilia-Romagna). La freccia gialla identifica il corpo di frana oggetto del presente studio di MS3. **Riquadro in basso a destra:** stralcio della Tavola 2.1.8 "Rischio da frana: carta del dissesto" del PTCP della Provincia di Modena (2009).

Il riquadro in basso a destra di Figura 29 mostra la cartografia e la classificazione dei corpi franosi dell'area secondo il PTCP della provincia di Modena del 2009. La cartografia del Piano Provinciale recepisce, solo in parte, la perimetrazione della Regione Emilia-Romagna di Figura 29, senza nulla dire, però, riguardo alla tipologia di frana. Ciò che rimane identico è l'identificazione delle frane attive, tra cui quella oggetto del presente studio, indicata dalla freccia gialla. L'interpretazione che in questa sede viene data al quadro dei movimenti franosi della conca di Montefiorino, a seguito del rilevamento sul campo e dell'interpretazione dei dati bibliografici, è descritta di seguito.

¹² Attività di studio integrato relativo a fenomeni franosi, Regione Emilia-Romagna (Link breve: <https://goo.gl/tTAEqW>).

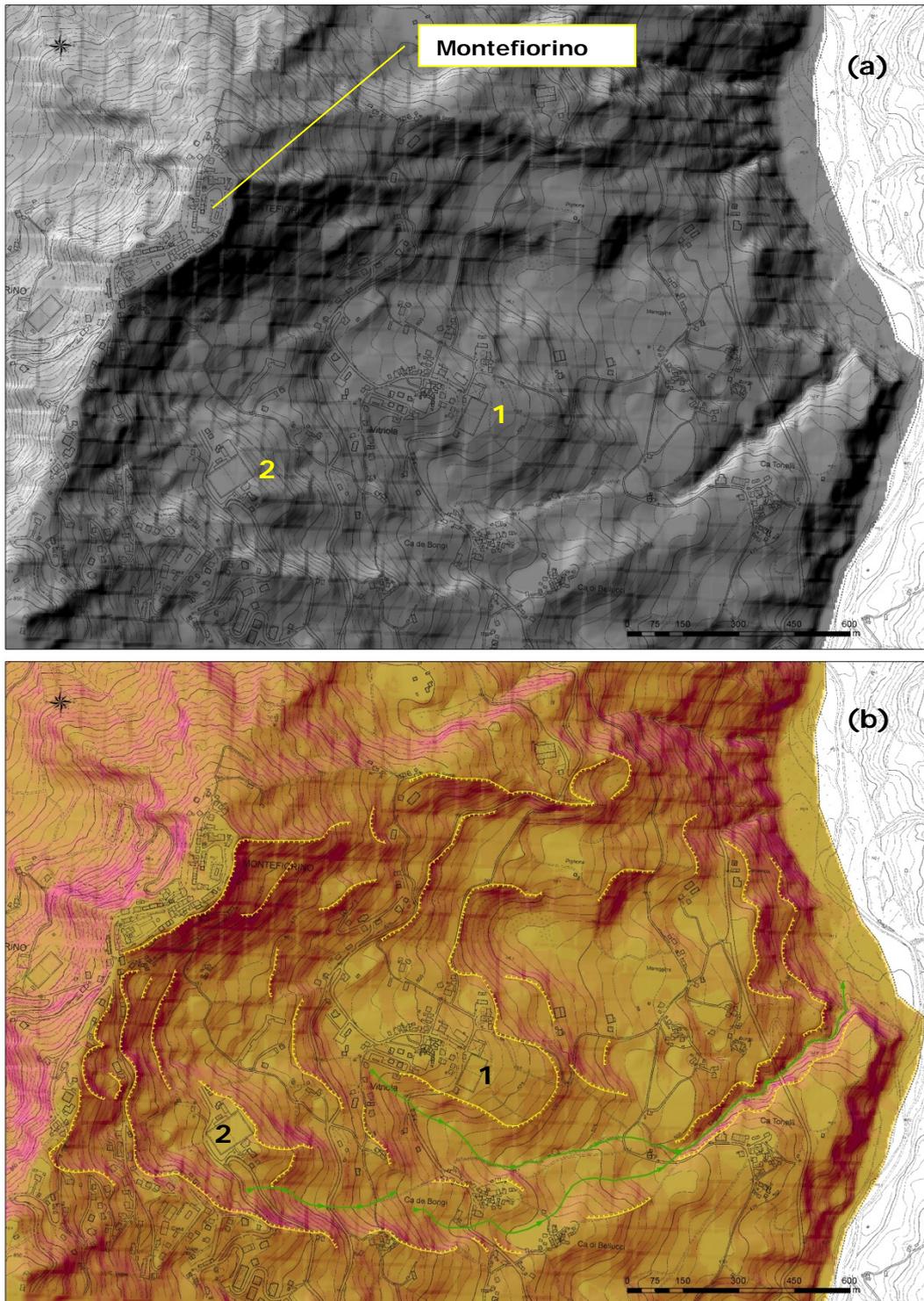


Figura 30 – Elaborazione del modello digitale delle quote (DEM) della conca di Montefiorino. (a): modellazione pseudo-3D della superficie topografica da DEM (5 m x 5 m) fornito dalla Regione Emilia-Romagna; i numeri identificano i due principali ammassi rocciosi dislocati (per scivolamento in blocco o per DGPV). (b): come (a), con sovrapposte le pendenze della superficie topografica: crescenti dal colore marrone chiaro al colore fucsia; vengono in tal modo evidenziate le principali scarpate (interpretate come “strutturali, rimodellate da processi gravitativi”) i cui orli sono rappresentati dalle linee gialle con barbette rivolte verso la base della scarpata. Ad entrambe le elaborazioni è sovrapposta la base CTR a scala 1:5.000 della Regione Emilia-Romagna. Le linee verdi con le frecce indicano i principali corsi d’acqua.

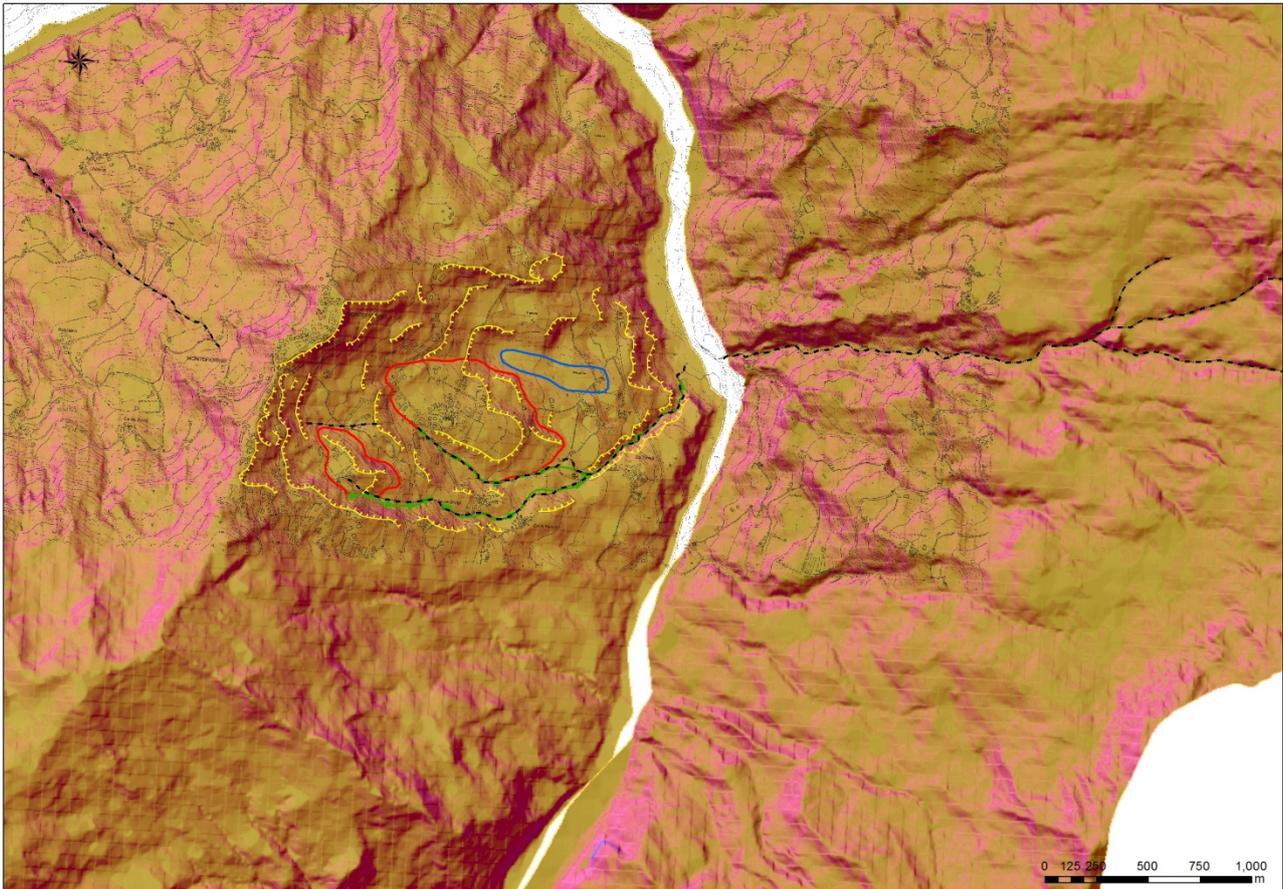


Figura 31 – Interpretazione della geomorfologia della conca di Montefiorino. In tratteggio nero: principali “lineamenti”, probabili indicatrici di fratture o piani di discontinuità del substrato. I poligoni rossi individuano i due principali ammassi rocciosi dislocati (per scivolamento in blocco o per DGPV), identificati anche in figura 30. Il poligono blu circonda un presunto accumulo di frana per scivolamento/colata. Le linee verdi con le frecce indicano i principali corsi d’acqua all’interno della conca di Montefiorino.

In Figura 30 (a), si può apprezzare, dall’elaborazione pseudo-3D del DEM, la presenza di un’ampia area depressa, relativamente alla topografia circostante, a forma di conca ellissoidale con asse maggiore orientato all’incirca in direzione OSO-ENE, chiusa all’estremità occidentale ed aperta all’estremità orientale. In Figura 30 (b) sono stati evidenziati tutti gli orli delle scarpate identificate. Si può percepire, nel complesso, una disposizione semi-circolare delle direzioni degli orli stessi: lungo il margine settentrionale della conca la direzione è all’incirca OSO-ENE, con immersione delle scarpate verso ESE; lungo il margine occidentale della conca, la direzione è N-S, con immersione delle scarpate verso E; lungo il margine meridionale della conca, la direzione diviene NO-SE, con immersione delle scarpate verso NE. La quasi totalità degli orli mostra la concavità rivolta verso la direzione d’immersione della scarpata. Deviano da questa regolarità solo gli orli di scarpata rettilinei e gli orli di scarpata che bordano i ripiani identificati con “1” e “2”: in questi due ultimi casi, la concavità degli orli di scarpata è rivolta, in parte, anche verso monte. La configurazione delle direzioni degli orli delle scarpate, insieme all’osservazione della frequente presenza di ripiani sub-orizzontali a tergo delle stesse, induce a ritenere che queste delimitino una serie di ripiani strutturali all’interno del flysch di Monghidoro i cui strati, si ricorda, hanno qui polarità rovesciata. La disposizione semi-circolare degli orli potrebbe essere spiegata invocando la

presenza di una struttura anticlinale erosa, ad asse sub-orizzontale con leggera immersione verso OSO.

I pochi assetti rilevati, riportati nelle varie carte geologiche pubblicate, mostrano una direzione d'immersione degli strati che, in corrispondenza della scarpata occidentale della conca, risulta verso ONO, ovvero a reggipoggio e traversopoggio rispetto alla scarpata stessa.

Se si osserva, infine, Figura 31, in essa sono stati messi in evidenza alcuni "lineamenti" (in tratteggio nero). Sono essenzialmente incisioni, a luoghi anche molto profonde – in questo piuttosto peculiari nella zona – sede di corsi d'acqua: il Fosso Antico, affluente di destra del Torrente Dragone, ed il Rio della Pieve, affluente di destra del Torrente Dolo (entrambe spiccatamente rettilinee). All'interno della conca di Montefiorino trovano ideale continuità con l'incisione che dal Torrente Dragone, a valle di Cà Tonelli, sale con andamento arcuato fino a Vitriola. L'incisione ha anche una ramificazione meridionale che, da poco più a monte di Cà Tonelli, passa tra Cà di Bellucci e Cà Bonelli e termina in corrispondenza del ripiano del Palasport. Non vi sono evidenze chiare di una continuazione fisica di queste due incisioni attraverso la cresta di Montefiorino, per congiungersi con l'incisione del Rio della Pieve, o attraverso l'alveo del Torrente Dragone, per congiungersi con l'incisione del Fosso Antico.

Risulta comunque peculiare il fatto che queste due incisioni interne alla conca di Montefiorino abbiano il segmento occidentale coincidente, almeno in parte, con il lato a monte dei due ripiani identificati con "1" e "2", ad indicare ipotetici tratti di scollamento tra i ripiani stessi e le scarpate a tergo. Seguendo l'ipotesi dello scivolamento di roccia in blocco/DGPV, il ripiano "1" sembrerebbe aver subito un ribassamento in direzione NE (freccia rossa "a" in Figura 32); il ripiano "2", invece, sembrerebbe aver subito un ribassamento con una componente torsionale antioraria, evidenziata dalla presenza di una distanza di scollamento che si fa via, via più ampia da monte verso valle (freccie "b" e "c" in Figura 32).

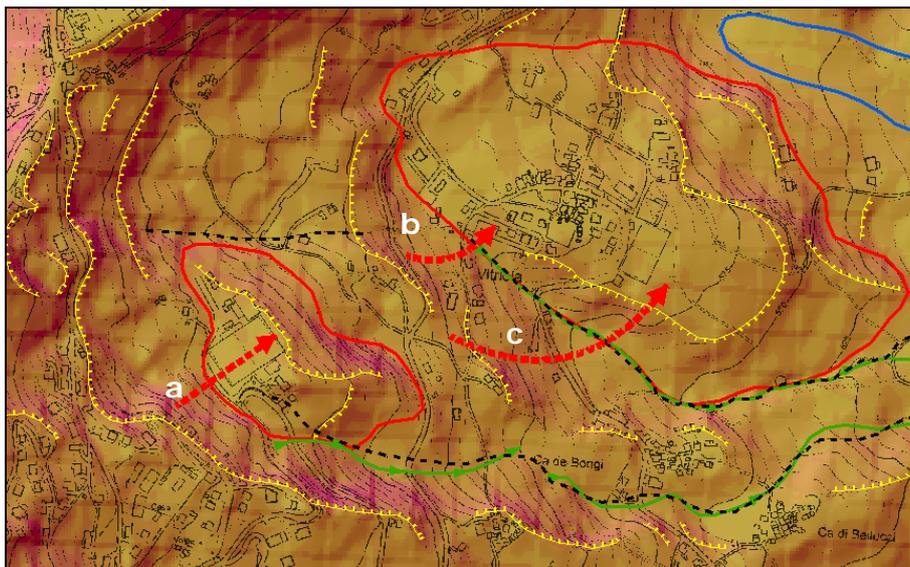


Figura 32 – Interpretazione del meccanismo di scollamento dei due ripiani di figure 30, 31. Le frecce rosse tratteggiate indicano l'ipotetica direzione di movimento dei blocchi rocciosi.

In conclusione, l'intera conca di Montefiorino potrebbe essere il risultato dell'erosione di una struttura antiforme minore, all'interno della più ampia struttura sinclinalica coricata della Val

Rossenna (Plesi, 2002). Tale fase erosiva deve essersi sviluppata prima del raggiungimento della configurazione attuale della valle del Dragone, poiché non si ha alcuna evidenza di accumulo del materiale eroso alla base della conca di Montefiorino. Questo giustificherebbe l'assenza di vasti accumuli di frana per scivolamento in blocco/DGPV nel settore di valle della conca, diversamente da quanto rappresentato dalle cartografie di figure 25–28; accumuli che, se esistenti, avrebbero necessariamente determinato, oltre una netta contropendenza nel profilo longitudinale della conca (invece assente), uno sbarramento del corso del Torrente Dragone, una deviazione dello stesso verso NE e probabilmente la creazione di un vasto bacino lacustre di sbarramento, molto più ampio dei bacini di sbarramento che hanno interessato la stessa valle poco più a monte (Soldati e Tosatti, 1993). Per contro, la direzione del torrente, a valle della conca, è esattamente opposta, verso la conca stessa.

Scivolamenti in blocco/DGPV possono essere identificati con maggior confidenza nel caso dei due ripiani individuati nelle figure 30–32. Di estensione largamente inferiore rispetto a quanto riportato nei documenti cartografici di bibliografia, sembrano trovare una loro giustificazione nella prossimità a due “lineamenti” (fratture) evidenti: qui, le condizioni di maggiore debolezza geomeccanica hanno verosimilmente favorito processi di espansione laterale in roccia con evoluzione verso scivolamenti in roccia o DGPV. Non è dato conoscere, per questi due depositi franosi, la loro collocazione temporale, ma le evidenze geomorfologiche sembrano indicare una fase di attività remota.

A fasi di attività più recenti sono riconducibili i corpi di frana di estensioni minori che interessano l'intera scarpata che chiude ad occidente la conca di Montefiorino. Sono scivolamenti e colate che interessano la coltre detritica più superficiale, prodotta dall'alterazione del substrato roccioso, verosimilmente per fenomeni crioclastici in ambiente periglaciale, in cui la zona ricadeva durante i diversi periodi glaciali succedutisi nel corso del Pleistocene.

La maggior parte di questi corpi franosi mostrano attualmente uno stato di quiescenza. Solo in corrispondenza dei pendii con maggiori pendenze sono attivi fenomeni di *creep* (si veda oltre nel testo), ovvero di lento movimento verso valle, dell'ordine di pochi millimetri l'anno, che interessano i primi metri di terreno dal piano campagna. Fenomeni lenti, ma che comunque determinano cedimenti in diversi edifici del Capoluogo prossimi all'orlo di scarpata secondario della frana in esame e nel manto stradale del tratto orientale della SP32.

La frana oggetto degli approfondimenti di MS3 in questo studio è uno dei fenomeni di scivolamento/colata di cui sopra. In Figura 33 il corpo di frana è delineato con contorno blu e rigato interno grigio. La forma è pseudo-ellissoidale, con asse maggiore di direzione OSO-ENE e lunghezza pari a circa 400 m. L'asse minore ha una lunghezza massima di circa 100 m, in corrispondenza del piede, ed una minima di circa 30 m, in testata. La quota dell'orlo di scarpata in testata è di 805–810 m s.l.m. mentre quella del margine più esterno del piede è di 700 m, per un dislivello di circa 100 m ed una pendenza media di circa 15°.

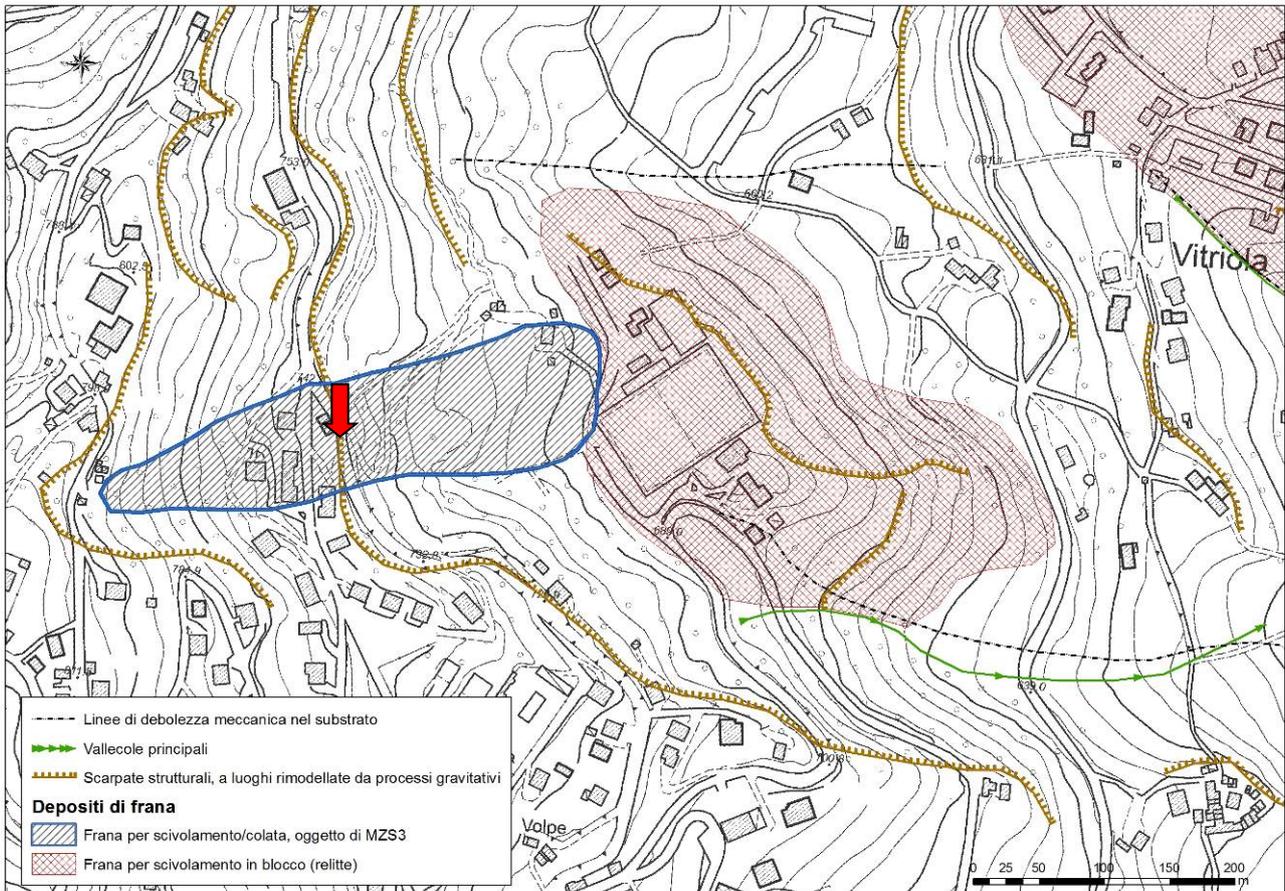


Figura 33 - Identificazione del corpo di frana oggetto del presente studio di MZS3, nel contesto geomorfologico del settore occidentale della conca di Montefiorino. La freccia rossa indica la scarpata mediana evidenziata, in sezione, in figura 34.

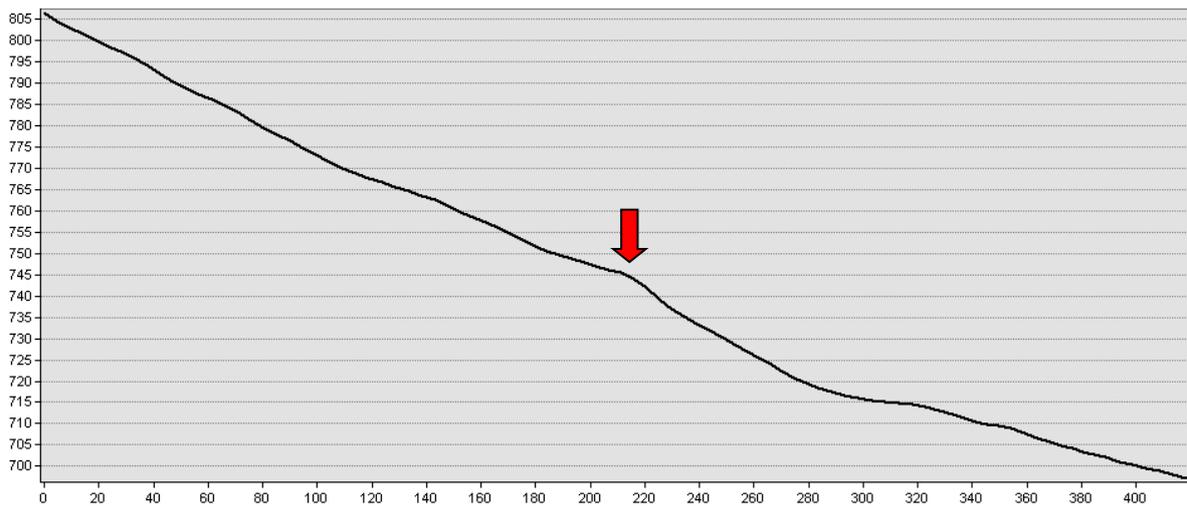


Figura 34 - Profilo longitudinale della frana in esame. La freccia rossa indica il sensibile cambio di pendenza identificabile nel settore mediano, corrispondente alla scarpata presente subito a valle del tratto orientale della SP32, probabilmente di origine strutturale, rimodellata da processi di versante.

Come si può vedere dal profilo topografico del corpo di frana in esame in Figura 34, il settore di monte, fin quasi alla scarpata mediana, ha un andamento sostanzialmente rettilineo, al netto di alcune concavità e cambi di pendenza minori. In corrispondenza dell'orlo della scarpata mediana

si ha il più evidente cambio di pendenza del profilo, con valori che passano da circa 13° a monte dell'orlo, a circa 27° a valle dello stesso. Il settore di piede raggiunge valori minimi di pendenza pari a circa 9°.

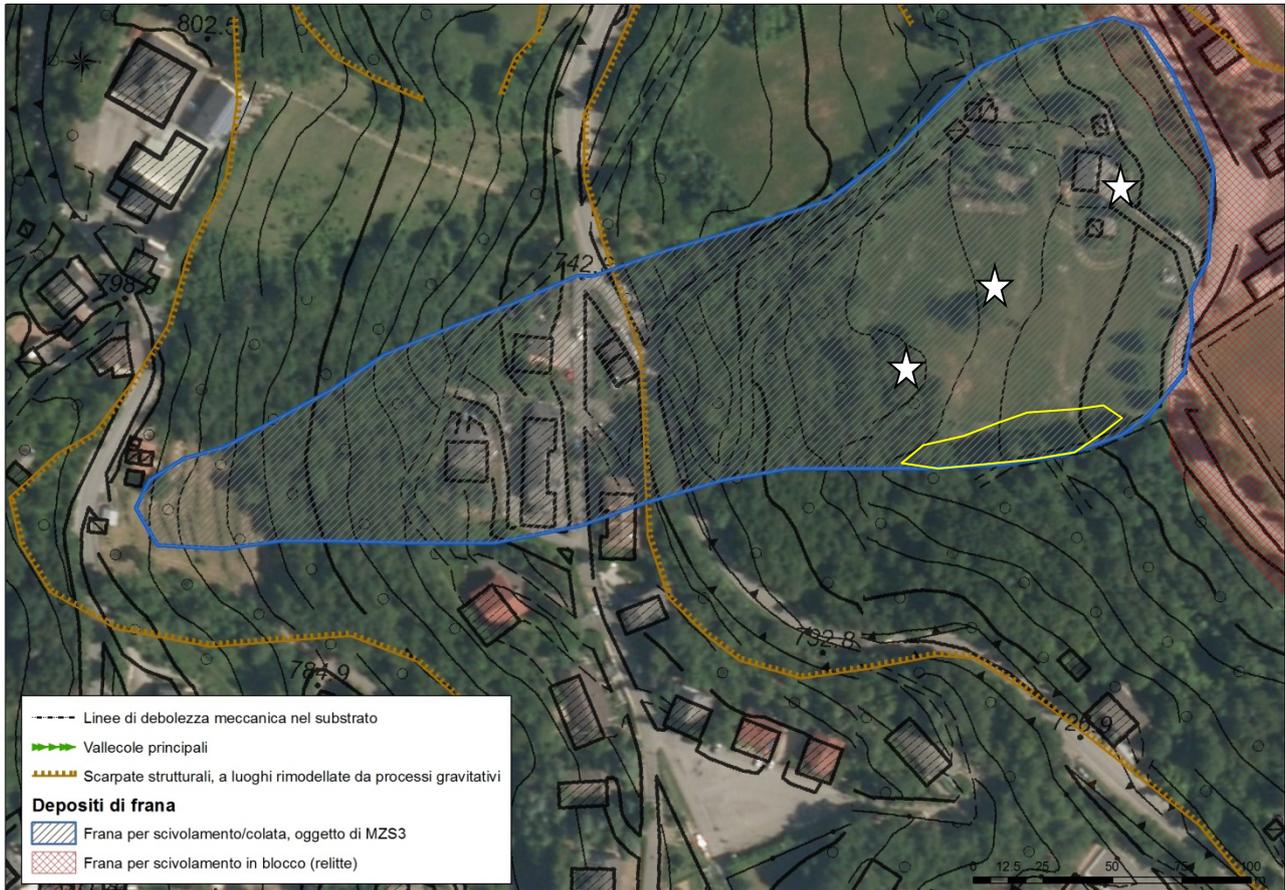


Figura 35 – Corpo di frana, oggetto del presente studio di MS3, sovrapposto alla CTR a scala 1:5.000 ed alla ortofoto satellitare Agea-2011. Le stelle indicano le più evidenti superfici a forma convessa del corpo di frana. In giallo: area in cui possono formarsi ristagni d'acqua dovuti alla non corretta regimazione del fosso a monte.

Come si può vedere in Figura 35, il corpo di frana risulta in gran parte ricoperto da vegetazione arborea d'alto fusto; fanno eccezione il settore apicale, a valle del tratto occidentale della SP32, coltivato a vigneto, ed il settore di piede, interamente destinato a seminativi. La porzione mediana è invece caratterizzata dalla presenza di diversi edifici residenziali e da due tracciati stradali: il tratto orientale della SP32 e via della Piscina. A valle del tratto orientale della SP32 hanno inizio due fossi che delimitano il corpo di frana lungo i bordi settentrionale e meridionale; a valle della strada del Palazzetto dello Sport, i due fossi risultano tombati, per poi tornare a luce a valle del Palazzetto stesso. L'intero corpo di frana mostra, in superficie, la presenza di detrito, costituito principalmente da clasti arenacei, marnosi e argillitici, inglobati in una matrice limo-argillosa, a luoghi sabbiosa. Frequenti sono i blocchi arenacei, che possono raggiungere anche 1-2 m di diametro; a volte presentano traccia dell'originaria stratificazione del substrato roccioso della Formazione di Monghidoro, ma con assetti che, laddove possono essere misurati, mostrano una estrema variabilità, indicativa di condizioni di totale scollamento dall'originario substrato.

Lungo tutto il corpo di frana, l'analisi geomorfologica di dettaglio non ha riportato evidenze di fenomeni gravitativi in atto o di recente attivazione. Lungo i fossi, le sponde non mostrano evidenze di fenomeni erosivi in atto di particolare rilevanza.

Per contro, il manto stradale del tratto orientale della SP32 è costantemente affetto da cedimenti che determinano lo sviluppo di fessurazioni e ribassamenti, con configurazione spaziale indicativa di sforzi tensionali diretti verso valle. Parallelamente, gran parte degli edifici che sorgono in corrispondenza del settore mediano della frana mostrano fessurazioni nei muri perimetrali indicative di cedimenti strutturali, principalmente concentrati lungo le facciate rivolte a valle.

Questi cedimenti nelle strutture e nelle infrastrutture della zona hanno determinato l'intervento, nel tempo, dell'Amministrazione Comunale, insieme a Provincia di Modena e Regione Emilia-Romagna, per identificare e monitorare le aree ritenute maggiormente soggette a movimenti di versante. Ne sono esempio i già citati studi: "Programma di previsione e prevenzione di protezione civile della Provincia di Modena - L. 24 febbraio 1992, n. 225 - L.R. 19 aprile 1995, n. 45 - Rischio da frana, schede monografiche dei siti a rischio frana, 9- Comune di Montefiorino" (Figura 28), del novembre 1998 e "Attività di studio integrato relativo a fenomeni franosi, Regione Emilia-Romagna" (Figura 29).

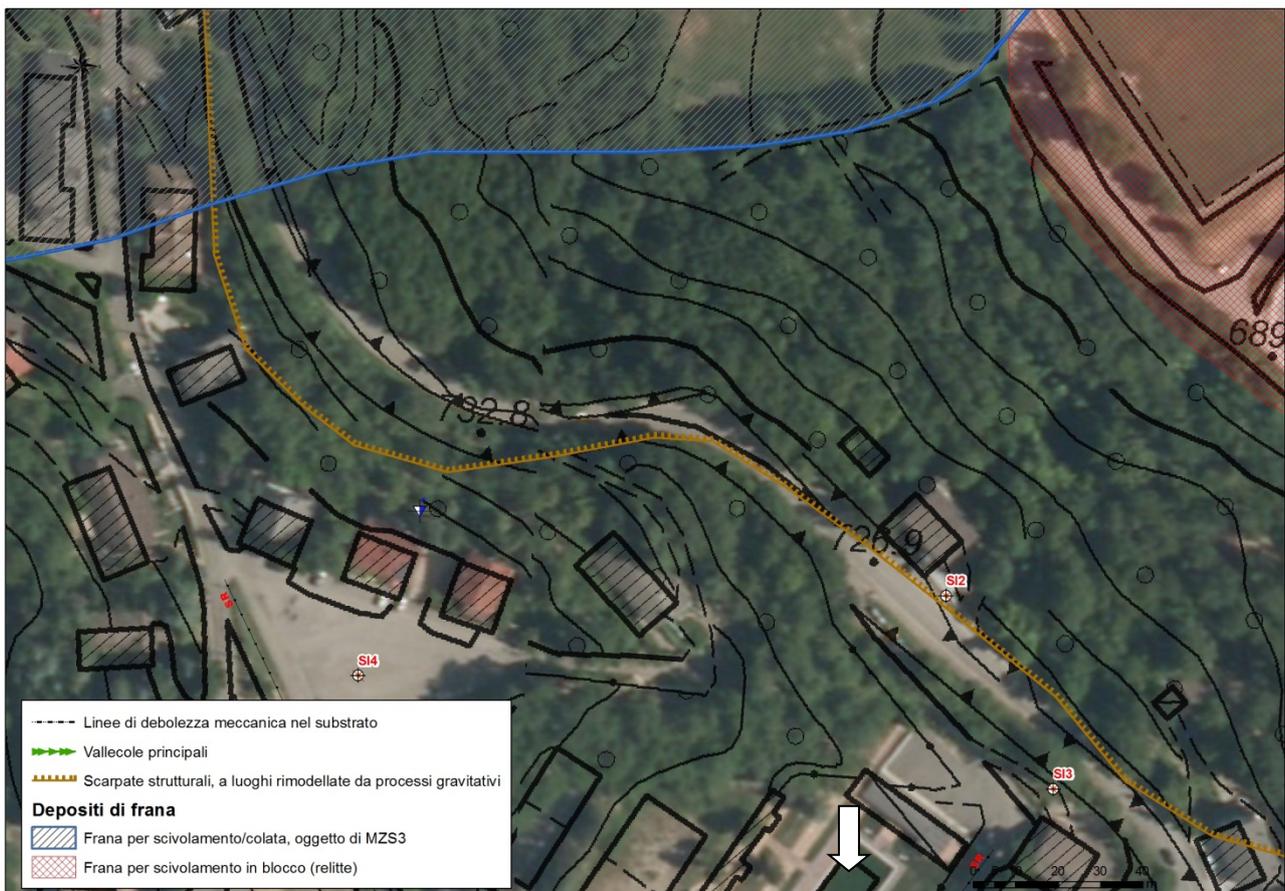


Figura 36 - Ubicazione dei tubi inclinometrici (SI2, SI3, SI4) monitorati dalla Provincia di Modena. La freccia bianca indica la piscina comunale.

Negli ultimi anni sono stati installati, alcuni metri a monte della scarpata a valle della piscina comunale e del tratto orientale della SP32 (Figura 36), tubi inclinometrici, monitorati dalla

Provincia di Modena. Questo al fine di misurare l'entità degli spostamenti che interessano quest'area, molto prossima al corpo di frana in studio, e dove si concentrano le lesioni nel manto stradale e negli edifici residenziali. Per dettagli sulle letture inclinometriche si veda l'Allegato 1.

Per due dei tre tubi inclinometrici di Figura 36 sono state eseguite due letture: nell'ottobre 2008 e nell'aprile 2012 per l'SI2; nel settembre 2005 e nell'aprile 2012 per l'SI4. Nell'**SI2** si sono registrati spostamenti massimi intorno a -3 m dal p.d.c., principalmente verso E con una componente minore verso S, di circa 2-3 mm, corrispondenti a 0,5-0,75 mm/anno.

Nell'**SI4** si sono registrati spostamenti principalmente verso E con componente leggermente minore verso N, progressivamente maggiori da -3 m alla superficie topografica, dove si raggiungono spostamenti massimi di 5 e 4 mm (rispettivamente per la componente E e per quella N) corrispondenti, rispettivamente, a 0,7 e 0,57 mm/anno. Nel caso di SI2 è percepibile uno stile di movimento simile ad uno scivolamento rotazionale; nel caso di SI4, lo stile di movimento è chiaramente caratteristico di un puro "*creep*".

Anche il complesso scolastico, posto circa 130 m a nord della testata di frana in esame (Figura 37), è stato affetto, nel tempo, da cedimenti strutturali che hanno spinto la Regione Emilia-Romagna ad intervenire con una campagna d'indagini geognostiche e geofisiche volta ad individuare le possibili cause dei dissesti ed i conseguenti interventi di mitigazione e monitoraggio. Ad oggi sono a disposizione dello scrivente solo due misure inclinometriche, effettuate all'interno del foro di sondaggio (**SI1**) eseguito in prossimità dell'orlo di scarpata a SE del complesso scolastico (cerchio giallo in Figura 37). Le misure sono state effettuate nel gennaio e nel maggio 2012. Gli spostamenti cumulati non sono paragonabili a quelli misurati negli inclinometri SI2 e SI4 precedentemente citati, poiché il tempo di misurazione è di soli 6 mesi. Quello che però si può notare dagli spostamenti incrementali locali, sono due distinte superfici di scivolamento rotazionali, a -12 e a -6 m dal p.d.c., con spostamenti massimi di 2 mm in 6 mesi, indicative di movimenti di versante in atto a cinematica lenta, con direzione di spostamento verso SE, ovvero verso la direzione di massima pendenza del versante a valle della scarpata.

L'insieme dei dati bibliografici e geognostici a disposizione, unitamente all'analisi geomorfologica eseguita per questo studio, portano ad ipotizzare movimenti attivi lungo le porzioni di versante a maggiore inclinazione, e che interessano la coltre detritica. Tali movimenti mostrano una cinematica molto lenta e stili deformativi assimilabili a scivolamenti rotazionali e a *creep*. Per l'edificio privato in testata della frana in esame non sono a conoscenza dello scrivente situazioni di cedimenti quali quelli che si hanno negli edifici del vicino complesso scolastico. E' quindi ipotizzabile che in testata di frana non siano attivi processi di versante assimilabili a quelli che caratterizzano il versante a valle del complesso scolastico e che, per tale motivo, questo settore di frana possa essere considerato in stato di quiescenza. Stato di quiescenza che caratterizza anche tutta la restante porzione del corpo di frana, fino al piede, ad eccezione della fascia mediana intersecata dalla sede stradale del tratto orientale della SP32; in questa zona, i cedimenti del manto stradale, precedentemente citati, possono essere indicativi dell'attività di *creep* superficiale, favoriti dalle maggiori pendenze topografiche dell'adiacente scarpata mediana (Figura 34).

A valle della scarpata mediana sono presenti tre zone a morfologia convessa, individuate in Figura 35 dal simbolo a forma di stella. Queste possono essere riconducibili ad altrettanti lobi di

accumulo della frana in esame. Anch'essi mostrano evidenze geomorfologiche in superficie di uno stato di completa quiescenza. L'intera superficie di frana risulta priva di ristagni d'acqua se non lungo il margine meridionale (Figura 35), in cui l'incuria nella regimazione del fosso a monte determina la frequente formazione di un'area di ristagno temporaneo dell'acqua.

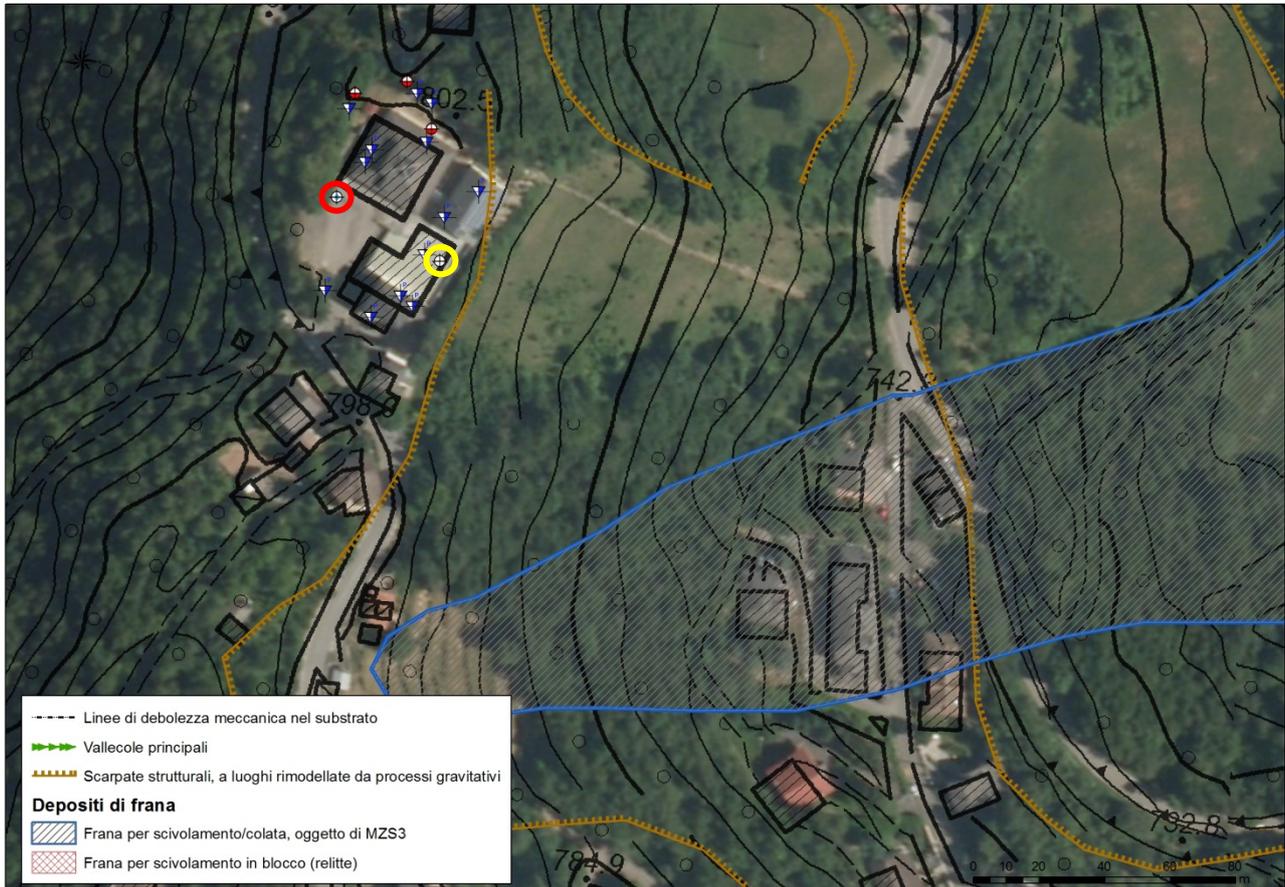


Figura 37 – Ubicazione dei sondaggi eseguiti per la Regione Emilia-Romagna in corrispondenza del complesso scolastico di Montefiorino, pochi metri a nord della testata della frana in esame. In giallo, il sondaggio a distruzione di nucleo in cui è stato collocato l'inclinometro; in rosso il sondaggio a carotaggio continuo da cui è stata ricavata la stratigrafia locale.

L'insieme delle evidenze fin qui raccolte porta ad indentificare la frana in esame come complessa, con scivolamenti roto-traslazionali di detrito nella zona di distacco e colate di detrito nelle porzioni mediana e di accumulo. Colate che mostrano distanze d'esaurimento tutto sommato limitate ed accumuli molto stabili, grazie alla natura principalmente incoerente del detrito, con alto angolo d'attrito statico e limitata plasticità, dovuta alla presenza di una scarsa matrice limo-argillosa.

Ricostruendo l'evoluzione geomorfologica dell'area, si può avanzare l'ipotesi di un movimento iniziale che, a partire dalla testata, ha trasferito il materiale detritico (forse anche in più fasi di attività) lungo l'intera estensione longitudinale della frana. Lo spessore di detrito mobilizzato dalla(e) frana(e) non sembra particolarmente grande. Fosse vero il contrario, il materiale di frana avrebbe verosimilmente mascherato la presenza della scarpata strutturale mediana, colmando gran parte della depressione a valle fino all'orlo della scarpata stessa. Scarpata che, al contrario,

mostra una forma ben pronunciata, con un sensibile cambio di pendenza. La stessa limitata ampiezza della zona di distacco sembra confermare l'ipotesi di uno spessore di frana limitato. L'ipotetico profilo dello spessore di frana potrebbe essere così ricostruito: un massimo relativo nella zona di distacco, via, via decrescente verso l'orlo della scarpata secondaria dove si raggiunge il minimo assoluto; un minimo relativo subito a valle della scarpata secondaria, via, via crescente verso il massimo assoluto al piede del corpo di frana.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

5.1. Descrizione generale per i territori dell'Unione dei Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia"

In generale, il territorio dell'Unione dei Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia" è caratterizzato, come già detto in precedenza, dalla presenza di rocce ascrivibili a formazioni riconducibili ai domini ligure e toscano. Nella finestra tettonica di Gova affiorano anche rocce di dubbia attribuzione paleogeografica (Arenarie di Gova) che, secondo alcuni ricercatori, potrebbero essere ascrivibili al Dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo; nel settore nord del Comune di Prignano sono invece presenti formazioni attribuibili alla Successione Epiligure, nota in letteratura anche con attribuzioni quali successione "semi-autoctona" o "semi-alloctona", proprio per evidenziare il fatto che la sedimentazione è avvenuta durante un lasso di tempo di diverse decine di milioni di anni su un substrato (le unità Liguridi) in movimento dietro la spinta delle forze orogenetiche.

5.1.1. Unità Liguridi

(Reutter, 1969) distingue le successioni riferibili al dominio Ligure Esterno da quelle che non contengono, o comunque contengono in maniera poco rilevante, materiali oceanici e che pertanto potrebbero essersi sedimentate in un bacino caratterizzato da crosta di tipo continentale (margine adriatico) sia pur frammentata e assottigliata ("zona o dominio emiliano"). Nell'Appennino Settentrionale, al confine tra le Province di Modena e Reggio Emilia, le unità tettoniche Liguri Esterne sono, in ordine di impilamento strutturale dall'alto verso il basso, le seguenti (Figura 16):

- 4) Unità Monghidoro;
- 3) Unità Venano;
- 2) Unità ofiolitica della Val Baganza;
- 1) Unità Caio.

UNITÀ TETTONICA MONGHIDORO

Dell'Unità Monghidoro, nell'area dell'Unione, affiorano principalmente le unità turbiditiche rispettivamente denominate Formazione di Monte Venere e Formazione di Monghidoro. In Val Dragone sono segnalati anche piccoli affioramenti attribuiti alle Argille Variegate di Grizzaga

Morandi (che probabilmente facevano parte del complesso di base dell'Unità di Monghidoro), mentre in Val Rossenna affiorano anche i terreni della parte più alta, e recente, della Successione, caratterizzati da composizione prevalentemente argillitico-marnosa o argillitica con tessitura a "blocchi in pelite" (Complesso del Rio Cargnone e Argille della Val Rossenna).

Il substrato di quasi l'intero territorio comunale di Palagano, di circa 2/3 del territorio di Montefiorino (parte orientale) e di circa 1/4 del territorio di Prignano è formato da rocce riferibili alle due formazioni menzionate.

La *Formazione di Monte Venere (Campaniano Sup. – Maastrichtiano Sup.)* è costituita prevalentemente da torbiditi arenaceo-marnose a base fine, di colore grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, con a tetto sottili strati di argille grigio-scure o nerastre. Sono inoltre presenti intercalazioni, di alcuni metri di spessore, formate da strati arenaceo-pelitici, da sottili a spessi, e megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m.

Anche la *Formazione di Monghidoro (Maastrichtiano Sup. – Paleocene Sup.)* è data principalmente da torbiditi arenaceo-pelitici in strati spessi, nei quali in generale prevalgono i termini arenacei. Intercalati alle torbiditi possono poi esserci degli orizzonti formati da strati da sottili a medi di torbiditi pelitico arenacee, nelle quali prevale la componente più fine. Le arenarie sono solitamente gradate, con base a granulometria da media a grossolana, o anche micro-conglomeratica, localmente poco cementate, di colore grigio scuro. La componente argillosa, posta a tetto delle torbiditi, presenta solitamente una colorazione scura (da grigio cinerea a nerastra). Nella parte bassa della formazione sono presenti strati calcareo-marnosi con tracce di fucoidi.

UNITÀ TETTONICA VENANO

La successione che avrebbe dato origine all'Unità Venano è formata da due formazioni: le Argilliti dell'Uccelliera e le Arenarie del Poggio Mezzature che, nel territorio dell'Unione, affiorano in maniera limitata, principalmente nel Comune di Montefiorino, al confine con Frassinoro.

Le *Argilliti dell'Uccelliera* (di età non ancora definita), sono date da argille e argille siltose, generalmente rossastre, localmente verdine, alle quali s'intercalano strati arenacei sottili la cui composizione è simile a quella delle soprastanti Arenarie del Poggio Mezzature. Nella sua parte inferiore, la formazione presenta una composizione più eterogenea, con la presenza di strati, da centimetrici a decimetrici, di calcari e marne siltose.

Le *Arenarie del Poggio Mezzature* sono torbiditi arenaceo-pelitici, in strati da sottili a medi ($A/P > 1$), alternate a torbiditi spesse (fino a 4-5 m) e molto spesse, con grana anche grossolana ($A/P > 1$). Le arenarie sono grigie, con tonalità grigio-scuro o bruno-rossastra se alterate.

Come accennato, le due formazioni non affiorano estesamente nell'area dell'Unione; esse sono comuni in settori prossimi, lungo la dorsale a monte di Frassinoro che collega il Monte Modino al Poggio Mattioli dove, nella letteratura degli autori tedeschi, l'unità è denominata come Arenarie di Frassinoro (Plesi, 2002).

UNITÀ OFIOLITICA DELLA VAL BAGANZA

Sono ascrivibili a tale unità i basalti ofiolitici che formano masse rocciose – anche di grandi dimensioni – presenti nella Val Dragone (Cinghio del Corvo, Poggio Medola, Madonna del Calvario,

il Sasso, Sassatella, Boccassuolo ecc.), ma anche affioramenti, presenti anch'essi nell'area dell'Unione, attribuiti alla formazione delle Argille a Palombini. In associazione ai basalti sono presenti, presso l'omonima località, le Brecce Argillose del Poggio Bianco Dragone.

I "blocchi" ofiolitici (Figura 38) sono formati principalmente da basalti che, macroscopicamente, sono distinguibili in rossi (prevalentemente massivi e/o a cuscini) e verdi, o grigio-verdi (prevalentemente a struttura brecciata). I basalti rossi devono la loro colorazione a una maggiore presenza di ossidi amorfi di ferro (in genere limonite), che hanno permeato le innumerevoli fratture e mostrano struttura massiva o a *pillow*, con "cuscini" da decimetrici a metrici, i quali, a loro volta, possono essere interessati da fratture interne ad andamento radiale o concentrico. I basalti verdi o grigio-verdi devono la loro colorazione alla presenza di minerali della famiglia della clorite, formatisi per l'alterazione della componente femica originaria, ora rappresentata in prevalenza da frammenti clinopirossenici.



Figura 38 – Basalti rossi alla base della massa ofiolitica del Poggio Bianco Dragone (fianco destro del Dragone, Comune di Palagano). Sulla sinistra, depositi riferibili alla zona di piede della frana di Tolara che, in passato, hanno determinato, probabilmente più volte, l'ostruzione del corso d'acqua e la formazione di un bacino lacustre effimero.

Le masse ofiolitiche sono accompagnate – in rapporti poco chiari, ma che sembrano quasi indicare che le ofioliti siano inglobate in esse – dalle Argille del Poggio Bianco Dragone, sia nell'omonima località che nei pressi del vicino cinghio del Corvo (località del Comune di Palagano). Si tratta di brecce a matrice argillosa che contengono clasti ofiolitici, calcarei e più subordinatamente arenacei; localmente sono anche presenti inclusi di Argille varicolori talvolta cartografabili (Bettelli et al., 1996).

Le *Argille a Palombini (Barremiano–Turoniano)* formano gran parte dei versanti della Valle del Dragone, per lo meno di fondovalle e mezza costa, a sud di Poggio Medola (Comuni di Montefiorino e Palagano, al confine con Frassinoro). Con la loro composizione prevalentemente argillosa sono la causa principale della ben nota instabilità gravitativa che interessa i fianchi di tale valle. Sono composte principalmente da argille e argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili, alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre sulle superfici alterate. A causa delle intense deformazioni, l'originario ordine stratigrafico è andato quasi ovunque perduto e, alla scala dell'affioramento, l'unità presenta una tessitura del tipo a "blocchi in pelite" (Barbero et al., 2006; Medley, 2001, 1999), analoghi, dal punto di vista applicativo, alle così dette "*bimrock*" o eventualmente alle "*bimsoil*" (Bettelli et al., 1989a, 1989b).

UNITÀ CAIO

Sono segnalate due aree di affioramento del Flysch di Monte Caio, al limite estremo sud del Comune di Palagano e sulla dorsale di collegamento tra Montefiorino e Frassinoro (settore sud del Comune di Montefiorino).

Il *Flysch di M. Caio* è prevalentemente formato da torbiditi arenaceo-marnose di colore grigio, in strati spessi e molto spessi, a base arenitica fine o siltitica e tetto pelitico. Nella parte alta degli intervalli marnosi si osservano spesso impronte di Elmintoidi.

5.1.2. Unità Subliguri

Sono presenti con un solo affioramento, presso Moncerato (Comune di Prignano) attribuito alla formazione delle Arenarie di Ponte Bratica, coinvolto nell'insieme di lembi formazionali di varia natura che costituiscono il così detto Melange di Coscogno (Plesi, 2002). Si tratta di arenarie turbiditiche, a grana da fine a molto fine, in strati sottili (10–20 cm), alternate a peliti grigio-verdi (10–15 cm).

5.1.3. Unità di pertinenza toscana o di dubbia attribuzione paleogeografica

Nel territorio comunale di Montefiorino, in Val Dolo, e nel settore più meridionale del territorio di Palagano, affiorano rocce riferibili al dominio paleogeografico toscano (Plesi, 2002) per lo più ascrivibili alla Successione Cervarola e all'Unità di Monte Modino (sotto-unità Ventasso, così come definite in (Plesi, 2002).

UNITÀ MODINO–SOTTOUNITÀ VENTASSO

La sottounità Ventasso corrisponde sostanzialmente all'unità Sestola–Vidiciatico della letteratura ed è formata da quei terreni di pertinenza toscana sovrascorsi sulla Successione Cervarola e su unità più esterne (Arenarie di Gova).

La Successione Modino, che avrebbe dato origine all'Unità Tettonica Modino, secondo lo schema di (Plesi, 2002), è formata dalle seguenti unità (in ordine dall'alto verso il basso):

- Marne di Civago;
- Arenarie di Vallorsara;

- Brecce di Tia;
- Marne di Marmoreto;
- Argille di Fiumalbo ;
- Flysch di Sorba;
- Flysch dell'Abetina reale;
- Formazione del Fosso della Ca';
- Successione argilloso-calcareo pre-campaniana (argille variegata, breccie argillitico-calcaree, Argille a Palombini).

Nell'area dell'Unione non sono presenti affioramenti attribuiti alle Brecce di Tia, al Flysch di Sorba e alle Marne di Civago (i cui affioramenti sono attribuiti alla Successione Cervarola), mentre le restanti formazioni elencate affiorano più o meno estesamente.

Successione argilloso-calcareo pre-campaniana (argille variegata, breccie argillitico-calcaree, Argille a Palombini)

È formata da lembi e scaglie tettoniche di unità di pertinenza ligure, quali argille a palombini, argille variegata e breccie argillitico-calcareo; si tratta pertanto di terreni a dominante argillitica con inclusi arenacei e/o calcarei in frammenti e lembi di strato di dimensioni variabili da centimetriche a decametriche (*bimrock*: (Plesi, 2002).

Formazione del Fosso della Ca'

È data da alternanze arenaceo-pelitiche turbiditiche, in strati sottili e medi, e da breccie poligeniche in banchi fino a qualche metro di spessore, intercalati a peliti grigio-scure o nerastre, manganesifere.

Flysch dell'Abetina Reale

È composta principalmente da alternanze di torbiditi calcareo-marnose o calcaree a base calcarenitica, in strati spessi fino a 2-3 metri, e di straterelli arenacei con abbondante pelite scura.

Argille di Fiumalbo

È una formazione a composizione complessa, costituita da membri diversi, la cui estensione cambia da zona a zona (Bettelli et al., 1989b). Nella parte bassa sono presenti argille varicolori marnose, rosse o verdastre, con intercalazioni di straterelli calcarenitico-marnosi, mentre la parte alta è composta principalmente da argilliti marnose grigio-cenere, con intercalazioni di strati sottili di siltiti e areniti fini; sono presenti localmente anche corpi di arenarie grossolane risedimentate (membro delle Arenarie di Monte Sassolera, presente ad esempio a sud ovest di Gusciola).

Marne di Marmoreto

La formazione è composta principalmente da marne siltose grigio chiare, a frattura prevalentemente scheggiata. Localmente sono presenti straterelli arenacei e/o breccie argilloso-calcaree.

Arenarie di Vallorsara

Sono arenarie silicoclastiche grigie, a grana da fine o molto fine, in strati da sottili a medi intercalati a interstrati spessi di natura pelitico–marnosa; localmente sono presenti depositi da *slumping*.

SUCCESSIONE CERVAROLA

Sono presenti in val Dolo (finestra di Gova) affioramenti riferibili alle Marne di Civago e alle Arenarie di Monte Cervarola.

Le *Marne di Civago* sono descrivibili in generale come marne scheggiose (per l'elevato contenuto in silice) di colore grigio, grigio verdognolo, stratificate, con la stratificazione resa evidente da variazioni nella tonalità del colore e/o della granulometria e per la presenza di intercalazioni di strati arenaceo–siltosi.

La formazione delle *Arenarie del Monte Cervarola* è un'unità molto diffusa nell'Appennino Settentrionale. In generale è costituita da arenarie turbiditiche, in strati da spessi a molto spessi. Al suo interno si distinguono tuttavia diversi membri e litofacies. Per l'area dell'Unione la carta geologica regionale indica la presenza del membro del Torrente Dardagna in litofacies arenaceo–pelitica, nel quale si riconoscono torbiditi a grana fine in strati sottili e medi, torbiditi spesse e a grana grossolana e/o alternanze di torbiditi in strati medio spessi e di livelli a torbiditi sottili.

UNITÀ UMBRO–MARCHIGIANO ROMAGNOLE

Secondo alcuni autori, le Arenarie di Gova, che affiorano presso l'omonima località in finestra tettonica, presentano caratteristiche di affinità più con la Formazione Marnoso–Arenacea, affiorante diffusamente dalla Romagna fino all'Umbria, che non con le Arenarie del Monte Cervarola o con gli altri flysch di pertinenza toscana (Arenarie di Monte Modino e Macigno). Sono descrivibili come arenarie turbiditiche, in strati spessi a grana solitamente grossolana e con scarsa percentuale di intervalli pelitico marnosi.

5.1.4. Successione Epiligure

La Successione epiligure rappresenta il prodotto della sedimentazione avvenuta sulle unità Liguridi nell'intervallo di tempo compreso tra l'*Eocene Med.–Sup.* e il *Tortoniano*, mentre queste traslavano in seguito ai movimenti tettonici verso i domini subligure, toscano e umbro marchigiano–romagnolo (Bettelli et al., 1989a, 1989b). Pressoché tutto il settore settentrionale del Comune di Prignano presenta un substrato formato da rocce riferibili a unità epiliguri; altri sporadici affioramenti, principalmente di brecce argillose poligeniche, sono presenti anche nel Comune di Palagano.

Nel territorio di Prignano affiorano pressoché quasi tutti i termini della Successione Epiligure (Bettelli et al., 1989a, 1989b; Mancin et al., 2006), più in particolare (dal basso stratigrafico verso l'alto):

- Brecce argillose di Baiso;
- Marne di Monte Piano;
- Formazione di Ranzano;
- Marne di Antognola;

- Breccie argillose della Val Tiepido–Canossa;
- Formazione di Contignaco;
- Formazione di Pantano;
- Formazione del Termina.

La Successione Epiligure può essere suddivisa grossolanamente in due parti:

1. formazioni epiliguri pre–burdigaliane (dalle Breccie argillose poligeniche di Baiso fino alla Formazione di Contignaco), che si sono depositate in un ambiente sedimentario di tipo pelagico (sono torbiditi, emipelagiti e depositi da colata sottomarina tipo *debris flow* e *mud flow*) di mare profondo;
2. unità post–burdigaliane, che deriverebbero da processi di sedimentazione avvenuti in un ambiente di piattaforma o pelagico, ma meno profondo (Barbero et al., 2006; Medley, 2001, 1999).

FORMAZIONI EPILIGURI PRE–BURDIGALIANE

Le *Breccie argillose di Baiso* sono costituite da diversi corpi di breccie sedimentarie poligeniche a prevalente matrice argillosa e a tessitura clastica, con clasti eterometrici ed eterogenei costituiti da litotipi appartenenti a varie unità liguri. In affioramento l'unità si presenta generalmente come una massa prevalentemente argillosa grigio scura, che ingloba frammenti litici eterometrici ed eterogenei (arenarie, calcari, argilliti, marne ecc.) ed è quindi inquadrabile come *bimrock* (Barbero et al., 2006; Medley, 2001, 1999).

Le *Marne di Monte Piano* sono costituite principalmente da argille, argilliti, argille marnose e marne di colore rosso, rosato, grigio chiaro e grigio verdi, con rari strati molto sottili di torbiditi arenacee biancastre, siltiti nerastre e calcari marnosi grigio–verdi. La stratificazione è generalmente poco evidente e complicata spesso da pieghe.

La *Formazione di Ranzano*, dal punto di vista litologico, è un'unità piuttosto eterogenea, nella quale dominano i termini arenacei di origine turbiditica. Essa è stata suddivisa in diversi membri sulla base del rapporto A/P (Arenaria/Pelite).

Le *Breccie argillose poligeniche della Val Tiepido–Canossa*, dal punto di vista pratico, assomigliano alle Breccie argillose di Baiso, già descritte. Si tratta di breccie argillose poligeniche formatesi come accumuli di processi di frana sottomarina di materiali prevalentemente argillosi appartenenti in gran parte ai complessi di base liguri.

La *Formazione di Antognola* è costituita in prevalenza da marne grigie a frattura globulare e, subordinatamente, da marne argillose con rare intercalazioni di strati sottili di arenarie fini e/o di marne. Caratteristica è l'assenza di macrofossili, mentre al microscopio, o anche solo con una lente di ingrandimento, è facile osservare gusci di microfossili planctonici. All'interno dell'unità sono stati inoltre distinti alcuni membri formati da arenarie turbiditiche (Membro delle Arenarie di Anconella).

La *Formazione di Contignaco*, in alcune sezioni della Carta Geologica dell'Appennino emiliano–romagnolo alla scala 1:10.000, viene considerata un membro della Formazione di Antognola. Nei nuovi fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 essa viene invece trattata come formazione a sé stante. È data in generale da torbiditi sottili ed emipelagiti marnose, spesso selciose, grigio biancastre; talora siltiti o arenarie fini o finissime risedimentate con patine

superficiali nerastre; marne carbonatiche e selciose, più o meno siltose, di colore grigio-verdognolo o brunastre se alterate. Gli strati sono generalmente di spessore medio, spesso poco evidenti.

FORMAZIONI EPILIGURI POST-BURDIGALIANE

La *Formazione di Pantano* è stata elevata al rango di formazione da circa una quindicina d'anni (cfr. ad es. Bettelli et al., 2002), in quanto in precedenza era considerata uno dei membri della ex Formazione di Bismantova, ora elevata al rango di Gruppo di Bismantova. L'unità è formata generalmente da arenarie grigio chiare, medio fini, in strati decimetrici, a volte poco distinguibili per la bioturbazione intensa, oppure da calcareniti con frequenti resti di fossili di briozoi, lamellibranchi, coralli ecc.

La *Formazione del Termina* è alquanto eterogenea tanto che è stata suddivisa in diversi membri e litozone. In generale la composizione è a dominante marnosa. Possono essere tuttavia presenti anche corpi caotici di breccie argillose poligeniche e alternanze di arenarie medio fini turbiditiche e livelli marnosi. Dal punto di vista applicativo i diversi membri sono ascrivibili a unità litotecniche diverse.

5.2. Descrizione specifica del modello del sottosuolo, relativa al territorio comunale di Montefiorino ed all'area oggetto di analisi di MS3

Per quanto riguarda il territorio comunale di Montefiorino i terreni delle formazioni di Monghidoro e di Montevenere compongono, pressoché in modo esclusivo, la stratigrafia del sottosuolo dei principali nuclei abitati: Case Monte Stefano, Montefiorino, Vitriola, La Verna, Casola, Prada, Pianezzo, Farneta e Gusciola. La sezione di Figura 39, che attraversa il territorio comunale con direzione SSO–NNE (traccia di sezione riportata nella Carta Geologico–Tecnica), ricostruita nel Foglio nr. 235 “Pievepèlago” della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000, passando per Vitriola, mostra come lo spessore dei terreni delle due formazioni sia anche superiore, a luoghi, a 500 m. L'assetto è ereditato dalla più ampia struttura tettonica regionale, ovvero la Sinclinale della Val Rossenna, di cui le due formazioni costituiscono, in quest'area, il fianco rovesciato. Una sezione esemplificativa della Sinclinale della Val Rossenna è visibile in Figura 41.

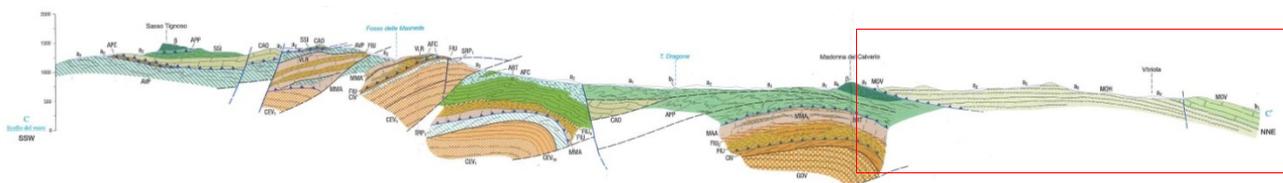


Figura 39 – Sezione geologica lungo la traccia di sezione riportata nella Carta Geologico–Tecnica. Fonte: Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000, Foglio nr. 235 “Pievepèlago”. Il rettangolo rosso identifica la porzione di territorio comunale di Montefiorino intersecata dalla sezione geologica ed è mostrato in Figura 40 con maggiore ingrandimento.

In tale sezione è possibile individuare un segmento (circonscritto dal rettangolo rosso di Figura 41) ipoteticamente rappresentativo della configurazione stratigrafico–tettonica dell'area in esame per questo studio. Qui, gli strati della Formazione di Monghidoro affiorano in assetto rovesciato, e la

successione stratigrafica manca dei termini della Formazione di Monteverene, erosi. Come lungo il margine settentrionale della conca di Montefiorino, il contatto tra le due formazioni è tettonico, lungo faglia normale. Lungo una superficie di sovrascorrimento, ad una profondità di circa 50 m, il fianco rovesciato della sinclinale viene ad essere sovrapposto al fianco diritto; quest'ultimo, a sua volta, si trova sovrascorso, oltre i 100 m di profondità, sui terreni del Complesso di Base (Argille a Palombini con ofioliti ed Argilliti Variegate). Faglie normali, successive ai sovrascorimenti, contribuiscono a ribassare porzioni della successione stratigrafico-tettonica.

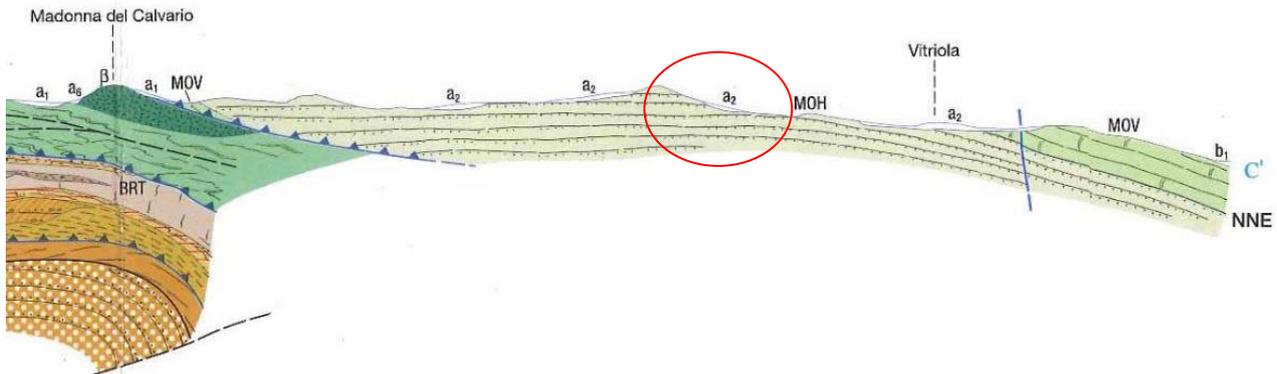


Figura 40 – Ingrandimento della porzione di sezione individuata dal rettangolo rosso di Figura 39. Il cerchio rosso identifica l'area di studio.

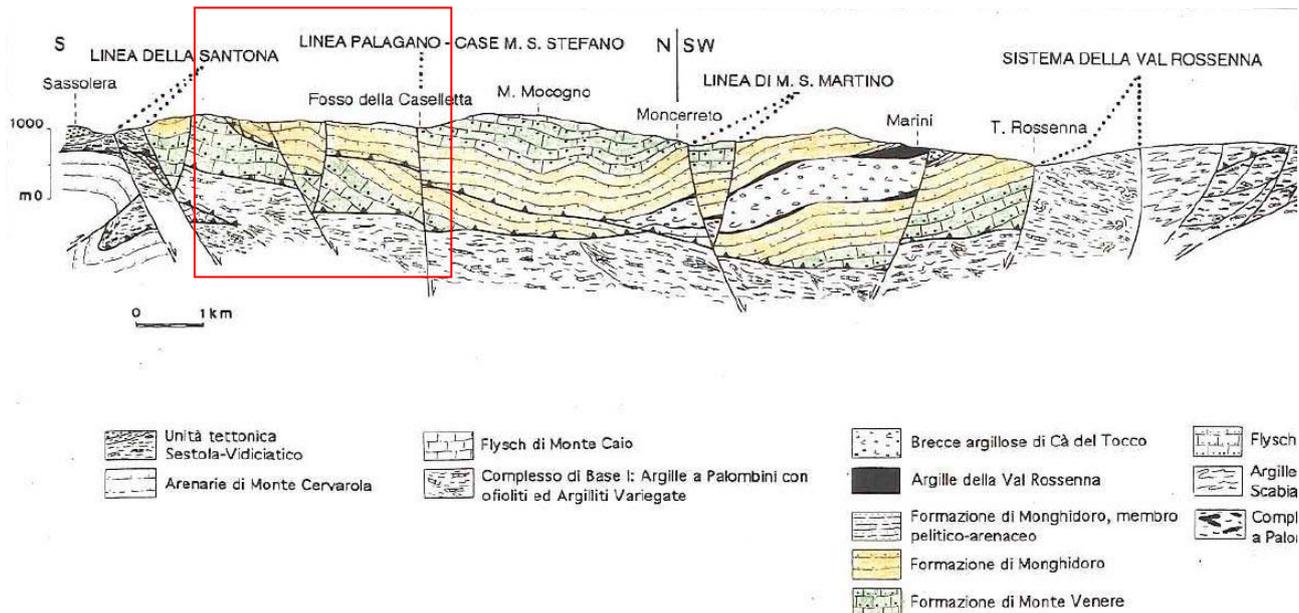


Figura 41 – Sezione geologica Barigazzo-Polinago-T. Rossenna, ad est dell'area di studio, rappresentativa della struttura sinclinale rovesciata della Val Rossenna. (Fonte: Bettelli & Panini, 1992). Il quadrato rosso identifica l'assetto stratigrafico-tettonico che si ipotizza possa essere simile alla zona oggetto del presente studio.

In superficie, i depositi, probabilmente derivanti dall'alterazione, in ambiente morfoclimatico periglaciale, della stessa formazione di Monghidoro, hanno dato origine, nel tempo, a fenomeni gravitativi che, in particolare, hanno coinvolto, e continuano a coinvolgere (vedasi il capitolo 4.4), il settore orientale del territorio comunale, in corrispondenza del versante sinistro della valle del T. Dragone, in corrispondenza della conca di Montefiorino.

Dettagli sulla stratigrafia dei primi metri dal piano campagna all'interno ed in un intorno dell'area in esame provengono da sondaggi geognostici a carotaggio continuo la cui ubicazione è visibile in Figura 42.

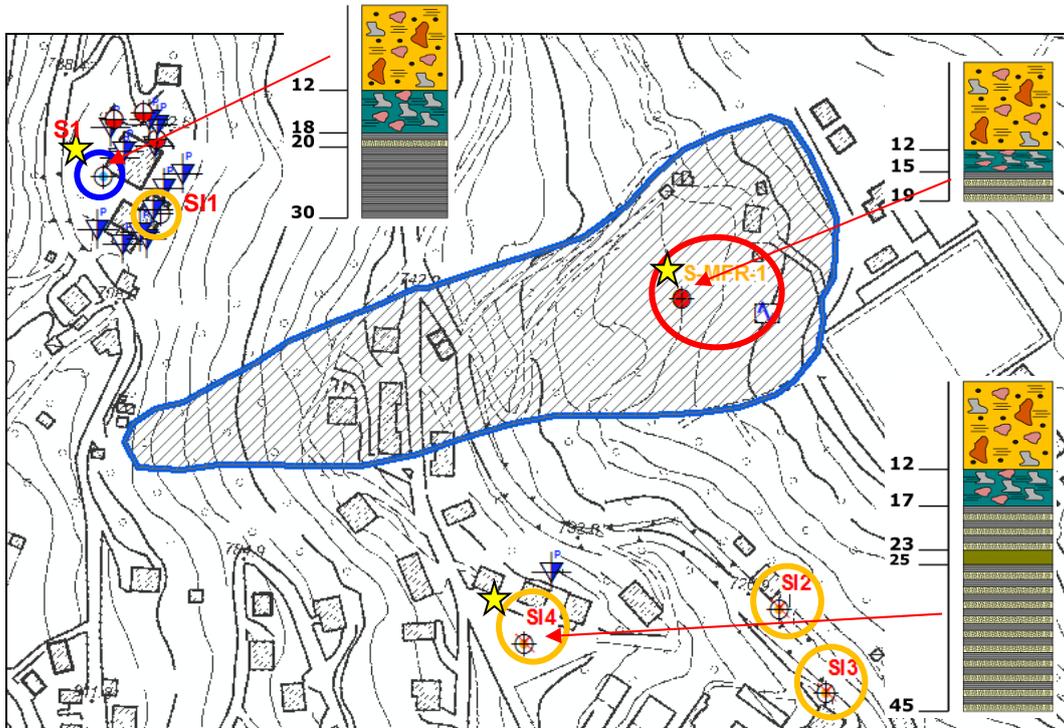
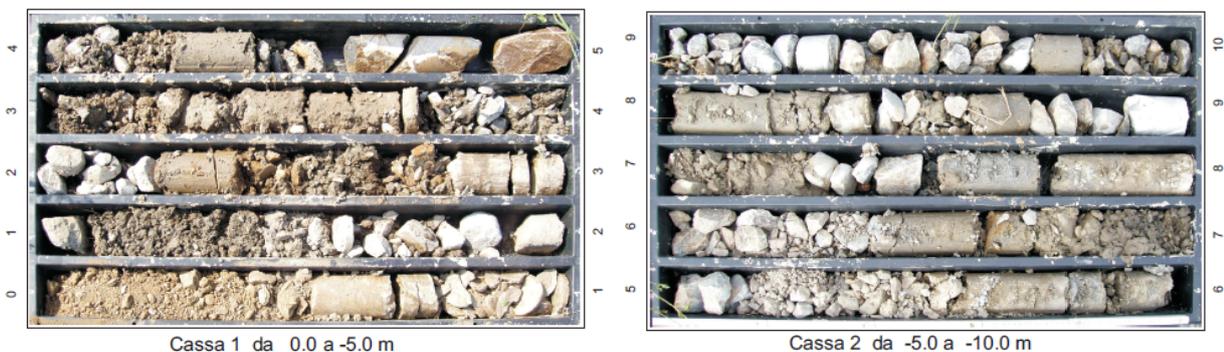


Figura 42 – Ubicazione dei sondaggi geognostici presenti all'interno del corpo di frana in studio (poligono perimetrato in blu e rigato interno) ed in un suo intorno prossimo. Nel cerchio blu: sondaggio attrezzato con piezometro; nei cerchi arancione: sondaggi attrezzati con inclinometro; nel cerchio rosso: sondaggio non strumentato eseguito, per questo studio, all'interno del corpo di frana. La stella gialla individua i sondaggi di cui si dispone di stratigrafia, rappresentata a fianco dalle colonne. Si veda Figura 46 per la descrizione delle colonne stratigrafiche.

Il sondaggio “S-MFR-1”, eseguito per questo studio (Figura 43), ha messo in evidenza la presenza, in corrispondenza del piede del corpo di frana in esame, di circa 12 m di materiale detritico composto da elementi lapidei (arenacei ed argillitici) immersi in abbondante matrice limo-argillosa, a luoghi sabbiosa. Il detrito si trova a contatto con il substrato roccioso alterato, costituito da elementi lapidei, in prevalenza argillitici e secondariamente arenacei, in scarsa matrice limo-argillosa, che si estende fino a 15 m.



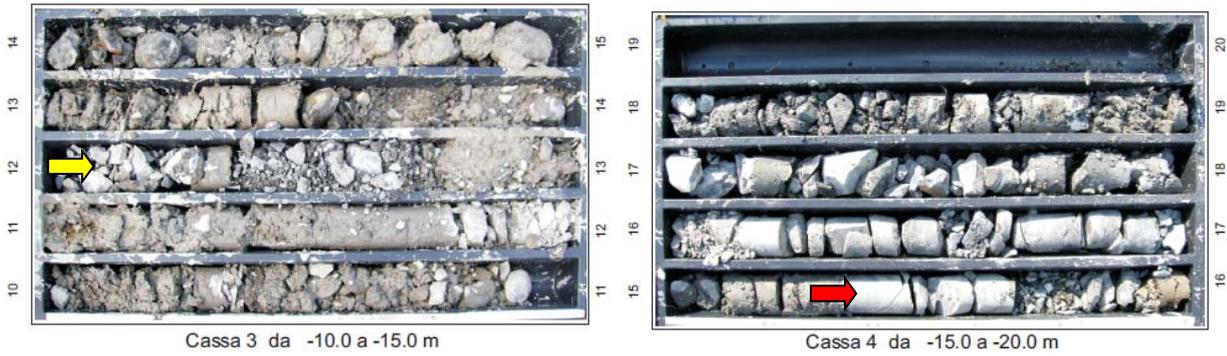
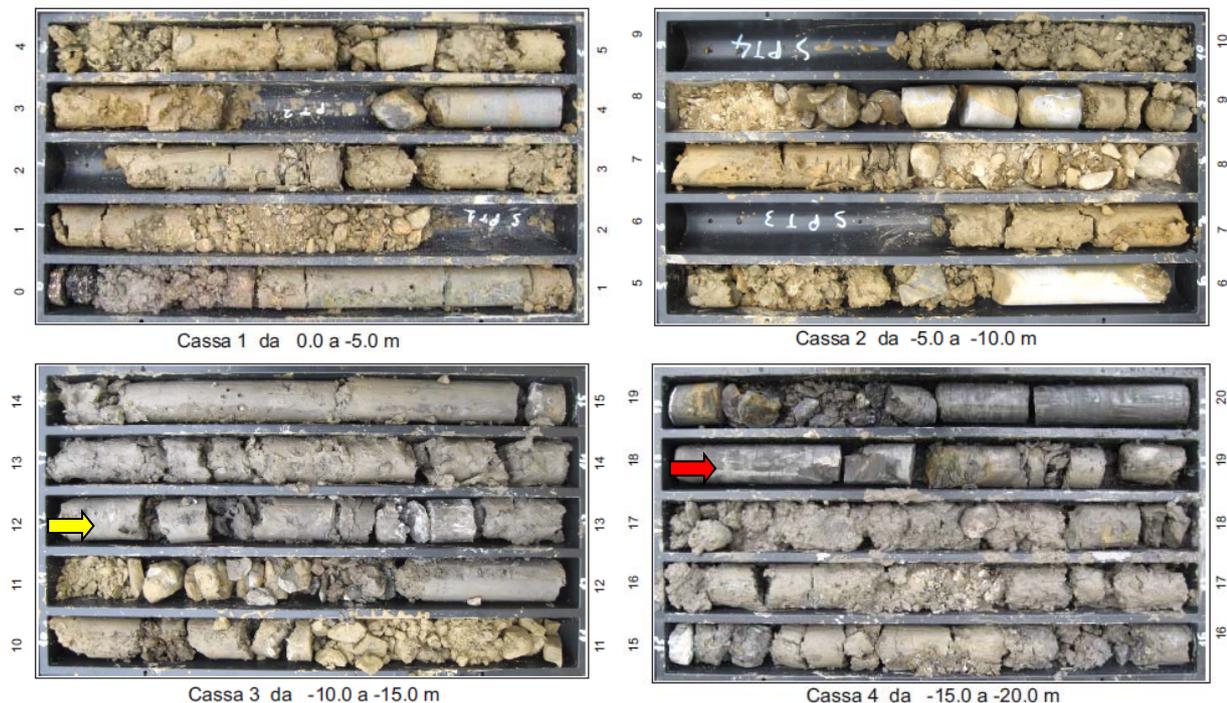


Figura 43 – Fotografie delle casse catalogatrici relative al sondaggio “S-MFR-1” eseguito per questo studio in corrispondenza del piede della frana in esame. La freccia gialla indica l'ipotizzato inizio del substrato roccioso alterato; la freccia rossa indica l'ipotizzato inizio del substrato roccioso alterato.

A circa 15 m si ha il passaggio al substrato roccioso meno alterato, costituito da un'alternanza tra strati di argillite e strati di arenaria. La stratigrafia al di fuori dell'area in frana è descrivibile a partire dai sondaggi S14, a sud, e S1 a NO (Figura 42). L'esame delle casse catalogatrici del sondaggio S1 (Figura 44) e della relativa descrizione stratigrafica (Allegato 2) mostra uno spessore detritico di circa 12 m, composto da frammenti lapidei arenitici, pelitici e calcarei immersi in matrice limo-argillosa, argillosa e limo-sabbiosa.



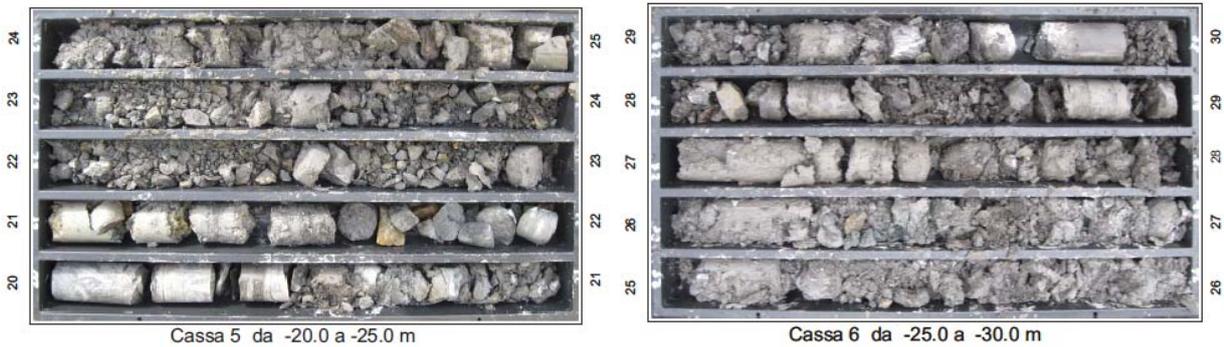


Figura 44 – Fotografie delle casse catalogatrici relative al sondaggio d'archivio "S1". La freccia gialla indica l'ipotizzato inizio del substrato roccioso alterato; la freccia rossa indica l'ipotizzato inizio del substrato roccioso.

Da 12 a 18 m si è probabilmente in presenza del substrato roccioso alterato, composto da frammenti lapidei in matrice argillosa. Da 18 il substrato roccioso si presenta in forma di alternanze di strati arenacei ed argillitici fino a 22 m e in forma di argillite fino a 30 m.

L'esame delle casse catalogatrici del sondaggio S14 (Figura 45) e della relativa descrizione stratigrafica (Allegato 2) mostra uno spessore detritico di circa 12 m, composto da elementi litoidi argillitici ed arenacei in matrice argillosa, limo-argillosa e argilloso-limoso.





Figura 45 – Fotografie delle casse catalogatrici relative al sondaggio d’archivio “SI4”. La freccia gialla indica l’ipotizzato inizio del substrato roccioso alterato; la freccia rossa indica l’ipotizzato inizio del substrato roccioso.

Da 12 a 17 m è presente il substrato roccioso alterato, composto da elementi litoidi argillitici immersi in matrice argillosa. Da 17 m ha inizio il substrato roccioso meno alterato, composto, fino a 23 m, da alternanze di strati argillitici e strati arenacei. Da 23 a 25 m è presente uno strato di marne, mentre da 25 a 45 m tornano le alternanze tra strati arenacei e strati argillitici.

Nel complesso (da Figura 42 a Figura 46), si può osservare come la stratigrafia non sia sostanzialmente diversa tra area in frana ed aree esterne al corpo di frana, con circa 12 m di detrito che ricopre 5-6 m di substrato alterato, seguito dal substrato roccioso meno alterato/inalterato. Meno netto, nell’area in frana rispetto a quelle esterne, sembra essere il

passaggio tra detrito e substrato alterato. Il carotaggio eseguito nell'area in frana, inoltre, è stato terminato a 19 m di profondità, ovvero in un punto della colonna stratigrafica prossimo al passaggio tra substrato alterato e substrato non alterato (o meno alterato), come evidente dalle altre due stratigrafie. Pertanto, per mancanza dei metri di carotaggio più profondi, non è stato possibile identificare con precisione tale passaggio.

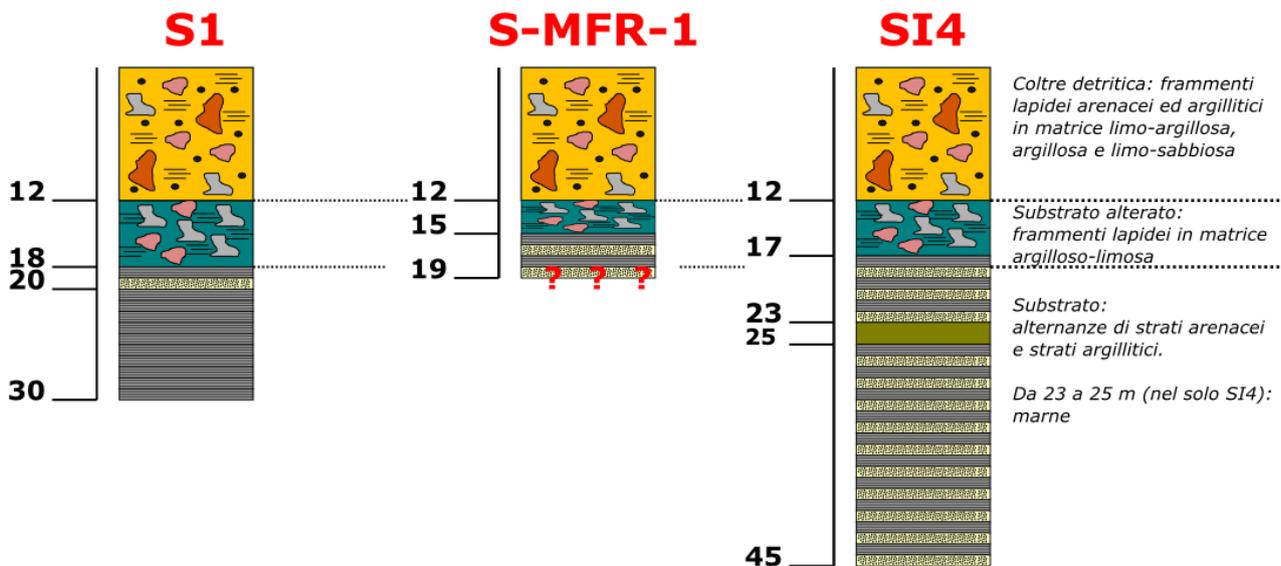


Figura 46 – Comparazione delle colonne stratigrafiche ricavate dai sondaggi d'archivio, effettuati all'esterno del corpo di frana in esame (S1 e SI4) ed all'interno del corpo di frana stesso, per questo studio (S-MFR-1).

Quanto emerge dalle stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo, almeno per la zona rappresentata in Figura 42, è una evidente omogeneità stratigrafica, caratterizzata da un substrato roccioso costituito da alternanze pelitico-arenacee della Formazione di Monghidoro, alterate nei primi 5-7 m di tetto e ricoperte da una coltre detritica di spessore uniforme, pari a circa 12 m. Coltre detritica che è presente, con medesimo spessore, sia in aree di cresta (come nella situazione rappresentata dal sondaggio S1), che al piede dei versanti (come nella situazione rappresentata dal sondaggio S-MFR-1), che in aree di ripiano strutturale (come nella situazione rappresentata dal sondaggio SI4).

6. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La ricerca delle indagini geotecniche e geofisiche d'archivio è stata eseguita presso l'Ufficio Tecnico Comunale di Montefiorino, ed ha permesso di acquisire dati geognostici e geofisici contenuti in relazioni geologiche redatte a corredo di progetti di edilizia privata e di opere pubbliche.

Tutte le indagini sono state trasformate in formato digitale, georeferenziate, ed inserite in ambiente GIS (Figura 47). A tal proposito, sia i dati di base che i dati elaborati sono stati organizzati in formato vettoriale (*shapefile*) nel rispetto delle indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, di cui all'OPCM 4007/2012 e al Decreto del 16.03.2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile.

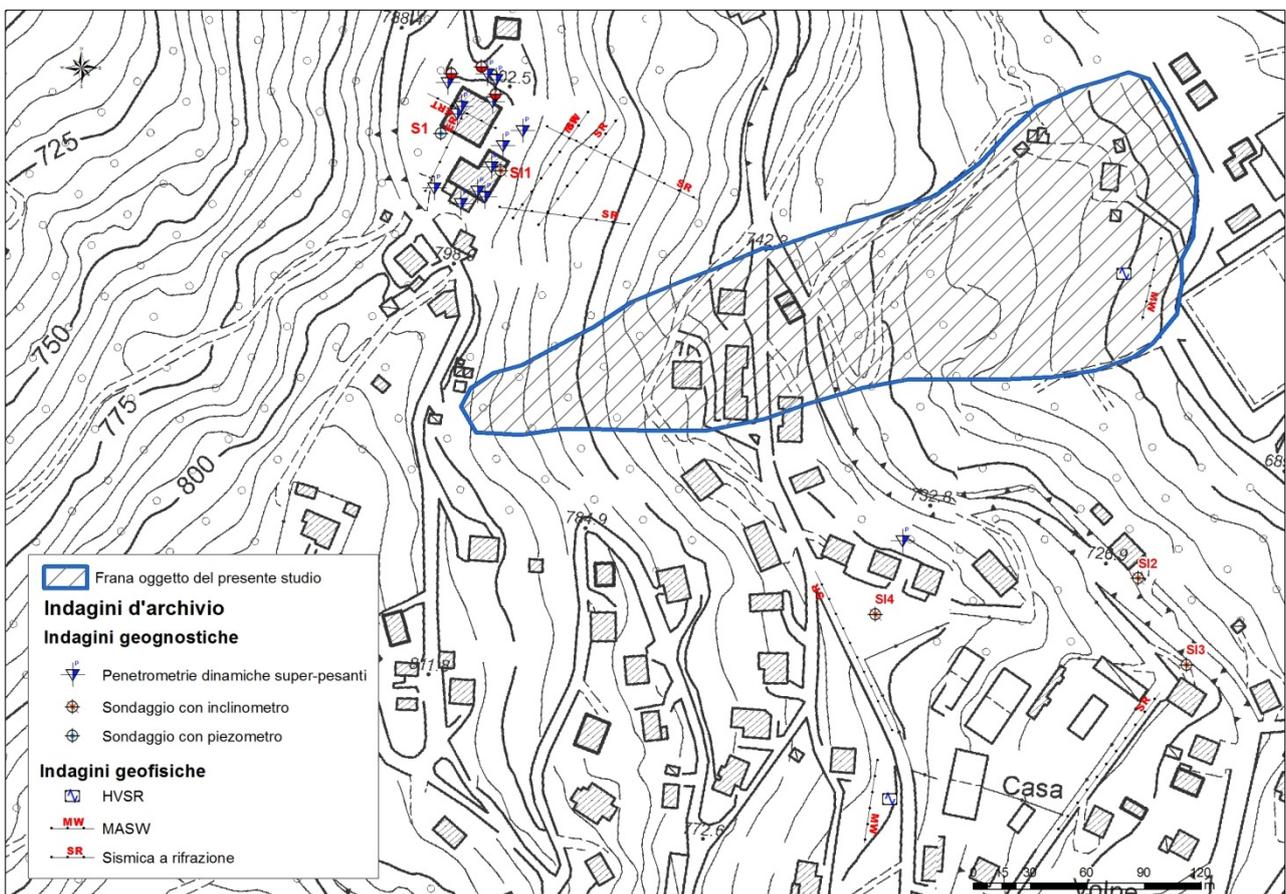


Figura 47 – Indagini geognostiche e geofisiche d'archivio all'interno ed in prosimità del corpo di frana oggetto del presente studio.

Ad integrazione delle prove pregresse, è stata eseguita una campagna di indagini ad hoc, in modo da rendere il più omogenea e completa possibile l'analisi geognostica e geofisica dell'area interessata da questo approfondimento di III livello dello studio di microzonazione sismica (Figura 48).

In particolare sono stati realizzati *ex-novo*:

- n. 2 MASW (*Multichannel Spectral Analysis of Waves*) finalizzate alla definizione dei profili di V_{sh} , sia all'interno che all'esterno del corpo di frana.
- n. 8 indagini di sismica passiva HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) finalizzate alla misura delle frequenze naturali del terreno, impiegando un tromografo digitale portatile; le misure sono state eseguite sia all'interno che all'esterno del corpo di frana.
- n. 1 profilo sismico a rifrazione, finalizzato alla definizione dello spessore e della geometria bidimensionale dei sismostrati presenti in corrispondenza del piede del corpo di frana.
- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo per la definizione del profilo stratigrafico in corrispondenza del piede del corpo di frana.

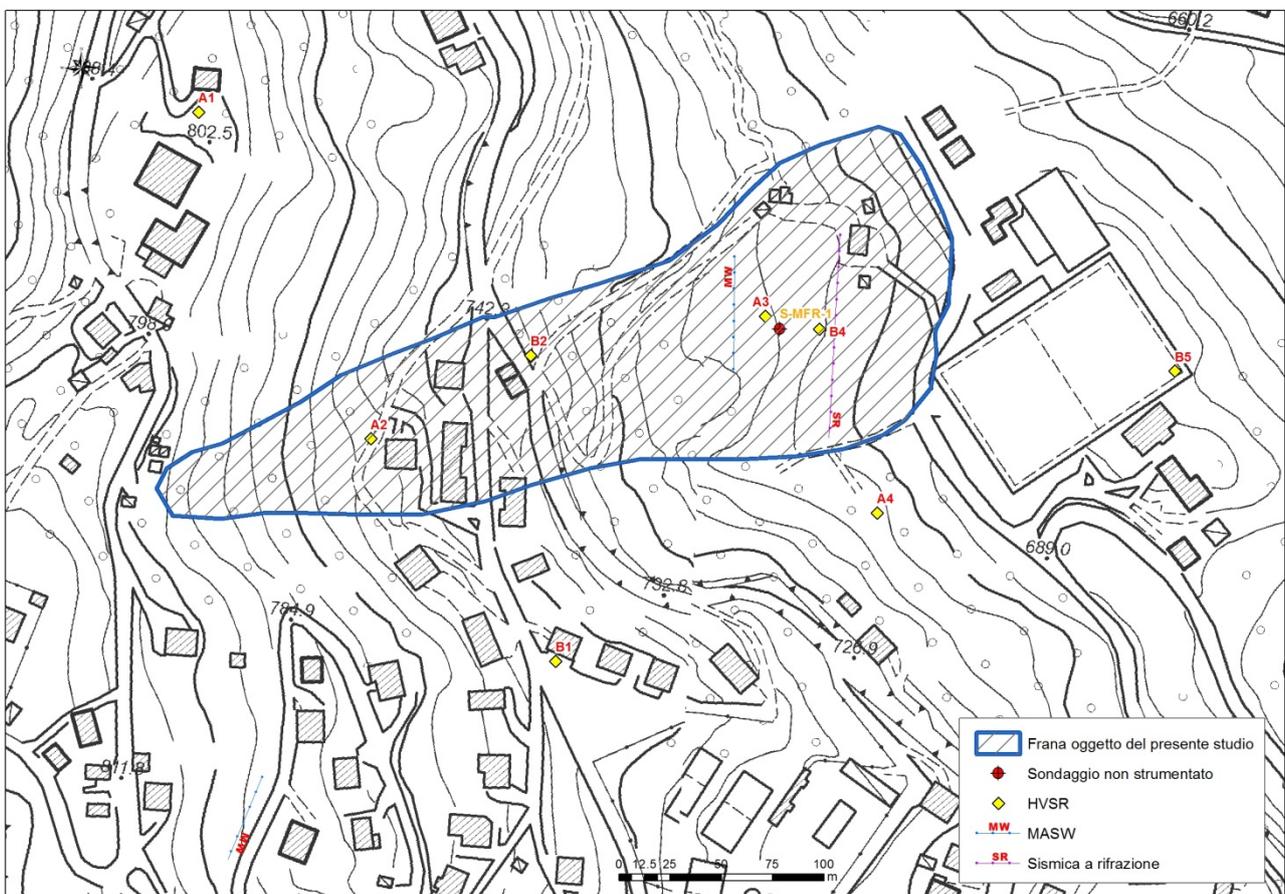


Figura 48 - Indagini geognostiche e geofisiche realizzate per questo studio.

Sondaggi a carotaggio continuo

Per quanto riguarda i sondaggi a carotaggio continuo, sia quelli d'archivio che quello realizzato per questo studio, le rispettive stratigrafie sono già state ampiamente descritte nel capitolo 5.2 a cui si rimanda.

Qui si ritiene utile mostrare quanto emerso dalle penetrometrie dinamiche in foro (SPT) eseguite all'interno degli stessi fori di sondaggio. In realtà, l'unico sondaggio in cui sono state effettuate prove SPT è stato l'S1, in corrispondenza del polo scolastico comunale. Le prove hanno interessato unicamente lo spessore detritico compreso tra 1,7 e 9 m, restituendo valori dell'angolo di attrito

di picco variabili tra 33° e 39°, con valore medio pari a 35°, in base alla correlazione di Dunham (1954) che lega il parametro geotecnico al valore di N_{spt} e di N_{60} per terreni con clasti angolari. Rispetto alle misurazioni inclinometriche effettuate in corrispondenza dei sondaggi SI1, SI2 ed SI4 (Figura 47 e Allegato 1) si è già ampiamente detto nel capitolo 4.4, a supporto delle interpretazioni geomorfologiche per l'area. Qui si ribadisce come, in corrispondenza del polo scolastico (SI1) e del sondaggio SI2, sia ipotizzabile uno stile deformativo riconducibile a scivolamento rotazionale: con due superfici a -6 e a -12 m in SI1 ed una superficie singola in SI2, a -3 m. In corrispondenza dell'SI4, lo stile deformativo è di puro *creep*, a partire da -3 m fino al piano campagna. I movimenti sono comunque molto lenti, al limite dell'errore strumentale, dell'ordine massimo di 1 mm/anno per SI2 e SI4. Diversa è la situazione per il polo scolastico, in cui la velocità è di 2 mm/6 mesi. Se si volesse, in via del tutto indicativa, normalizzare tale velocità ad 1 anno (per azzardare un paragone con le altre due aree in cui si ha un più ampio arco temporale di misurazione), si otterrebbe una velocità di 4 mm/anno che, se confermata da eventuali future misurazioni, potrebbe essere indicativa di movimenti di versante in atto a cinematica comunque lenta.

MASW

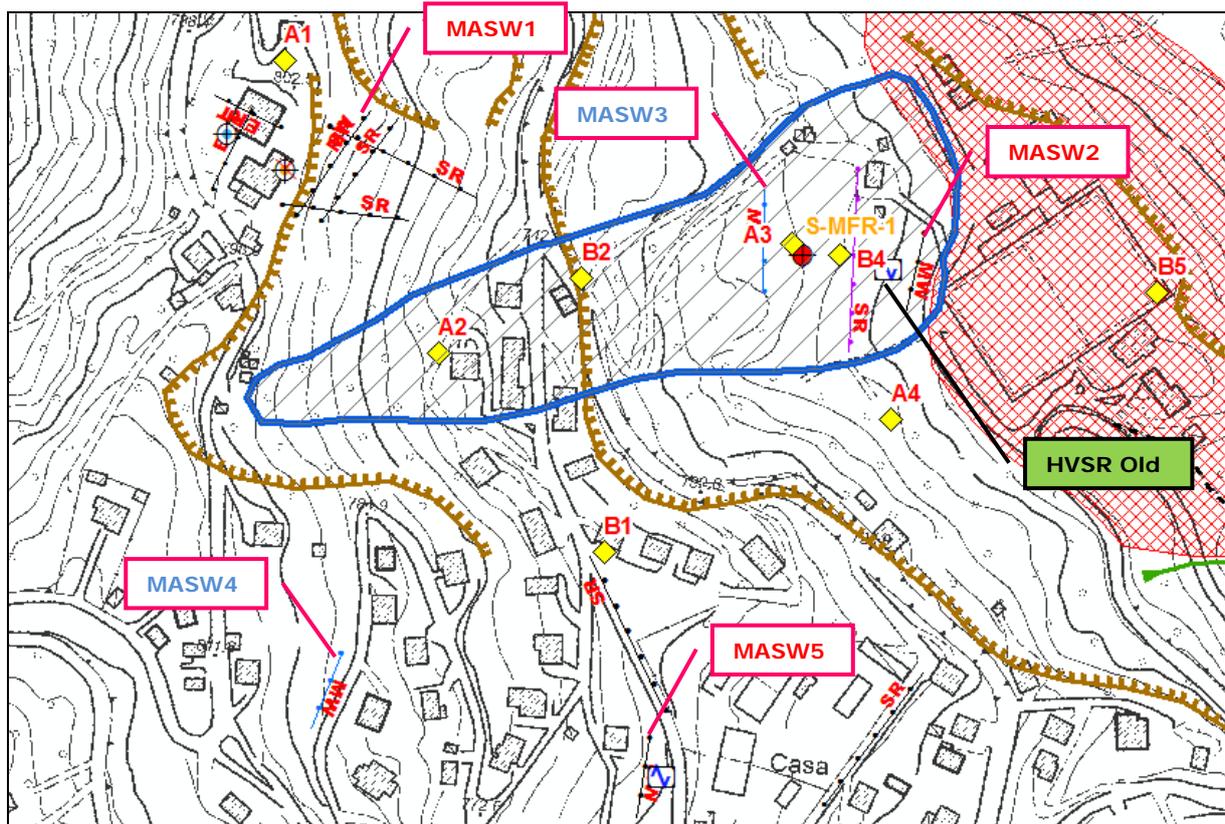


Figura 49 - Distribuzione delle misure con tecnica attiva su antenna sismica (MASW) all'interno ed all'esterno della frana in esame. Con etichetta rossa: misure d'archivio; con etichetta blu: misure eseguite per questo studio. HVSr: rombo giallo, nuova esecuzione. Orli di scarpata: in marrone; frana per scivolamento in blocco/DGPV: in graticciato rosso.

Come si vede da Figura 49, 3 indagini MASW sono state eseguite al di fuori della frana in studio, mentre 2 indagini sono state eseguite all'interno della frana, in particolare in corrispondenza del

piede della frana (MASW 2) e del settore medio-basso (MASW 3). In Allegato 3 si possono visionare i documenti relativi alle acquisizioni ed alle elaborazioni delle indagini MASW d'archivio e di nuova esecuzione.

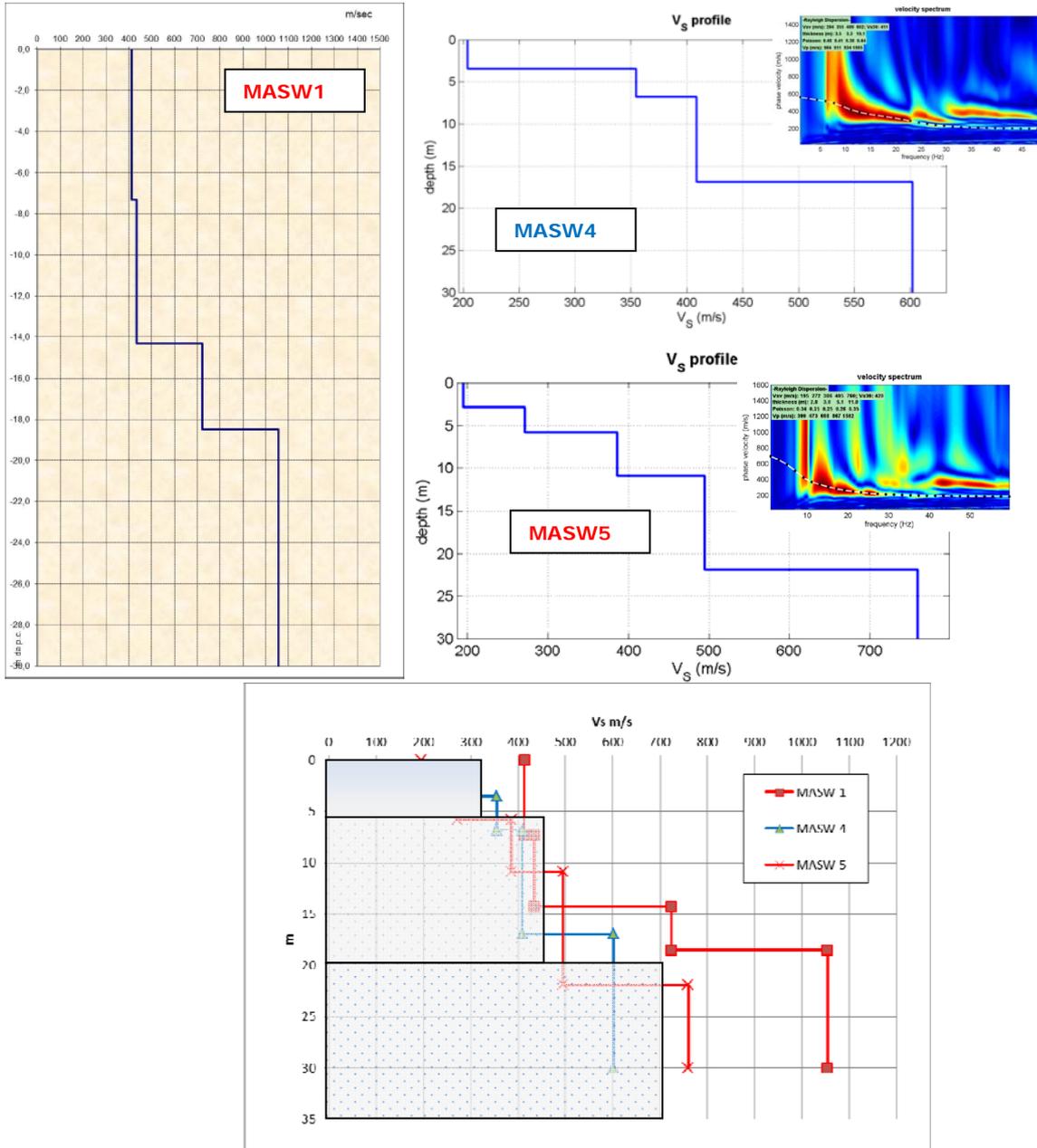


Figura 50 – Profili sismostratigrafici ricostruiti dalle indagini MASW eseguite al di fuori del corpo di frana.

I profili di Vs esterni al corpo di frana mostrano, fra loro, un andamento piuttosto simile per quel che riguarda le MASW 4 e 5, eseguite su presunto substrato affiorante (in base alle carte geologiche). Bassi valori di Vs caratterizzano i primi 5 m (con Vs fino a circa 300 m/s; da 5 a 20 m le Vs aumentano a circa 450–500 m/s; oltre, raggiungono massimi di 600–750 m/s.

Diverso è il profilo derivato dalla MASW 1, in corrispondenza della cresta su cui sorge il polo scolastico (sempre su presunto substrato affiorante). Qui, già dalla superficie, fino a 14 m, si

hanno V_s di 400 m/s, che aumentano a 700 m/s fino a 18 m per poi chiudere a 1000 m/s oltre i 18 m.

Da 15–20 m circa si può, quindi, identificare un passaggio comune ad un substrato che in MASW4 e MASW5 si può considerare ancora alterato, mentre in MASW1 è già paragonabile ad un bedrock sismico, quindi, probabilmente non alterato.

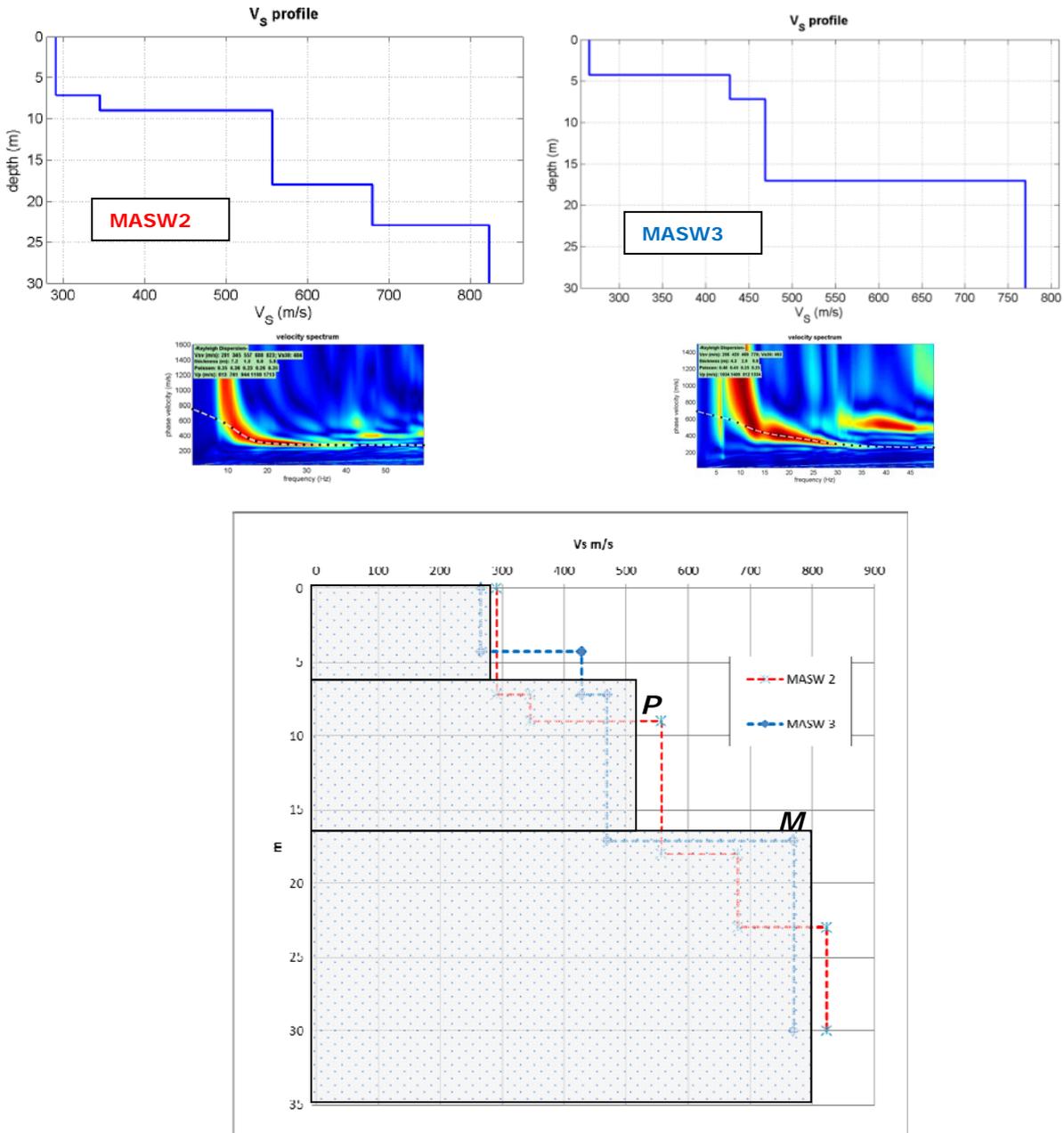


Figura 51 – Profili sismostratigrafici ricostruiti dalle indagini MASW eseguite all'interno del corpo di frana: nr.3 in zona mediana (M); nr. 2 al piede (P).

Anche all'interno del corpo di frana (Figura 51) è visibile la stessa transizione a circa 15–20 m al substrato rigido, alla stregua di quanto si osserva nelle condizioni “fuori-frana”, ma ad esclusione di MASW1. Per la MASW2 (al piede della frana), uno spessore maggiore, superficiale, rispetto alla MASW3 (in posizione mediana) è caratterizzato dai valori di V_s più bassi, quasi a validare l'ipotesi

geomorfologica di un maggior accumulo di frana al piede rispetto alla zona mediana. L'aumento della V_s con la profondità mostra, in MASW2, un andamento più graduale rispetto a MASW3. Da quanto emerge dalle misure con tecnica attiva su antenna sismica si nota una sostanziale omogeneità nei profili di V_s tra area in frana ed aree fuori-frana (Figura 52), con l'eccezione del profilo in MASW1 dove il substrato non alterato, assimilabile a bedrock sismico, è più superficiale e dove le V_s sono già su valori alti nei primi metri dal piano campagna, caratteristici di un detrito estremamente addensato o di un substrato roccioso alterato.

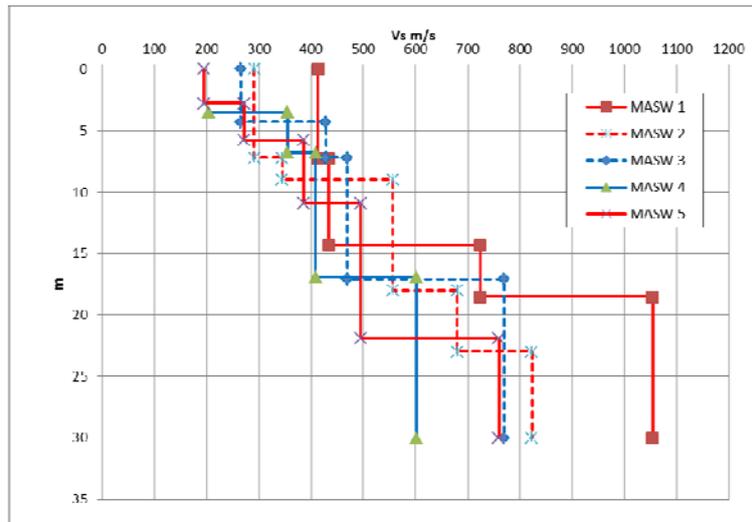


Figura 52 – Confronto tra i profili sismostratigrafici ricostruiti dalle indagini MASW eseguite **all'interno** del corpo di frana (linee tratteggiate) ed **all'esterno** del corpo di frana (linee continue).

Questa sismostratigrafia potrebbe indicare un deposito di frana di spessore variabile da 5 a 7 m, progressivamente crescente da monte verso valle. Il deposito si sovrappone al substrato roccioso alterato, con grado di alterazione maggiore nel settore di monte rispetto a quello di valle. Il passaggio al substrato rigido avviene a profondità minori nel settore di monte rispetto a quello di valle.

Nella parte esterna alla frana, a 2 m si raggiungono i più bassi valori di V_s , ovvero 200 m/s. Questo spessore si può identificare con la coltre detritica superficiale che dà origine ai fenomeni di creep evidenziati dalle letture inclinometriche. L'andamento della rigidità del terreno risulta omogeneo nei primi 6–7 m mentre si ha un passaggio più superficiale al bedrock nel settore di valle rispetto a quello di monte.

HVSR

Le misure H/V (Figura 49, Figura 53 e Allegato 4) non hanno evidenziato massimi significativi ($2 \leq H/V \leq 3$) e non sono state nemmeno rilevate significative variazioni spaziali (dentro e fuori il corpo di frana), solo qualche scostamento intorno al valore di frequenza pari a **4 Hz**. Dunque non sembrano essere presenti variazioni verticali di rigidità significative, né dentro, né fuori frana. Ciò può indicare la presenza diffusa, in tutta l'area indagata, di una coltre detritica caratterizzata da un alto grado di addensamento che non consente di distinguerla nettamente dal substrato roccioso (ancorché alterato).

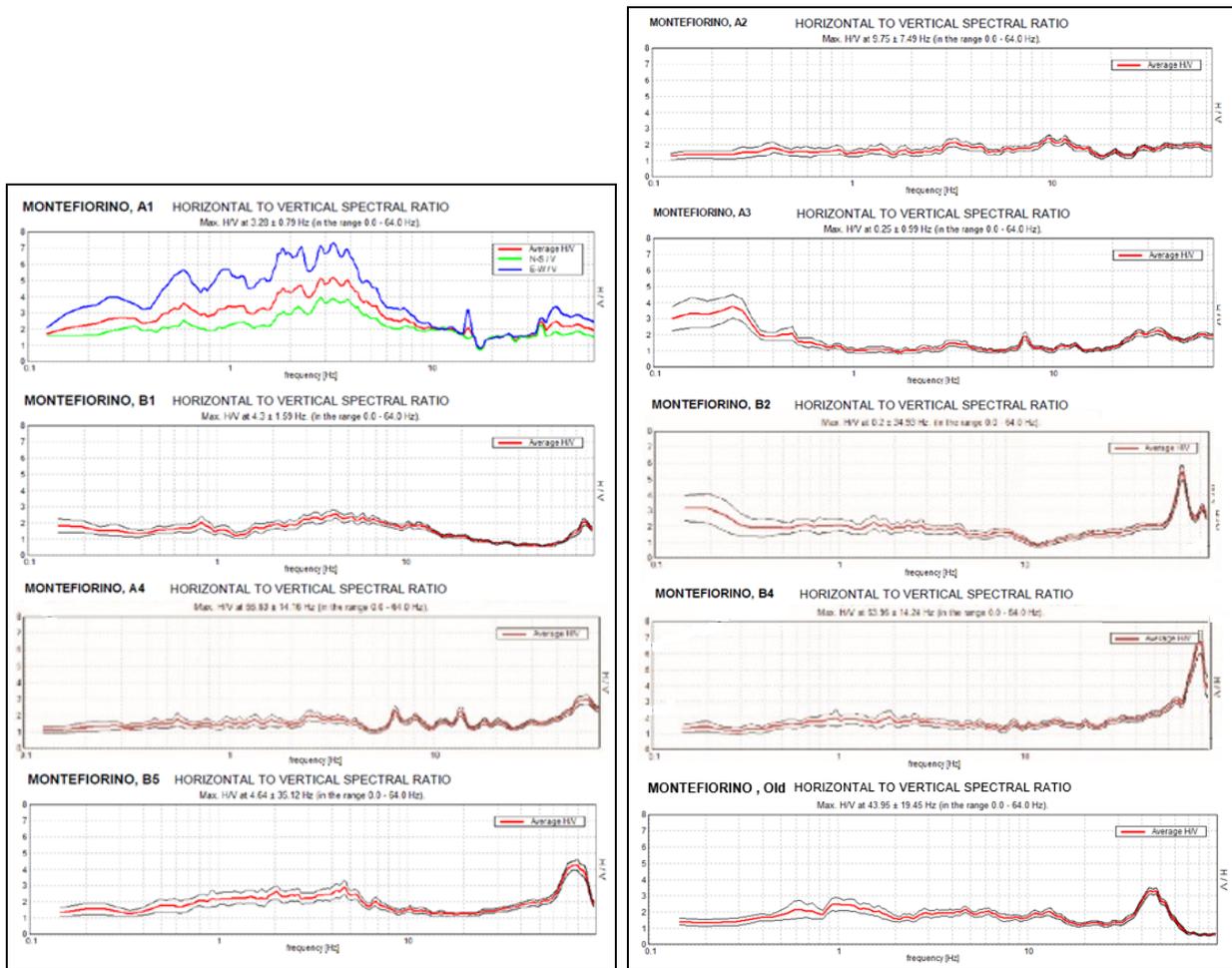


Figura 53 – Curve H/V ricavate dalle indagini HVSR effettuate **esternamente** (sinistra) ed **internamente** (destra) al corpo di frana.

Dal confronto tra i risultati delle indagini MASW e HVSR si può, in conclusione, ipotizzare che il deposito di frana abbia raggiunto un grado di consolidazione rilevante, forse proprio a seguito della sua mobilitazione e riorganizzazione e di un lungo periodo di quiescenza. Con apparente paradosso, la coltre eluvio-colluviale, non interessata da fenomeni di dissesto, ha mantenuto un grado di addensamento minore rispetto al deposito superficiale della frana.

Sismica a rifrazione

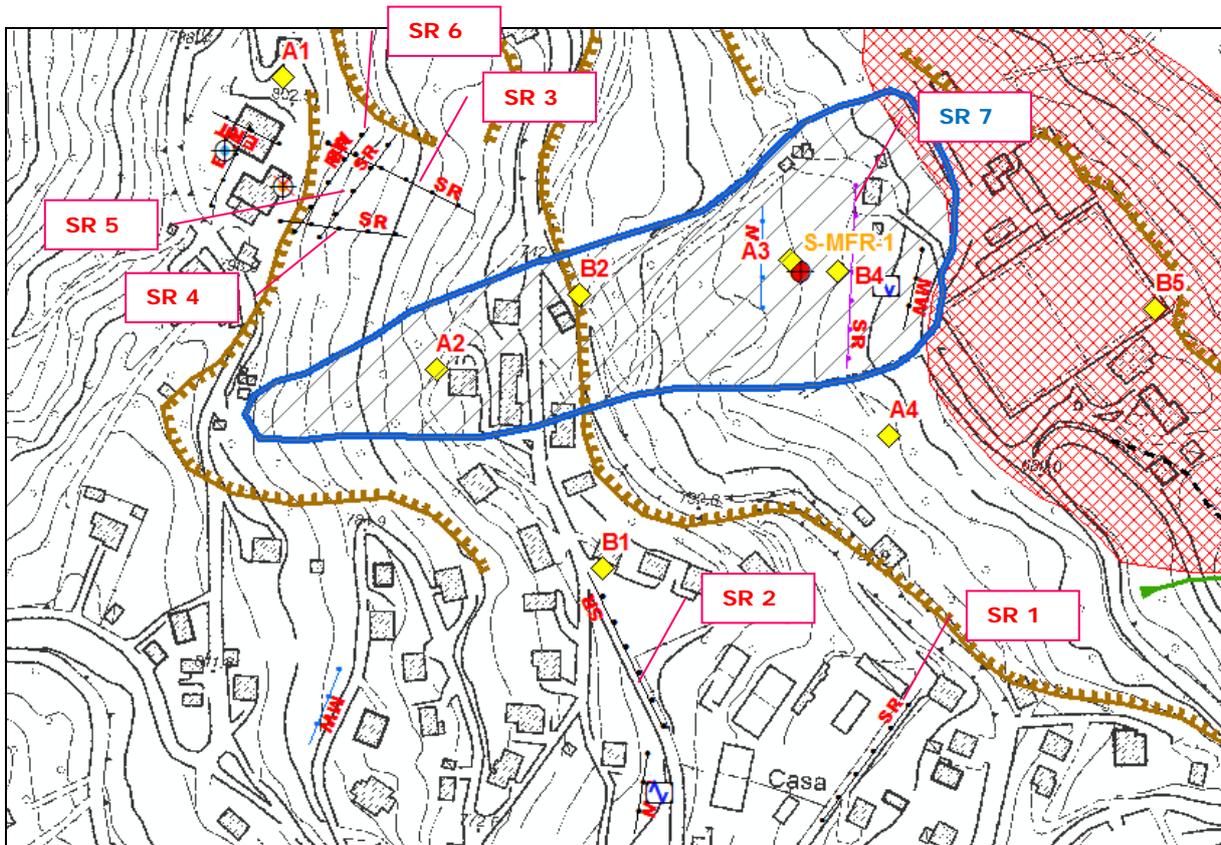
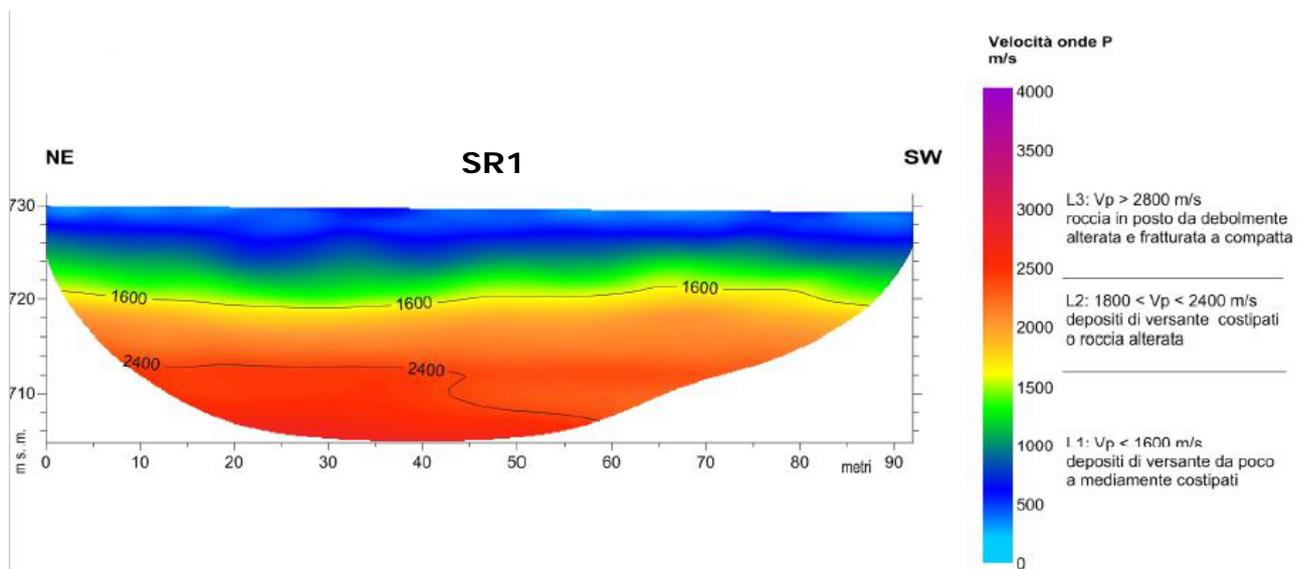
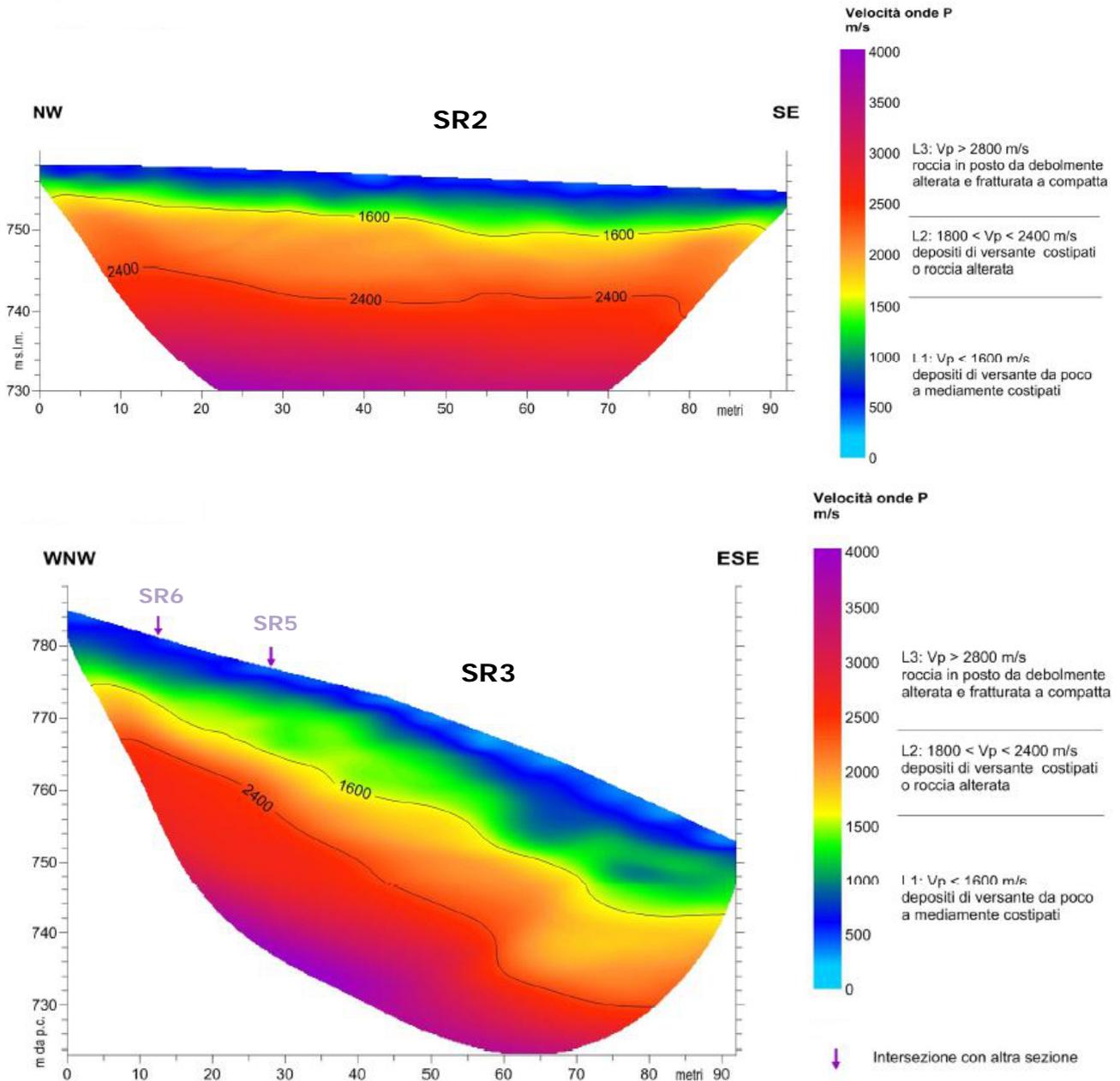


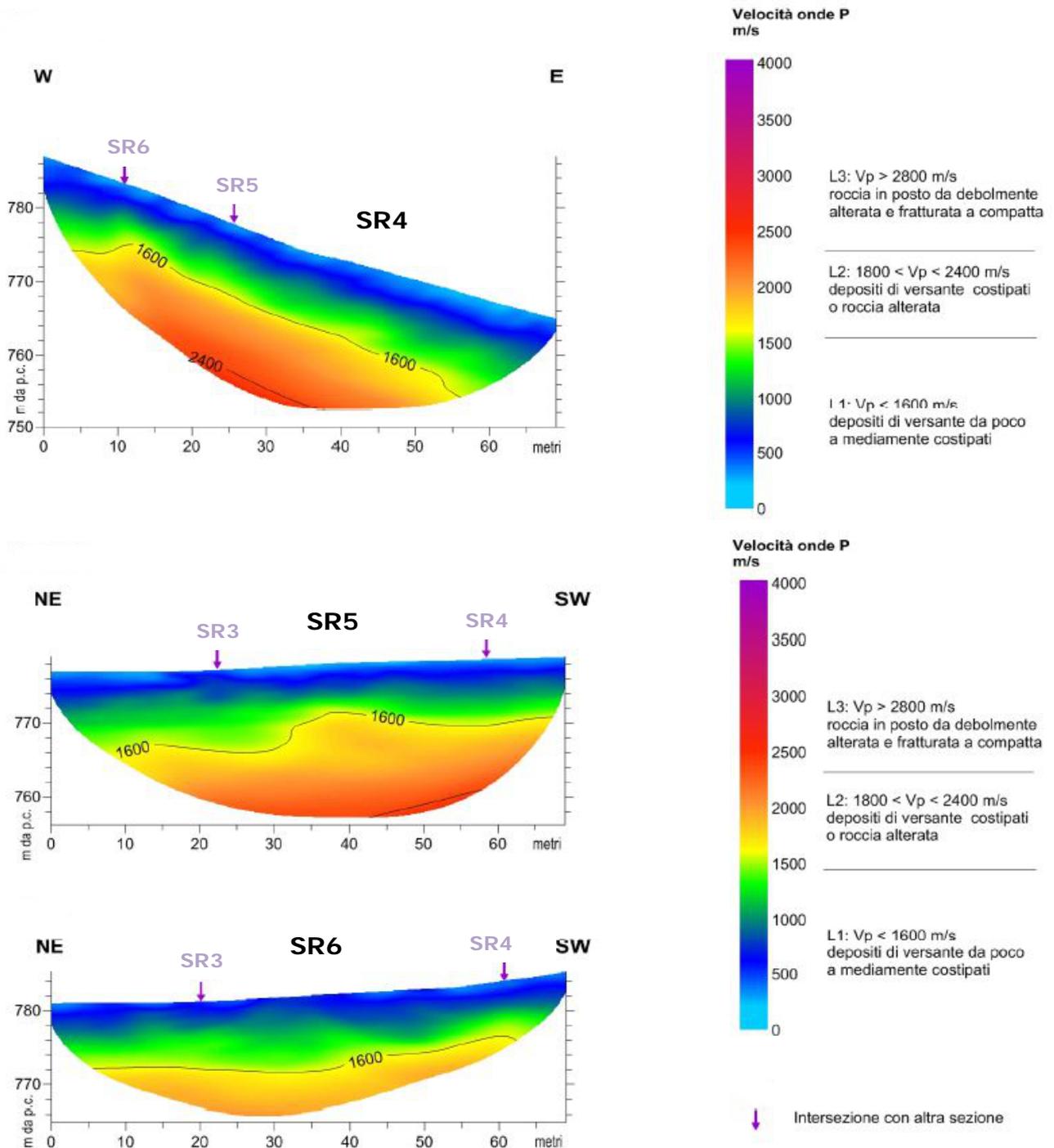
Figura 54 – Distribuzione degli stendimenti per sismica a rifrazione all'interno ed all'esterno della frana in esame. Con etichetta rossa: misure d'archivio; con etichetta blu: misure eseguite per questo studio. Orli di scarpata: in marrone; frana per scivolamento in blocco/DGPV: in rosso.



COMUNE DI MONTEFIORINO – PROVINCIA DI MODENA
 MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
 RELAZIONE ILLUSTRATIVA



COMUNE DI MONTEFIORINO – PROVINCIA DI MODENA
 MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
 RELAZIONE ILLUSTRATIVA



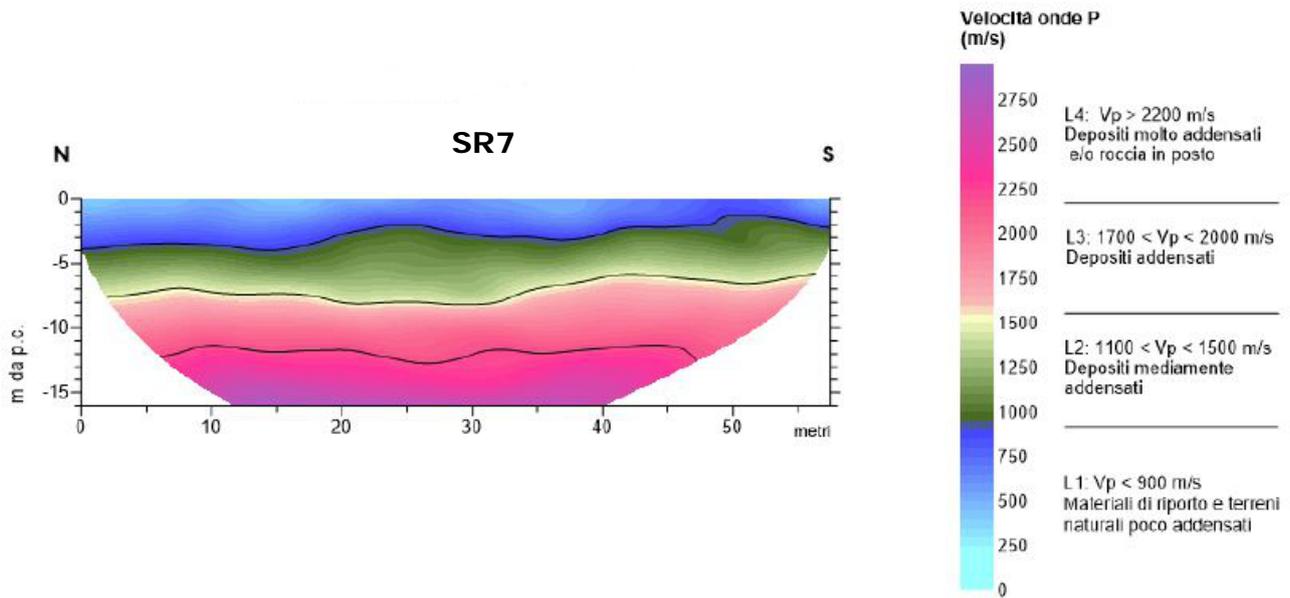


Figura 55 – Tomografie sismiche a rifrazione eseguite all'interno del corpo di frana in esame per questo studio (SR7) e d'archivio, esterne al corpo di frana (SR1–SR6). Per l'ubicazione degli stendimenti si veda figura 54.

Dalle tomografie sismiche (vedasi anche l'Allegato 5) è possibile individuare una coltre detritica superficiale, da poco a mediamente addensata, di spessore spazialmente piuttosto omogeneo, variabile da **8 a 10 m**. Lo spessore aumenta leggermente in corrispondenza del piede del corpo di frana in esame, raggiungendo 11–16 m. A questo deposito superficiale segue un livello formato da materiale addensato (o substrato roccioso alterato), di spessore molto più variabile spazialmente e con valore massimo pari a **15 m**. Alla profondità media di circa **20 m** si può individuare il passaggio dal materiale addensato (o substrato roccioso alterato) al substrato roccioso non alterato, con un massimo di profondità a circa 25–30 m al piede del corpo di frana in esame.

Lo spessore massimo del detrito risulta simile a quanto rilevato dalle indagini MASW. Diversa, tra i due tipi di prova, sembra essere la profondità a cui si può collocare il passaggio al substrato non alterato: dalle MASW risulta intorno ai 15–25 m, mentre dalle rifrazioni il passaggio sembrerebbe spostarsi a profondità maggiori, circa 20–30 m.

Nella sostanza, le tomografie sismiche confermano la sismostratigrafia locale individuata dalle altre indagini ed un progressivo aumento della rigidità dei materiali con la profondità.

7. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Le indagini **MASW** hanno fornito nel complesso buoni risultati. In generale, le acquisizioni effettuate hanno permesso di registrare un segnale sismico sufficientemente chiaro da consentire una elaborazione che ha dato risultati attendibili per le aree in studio, confrontabili con le evidenze geomorfologiche e, soprattutto, con le stratigrafie ricavate dai sondaggi geognostici.

Si premette che la situazione ideale per l'effettuazione di un'acquisizione sismica attiva con metodo MASW è quello di avere una superficie topografica pianeggiante con una stratificazione nel sottosuolo piano-parallela alla superficie topografica.

Partendo da questo presupposto appare evidente che le zone montane sulle quali sono state effettuate le indagini geofisiche non corrispondono ad una situazione ideale. Proprio per questo in alcuni siti di indagine si sono presentate le seguenti problematiche:

- Irregolarità della superficie topografica delle aree su cui è stato eseguito lo stendimento sismico. In questi casi si è cercato comunque di utilizzare al meglio lo spazio a disposizione cercando di posizionare i geofoni secondo un allineamento il più orizzontale possibile.
- Inclinazione dei versanti. Alcune aree su cui sono state effettuate le indagini presentano diversi gradi di pendenza, situazione non ideale che ha generato treni d'onda anomali nei sismogrammi.
- La presenza di un sottosuolo con andamento stratigrafico irregolare e non piano-parallelo e talvolta la presenza di un substrato sub-affiorante hanno fatto registrare un segnale sismico non regolare con treni d'onda anomali che si discostavano dall'andamento generale.

In fase di elaborazione i sismogrammi sono stati filtrati e selezionati in modo da tagliare eventuali distorsioni ed anomalie. Questo ha permesso di utilizzare tutte le acquisizioni effettuate, seppur in alcuni casi l'interpretazione effettuata presenti alcune incertezze.

Per quanto riguarda le indagini **HVSR**, al fine di determinare la qualità delle singole misure H/V effettuate e la loro relativa affidabilità, necessaria per una corretta fase interpretativa, si è provveduto alla classificazione delle prove valutando, in accordo con i più recenti studi in materia, le caratteristiche dei fondamentali principi su cui si basa la tecnica di indagine a sismica passiva utilizzata.

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione.

Considerato che le indagini HVSR sono state eseguite, nella maggior parte dei casi, in aree isolate e prive di sorgenti che possano arrecare disturbo all'acquisizione, si possono ritenere valide le registrazioni effettuate.

L'indagine ha previsto una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione è stata effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata di 20 minuti.

Successivamente si è proceduto all'elaborazione utilizzando il software WINMASW della Eliosoft; dopo aver eseguito un'operazione detta di *windowing*, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Queste finestre vengono filtrate in base a criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Al termine dell'elaborazione, per ogni acquisizione è stato valutato l'andamento complessivo della curva H/V, prestando particolare attenzione, durante la fase di elaborazione, alla plausibilità fisica della curva stessa, verificabile attraverso l'individuazione di massimi caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale.

Per quanto riguarda lo stendimento a **sismica a rifrazione** eseguito all'interno del corpo di frana per questo studio (Figura 55, SR7) non sono state incontrate particolari difficoltà d'esecuzione e d'interpretazione. L'unità sismica più superficiale è caratterizzata da una graduale diminuzione di spessore da N verso S, passando da circa 4 m a meno di 2 m di spessore. L'andamento dell'interfaccia tra le unità L1 e L2 risulta sostanzialmente regolare e privo di variazioni nette di quota; esso è chiaramente definito dalla variazione del gradiente delle curve di iso-velocità. L'unità sismica L2 presenta spessori compresi tra 3 e 6 m, tendenzialmente in diminuzione verso N, ma con variazioni locali evidenti, mentre il gradiente di velocità tende ad aumentare al passaggio all'unità sottostante. L'interfaccia L2/L3 ha andamento regolare ma con oscillazioni locali che, come detto, portano a variazioni di spessore nell'unità L2; si osserva inoltre un leggera immersione verso N. L'unità L3 tende ad avere spessore più costanti rispetto alle soprastanti unità, e tuttavia si osserva un leggero incremento da N a S con spessori che passano da 3 a 4 m circa. L'andamento dell'interfaccia L3/L4, a differenza delle interfacce soprastanti, è sub-orizzontale e con oscillazioni modeste. L'unità più profonda individuata con l'indagine sismica è la L4 che si approfondisce almeno fino a -16 m da p.c.

Per quanto riguarda il **sondaggio geognostico** eseguito all'interno del corpo di frana, è da sottolineare l'elevata difficoltà di avanzamento nelle operazioni di carotaggio continuo già nella coltre detritica superficiale, molto addensata e ricca di materiale litoide. La disgregazione, operata dal carotiere, del substrato roccioso alterato non ne ha agevolato la distinzione visiva rispetto al detrito superficiale. Tale distinzione è stata pertanto eseguita sulla base della sola differenza di colore: l'ocra del detrito, indicativo di un terreno maggiormente soggetto a processi di ossidazione; ed il grigio-scuro del substrato alterato. Più agevole è stata l'individuazione del substrato flyschoidale non alterato, identificabile nei tratti di carotaggio dove frequenti sono i segmenti litoidi (arenarie ed argilliti) non fratturati.

8. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

In questo capitolo verranno brevemente riassunti i risultati della microzonazione sismica di I e II livello nell'area d'indagine. Si darà, quindi, ampio spazio alla descrizione della metodologia seguita per le analisi di III livello ed alla discussione dei risultati.

8.1. La microzonazione di I e II livello nell'area d'indagine (sintesi)

I risultati delle indagini di microzonazione sismica di I e II livello, eseguiti dallo scrivente, mostrano per l'area in esame la presenza di una frana attiva, di tipologia non definita, identificata dal codice "3015", al cui interno è presente un'unica misurazione di rumore ambientale nella zona di accumulo, con un valore di frequenza fondamentale pari a 6,3 Hz, indicativo della presenza di una superficie risonante relativamente superficiale (Figura 56).

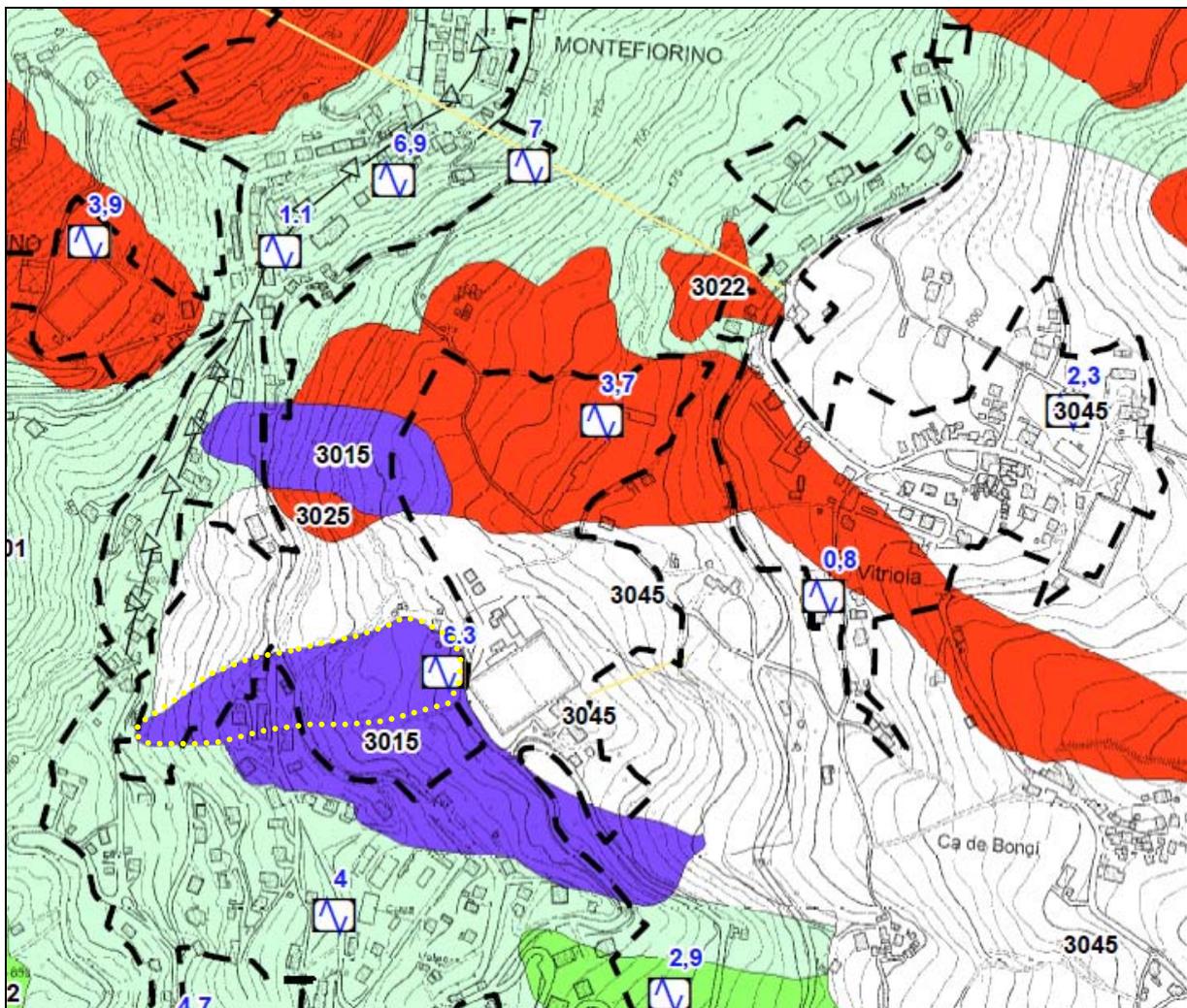


Figura 56 – Stralcio della "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" del Comune di Montefiorino (2015). Il perimetro giallo punteggiato identifica la frana oggetto di studio. Per la legenda si veda Figura 57.



Figura 57 - Legenda della carta di figura 56.

Il valore della frequenza fondamentale ha un'ampiezza del picco inferiore a 3, indicativa di un contrasto di rigidezza tutto sommato basso, come ampiamente confermato da altre indagini HVSR eseguite all'interno ed all'esterno del corpo di frana (vedasi capitolo 6). La $V_{SH=9}$ è risultata pari a 300 m/s, mentre le tre carte di microzonazione sismica di II livello identificano l'area come **zona suscettibile di instabilità** di versante, con settori in cui vi può essere amplificazione topografica per inclinazioni superiori a 15° (Figura 58).

Le zone suscettibili di instabilità sono aree nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre ai fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del terreno (instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili). Fanno parte di questa categoria le zone suscettibili di instabilità di versante ed in queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Nel seguente capitolo 8.2 verranno, pertanto, presentati la metodologia ed i risultati dell'analisi di microzonazione sismica di III livello eseguita per l'area in esame, i cui dati sono stati già ampiamente descritti nei capitoli precedenti, derivati da: analisi geomorfologica di dettaglio, indagini geognostiche e geofisiche.

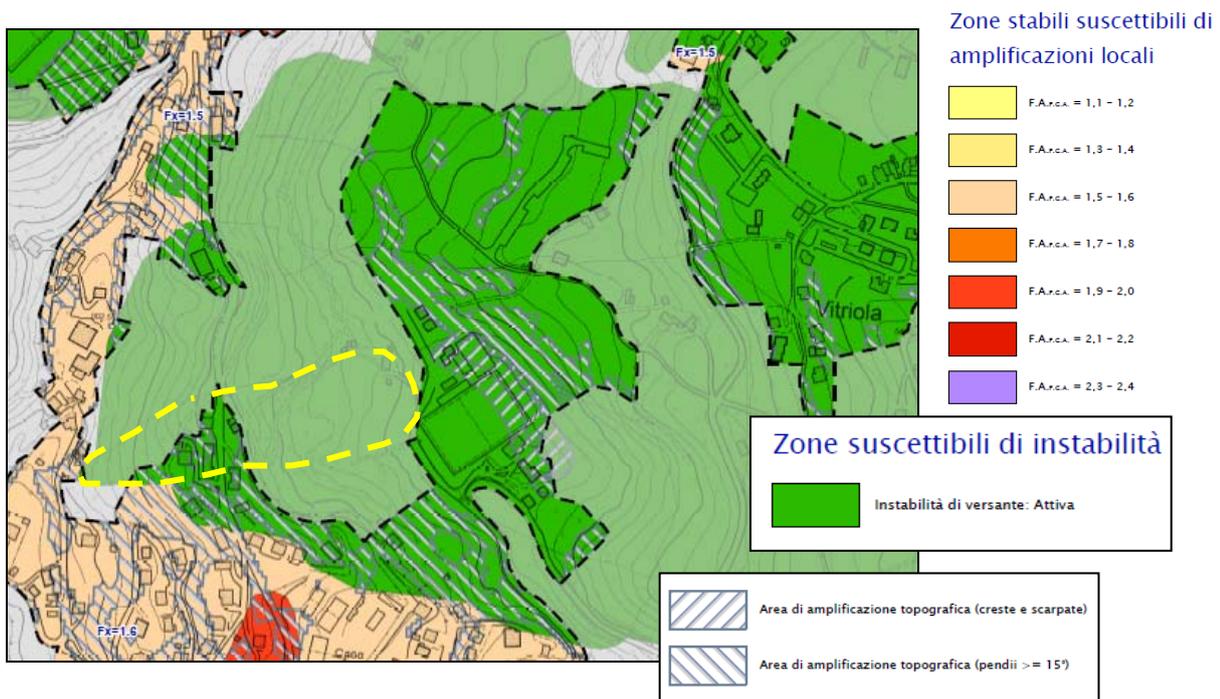


Figura 58 – Stralcio della “Carta di microzonazione sismica di II livello” del Comune di Montefiorino. Il perimetro giallo tratteggiato identifica la frana in esame.

8.2. Analisi di III livello per l'area d'indagine

Le elaborazioni propedeutiche alla valutazione della pericolosità locale, a cura del Prof. D. Albarello, sono contenute nella relazione in Allegato 6-CD, redatta per tutte le tre aree da sottoporre ad analisi di III livello all'interno dei tre Comuni dell'Unione. Le elaborazioni propedeutiche hanno permesso di ricavare:

- i profili di velocità delle onde S rappresentativi del volume instabile (corpo di frana) e del substrato;
- il rapporto di smorzamento del materiale all'interno del corpo di frana;
- i profili di deformazione all'interno del corpo di frana;
- una stima della geometria della superficie di scivolamento;
- gli spettri elastici di risposta, sia in termini di pseudo-velocità che di pseudo-accelerazione al basamento sismico e alla superficie del corpo di frana;
- l'amplificazione relativa ai valori di PGA e dell'Intensità di Housner nei periodi 0.1–0.5s e 0.5–1s;
- I fattori di amplificazione (FA) in accelerazione relativi ai bassi periodi, FV per alti periodi e Ft (topografica) sulla base di una modellazione 2D lungo sezioni rappresentative;
- gli accelerogrammi in superficie.

Gli obiettivi sopra elencati sono stati raggiunti attraverso:

- modellazione numerica 1D della risposta sismica locale (in campo lineare equivalente), includendo l'effetto delle possibili incertezze sui dati di base e valutando per le diverse parti dell'area di studio:
 - lo spettro di risposta elastico (al 5% di smorzamento),
 - i parametri dello spettro semplificato previsto dalla normativa che meglio di adatti allo spettro di risposta ottenuto dalle analisi numeriche e
 - i possibili accelerogrammi di riferimento per la eventuale verifica in campo dinamico delle strutture.
- modellazione numerica 2D della risposta sismica locale nelle aree dove gli effetti topografici potrebbero potenzialmente alterare la risposta sismica locale stimata mediante la modellazione 1D.

Di seguito verranno proposte le sole elaborazioni per l'area in frana di Montefiorino, a cui seguirà l'analisi di pericolosità da instabilità di versante, a cura dello scrivente, rimandando alla succitata relazione a cura del Prof. D. Albarello per maggiori dettagli.

L'analisi di pericolosità ha come obiettivo finale il calcolo del **massimo spostamento co-sismico del corpo di frana**, qui eseguito secondo la metodologia di Newmark (1965). I valori di spostamento co-sismico sono infatti utilizzati dalle linee guida nazionali come indice della pericolosità locale per frane sismo-indotte.

8.2.1. Inversione congiunta delle curve di dispersione ed H/V

Come si è visto, l'esame esplorativo delle curve di dispersione e delle curve H/V (Capitolo 6) non mostra la presenza di possibili transizioni significative (si legga "contrastati di impedenza evidenti") negli spessori più superficiali dell'area indagata. Questo implica la necessità di definire, almeno in via approssimata, la posizione del substrato rigido (ovvero il "bedrock sismico") dove applicare il moto sismico di riferimento e valutare gli effetti della risposta sismica locale. Inoltre, allo scopo di eseguire analisi di risposta sismica locale è necessario vincolare il profilo di velocità delle onde di taglio nelle diverse parti dell'area di studio.

Sono state quindi eseguite delle inversioni congiunte relative alle curve di dispersione ed alle curve H/V corrispondenti (figure 59 e 60) utilizzando una procedura agli Algoritmi Genetici (p.es., Picozzi e Albarello, 2007; Albarello et al., 2011) che permette di gestire la marcata non linearità del problema consentendo, nel contempo, di stimare le incertezze relative ai risultati ottenuti. Quest'ultimo punto è di estrema importanza per la valutazione della risposta sismica locale in chiave di sicurezza sismica in quanto permette di effettuare valutazioni conservative della risposta sismica locale. Il metodo è basato sull'assunzione di una configurazione del sottosuolo essenzialmente 1D almeno alla scala delle misure effettuate localmente (in pratica degli stendimenti MASW considerati). Le misure tomografiche in onde P condotte in questo studio confermano la validità dell'ipotesi per la zona di studio.

Nel complesso sono state eseguite inversioni congiunte relativamente ai siti nei box verdi in Figura 59. I risultati prodotti dalle inversioni sono riportati in Figura 61. Per ogni sito, la procedura di inversione è stata eseguita almeno 10 volte in modo da esplorare in modo più completo lo spettro delle possibili soluzioni. Come si vede, l'impiego dell'approccio qui considerato, consente anche

una stima di massima del livello di incertezza associato alle stime del profilo di Vs infine determinato. Questo elemento è assai importante ai fini di una stima cautelativa dei possibili effetti di amplificazione stratigrafica indotti dalle coperture nell'area di studio.

In generale, al netto delle notevoli incertezze relative ai modelli sismostratigrafici prodotti dalle inversioni, nelle due zone interne al corpo di frana sembra possibile collocare il substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) a profondità prossime ai 40 m; nella zona esterna, la profondità del bedrock sismico sembra essere più profonda, tra i 60 e i 90 m. Per tutte le aree, la profondità del bedrock risulta comunque al di sotto dei livelli raggiungibili con misure standard in foro. Coerentemente con le interpretazioni speditive, le inversioni mostrano la presenza di una transizioni nella rigidità dei terreni a profondità che variano dai 10 ai 20 metri, anche se non troppo marcata. La discontinuità prossima i 10 m potrebbe corrispondere alla superficie di contatto tra lo spessore detritico di frana ed il substrato alterato; la discontinuità prossima ai 20 m potrebbe invece rappresentare la superficie di contatto tra il substrato alterato ed il substrato non alterato.

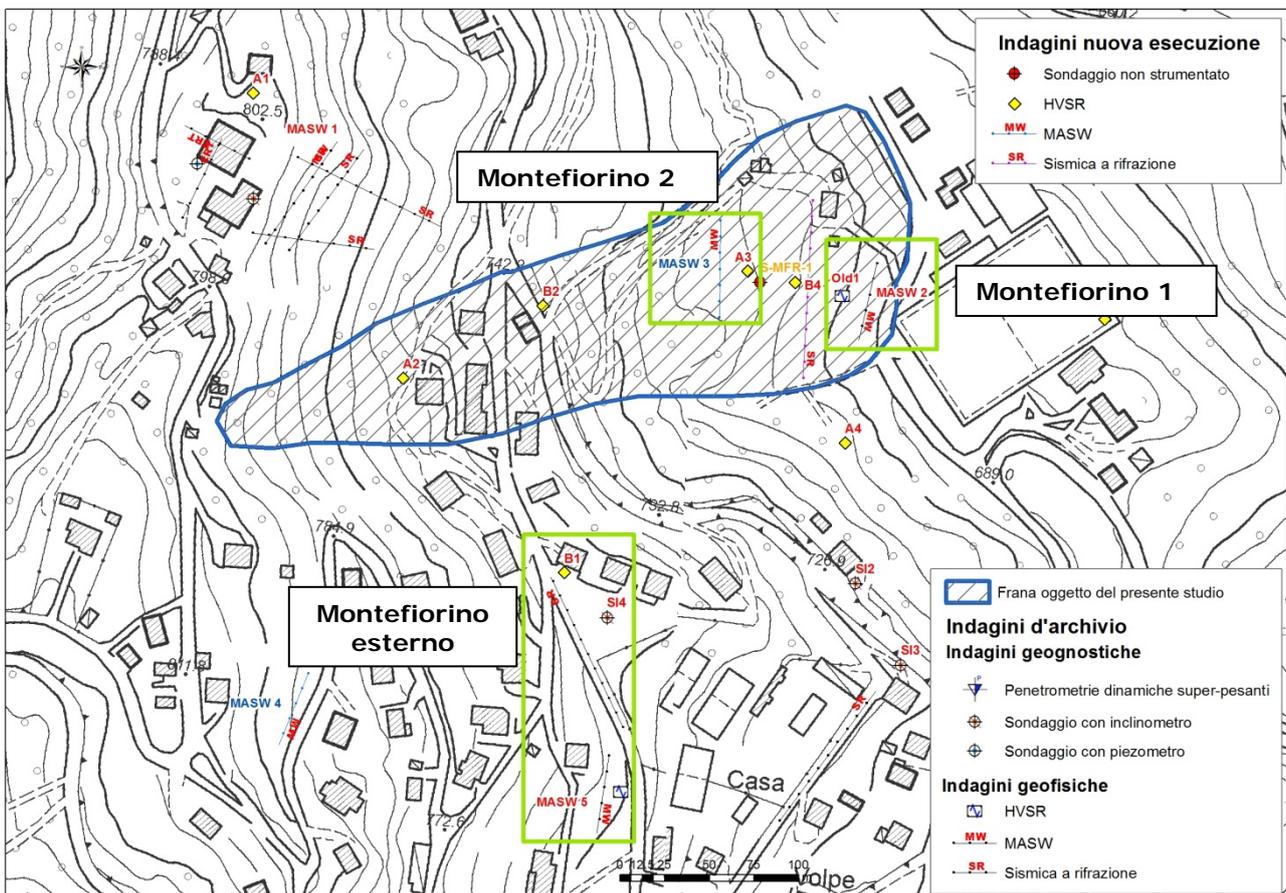
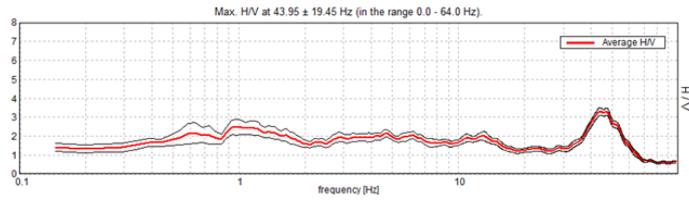
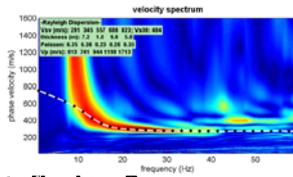
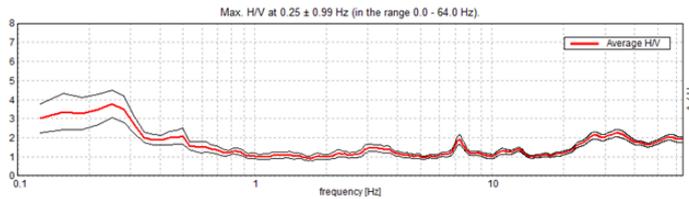
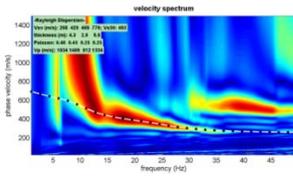


Figura 59 – Individuazione dei siti in cui sono state eseguite le inversioni congiunte (box in verde). In figura 60 sono riportate le coppie MASW/HVSR per ogni sito.

Montefiorino 1



Montefiorino 2



Montefiorino esterno

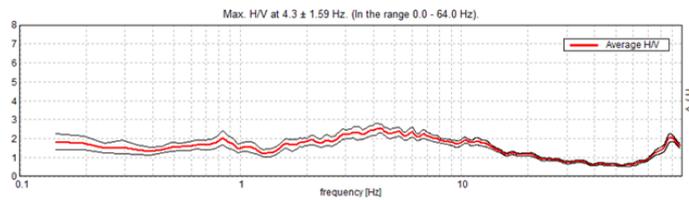
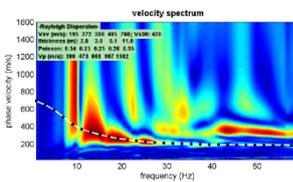
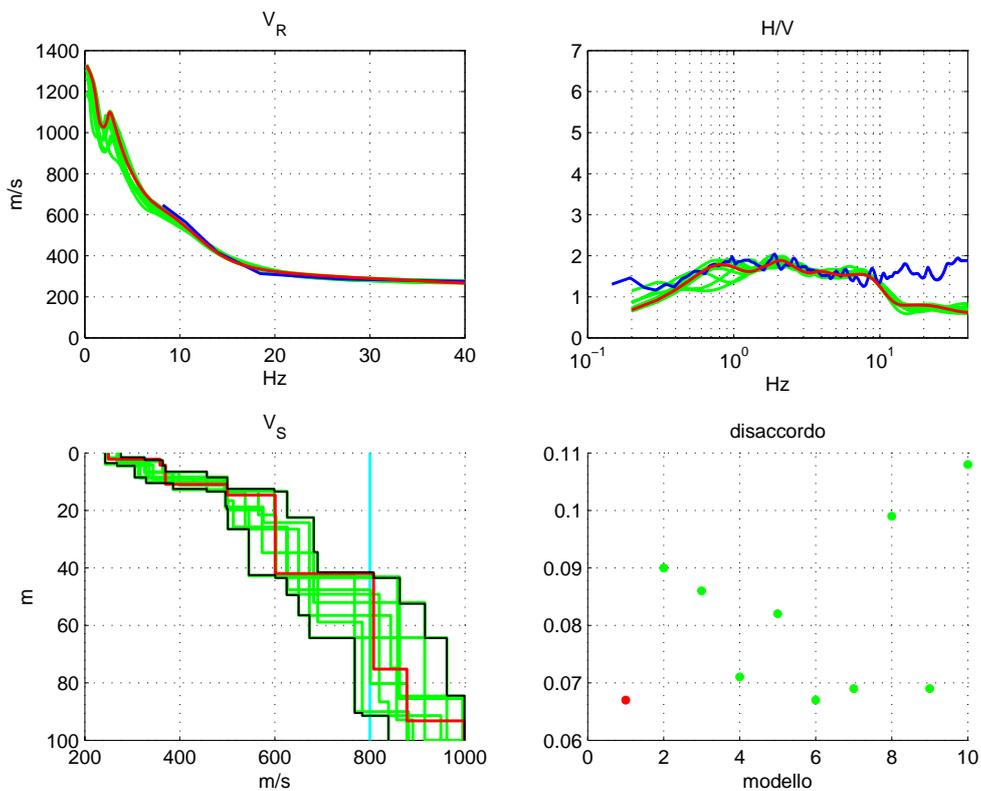
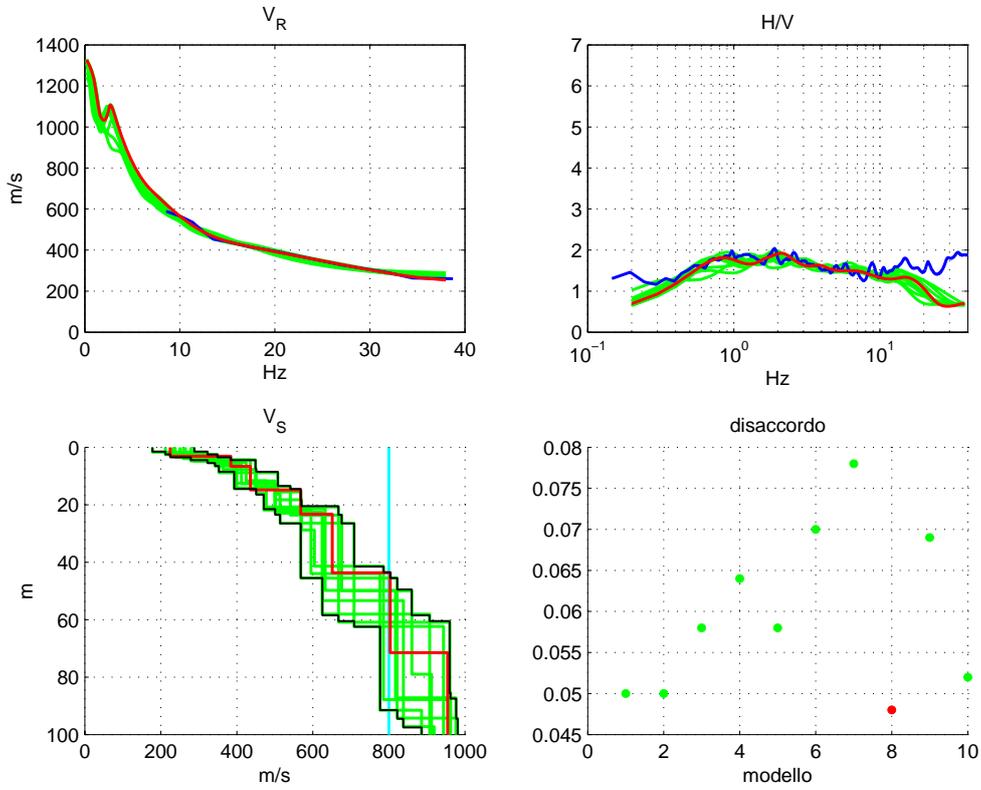


Figura 60 – Coppie MASW/HVSR utilizzate nei ter siti individuati dai box verdi fi figura 59 per condurre le inversioni congiunte.

Inversione congiunta in “Montefiorino 1”



Inversione congiunta in “Montefiorino 2”



Inversione congiunta in “Montefiorino esterno”

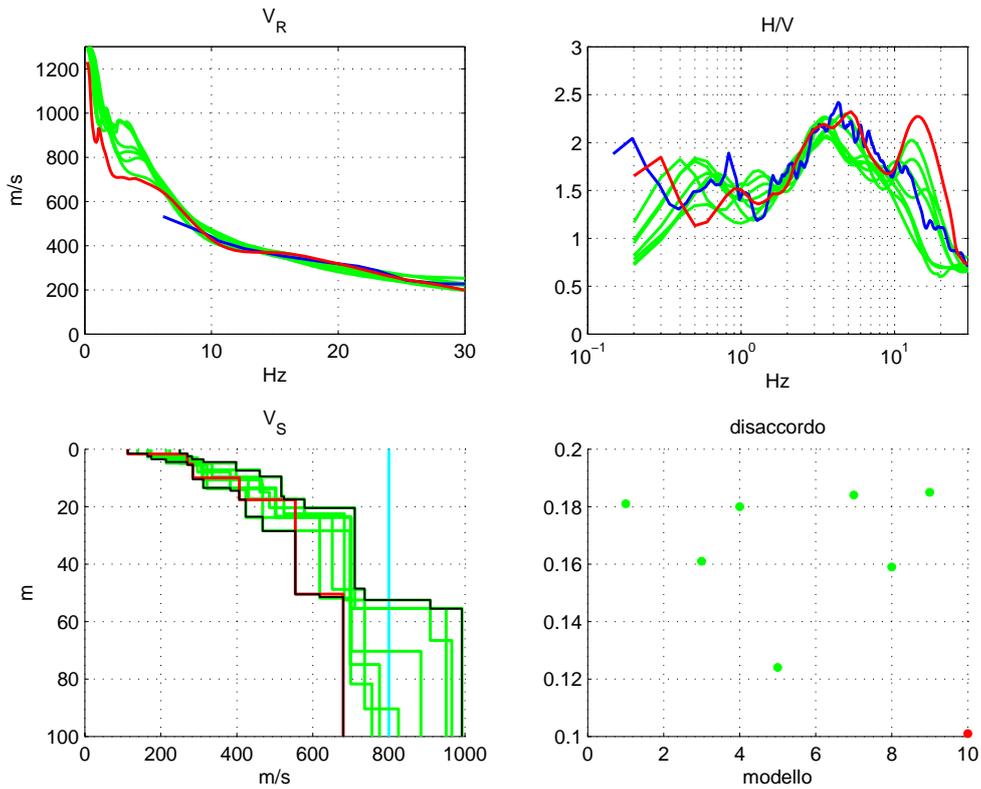


Figura 61 – Risultati delle inversioni congiunte delle curve di dispersione sperimentali (in blu nei riquadri in alto a sinistra) e delle curve H/V (in blu nei riquadri in alto a destra) relative ai siti “Montefiorino 1”, “Montefiorino 2” e “Montefiorino esterno” (si veda Figura 59). Le curve in rosso indicano il risultato di migliore adattamento. Nei riquadri in basso a sinistra è riportato (in rosso) il migliore profilo di velocità delle onde, corrispondente al valore di disaccordo minimo (punto rosso nei riquadri in basso a destra). Gli altri punti, nelle figure in basso a destra, corrispondono alle curve in verde dei grafici in basso a sinistra. Tutte le curve in verde corrispondono ai valori relativi alle configurazioni giudicate comunque ‘compatibili’ con le osservazioni (ovvero con un disaccordo entro il doppio del minimo assoluto). Le curve nere nei riquadri in basso a sinistra limitano gli intervalli di confidenza (incertezza) associati ai valori di V_s alle varie profondità. La linea verticale azzurra nello stesso grafico indica gli 800 m/s.

8.2.2. Analisi della risposta sismica locale (1D)

A partire dai risultati delle indagini effettuate fino a questo punto è stata quindi eseguita una valutazione della risposta sismica locale nell’area di studio. La procedura di calcolo è quella lineare equivalente implementata nel codice di calcolo STRATA (Rathje e Kottke, 2013). L’uso di un codice di questo genere è giustificato dalla sismicità relativamente bassa dell’area e dal carattere grossolano dei sedimenti presenti che non sembrano potenzialmente in grado di innescare fenomeni di marcata non-linearità non gestibili attraverso questo tipo di modello di calcolo.

Un importante vantaggio legato a questo codice di calcolo è la possibilità che esso offre di gestire le significative incertezze presenti nei dati di modellazione (moto di riferimento, profilo di V_s , curve di smorzamento e riduzione del modulo di taglio) permettendo di fornire stime adeguatamente conservative degli spettri di scuotimento attesi. Il moto di riferimento prescelto è costituito per ogni sito dai tre accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna¹³. Si tratta di tre accelerogrammi compatibili con la pericolosità locale relativa ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Gli accelerogrammi sono relativi ad un terreno di riferimento (affiorante) caratterizzato da valori delle velocità di propagazione delle onde S almeno pari a 800 m/s.

La modellazione 1D è stata effettuata applicando il profilo di velocità ricavato dall’inversione e consentendo variazioni stocastiche del profilo stesso all’interno degli intervalli di confidenza dedotti dall’inversione. Per ottenere una stima conservativa della risposta sismica locale, il basamento sismico è stato collocato alla profondità minima fra quelle compatibili con i risultati delle inversioni congiunte (vedasi capitolo 8.2.1). Per quanto riguarda le curve di smorzamento e di riduzione del modulo di taglio, dato il carattere grossolano dei materiali presenti nel sottosuolo dell’area indagata, per la caratterizzazione delle curve di smorzamento e riduzione del modulo di taglio si è fatto riferimento alle curve di letteratura proposte da Rollins et al. (1998).

Le ampie incertezze relative a queste curve sono state modellate utilizzando la forma e la parametrizzazione proposta da Darendeli (2001). Per ogni sito sono state effettuate 50 simulazioni per ciascun accelerogramma.

Allo scopo di ottenere stime conservative degli spettri di risposta, si è deciso di adottare per ogni analisi lo spettro di risposta caratterizzato da una probabilità di eccedenza del 10% e quindi compatibile con le stime di pericolosità sismica (relative ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni). Oltre agli spettri di risposta in accelerazione dalle simulazioni numeriche è anche

¹³ URL breve: <https://goo.gl/gHU7wz>

possibile dedurre i profili del valore di **massima deformazione** lungo la colonna stratigrafica analizzata. Questo profilo aiuta a definire la parte più deformabile della struttura stratigrafica **permettendo di identificare la parte del materiale in frana potenzialmente attivabile in caso di terremoto.**

I risultati ottenuti mediante le analisi 1D sono riportati in forma completa nell'Allegato 3 della relazione a cura del Prof. Albarello, allegata a questo elaborato. La Tabella 1 sintetizza i risultati ottenuti per i valori di PGA e PGV (alla superficie) nei diversi siti di misura. Laddove il valore di PGA è costante per ogni località, il valore di PGV varia nei singoli accelerogrammi. Per valore di PGV in input si è quindi considerato il valore caratterizzato da una probabilità di eccedenza del 10% stimato dai tre valori di PGV nell'assunzione che seguano una distribuzione log normale.

	PGA (g)			PGV (cm/s)		
	Input	Output (90%)	Ampl	Input (90%)	Output (90%)	Ampl
Montefiorino 1	0.16	0.26	1.63	9.33	13.14	1.41
Montefiorino 2	0.16	0.28	1.75	9.33	14.45	1.55
Montefiorino esterno	0.16	0.32	2	9.33	16.85	1.81

Tabella 1 – Risultati dell'analisi di risposta sismica locale 1D nei siti di misura di Montefiorino (Figura 59). 'Ampl' indica il rapporto di amplificazione fra il moto atteso alla superficie della colonna stratigrafica considerata e il moto in input (applicato al tetto del bedrock sismico).

Nella modellazione sono stati anche calcolati i profili di massima deformazione lungo le diverse colonne stratigrafiche (Allegato 4 della relazione a cura del Prof. Albarello). Anche in questo caso, i valori si riferiscono alla deformazione caratterizzata da una probabilità di eccedenza del 10%. In Figura 62 sono sintetizzati i risultati ottenuti per la frana di Montefiorino. I valori di deformazione sono bassi (non superano 0.05%) e non si mettono in evidenza differenze significative fra l'esterno e l'interno del presunto corpo di frana, cos' come non si evidenziano brusche variazioni di deformazione associabili a possibili superfici di discontinuità/scorrimento. **Le massime deformazioni si concentrano comunque entro i primi 15 m di spessore.**

La modellazione numerica ha anche permesso di calcolare i valori di Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio) compatibili con il massimo livello di deformazione raggiunto in fase co-sismica. In questo caso si è scelto di considerare come rappresentativo il valore mediano fra quelli ottenuti dalle simulazioni allo scopo di evitare stime sotto-conservative legate a rigidità maggiori ottenute dalla simulazione.

L'aumento di Vs nella località di Montefiorino risulta piuttosto graduale (Figura 63) ed omogeneo sia all'interno che all'esterno del presunto corpo di frana. In tutti e tre i siti di analisi sembra esistere una **variazione del gradiente di velocità attorno ai 16–20 m**. Il bedrock sismico viene raggiunto a 60 m dal profilo eseguito in zona esterna mentre nei due siti interni si raggiungono velocità di 700 m/s a profondità variabili da 40 a 60 m.

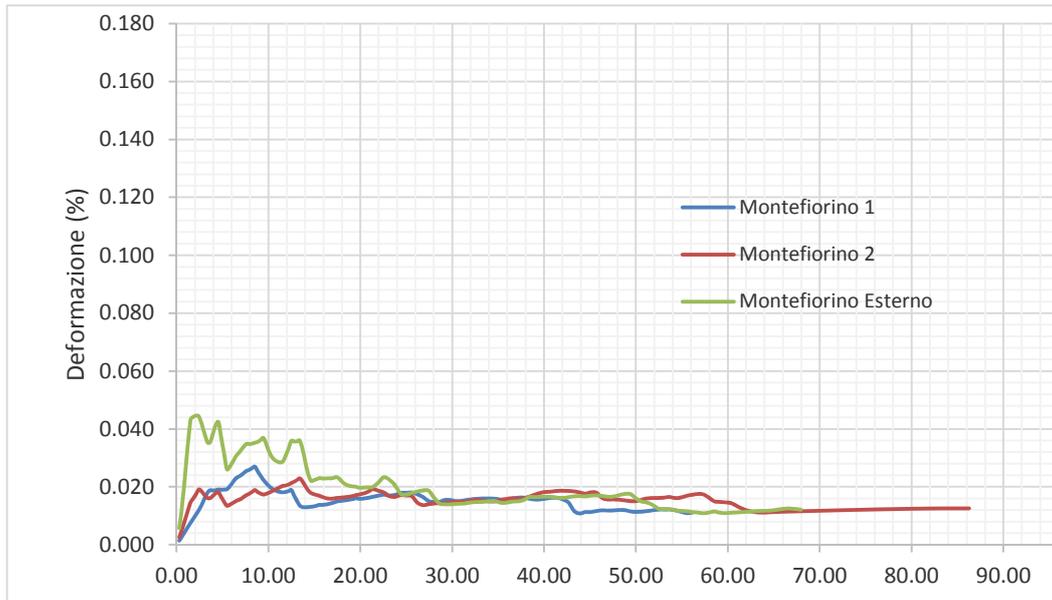


Figura 62 – Andamento della deformazione massima per i punti di misura relativi all'area di studio (Figura 59).

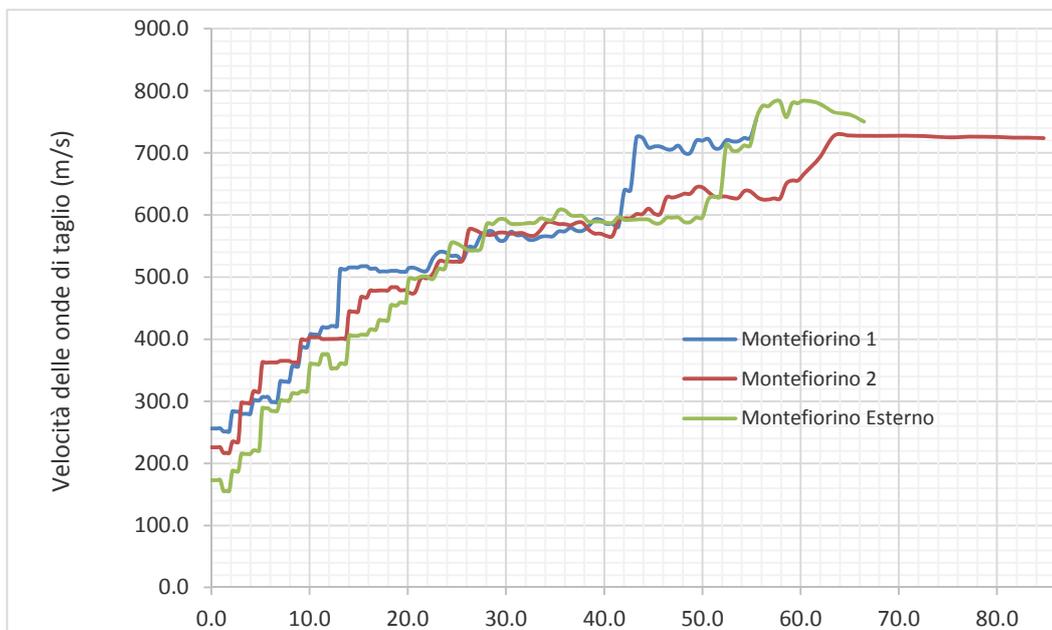


Figura 63 – Andamento dei valori di velocità delle onde di taglio per i punti di misura relativi all'area di studio (Figura 59).

La Figura 64 mostra invece i profili del rapporto di smorzamento ottenuti nei diversi punti di analisi (Figura 59). I valori relativi sono riportati nell'Allegato 6 della relazione a cura del Prof. Albarello. Come per i profili di massima deformazione, anche i profili dello smorzamento mostrano i valori più alti nel settore esterno alla frana. All'interno, lo smorzamento agisce principalmente nei primi 20 m, con picchi a 6 e a 14 m.

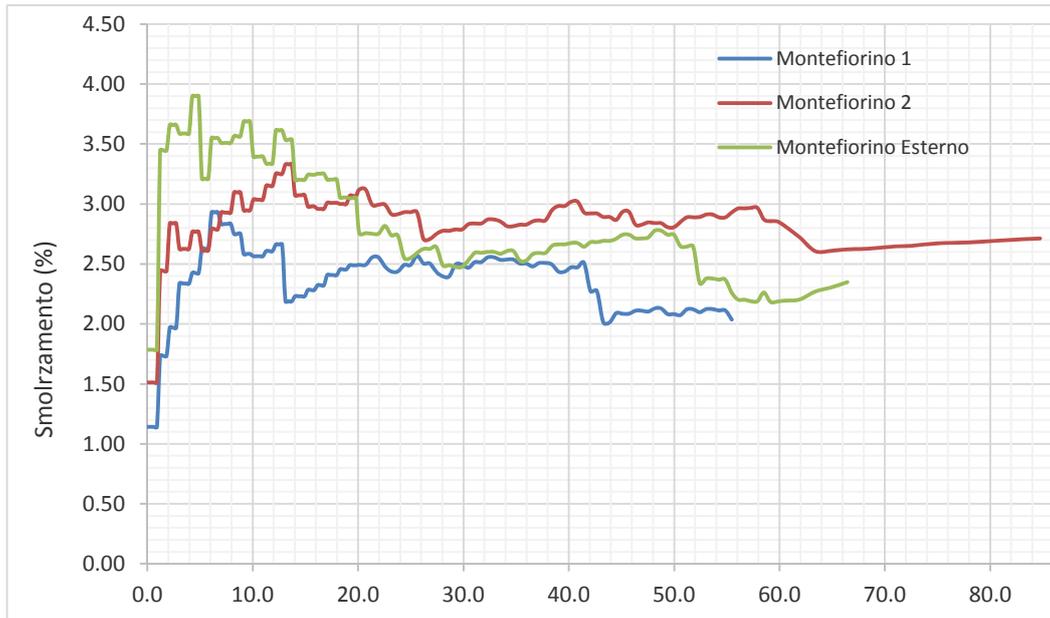


Figura 64 – Andamento dei valori dello smorzamento (in %) per i punti di misura relativi alla località di Montefiorino (Figura 59).

I risultati relativi alle stime degli spettri di risposta elastici con smorzamento al 5% sono riportati nell'Allegato 7 della relazione a cura del Prof. Albarello. Lo spettro di risposta di riferimento (al basamento sismico affiorante) è quello corrispondente al 90° percentile (probabilità di eccedenza del 10%) della popolazione dei diversi spettri di risposta relativi al moto di input utilizzato per la località. Allo stesso modo è stato ottenuto lo spettro di risposta alla superficie per ogni sito di analisi. La Figura 65 mostra le forme di questi spettri. I rispettivi valori di FA per l'intensità di Housner (o "intensità dello spettro di risposta") nei tre siti di analisi sono riportati in Tabella 2.

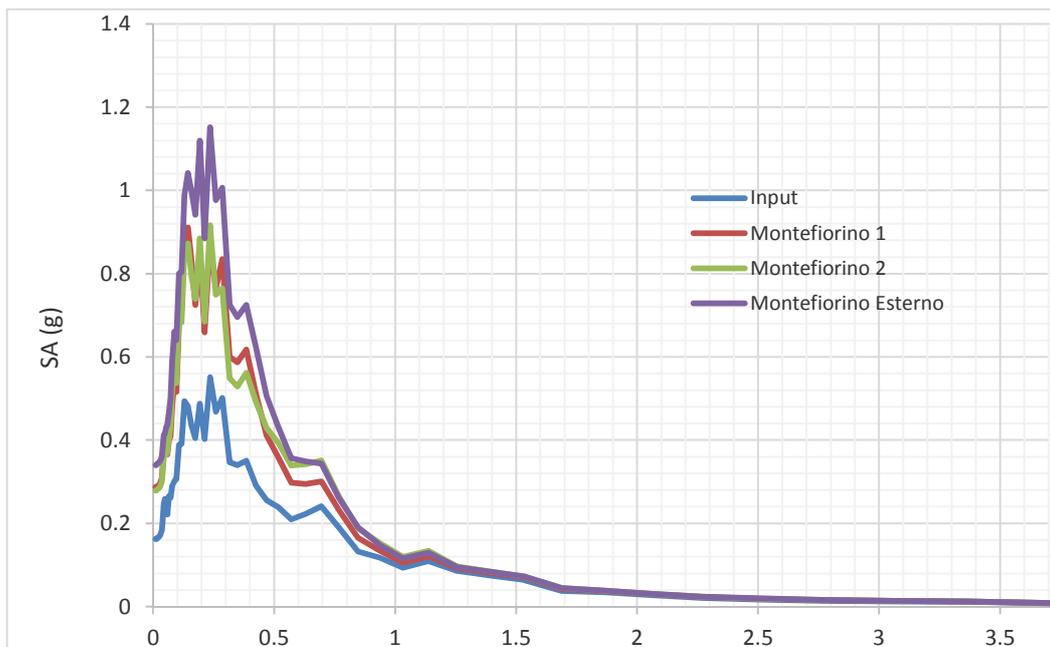
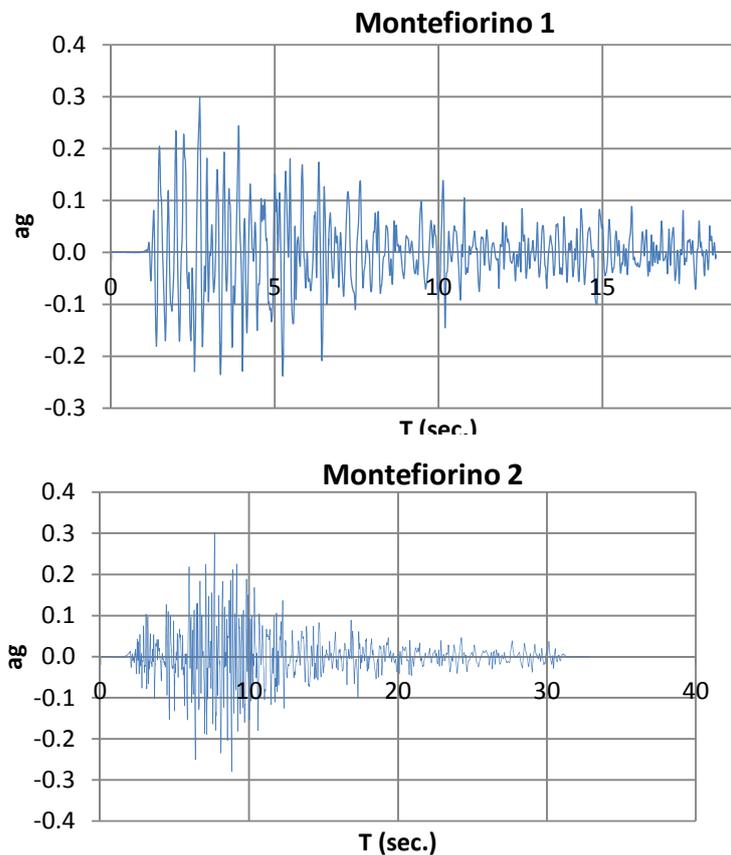


Figura 65 – Spettri di risposta relativi al sito di Montefiorino per i punti di analisi in Figura 59.

	$FA_{0.1-0.5}$	$FA_{0.5-1}$	$FA_{0.5-1.5}$	$I_{0.1-0.5}$	$I_{0.5-1}$	$I_{0.5-1.5}$	$Io_{0.1-0.5}$	$Io_{0.5-1}$	$Io_{0.5-1.5}$
Montefiorino 1	1.71	1.28	1.20	0.11	0.14	0.24	0.06	0.11	0.20
Montefiorino 2	1.65	1.46	1.33	0.10	0.16	0.26	0.06	0.11	0.20
Montefiorino Esterno	2.10	1.48	1.34	0.13	0.17	0.26	0.06	0.11	0.20

Tabella 2 – FA: fattori di amplificazione dell'intensità dello spettro di risposta (o di Housner); I: intensità di Housner alla superficie (in m); Io : intensità di Housner al basamento affiorante (in m), nei tre intervalli di periodo 0–0.5s, 0.5–1s e 0.5–1.5s per i siti di analisi nella località di Montefiorino (Figura 59).

Per ciascun punto di analisi è stato identificato un accelerogramma di riferimento. Fra tutti quelli generati dalle simulazioni numeriche si è scelto per ogni sito quello caratterizzato da uno spettro di risposta più simile allo spettro considerato rappresentativo del sito (si veda in proposito l'Allegato 7 della relazione a cura del Prof. Albarello). I valori di accelerazione sono riportati (in frazioni di g) nell'Allegato 8 della stessa relazione.



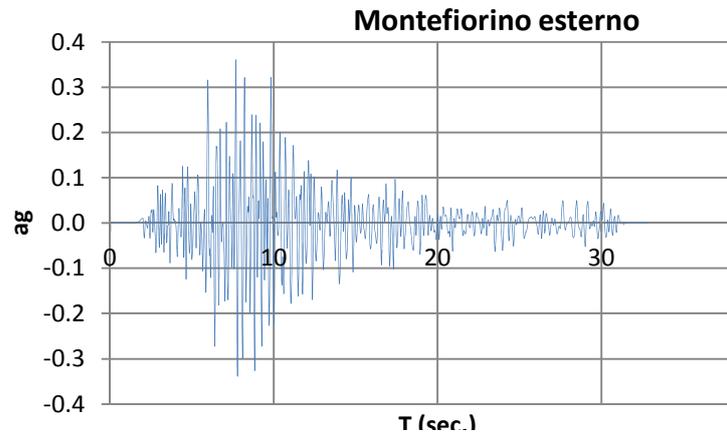


Figura 66 – Accelerogrammi generati alla superficie topografica dei tre siti dall'analisi di risposta sismica locale 1D.

8.2.3. Caratteristiche del corpo di frana dedotte dai risultati della modellazione 1D

A partire dai risultati ottenuti dalle analisi condotte fino a questo punto è possibile trarre alcune conclusioni riguardo alle caratteristiche geometriche e sismiche del corpo di frana esaminato in località Montefiorino.

La situazione rivela una sostanziale omogeneità del sottosuolo che sembra caratterizzato da un continuo miglioramento delle proprietà meccaniche sia all'interno che all'esterno del corpo di frana presunto. Attorno ai **15 metri di profondità** sembra esistere una variazione del gradiente di V_s suggerendo la presenza di una transizione fra materiali con caratteristiche differenti rispetto al materiale sottostante che potrebbe rappresentare l'interfaccia tra il deposito di frana ed il substrato alterato e, al limite, una potenziale superficie di scivolamento in caso di terremoto.

8.2.4. Analisi della Risposta sismica locale (2D)

In generale, il contrasto di impedenza rilevato alla base del presunto corpo di frana è relativamente ridotto. Quindi sembra poco probabile il verificarsi di possibili effetti di intrappolamento 2D all'interno del corpo di frana identificato. Tuttavia, nell'area sono presenti forti gradienti topografici che potrebbero indurre effetti di focalizzazione o conversione di fase non trascurabili e quindi produrre una potenziale sottovalutazione dell'entità dei fenomeni sismici prodotta dall'impiego di un semplice approccio 1D. E' quindi stata comunque eseguita un'analisi dei possibili effetti 2D mediante modellazione numerica agli Elementi Finiti in campo lineare-equivalente.

I calcoli sono stati effettuati mediante il codice LSR-2D prodotto dalla ditta STACEC (<http://www.stacec.com/>) e rappresenta un'implementazione evoluta della procedura lineare-equivalente inizialmente proposta da Hudson et al. (1994) nell'implementazione QUAD4M. Per ottenere la massima compatibilità con le analisi 1D effettuate, le curve di degrado e smorzamento per i materiali presenti sono state le stesse di quelle utilizzate nella modellazione 1D. La modellazione ha riguardato sezioni longitudinali del corpo di frana lungo la direzione del massimo gradiente topografico. Il moto di riferimento è quello costituito dai tre accelerogrammi (nella sola

componente orizzontale) utilizzati per la modellazione 1D delle tre località. Le geometrie dei diversi strati di terreno ed i valori di Vs assegnati sono stati dedotti dai risultati della modellazione 1D.

A differenza delle modellazioni 1D, la modellazione per i diversi punti di misura è stata iterata tre volte (una per ognuno degli accelerogrammi di riferimento utilizzati), ma senza variare stocasticamente le caratteristiche del modello. In queste condizioni, i valori delle diverse grandezze rappresentative della risposta sismica locale dei diversi punti di misura (spettri di risposta, fattori di amplificazione ecc.) sono quelle associate alla media dei valori ottenuti per i diversi moti di riferimento. In questo senso la scelta è meno conservativa di quella operata nel caso delle modellazioni 1D. Va tenuto comunque in considerazione che le semplificazioni delle caratteristiche stratigrafiche, rese necessarie dalla maggiore complessità dei calcoli, tendono a sovrastimare l'entità dei contrasti di impedenza sismica e quindi ad aumentare i possibili effetti di risonanza.

Tutti i risultati relativi alle modellazioni 2D effettuate sono riportati in Allegato 9 della relazione a cura del Prof. Albarello. Nel seguito viene riportata solo una breve sintesi dei risultati ottenuti per l'area di Montefiorino.

Innanzitutto vale la pena di valutare la portata complessiva degli effetti 2D confrontando i risultati ottenuti nella modellazione 1D con quella 2D in termini di valori di FA ottenuti nei diversi punti di misura (Tabella 3).

	Modellazione 1D			Modellazione 2D			Differenza percentuale		
	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1}	FA _{0.5-1.5}	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1}	FA _{0.5-1.5}	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1}	FA _{0.5-1.5}
Montefiorino 1 (P4)	1.71	1.28	1.20	1.83	1.35	1.32	7	5	10
Montefiorino 2 (P6)	1.65	1.46	1.33	2.34	1.34	1.29	42	-8	-3

Tabella 3 – Confronto fra i fattori amplificazione dell'intensità dello spettro di risposta (o di Housner) ottenuti mediante la modellazione 1D e quella 2D.

Il confronto dei dati in tabella è di particolare interesse in quanto non dipende dalla diversa scelta del percentile utilizzato per rappresentare gli spettri di risposta del moto di riferimento e del moto alla superficie (90° percentile nel caso della modellazione 1D e 50° nel caso della modellazione 2D: più conservativo il primo e meno il secondo). Si può notare come, sebbene meno conservative dal punto di vista statistico, le stime di amplificazione prodotte dalla modellazione 2D siano, nel complesso, più gravose di quelle 1D (soprattutto per la parte dello spettro dei brevi periodi: 0.1–0.5 sec.) con differenze percentuali che raggiungono al massimo un valore del 42%. Questo risultato generale indica come le caratteristiche geometriche dell'area indagata rendano necessaria una modellazione 2D per valutare effetti di focalizzazione e morfologici che possono essere assai importanti.

La geometria del modello utilizzato per l'analisi 2D è riportato in Figura 67. I dettagli del modello sono riportati in Allegato 9 della relazione a cura del Prof. Albarello, in forma di una specifica relazione descrittiva nel formato previsto dal codice di calcolo adottato.

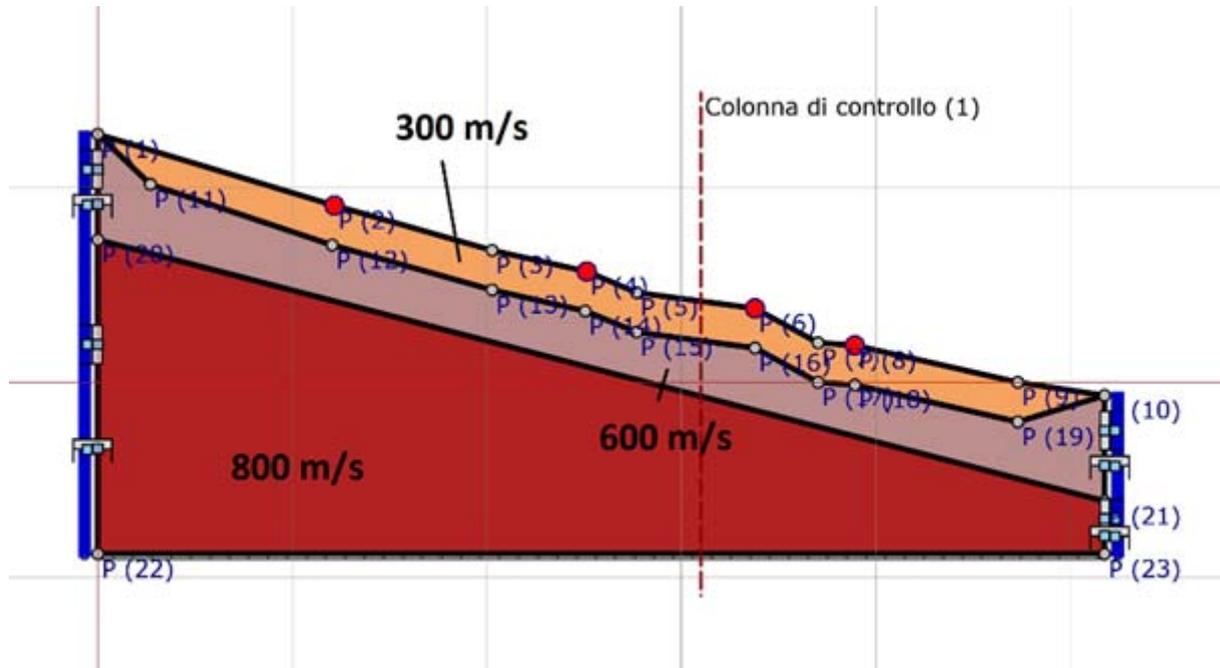


Figura 67 – Modello 2D della frana di Montefiorino. Il modello ha la stessa scala nelle direzioni verticale ed orizzontale. Il moto di riferimento (relativo alla sola componente **orizzontale** del moto) è applicato alla base del modello. I punti in rosso (P2, P4, P6, P8) indicano i punti di misura per i quali vengono forniti i valori numerici dello spettro di risposta e relativi fattori di amplificazione. La colonna di controllo è utilizzata per la generazione dei profili di massima deformazione co-sismica e massimo smorzamento.

Nella Tabella 4, sono sintetizzati i valori dei valore di PGA (in g) e dell'amplificazione relativi ai tre punti di interesse P(2), P(4), P(6) e P(8) (Figura 67) per i tre accelerogrammi considerati.

	PGA (g)			Media	Ampl
	Accelerogramma 1	Accelerogramma 2	Accelerogramma 3		
Montef. P(2)	0.23	0.25	0.23	0.24	1.49
Montef. P(4)	0.23	0.33	0.24	0.26	1.65
Montef. P(6)	0.26	0.36	0.33	0.32	1.99
Montef. P(8)	0.26	0.32	0.25	0.28	1.73
Input	0.16	0.16	0.16	0.16	

Tabella 4 – Valori di **PGA** (in g) relativi ai punti in Figura 67 dedotti dalla modellazione 2D e fattori di amplificazione (**Ampl**) rispetto al valore di accelerazione al bedrock.

In Figura 68 si vede come anche il livello di deformazione co-sismica sia relativamente omogeneo e riguardi essenzialmente una profondità attorno ai **10-15 m di profondità**. La deformazione raggiunge valori massimi dell'ordine di 0.07% (Figura 69) in corrispondenza della colonna di controllo di Figura 67. Un analogo andamento è mostrato dallo smorzamento con valori che raggiungono al massimo valori del 9% (Figura 70).

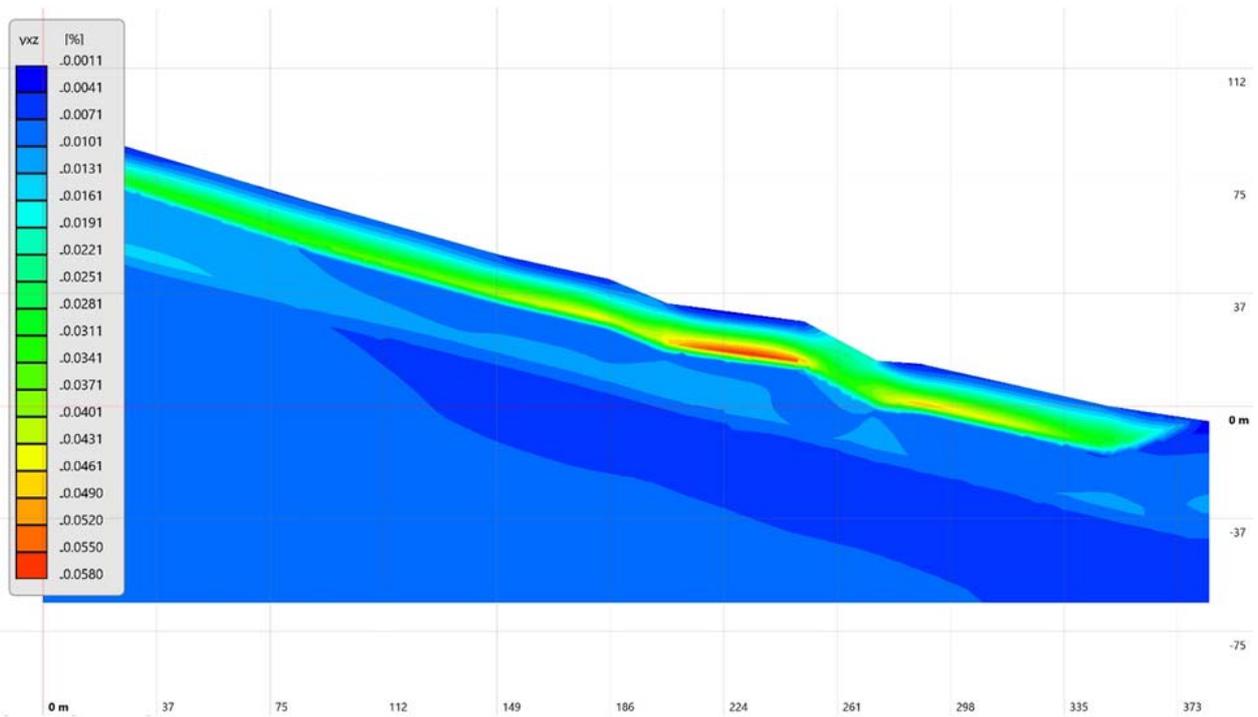


Figura 68 – Distribuzione del valore medio (fra i tre accelerogrammi) della **deformazione massima co-sismica** per la frana di Montefiorino secondo la modellazione 2D. Le profondità sono date rispetto alla base del profilo.

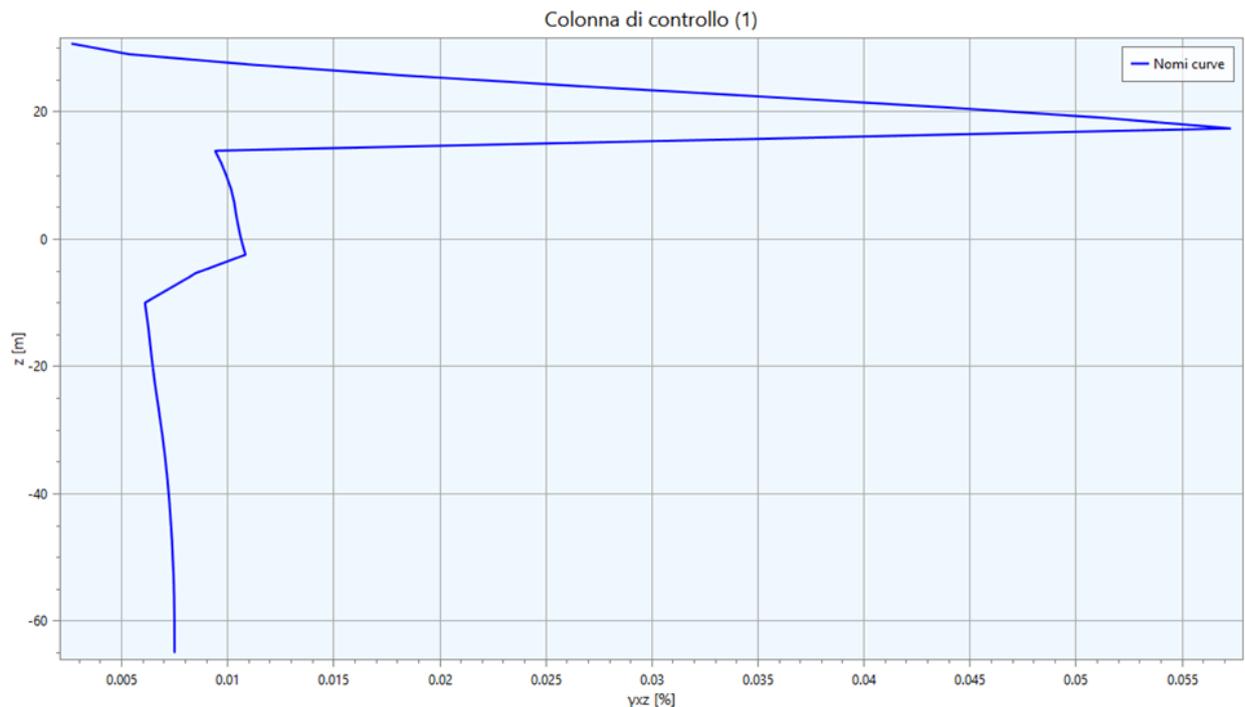


Figura 69 – Profilo del valore medio (fra i diversi accelerogrammi) della **massima deformazione co-sismica** in corrispondenza della colonna di controllo (in Figura 67) nella frana di Montefiorino. Le profondità sono date rispetto alla base del profilo topografico.

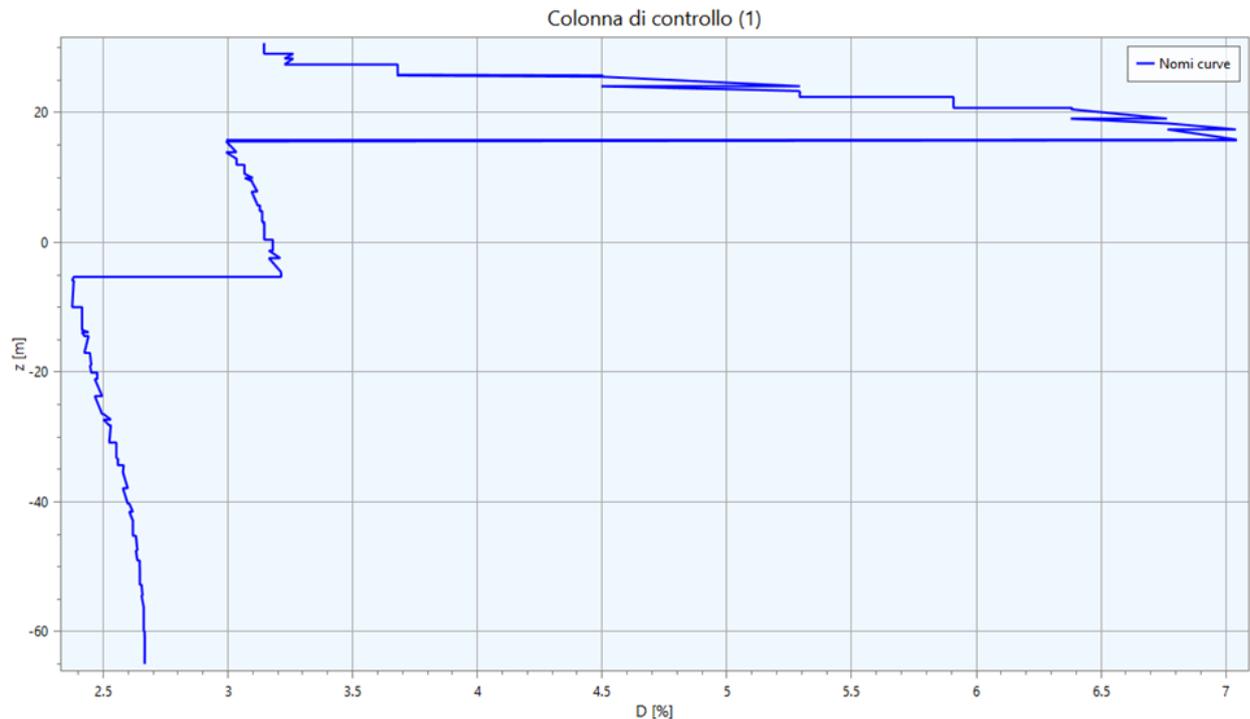


Figura 70 – Profilo del valore medio (fra i diversi accelerogrammi) del massimo smorzamento in corrispondenza della colonna di controllo (in Figura 67) nella frana di Montefiorino. Le profondità sono date rispetto alla base del profilo topografico.

Le Figure 71–74 seguenti, mostrano gli spettri di risposta ottenuti per i tre punti in rosso della Figura 67. I valori numerici dei diversi spettri di risposta sono riportati nell’Allegato 9 della relazione a cura del Prof. Albarello, mentre la Tabella 5 riporta i valori relativi alle intensità di Housner calcolate per gli spettri di risposta medi.

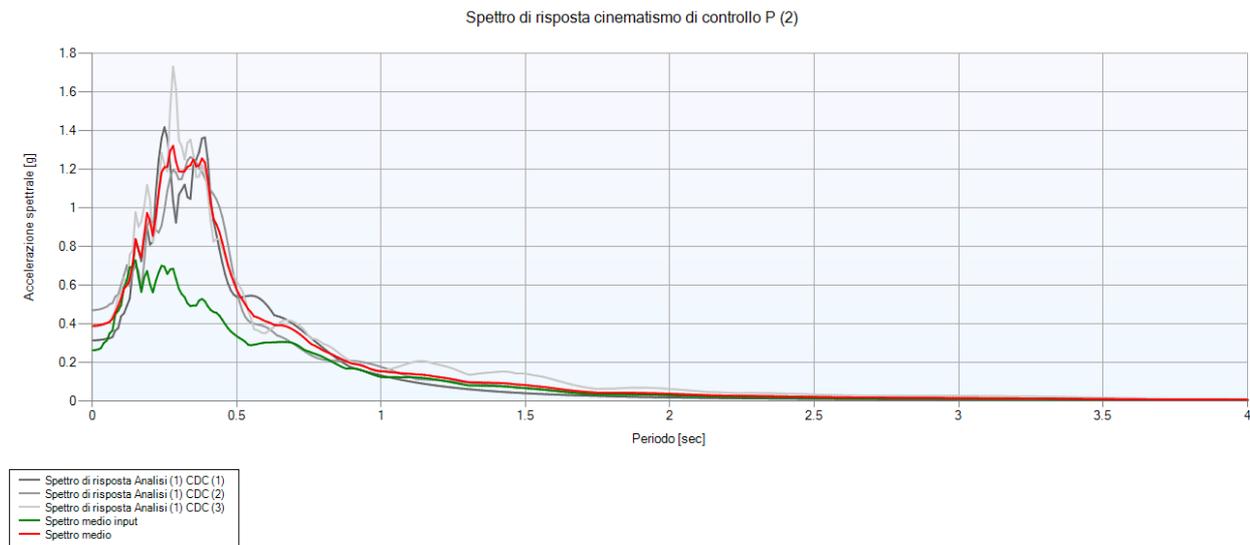


Figura 71 – Spettri di risposta relativi ai tre accelerogrammi di riferimento per Montefiorino relativamente al punto **P(2)** in Figura 67 (3 curve in diverse tonalità di grigio). Vengono anche riportati lo spettro medio del moto di riferimento (curva verde) e quello di risposta medio per i tre accelerogrammi (curva rossa).

Spettro di risposta cinematico di controllo P (4)

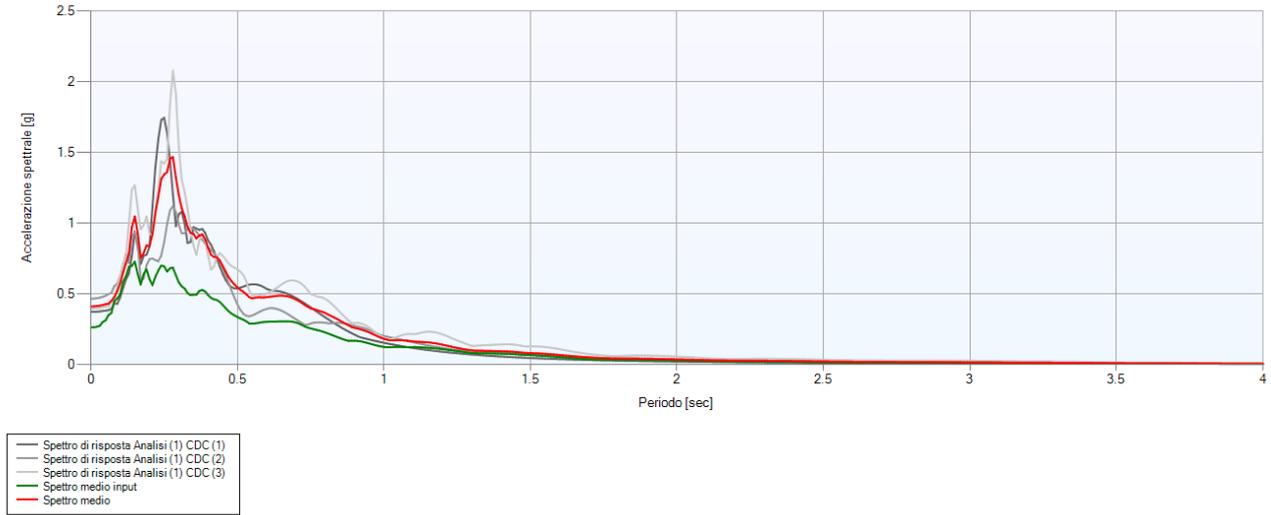


Figura 72 – Spettri di risposta relativi ai tre accelerogrammi di riferimento per Montefiorino relativamente al punto **P(4)** in Figura 67 (3 curve in diverse tonalità di grigio). Vengono anche riportati lo spettro medio del moto di riferimento (curva verde) e quello di risposta medio per i tre accelerogrammi (curva rossa).

Spettro di risposta cinematico di controllo P (6)

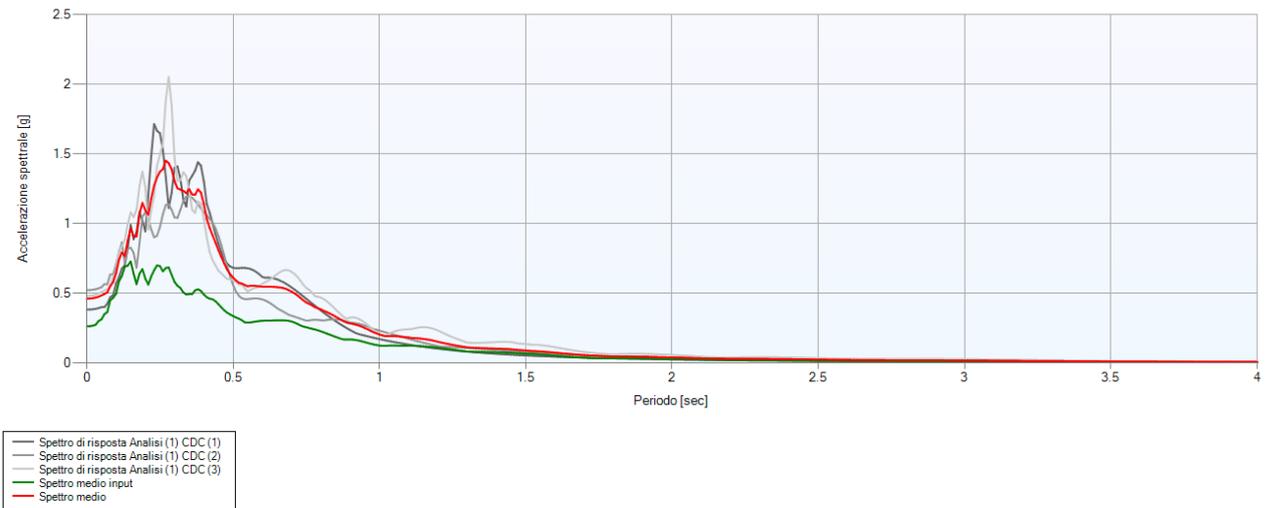


Figura 73 – Spettri di risposta relativi ai tre accelerogrammi di riferimento per Montefiorino relativamente al punto **P(6)** in Figura 67 (3 curve in diverse tonalità di grigio). Vengono anche riportati lo spettro medio del moto di riferimento (curva verde) e quello di risposta medio per i tre accelerogrammi (curva rossa).

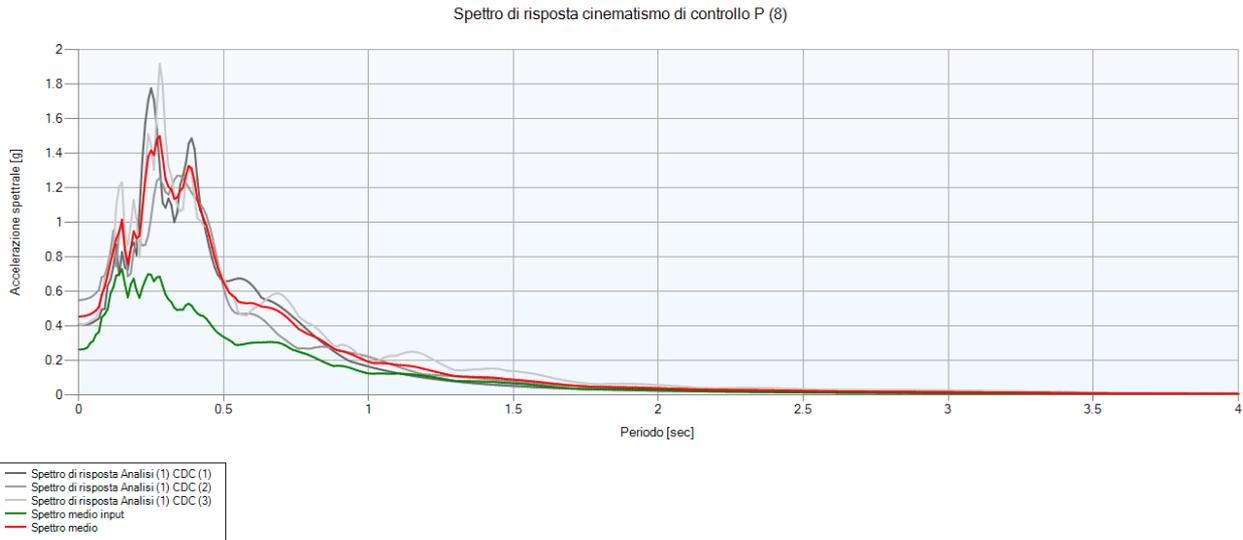


Figura 74 – Spettri di risposta relativi ai tre accelerogrammi di riferimento per Montefiorino relativamente al punto **P(8)** in Figura 67 (3 curve in diverse tonalità di grigio). Vengono anche riportati lo spettro medio del moto di riferimento (curva verde) e quello di risposta medio per i tre accelerogrammi (curva rossa).

	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1}	FA _{0.5-1.5}	Io _{0.1-0.5}	Io _{0.5-1}	Io _{0.5-1.5}	Io _{0.1-0.5}	Io _{0.5-1}	Io _{0.5-1.5}
Montef. P(2)	1.54	1.72	1.63	0.21	0.13	0.17	0.14	0.08	0.11
Montef. P(4)	1.83	1.35	1.32	0.25	0.10	0.14	0.14	0.08	0.11
Montef. P(6)	2.34	1.34	1.29	0.32	0.10	0.14	0.14	0.08	0.11
Montef. P(8)	1.94	1.20	1.16	0.27	0.09	0.12	0.14	0.08	0.11

Tabella 5 – FA: fattori di amplificazione dell'intensità dello spettro di risposta (o di Housner); I: intensità di Housner alla superficie (in m); Io: intensità di Housner al basamento affiorante (in m), nei tre intervalli di periodo 0.1–0.5, 0.5–1 e 0.5–1.5 ottenuti dalla modellazione 2D per i siti di misura lungo il profilo della frana di Montefiorino (Figura 67).

8.2.5. Calcolo del massimo spostamento co-sismico tramite l'approccio di Newmark

La stima degli spostamenti permanenti del pendio è stata effettuata tramite l'approccio semplificato ideato da Newmark (1965), che assimila la massa potenzialmente instabile ad un blocco rigido che scivola lungo un piano ruvido, inclinato. Il metodo richiede la conoscenza dell'accelerazione critica (a_c), che determina il raggiungimento delle condizioni di instabilità del blocco. L'integrazione del moto sismico (accelerogrammi ricavati alla superficie a valle dell'analisi di risposta sismica locale 2D) negli intervalli di tempo in cui l'accelerazione risulta superiore a quella critica (e comunque in tutti gli intervalli in cui la velocità relativa risulti maggiore di zero), permette di calcolare gli spostamenti permanenti.

Il metodo trascura l'effetto dell'accelerazione verticale indotta dal terremoto: la letteratura, riguardo a questo tema, riporta teorie contrastanti, che dimostrano a volte la modesta importanza di tale componente (ad es. Blake et al., 2002) o, al contrario, la necessità di tenerla in debito conto, specialmente in occasione di forti terremoti (ad es. Yang e Yan, 2009; Tsai e Liu, 2017).

L'accelerazione critica (a_{cr}) può essere valutata attraverso il metodo pseudo-statico, ricercando il valore del coefficiente sismico orizzontale associato al fattore di sicurezza globale pari a 1,2 (k_{h_cr}) (Bramerini et al., 2017) (analisi pseudo-statica inversa).

Per una stima approssimata dell'accelerazione critica (a_{cr}), Newmark (1965) ha proposto la relazione:

$$a_{cr} = (FS-1)g \sin\alpha$$

dove "FS" è il fattore di sicurezza statico, "g" è l'accelerazione di gravità ed " α " è l'*angolo di spinta*, ovvero l'angolo tra l'orizzontale e la direzione in cui il baricentro della massa instabile inizia il suo movimento.

E' stato quindi costruito il **modello del pendio** (Figura 75) sulla base dei profili di Vs ottenuti dalle indagini geofisiche, dei risultati dell'analisi di risposta sismica locale 1D e della stratigrafia del sondaggio geognostico.

La stratigrafia è composta da uno strato superficiale di spessore 15 m, corrispondente allo spessore entro il quale, da analisi di risposta sismica locale 1D e 2D, si sono registrati i massimi valori di deformazione co-sismica. Tale spessore può ragionevolmente essere considerato come il massimo spessore del corpo di frana. In realtà, la scelta di 15 m è del tutto cautelativa: dal sondaggio e dai profili di Vs, infatti, si poteva individuare lo spessore massimo del corpo di frana a circa 10-12 m.

A seguire è stato inserito un secondo strato di spessore pari a 20 m, anche qui in funzione della massima cautela, poiché il substrato non alterato sarebbe già presente, in base ai profili di Vs, a circa 20-25 m.

Per quanto riguarda i parametri geotecnici, trattandosi di un deposito di frana, sono stati selezionati quelli residui, ovvero φ residuo e $c'=0$. Il φ residuo è stato calcolato, per il solo primo strato, dai valori di N_{spt} ricavati in corrispondenza del sondaggio S1 di Figura 42 e Figura 44 (Allegato 2), non essendo stato possibile eseguire prove SPT all'interno del foro di sondaggio eseguito per questo studio. Il valore ricavato dagli N_{spt} è quello di φ' , pertanto, quest'ultimo è stato trasformato in $\varphi_{c.v.}$ (a grandi deformazioni o "a volume costante"), che può essere assimilato al φ residuo (in realtà, il valore del $\varphi_{c.v.}$ è leggermente superiore a quello del φ residuo). Il valore di φ' per gli altri due strati (non in frana) è stato ricavato dalla formula di Uzielli et al. (2013) che mette in relazione l'angolo d'attrito di picco con la velocità delle onde s:

$$\varphi'_{min.} = 3.9V_{s1}^{0.44}$$
$$\varphi'_{max.} = (3.9V_{s1}^{0.44})-6.2$$

dove V_{s1} è la velocità delle onde sismiche di taglio normalizzata per la pressione litostatica. Il valore NON è stato trasformato in $\varphi_{c.v.}$.

Primo strato (0-15 m):

φ' (da N_{spt}) = 33°-38° (valore medio: 35°)

$\varphi_{c.v.}$ = 31°

$\varphi'_{\min.}$ (da Uzielli et al., 2013) = 46°

$\varphi_{c.v.}$ = 42°

$\varphi'_{\max.}$ (da Uzielli et al., 2013) = 52°

$\varphi_{c.v.}$ = 46°

Secondo strato (15–30 m):

$\varphi'_{\min.}$ = 53° (da Uzielli et al., 2013)

$\varphi'_{\max.}$ = 59° (da Uzielli et al., 2013)

Terzo strato (> 30 m)

$\varphi'_{\min.}$ = 56° (da Uzielli et al., 2013)

$\varphi'_{\max.}$ = 62° (da Uzielli et al., 2013)

Il confronto, per il solo strato più superficiale (in frana), tra i valori di φ' ricavati dalle equazioni di Uzielli et al. (2013) e quello ricavato dagli N_{spt} mostra un'evidente sovrastima del parametro se ricavato tramite il valore di V_s : 11° di differenza rispetto al valore minimo e ben 17° rispetto al valore massimo. La differenza è molto probabilmente da ricercare nell'ampia incertezza di cui sono affette equazioni quali quelle di Uzielli et al. (2013). In questo specifico caso, però, occorre ricordare che le misure di V_s sono state eseguite direttamente sul corpo di frana in esame, mentre quelle di N_{spt} provengono da un sondaggio eseguito al di fuori del corpo di frana, in corrispondenza del complesso scolastico. E', quindi, possibile che parte della differenza nei valori sia dovuta alle caratteristiche geomeccaniche dei due siti, probabilmente differenti.

Inseguendo sempre la massima cautela, si è deciso di assegnare allo strato più superficiale il valore di φ' e, quindi, di $\varphi_{c.v.}$, da N_{spt} . Per gli altri due strati sono stati selezionati i valori minimi ricavati dalle formule di Uzielli et al. (2013).

Strato	φ'	$\varphi_{c.v.}$
1	35°	31°
2	53°	–
3	56°	–

I valori di peso di volume per tutti gli strati, non avendo a disposizione risultati di prove di laboratorio su campioni di terreno, sono stati calcolati attraverso la formula di Keceli (2012):

$$\gamma = 4.3V_s^{0.25}$$

Strato	γ (kN/m ³)
1	18
2	20
3	22

Il livello della falda è stato posto alla profondità di circa 5 m dal piano campagna ed assunto costante lungo l'intero profilo di frana. Anche in questo caso il valore del livello è a garanzia della massima cautela infatti, in occasione del sondaggio eseguito sulla frana la falda non è stata intercettata nei 19 m esplorati; nel sondaggio S1, invece, la falda è stata intercettata a circa 21 m.

I risultati della verifica in condizioni pseudo-statiche sono riportati nella seguente tabella.

K_{hc}	FS min.	a_{cg}
0,011	1,25	0,11
0,012	1,2	0,12
0,013	1,18	0,13
0,014	1,18	0,14
0,015	1,14	0,15

Tabella 6 – Risultati analisi pseudo-statica inversa – Valori del fattore di sicurezza minimo da analisi di stabilità in condizioni pseudo-statiche e relativi valori del coefficiente sismico orizzontale, critico (k_{hc}) e dell'accelerazione critica (a_{cg}). In rosso i valori relativi alla condizione di stabilità critica in condizioni sismiche.

Come si può notare dalla tabella, la soglia oltre la quale le verifiche restituiscono valori di FS inferiori ad 1,2 può essere identificata con il k_{hc} pari a 0,012 e con l'accelerazione critica pari a 0,12g. In Figura 75 (e in modo più dettagliato in Allegato 7) viene mostrato il risultato della verifica di stabilità eseguita con $k_{hc} = 0,012$.

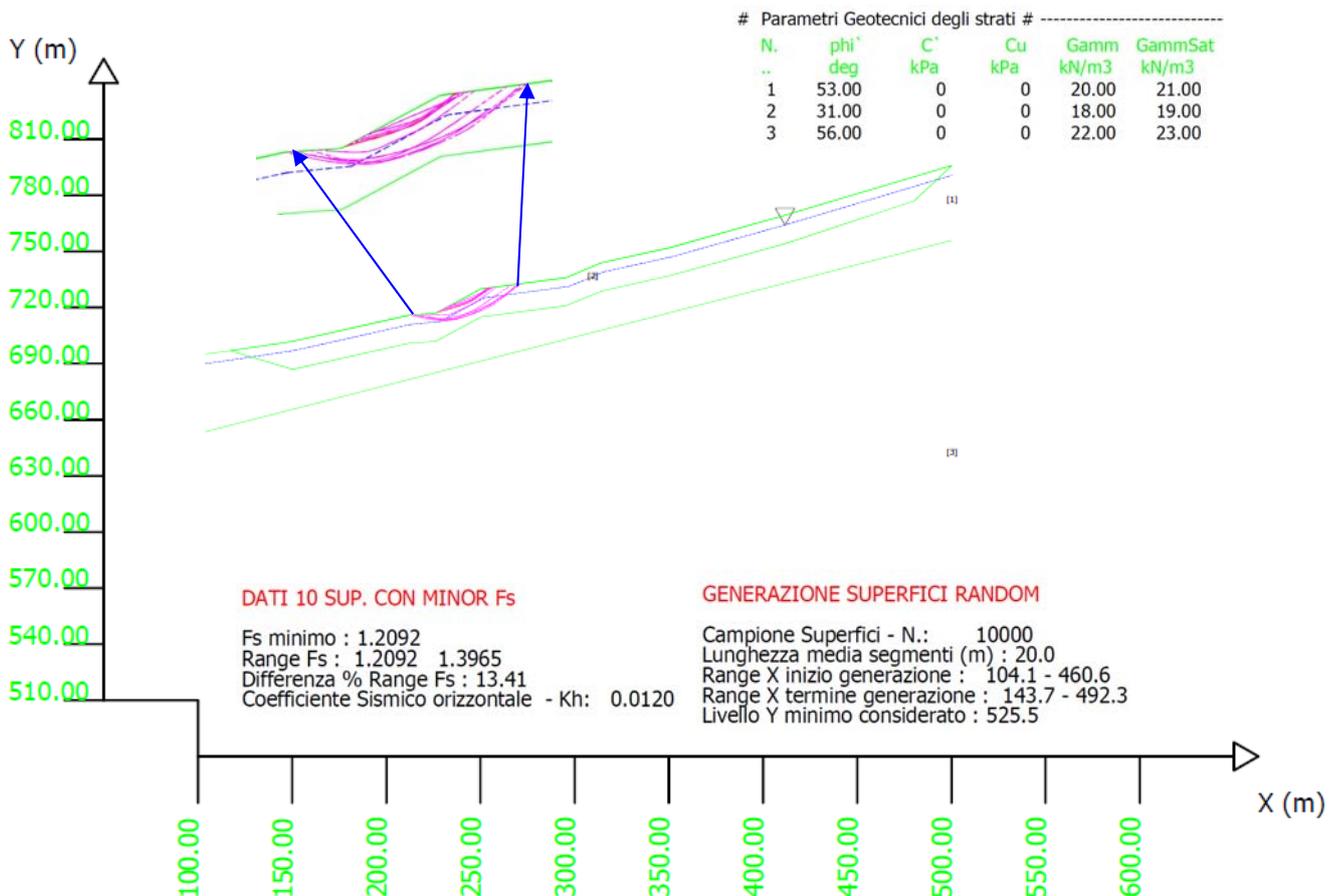


Figura 75 – Visualizzazione delle 10 superfici con FS più basso (in fucsia), compresa quella con FS minimo (= 1,2, in rosso, anche nell'ingrandimento). Da analisi di stabilità pseudo-statica eseguita con $K_{hc} = 0,012$. Si veda l'Allegato 7 per tutti i dettagli ed il log dell'analisi. Elaborazione effettuata col codice SSAP (rel. 4.9.0 - 2017), <http://www.ssap.eu>.

I risultati della verifica in Figura 75 mostrano la superficie a FS minimo in corrispondenza della scarpata mediana, dove si concentrano anche i fenomeni di creep evidenziati dalle misurazioni

inclinometriche descritte nel precedente capitolo 4.4 e che, pertanto, appare essere la porzione del corpo di frana maggiormente soggetta ad instabilità, anche in condizioni sismiche.

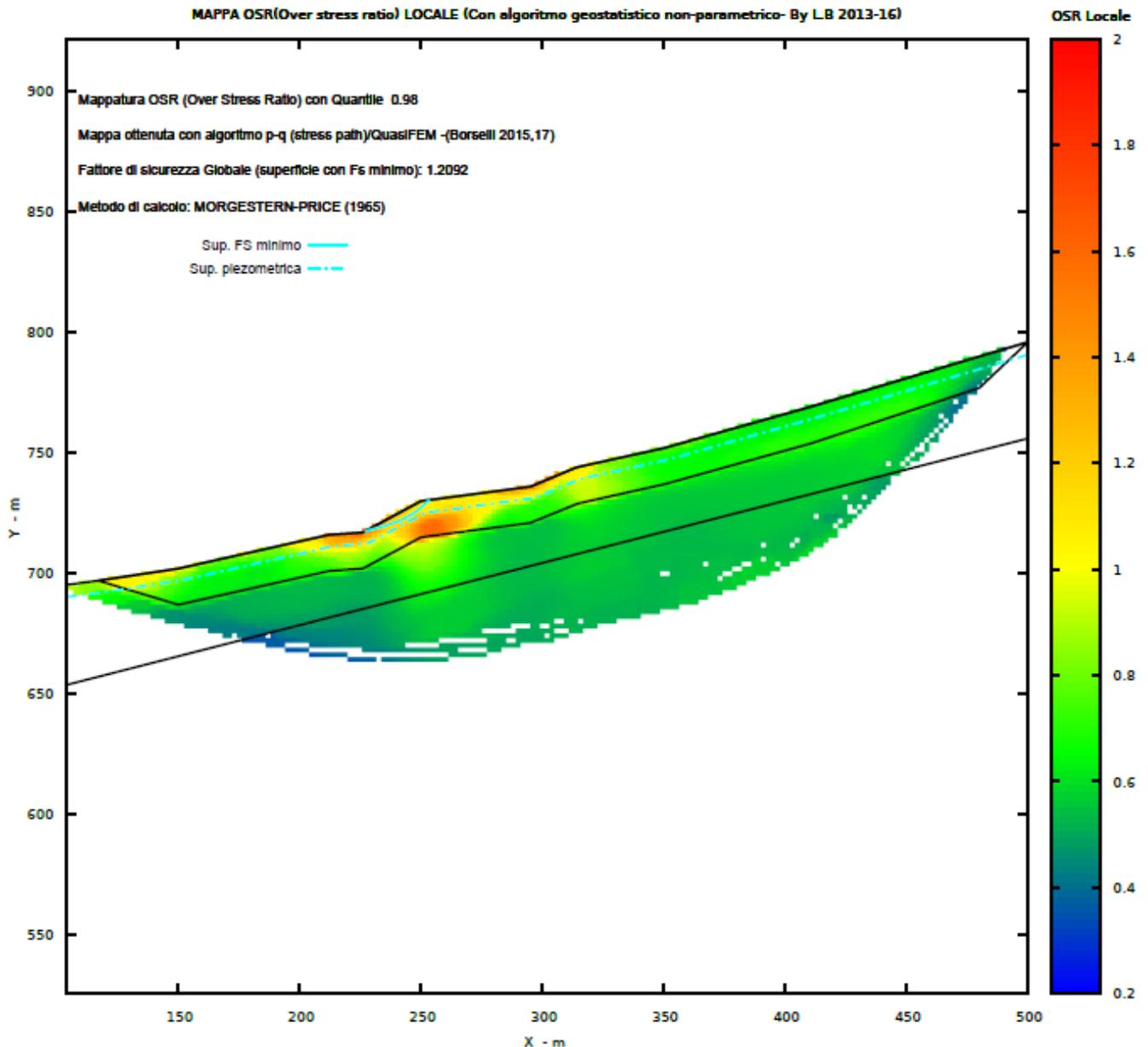


Figura 76 – Mappa dei valori di OSR (Over Stress Ratio) locali, ovvero del rapporto tra gli stress medi locali e la resistenza al taglio. Elaborazione effettuata col codice SSAP (rel. 4.9.0 – 2017), <http://www.ssap.eu>. Allegato 7.

Valori medio–alti di OSR (Figura 76) si concentrano in particolar modo ad una profondità superiore a quella della superficie a FS minimo, facendo quindi ipotizzare possibili condizioni di instabilità per l'intero fascio di superfici calcolate al di sotto di quella minima, caratterizzate comunque da FS pseudo–statici che variano da 1,2 a 1,37.

In base al metodo di Newmark (1965), i 3 input sismici verranno quindi integrati per tutti i valori di accelerazione superiori a quella critica individuata, ovvero 0,12g. La verifica alla Newmark è stata effettuata attraverso il codice di calcolo SLAMMER (Jibson et al., 2013), scritto in Java

(<https://pubs.usgs.gov/tm/12b1/>), che ha calcolato **spostamenti permanenti medi variabili da 3 a 10 cm**, a seconda dell'accelerogramma utilizzato (Tabella 7 e Figura 77). Il valore mediano dello spostamento complessivo è pari a **9,7±3,2 cm**.

Earthquake	Record	Rigid block (cm)Normal	Rigid block (cm)Inverse	Rigid block (cm)Average
MontefiorMZSIII	P6_Accelerogramma_1_ok.txt	10.1	9.3	9.7
MontefiorMZSIII	P6_Accelerogramma_2_ok.txt	1.7	4.4	3
MontefiorMZSIII	P6_Accelerogramma_3_ok.txt	9.4	10.6	10
	Mean value	7	8.1	7.6
	Median value	9.4	9.3	9.7
	Standard deviation	3.8	2.7	3.2

Tabella 7 - Tabella riassuntiva dei valori di spostamento co-sismico calcolati col metodo del blocco rigido di Newmark, attraverso il codice di calcolo SLAMMER, per ognuno dei tre accelerogrammi restituiti in superficie a valle dell'analisi di risposta sismica locale 2D. Normal: è relativo alla porzione delle Y positive della serie temporale dell'accelerazione; Inverse: è relativo alla porzione delle Y negative della serie temporale dell'accelerazione.

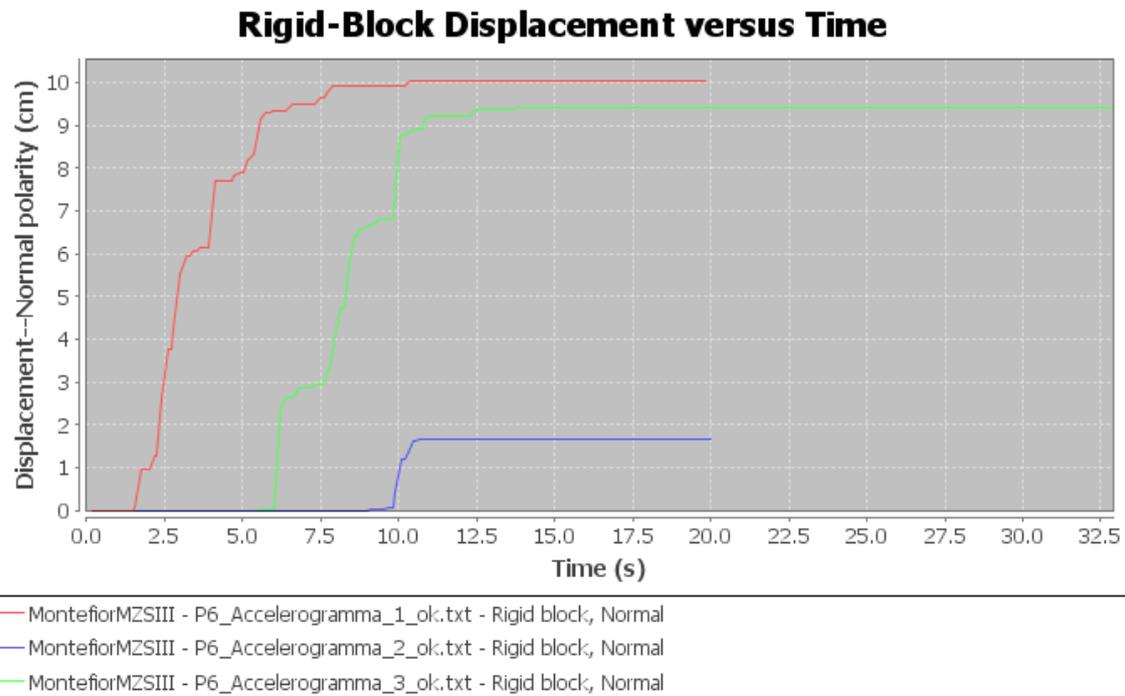


Figura 77 - Grafico degli spostamenti co-sismici cumulati per i tre accelerogrammi.

Le linee guida per l'analisi e la mitigazione del rischio da frana in California (Blake et al., 2002) indicano uno **spostamento ammissibile** pari a:

- 5 cm per superfici di scorrimento che coinvolgono manufatti rigidi
- 15 cm per cinematismi di collasso che si sviluppano in terreni con curve sforzi-deformazioni di tipo incrudente e non interagiscono con manufatti esistenti.

Nel caso di terreni con curve sforzi-deformazioni di tipo rammollente, 15 cm è ragionevole se K_c è calcolato utilizzando le caratteristiche di resistenza di post-picco o residua, mentre è opportuno assumere $S_{amm} = 5$ cm se K_c è calcolato con i parametri di picco della resistenza al taglio.

Relativamente agli spostamenti in pendii naturali, Idriss (1985) ha stimato le seguenti classi di danno:

Livello di danno	Spostamento (cm)
Minimo	< 3
Moderato	3-15
Molto alto	15-30
Vasto/severo	30-90
Catastrofico	90-300

Lo spostamento permanente ricavato dall'analisi eseguita per questo studio risulta quindi **ammissibile** e capace di produrre un **livello di danno moderato**.

In **campo statico**, la verifica di stabilità del pendio in esame ha fornito un fattore di sicurezza minimo pari a **1,35**, individuando, come in campo pseudo-statico, le 10 superfici di scivolamento a FS minimo nel settore corrispondente alla scarpata mediana (si vedano il tabulato di verifica e la rappresentazione grafica in Allegato 7). Questo avvalorava l'ipotesi che il corpo di frana, come individuato dalla cartografia di PTCP e regionale, nonché come individuato da analisi geomorfologica, sia del tutto stabile in condizioni statiche, come deducibile sia dagli elementi geomorfologici rilevati, sia dai dati inclinometrici di porzioni di versante ad esso simili e prossime. In condizioni dinamiche, al superamento della soglia di accelerazione critica di 0,12g, solo la porzione corrispondente alla scarpata mediana risulterebbe instabile (con spostamenti co-sismici di circa 10 cm), mentre le restanti porzioni dell'intero corpo di frana cartografato continuerebbero a rimanere stabili. Tutto questo a parità di condizioni geotecniche, morfologiche e idrogeologiche identificate in questo studio.

9. ELABORATI CARTOGRAFICI

Di seguito verranno descritti brevemente i contenuti delle cartografie prodotte per questo terzo livello di approfondimento della microzonazione sismica di Montefiorino, ponendo in evidenza le differenze rispetto agli elaborati dei precedenti livelli di approfondimento, relativamente all'area su cui sono stati condotti i presenti studi.

- **La carta delle indagini:** in essa vengono rappresentate le ubicazioni e le tipologie delle indagini di nuova esecuzione, realizzate appositamente per condurre gli studi di terzo livello, insieme alle indagini pregresse, sia precedenti la microzonazione di secondo livello, sia eseguite in occasione della stessa.
- **La carta delle Vs:** in essa vengono rappresentati i valori di Vs (V_{SH} e/o V_{S30}) derivati dalle nuove indagini geofisiche eseguite per questo studio, integrati con i valori dello stesso parametro già presenti nel precedente livello di microzonazione (L2).

- **La carta delle frequenze:** in essa vengono rappresentati i valori della frequenza fondamentale di vibrazione del terreno derivati dalle nuove indagini geofisiche eseguite per questo studio, integrati con i valori dello stesso parametro già presenti nel precedente livello di microzonazione (L2).
- **La carta delle MOPS:** in base ai risultati delle indagini ed analisi del livello 3 di microzonazione, la carta delle MOPS del livello 2 è stata modificata per la sola area oggetto di approfondimento nel terzo livello; per le restanti aree è stata aggiornata in base ai nuovi standard di rappresentazione (versione 4.0b).
- **La carta di microzonazione sismica (MS_0203):** identifica le aree stabili suscettibili di amplificazioni locali, le zone di attenzione per instabilità (Livello 2) e le zone suscettibili di instabilità (Livello 3), quest'ultime con fattori di amplificazione calcolati da analisi di risposta sismica locale bi-dimensionali e spostamenti co-sismici calcolati con modello numerico in campo pseudo-statico.

9.1. Carta delle indagini

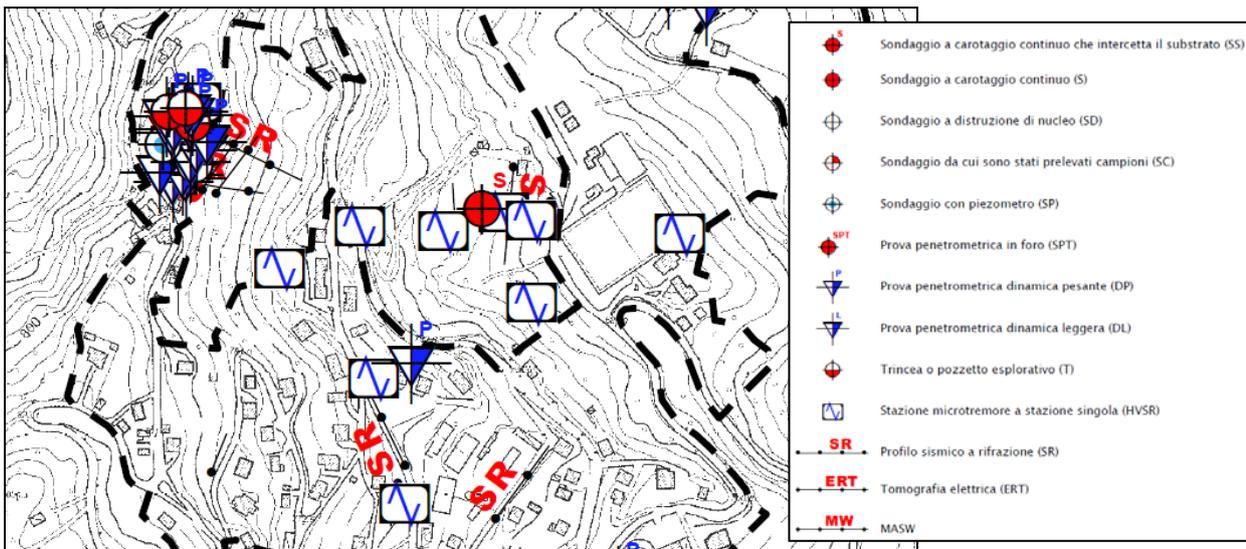


Figura 78 – Stralcio della Tavola di MS3 “Carta delle indagini” in cui è rappresentata l’area d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio, insieme alle indagini geognostiche e geofisiche d’archivio e di nuova esecuzione.

La carta delle indagini mostra la distribuzione spaziale di tutte le indagini geognostiche e geofisiche d’archivio e di nuova esecuzione per questo approfondimento di MS3. In sostanza vengono riprese tutte le indagini contenute nell’omonima carta di MS2 aggiungendovi, per la sola area di approfondimento MS3 (Figura 78) le nuove indagini eseguite.

9.2. Carta delle Vs

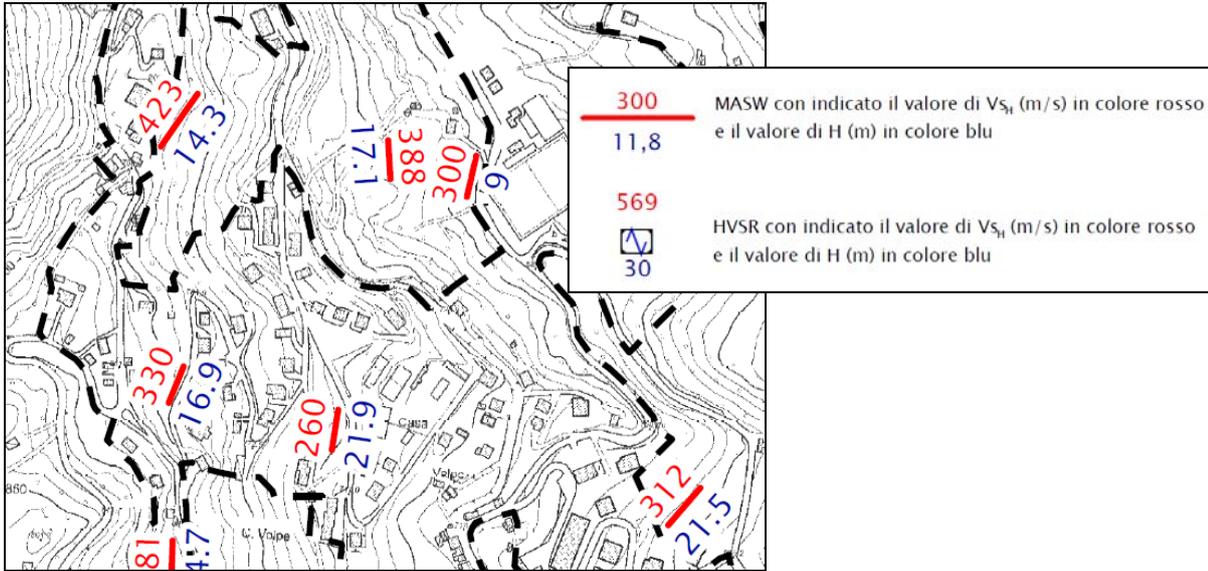


Figura 79 – Stralcio della Tavola di MS3 “Carta delle Vs” in cui è rappresentata l’area d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio, insieme ai fattori di amplificazione calcolati sulla base delle nuove indagini geofisiche e di quelle d’archivio.

La carta delle Vs mostra la distribuzione spaziale di tutti i valori di V_{SH} ricavati sia dalle indagini d’archivio (già contenute nella carta di microzonazione MS2) che da quelle di nuova esecuzione per questo approfondimento di MS3. In sostanza vengono riprese tutte le Vs contenute nell’omonima carta di MS2 aggiungendovi, per la sola area di approfondimento MS3 (Figura 79) le nuove Vs ricavate dalle nuove indagini eseguite.

9.3. Carta delle frequenze

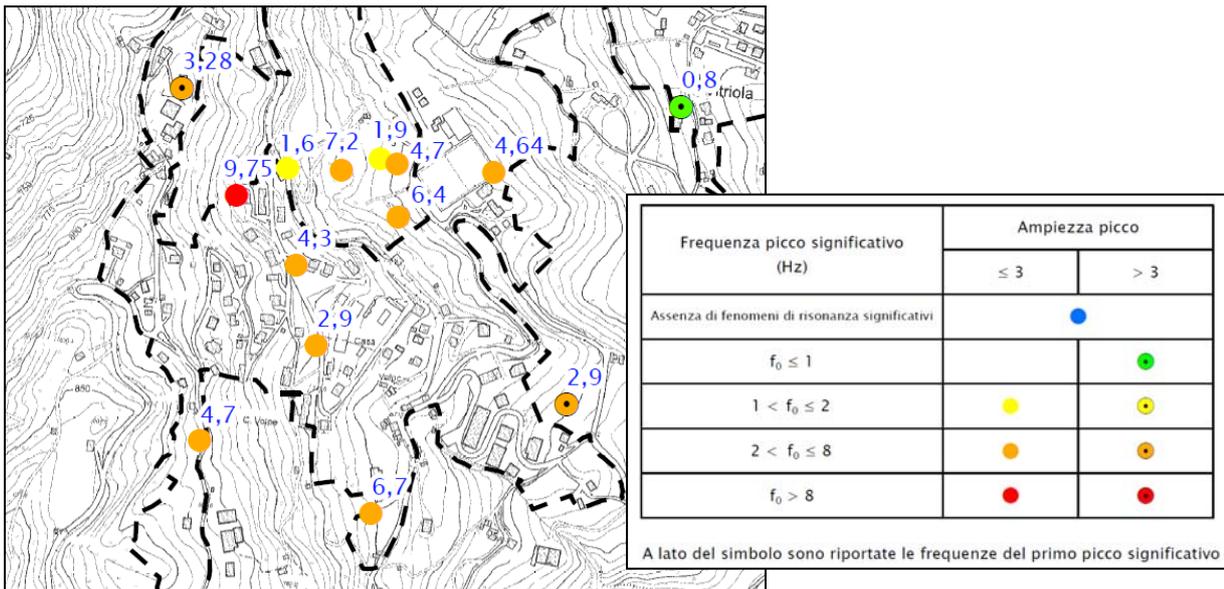


Figura 80 – Stralcio della Tavola di MS3 “Carta delle frequenze” in cui è rappresentata l’area d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio, insieme ai valori di frequenza fondamentale di vibrazione del terreno calcolati sulla base delle nuove indagini geofisiche e di quelle d’archivio.

La carta delle frequenze mostra la distribuzione spaziale di tutti i valori della frequenza fondamentale di vibrazione del terreno, ricavati sia dalle indagini d'archivio (già contenute nella carta di microzonazione MS2) che da quelle di nuova esecuzione per questo approfondimento di MS3. In sostanza vengono riprese tutte le frequenze contenute nell'omonima carta di MS2 aggiungendovi, per la sola area di approfondimento MS3 (Figura 80) le nuove frequenze ricavate dalle nuove indagini eseguite. Come si può vedere, i valori di frequenza vengono distinti all'interno di 5 classi, a loro volta suddivise in base all'ampiezza del picco di risonanza: ≤ 3 o >3 .

9.4. Carta delle MOPS

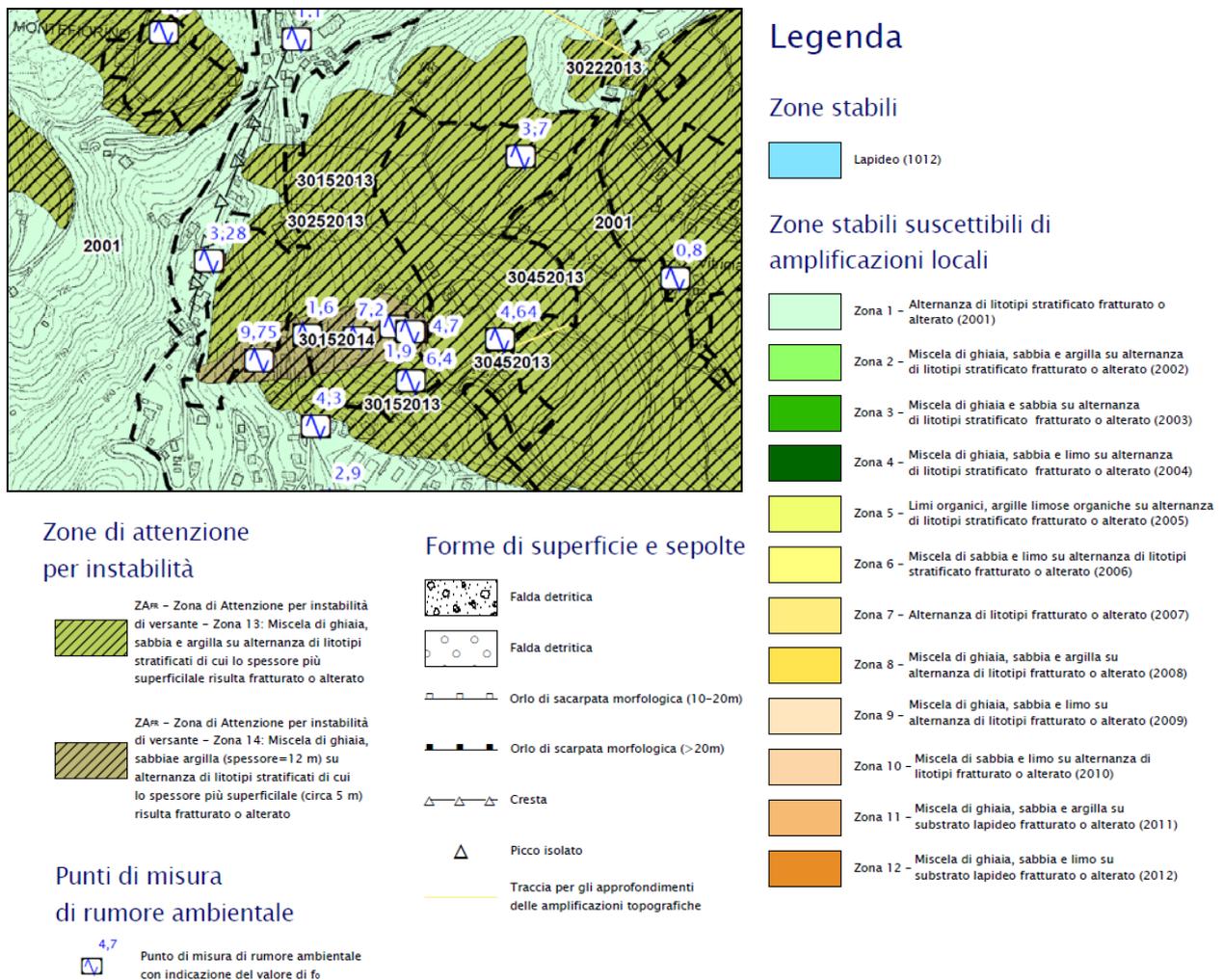


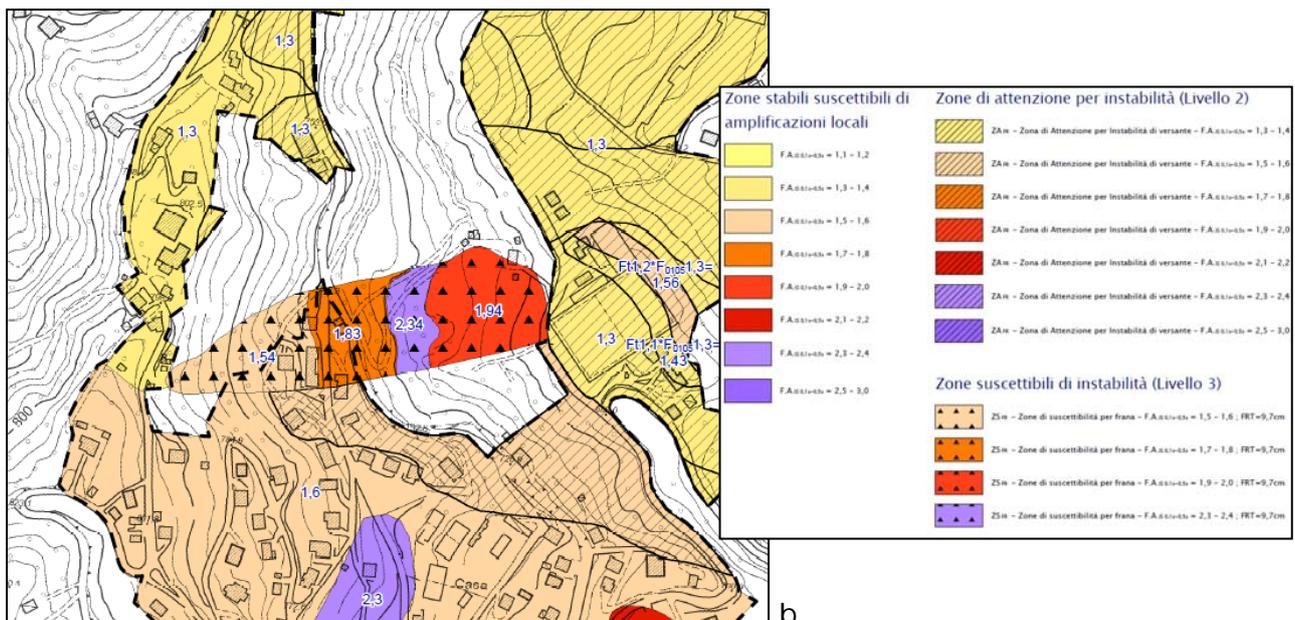
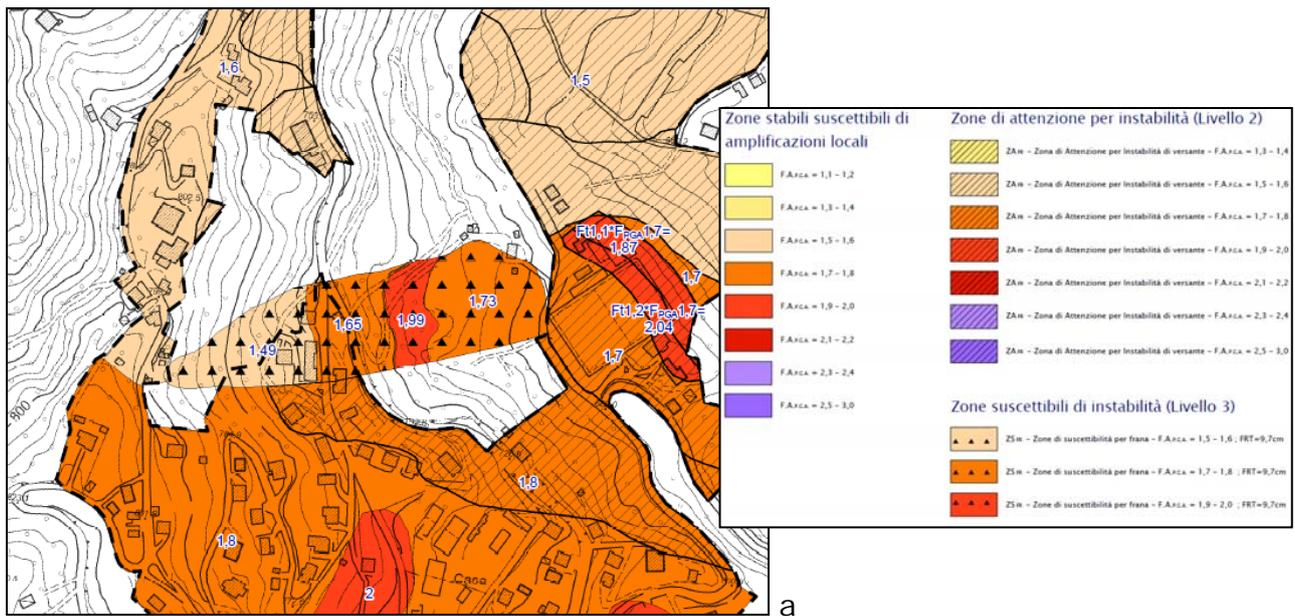
Figura 81 – Stralcio della Tavola di MS1 “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” (MOPS) in cui è rappresentata l’area d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio. La carta è stata rielaborata sulla base dei più recenti standard di rappresentazione (4.0b) e a valle dei risultati delle analisi di MS3 condotte per questo studio.

La carta delle MOPS, elaborata nel primo livello di approfondimento, è stata rielaborata sulla base dei più recenti standard di rappresentazione cartografica (versione 4.0b, 2015). Rispetto alla rappresentazione di I livello le frane sono state definite come “Zone di attenzione per instabilità” e

suddivise in base alla specifica stratigrafia identificata, in particolare, per l'area di MS3, a seguito dell'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo.

Inoltre, considerando che le descrizioni litologiche standardizzate sono mutate nel passaggio dagli standard con cui è stata elaborata la carta delle MOPS nel I livello agli standard 4.0b, per l'intero territorio comunale sono state riviste le classificazioni litologiche e, quindi, tutte le descrizioni delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

9.5. Carta di microzonazione sismica (MS_0203)



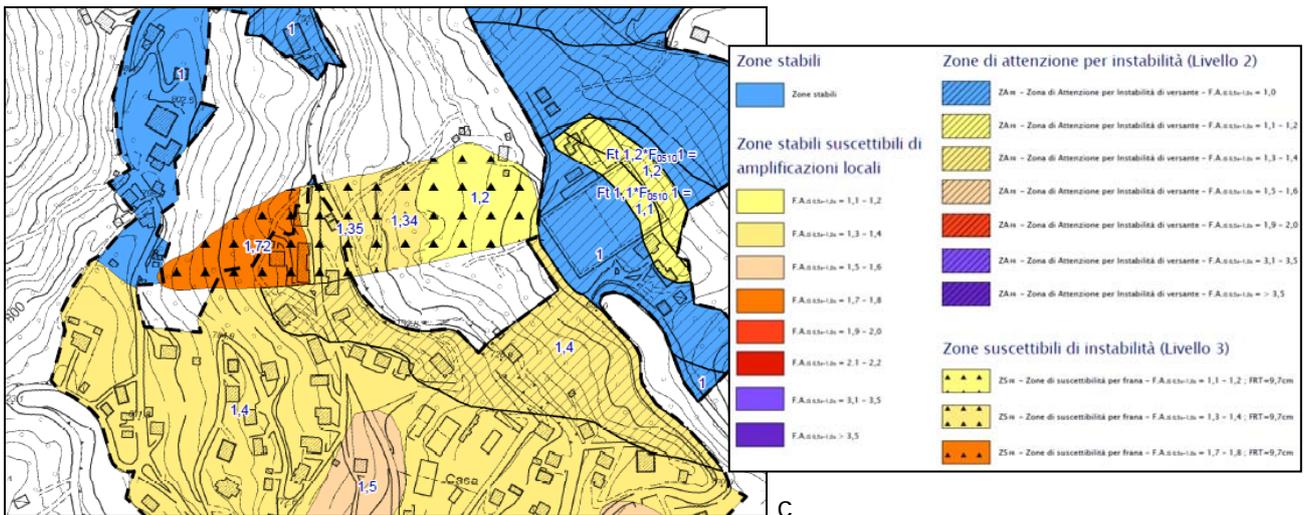


Figura 82 – Stralcio delle 3 Tavole di MS_0203 “Carta di microzonazione sismica”: a) fattori di amplificazione della PGA; b) fattori di amplificazione dell’Intensità di Housner in pseudo-velocità nell’intervallo d’integrazione compreso tra i periodi 0,1–0,5 s; c) fattori di amplificazione dell’Intensità di Housner in pseudo-velocità nell’intervallo d’integrazione compreso tra i periodi 0,5–1,0 s.

Le 3 carte di MS_0203 (Figura 82) sono state elaborate a partire dalle omonime carte di microzonazione di II livello, riclassificando tutte le aree ivi rappresentate in base ai più recenti standard di rappresentazione (versione 4.0b) e in base ai più recenti criteri regionali di microzonazione esposti nella DGR2193/2015 della Regione Emilia-Romagna. Rispetto alla precedente cartografia di secondo livello sono state evidenziate anche le aree in frana ricadenti all’interno del solo territorio urbanizzato. Le zone suscettibili di instabilità identificate nel secondo livello sono state suddivise in “Zone di attenzione per instabilità” ed in “Zone suscettibili di instabilità”; quest’ultime sono quelle indagate dai presenti studi di terzo livello, differenziate in base al fattore di amplificazione (F_a) – calcolato con analisi di risposta sismica locale bi-dimensionale – ed in base allo spostamento co-sismico (FRT) – calcolato con analisi pseudo-statica.

10. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Non si hanno dati relativi a danni sul territorio comunale provocati da eventi sismici avvenuti in passato.

11. BIBLIOGRAFIA

- Albarelo D., Cesi C., Eulilli V., Guerrini F., Lunedei E., Paolucci E., Pileggi D., Puzzilli L.M., 2011. The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26th April 2009 l'Aquila (Italy) earthquake, *Boll.Geofis.Teor.Appl.*, 52, 3, 513–538, DOI 10.4430/bgta0013
- Barbero, M., Bonini, M., Borri Brunetto, M., 2006. Analisi numeriche della stabilità di un versante in bimrock, in: *Incontro Annuale Dei Ricercatori Di Geotecnica 2006 – IARG 2006*. Pisa.
- Bettelli, G., Bonazzi, U., Fazzini, P., Gasperi, G., Gelmini, R., Panini, F., 1989a. Nota illustrativa alla Carta geologica dell'Appennino modenese e zone limitrofe. *Mem. Soc. Geol. It.* 39, 487–498.
- Bettelli, G., Bonazzi, U., Panini, F., 1989b. Schema introduttivo alla geologia delle Liguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe. *Mem. Soc. Geol. It.* 39, 91–126.
- Bettelli, G., Capitani, M., Panini, F., 1996. Origine della struttura a “blocchi in pelite” e dell'estensione parallela alla stratificazione nelle formazioni smembrate liguri del Supergruppo del Baganza affioranti nel settore sudorientale dell'Appennino emiliano. *Accad. Naz. Sci. Lett. Arti di Modena, Collana di Stud.* 15, 261–298.
- Bettelli, G., Panini, F., 1992. Nota illustrativa ad una sezione geologica attraverso l'Appennino modenese. *Stud. Geol. Camerti Vol. Spec.*, 65–74.
- Bettelli, G., Panini, F., Pizzuolo, M., 2002. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 236 – Pavullo nel Frignano. Firenze.
- Boccaletti, M., Corti, G., Martelli, L., 2011. Recent and active tectonics of the external zone of the Northern Apennines (Italy). *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* 100, 1331–1348.
- Bonini, M., 2007. Interrelations of mud volcanism, fluid venting, and thrust–anticline folding: Examples from the external northern Apennines (Emilia–Romagna, Italy). *J. Geophys. Res. Solid Earth* 112, DOI: 10.1029/2006JB004859.
- Bonini, M., Tanini, C., 2009. Tectonics and quaternary evolution of the Northern Apennines watershed area (upper course of Arno and Tiber rivers, Italy). *Geol. J.* 44, 2–29.
- Bramerini, F., Castenetto, S., Giuffrè, M., Naso, G., 2017. Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR) – Versione 1.0. Roma, 43 p.
- Brunamonte, F., 2003. Ricerca storica sulle frane nella Provincia di Modena. Regione Emilia–Romagna. Torino.
- Capitani, M., Bertacchini, M., 1997. Aspetti geologici, in: Modena, P. di (Ed.), 2° Relazione Sullo Stato Dell'ambiente Nella Provincia Di Modena. Modena, pp. 29–34.
- Chicchi, S., Plesi, G., 1991. Sovrascorrimenti e strutture associate dell'alto Appennino emiliano fra il Passo del Lagastrello e il M. Cimone. *Stud. Geol. Camerti Vol. speci*, 99–108.
- Chicchi, S., Plesi, G., 1992. Il Complesso di M. Modino nell'alto Appennino emiliano (tra il Passo

del Lagastrello e il M. Cimone) e i suoi rapporti con la Falda toscana, l'Unità di Canetoloe le Liguridi. Mem. Descr. Cart. Geol. d'It. 46, 139–163.

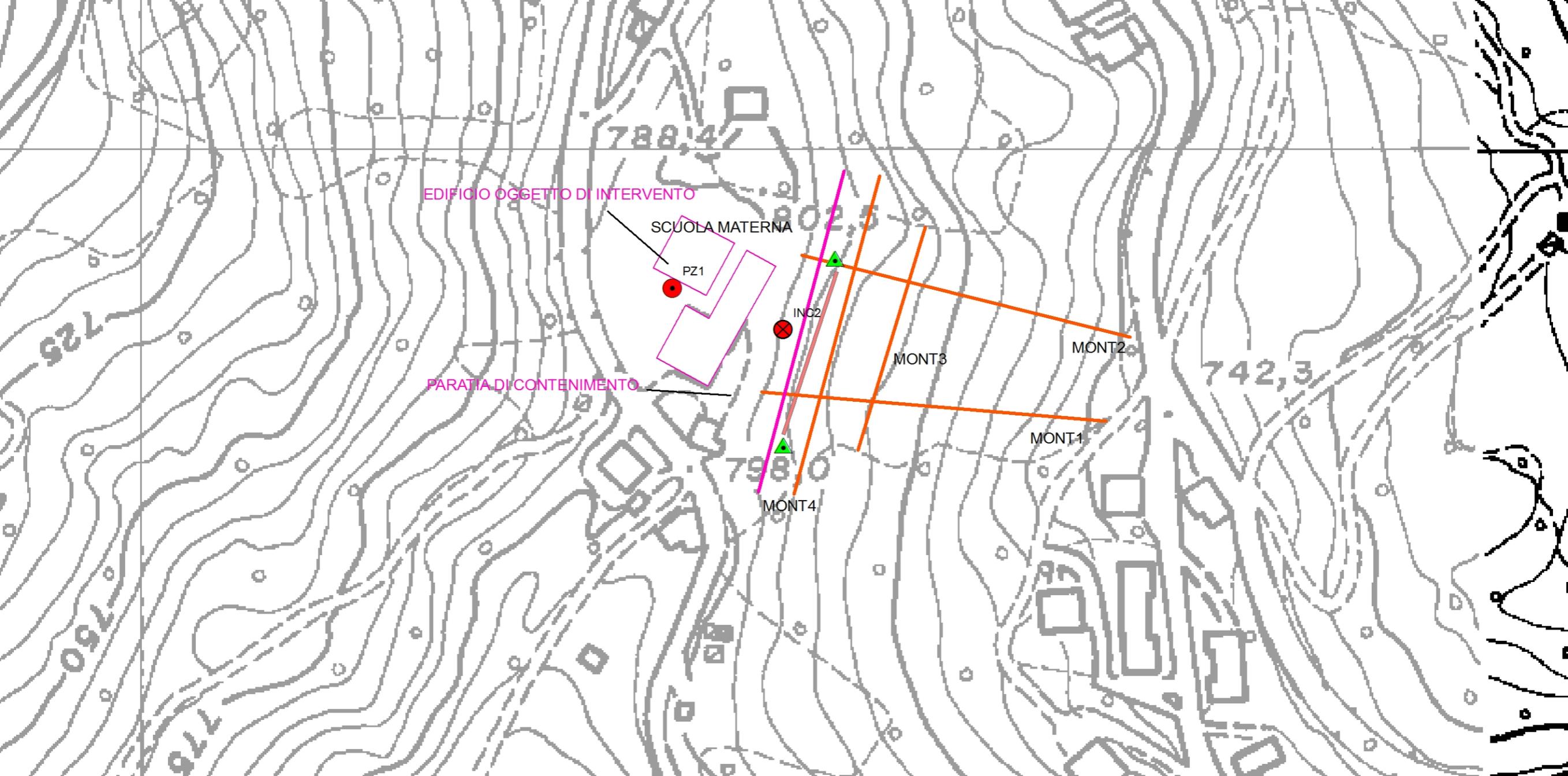
- Chicchi, S., Plesi, G., 1995. La struttura della finestra di Gazzano (Val Dolo, Appennino reggiano-modenese). Accad. Naz. delle Sci. Scr. e Doc. 14, 195–227.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996. Landslide Types and Processes, in: Landslides, Investigation and Mitigation. Special Report 247. TRB, National Research Council, Washington D.C., pp. 36–75.
- Daniele, G., Plesi, G., 2000. The Ligurian Helminthoid flysch units of the Emilian Apennines: stratigraphic and petrographic features, paleogeographic restoration and structural evolution. Geodin. Acta 13, 1–21.
- Dikau, R., Brunsden, D., Schrott, L., Ibsen, M., 1996. Landslide recognition: identification, movement and causes. John Wiley & Sons Ltd., 251 p.
- Garberi, M.L., A., P., Pizziolo, M., 1999. I numeri sulle frane. Grafiche Damiani, Bologna.
- Leuratti, E., Lucente, C.C., Medda, E., Manzi, V., Corsini, A., Tosatti, G., Ronchetti, F., Guerra, M., 2007. Primi interventi di consolidamento sulle frane dei Boschi di Valoria, di Tolara e Lezza Nuova (Val Dolo e Val Dragone, Appennino modenese). G. di Geol. Appl. 7, 17–30.
- Mancin, N., Martelli, L., Barbieri, C., 2006. Foraminiferal biostratigraphy and paleobathymetric constraints in geohistory analysis: the example of the Epiligurian succession of the Secchia Valley (Northern Apennines, Mid Eocene–Late Miocene). Boll. Soc. Geol. It. 125, 163–186.
- Martini, G., Plesi, G., 1988. Scaglie tettoniche divelte dal complesso di M. Modino e trascinate alla base delle unità subligure e ligure: gli esempi del M. Ventasso e del M. Cisa (Appennino reggiano). Boll. Soc. Geol. It. 107, 171–191.
- Medley, E., 1999. Systematic characterization of melange bimrocks and other chaotic soil/rock mixtures. Felsbau 17, 152–162.
- Medley, E., 2001. Engineering Geological Characterization of Brittle Faults and Classification of Fault Rocks. Felsbau 19, 13–19.
- Mochi, E., Plesi, G., Villa, G., 1996. Biostratigrafia a nannofossili calcarei della parte basale della successione del M. Modino (nell'area dei Fogli 234 e 235) ed evoluzione strutturale dell'unità omonima. Stud. Geol. Camerti 13, 39–73.
- Plesi, G., 2002. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 235 – Pievepelago. Regione Emilia–Romagna–S.EL.CA, Firenze.
- Reutter, K.J., 1969. La geologia dell'Alto Appennino modenese tra Civago e Fanano e considerazioni geotettoniche sull'Unità di M. Modino – M. Cervarola. L'Ateneo Parm. Acta Nat. 5, 1–88.
- Soldati, M., Tosatti, G., 1993. Case histories of lake-forming landslides in the Dragone Valley (Northern Apennines), in: Novosad, S., Wagner, P. (Eds.), Proc. 7th Int. Conf. & Field Workshop on Landslides In Cech and Slovak Republics. A.A. Balkema Publishers, The Netherlands, Rotterdam, pp. 287–292.
- Tellini, C., 2013. Pericolosità e suscettibilità da frana in Emilia–Romagna. Geol. dell'Emilia–

Romagna 47, 7-13.

Yang, J., Yan, X.R., 2009. Site response to multi-directional earthquake loading: A practical procedure. Soil Dyn. Earthq. Eng. 29, 710-721.

ALLEGATO 1

Misure inclinometriche d'archivio prossime all'area di studio



EDIFICIO OGGETTO DI INTERVENTO

SCUOLA MATERNA

PZ1

INQ2

PARATA DI CONTENIMENTO

MONT3

MONT2

MONT1

MONT4

788,4

802,5

742,3

798,0

725

750

775

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna di Modena	SOND.N°: S.2	PROF.(m): 30.00
CANTIERE: Montefiorino (MO) - CIG Z2502A08D0	QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: CMV Mk900 D1	LATITUDINE (°): N 44.353606°	
METODO PERFORAZ.: Distruzione di nucleo	LONGITUDINE (°): E 10.620671°	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: tricono	DATA INIZ-FINE: 05/01/2012-07/01/2012
PIEZOMETRO:	SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 301-11	CERTIFICATO N°: C12-002-2-a	RAPPORTO N°: -----
	DATA DI EMISSIONE: 09/01/2012	PAGINA N°: 1 di 1

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita' [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz. Norton	Pz Casagrande	Inclinometro	Carotaggio	---	R.Q.D.
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15					Perforazione a distruzione di nucleo										
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30			30.00												

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO[®] S.R.L.

INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com

SCHEMA INSTALLAZIONE STRUMENTI

Tubo inclinometrico (Norm. rif. A.G.I. 1977)

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna di Modena

SONDAGGIO N° S.2

CANTIERE: Montefiorino - CIG Z2502A08D0

RIF. PREV. N: 301-11

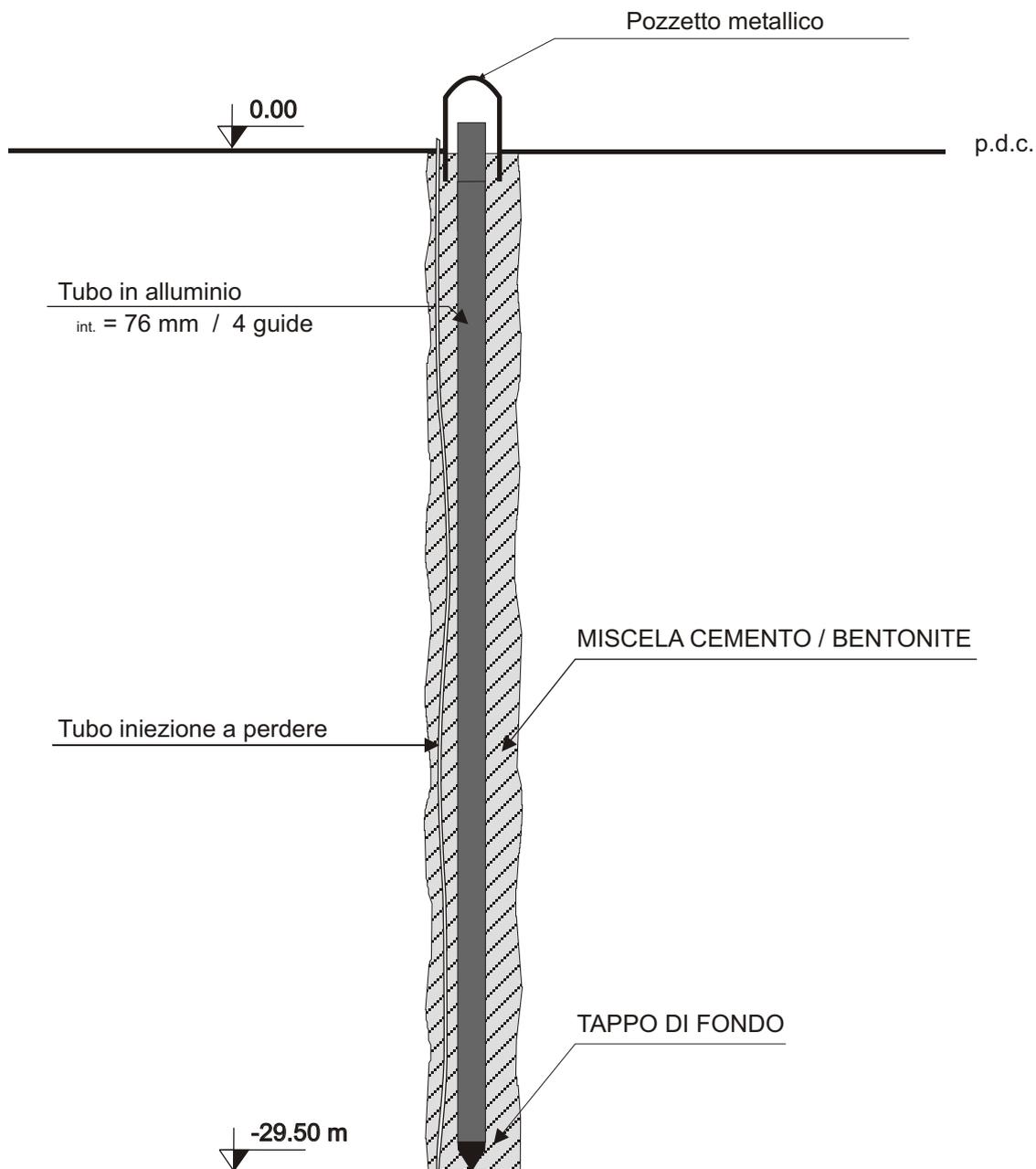
LOCALITA': Montefiorino (MO)

DATA DI ESECUZIONE: 07/01/2012

N° CERTIFICATO: C12-002-2-b

N° RAPPORTO: -----

DATA DI EMISSIONE: 09/01/2012



N.B: SCHEMA NON IN SCALA

Lo Sperimentatore	Note ed osservazioni:	Il Direttore del Laboratorio

Committente Regione Emilia Romagna
Cantiere Scuola Elementare
Località Montefiorino(MO)

Data Report 05/04/12

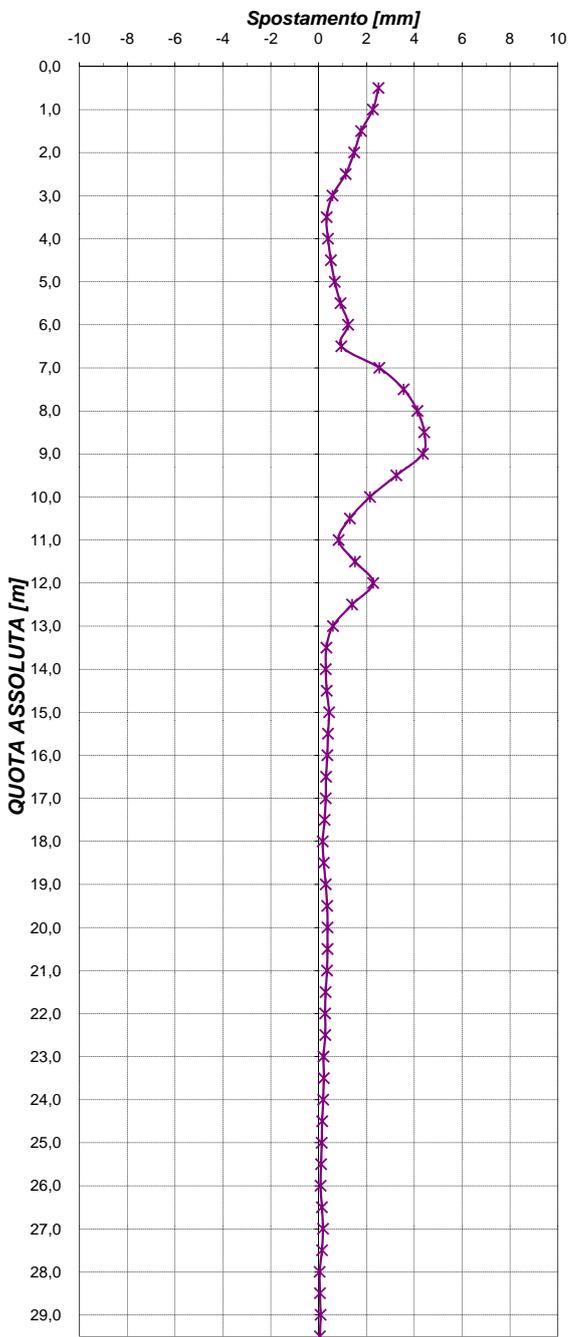
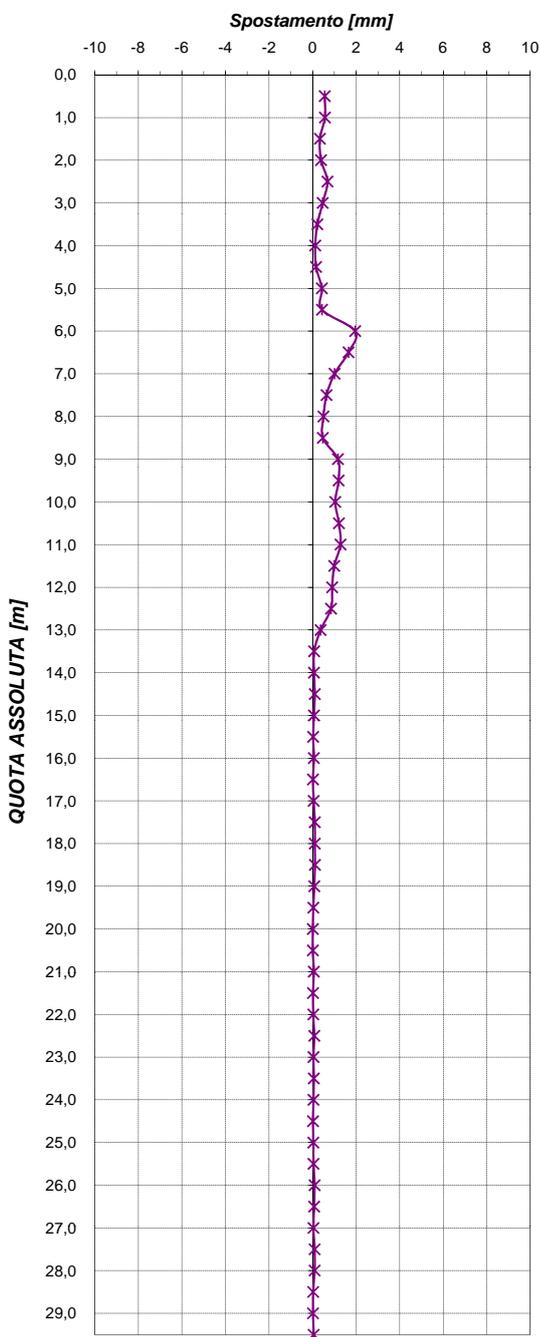
**MISURE INCLINOMETRICHE
 ELABORAZIONE DA FONDO FORO
 -GRAFICI-**

Nome tubo INC
Azimut di riferimento 0
Data lettura di zero 28/01/12

Misura 2 **IN DATA** 29/03/2012

SPOSTAMENTO INCREMENTALE

SPOSTAMENTO CUMULATIVO



Committente Regione Emilia Romagna
Cantiere Scuola Elementare
Località Montefiorino(MO)

Data Report

05/04/12

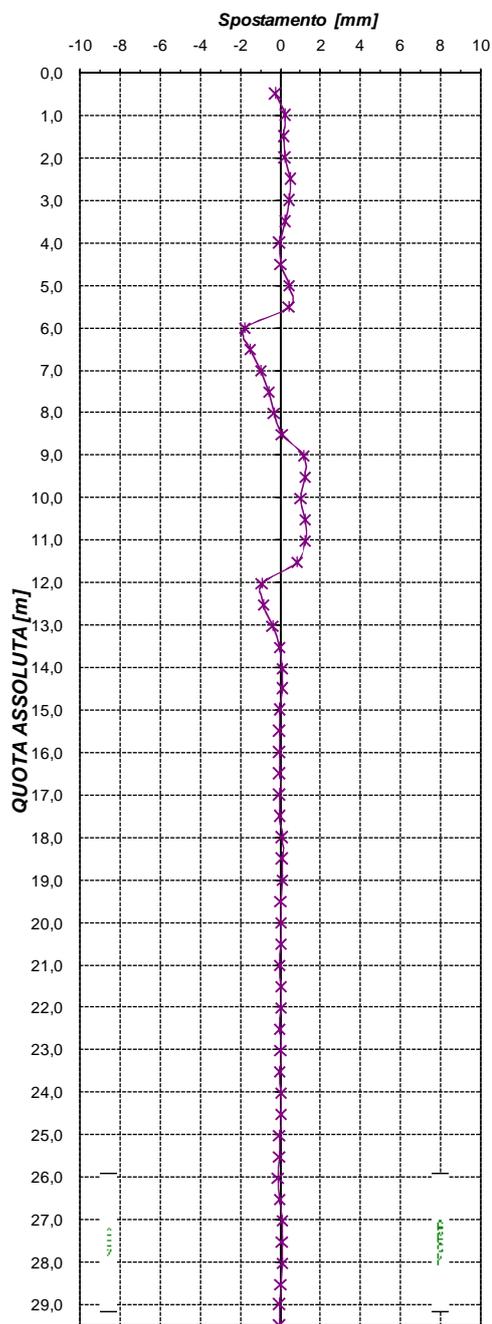
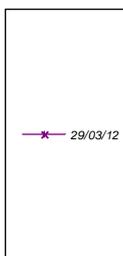
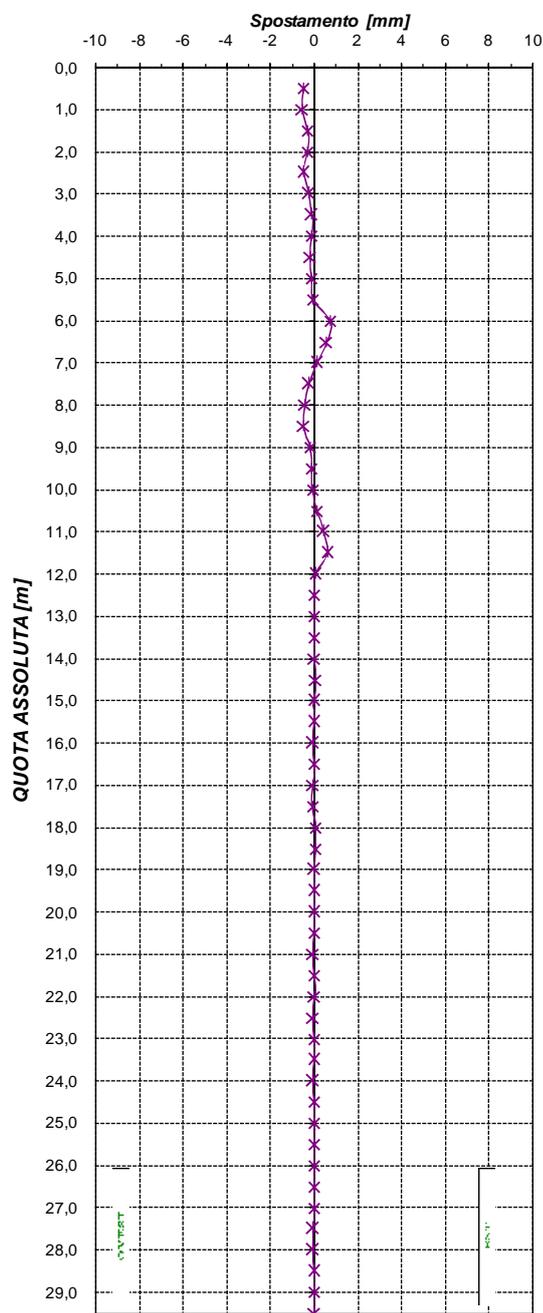
**MISURE INCLINOMETRICHE
 ELABORAZIONE DA FONDO FORO
 -GRAFICI-**

Nome tubo INC
Azimet di riferimento 0
Data lettura di zero 28/01/2012

Misura 2 **IN DATA** 29/03/12

**SPOSTAMENTI INCREMENTALE LOCALI
 - EST/OVEST -**

**SPOSTAMENTO INCREMENTALE LOCALI
 - NORD/SUD -**



Committente Regione Emilia Romagna
Cantiere Scuola Elementare
Località Montefiorino(MO)

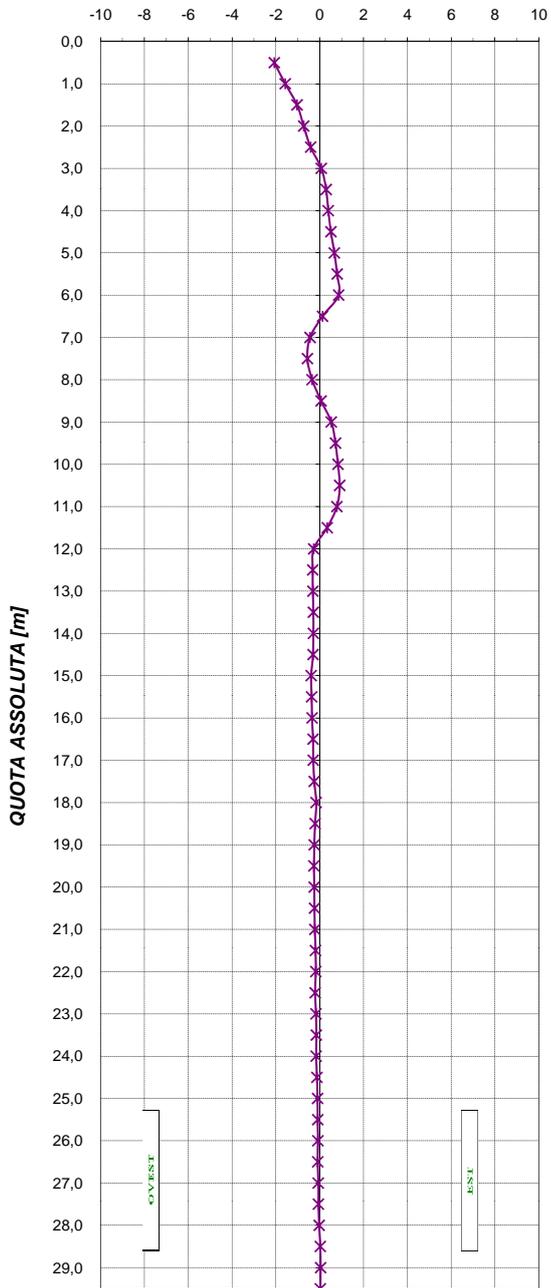
Data Report 05/04/12

**MISURE INCLINOMETRICHE
 SVILUPPO VERTICALE
 - GRAFICI -**

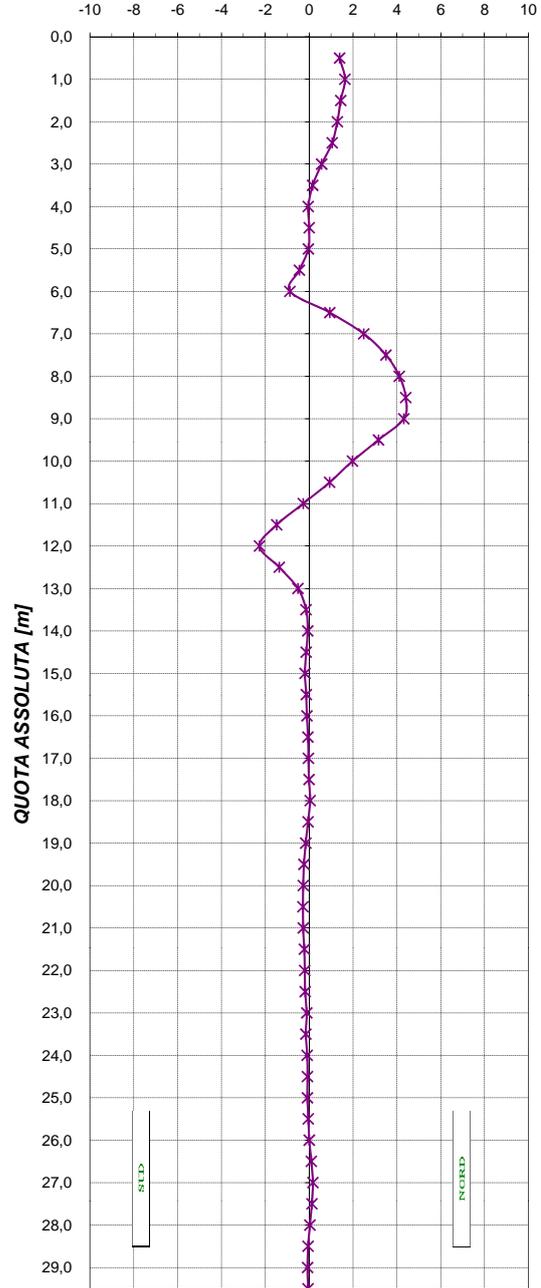
Nome tubo INC
Azimut di riferimento 0
Data lettura di zero 28/01/2012

Misura 2 **IN DATA** 29/03/2012

SPOSTAMENTO CUMULATIVO EST/OVEST
 Spostamento [mm]



SPOSTAMENTO CUMULATIVO NORD/SUD
 Spostamento [mm]



Committente Regione Emilia Romagna
Cantiere Scuola Elementare
Località Montefiorino(MO)

DATA REPORT 5/4/2012

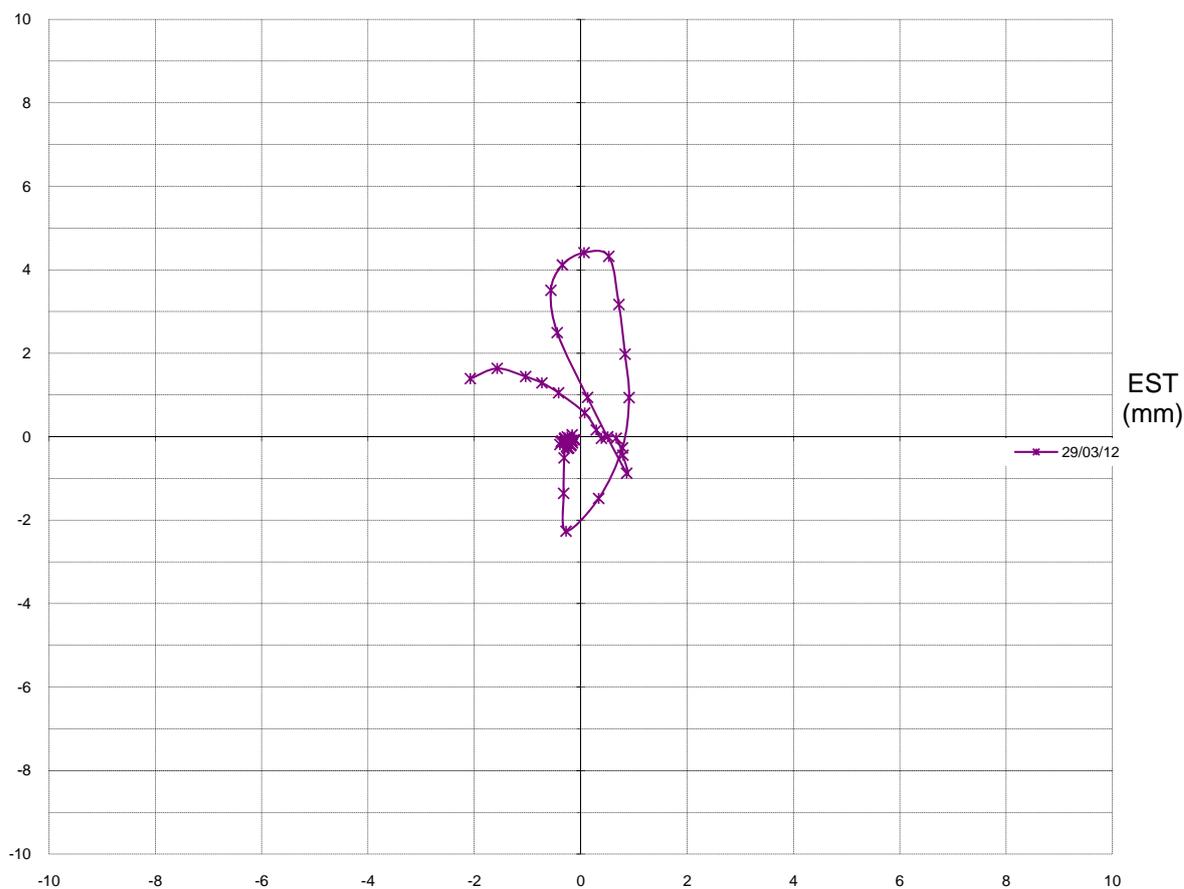
*MISURE INCLINOMETRICHE
ELABORAZIONE DA FONDO FORO
-GRAFICI-*

Nome tubo INC
Azimut di riferimento 0
Data lettura di zero 28/01/2012

Misura 2 **IN DATA** 29/03/2012

*SPOSTAMENTI DIFFERENZIALI INTEGRALI
- DIAGRAMMA POLARE -*

NORD (mm)



Committente	Regione Emilia Romagna	Data Report	05/04/2012
Cantiere	Scuola		
Località	Montefiorino(MO)		

**MISURE INCLINOMETRICHE
ELABORAZIONE DA FONDO FORO
-TABULATI-**

Nome tubo	INC
Azimut di riferimento	0
Data lettura di zero	28/01/2012

Misura 2 **IN DATA** 29/03/2012

QUOTA ASSOLUTA (m)	SPOSTAMENTI LOCALI (mm)				SPOSTAMENTI INTEGRALI (mm)			
	EST	NORD	RISULTANTE	AZIMUT	EST	NORD	RISULTANTE	AZIMUT
0,5	-0,505	-0,245	0,561	244,1	-2,075	1,390	2,498	303,8
1,0	-0,535	0,195	0,569	290,0	-1,570	1,635	2,267	316,2
1,5	-0,305	0,150	0,340	296,2	-1,035	1,440	1,773	324,3
2,0	-0,315	0,240	0,396	307,3	-0,730	1,290	1,482	330,5
2,5	-0,490	0,480	0,686	314,4	-0,415	1,050	1,129	338,4
3,0	-0,220	0,410	0,465	331,8	0,075	0,570	0,575	7,5
3,5	-0,095	0,200	0,221	334,6	0,295	0,160	0,336	61,5
4,0	-0,120	-0,040	0,126	251,6	0,390	-0,040	0,392	95,9
4,5	-0,160	0,035	0,164	282,3	0,510	0,000	0,510	90,0
5,0	-0,125	0,410	0,429	343,0	0,670	-0,035	0,671	93,0
5,5	-0,070	0,430	0,436	350,8	0,795	-0,445	0,911	119,2
6,0	0,735	-1,815	1,958	158,0	0,865	-0,875	1,230	135,3
6,5	0,570	-1,555	1,656	159,9	0,130	0,940	0,949	7,9
7,0	0,120	-1,010	1,017	173,2	-0,440	2,495	2,534	350,0
7,5	-0,215	-0,610	0,647	199,4	-0,560	3,505	3,549	350,9
8,0	-0,410	-0,295	0,505	234,3	-0,345	4,115	4,129	355,2
8,5	-0,465	0,090	0,474	281,0	0,065	4,410	4,410	0,8
9,0	-0,190	1,155	1,171	350,7	0,530	4,320	4,352	7,0
9,5	-0,115	1,190	1,196	354,5	0,720	3,165	3,246	12,8
10,0	-0,075	1,040	1,043	355,9	0,835	1,975	2,144	22,9
10,5	0,125	1,205	1,211	5,9	0,910	0,935	1,305	44,2
11	0,445	1,210	1,289	20,2	0,785	-0,270	0,830	109,0
11,5	0,615	0,785	0,997	38,1	0,340	-1,480	1,519	167,1
12	0,045	-0,905	0,906	177,2	-0,275	-2,265	2,282	186,9
12,5	-0,010	-0,850	0,850	180,7	-0,320	-1,360	1,397	193,2
13	-0,020	-0,370	0,371	183,1	-0,310	-0,510	0,597	211,3
13,5	0,000	-0,075	0,075	180,0	-0,290	-0,140	0,322	244,2
14	0,015	0,070	0,072	12,1	-0,290	-0,065	0,297	257,4
14,5	0,085	0,055	0,101	57,1	-0,305	-0,135	0,334	246,1
15	-0,025	-0,060	0,065	202,6	-0,390	-0,190	0,434	244,0
15,5	-0,015	-0,030	0,034	206,6	-0,365	-0,130	0,387	250,4
16	-0,045	-0,045	0,064	225,0	-0,350	-0,100	0,364	254,1
16,5	-0,010	-0,025	0,027	201,8	-0,305	-0,055	0,310	259,8
17	-0,045	-0,025	0,051	240,9	-0,295	-0,030	0,297	264,2
17,5	-0,090	-0,050	0,103	240,9	-0,250	-0,005	0,250	268,9
18	0,050	0,095	0,107	27,8	-0,160	0,045	0,166	285,7
18,5	0,040	0,105	0,112	20,9	-0,210	-0,050	0,216	256,6
19	0,015	0,080	0,081	10,6	-0,250	-0,155	0,294	238,2
19,5	-0,015	0,035	0,038	336,8	-0,265	-0,235	0,354	228,4
20	-0,010	0,010	0,014	315,0	-0,250	-0,270	0,368	222,8
20,5	-0,015	-0,010	0,018	236,3	-0,240	-0,280	0,369	220,6
21	-0,035	-0,050	0,061	215,0	-0,225	-0,270	0,351	219,8
21,5	-0,010	-0,020	0,022	206,6	-0,190	-0,220	0,291	220,8

Committente	Regione Emilia Romagna	Data Report	05/04/2012
Cantiere	Scuola		
Località	Montefiorino(MO)		

**MISURE INCLINOMETRICHE
ELABORAZIONE DA FONDO FORO
-TABULATI-**

Nome tubo INC
Azimut di riferimento 0
Data lettura di zero 28/01/2012

Misura 2 **IN DATA** 29/03/2012

QUOTA ASSOLUTA (m)	SPOSTAMENTI LOCALI (MM)				SPOSTAMENTI INTEGRALI (mm)			
	EST	NORD	RISULTANTE	AZIMUT	EST	NORD	RISULTANTE	AZIMUT
22	0,030	-0,020	0,036	123,7	-0,180	-0,200	0,269	222,0
22,5	-0,040	-0,070	0,081	209,7	-0,210	-0,180	0,277	229,4
23	-0,015	0,040	0,043	339,4	-0,170	-0,110	0,202	237,1
23,5	0,010	-0,060	0,061	170,5	-0,155	-0,150	0,216	225,9
24	-0,040	-0,015	0,043	249,4	-0,165	-0,090	0,188	241,4
24,5	-0,025	0,005	0,025	281,3	-0,125	-0,075	0,146	239,0
25	-0,010	-0,040	0,041	194,0	-0,100	-0,080	0,128	231,3
25,5	-0,010	-0,045	0,046	192,5	-0,090	-0,040	0,098	246,0
26	0,010	-0,095	0,096	174,0	-0,080	0,005	0,080	273,6
26,5	-0,025	-0,070	0,074	199,7	-0,090	0,100	0,135	318,0
27	-0,005	0,045	0,045	353,7	-0,065	0,170	0,182	339,1
27,5	-0,035	0,090	0,097	338,7	-0,060	0,125	0,139	334,4
28	-0,050	0,080	0,094	328,0	-0,025	0,035	0,043	324,5
28,5	-0,015	0,025	0,029	329,0	0,025	-0,045	0,051	150,9
29	0,010	-0,025	0,027	158,2	0,040	-0,070	0,081	150,3
29,5	0,030	-0,045	0,054	146,3	0,030	-0,045	0,054	146,3

Committente Regione Emilia Romagna
Cantiere Scuola Elementare
Località Montefiorino(MO)

Data Report 21/05/2012

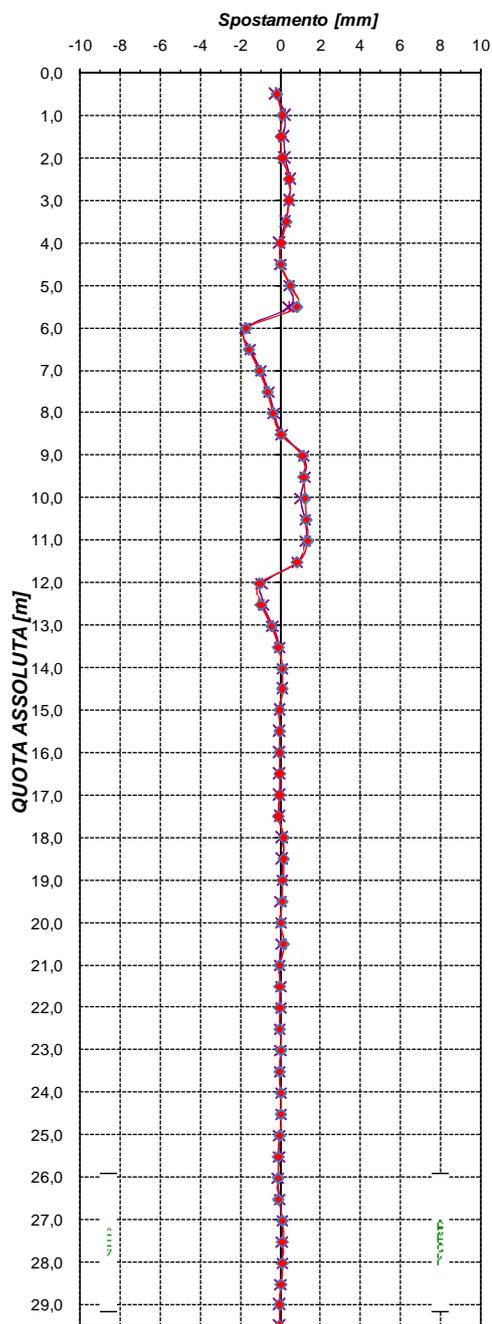
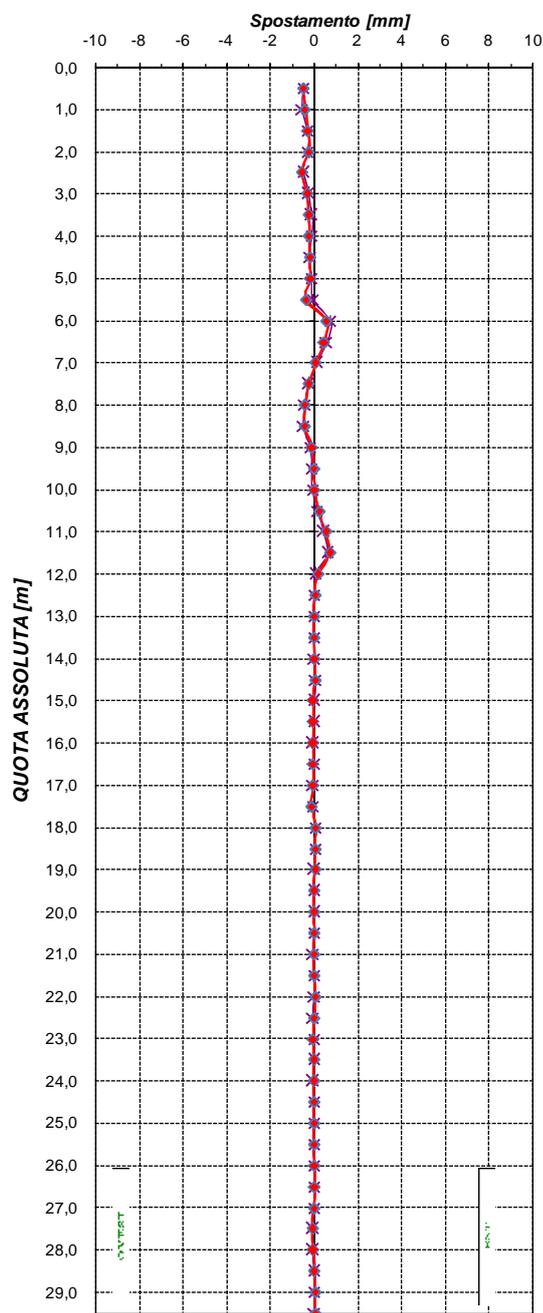
**MISURE INCLINOMETRICHE
 ELABORAZIONE DA FONDO FORO
 -GRAFICI-**

Nome tubo INC
Azimet di riferimento 0
Data lettura di zero 28/01/2012

Misura 3 **IN DATA** 17/05/2012

**SPOSTAMENTI INCREMENTALE LOCALI
 - EST/OVEST -**

**SPOSTAMENTO INCREMENTALE LOCALI
 - NORD/SUD -**



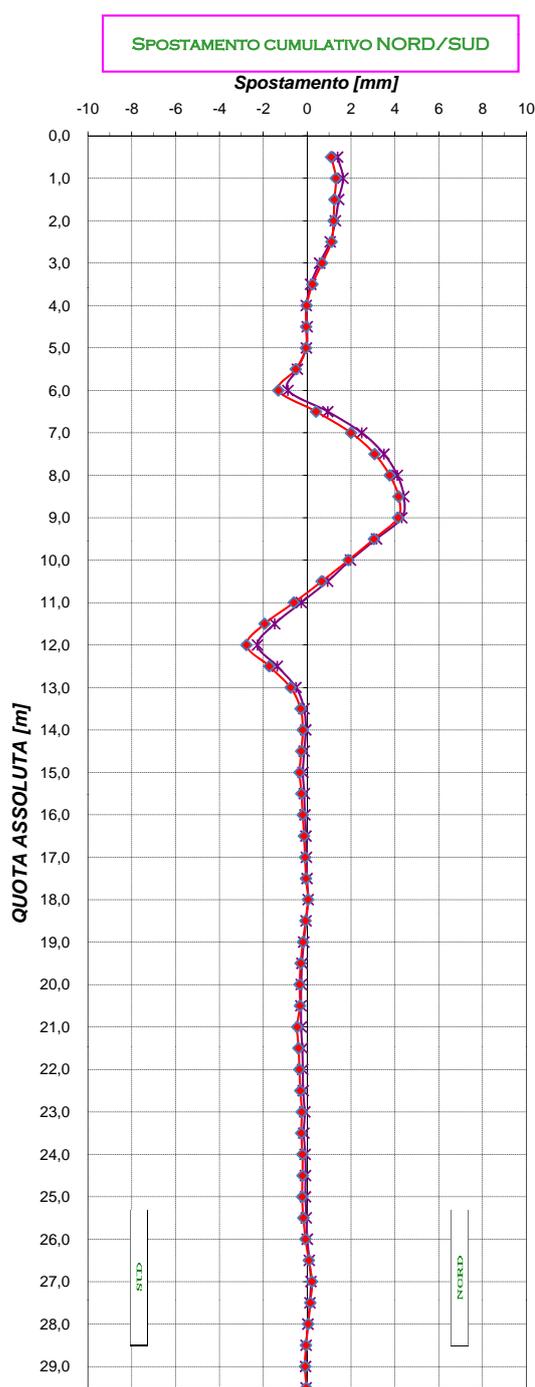
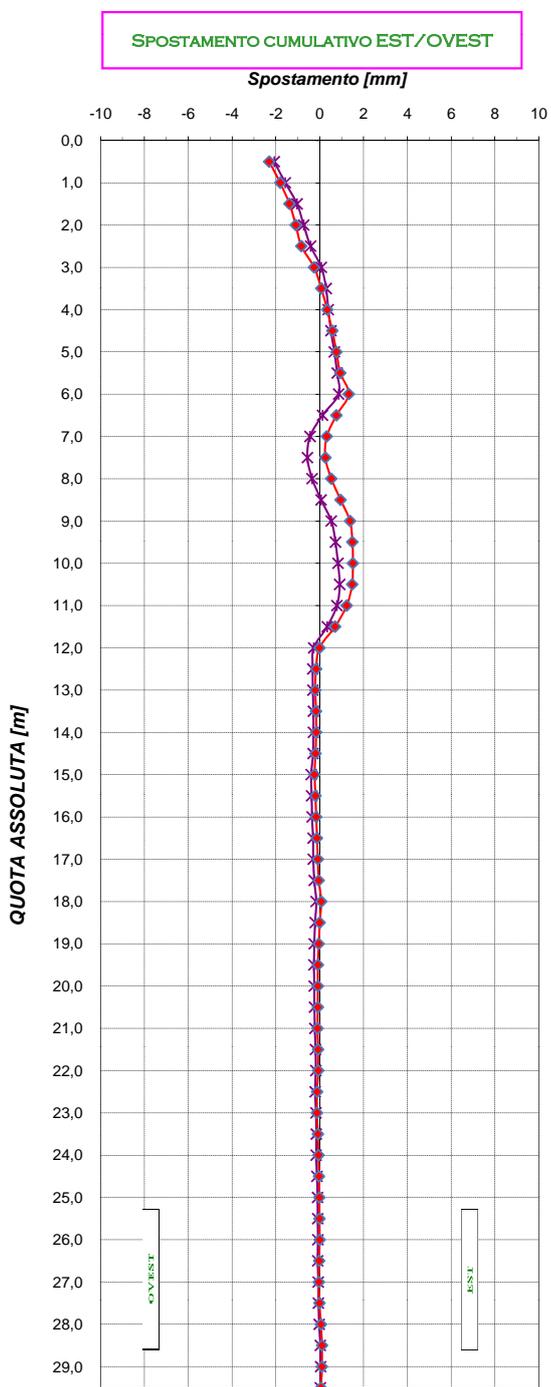
Committente Regione Emilia Romagna
Cantiere Scuola Elementare
Località Montefiorino(MO)

Data Report 21/05/12

**MISURE INCLINOMETRICHE
 SVILUPPO VERTICALE
 - GRAFICI -**

Nome tubo INC
Azimut di riferimento 0
Data lettura di zero 28/01/2012

Misura 3 **IN DATA** 17/05/2012



Committente Regione Emilia Romagna
Cantiere Scuola Elementare
Località Montefiorino(MO)

Data Report 21/05/12

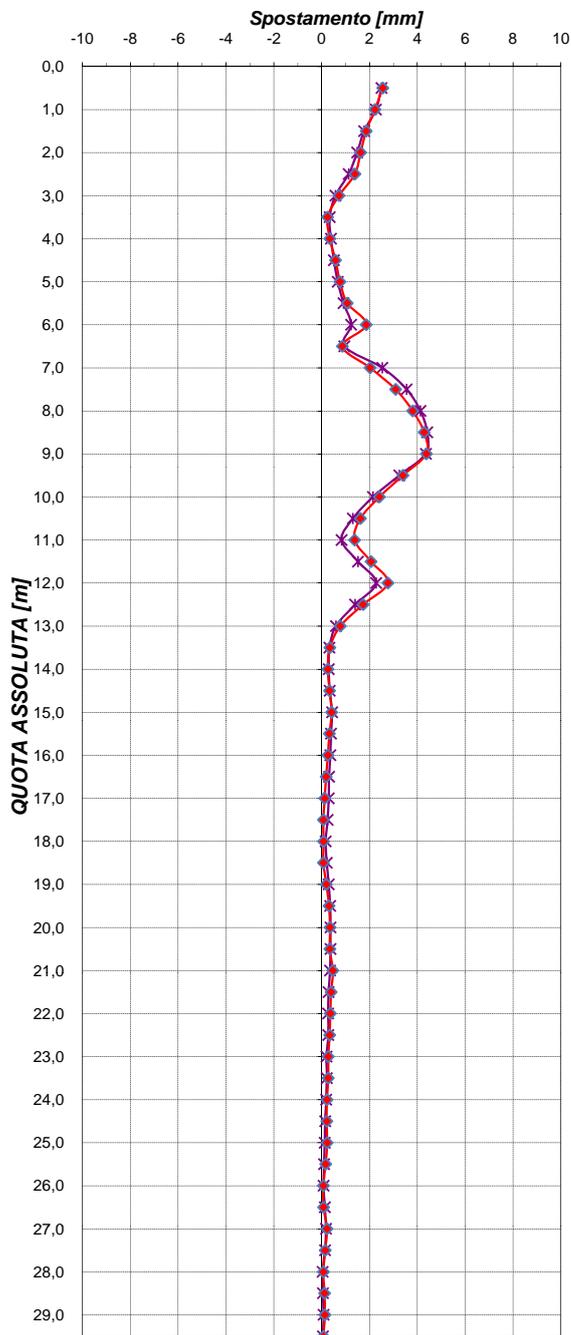
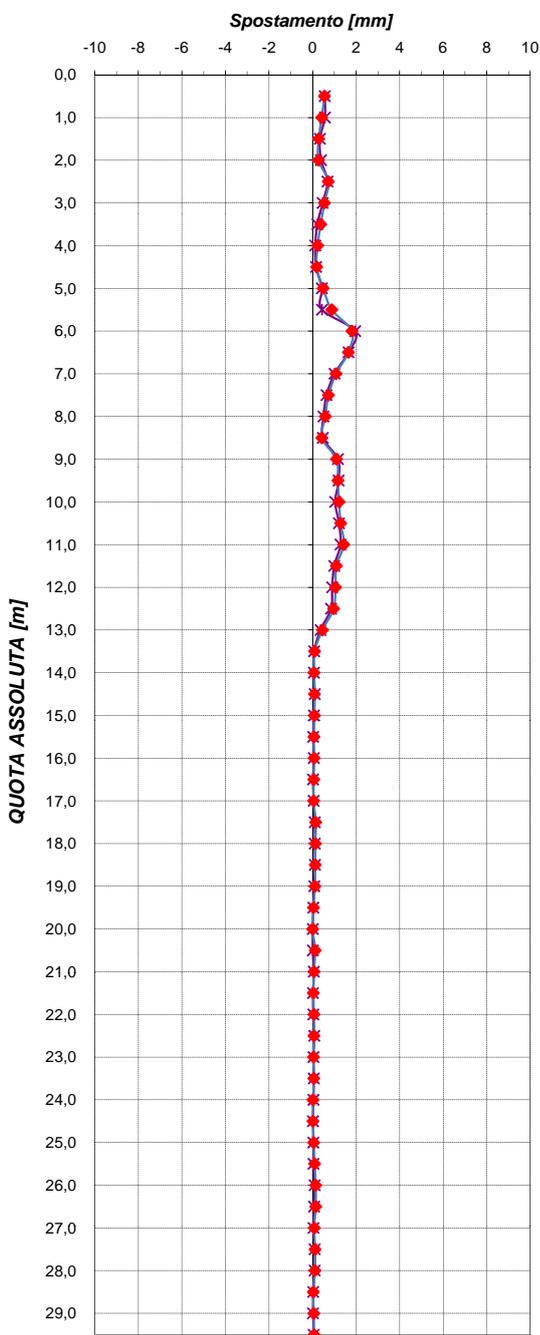
**MISURE INCLINOMETRICHE
 ELABORAZIONE DA FONDO FORO
 -GRAFICI-**

Nome tubo INC
Azimut di riferimento 0
Data lettura di zero 28/01/12

Misura 3 **IN DATA** 17/05/2012

SPOSTAMENTO INCREMENTALE

SPOSTAMENTO CUMULATIVO



Committente Regione Emilia Romagna
Cantiere Scuola Elementare
Località Montefiorino(MO)

DATA REPORT 21/5/2012

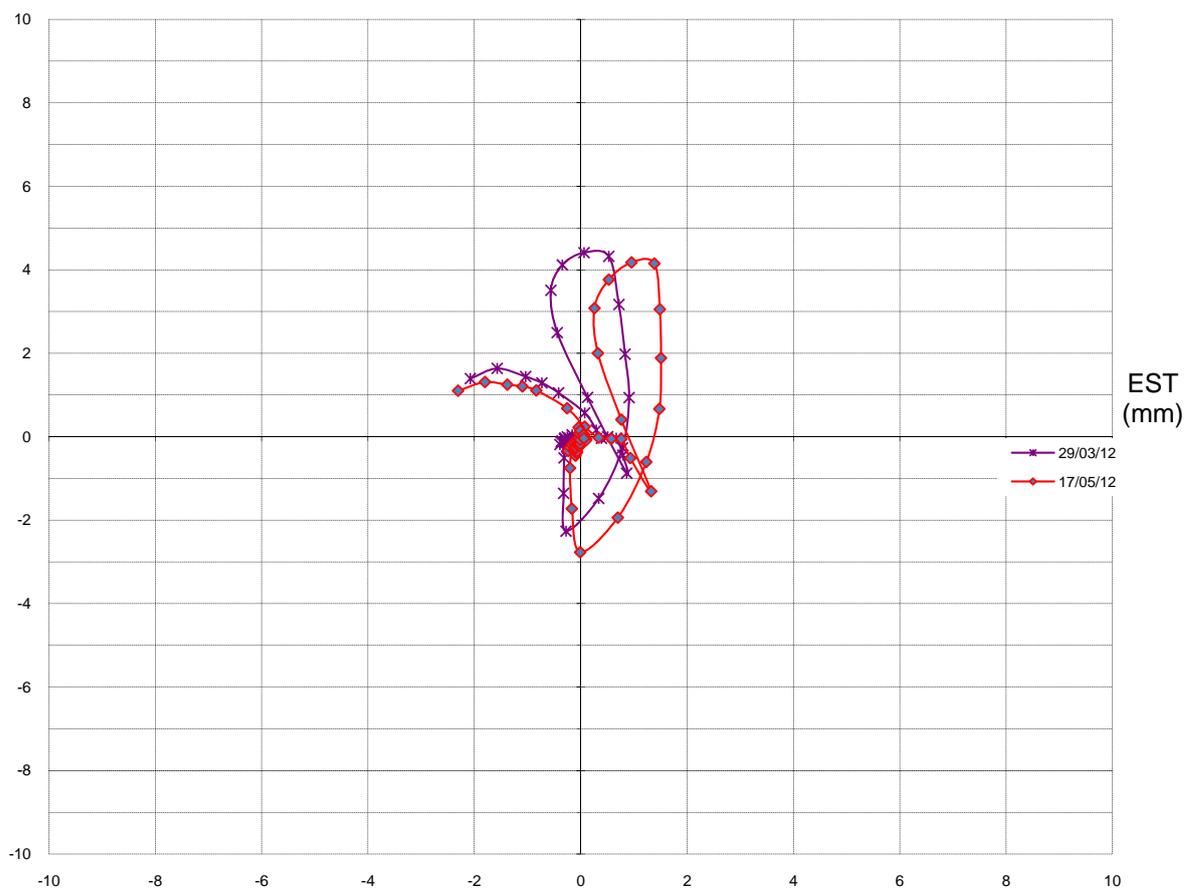
MISURE INCLINOMETRICHE
ELABORAZIONE DA FONDO FORO
-GRAFICI-

Nome tubo INC
Azimut di riferimento 0
Data lettura di zero 28/01/2012

Misura 3 **IN DATA** 17/05/2012

SPOSTAMENTI DIFFERENZIALI INTEGRALI
- DIAGRAMMA POLARE -

NORD (mm)



Committente	Regione Emilia Romagna	Data Report	21/05/2012
Cantiere	Scuola		
Località	Montefiorino(MO)		

**MISURE INCLINOMETRICHE
ELABORAZIONE DA FONDO FORO
-TABULATI-**

Nome tubo **INC**
Azimut di riferimento **0**
Data lettura di zero **28/01/2012**

Misura **3** IN DATA **17/05/2012**

QUOTA ASSOLUTA (m)	SPOSTAMENTI LOCALI (mm)				SPOSTAMENTI INTEGRALI (mm)			
	EST	NORD	RISULTANTE	AZIMUT	EST	NORD	RISULTANTE	AZIMUT
0,5	-0,505	-0,210	0,547	247,4	-2,305	1,100	2,554	295,5
1,0	-0,420	0,065	0,425	278,8	-1,800	1,310	2,226	306,0
1,5	-0,285	0,040	0,288	278,0	-1,380	1,245	1,859	312,1
2,0	-0,260	0,095	0,277	290,1	-1,095	1,205	1,628	317,7
2,5	-0,580	0,430	0,722	306,6	-0,835	1,110	1,389	323,0
3,0	-0,330	0,440	0,550	323,1	-0,255	0,680	0,726	339,4
3,5	-0,265	0,265	0,375	315,0	0,075	0,240	0,251	17,4
4,0	-0,235	0,025	0,236	276,1	0,340	-0,025	0,341	94,2
4,5	-0,190	0,005	0,190	271,5	0,575	-0,050	0,577	95,0
5,0	-0,170	0,460	0,490	339,7	0,765	-0,055	0,767	94,1
5,5	-0,390	0,795	0,886	333,9	0,935	-0,515	1,067	118,8
6,0	0,560	-1,720	1,809	162,0	1,325	-1,310	1,863	134,7
6,5	0,440	-1,590	1,650	164,5	0,765	0,410	0,868	61,8
7,0	0,065	-1,080	1,082	176,6	0,325	2,000	2,026	9,2
7,5	-0,270	-0,685	0,736	201,5	0,260	3,080	3,091	4,8
8,0	-0,425	-0,410	0,591	226,0	0,530	3,765	3,802	8,0
8,5	-0,430	0,025	0,431	273,3	0,955	4,175	4,283	12,9
9,0	-0,105	1,100	1,105	354,5	1,385	4,150	4,375	18,5
9,5	-0,020	1,165	1,165	359,0	1,490	3,050	3,394	26,0
10,0	0,030	1,220	1,220	1,4	1,510	1,885	2,415	38,7
10,5	0,245	1,270	1,293	10,9	1,480	0,665	1,623	65,8
11	0,535	1,335	1,438	21,8	1,235	-0,605	1,375	116,1
11,5	0,710	0,830	1,092	40,5	0,700	-1,940	2,062	160,2
12	0,155	-1,045	1,056	171,6	-0,010	-2,770	2,770	180,2
12,5	0,035	-0,970	0,971	177,9	-0,165	-1,725	1,733	185,5
13	-0,030	-0,455	0,456	183,8	-0,200	-0,755	0,781	194,8
13,5	-0,005	-0,100	0,100	182,9	-0,170	-0,300	0,345	209,5
14	0,025	0,065	0,070	21,0	-0,165	-0,200	0,259	219,5
14,5	0,045	0,075	0,087	31,0	-0,190	-0,265	0,326	215,6
15	-0,040	-0,080	0,089	206,6	-0,235	-0,340	0,413	214,7
15,5	-0,035	-0,055	0,065	212,5	-0,195	-0,260	0,325	216,9
16	-0,035	-0,065	0,074	208,3	-0,160	-0,205	0,260	218,0
16,5	-0,040	-0,045	0,060	221,6	-0,125	-0,140	0,188	221,8
17	-0,040	-0,040	0,057	225,0	-0,085	-0,095	0,127	221,8
17,5	-0,115	-0,095	0,149	230,4	-0,045	-0,055	0,071	219,3
18	0,070	0,115	0,135	31,3	0,070	0,040	0,081	60,3
18,5	0,045	0,115	0,123	21,4	0,000	-0,075	0,075	180,0
19	0,040	0,105	0,112	20,9	-0,045	-0,190	0,195	193,3
19,5	0,000	0,045	0,045	0,0	-0,085	-0,295	0,307	196,1
20	0,000	-0,010	0,010	180,0	-0,085	-0,340	0,350	194,0
20,5	0,010	0,125	0,125	4,6	-0,085	-0,330	0,341	194,4
21	-0,020	-0,065	0,068	197,1	-0,095	-0,455	0,465	191,8
21,5	-0,005	-0,035	0,035	188,1	-0,075	-0,390	0,397	190,9

Committente	Regione Emilia Romagna	Data Report	21/05/2012
Cantiere	Scuola		
Località	Montefiorino(MO)		

**MISURE INCLINOMETRICHE
ELABORAZIONE DA FONDO FORO
-TABULATI-**

Nome tubo INC
Azimut di riferimento 0
Data lettura di zero 28/01/2012

Misura 3 **IN DATA** 17/05/2012

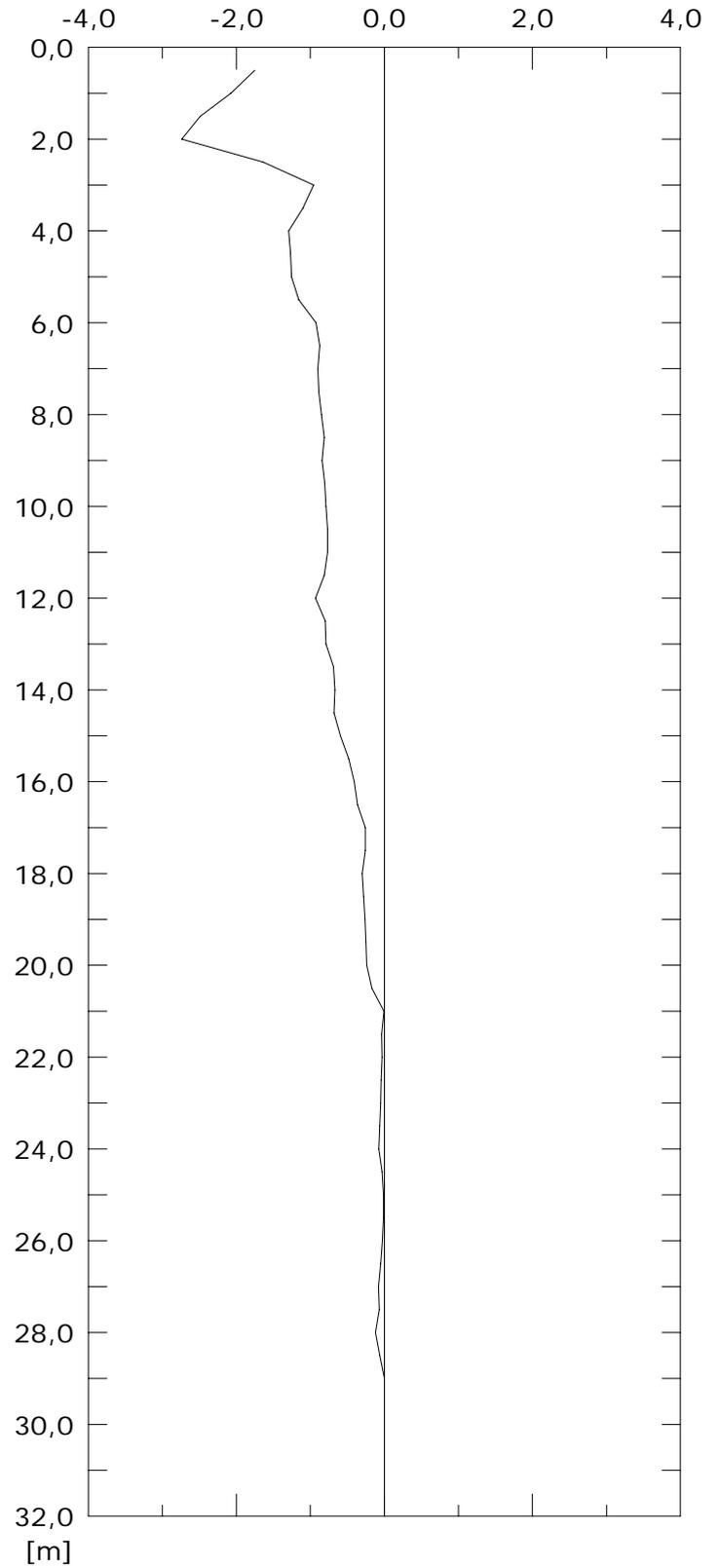
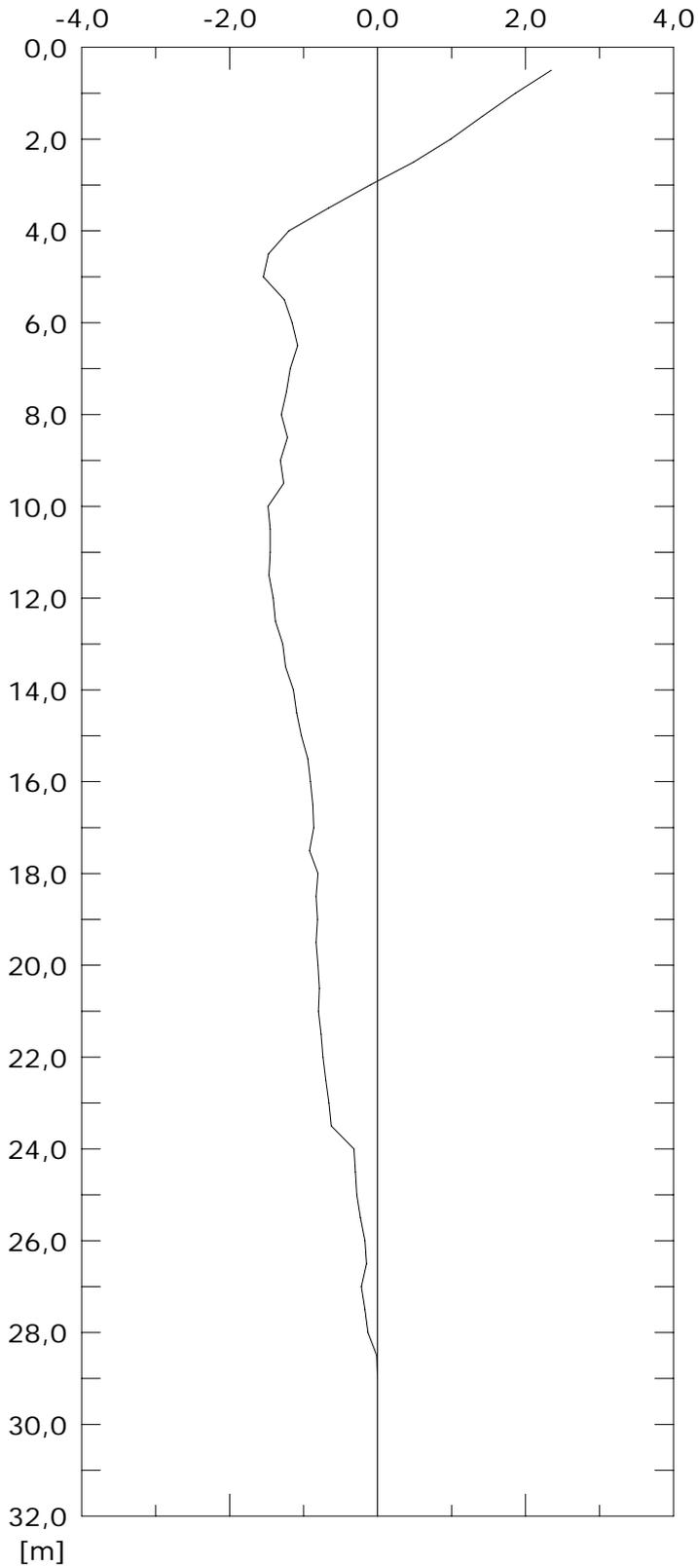
QUOTA ASSOLUTA (m)	SPOSTAMENTI LOCALI (MM)				SPOSTAMENTI INTEGRALI (mm)			
	EST	NORD	RISULTANTE	AZIMUT	EST	NORD	RISULTANTE	AZIMUT
22	0,050	-0,045	0,067	132,0	-0,070	-0,355	0,362	191,2
22,5	0,005	-0,065	0,065	175,6	-0,120	-0,310	0,332	201,2
23	-0,040	0,020	0,045	296,6	-0,125	-0,245	0,275	207,0
23,5	-0,030	-0,050	0,058	211,0	-0,085	-0,265	0,278	197,8
24	-0,025	-0,005	0,025	258,7	-0,055	-0,215	0,222	194,3
24,5	-0,015	0,015	0,021	315,0	-0,030	-0,210	0,212	188,1
25	-0,005	-0,055	0,055	185,2	-0,015	-0,225	0,225	183,8
25,5	-0,005	-0,095	0,095	183,0	-0,010	-0,170	0,170	183,4
26	0,015	-0,150	0,151	174,3	-0,005	-0,075	0,075	183,8
26,5	0,020	-0,145	0,146	172,1	-0,020	0,075	0,078	345,1
27	-0,030	0,075	0,081	338,2	-0,040	0,220	0,224	349,7
27,5	-0,065	0,100	0,119	327,0	-0,010	0,145	0,145	356,1
28	-0,050	0,100	0,112	333,4	0,055	0,045	0,071	50,7
28,5	0,005	0,035	0,035	8,1	0,105	-0,055	0,119	117,6
29	0,040	-0,050	0,064	141,3	0,100	-0,090	0,135	132,0
29,5	0,060	-0,040	0,072	123,7	0,060	-0,040	0,072	123,7

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:26/09/2007

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]

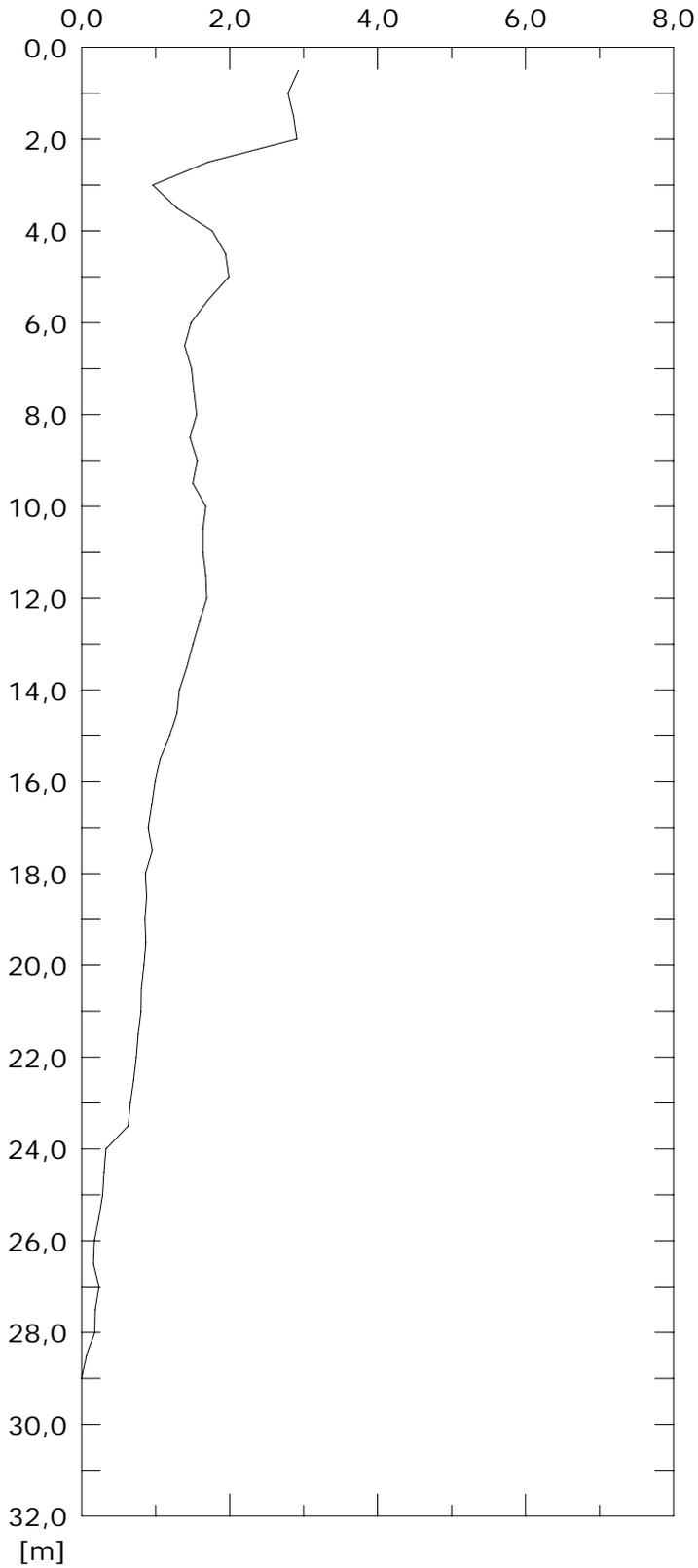


001:16/10/2008

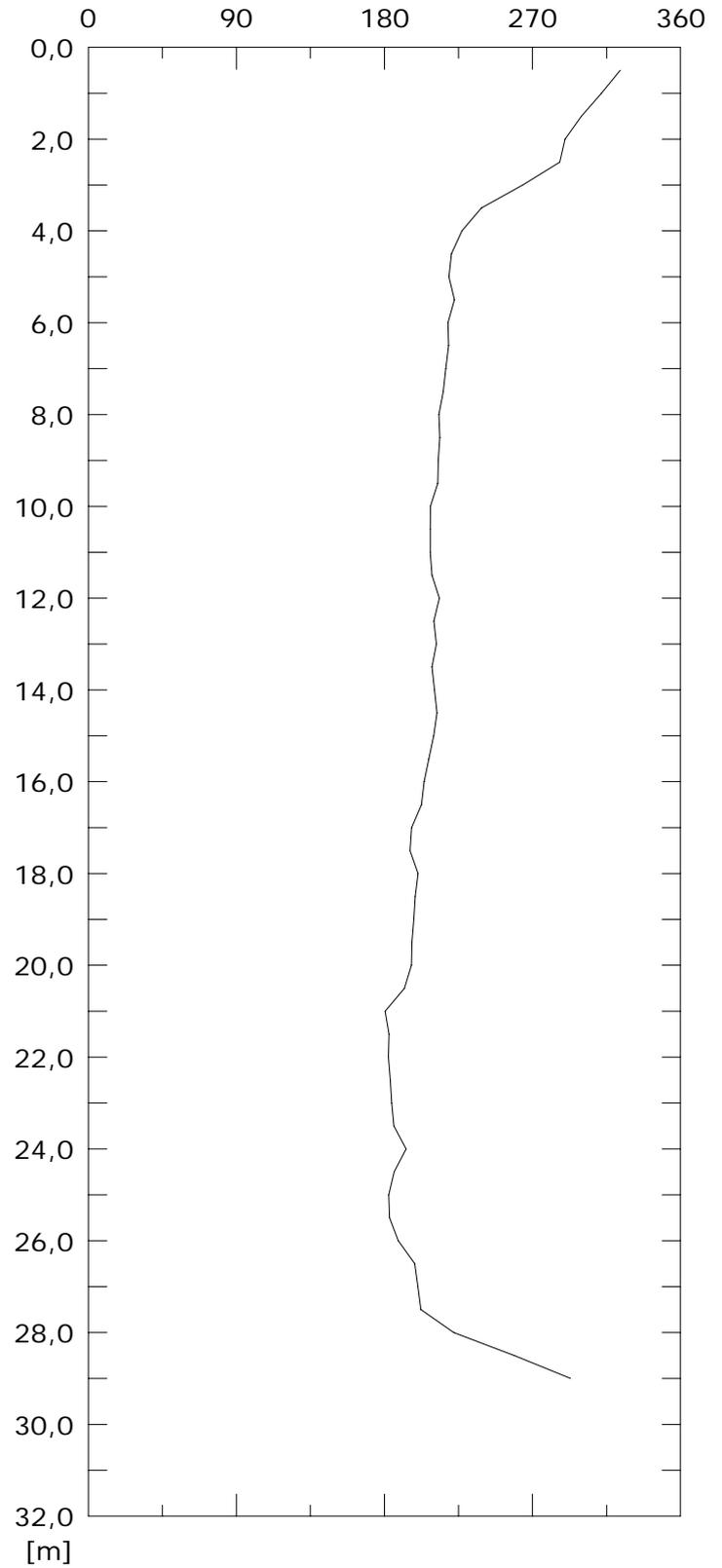
Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:26/09/2007

Risultante spost. [mm]



Angolo [gradi]



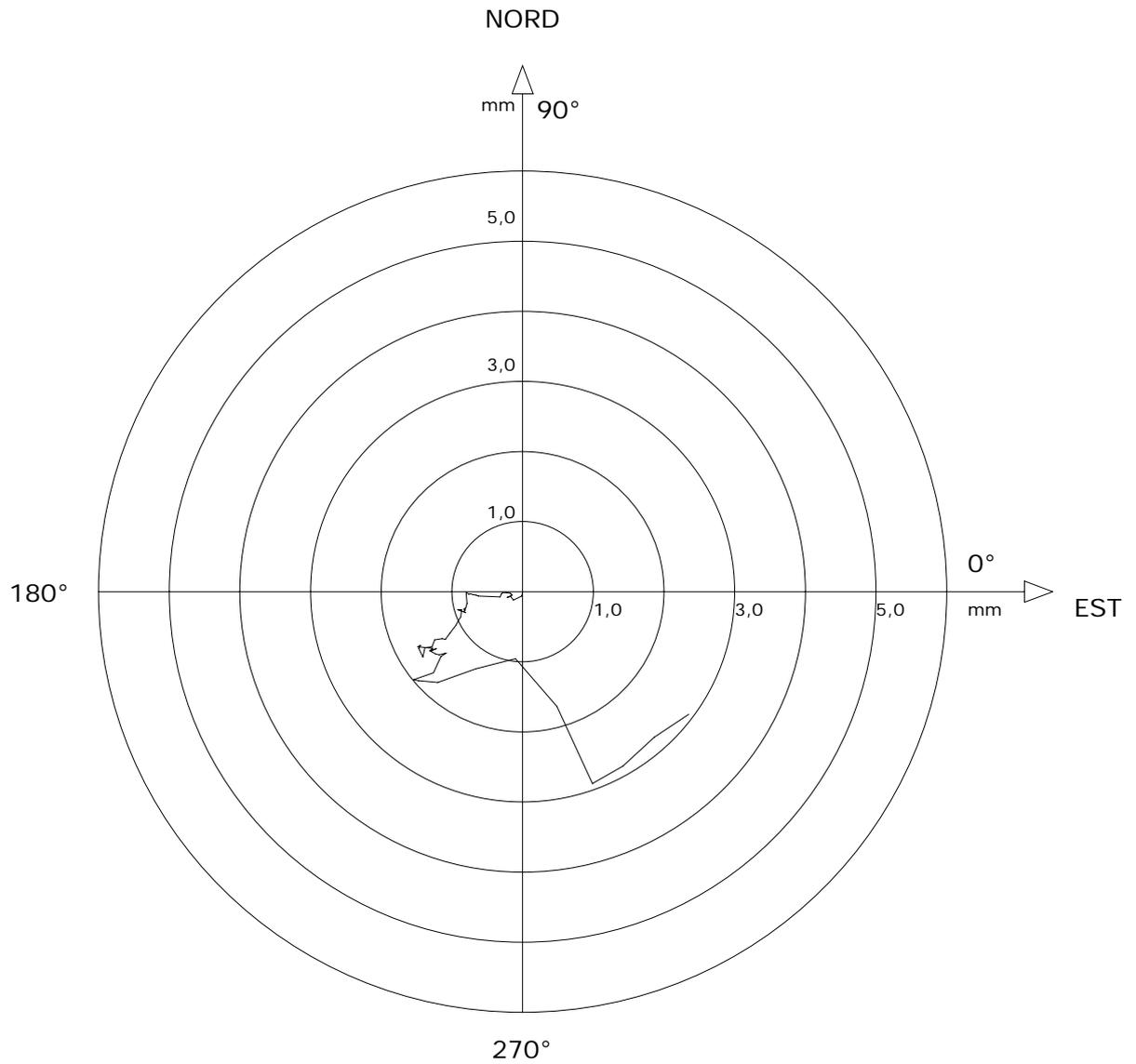
001:16/10/2008

Sito: Montefiori Tubo: CORTI_01

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:26/09/2007

Diagramma polare della deviazione



001:16/10/2008

Sito : Montefiorino

Tubo inclin. : CORTI_01

N.ro Misura : 001

Data Misura : 16/10/2008

Località : Montefiorino - Loc. "I Corti"

** Letture di campagna **

** Controllo letture **

Metri	A1	A3	B1	B3	Incl. A (A1-A3)/2	Incl. B (B1-B3)/2	Sc. A (A1+A3)/2	Sc. B (B1+B3)/2
0,5	80	-61	123	-117	70,5	120,0	9,5	3,0
1,0	94	-76	159	-151	85,0	155,0	9,0	4,0
1,5	134	-116	176	-168	125,0	172,0	9,0	4,0
2,0	260	-241	195	-188	250,5	191,5	9,5	3,5
2,5	263	-241	187	-180	252,0	183,5	11,0	3,5
3,0	195	-177	200	-195	186,0	197,5	9,0	2,5
3,5	252	-232	240	-234	242,0	237,0	10,0	3,0
4,0	316	-298	271	-265	307,0	268,0	9,0	3,0
4,5	367	-348	279	-271	357,5	275,0	9,5	4,0
5,0	374	-354	265	-257	364,0	261,0	10,0	4,0
5,5	300	-281	229	-223	290,5	226,0	9,5	3,0
6,0	276	-255	199	-193	265,5	196,0	10,5	3,0
6,5	277	-256	198	-190	266,5	194,0	10,5	4,0
7,0	277	-257	195	-188	267,0	191,5	10,0	3,5
7,5	276	-256	188	-181	266,0	184,5	10,0	3,5
8,0	276	-257	180	-174	266,5	177,0	9,5	3,0
8,5	323	-304	233	-227	313,5	230,0	9,5	3,0
9,0	346	-325	279	-272	335,5	275,5	10,5	3,5
9,5	344	-325	263	-254	334,5	258,5	9,5	4,5
10,0	331	-311	261	-250	321,0	255,5	10,0	5,5
10,5	316	-297	252	-245	306,5	248,5	9,5	3,5
11,0	299	-280	258	-250	289,5	254,0	9,5	4,0
11,5	373	-354	239	-234	363,5	236,5	9,5	2,5
12,0	362	-343	262	-254	352,5	258,0	9,5	4,0
12,5	335	-314	268	-261	324,5	264,5	10,5	3,5
13,0	311	-292	269	-262	301,5	265,5	9,5	3,5
13,5	295	-275	271	-266	285,0	268,5	10,0	2,5
14,0	276	-256	276	-267	266,0	271,5	10,0	4,5
14,5	261	-242	255	-250	251,5	252,5	9,5	2,5

Sito : Montefiorino

Tubo inclin. : CORTI_01

N.ro Misura : 001

Data Misura : 16/10/2008

Località : Montefiorino - Loc. "I Corti"

** Letture di campagna **

** Controllo letture **

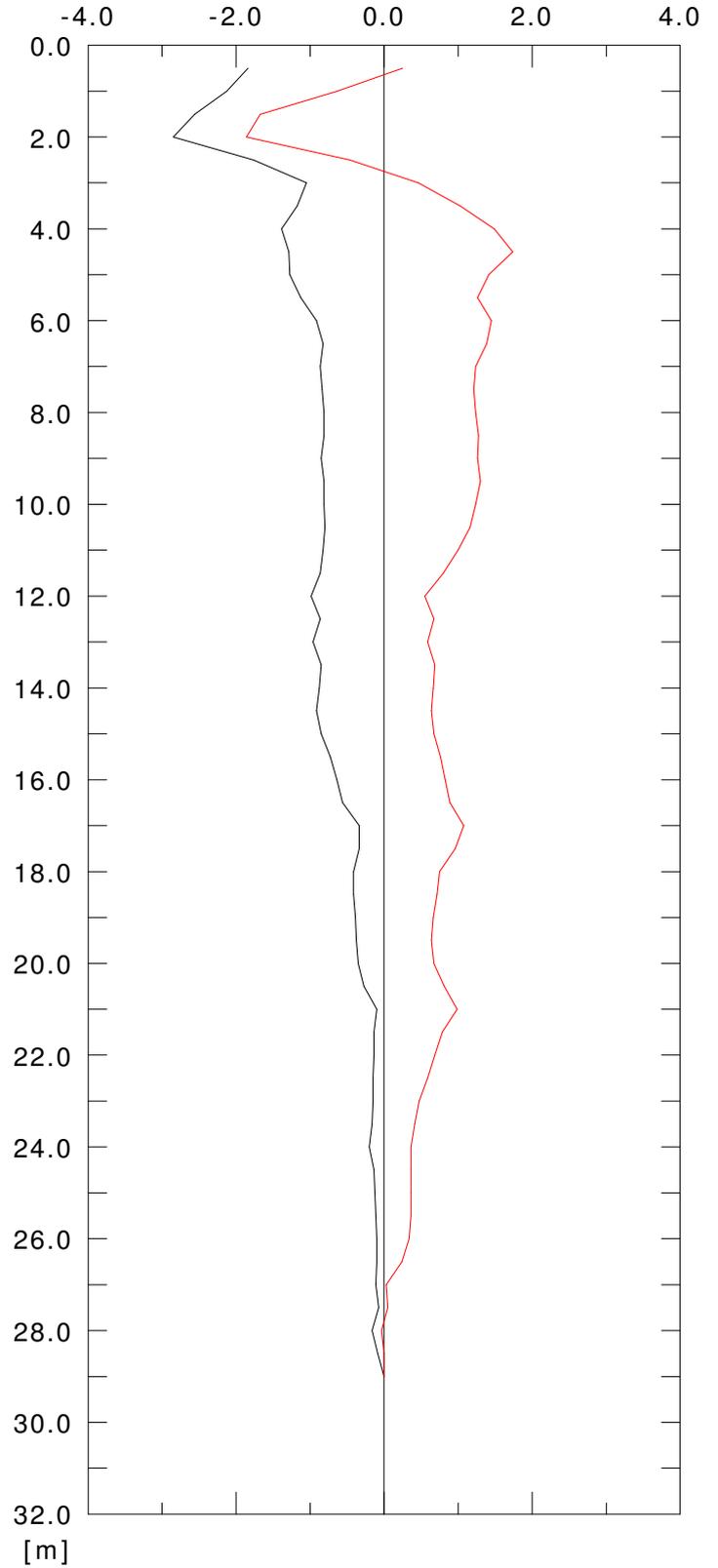
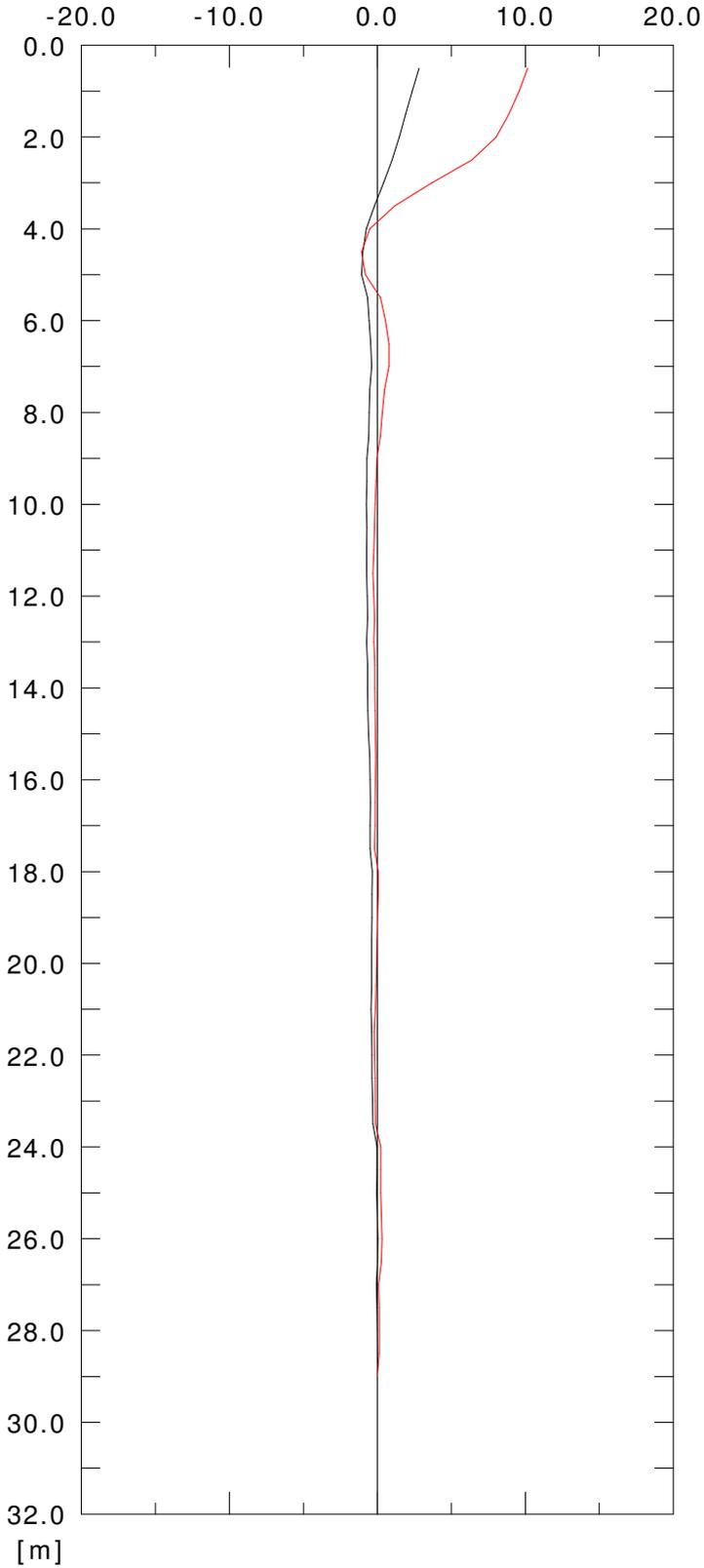
Metri	A1	A3	B1	B3	Incl. A (A1-A3)/2	Incl. B (B1-B3)/2	Sc. A (A1+A3)/2	Sc. B (B1+B3)/2
15,0	269	-250	248	-241	259,5	244,5	9,5	3,5
15,5	257	-237	239	-232	247,0	235,5	10,0	3,5
16,0	241	-222	242	-236	231,5	239,0	9,5	3,0
16,5	236	-216	241	-235	226,0	238,0	10,0	3,0
17,0	225	-204	259	-253	214,5	256,0	10,5	3,0
17,5	267	-249	168	-161	258,0	164,5	9,0	3,5
18,0	286	-266	108	-102	276,0	105,0	10,0	3,0
18,5	292	-272	106	-99	282,0	102,5	10,0	3,5
19,0	307	-287	92	-85	297,0	88,5	10,0	3,5
19,5	325	-306	94	-86	315,5	90,0	9,5	4,0
20,0	349	-330	76	-68	339,5	72,0	9,5	4,0
20,5	277	-257	108	-103	267,0	105,5	10,0	2,5
21,0	236	-216	98	-91	226,0	94,5	10,0	3,5
21,5	247	-226	94	-88	236,5	91,0	10,5	3,0
22,0	251	-231	96	-89	241,0	92,5	10,0	3,5
22,5	266	-248	104	-98	257,0	101,0	9,0	3,0
23,0	284	-265	116	-110	274,5	113,0	9,5	3,0
23,5	319	-300	-21	27	309,5	-24,0	9,5	3,0
24,0	350	-330	-92	99	340,0	-95,5	10,0	3,5
24,5	354	-334	-91	99	344,0	-95,0	10,0	4,0
25,0	355	-336	-97	105	345,5	-101,0	9,5	4,0
25,5	355	-336	-110	118	345,5	-114,0	9,5	4,0
26,0	350	-329	-123	132	339,5	-127,5	10,5	4,5
26,5	391	-369	-49	61	380,0	-55,0	11,0	6,0
27,0	397	-378	-46	52	387,5	-49,0	9,5	3,0
27,5	381	-361	-54	62	371,0	-58,0	10,0	4,0
28,0	362	-342	-63	71	352,0	-67,0	10,0	4,0
28,5	344	-325	-63	71	334,5	-67,0	9,5	4,0
29,0	314	-294	-56	64	304,0	-60,0	10,0	4,0

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:26/09/2007

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]



001:16/10/2008

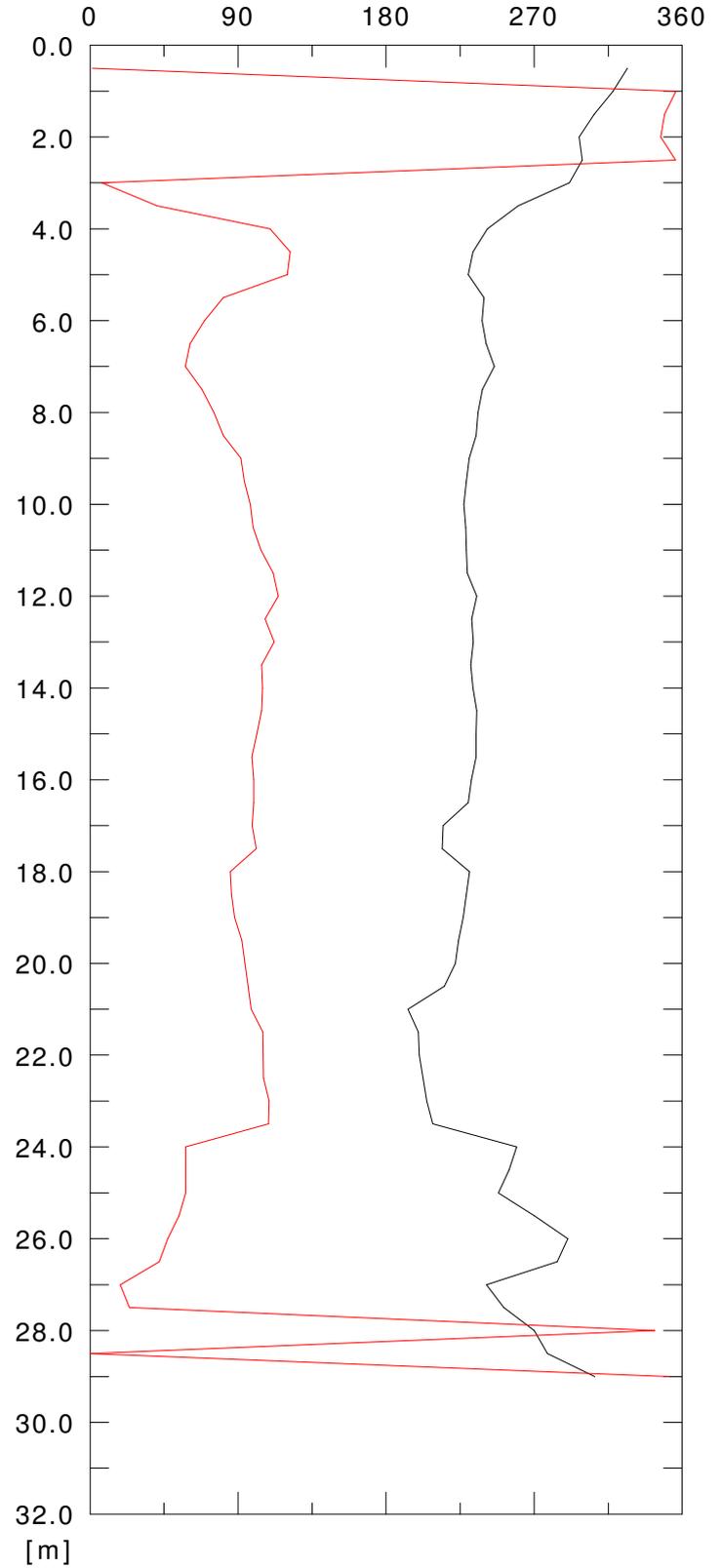
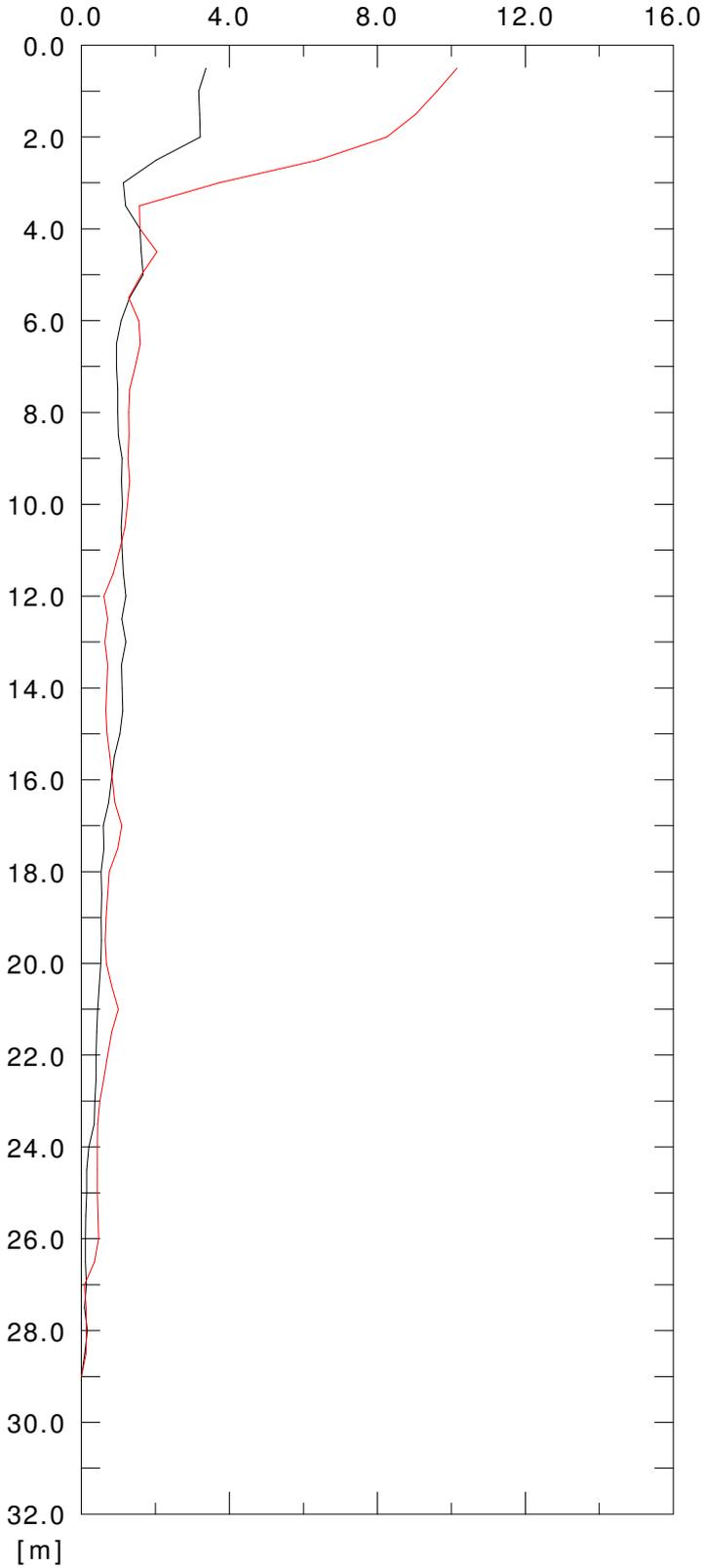
002:26/04/2012

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:26/09/2007

Risultante spost. [mm]

Angolo [gradi]



001:16/10/2008

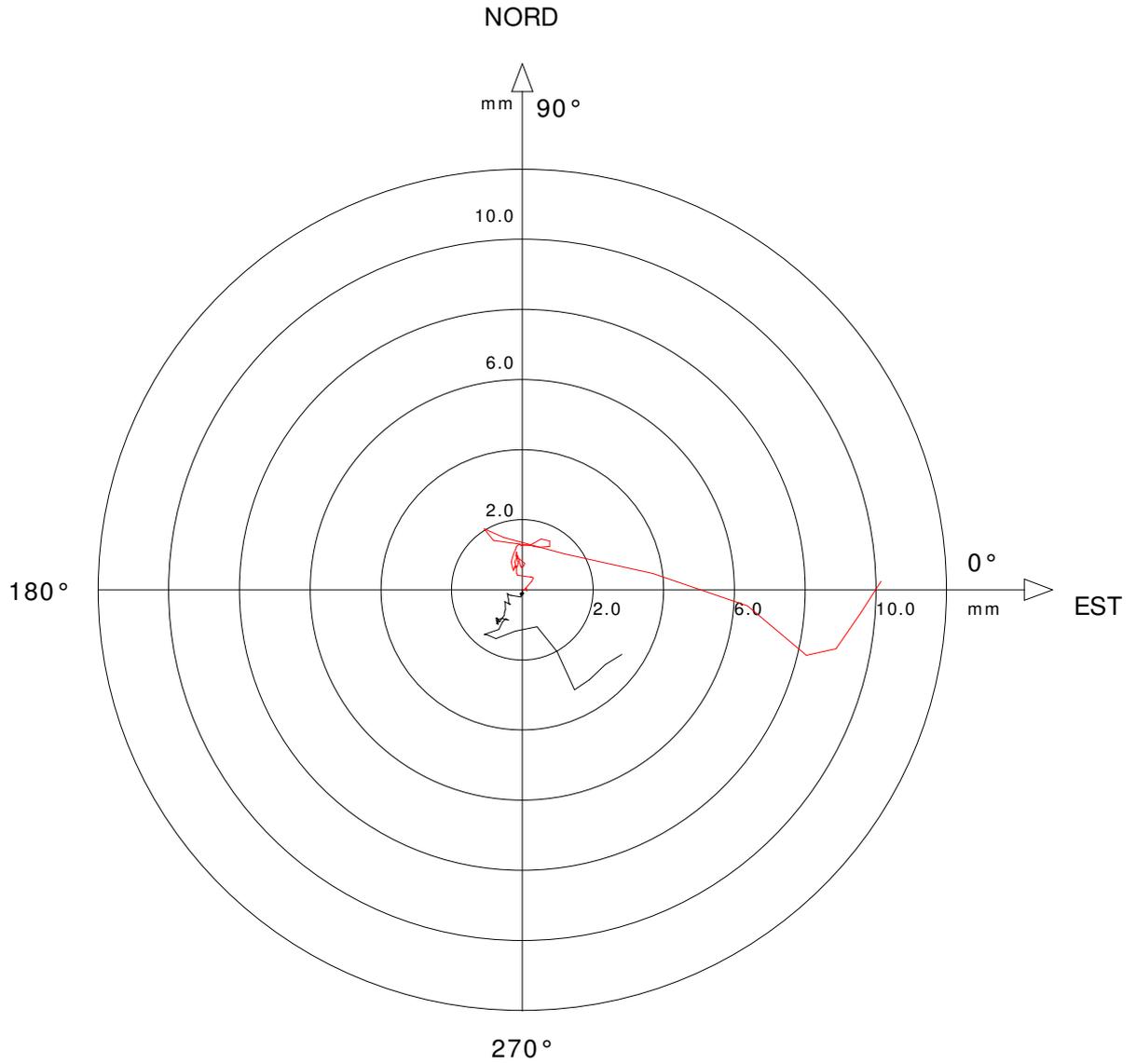
002:26/04/2012

Sito: Montefiori Tubo: CORTI_01

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:26/09/2007

Diagramma polare della deviazione



— 001:16/10/2008

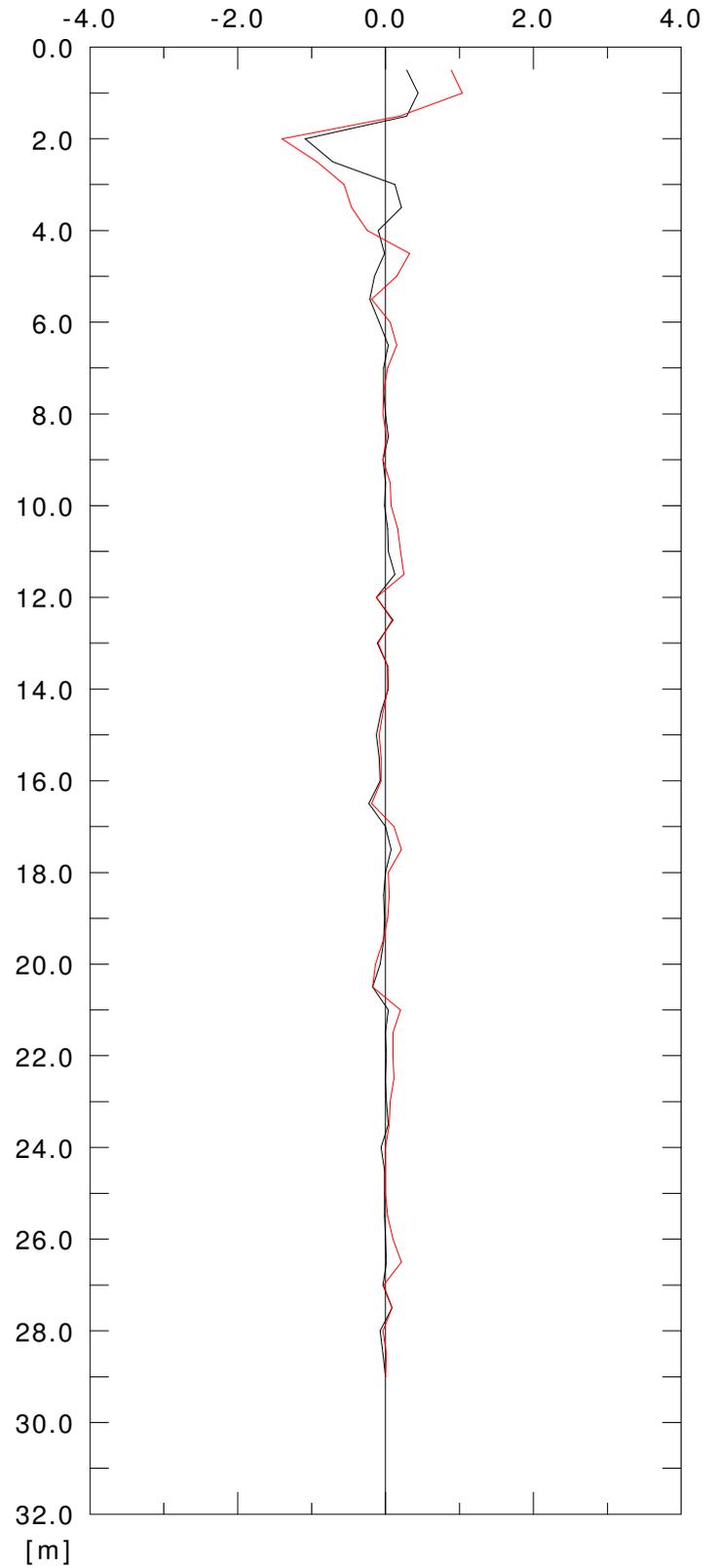
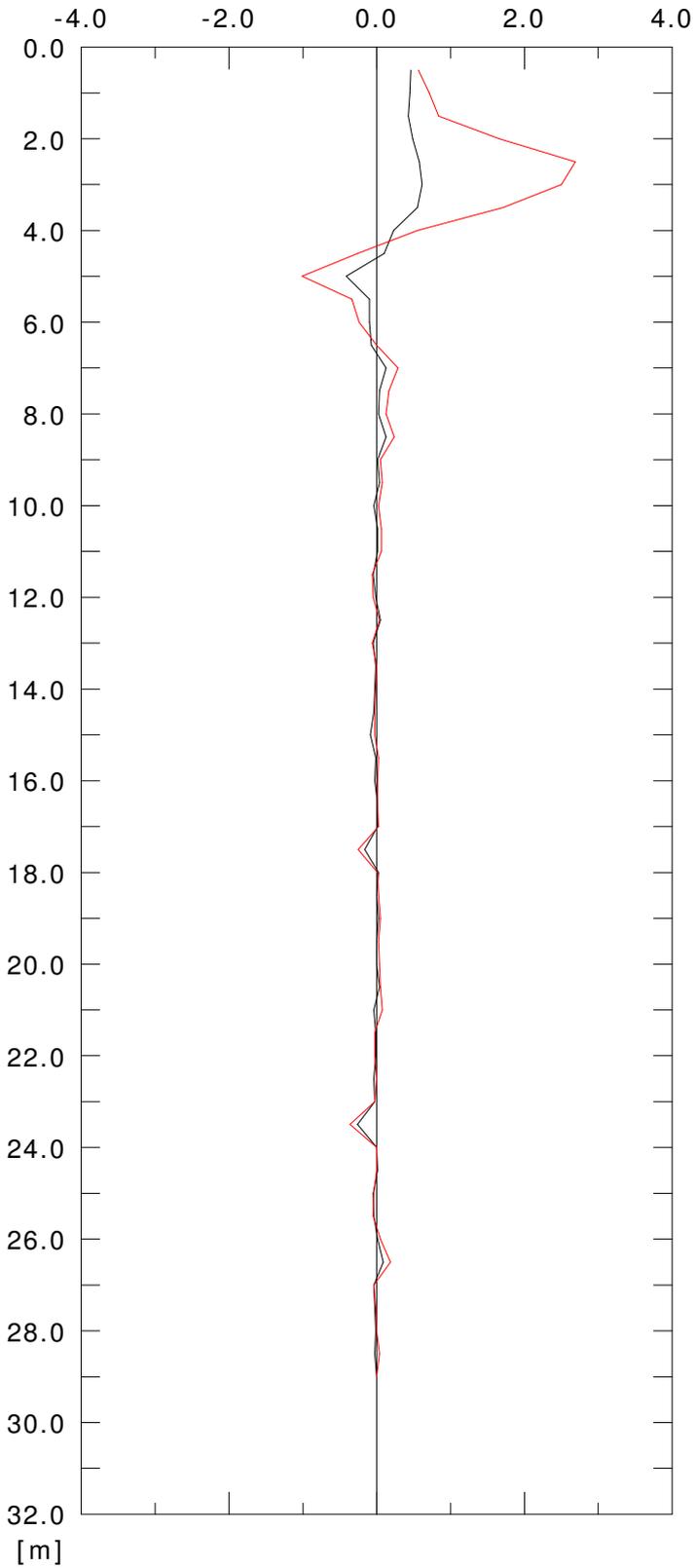
— 002:26/04/2012

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:26/09/2007

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]



001:16/10/2008

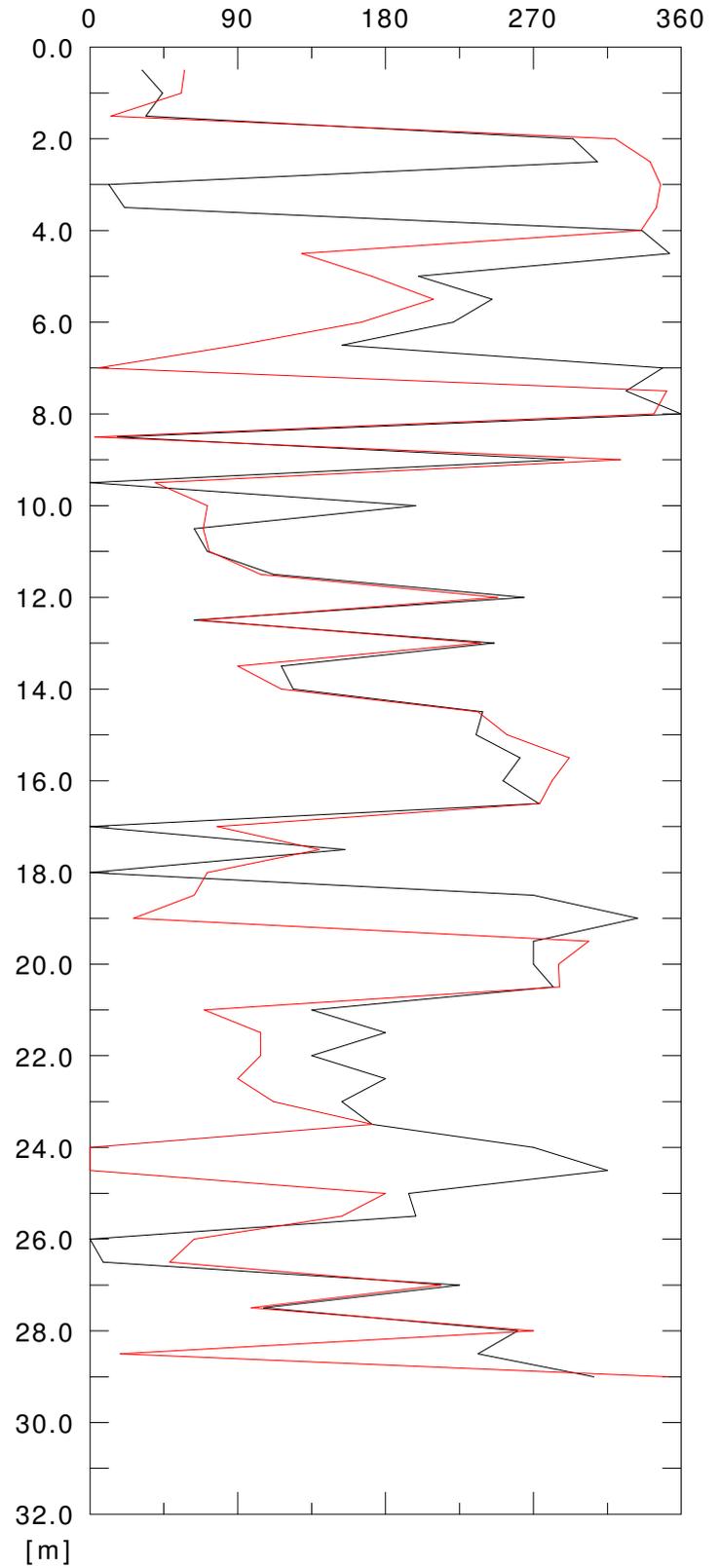
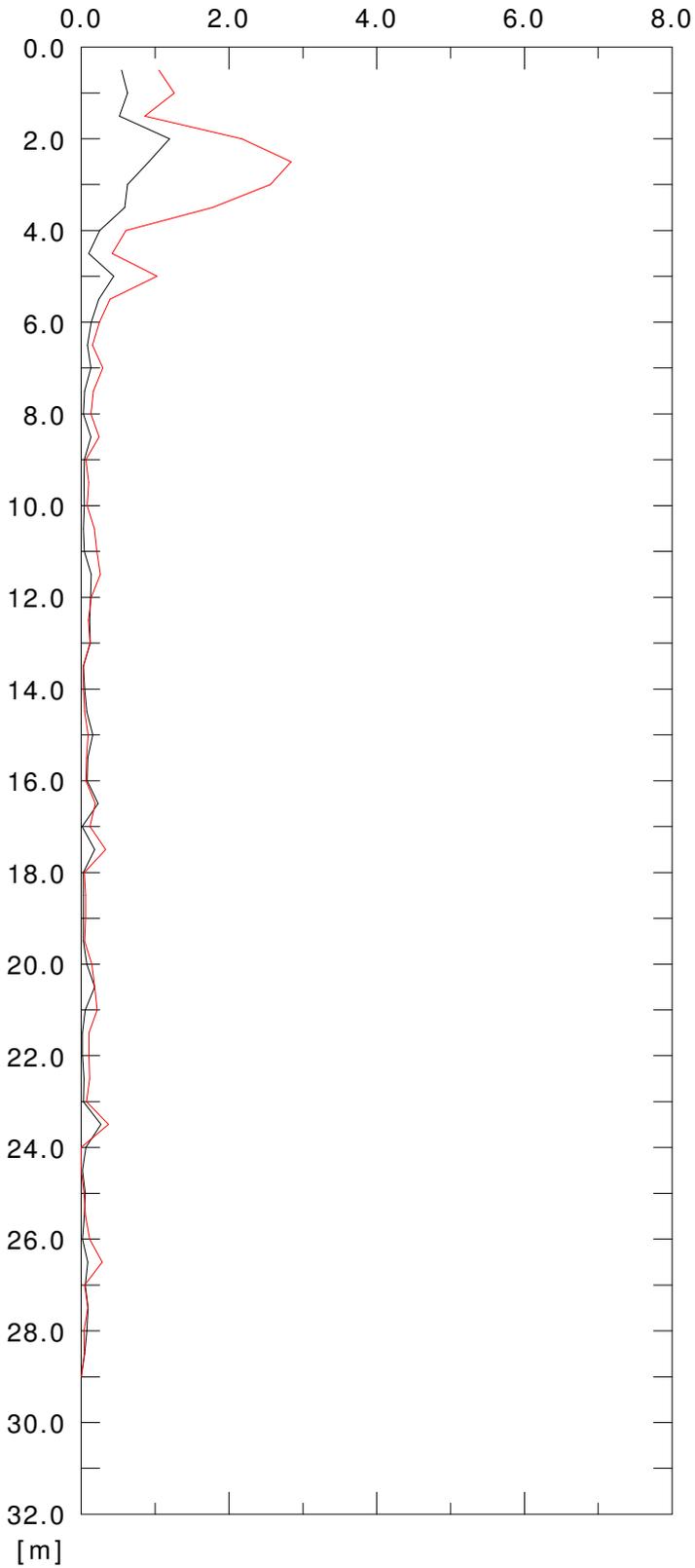
002:26/04/2012

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:26/09/2007

Risultante spost. [mm]

Angolo [gradi]



001:16/10/2008

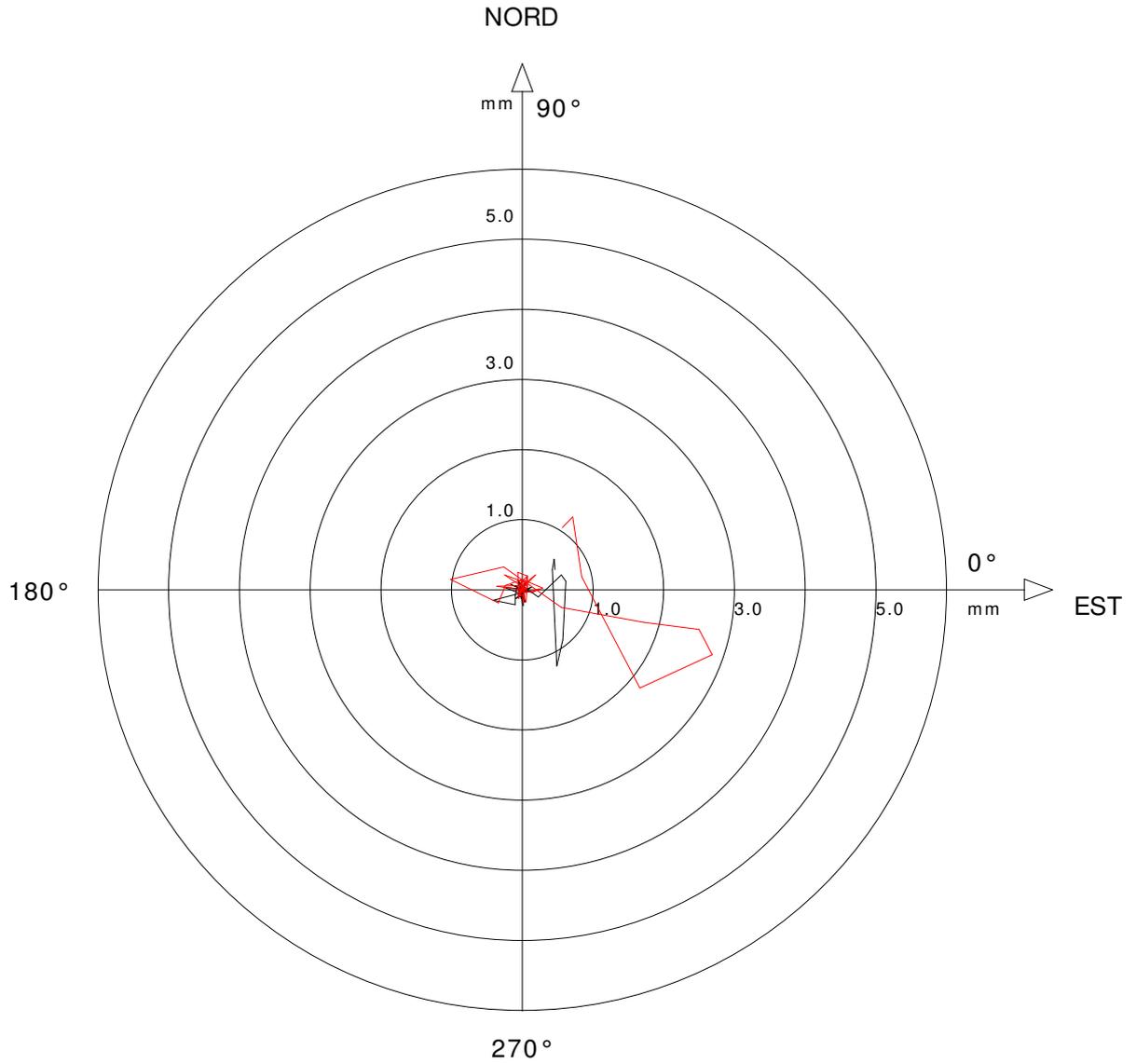
002:26/04/2012

Sito: Montefiori Tubo: CORTI_01

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:26/09/2007

Diagramma polare della deviazione



— 001:16/10/2008

— 002:26/04/2012

Sito : Montefiorino

Tubo inclin. : CORTI_01

N.ro Misura : 002

Data Misura : 26/04/2012

Località : Montefiorino - Loc. "I Corti"

** Letture di campagna **

** Controllo letture **

Metri	A1	A3	B1	B3	Incl. A (A1-A3)/2	Incl. B (B1-B3)/2	Sc. A (A1+A3)/2	Sc. B (B1+B3)/2
0.5	44	-49	111	-121	46.5	116.0	-2.5	-5.0
1.0	58	-64	138	-151	61.0	144.5	-3.0	-6.5
1.5	126	-132	150	-161	129.0	155.5	-3.0	-5.5
2.0	259	-267	138	-151	263.0	144.5	-4.0	-6.5
2.5	257	-264	92	-106	260.5	99.0	-3.5	-7.0
3.0	209	-218	115	-129	213.5	122.0	-4.5	-7.0
3.5	266	-272	184	-197	269.0	190.5	-3.0	-6.5
4.0	309	-317	248	-262	313.0	255.0	-4.0	-7.0
4.5	340	-348	283	-296	344.0	289.5	-4.0	-6.5
5.0	349	-355	278	-292	352.0	285.0	-3.0	-7.0
5.5	285	-294	230	-241	289.5	235.5	-4.5	-5.5
6.0	256	-263	195	-208	259.5	201.5	-3.5	-6.5
6.5	258	-266	186	-196	262.0	191.0	-4.0	-5.0
7.0	261	-269	180	-190	265.0	185.0	-4.0	-5.0
7.5	262	-270	173	-186	266.0	179.5	-4.0	-6.5
8.0	264	-272	168	-178	268.0	173.0	-4.0	-5.0
8.5	310	-319	218	-233	314.5	225.5	-4.5	-7.5
9.0	332	-339	268	-280	335.5	274.0	-3.5	-6.0
9.5	329	-335	252	-262	332.0	257.0	-3.0	-5.0
10.0	314	-321	247	-259	317.5	253.0	-3.5	-6.0
10.5	297	-305	240	-253	301.0	246.5	-4.0	-6.5
11.0	279	-287	246	-258	283.0	252.0	-4.0	-6.0
11.5	354	-363	230	-244	358.5	237.0	-4.5	-7.0
12.0	349	-356	254	-265	352.5	259.5	-3.5	-5.5
12.5	321	-329	259	-271	325.0	265.0	-4.0	-6.0
13.0	297	-305	260	-272	301.0	266.0	-4.0	-6.0
13.5	281	-289	261	-275	285.0	268.0	-4.0	-7.0
14.0	263	-270	266	-276	266.5	271.0	-3.5	-5.0
14.5	246	-255	245	-259	250.5	252.0	-4.5	-7.0
15.0	254	-262	237	-247	258.0	242.0	-4.0	-5.0
15.5	243	-249	228	-240	246.0	234.0	-3.0	-6.0
16.0	227	-235	232	-243	231.0	237.5	-4.0	-5.5

Sito : Montefiori

Tubo inclin. : CORTI_01

N.ro Misura : 002

Data Misura : 26/04/2012

Località : Montefiorino - Loc. "I Corti"

** Letture di campagna **

** Controllo letture **

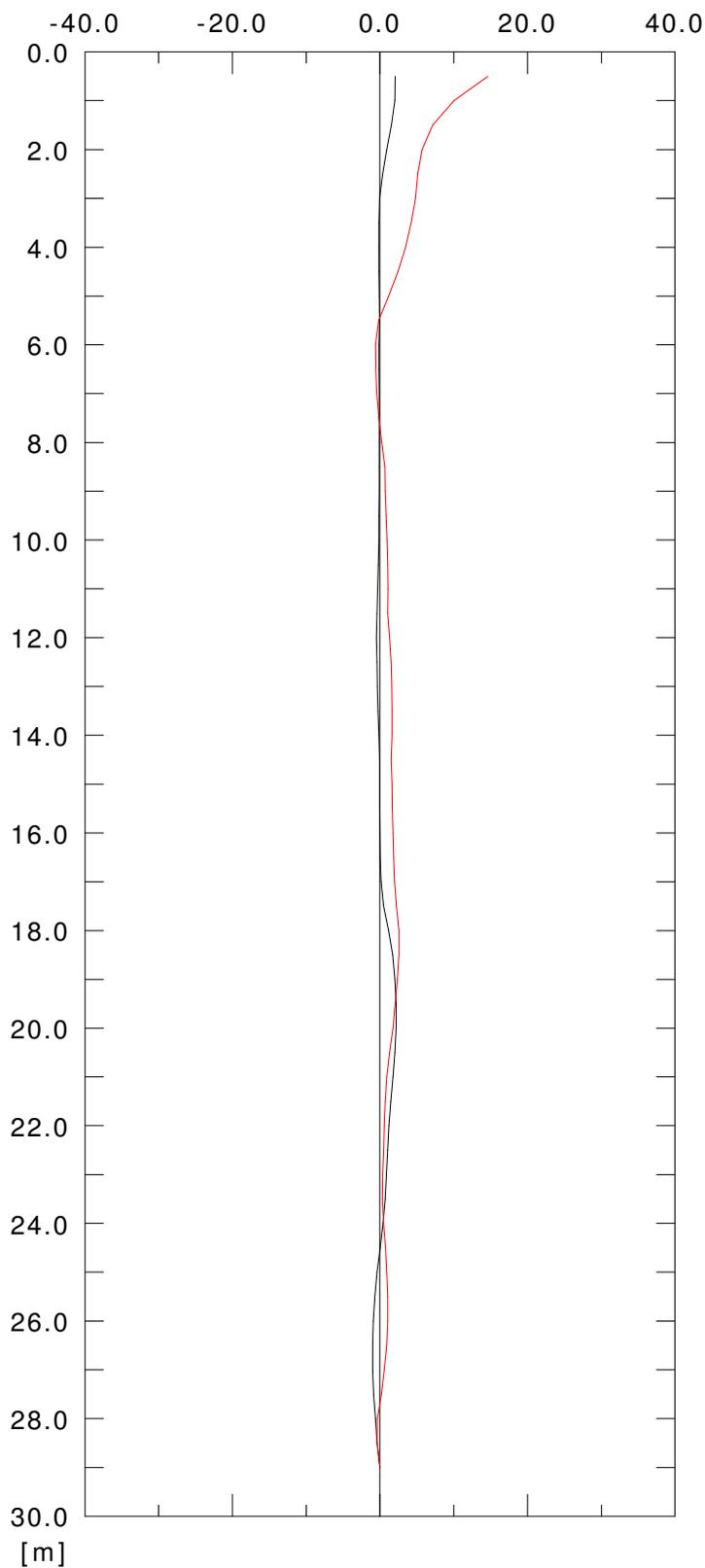
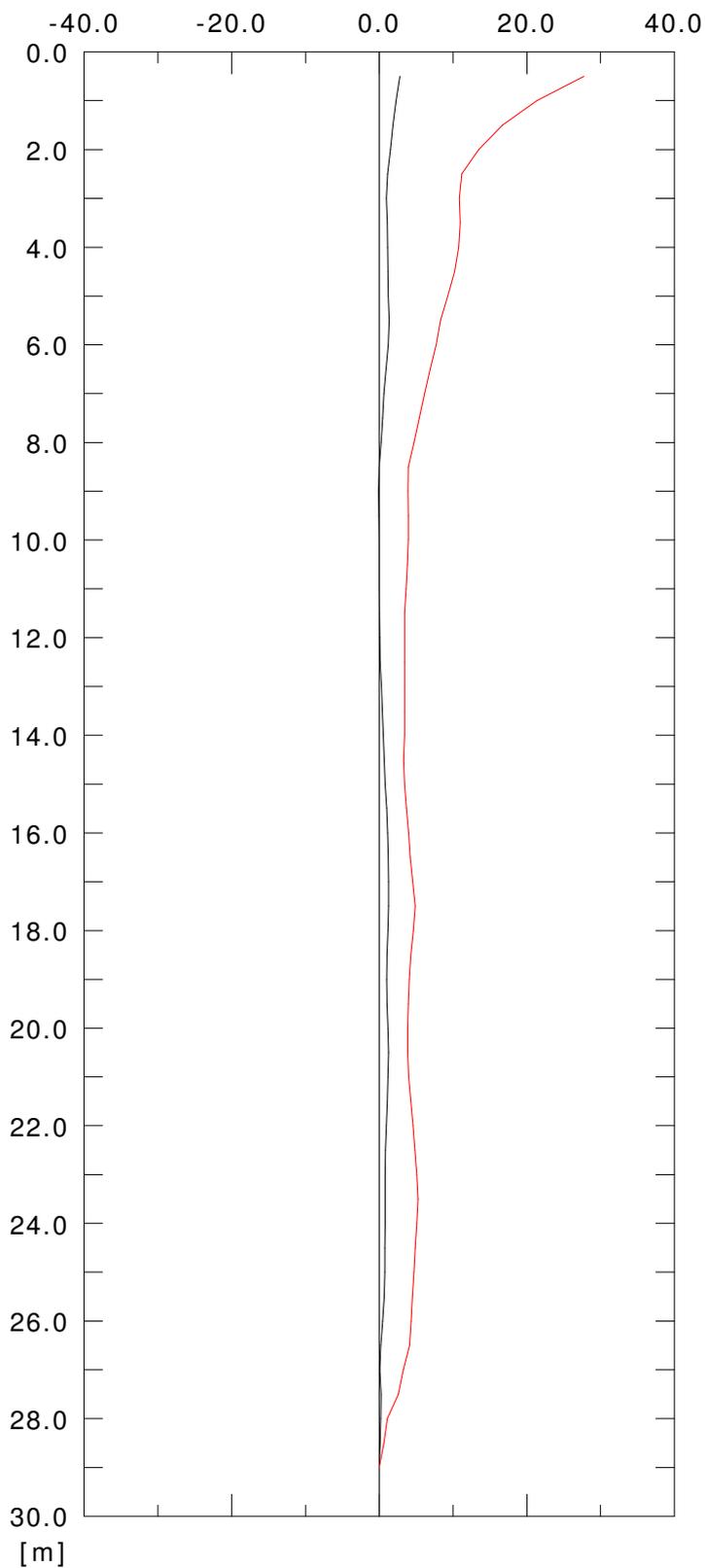
Metri	A1	A3	B1	B3	Incl. A (A1-A3)/2	Incl. B (B1-B3)/2	Sc. A (A1+A3)/2	Sc. B (B1+B3)/2	
16.5	221	-228	232	-244	224.5	238.0	-3.5	-6.0	
17.0	205	-215	249	-262	210.0	255.5	-5.0	-6.5	
17.5	248	-257	160	-176	252.5	168.0	-4.5	-8.0	
18.0	270	-279	100	-111	274.5	105.5	-4.5	-5.5	
18.5	275	-283	96	-107	279.0	101.5	-4.0	-5.5	
19.0	292	-299	82	-93	295.5	87.5	-3.5	-5.5	
19.5	312	-320	84	-94	316.0	89.0	-4.0	-5.0	
20.0	338	-346	65	-76	342.0	70.5	-4.0	-5.5	
20.5	263	-271	99	-111	267.0	105.0	-4.0	-6.0	
21.0	212	-227	80	-100	219.5	90.0	-7.5	-10.0	
21.5	229	-236	86	-97	232.5	91.5	-3.5	-5.5	
22.0	233	-242	88	-98	237.5	93.0	-4.5	-5.0	
22.5	248	-257	94	-105	252.5	99.5	-4.5	-5.5	
23.0	268	-277	108	-118	272.5	113.0	-4.5	-5.0	
23.5	304	-314	-26	14	309.0	-20.0	-5.0	-6.0	
24.0	333	-342	-101	90	337.5	-95.5	-4.5	-5.5	
24.5	340	-347	-98	91	343.5	-94.5	-3.5	-3.5	
25.0	341	-349	-106	97	345.0	-101.5	-4.0	-4.5	
25.5	340	-348	-118	109	344.0	-113.5	-4.0	-4.5	
26.0	332	-339	-134	124	335.5	-129.0	-3.5	-5.0	
26.5	365	-379	-64	54	372.0	-59.0	-7.0	-5.0	
27.0	383	-391	-54	44	387.0	-49.0	-4.0	-5.0	
27.5	367	-375	-64	53	371.0	-58.5	-4.0	-5.5	
28.0	346	-355	-73	62	350.5	-67.5	-4.5	-5.5	
28.5	328	-337	-74	65	332.5	-69.5	-4.5	-4.5	
29.0	298	-307	-67	57	302.5	-62.0	-4.5	-5.0	
					MEDIO :	283.2	134.4	-4.0	-5.8
					MIN :	46.5	-129.0	-7.5	-10.0
					MAX :	387.0	289.5	-2.5	-3.5

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:23/03/2005

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]



001:14/09/2005

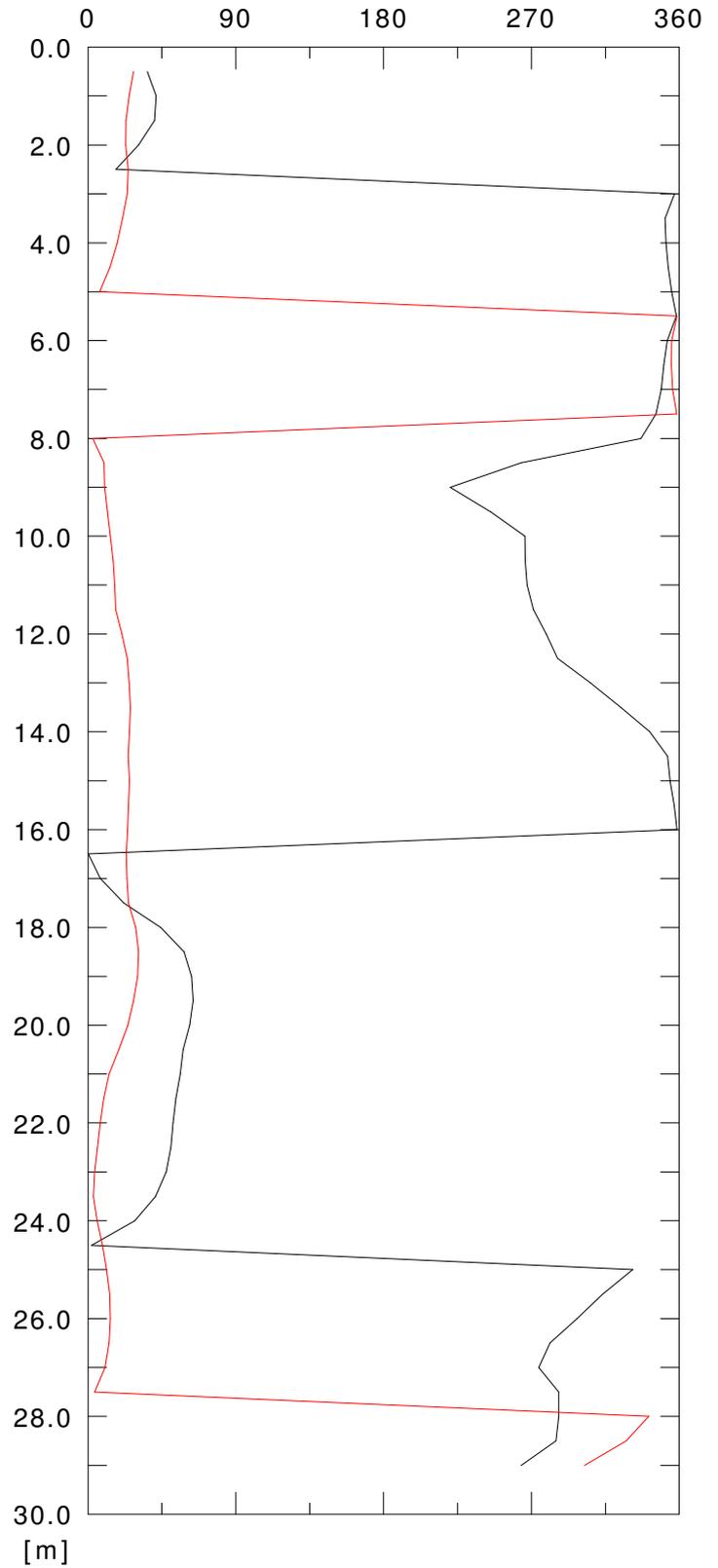
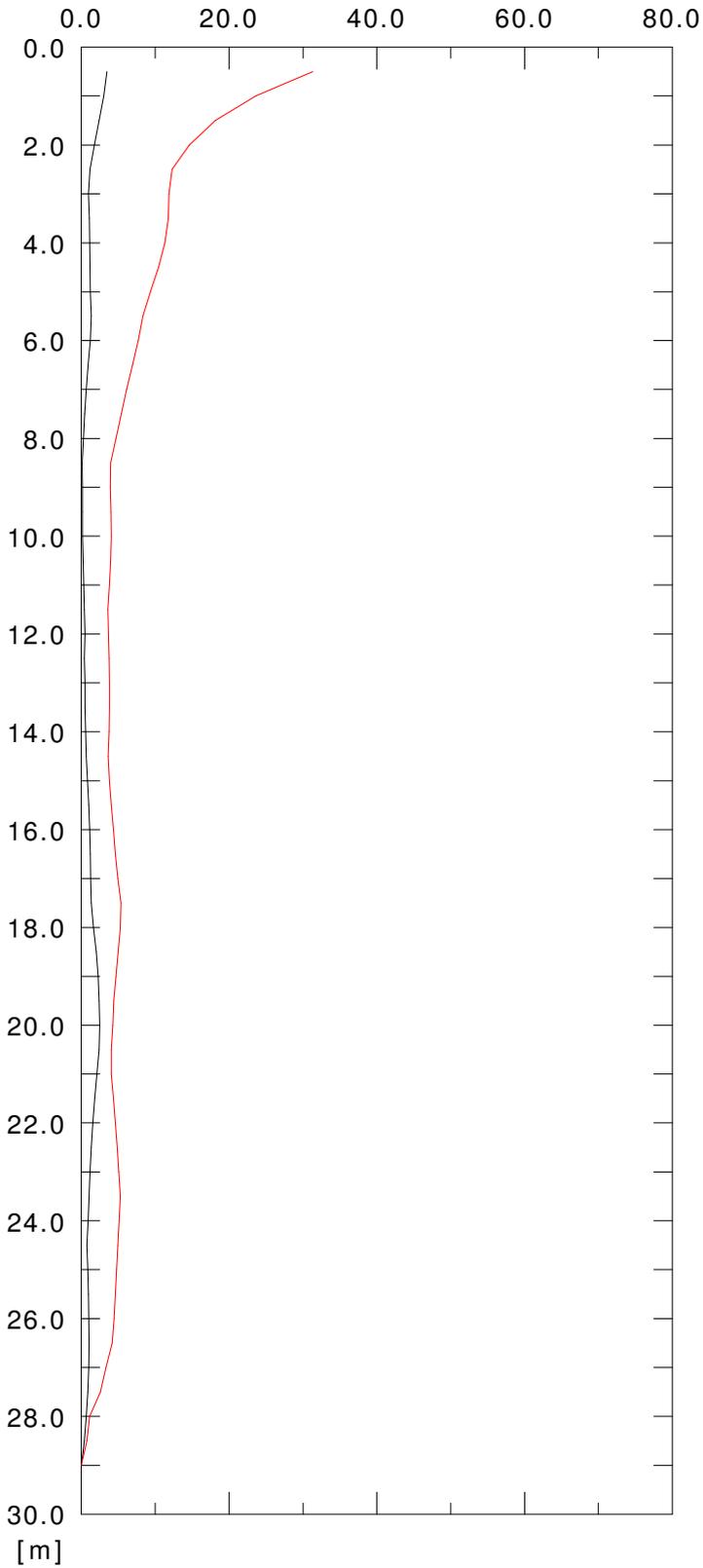
002:26/04/2012

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:23/03/2005

Resultante spost. [mm]

Angolo [gradi]



001:14/09/2005

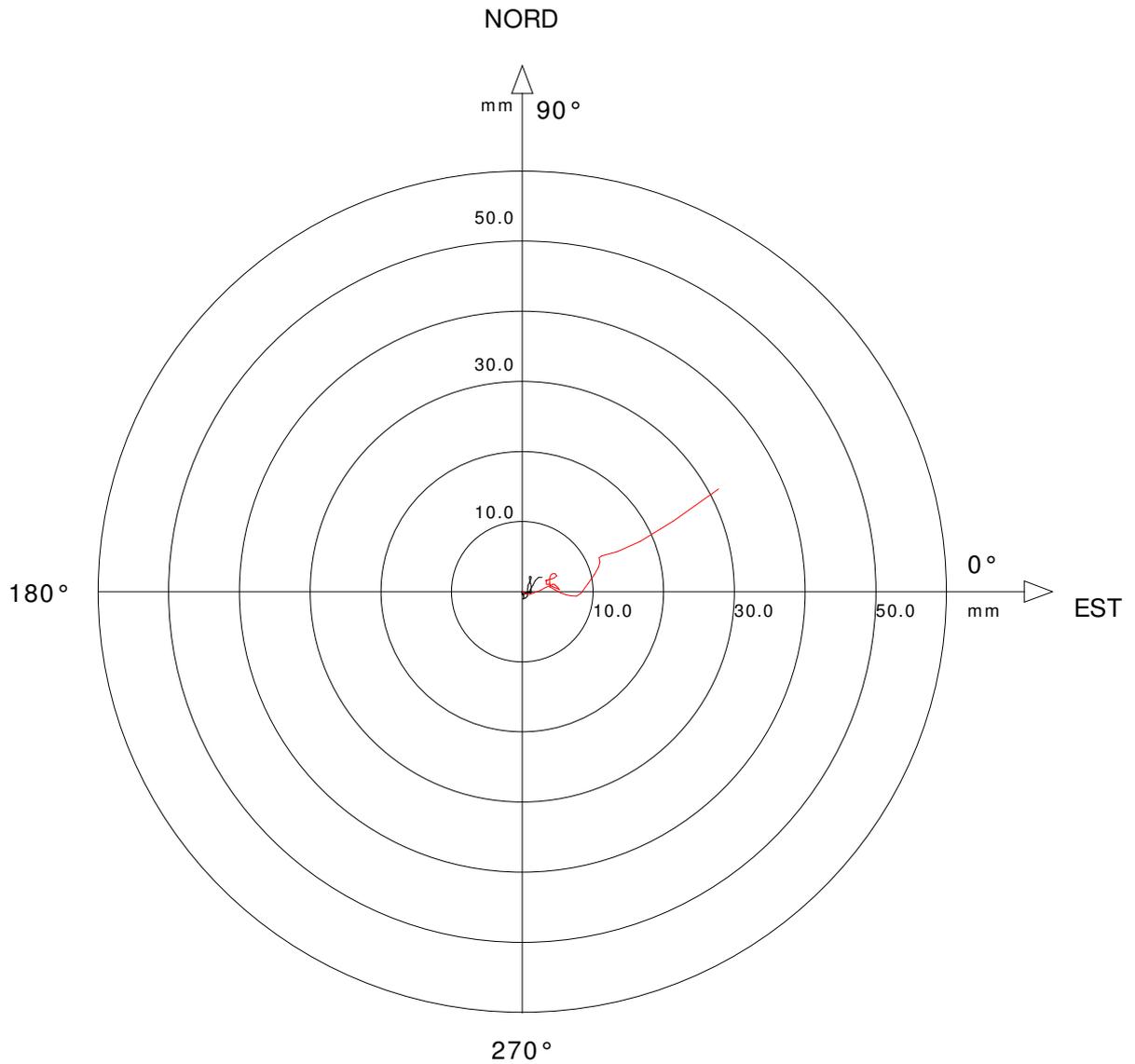
002:26/04/2012

Sito: Montefiori Tubo: CARIB3

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:23/03/2005

Diagramma polare della deviazione



— 001:14/09/2005

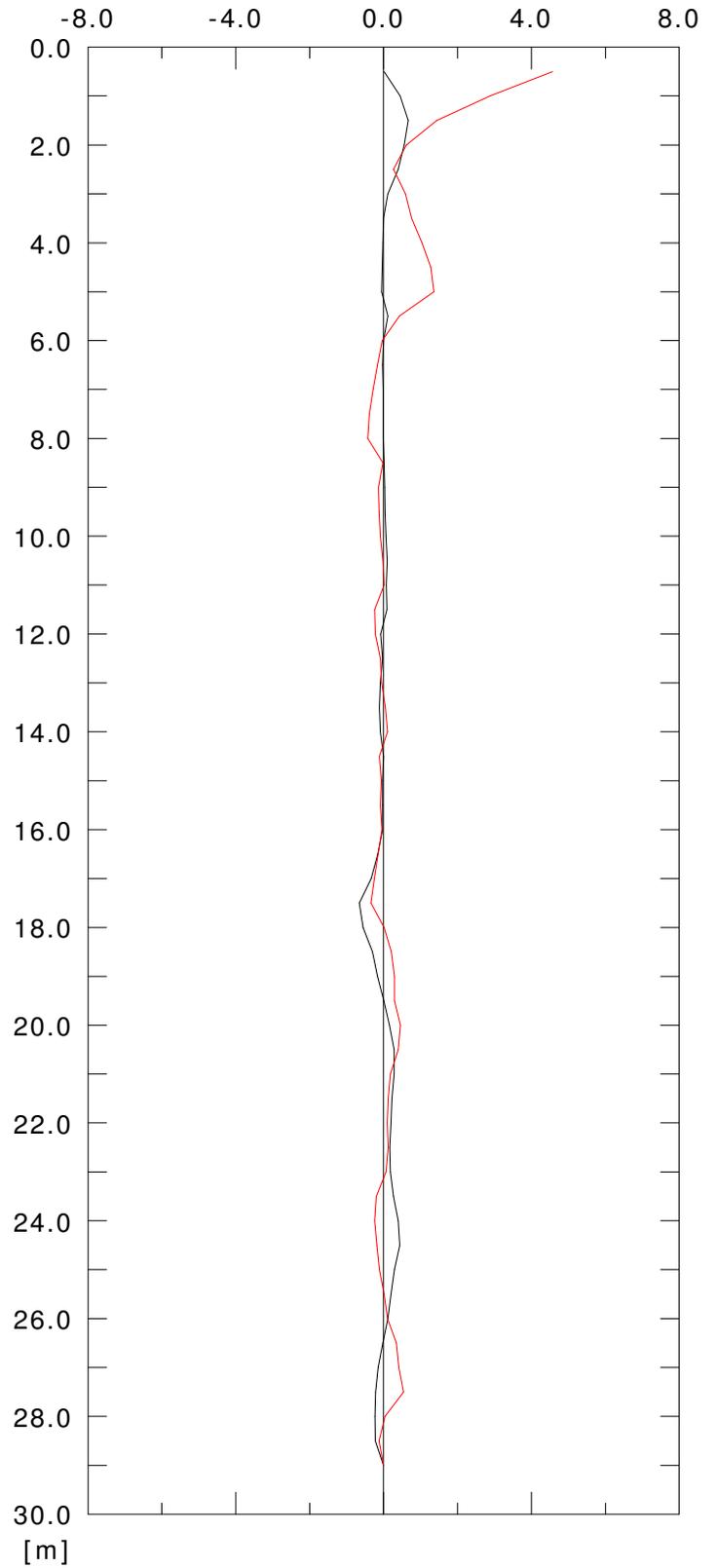
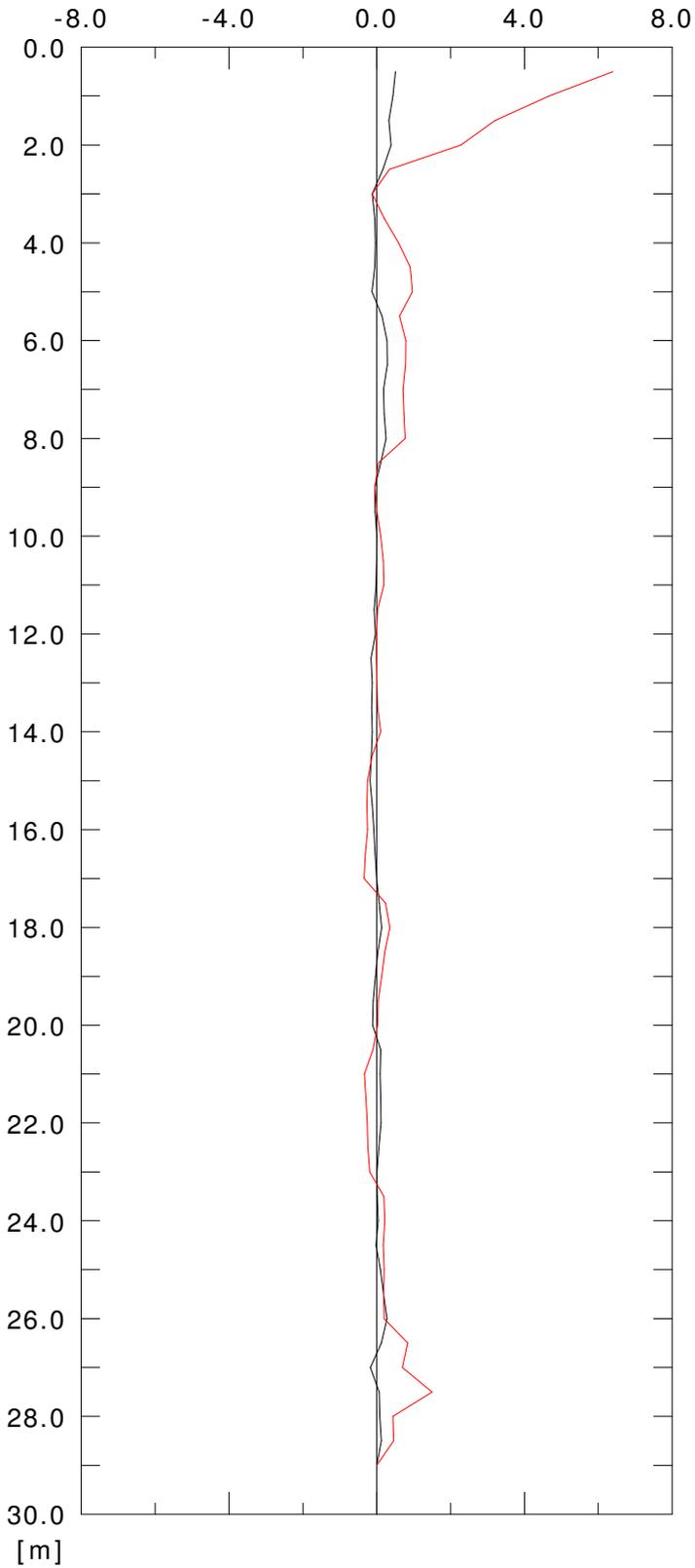
— 002:26/04/2012

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:23/03/2005

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]



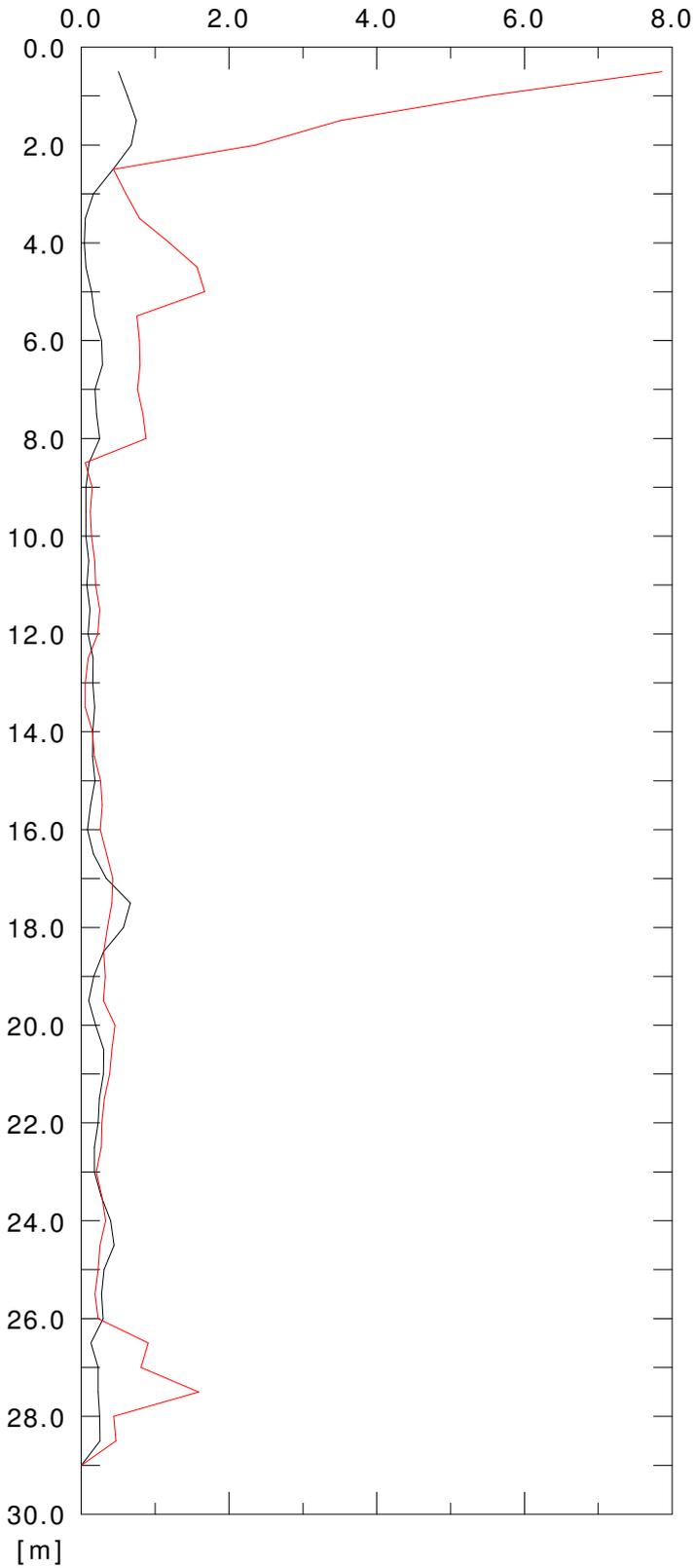
001:14/09/2005

002:26/04/2012

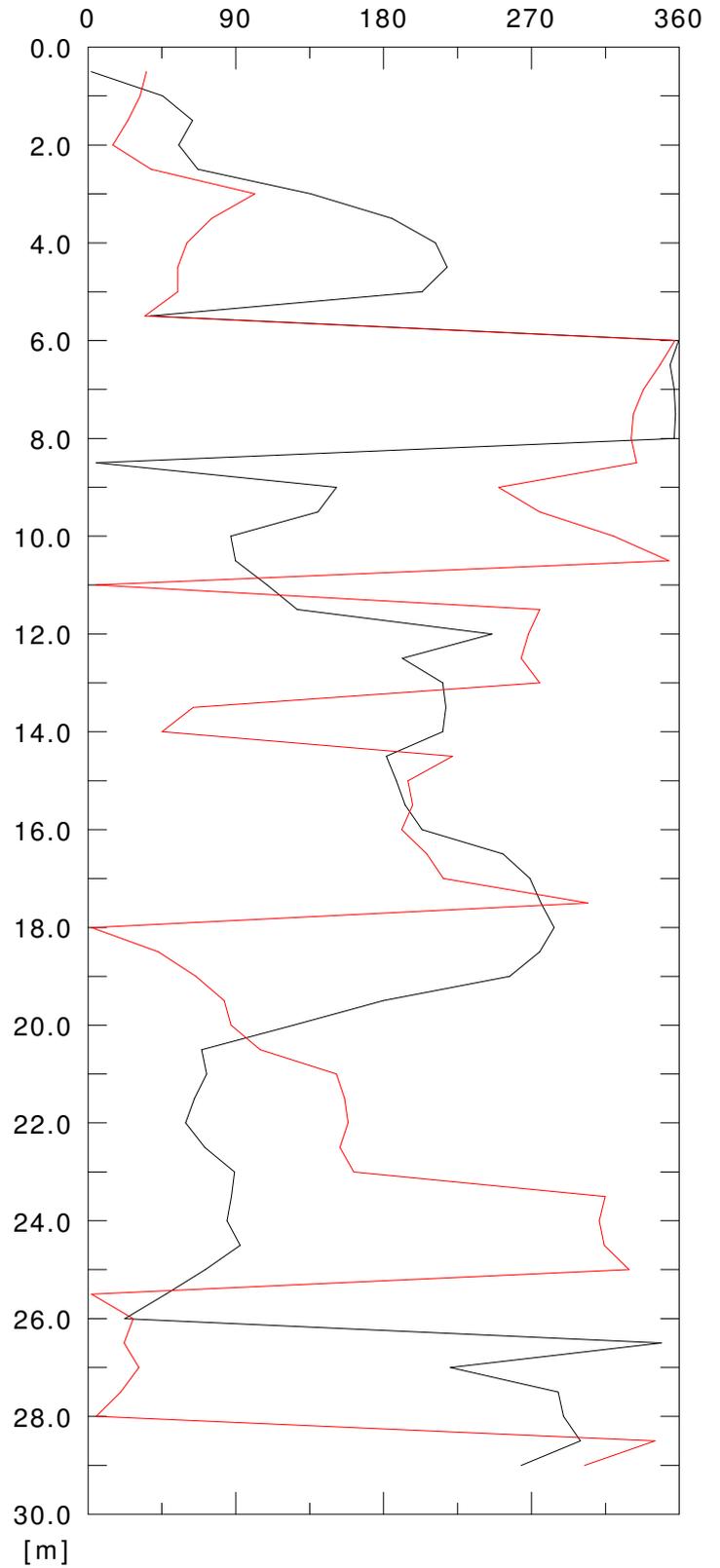
Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:23/03/2005

Resultante spost. [mm]



Angolo [gradi]



001:14/09/2005

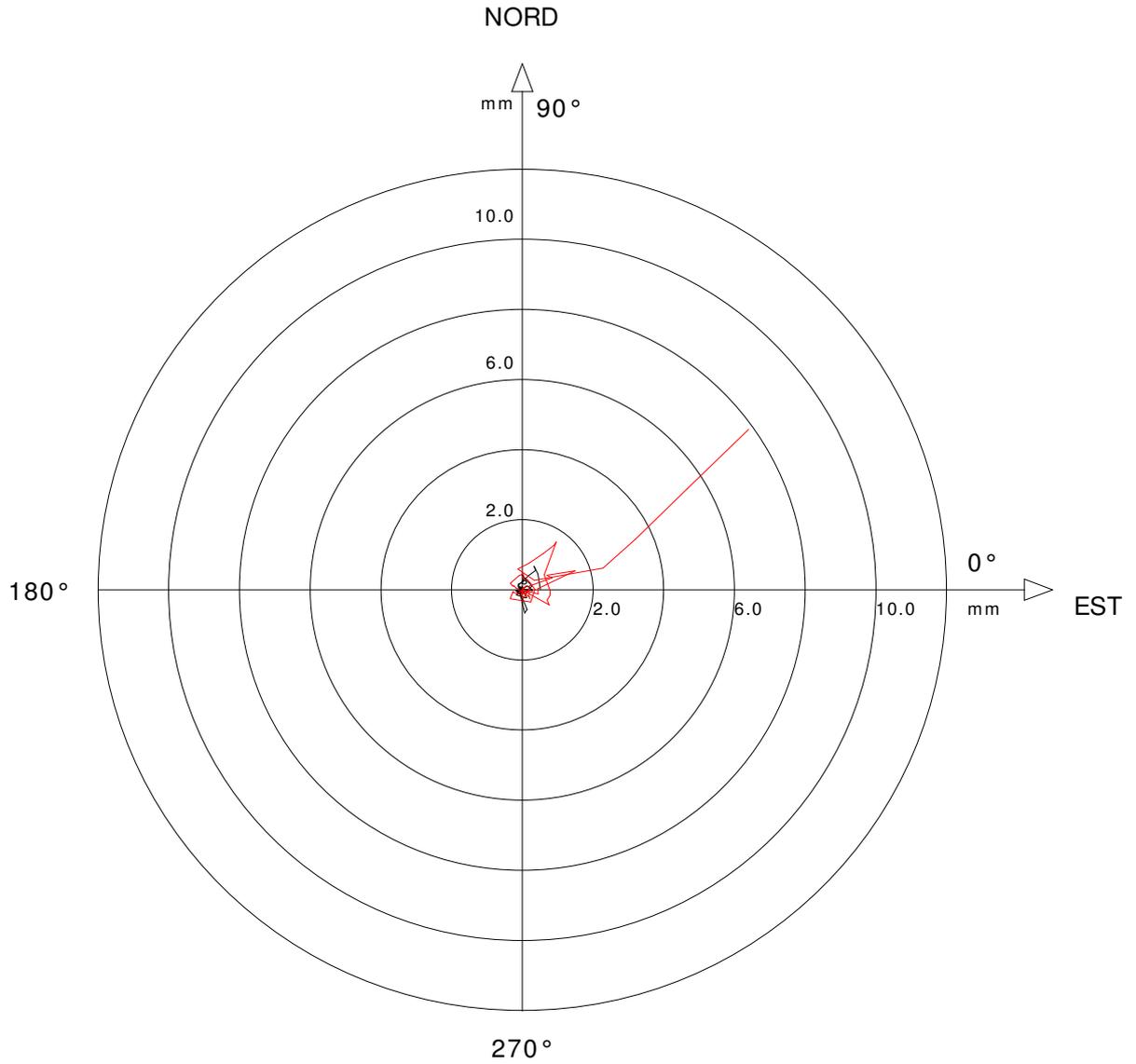
002:26/04/2012

Sito: Montefiori Tubo: CARIB3

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:23/03/2005

Diagramma polare della deviazione



— 001:14/09/2005

— 002:26/04/2012

Sito : Montefiorino

Tubo inclin. : CARIB3

N.ro Misura : 002

Data Misura : 26/04/2012

Località : Montefiorino capoluogo

** Letture di campagna **

** Controllo letture **

Metri	A1	A3	B1	B3	Incl. A (A1-A3)/2	Incl. B (B1-B3)/2	Sc. A (A1+A3)/2	Sc. B (B1+B3)/2
0.5	460	-461	63	-83	460.5	73.0	-0.5	-10.0
1.0	288	-296	44	-60	292.0	52.0	-4.0	-8.0
1.5	184	-190	19	-35	187.0	27.0	-3.0	-8.0
2.0	126	-132	1	-16	129.0	8.5	-3.0	-7.5
2.5	67	-76	33	-51	71.5	42.0	-4.5	-9.0
3.0	66	-73	44	-62	69.5	53.0	-3.5	-9.0
3.5	81	-87	51	-69	84.0	60.0	-3.0	-9.0
4.0	97	-104	62	-79	100.5	70.5	-3.5	-8.5
4.5	110	-116	72	-89	113.0	80.5	-3.0	-8.5
5.0	114	-121	80	-98	117.5	89.0	-3.5	-9.0
5.5	114	-121	112	-130	117.5	121.0	-3.5	-9.0
6.0	118	-126	124	-141	122.0	132.5	-4.0	-8.5
6.5	110	-116	125	-141	113.0	133.0	-3.0	-8.0
7.0	106	-112	130	-145	109.0	137.5	-3.0	-7.5
7.5	105	-113	133	-148	109.0	140.5	-4.0	-7.5
8.0	104	-112	132	-151	108.0	141.5	-4.0	-9.5
8.5	94	-95	88	-116	94.5	102.0	-0.5	-14.0
9.0	103	-107	92	-110	105.0	101.0	-2.0	-9.0
9.5	101	-105	95	-112	103.0	103.5	-2.0	-8.5
10.0	96	-99	97	-114	97.5	105.5	-1.5	-8.5
10.5	92	-96	100	-116	94.0	108.0	-2.0	-8.0
11.0	91	-94	99	-118	92.5	108.5	-1.5	-9.5
11.5	89	-94	94	-113	91.5	103.5	-2.5	-9.5
12.0	89	-94	92	-107	91.5	99.5	-2.5	-7.5
12.5	87	-90	90	-108	88.5	99.0	-1.5	-9.0
13.0	84	-86	90	-107	85.0	98.5	-1.0	-8.5
13.5	83	-86	88	-106	84.5	97.0	-1.5	-9.0
14.0	87	-91	86	-103	89.0	94.5	-2.0	-8.5
14.5	163	-167	33	-55	165.0	44.0	-2.0	-11.0
15.0	173	-176	24	-42	174.5	33.0	-1.5	-9.0
15.5	167	-169	35	-52	168.0	43.5	-1.0	-8.5
16.0	164	-167	41	-59	165.5	50.0	-1.5	-9.0

Sito : Montefiori

Tubo inclin. : CARIB3

N.ro Misura : 002

Data Misura : 26/04/2012

Località : Montefiorino capoluogo

** Letture di campagna **

** Controllo letture **

Metri	A1	A3	B1	B3	Incl. A (A1-A3)/2	Incl. B (B1-B3)/2	Sc. A (A1+A3)/2	Sc. B (B1+B3)/2	
16.5	168	-168	39	-55	168.0	47.0	0.0	-8.0	
17.0	171	-172	34	-51	171.5	42.5	-0.5	-8.5	
17.5	187	-193	-38	18	190.0	-28.0	-3.0	-10.0	
18.0	191	-193	-73	56	192.0	-64.5	-1.0	-8.5	
18.5	191	-193	-88	71	192.0	-79.5	-1.0	-8.5	
19.0	193	-193	-100	84	193.0	-92.0	0.0	-8.0	
19.5	188	-194	-111	95	191.0	-103.0	-3.0	-8.0	
20.0	194	-196	-119	103	195.0	-111.0	-1.0	-8.0	
20.5	277	-281	-152	132	279.0	-142.0	-2.0	-10.0	
21.0	302	-306	-157	140	304.0	-148.5	-2.0	-8.5	
21.5	307	-312	-159	142	309.5	-150.5	-2.5	-8.5	
22.0	309	-314	-159	142	311.5	-150.5	-2.5	-8.5	
22.5	310	-315	-158	141	312.5	-149.5	-2.5	-8.5	
23.0	309	-315	-160	142	312.0	-151.0	-3.0	-9.0	
23.5	335	-342	-211	194	338.5	-202.5	-3.5	-8.5	
24.0	365	-368	-237	223	366.5	-230.0	-1.5	-7.0	
24.5	367	-371	-236	220	369.0	-228.0	-2.0	-8.0	
25.0	371	-376	-231	217	373.5	-224.0	-2.5	-7.0	
25.5	378	-383	-228	212	380.5	-220.0	-2.5	-8.0	
26.0	381	-388	-221	207	384.5	-214.0	-3.5	-7.0	
26.5	365	-370	-309	293	367.5	-301.0	-2.5	-8.0	
27.0	359	-352	-305	302	355.5	-303.5	3.5	-1.5	
27.5	351	-403	-313	262	377.0	-287.5	-26.0*	-25.5*	
28.0	340	-327	-321	315	333.5	-318.0	6.5	-3.0	
28.5	330	-337	-326	309	333.5	-317.5	-3.5	-8.5	
29.0	325	-332	-327	312	328.5	-319.5	-3.5	-7.5	
					MEDIO :	202.1	-29.2	-2.5	-8.7
					MIN :	69.5	-319.5	-26.0	-25.5
					MAX :	460.5	141.5	6.5	-1.5

ALLEGATO 2

Sondaggi a carotaggio continuo (archivio)

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz. Norton	Pz. Casagrande	Inclinometro	Carotaggio	R.Q.D.	
1	2.7		0.20		Asfalto										
2	2.2				Limo debolmente argilloso di colore variabile, ad intervalli decimetrici e centimetrici, grigio, marrone, giallastro, con molti inclusi millimetrici e centimetrici, subangolari, arenitici e pelitici. Valori di Vane test non rilevabili per la presenza di abbondanti inclusi. Presenti trovanti arenacei ben cementati da -3.60 a -4.00 m, da -4.50 a -4.70 m, da -5.40 a -6.00 m e da -8.40 a -8.80 m			1.70 2/3/4 2.15							
3	2.3								3.00 4/5/95 (**)						
4	1.8								3.61						
5	1.7														
6									6.00 4/7/10 6.45						
7	1.5														
8			7.50			Frammenti lapidei arenitici e pelitici, subangolari, decimetrici e centimetrici, in matrice limo sabbiosa di colore marrone chiaro - grigio			9.00 9/5/4 9.45						
9															
10					Argilla di colore grigio, molto compatta (se manipolata si rompe a scaglie). Presenti moltissimi frammenti lapidei calcarei, pelitici e arenitici, millimetrici e centimetrici, subangolari e molte vene di calcite microcristallina										
11															
12	6.0		11.70												
13	6.0				Frammenti lapidei centimetrici e millimetrici, subangolari, arenitici, pelitici, calcarei, in matrice argillosa di colore grigio - marrone. Presenti rare variegature giallastre										
14															
15	6.0		15.00		Alternanza decimetrica di arenaria e argillite di colore grigio mediamente cementate e fratturate										
16															
17			16.50												
18															
19					Argillite di colore grigio, se manipolata si rompe a scaglie, con frammenti lapidei subangolari, millimetrici e centimetrici, pelitici, arenitici, calcarei. Da -28.0 m argillite poco cementata di colore grigio alternata decimetricamente ad arenaria di colore grigio ben cementata con vene di calcite di colore bianco										
20															
21															
22			22.00												
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30			30.00												

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

 SOGEO S.R.L. INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA) Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C Decr. n. 005754 del 05/07/2010	COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna di Modena		SOND.N°: S.1	PROF.(m): 30.00
	CANTIERE: Montefiorino (MO) - CIG Z2502A08D0		QUOTA (m): p.d.c.	
	PERFORATRICE: CMV Mk900 D1		LATITUDINE (°): N 44.353810°	
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo		LONGITUDINE (°): E 10.620427°	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)		DATA INIZ-FINE: 03/01/2012-04/01/2012	
PIEZOMETRO: Installato piezometro Norton Ø2" a -21.60 m dal p.d.c. (fessurato da -3.6 a -18.0 m)			SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 301-11	CERTIFICATO N°: C12-002-1-a	RAPPORTO N°: -----	DATA DI EMISSIONE: 09/01/2012	PAGINA N°: 2 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm ²]	Vane Test [daN/cm ²]	Profondita' [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz. Norton	Pz Casagrande	Inclinometro	Carotaggio	---	R.Q.D.
31			30.00										20406080	20406080	

Note:
 Livello acqua rilevato a fine sondaggio a -20.60 m dal p.d.c.

 (*) Da 0.00 a -18.00 m e da -22.50 a -27.00 m perforazione mediante carotiere semplice.
 Da -18.00 a -22.50 m e da -27.00 a -30.00 m perforazione mediante doppio carotiere.

 (*¹) Prova S.P.T. da -3.30 a -3.61 m: rifiuto = 16 cm.

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO
S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
Via Edison 1/1 - 48022 LUIGO (RA)
Tel. 054522042 - fax 054534443 - Email: sogeo@sogeo-srl.com

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - Modena
LOCALITA': Montefiorino (MO)

SONDAGGIO N: S.1
RIF. N°: 301-11
ALLEGATO A: C12-002-1-a
DATA: 03/01/2012

5 6 7 8 9



Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m

6 7 8 9 10

15 16 17 18 19



Cassa 4 da -15.0 a -20.0 m

16 17 18 19 20

0 1 2 3 4



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m

1 2 3 4 5

10 11 12 13 14



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m

11 12 13 14 15



SOGEO S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
Via Edison 1/1 - 48022 LUIGO (RA)
Tel. 054522042 - fax 054534443 - Email: sogeo@sogeo-srl.com

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna - Modena LOCALITA': Montefiorino (MO)

RIF. N° : 301-11

ALLEGATO A: C12-002-1-a

SONDAGGIO N: S.1

DATA: 03/01/2012

25 26 27 28 29



Cassa 6 da -25.0 a -30.0 m

26 27 28 29 30

20 21 22 23 24



Cassa 5 da -20.0 a -25.0 m

21 22 23 24 25



Posizionamento



Piezometro

**SOGEO**[®] S.R.L.INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
Via Edison 1/1 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com

SCHEMA INSTALLAZIONE STRUMENTI

Piezometro "Norton" (Norm. rif. A.G.I. 1977)

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna di Modena

SONDAGGIO N°: S.1

CANTIERE: Montefiorino - CIG Z2502A08D0

RIF. PREV. N: 301-11

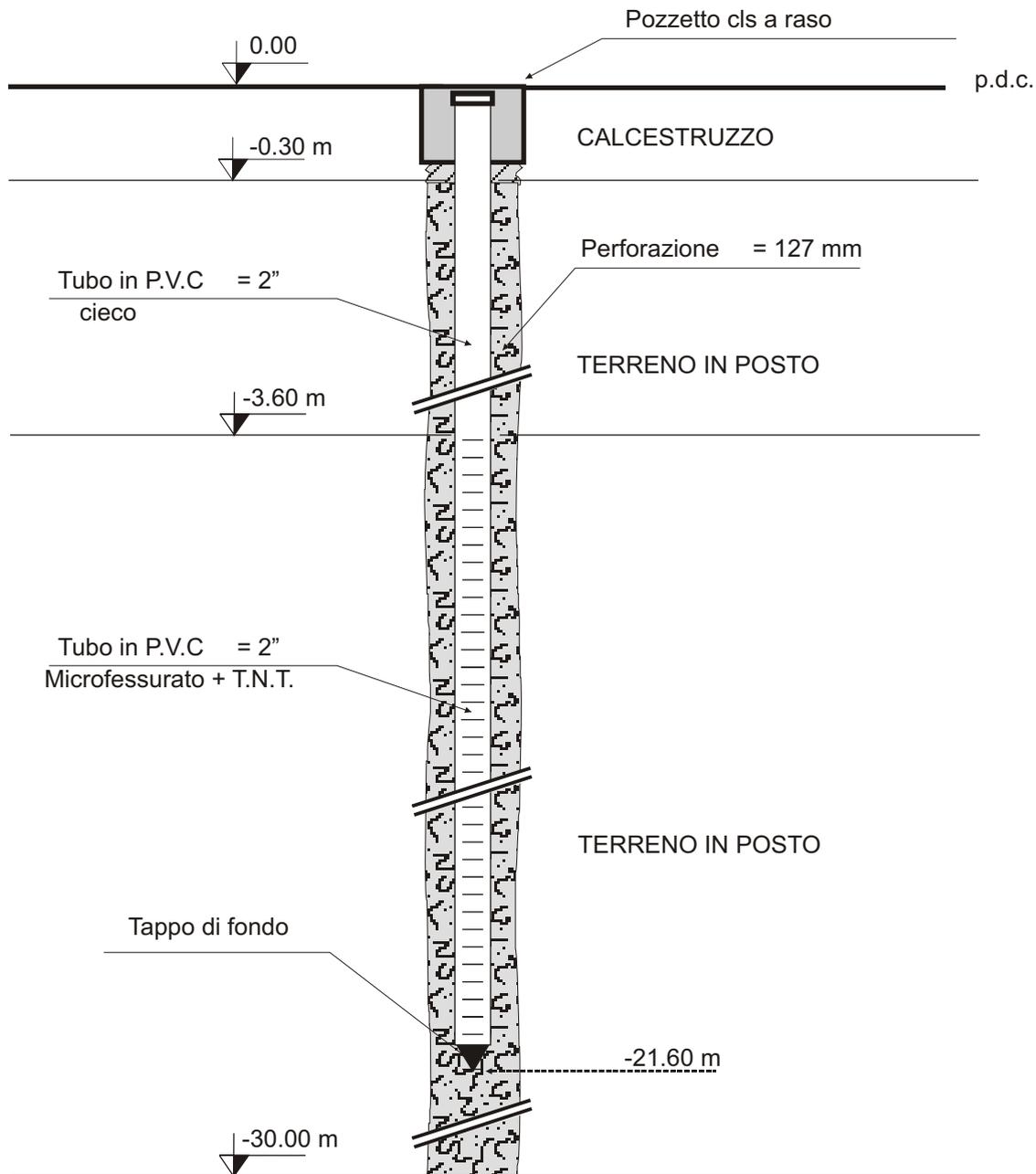
LOCALITA': Montefiorino (MO)

DATA DI ESECUZIONE: 04/01/2012

N° CERTIFICATO: C12-002-1-b

N° RAPPORTO: -----

DATA DI EMISSIONE: 09/01/2012



N.B: SCHEMA NON IN SCALA

Lo Sperimentatore	Note ed osservazioni:	Il Direttore del Laboratorio
	Livello acqua rilevato a fine sondaggio a -20.60 m dal p.d.c.	

CERTIFICATO DI PROVA n.° 023C/2012
emessa in data 13/04/2012

SETTORE DI PROVA: 3 – “Prove in sito” – settore “C” Circolare 349/99/STC

3.1 PERFORAZIONI:

CODICE PROVA	DESCIZIONE PROVA	N. PROVE DA ESEGUIRE	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
3.3.1.	Perforazione a rotazione per il carotaggio continuo o a distruzione di nucleo.		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Raccomandazioni A.G.I. 1977</i> - <i>ASTM D. 1588/84</i> - <i>ISSMFE 1988</i> - <i>ASTM 2573/94</i>

Committente: Regione Emilia Romagna – Servizio Tecnico dei Bacini degli affluenti del Po – Sede di Reggio Emilia

Cantiere: Montefiorino, comune di Montefiorino (Modena)

N.° commessa: 01400012_FG

Nome prova: Montef1i

Data esecuzione prova: 13 aprile 2012

Allegato 1 (risultato della prova):

	Relazione
X	Stratigrafia
X	Documentazione fotografica casse catalogatrici

Allegato 2 (ubicazione del punto di indagine):

X	Corografia in scala opportuna con indicazione ubicazioni
	Indicazione planoaltimetrica dei punti di indagine
	Coordinate geografiche

Eventuali anomalie riscontrate:.....

Note: Il sondaggio eseguito mediante perforazione a carotaggio continuo, ha raggiunto la profondità di 45,00 m. dal piano campagna, nel foro di sondaggio è stato installato un inclinometro fino alla profondità di 45,00 m.....

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Marco Cocchi)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giorgini)

CERTIFICATO DI PROVA n.° 023C/2012
emessa in data 13/04/2012

ALLEGATO 1
Risultato della prova

NOME PROVA
Montef1i



Tecnico del Laboratorio
(Dott. Marco Cocchi)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giorgini)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
SONDAGGIO
Montefi



BOX1

Profondità da 0,00 a 5,00 m.



BOX2

Profondità da 5,00 a 10,00 m.

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Marco Cocchi)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giorgini)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
SONDAGGIO
Montefi



BOX3

Profondità da 10,00 a 15,00 m.



BOX4

Profondità da 15,00 a 20,00 m.

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Marco Cocchi)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giorgini)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
SONDAGGIO
MC10i



BOX5

Profondità da 20,00 a 25,00 m.



BOX6

Profondità da 25,00 a 30,00 m.

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Marco Cocchi)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giorgini)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
SONDAGGIO
MC10i



BOX7

Profondità da 30,00 a 35,00 m.



BOX8

Profondità da 35,00 a 40,00 m.

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Marco Cocchi)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giorgini)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
SONDAGGIO
MC10i



BOX9

Profondità da 40,00 a 45,00 m.

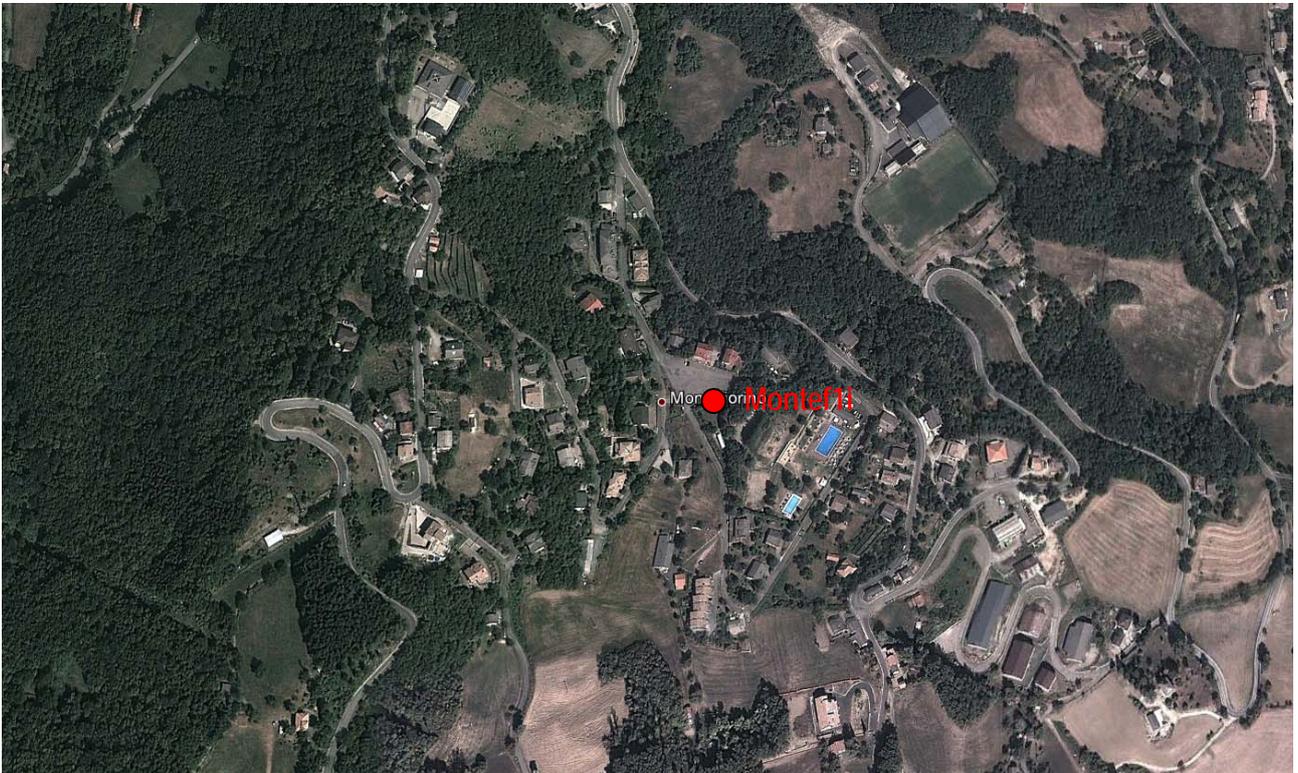
Tecnico del Laboratorio
(Dott. Marco Cocchi)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giorgini)

CERTIFICATO DI PROVA n.° 023C/2012
emessa in data 13/04/2012

ALLEGATO 2
Ubicazione della prova

NOME PROVA
Montef1i



Legenda:

● Sondaggio a carotaggio continuo Montef1i

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Marco Cocchi)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giorgini)

ALLEGATO 2

Sondaggio a carotaggio continuo (eseguito per questo studio)



SOGEO
S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
Via S. Pottio n. 43 - 48022 S. Pottio di LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 05/07/2010

COMMITTENTE: Dott. Geol. Valeriano Franchi

SOND.N°: S.2

PROF.(m): 19.00

CANTIERE: Montefiorino (MO)

QUOTA (m): p.d.c.

PERFORATRICE: CMV MK900 D1

LATITUDINE (°):

METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo

LONGITUDINE (°):

RIVESTIMENTO: Ø 127 mm

ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm

DATA INIZ-FINE: 12/09/2016-14/09/2016

PIEZOMETRO:

SCALA: 1:100

RIF.PREV.N°: 146-16

CERTIFICATO N°: C16-070-2

RAPPORTO N°: -----

DATA DI EMISSIONE: 16/09/2016

PAGINA N°: 1 di 1

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton	Inclinometro
1			0.54		Suolo: limo debolmente argilloso						
			1.00		Argilla compatta, con aspetto pseudo-scaglioso (assenza di inclusi)						
2			1.50		Poltiglia: ghiaietto in matrice argillosa						
			2.30		Blocchetti arenacei, grigi, con superfici di ossidazione ocracee e vene calcitiche						
3			2.78		Limo argilloso con incluso ghiaietto a spigoli vivi, arenaceo (Ø = 2-3 cm), friabile, con patine di ossidazione ocracee						
			3.00		Argilla compatta, di aspetto pseudo-scaglioso (assenza di inclusi)						
4			4.50		Ghiaia arenacea, a spigoli vivi (Ømax = 5-6 cm), con patine di ossidazione ocracee (a luoghi) in matrice limo argillosa						
5			5.33		Arenaria di colore grigio con superfici di ossidazione ocracee e vene di calcite						
6			7.30		Ghiaia arenacea a spigoli vivi (Ømax = 3-4 cm), grigia, con patine di ossidazione ocracee, in matrice argilloso - limosa e presenza di frammenti di calcite						
			7.50		Arenaria di colore grigio con venature di calcite e patine di ossidazione ocracee						
7			8.40		Ghiaietto arenaceo con clasti di calcite, con alcune patine di ossidazione, in matrice argilloso - limosa						
8			10.00		Ciottoli arenacei a spigoli vivi, grigi, (Ømax = 5-6 cm) con a luoghi patine di ossidazione ocracee. A 8,8 - 9 m e a 9,27 - 9,36 m: arenaria grigia con vene di calcite						
9			11.80		Ghiaietto arenaceo, a spigoli vivi (Ø max = 5 cm) in matrice argilloso - limosa (con calcite e patine di ossidazione)						
			12.00		Trovante pelitico in matrice argillosa						
			12.35		Ghiaia arenacea a spigoli vivi, grigia (Ømax = 4 cm), con vene di calcite e patine di ossidazione						
10			12.74		Ghiaietto pelitico, a spigoli vivi, grigio scuro, senza matrice. Presente un blocchetto pelitico di circa 5 cm						
			15.35		Ghiaia pelitica, a spigoli vivi, grigio scura, con matrice argilloso - limosa. Presenti, a luoghi, blocchi di peliti di 8-10 cm. I clasti di maggior dimensioni presentano patine di ossidazione ocracee						
11			15.68		Pelite di colore grigio scuro, priva di fature						
			15.93		Ghiaia pelitica pulita, a spigoli vivi (Ømax = 4-5 cm)						
12			16.09		Ghiaietto arenaceo (Ømax = 3 cm), grigio, con calcite e patine di ossidazione ocracee						
			16.25		Blocco di arenaria grigia, con fine laminazione da trazione. Cappello di calcite						
13			16.95		Pelite di colore grigio scuro						
			17.70		Arenaria di colore grigio con vena calcitica: i cristalli di calcite sono ben sviluppati (apertura beante)						
14			17.80		Pelite grigio scura in matrice argillosa						
			18.15		Ghiaia arenacea di colore grigio, a spigoli vivi, con calcite (cristalli ben sviluppati)						
15			19.00		Blocchetti arenacei, grigio scuri, a spigoli vivi (Ømax = 4-5 cm), privi di patine di ossidazione, ma vene di calcite spesse fino a 3 cm. A luoghi matrice argilloso - limosa						
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO s.r.l.
INDAGNI GEOSTRUTTURALI ED AMBIENTALI
Via S. Polito n. 43 - 48022 S. Polito di Lupatone (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-sil.com

COMMITTENTE: Dott. Geol. Franchi Valeriano

LOCALITA': Monterforino (MO)

SONDAGGIO N.: S.2

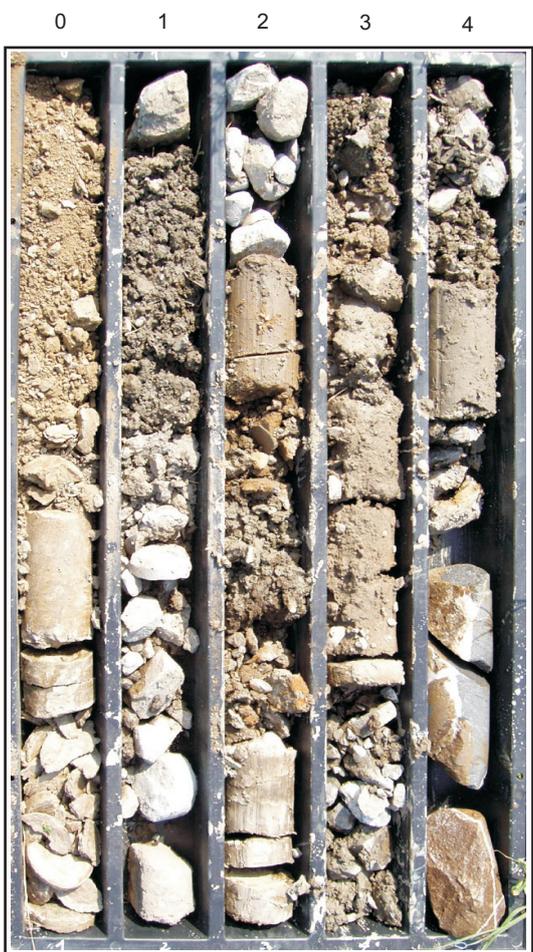
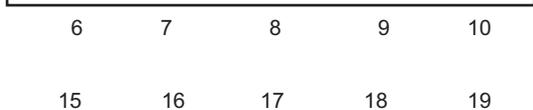
RIF. N° : 146-16

ALLEGATO A: C16-070-2

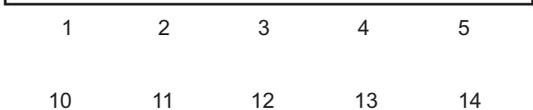
DATA: 12/09/2016



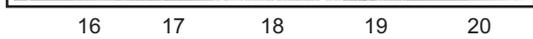
Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m



Cassa 4 da -15.0 a -20.0 m



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m



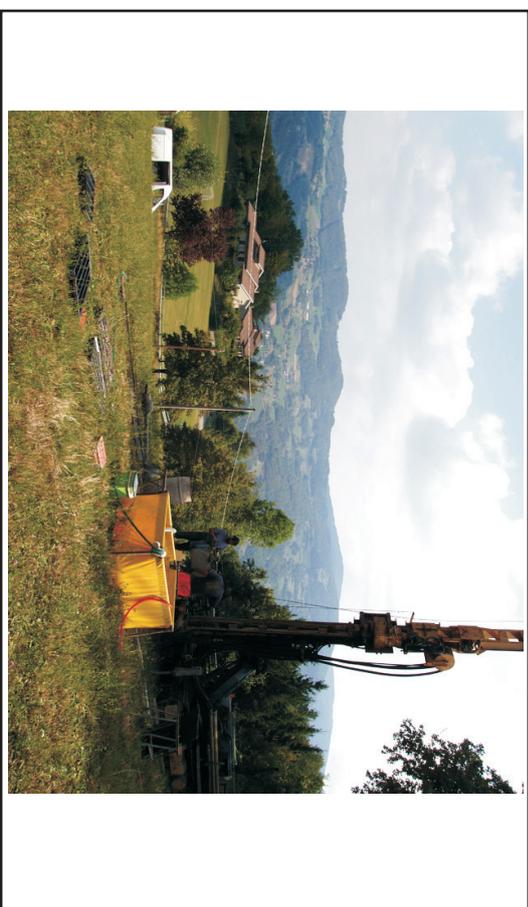
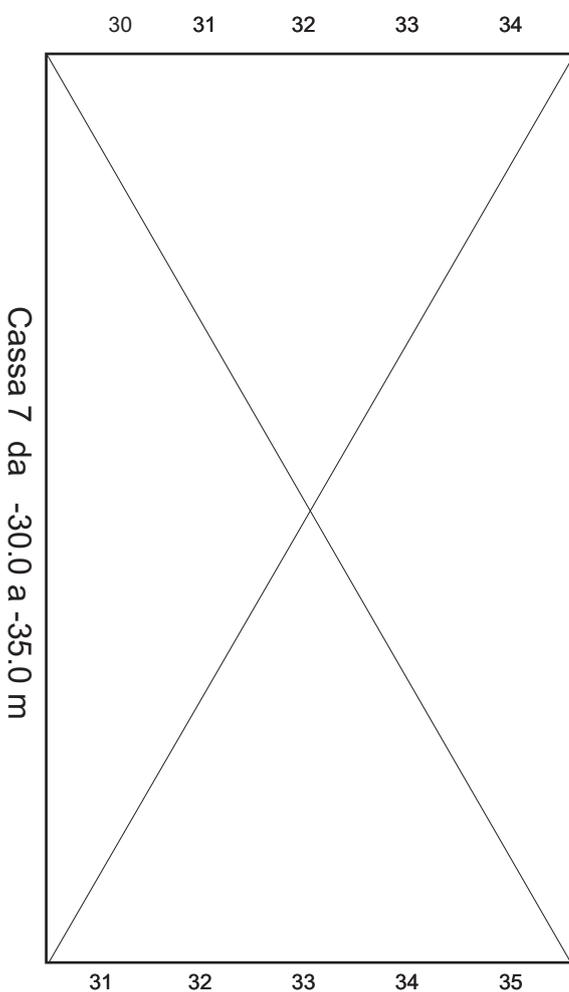
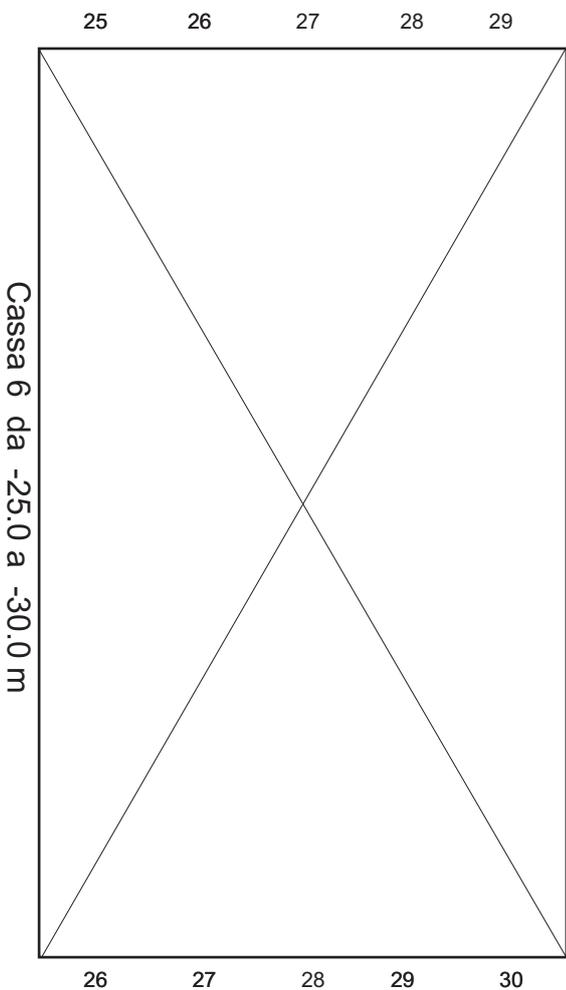
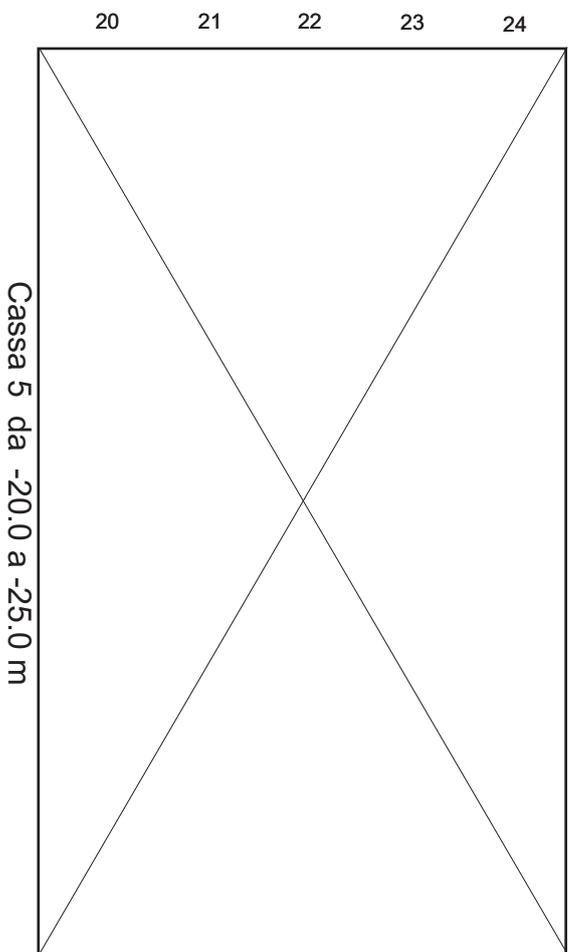


SOGEO s.r.l.
INGENIERI GEOTECNICI ED AMBIENTALI
Via S. Polito n. 43 - 48022 S. Polito di Lupatoto (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com

COMMITTENTE: Dott. Geol. Franchi Valeriano
RIF. N° : 146-16

LOCALITA': Monterforino (MO)
ALLEGATO A: C16-070-2

SONDAGGIO N.: S.2
DATA: 12/09/2016



Posizionamento

ALLEGATO 3

Indagini MASW

(archivio e nuova esecuzione)

Legenda

INDAGINI GEOGNOSTICHE

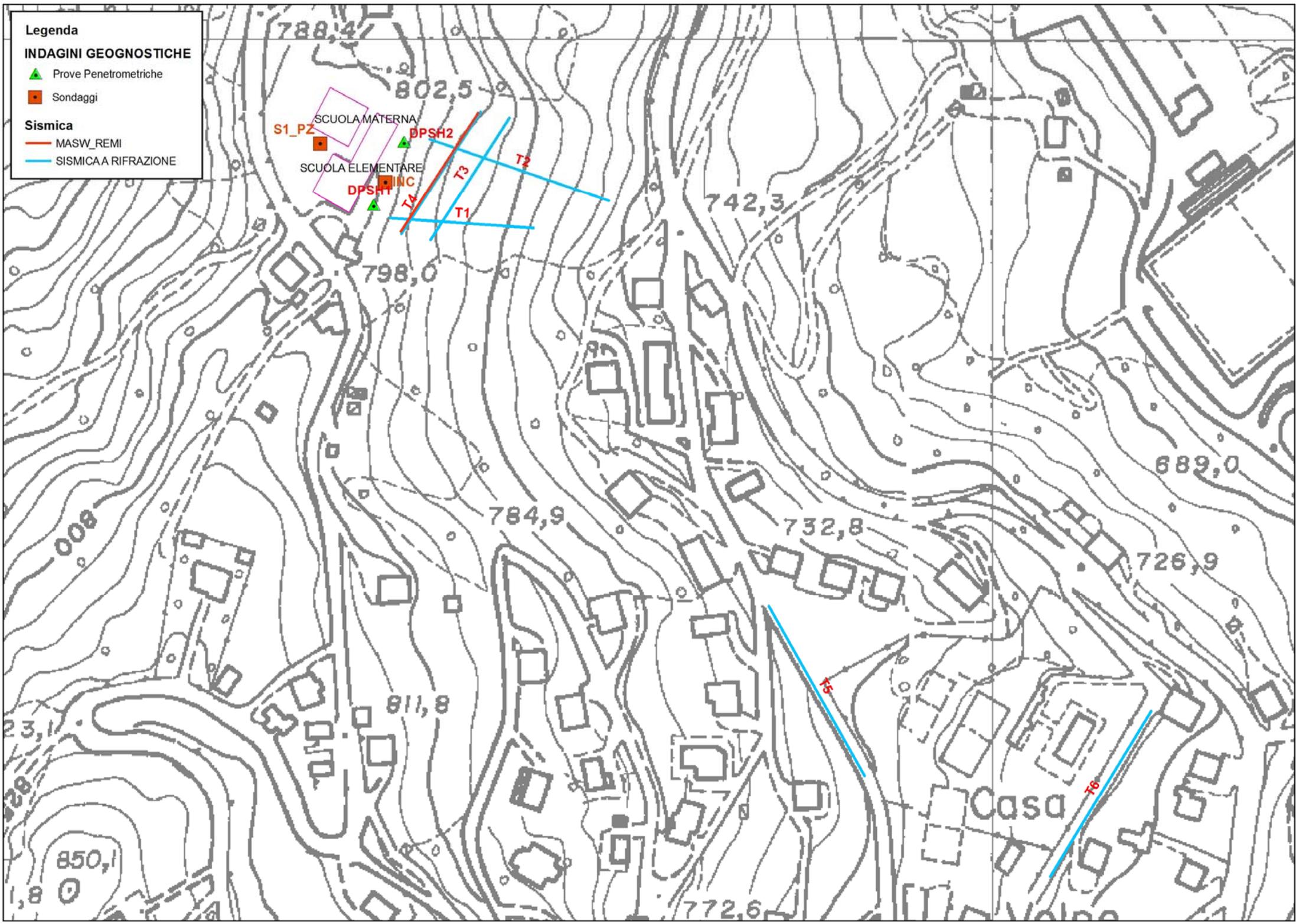
▲ Prove Penetrometriche

■ Sondaggi

Sismica

— MASW_REMI

— SISMICA A RIFRAZIONE



SCUOLA MATERNA
S1_PZ
SCUOLA ELEMENTARE
DPSHT
INC

DPSH2
T3
T2
T1

Casa

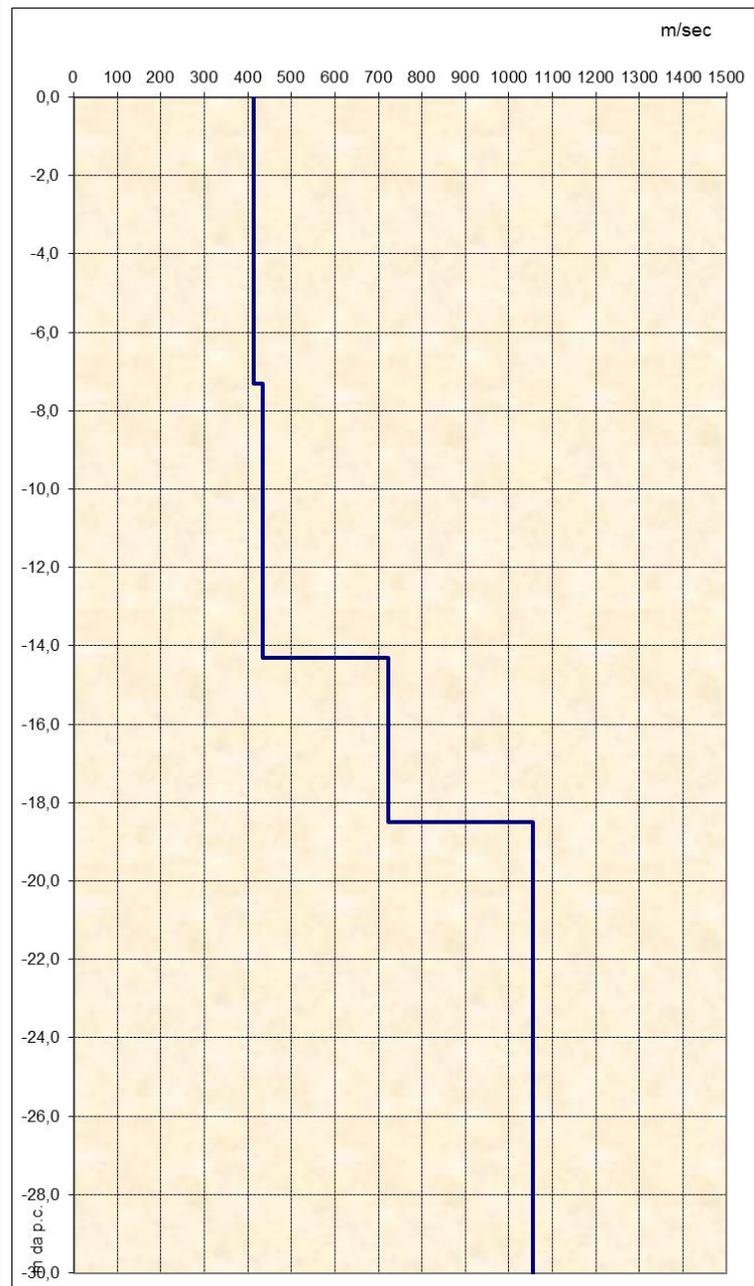
T5

T6

1.2.5 RISULTATI - Determinazione delle categoria del suolo di fondazione

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata. Il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30 m a partire dal piano campagna.

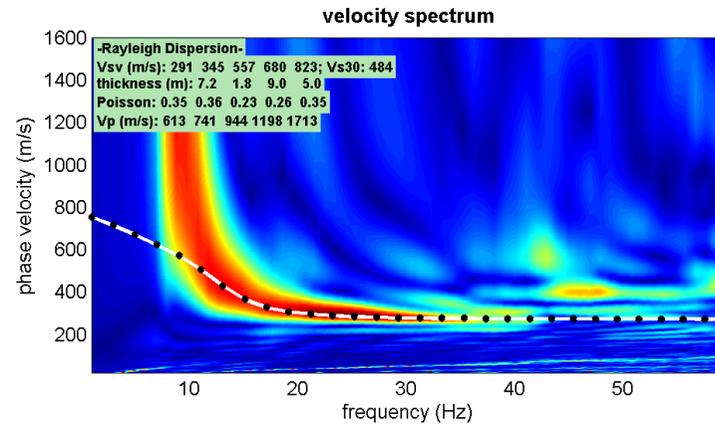
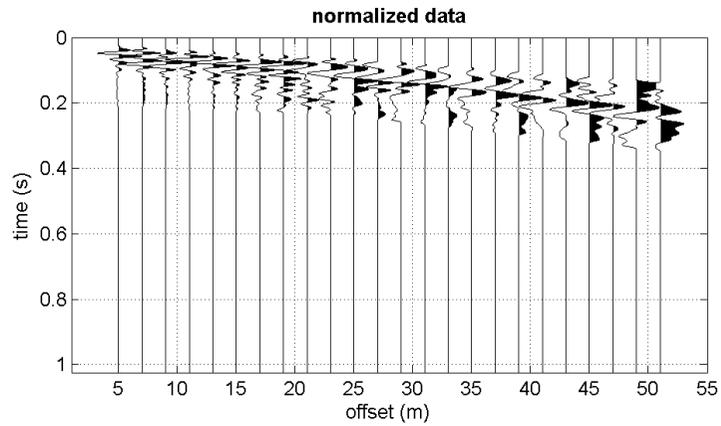
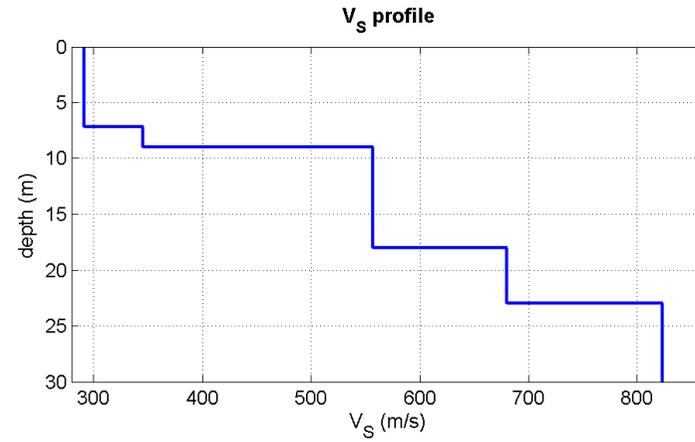
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-7,3	7,3	413
-14,3	7,0	434
-18,5	4,2	724
-30,0	11,5	1054



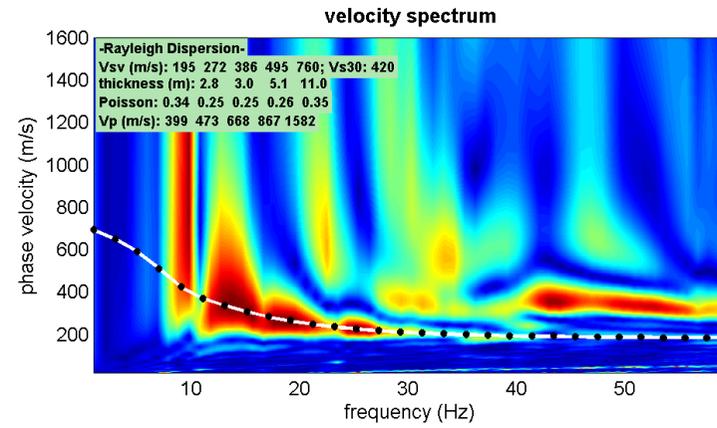
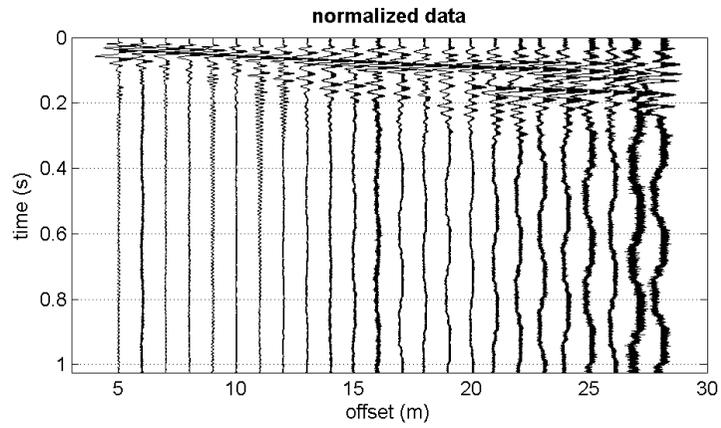
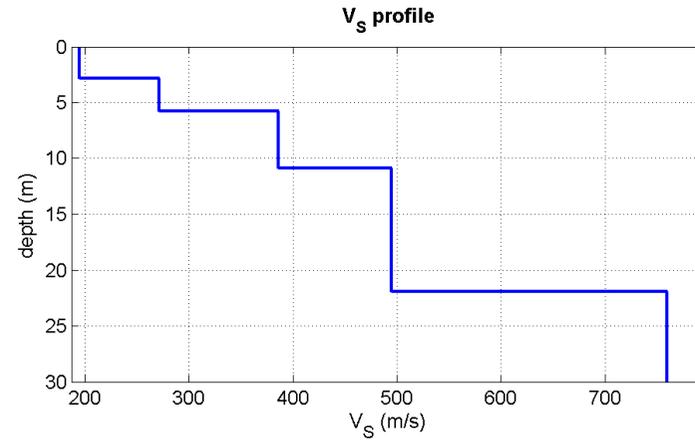
- *diagramma velocità V_s /profondità* -

Il valore V_{s30} è **594 m/sec.**

MONTEFIORINO MASW 16

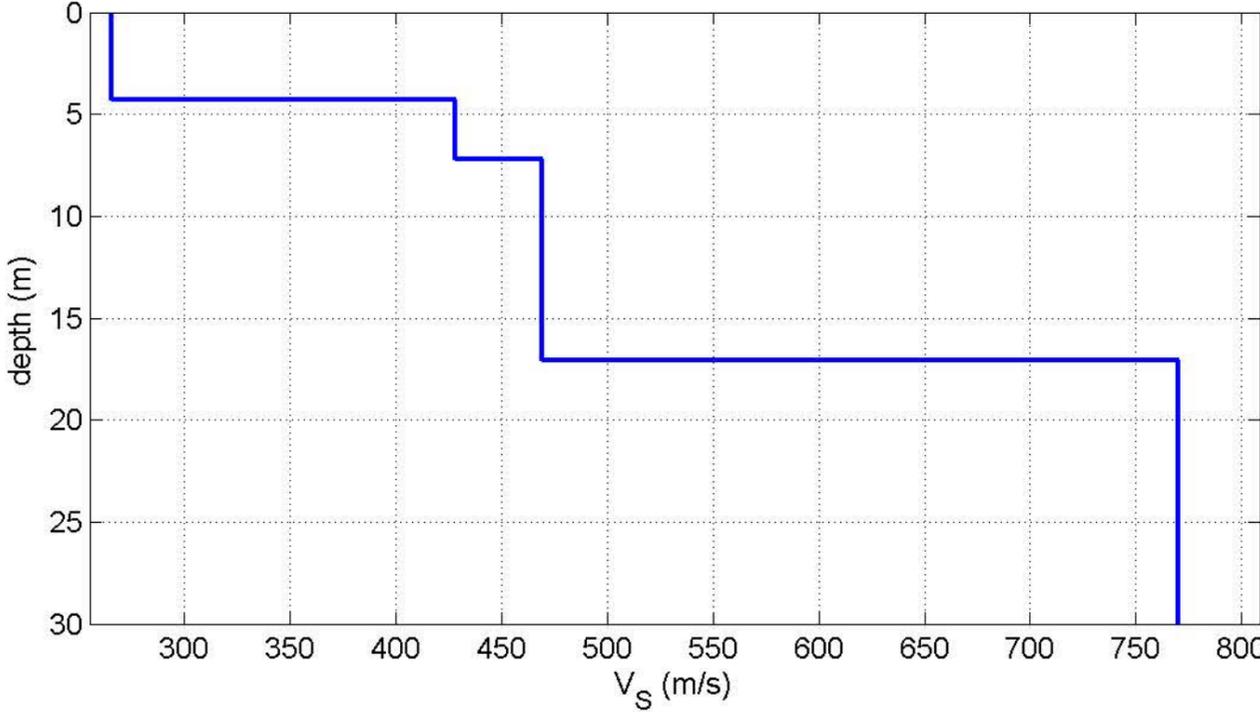


MONTEFIORINO MASW 17

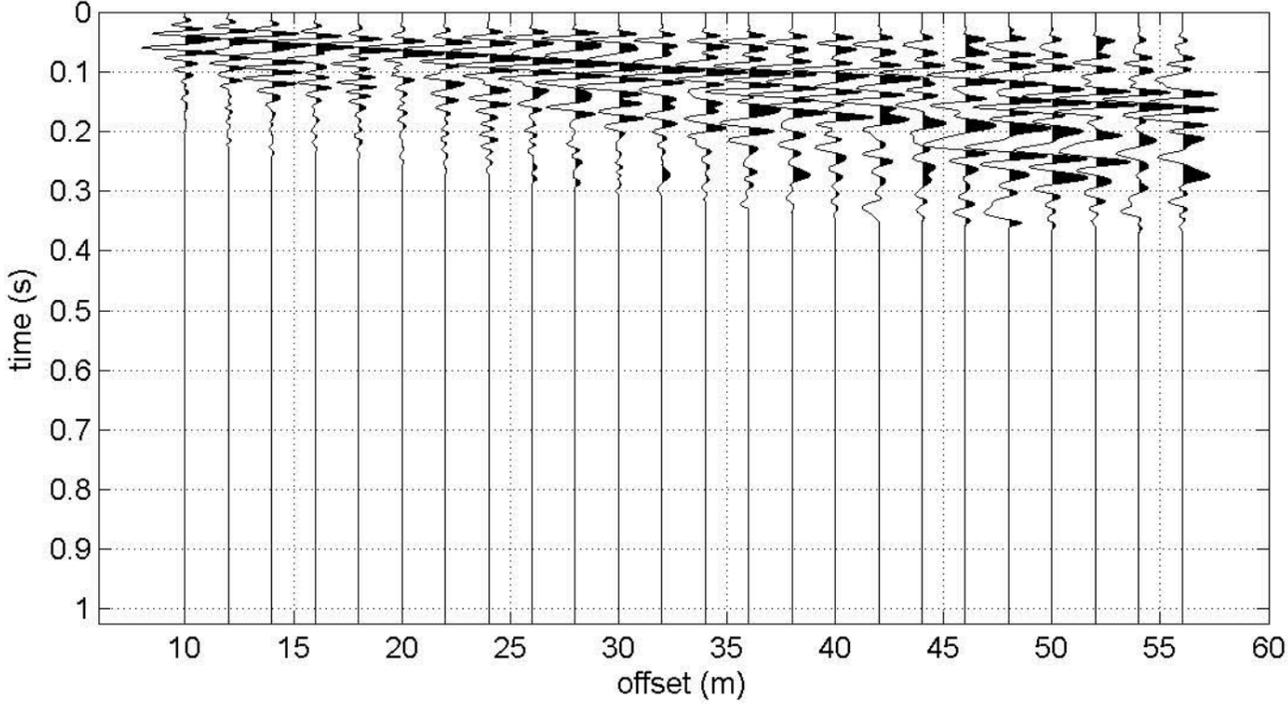


www.winmasw.com

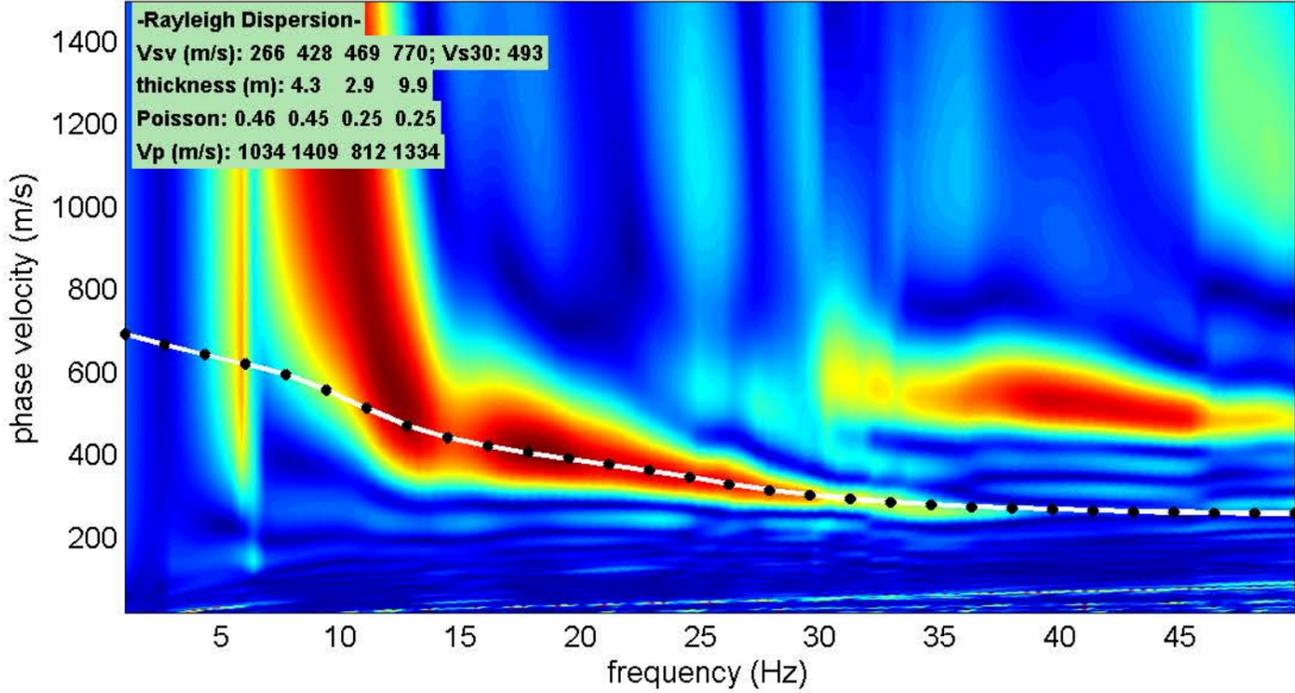
V_S profile

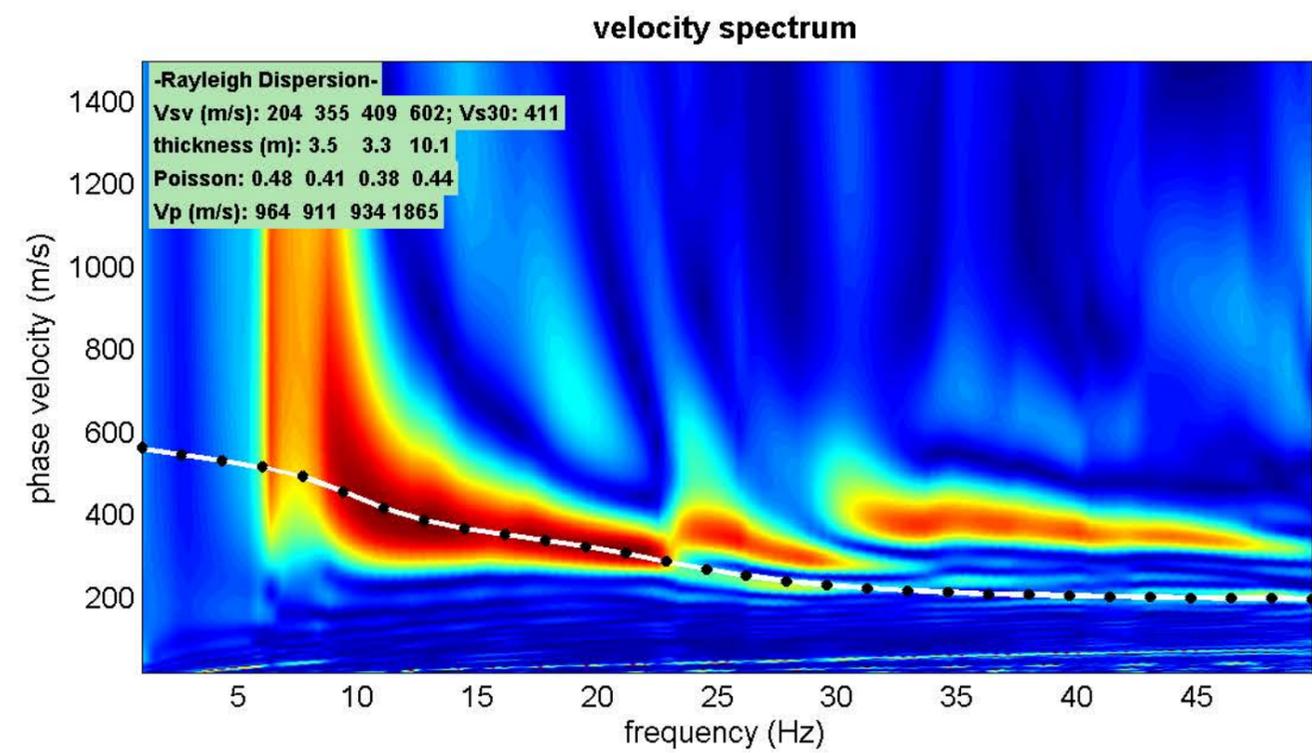
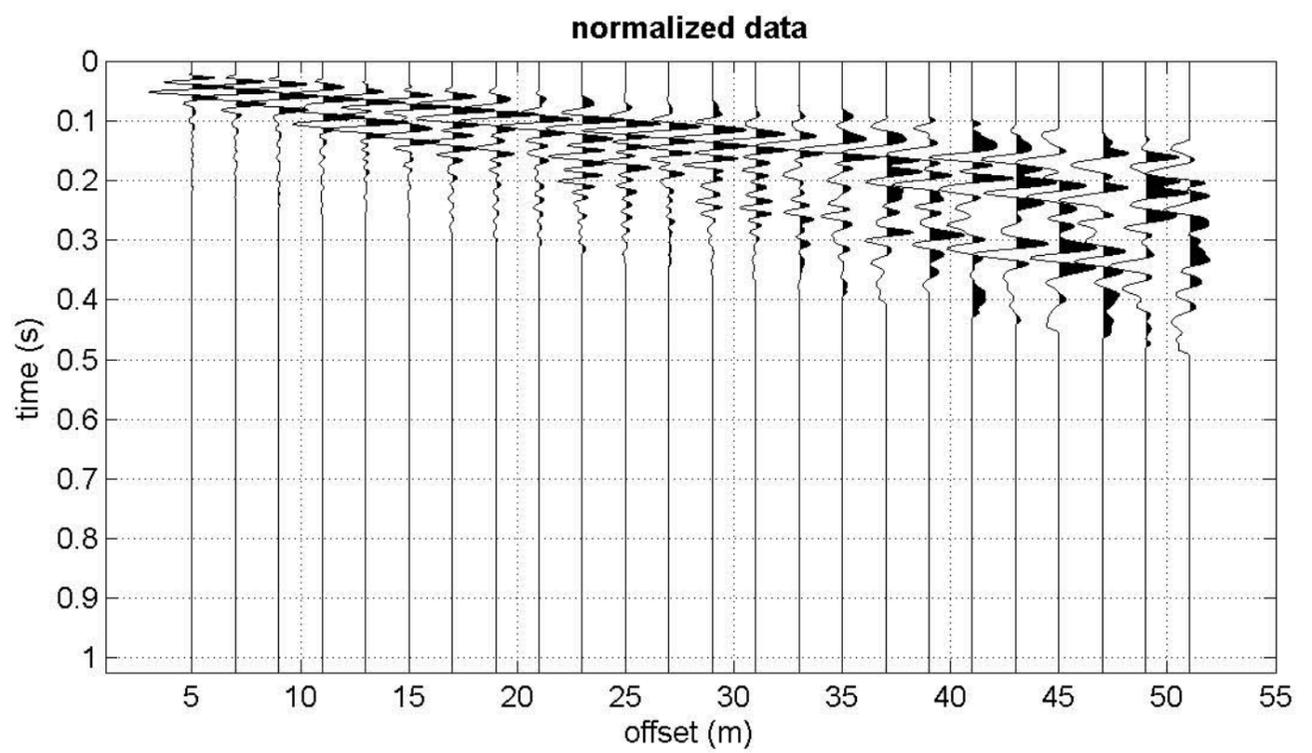
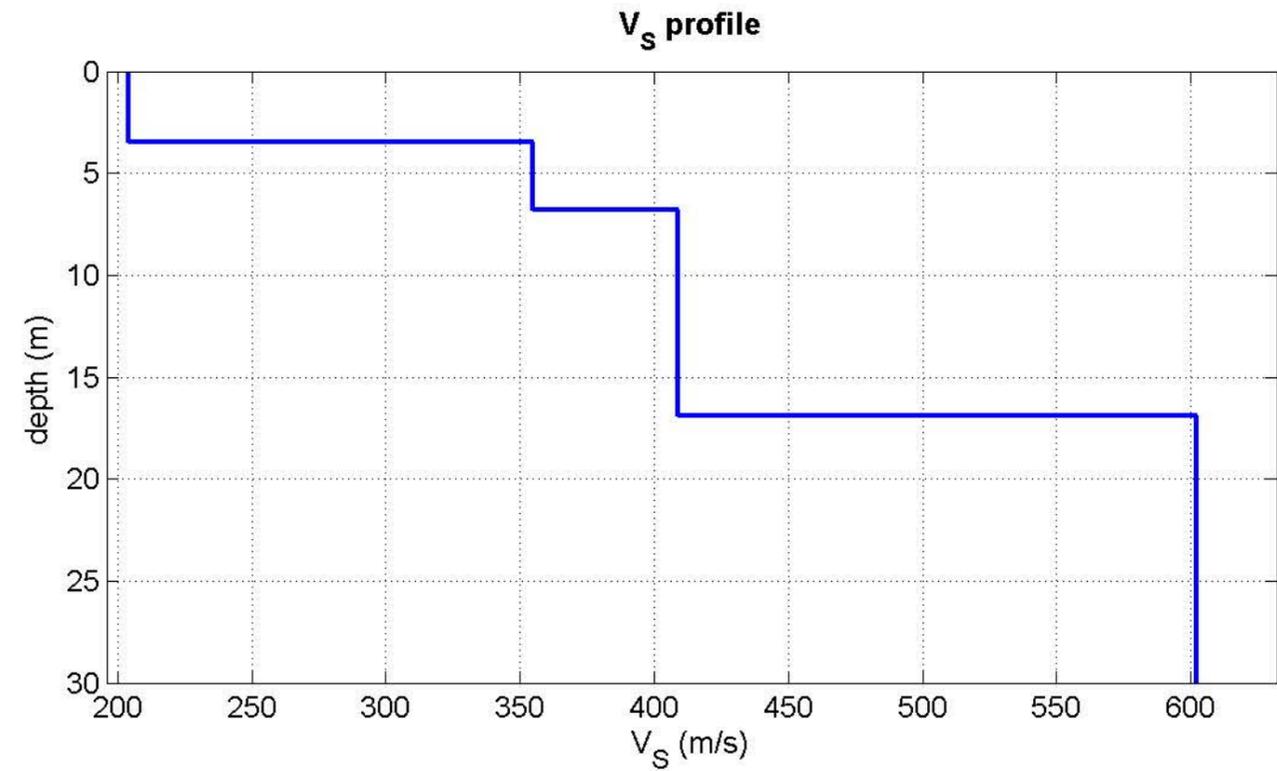


normalized data



velocity spectrum





ALLEGATO 4

Indagini HVSR

(archivio e nuova esecuzione)

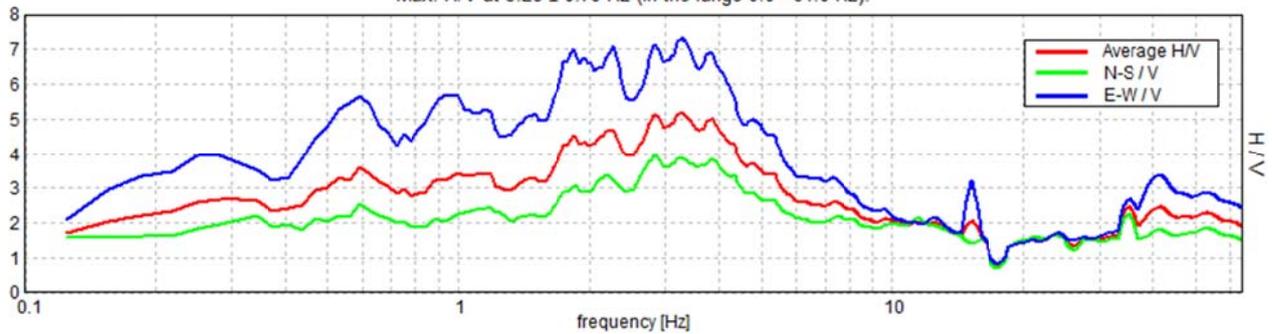
MONTEFIORINO, A1

Instrument: TR-0007-01-05
 Data format: 16 byte
 Full scale [mV]: n.a.
 Start recording: 13/07/16 12:45:20 End recording: 13/07/16 13:05:21
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available

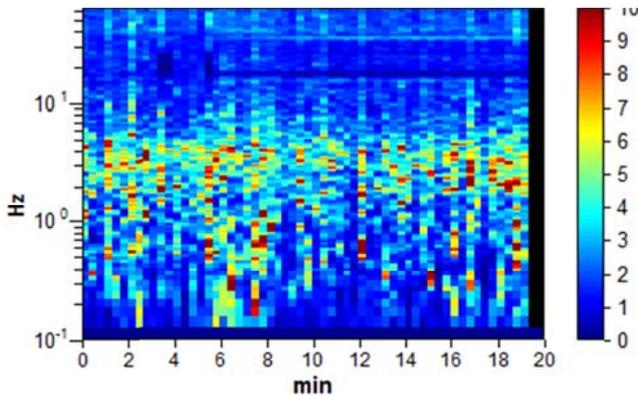
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

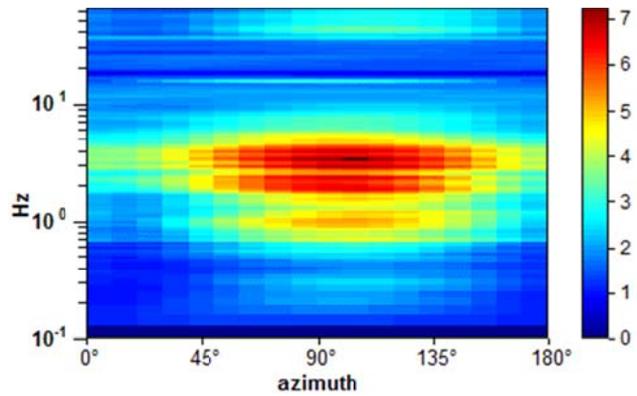
Max. H/V at 3.28 ± 0.79 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



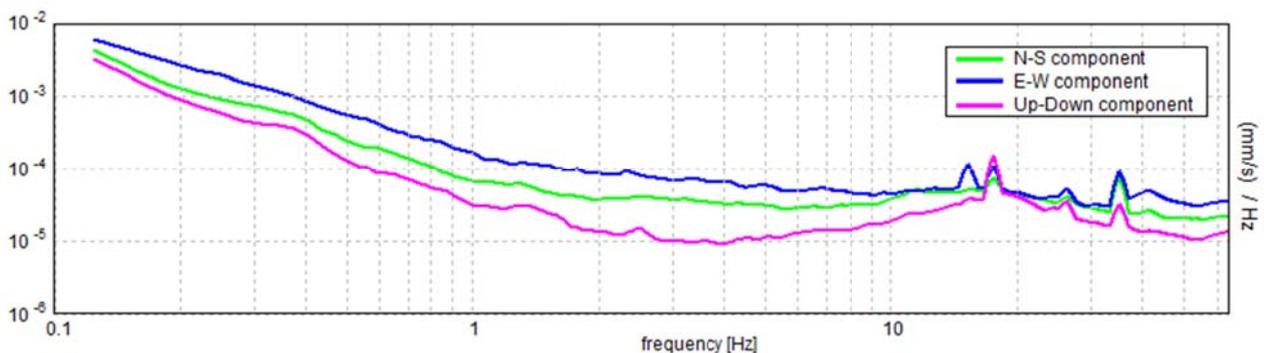
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 3.28 ± 0.79 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.28 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3937.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 158 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.19 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.23971 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.78654 < 0.16406$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6011 < 1.58$	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
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

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

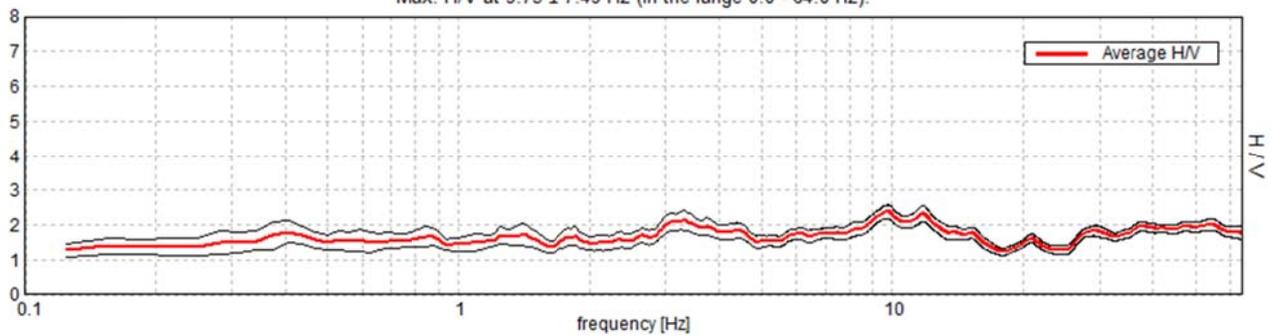
MONTEFIORINO, A2

Instrument: TR-0007-01-05
 Data format: 16 byte
 Full scale [mV]: n.a.
 Start recording: 13/07/16 13:35:56 End recording: 13/07/16 13:55:57
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available

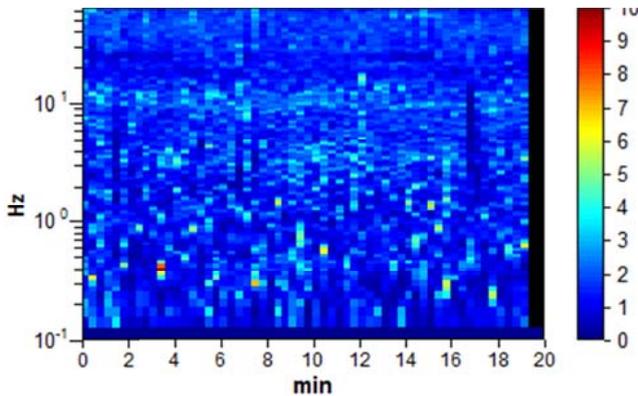
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

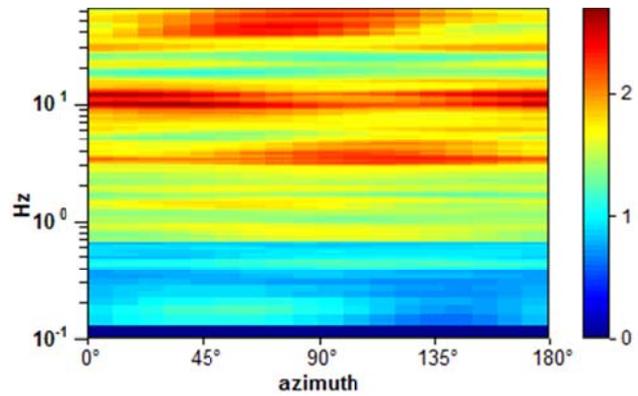
Max. H/V at 9.75 ± 7.49 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



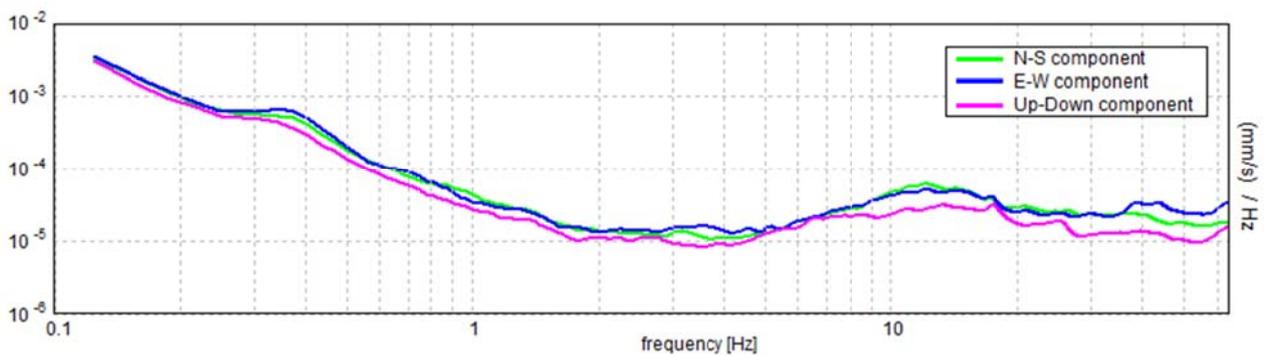
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 9.75 ± 7.49 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$9.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$11700.0 > 200$	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 469 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.38 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.76855 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$7.49334 < 0.4875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1941 < 1.58$	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
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

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

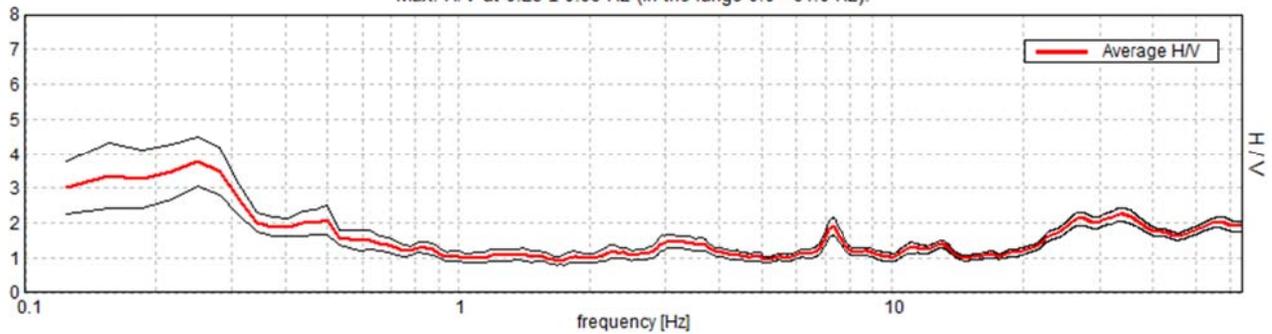
MONTEFIORINO, A3

Instrument: TR-0007-01-05
 Data format: 16 byte
 Full scale [mV]: n.a.
 Start recording: 13/07/16 14:08:34 End recording: 13/07/16 14:28:35
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available

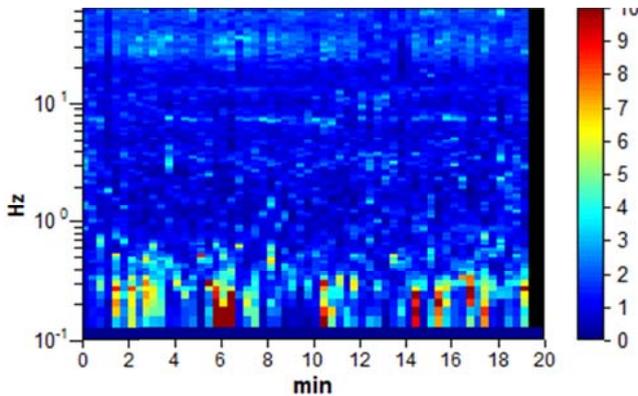
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

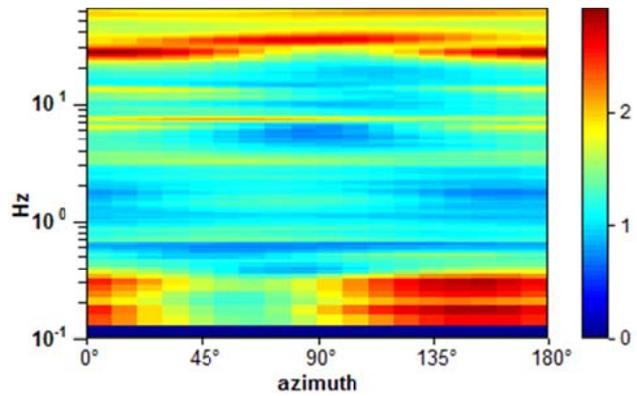
Max. H/V at 0.25 ± 0.99 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

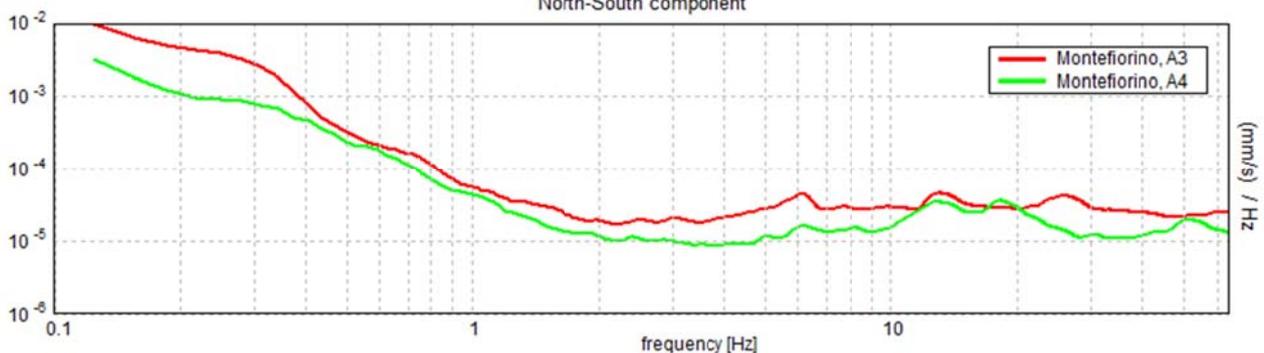


DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

North-South component



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

Max. H/V at 0.25 ± 0.99 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.25 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$300.0 > 200$	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 13 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.78 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 3.96285 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.99071 < 0.05$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7283 < 2.5$	OK	

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

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

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

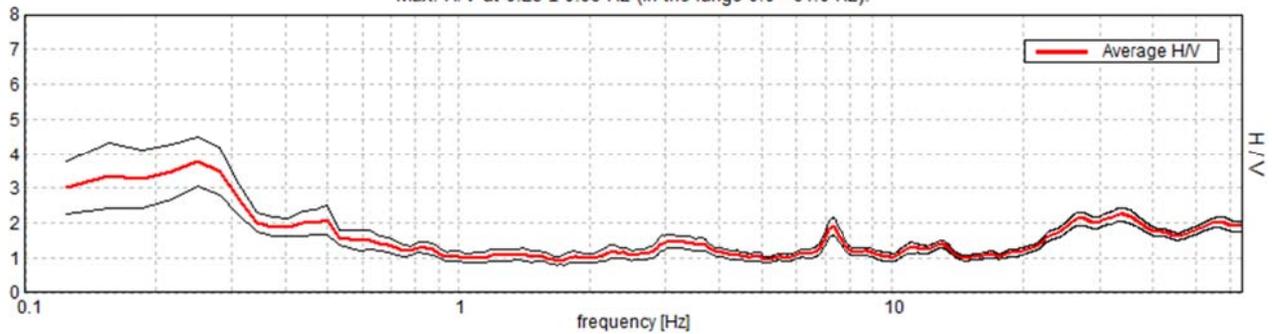
MONTEFIORINO, A4

Instrument: TR-0007-01-05
 Data format: 16 byte
 Full scale [mV]: n.a.
 Start recording: 13/07/16 14:08:34 End recording: 13/07/16 14:28:35
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available

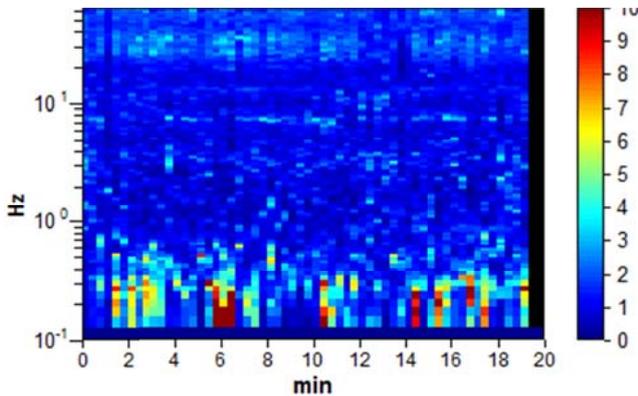
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

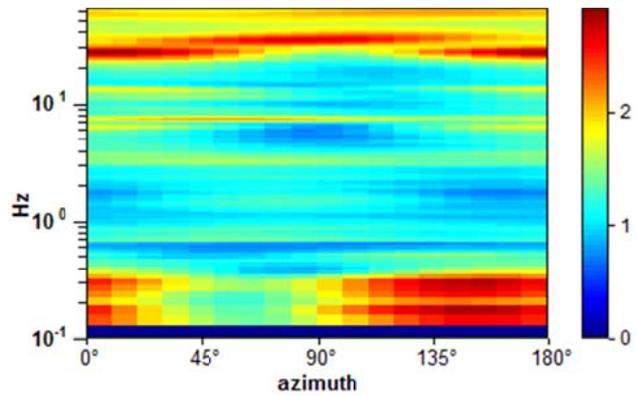
Max. H/V at 0.25 ± 0.99 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

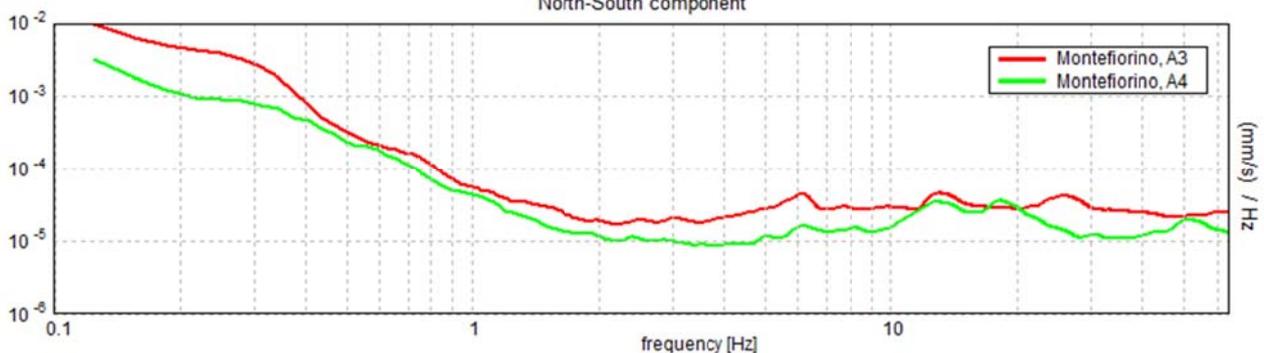


DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

North-South component



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

Max. H/V at 0.25 ± 0.99 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.25 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$300.0 > 200$	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 13 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.78 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 3.96285 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.99071 < 0.05$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7283 < 2.5$	OK	

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

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

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

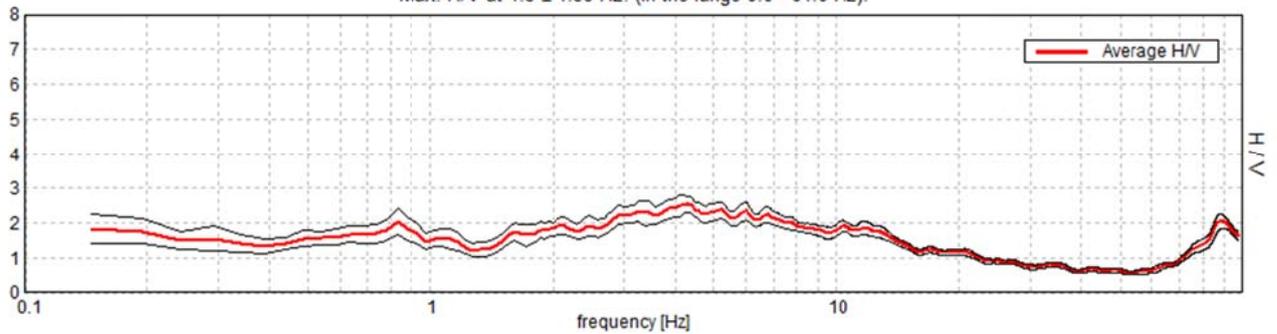
MONTEFIORINO, B1

Instrument: EXT- SARA SR04HS
 Data format: 16 byte
 Full scale [mV]: n.a.
 Start recording: 13/07/16 12:31:16 End recording: 13/07/16 12:51:16
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available

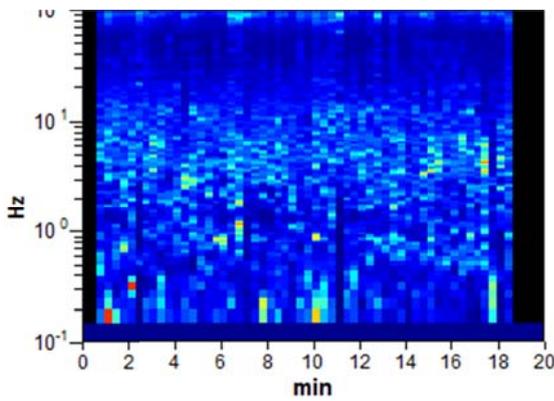
Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 200 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

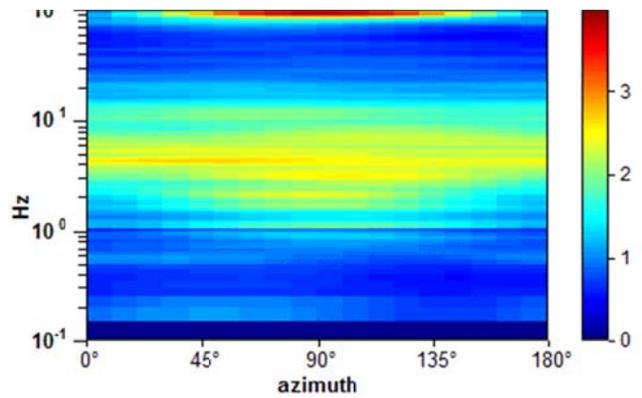
Max. H/V at 4.3 ± 1.59 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



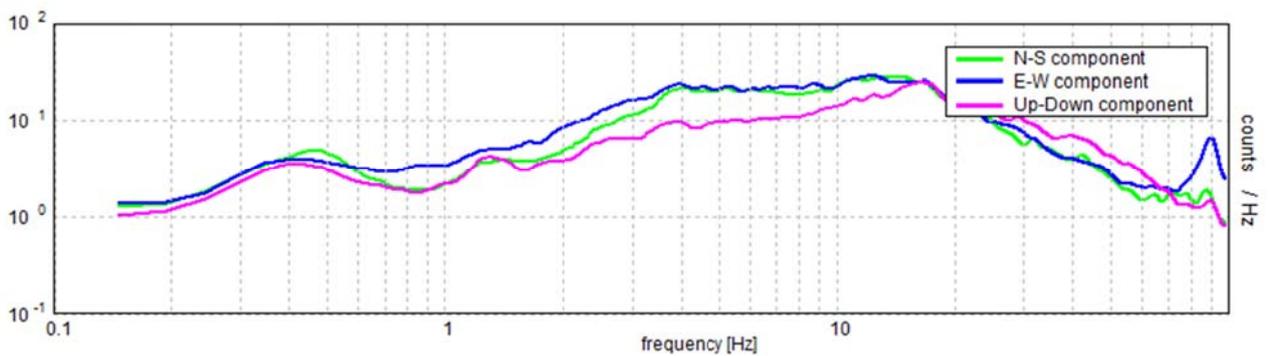
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 4.3 ± 1.59 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.30 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4640.6 > 200$	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 133 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.367 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	15.381 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.53 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.37111 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.59462 < 0.21484$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2463 < 1.58$	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
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

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

MONTEFIORINO, B2

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 13/07/16 12:31:16 End recording: 13/07/16 12:51:16

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

Sampling rate: 200 Hz

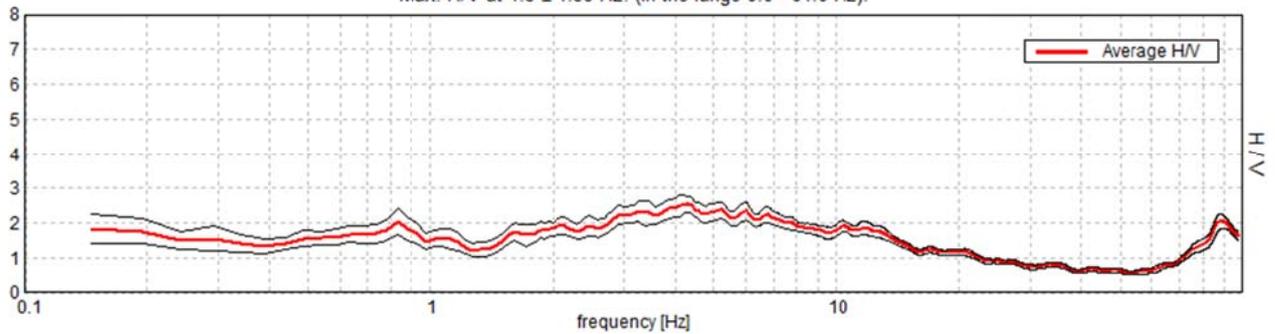
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

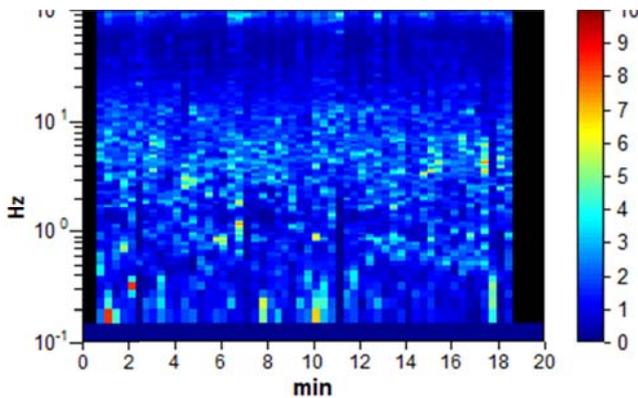
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

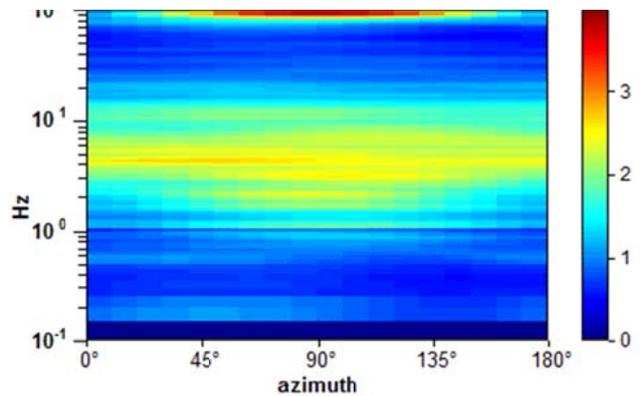
Max. H/V at 4.3 ± 1.59 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



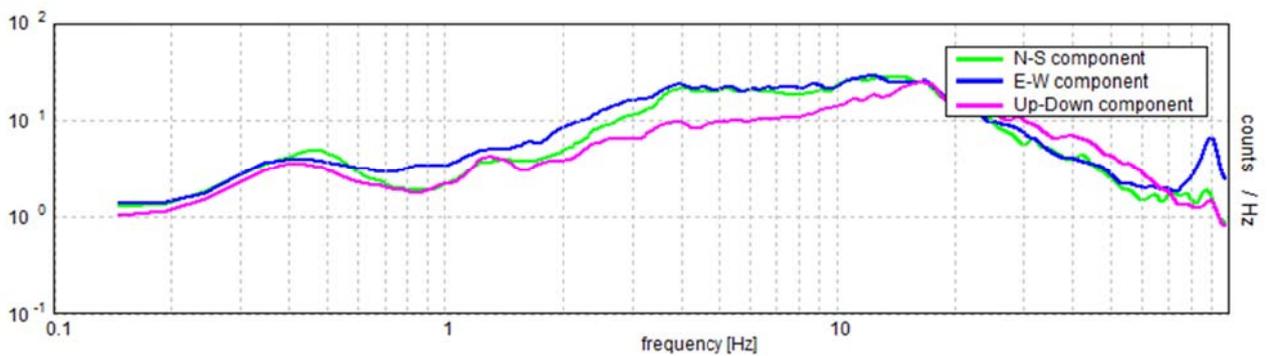
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 4.3 ± 1.59 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.30 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4640.6 > 200$	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 133 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.367 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	15.381 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.53 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.37111 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.59462 < 0.21484$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2463 < 1.58$	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
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

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

MONTEFIORINO, B4

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 13/07/16 12:31:16 End recording: 13/07/16 12:51:16

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

Sampling rate: 200 Hz

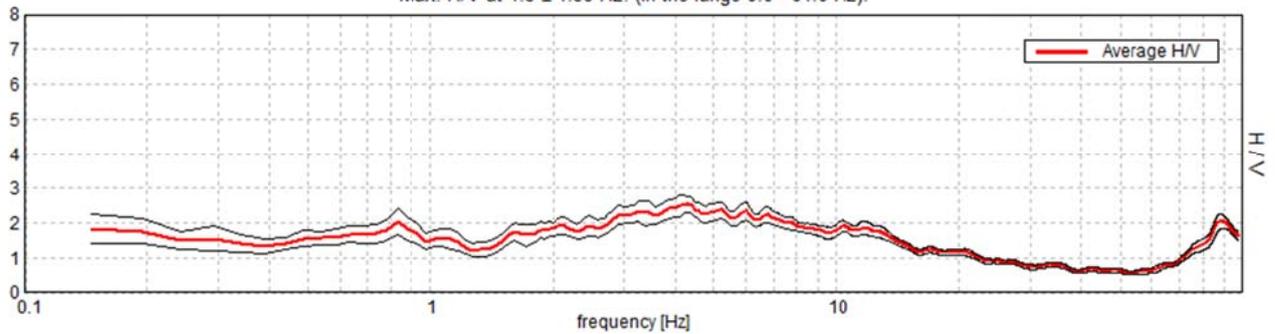
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

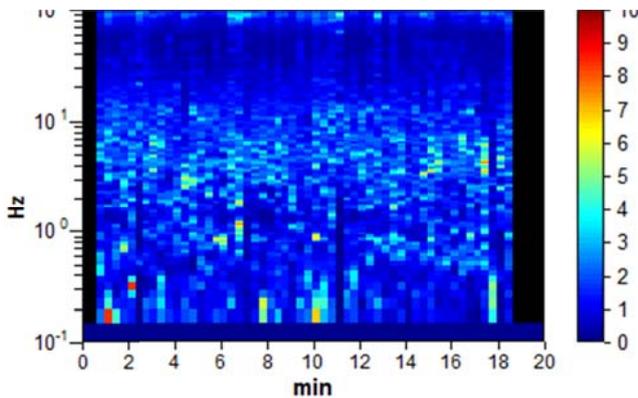
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

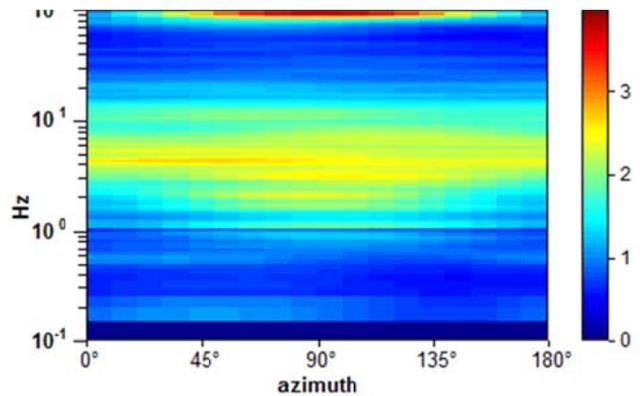
Max. H/V at 4.3 ± 1.59 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



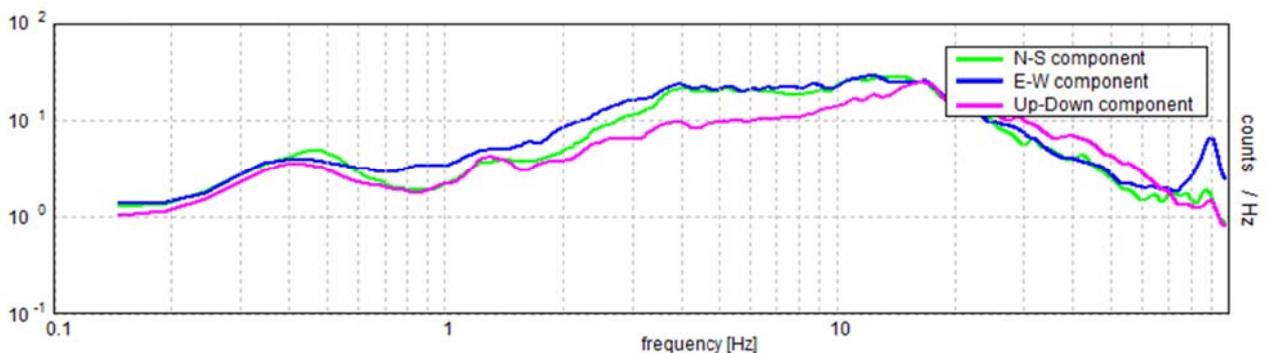
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 4.3 ± 1.59 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.30 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4640.6 > 200$	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 133 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.367 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	15.381 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.53 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.37111 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.59462 < 0.21484$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2463 < 1.58$	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
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

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

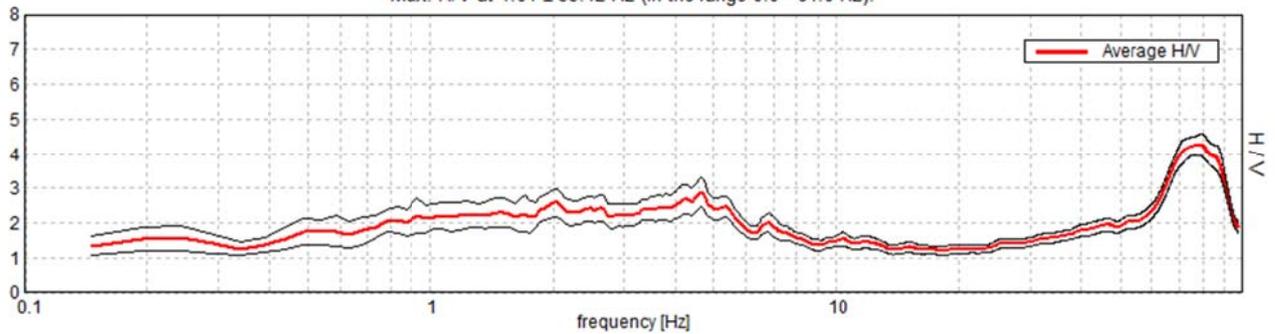
MONTEFIORINO, B5

Instrument: EXT- SARA SR04HS
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 13/07/16 14:36:30 End recording: 13/07/16 14:56:30
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

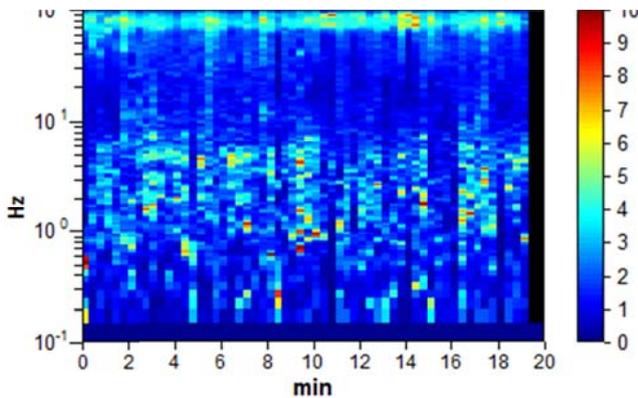
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 200 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

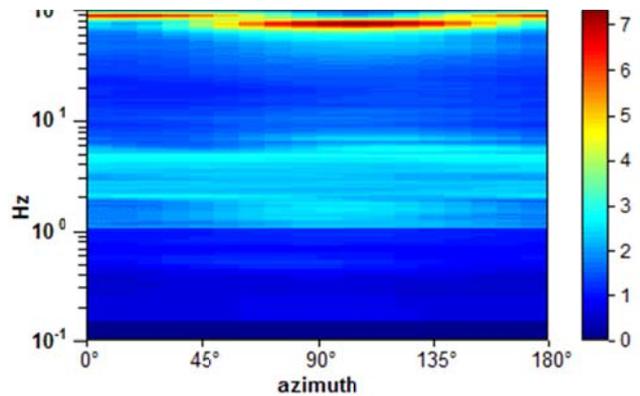
Max. H/V at 4.64 ± 35.12 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



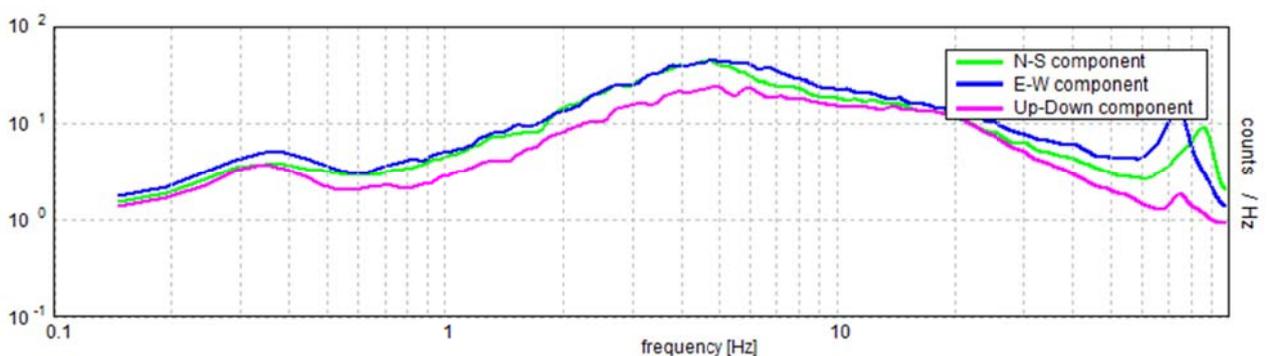
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 4.64 ± 35.12 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	4.64 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5566.4 > 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 144 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.545 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.89 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 7.5712 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	35.12033 < 0.23193		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4254 < 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
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

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

MONTEFIORINO Old-1,

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 06/08/13 10:35:17 End recording: 06/08/13 10:55:17

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 200 Hz

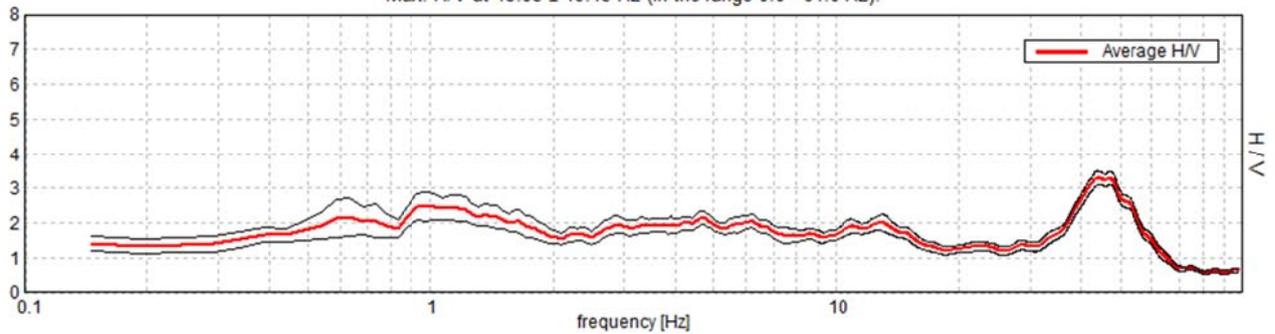
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

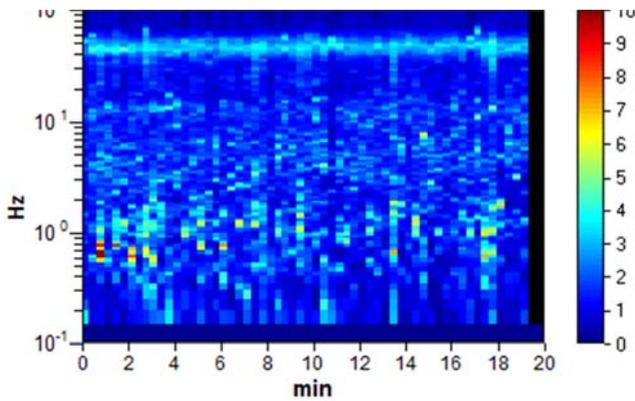
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

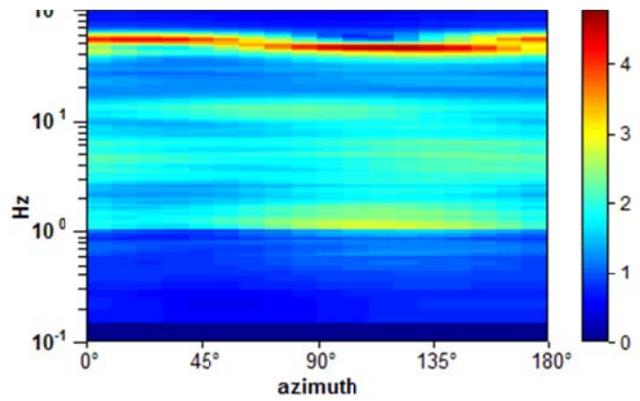
Max. H/V at 43.95 ± 19.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



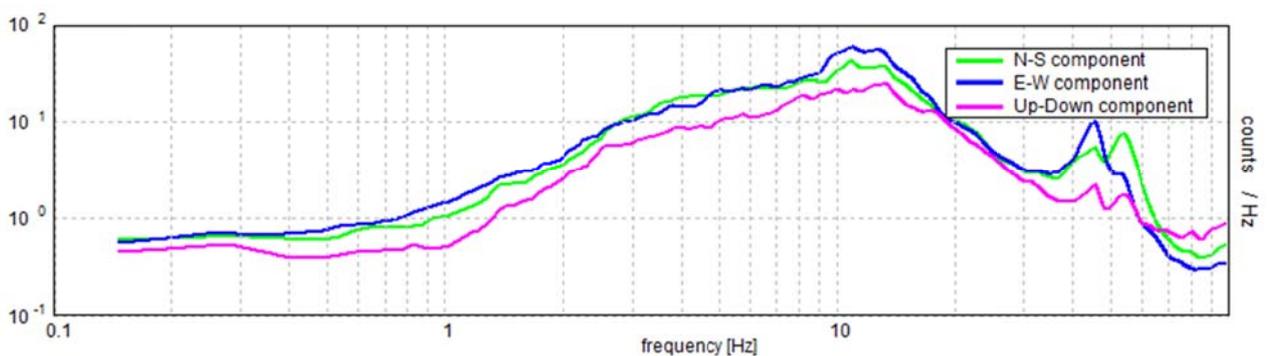
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 43.95 ± 19.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	43.95 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	52734.4 > 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 1351 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	34.375 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	58.203 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.29 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.44257 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	19.44884 < 2.19727		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2056 < 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
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

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

ALLEGATO 5

Tomografie sismiche a rifrazione (archivio e nuova esecuzione)

Legenda

INDAGINI GEOGNOSTICHE

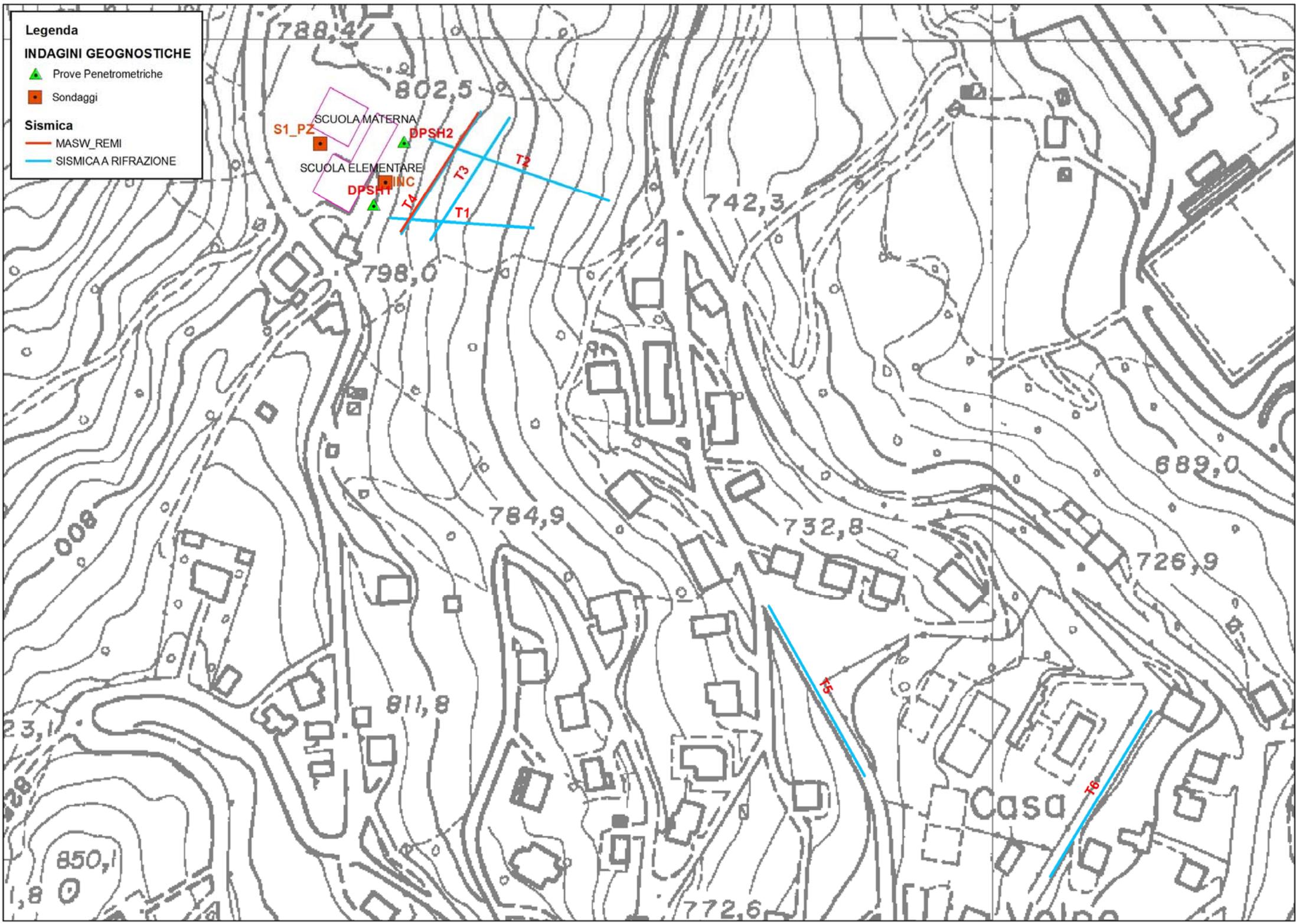
▲ Prove Penetrometriche

■ Sondaggi

Sismica

— MASW_REMI

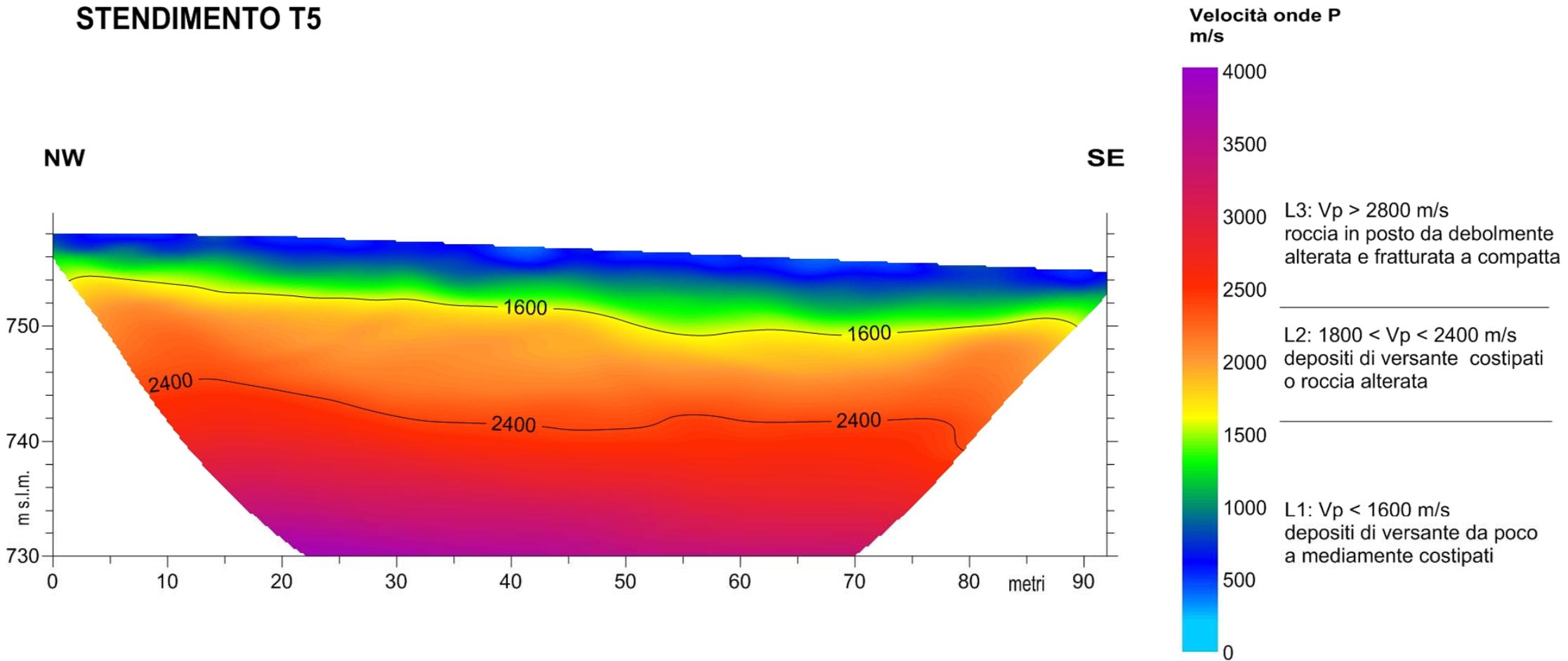
— SISMICA A RIFRAZIONE



REGIONE EMILIA ROMAGNA
COMUNE DI MONTEFIORINO (MO)

SISMICA A RIFRAZIONE CON ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

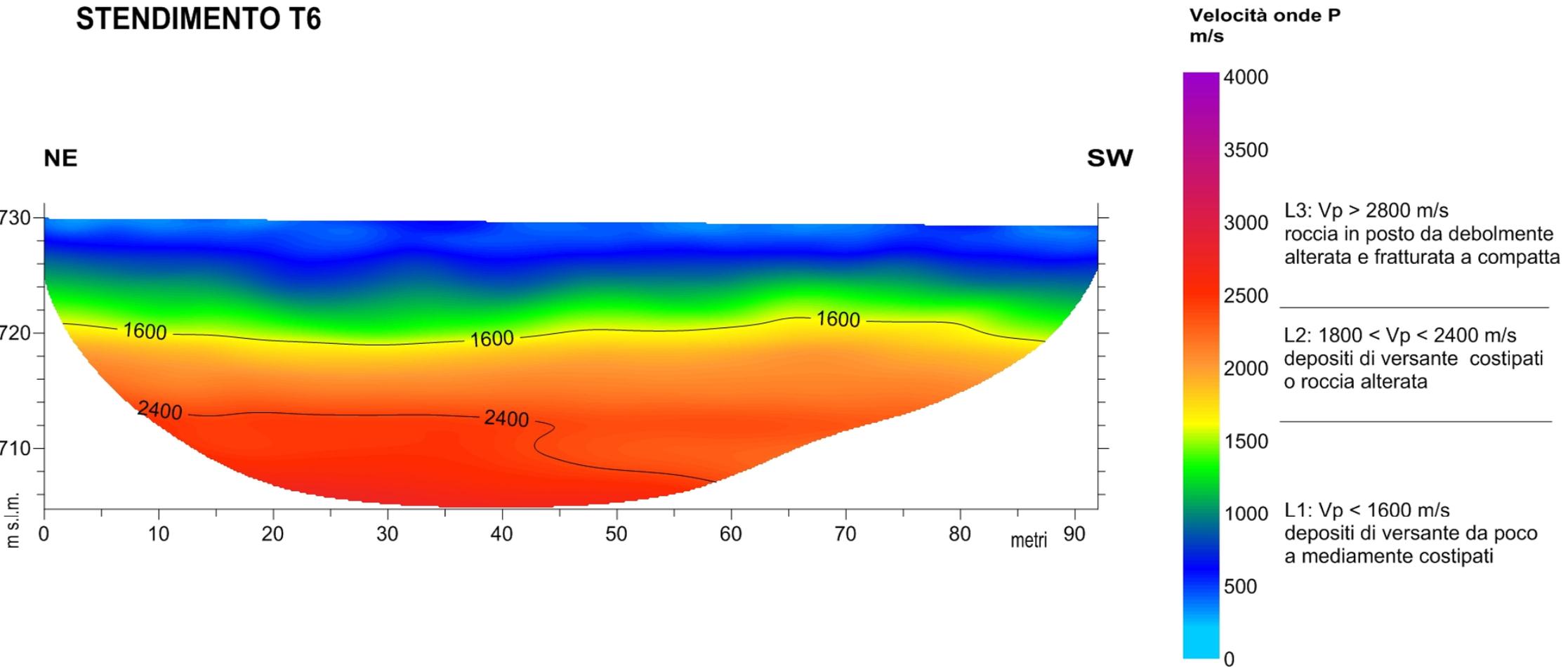
STENDIMENTO T5



REGIONE EMILIA ROMAGNA
COMUNE DI MONTEFIORINO (MO)

SISMICA A RIFRAZIONE CON ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

STENDIMENTO T6



Il rifrattore L1/L2 ha andamento suborizzontale con blande variazioni di quota mentre il rifrattore L2/L3, pur mantenendo una morfologia circa planare tende ad approfondirsi verso valle.

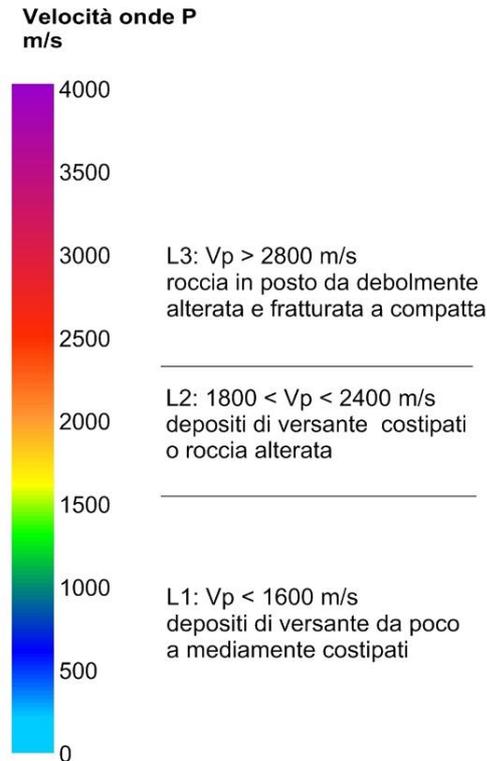
1.1.6 RISULTATI INDAGINE SISMICA ZONA PISCINA – CASA VOLPE – T5 – T6

Dall'analisi dei segnali sismici è stata riscontrata una discreta risposta dei terreni investigati; la qualità dei sismogrammi ottenuti ha così consentito, con un buon grado di determinazione, di definire le caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'area investigata.

Per tutti gli stendimenti è restituito il *diagramma tomografico della distribuzione delle velocità nel sottosuolo*.

L'elaborazione tomografica, integrata con le informazioni geologiche disponibili relative ai sondaggi ed alle prove penetrometriche eseguite, ha consentito di individuare 3 unità sismo-stratigrafiche a partire da piano campagna:

- **Unità L1**, con spessori variabili da 4 m a monte in corrispondenza dello Stendimento T5 e 8-10 metri nella zona di valle in corrispondenza dello Stendimento T6; presenta velocità delle onde P inferiori a 1600 m/s ed è correlabile con detrito di versante da poco a mediamente costipato.
- **Unità L2**, è caratterizzata da velocità comprese tra 1800 m/s e 2400 m/s; lo spessore varia da 6 a 10 m circa. L'unità è associabile a depositi di versante costipati o roccia alterata.
- **Unità L3**, ha velocità superiori a 2800 m/s con un progressivo aumento in funzione della profondità ed è l'unità più profonda individuata. È interpretabile come substrato roccioso in posto da debolmente alterata e fratturata a compatta.



- Scala cromatica utilizzata -

È importante ricordare che il passaggio da una unità sismica all'altra ha un significato principalmente geofisico, essendo il passaggio stesso una superficie separante zone caratterizzate da diverse velocità di propagazione dell'impulso sismico, inoltre, come nel caso in questione, variazioni graduali di velocità rendono complessa l'individuazione univoca dell'interfaccia tra materiali con caratteristiche fisiche e meccaniche diverse come, ad esempio, l'individuazione del punto di passaggio da roccia alterata e fratturata a roccia sana.

Sezione tomografica

L'unità più superficiale L1 presenta spessori variabili da 4 a 10 m con spessori minimi nella zona di monte e massimi in quella di valle.

Il passaggio all'unità sottostante risulta relativamente netto. L'unità L2 ha spessore più regolare con un minimo di circa 6 metri e un massimo di 10 m con una tendenza ad aumentare verso SW. L'unità sismica L3 è caratterizzata da velocità in graduale aumento con la profondità e raggiunge la massima profondità media indagata che è di circa 30 m da p.c.

Il rifratore L1/L2 ha andamento sub-orizzontale con blande variazioni di quota mentre il rifratore L2/L3, pur mantenendo una morfologia circa planare tende ad approfondirsi verso SW.

Legenda

INDAGINI GEOGNOSTICHE

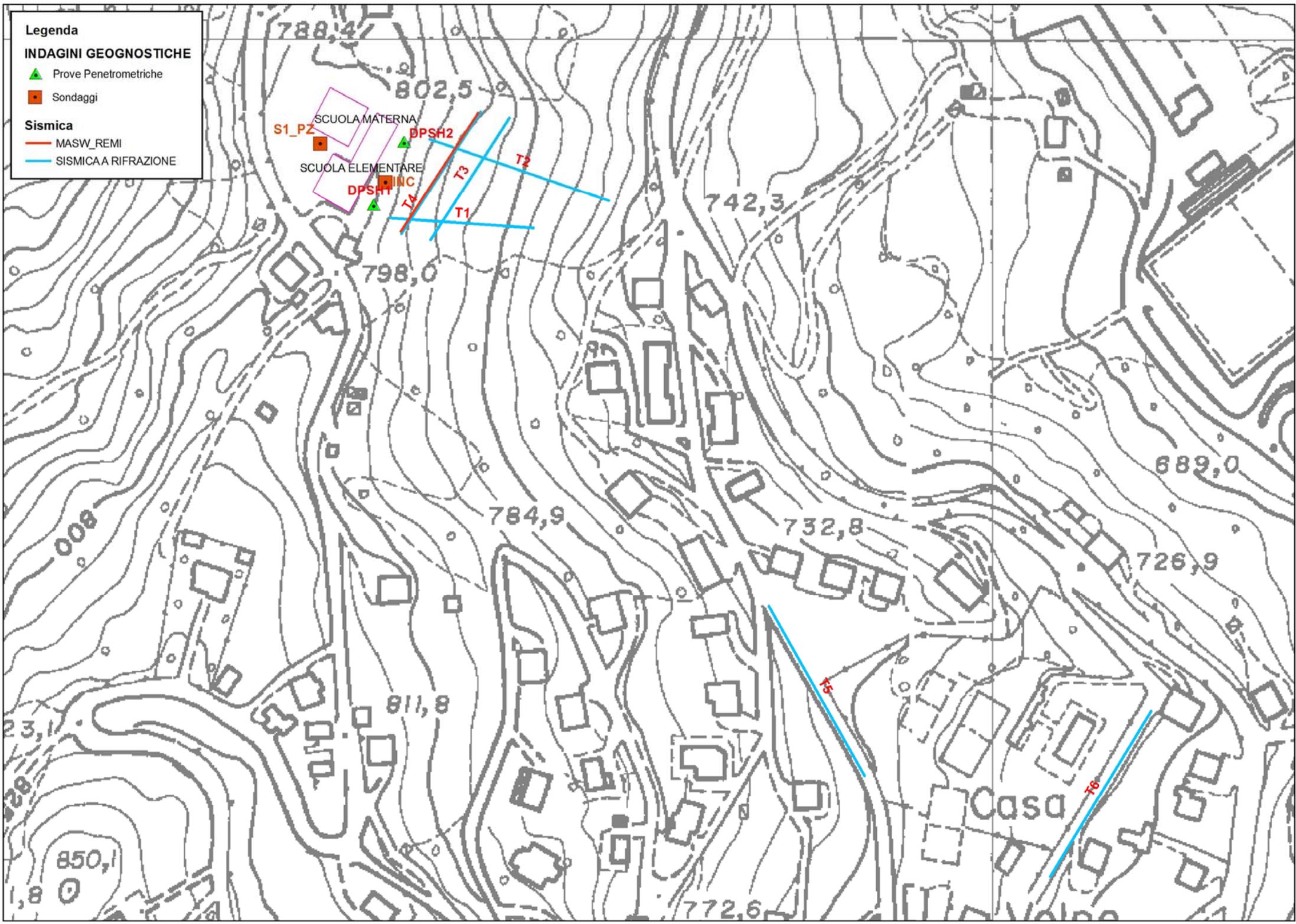
▲ Prove Penetrometriche

■ Sondaggi

Sismica

— MASW_REMI

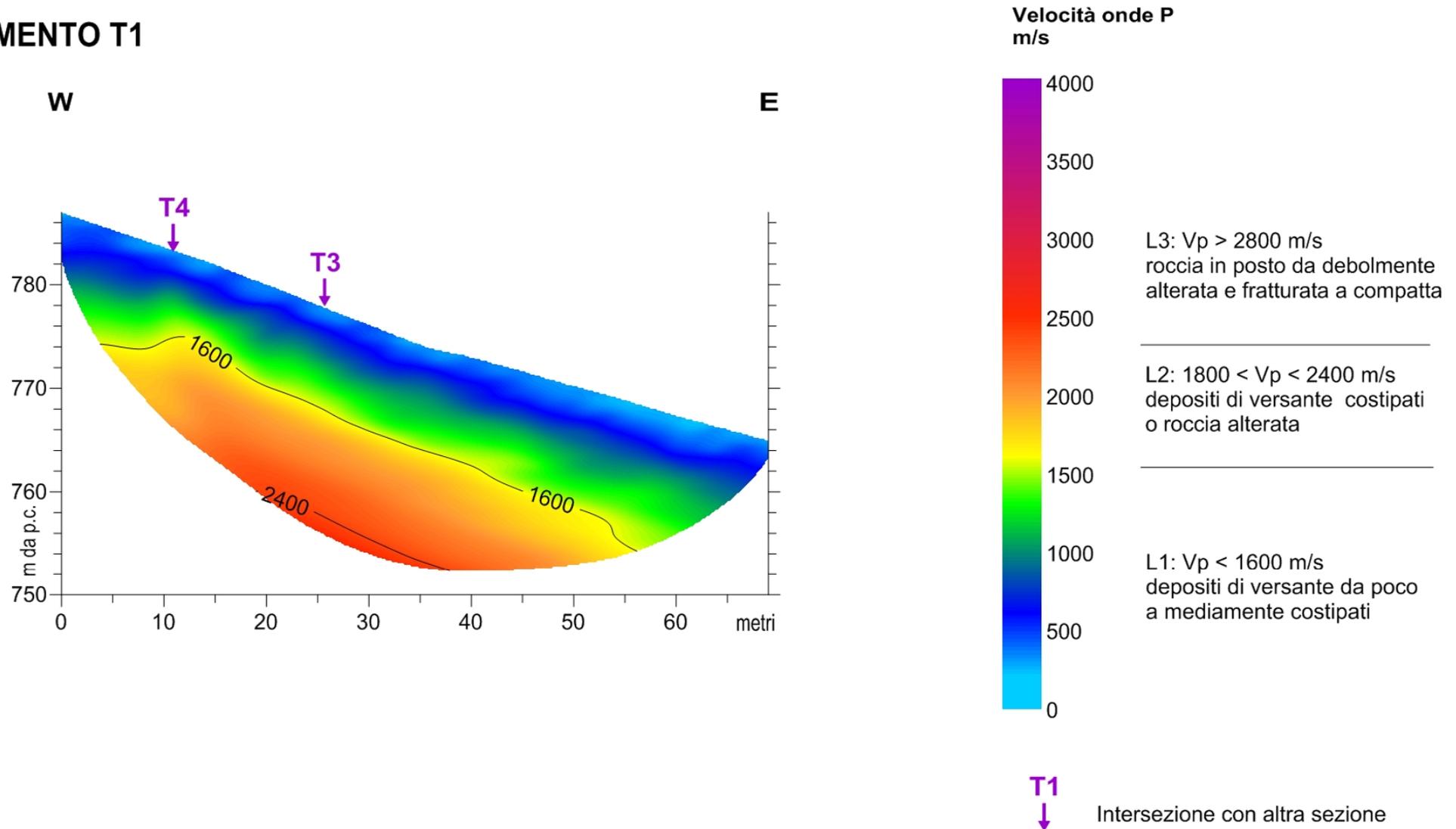
— SISMICA A RIFRAZIONE



REGIONE EMILIA ROMAGNA
COMUNE DI MONTEFIORINO (MO)

SISMICA A RIFRAZIONE CON ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

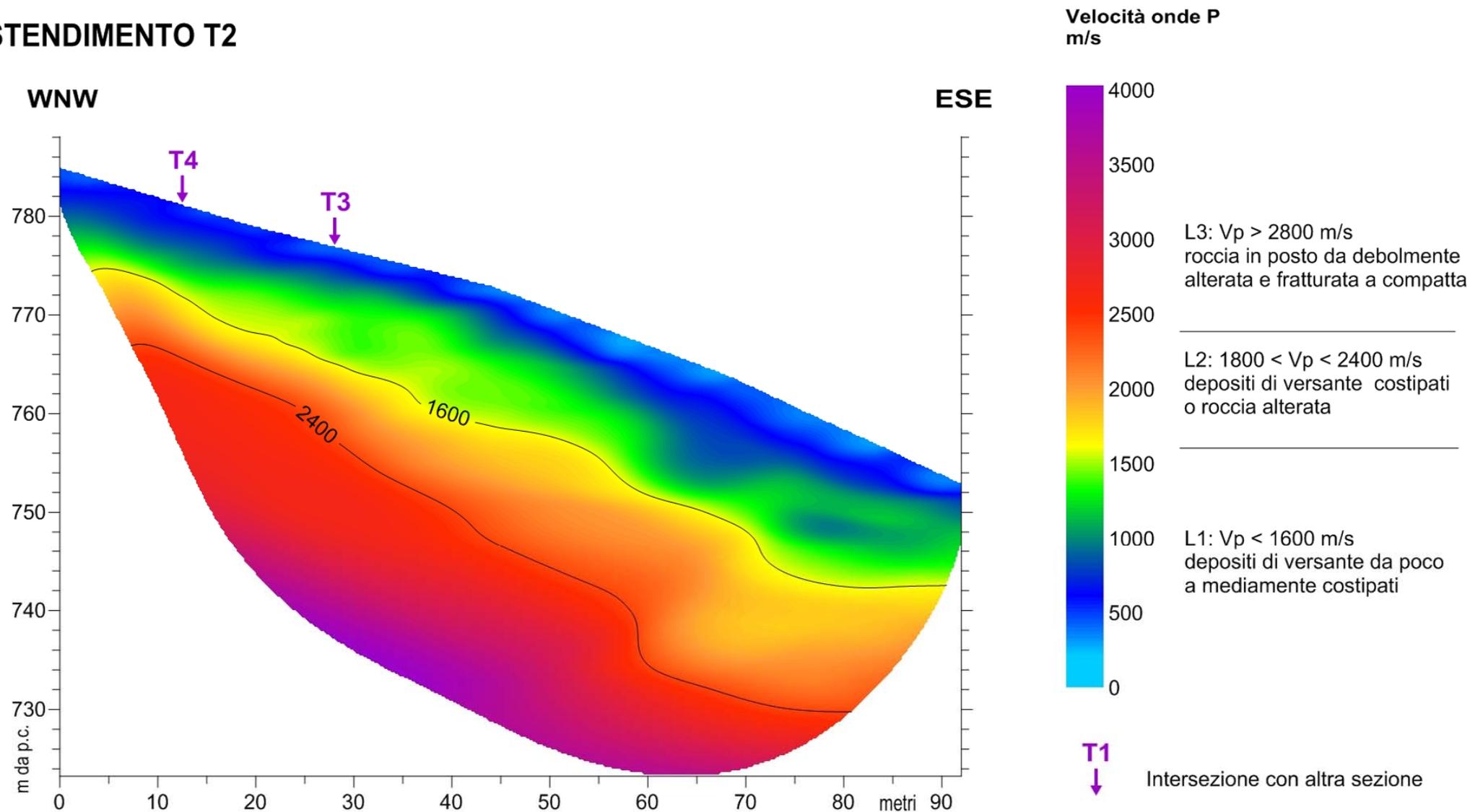
STENDIMENTO T1



REGIONE EMILIA ROMAGNA
COMUNE DI MONTEFIORINO (MO)

SISMICA A RIFRAZIONE CON ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

STENDIMENTO T2

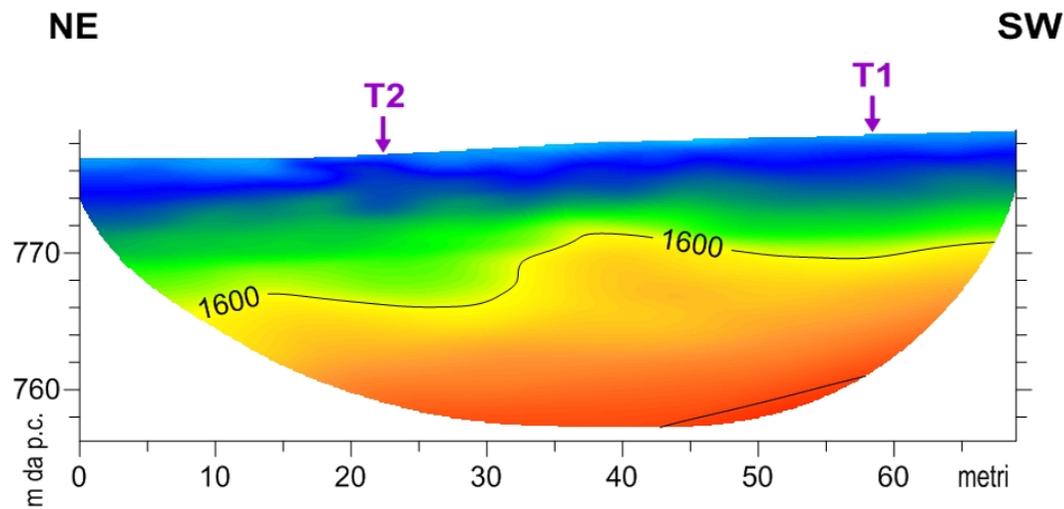


REGIONE EMILIA ROMAGNA

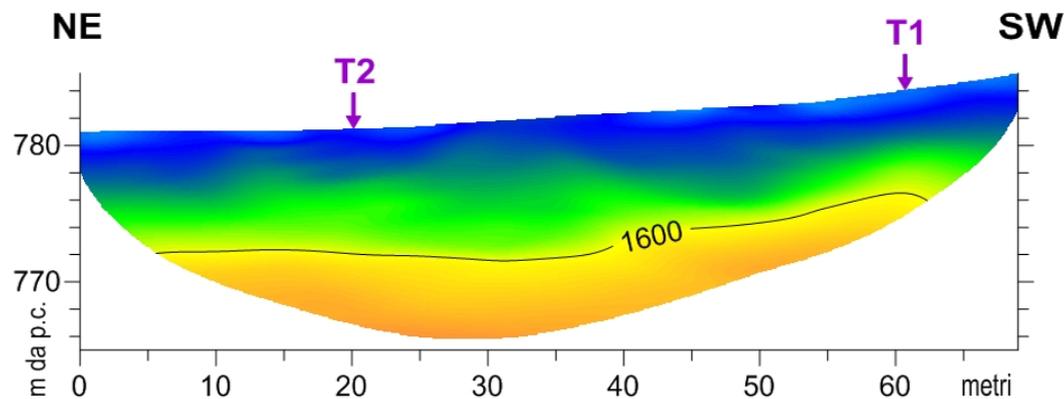
COMUNE DI MONTEFIORINO (MO)

SISMICA A RIFRAZIONE CON ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

STENDIMENTO T3



STENDIMENTO T4



Velocità onde P
m/s



L3: $V_p > 2800$ m/s
roccia in posto da debolmente
alterata e fratturata a compatta

L2: $1800 < V_p < 2400$ m/s
depositi di versante costipati
o roccia alterata

L1: $V_p < 1600$ m/s
depositi di versante da poco
a mediamente costipati

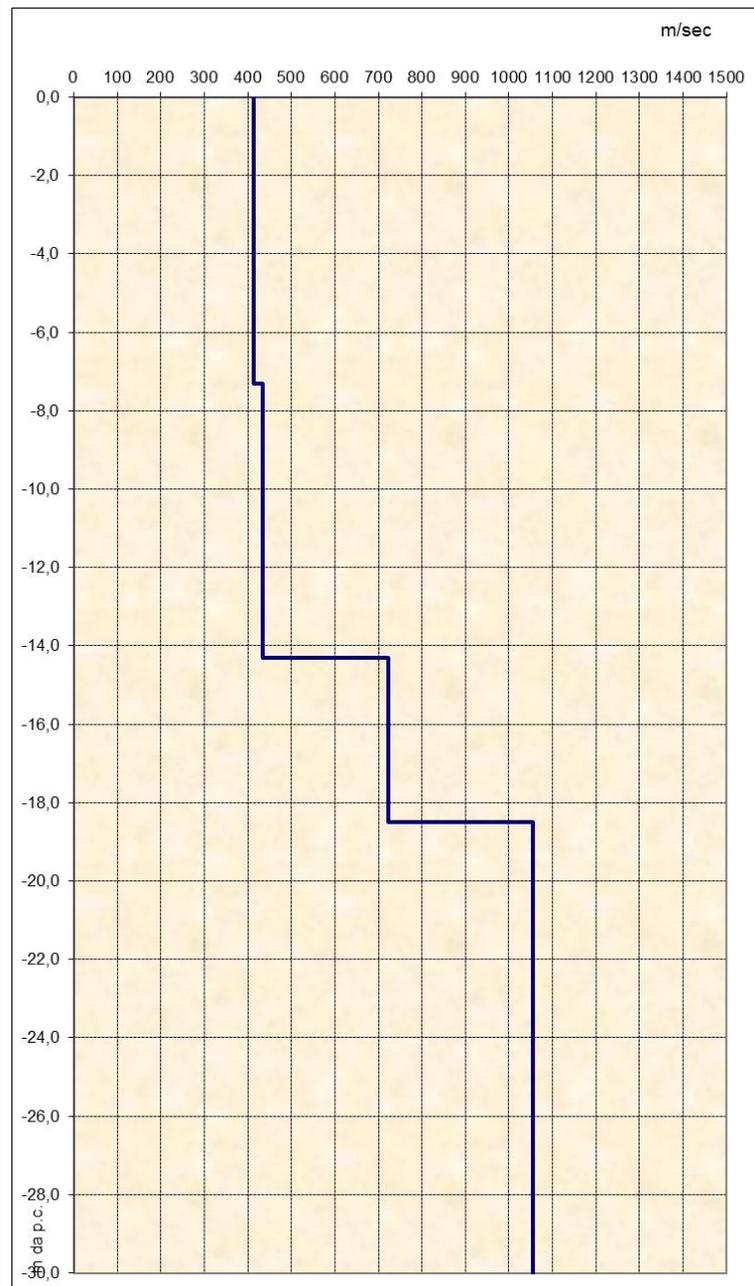
T1
↓

Intersezione con altra sezione

1.2.5 RISULTATI - Determinazione delle categoria del suolo di fondazione

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata. Il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30 m a partire dal piano campagna.

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-7,3	7,3	413
-14,3	7,0	434
-18,5	4,2	724
-30,0	11,5	1054



- *diagramma velocità V_s /profondità* -

Il valore V_{s30} è **594 m/sec.**

I modello finale, scelto per descrivere la sismostratigrafia del sito, è quello ritenuto maggiormente significativo sia da un punto di vista geofisico sia geologico e che meglio si approssima alla risposta sismica reale del sottosuolo evidenziata dai sismogrammi acquisiti.

Non sono stati individuati particolari "disturbi" sismici di origine naturale od antropica se non transitori e per singoli sismogrammi. In ogni caso per ogni punto di energizzazione è stata realizzata la somma di più tiri.

In conclusione è stata prodotta una sezione sismostratigrafica tomografica rappresentante la distribuzione per intervalli delle velocità sismiche e le relative geometrie dei sismostrati.

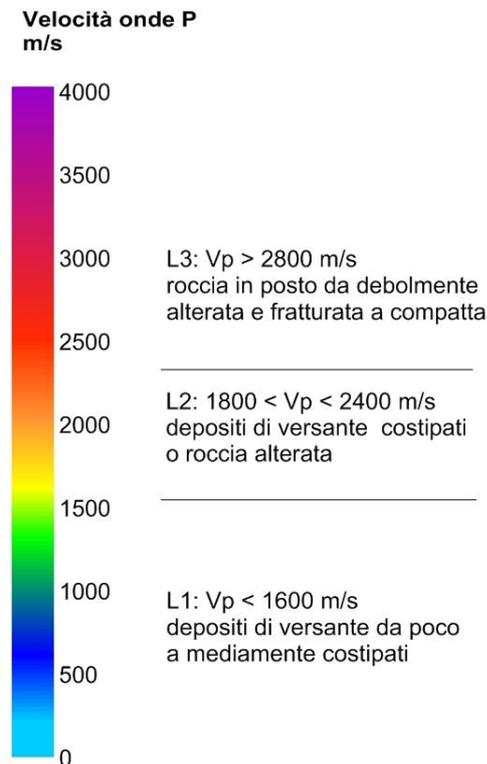
1.1.5 RISULTATI INDAGINE SISMICA ZONA PIANELLINO – T1 – T2 – T3 – T4

Dall'analisi dei segnali sismici è stata riscontrata una discreta risposta dei terreni investigati; la qualità dei sismogrammi ottenuti ha così consentito, con un buon grado di determinazione, di definire le caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'area investigata.

Per tutti gli stendimenti è restituito il *diagramma tomografico della distribuzione delle velocità nel sottosuolo*.

L'elaborazione tomografica, integrata con le informazioni geologiche disponibili relative ai sondaggi ed alle prove penetrometriche eseguite, ha consentito di individuare 3 unità sismo-stratigrafiche a partire da piano campagna:

- **Unità L1**, con spessori circa costanti di 8 - 10 metri; presenta velocità delle onde P inferiori a 1600 m/s ed è correlabile con detrito di versante da poco a mediamente costipato.
- **Unità L2**, è caratterizzata da velocità comprese tra 1800 m/s e 2400 m/s; lo spessore varia da 4 a 12 m circa. L'unità è associabile a depositi di versante costipati o roccia alterata.
- **Unità L3**, ha velocità superiori a 2800 m/s con un progressivo aumento in funzione della profondità ed è l'unità più profonda individuata. È interpretabile come substrato roccioso in posto da debolmente alterata e fratturata a compatta.



- Scala cromatica utilizzata -

È importante ricordare che il passaggio da una unità sismica all'altra ha un significato principalmente geofisico, essendo il passaggio stesso una superficie separante zone caratterizzate da diverse velocità di propagazione dell'impulso sismico, inoltre, come nel caso in questione, variazioni graduali di velocità rendono complessa l'individuazione univoca dell'interfaccia tra materiali con caratteristiche fisiche e meccaniche diverse come, ad esempio, l'individuazione del punto di passaggio da roccia alterata e fratturata a roccia sana.

Sezione tomografica

L'unità più superficiale L1 presenta spessori variabili da 8 a 10 m con andamento suborizzontale. Gli spessori maggiori si rilevano in corrispondenza delle variazioni di quota nella topografia superficiale. Il passaggio all'unità sottostante risulta relativamente netto. L'unità L2 ha spessore più irregolare con un minimo di circa 4 metri e un massimo di 12 m con una tendenza ad aumentare verso valle. L'unità sismica L3 è caratterizzata da velocità in graduale aumento con la profondità e raggiunge la massima profondità media indagata che è di circa 30 m da p.c.

Il rifrattore L1/L2 ha andamento suborizzontale con blande variazioni di quota mentre il rifrattore L2/L3, pur mantenendo una morfologia circa planare tende ad approfondirsi verso valle.

1.1.6 RISULTATI INDAGINE SISMICA ZONA PISCINA – CASA VOLPE – T5 – T6

Dall'analisi dei segnali sismici è stata riscontrata una discreta risposta dei terreni investigati; la qualità dei sismogrammi ottenuti ha così consentito, con un buon grado di determinazione, di definire le caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'area investigata.

Per tutti gli stendimenti è restituito il *diagramma tomografico della distribuzione delle velocità nel sottosuolo*.

L'elaborazione tomografica, integrata con le informazioni geologiche disponibili relative ai sondaggi ed alle prove penetrometriche eseguite, ha consentito di individuare 3 unità sismo-stratigrafiche a partire da piano campagna:

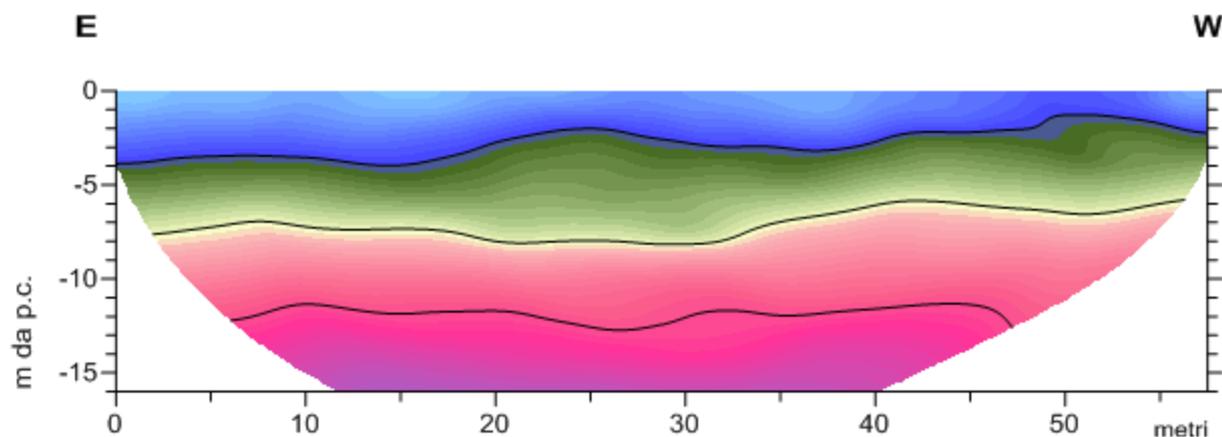
- **Unità L1**, con spessori variabili da 4 m a monte in corrispondenza dello Stendimento T5 e 8-10 metri nella zona di valle in corrispondenza dello Stendimento T6; presenta velocità delle onde P inferiori a 1600 m/s ed è correlabile con detrito di versante da poco a mediamente costipato.
- **Unità L2**, è caratterizzata da velocità comprese tra 1800 m/s e 2400 m/s; lo spessore varia da 6 a 10 m circa. L'unità è associabile a depositi di versante costipati o roccia alterata.
- **Unità L3**, ha velocità superiori a 2800 m/s con un progressivo aumento in funzione della profondità ed è l'unità più profonda individuata. È interpretabile come substrato roccioso in posto da debolmente alterata e fratturata a compatta.

PROVINCIA DI MODENA
COMUNE DI MONTEFIORINO

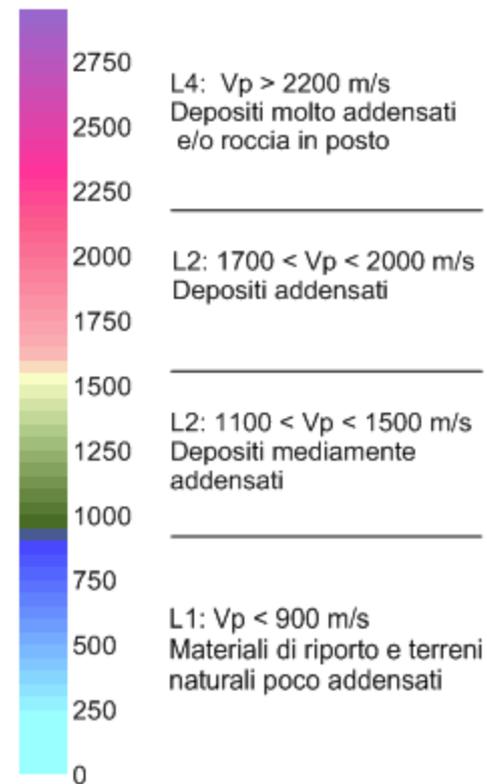
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

SEZIONE MONT1VP



Velocità onde P
(m/s)



ALLEGATO 6

**Elaborazioni propedeutiche alla valutazione della pericolosità
locale legata ad instabilità di versante sismoindotte nelle
località di Saltino, Montefiorino e Palagano (Modena)**

Relazione a cura del Prof. Dario Albarello

(CD allegato a questa relazione)

Versione digitale: si veda cartella "Allegato 6"

ALLEGATO 7

Report dell'analisi di stabilità pseudo-statica eseguita per questo studio tramite codice di calcolo SSAP

**(superficie a FS minimo prossimo al valore soglia di 1,2
ottenuta con coefficiente sismico orizzontale k_h pari a
0,012)**

Report dell'analisi di stabilità statica eseguita per questo studio tramite codice di calcolo SSAP

Report elaborazioni

SSAP 4.9.0 - Slope Stability Analysis Program (1991,2017)

Build No. 9990

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI *,**

*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

** Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 19 settembre 2017

Localita' : Montefiorino (MO)

Descrizione:

Modello pendio: mod_mfr_09.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

___ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) ___

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
104.06	695.11	117.25	696.93	104.06	653.61	-	-
117.25	696.93	150.25	686.93	500.25	755.94	-	-
150.25	701.93	212.25	700.93	-	-	-	-
212.25	715.93	226.25	701.93	-	-	-	-
226.25	716.93	250.25	714.93	-	-	-	-
250.25	729.93	295.25	720.93	-	-	-	-
295.25	735.93	314.82	728.93	-	-	-	-
314.25	743.93	350.25	736.93	-	-	-	-
350.25	751.93	411.09	753.94	-	-	-	-
410.25	768.94	480.25	776.94	-	-	-	-
500.25	795.94	500.25	795.94	-	-	-	-
-	-	410.25	768.94	-	-	-	-
-	-	350.25	751.93	-	-	-	-
-	-	314.25	743.93	-	-	-	-
-	-	295.25	735.93	-	-	-	-
-	-	250.25	729.93	-	-	-	-
-	-	226.25	716.93	-	-	-	-

-	-	212.25	715.93	-	-	-	-
-	-	150.25	701.93	-	-	-	-
-	-	117.25	696.93	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----
 X Y (in m)

104.06	690.07
118.00	691.98
151.35	697.05
212.98	710.97
228.63	712.53
251.82	725.10
297.19	731.32
315.77	739.15
351.61	747.12
411.68	764.15
500.25	790.69

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:
 Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA
 Peso unitario fluido (kN/m³): 9.81

Parametri funzione di dissipazione superficiale e pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0
 Coefficiente K 0.000800
 Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01
 Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00
 Limite di dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

D			fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi
0.00	STRATO	1	53.00	0.00	0.00	20.00	21.00	5.392	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO	2	31.00	0.00	0.00	18.00	19.00	1.959	0.00	0.00	0.00

0.00 STRATO 3 56.00 0.00 0.00 22.00 23.00 6.099 0.00 0.00 0.00

Note: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
 C` _____ Coesione efficace (in Kpa)
 Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
 Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
 Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
 STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adi mensionale)
 ----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-
 sigci _____ Resistenza Compressione Uniaassiale Roccia Intatta (in MPa)
 GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adi mensionale)
 mi _____ Indice litologico ammasso(adi mensionale)
 D _____ Fattore di disturbo ammasso(adi mensionale)
 Fattore di riduzione NTC2008 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al. (2002, 2007) - Classico

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
 COORDINATE X1, X2, Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 20.0 (+/-) 50%
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 104.06 460.63
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 525.51
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 143.68 492.33

*** TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000
 COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.0000
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.
 I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Fattore di sicurezza (FS)	1.3560	- Mi n. -	X	Y	Lambda= 0.7816
			230.51	719.24	
			232.85	719.76	
			234.05	720.03	
			234.91	720.23	
			235.68	720.41	
			236.36	720.57	
			237.05	720.74	
			237.75	720.92	
			238.47	721.10	
			239.22	721.29	
			239.90	721.49	
			240.55	721.70	
			241.19	721.93	
			241.86	722.20	
			242.49	722.48	
			243.15	722.79	
			243.82	723.14	
			244.56	723.54	
			245.28	723.94	
			245.99	724.32	
			246.68	724.70	
			247.37	725.08	
			248.06	725.46	
			248.75	725.83	
			249.44	726.21	
			250.12	726.59	
			250.81	726.97	
			251.50	727.34	
			252.19	727.72	
			252.88	728.10	
			253.65	728.53	
			254.51	729.01	
			255.72	729.68	
			258.04	730.97	

Fattore di sicurezza (FS)	1.3979	- N. 2 --	X	Y	Lambda= 1.2500
			226.38	717.00	
			229.16	718.19	
			230.60	718.80	
			231.63	719.24	

232.56	719.64
233.38	719.99
234.20	720.34
235.03	720.70
235.85	721.05
236.67	721.40
237.49	721.75
238.32	722.10
239.14	722.45
239.96	722.80
240.79	723.16
241.61	723.51
242.44	723.86
243.25	724.21
244.08	724.56
244.90	724.92
245.73	725.27
246.55	725.62
247.37	725.98
248.19	726.33
249.02	726.69
249.83	727.04
250.66	727.40
251.48	727.75
252.31	728.11
253.13	728.47
254.06	728.87
255.09	729.31
256.53	729.94
259.30	731.14

Fattore di sicurezza (FS) 1.4027 - N.3 -- X Y Lambda= 0.9610

226.37	717.00
229.26	718.03
230.77	718.57
231.84	718.95
232.81	719.29
233.67	719.60
234.53	719.91
235.40	720.22
236.27	720.53
237.14	720.84
237.99	721.15

238.84	721.47
239.68	721.80
240.53	722.14
241.37	722.48
242.22	722.84
243.08	723.21
243.96	723.60
244.82	723.99
245.69	724.37
246.54	724.76
247.40	725.15
248.26	725.54
249.11	725.93
249.97	726.33
250.83	726.73
251.69	727.13
252.55	727.53
253.41	727.93
254.27	728.33
255.24	728.78
256.31	729.28
257.81	729.98
260.70	731.32

Fattore di sicurezza (FS) 1.4085 - N. 4 -- X Y Lambda= 1.2500

229.82	718.86
232.21	719.87
233.46	720.39
234.35	720.76
235.15	721.10
235.86	721.39
236.57	721.69
237.28	721.99
237.99	722.29
238.70	722.58
239.41	722.88
240.12	723.18
240.83	723.48
241.54	723.78
242.25	724.08
242.96	724.38
243.68	724.68
244.38	724.98

245.09	725.28
245.80	725.58
246.52	725.88
247.23	726.18
247.94	726.49
248.65	726.79
249.37	727.09
250.08	727.39
250.79	727.70
251.49	728.00
252.20	728.31
252.91	728.62
253.71	728.97
254.59	729.36
255.84	729.92
258.24	731.00

Fattore di sicurezza (FS) 1.4107 - N.5 -- X Y Lambda= 0.4111

225.07	716.85
227.90	715.87
229.29	715.40
230.25	715.11
231.09	714.89
231.87	714.71
232.62	714.56
233.42	714.43
234.26	714.32
235.21	714.21
236.02	714.15
236.79	714.12
237.50	714.13
238.27	714.17
238.99	714.25
239.75	714.37
240.55	714.53
241.47	714.74
242.31	714.95
243.12	715.16
243.90	715.38
244.69	715.62
245.47	715.87
246.26	716.14
247.09	716.43

247.97	716.76
248.78	717.08
249.56	717.42
250.31	717.77
251.10	718.16
251.85	718.56
252.63	718.99
253.44	719.47
254.32	720.02
255.14	720.55
255.94	721.07
256.72	721.61
257.51	722.16
258.28	722.73
259.07	723.32
259.88	723.94
260.72	724.60
261.53	725.26
262.33	725.91
263.13	726.56
263.92	727.23
264.81	728.00
265.80	728.86
267.20	730.11
269.93	732.55

Fattore di sicurezza (FS) 1.4125 - N. 6 -- X Y Lambda= 1.1557

216.10	716.20
218.71	715.92
220.07	715.77
221.04	715.67
221.92	715.57
222.69	715.49
223.48	715.40
224.29	715.31
225.13	715.22
226.01	715.13
226.76	715.08
227.47	715.06
228.14	715.10
228.87	715.17
229.55	715.28
230.27	715.45

231.05	715.67
231.97	715.96
232.80	716.25
233.58	716.53
234.33	716.82
235.09	717.14
235.84	717.47
236.60	717.82
237.40	718.22
238.27	718.66
239.06	719.09
239.81	719.53
240.54	719.98
241.29	720.49
242.02	721.00
242.76	721.56
243.53	722.16
244.36	722.84
245.16	723.50
245.95	724.15
246.74	724.80
247.51	725.44
248.38	726.17
249.35	726.98
250.71	728.13
253.33	730.34

Fattore di sicurezza (FS) 1.4422 - N.7 -- X Y Lambda= 0.3737

213.31	716.01
218.86	714.12
221.52	713.26
223.33	712.76
224.87	712.40
226.35	712.16
227.74	711.99
229.23	711.89
230.86	711.84
232.80	711.85
234.39	711.92
235.84	712.07
237.17	712.29
238.62	712.63
239.94	713.02

241.37	713.54
242.88	714.17
244.65	714.98
246.31	715.76
247.89	716.52
249.44	717.27
250.96	718.03
252.48	718.80
254.03	719.59
255.60	720.42
257.23	721.29
258.77	722.14
260.27	723.02
261.74	723.91
263.25	724.88
264.90	725.98
266.77	727.30
269.45	729.25
274.79	733.20

Fattore di sicurezza (FS) 1.4485 - N. 8 -- X Y Lambda= 0.6697

210.40	715.51
213.65	715.55
215.35	715.56
216.56	715.58
217.65	715.59
218.61	715.60
219.59	715.61
220.58	715.62
221.59	715.63
222.62	715.64
223.57	715.68
224.50	715.74
225.39	715.82
226.33	715.94
227.24	716.08
228.19	716.25
229.19	716.47
230.32	716.74
231.31	717.00
232.24	717.29
233.13	717.60
234.06	717.97

234.94	718.36
235.86	718.80
236.81	719.30
237.86	719.88
238.87	720.44
239.87	720.99
240.85	721.53
241.81	722.07
242.78	722.61
243.76	723.15
244.73	723.69
245.70	724.23
246.67	724.77
247.63	725.31
248.58	725.86
249.54	726.42
250.62	727.06
251.82	727.77
253.51	728.80
256.80	730.80

Fattore di sicurezza (FS) 1.4529 - N. 9 -- X Y Lambda= 0.3824

214.99	716.13
219.49	714.80
221.69	714.18
223.21	713.81
224.52	713.53
225.75	713.32
226.94	713.17
228.19	713.05
229.52	712.96
231.05	712.91
232.35	712.90
233.55	712.96
234.67	713.07
235.88	713.26
237.00	713.49
238.20	713.80
239.47	714.19
240.97	714.71
242.31	715.20
243.58	715.69
244.80	716.20

246.04	716.75
247.25	717.31
248.47	717.92
249.73	718.57
251.05	719.29
252.36	719.99
253.65	720.69
254.93	721.38
256.20	722.07
257.47	722.76
258.75	723.45
260.03	724.14
261.31	724.83
262.57	725.52
263.83	726.22
265.08	726.93
266.34	727.65
267.75	728.47
269.32	729.40
271.54	730.73
275.85	733.34

Fattore di sicurezza (FS) 1.4589 - N.10 -- X Y Lambda= 0.3646

212.61	715.96
216.58	714.93
218.65	714.39
220.13	714.01
221.46	713.66
222.64	713.35
223.84	713.04
225.06	712.73
226.32	712.40
227.63	712.06
228.78	711.80
229.88	711.60
230.92	711.47
232.05	711.38
233.10	711.35
234.22	711.37
235.42	711.44
236.83	711.58
238.07	711.73
239.23	711.91

240.34 712.11
 241.49 712.36
 242.60 712.63
 243.75 712.96
 244.95 713.33
 246.30 713.78
 247.51 714.21
 248.66 714.66
 249.78 715.13
 250.93 715.66
 252.04 716.20
 253.18 716.79
 254.37 717.44
 255.65 718.18
 256.87 718.89
 258.05 719.61
 259.21 720.33
 260.38 721.07
 261.52 721.82
 262.68 722.59
 263.86 723.39
 265.06 724.23
 266.26 725.07
 267.45 725.90
 268.64 726.73
 269.82 727.55
 271.15 728.48
 272.63 729.51
 274.69 730.95
 278.67 733.72

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR FS *

Analisi Deficiti in riferimento a FS(progetto) = 1.000

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilanci o(kN/m)	ESIT0
1	1.356	596.6	439.9	156.6	Surpl us
2	1.398	445.0	318.3	126.6	Surpl us
3	1.403	657.8	468.9	188.8	Surpl us
4	1.409	352.1	250.0	102.1	Surpl us
5	1.411	2737.6	1940.6	797.0	Surpl us
6	1.412	1076.4	762.0	314.3	Surpl us
7	1.442	3608.5	2502.0	1106.5	Surpl us

8	1.449	932.7	643.9	288.8	Surplus
9	1.453	3239.2	2229.5	1009.7	Surplus
10	1.459	4100.9	2810.9	1290.0	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 102.1

Note: FTR --> Forza totale Resistente rispetto alla superficie di scivolamento (componente Orizzontale)

FTA --> Forza totale Agente rispetto alla superficie di scivolamento (componente Orizzontale)

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c', Cu) (kPa)
230.512	0.285	12.55	0.23	0.00	0.00	31.00	0.00
230.797	0.285	12.55	0.70	0.00	0.00	31.00	0.00
231.083	0.285	12.55	1.17	0.00	0.00	31.00	0.00
231.368	0.285	12.55	1.63	0.00	0.00	31.00	0.00
231.653	0.285	12.55	2.10	0.00	0.00	31.00	0.00
231.938	0.285	12.55	2.57	0.00	0.00	31.00	0.00
232.223	0.285	12.55	3.03	0.00	0.00	31.00	0.00
232.508	0.285	12.55	3.50	0.00	0.00	31.00	0.00
232.793	0.054	12.55	0.71	0.00	0.00	31.00	0.00
232.847	0.285	12.69	4.05	0.00	0.00	31.00	0.00
233.132	0.285	12.69	4.51	0.00	0.00	31.00	0.00
233.417	0.285	12.69	4.98	0.00	0.00	31.00	0.00
233.702	0.285	12.69	5.44	0.00	0.00	31.00	0.00
233.987	0.065	12.69	1.30	0.00	0.00	31.00	0.00
234.052	0.285	12.94	6.01	0.00	0.00	31.00	0.00
234.337	0.285	12.94	6.46	0.00	0.00	31.00	0.00
234.622	0.285	12.94	6.92	0.00	0.00	31.00	0.00
234.907	0.000	12.94	0.01	0.00	0.00	31.00	0.00
234.907	0.285	13.21	7.37	0.00	0.00	31.00	0.00
235.192	0.285	13.21	7.82	0.00	0.00	31.00	0.00
235.477	0.198	13.21	5.69	0.00	0.00	31.00	0.00
235.675	0.285	13.53	8.58	0.00	0.00	31.00	0.00

235.960	0.285	13.53	9.02	0.00	0.00	31.00	0.00
236.245	0.114	13.53	3.74	0.00	0.00	31.00	0.00
236.360	0.285	13.79	9.63	0.00	0.00	31.00	0.00
236.645	0.285	13.79	10.06	0.00	0.00	31.00	0.00
236.930	0.121	13.79	4.39	0.00	0.00	31.00	0.00
237.050	0.285	14.03	10.68	0.00	0.00	31.00	0.00
237.336	0.285	14.03	11.10	0.00	0.00	31.00	0.00
237.621	0.130	14.03	5.19	0.00	0.00	31.00	0.00
237.750	0.285	14.28	11.72	0.00	0.00	31.00	0.00
238.035	0.215	14.28	9.10	0.00	0.00	31.00	0.00
238.250	0.220	14.28	9.59	0.00	0.00	31.00	0.00
238.470	0.285	14.51	12.78	0.00	0.00	31.00	0.00
238.755	0.285	14.51	13.19	0.00	0.00	31.00	0.00
239.040	0.180	14.51	8.53	0.00	0.00	31.00	0.00
239.220	0.285	16.15	13.84	0.00	0.00	31.00	0.00
239.505	0.285	16.15	14.21	0.00	0.00	31.00	0.00
239.790	0.108	16.15	5.46	0.00	0.00	31.00	0.00
239.898	0.285	18.01	14.69	0.00	0.00	31.00	0.00
240.183	0.285	18.01	15.01	0.00	0.00	31.00	0.00
240.468	0.087	18.01	4.63	0.00	0.00	31.00	0.00
240.555	0.285	19.99	15.40	0.00	0.00	31.00	0.00
240.840	0.285	19.99	15.66	0.00	0.00	31.00	0.00
241.125	0.062	19.99	3.46	0.00	0.00	31.00	0.00
241.187	0.285	21.89	15.95	0.00	0.00	31.00	0.00
241.472	0.285	21.89	16.15	0.00	0.00	31.00	0.00
241.757	0.098	21.89	5.59	0.00	0.00	31.00	0.00
241.855	0.285	23.74	16.40	0.00	0.00	31.00	0.00
242.140	0.285	23.74	16.55	0.00	0.00	31.00	0.00
242.425	0.064	23.74	3.73	0.00	0.00	31.00	0.00
242.489	0.285	25.57	16.70	0.00	0.00	31.00	0.00
242.774	0.285	25.57	16.79	0.00	0.00	31.00	0.00
243.059	0.086	25.57	5.11	0.00	0.00	31.00	0.00
243.146	0.285	27.20	16.89	0.00	0.00	31.00	0.00
243.431	0.285	27.20	16.93	0.00	0.00	31.00	0.00
243.716	0.106	27.20	6.33	0.00	0.00	31.00	0.00
243.822	0.285	28.59	16.96	0.00	0.00	31.00	0.00
244.107	0.285	28.59	16.96	0.00	0.00	31.00	0.00
244.392	0.169	28.59	10.08	0.00	0.00	31.00	0.00
244.562	0.285	28.61	16.95	0.00	0.00	31.00	0.00
244.847	0.285	28.61	16.94	0.00	0.00	31.00	0.00
245.132	0.151	28.61	8.98	0.00	0.00	31.00	0.00
245.283	0.285	28.63	16.94	0.00	0.00	31.00	0.00
245.568	0.285	28.63	16.93	0.00	0.00	31.00	0.00
245.853	0.134	28.63	7.95	0.00	0.00	31.00	0.00

245.987	0.285	28.65	16.92	0.00	0.00	31.00	0.00
246.272	0.285	28.65	16.91	0.00	0.00	31.00	0.00
246.557	0.128	28.65	7.59	0.00	0.00	31.00	0.00
246.685	0.285	28.67	16.90	0.00	0.00	31.00	0.00
246.970	0.285	28.67	16.90	0.00	0.00	31.00	0.00
247.255	0.116	28.67	6.89	0.00	0.00	31.00	0.00
247.371	0.285	28.69	16.88	0.00	0.00	31.00	0.00
247.656	0.285	28.69	16.88	0.00	0.00	31.00	0.00
247.941	0.120	28.69	7.10	0.00	0.00	31.00	0.00
248.061	0.285	28.71	16.86	0.00	0.00	31.00	0.00
248.346	0.285	28.71	16.86	0.00	0.00	31.00	0.00
248.631	0.118	28.71	6.98	0.00	0.00	31.00	0.00
248.749	0.285	28.73	16.84	0.00	0.00	31.00	0.00
249.034	0.285	28.73	16.83	0.00	0.00	31.00	0.00
249.319	0.119	28.73	7.05	0.00	0.00	31.00	0.00
249.439	0.285	28.75	16.82	0.00	0.00	31.00	0.00
249.724	0.285	28.75	16.81	0.00	0.00	31.00	0.00
250.009	0.115	28.75	6.78	0.00	0.00	31.00	0.00
250.124	0.126	28.79	7.43	0.00	0.00	31.00	0.00
250.250	0.285	28.79	16.49	0.00	0.00	31.00	0.00
250.535	0.278	28.79	15.49	0.00	0.00	31.00	0.00
250.813	0.285	28.83	15.29	0.00	0.00	31.00	0.00
251.098	0.285	28.83	14.68	0.00	0.00	31.00	0.00
251.383	0.118	28.83	5.87	0.00	0.00	31.00	0.00
251.501	0.285	28.87	13.81	0.00	0.00	31.00	0.00
251.786	0.034	28.87	1.62	0.00	0.00	31.00	0.00
251.820	0.285	28.87	13.13	0.00	0.00	31.00	0.00
252.105	0.085	28.87	3.80	0.00	0.00	31.00	0.00
252.190	0.285	28.91	12.34	0.00	0.00	31.00	0.00
252.475	0.285	28.91	11.72	0.00	0.00	31.00	0.00
252.760	0.116	28.91	4.60	0.00	0.00	31.00	0.00
252.876	0.285	28.96	10.86	0.00	0.00	31.00	0.00
253.161	0.285	28.96	10.25	0.00	0.00	31.00	0.00
253.446	0.206	28.96	7.01	0.00	0.00	31.00	0.00
253.652	0.285	29.00	9.19	0.00	0.00	31.00	0.00
253.937	0.285	29.00	8.57	0.00	0.00	31.00	0.00
254.222	0.285	29.00	7.96	0.00	0.00	31.00	0.00
254.507	0.005	29.00	0.13	0.00	0.00	31.00	0.00
254.512	0.285	29.04	7.33	0.00	0.00	31.00	0.00
254.797	0.285	29.04	6.71	0.00	0.00	31.00	0.00
255.082	0.285	29.04	6.10	0.00	0.00	31.00	0.00
255.367	0.285	29.04	5.48	0.00	0.00	31.00	0.00
255.652	0.067	29.04	1.19	0.00	0.00	31.00	0.00
255.719	0.285	29.06	4.72	0.00	0.00	31.00	0.00

256.004	0.285	29.06	4.10	0.00	0.00	31.00	0.00
256.289	0.285	29.06	3.48	0.00	0.00	31.00	0.00
256.574	0.285	29.06	2.86	0.00	0.00	31.00	0.00
256.859	0.285	29.06	2.25	0.00	0.00	31.00	0.00
257.144	0.285	29.06	1.63	0.00	0.00	31.00	0.00
257.429	0.285	29.06	1.01	0.00	0.00	31.00	0.00
257.714	0.285	29.06	0.39	0.00	0.00	31.00	0.00
257.999	0.039	29.06	0.01	0.00	0.00	31.00	0.00

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X FS_FEM (m) (--)	ht FS_p-qFEM (m) (--)	yt (m)	yt' (--)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (--)
230.512	0.000	719.239	0.303	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	6.2570901872E-002	0.045
3.871	0.940						
230.797	0.023	719.325	0.303	1.7997720427E-002	7.2024920357E-005	6.3707261412E-002	0.045
3.871	0.940						
231.083	0.046	719.412	0.306	3.6319358794E-002	3.9373487035E-004	6.4853846892E-002	0.045
3.830	0.961						
231.368	0.070	719.499	0.310	5.4970744886E-002	1.2355077352E-003	6.6021068297E-002	0.051
3.676	1.101						
231.653	0.096	719.588	0.346	7.3957813411E-002	3.1582557493E-003	6.7209297026E-002	0.096
3.480	1.295						
231.938	0.140	719.696	0.347	9.3286605886E-002	7.1862651618E-003	6.8418911164E-002	0.174
3.247	1.480						
232.223	0.167	719.786	0.329	1.1296327257E-001	1.1991185914E-002	3.5778213387E+000	0.240
3.065	1.615						
232.508	0.201	719.884	0.323	2.1329940744E+000	2.8934045286E-001	5.2108217789E+000	0.306

2. 885	1. 715							
232. 793	0. 224	719. 970	0. 302	3. 0836404231E+000	4. 9945540130E-001	3. 5379490581E+000	0. 366	
2. 728	1. 776							
232. 847	0. 228	719. 987	0. 329	3. 2757692410E+000	5. 4625091591E-001	3. 6215323025E+000	0. 376	
2. 700	1. 781							
233. 132	0. 259	720. 082	0. 331	4. 3766523049E+000	8. 3861955595E-001	3. 9010498599E+000	0. 432	
2. 561	1. 798							
233. 417	0. 288	720. 175	0. 329	5. 4997485237E+000	1. 1783048517E+000	4. 1605857718E+000	0. 484	
2. 438	1. 793							
233. 702	0. 318	720. 269	0. 326	6. 7485923960E+000	1. 5980903419E+000	4. 5464848182E+000	0. 534	
2. 317	1. 773							
233. 987	0. 345	720. 361	0. 318	8. 0916887469E+000	2. 0944538269E+000	4. 6163277319E+000	0. 584	
2. 209	1. 745							
234. 052	0. 351	720. 381	0. 321	8. 3900886655E+000	2. 2133453941E+000	4. 6890373395E+000	0. 595	
2. 186	1. 739							
234. 337	0. 378	720. 473	0. 333	9. 8448762985E+000	2. 8059102261E+000	5. 2203295512E+000	0. 643	
2. 094	1. 708							
234. 622	0. 410	720. 571	0. 342	1. 1366186174E+001	3. 4800820915E+000	5. 0105461813E+000	0. 691	
2. 012	1. 676							
234. 907	0. 442	720. 668	0. 342	1. 2701376805E+001	4. 1467430022E+000	4. 6448100208E+000	0. 737	
1. 941	1. 644							
234. 907	0. 442	720. 668	0. 337	1. 2703222788E+001	4. 1477186775E+000	4. 6452820886E+000	0. 737	
1. 941	1. 644							
235. 192	0. 471	720. 764	0. 340	1. 4135059279E+001	4. 9074182124E+000	5. 1340120557E+000	0. 784	
1. 879	1. 608							
235. 477	0. 502	720. 862	0. 343	1. 5630110897E+001	5. 7482236632E+000	5. 3019924368E+000	0. 830	
1. 824	1. 571							
235. 675	0. 523	720. 930	0. 363	1. 6687385047E+001	6. 3739854836E+000	5. 5442663951E+000	0. 862	
1. 792	1. 547							
235. 960	0. 562	721. 037	0. 375	1. 8350952818E+001	7. 3734420409E+000	5. 9166328486E+000	0. 907	
1. 754	1. 512							
236. 245	0. 600	721. 144	0. 372	2. 0060443416E+001	8. 4553881573E+000	6. 0696400581E+000	0. 951	
1. 722	1. 478							
236. 360	0. 615	721. 186	0. 373	2. 0758062963E+001	8. 9134227880E+000	6. 2106957684E+000	0. 969	
1. 710	1. 466							
236. 645	0. 651	721. 293	0. 377	2. 2607956980E+001	1. 0017818018E+001	6. 5457221781E+000	1. 000	
1. 684	1. 438							
236. 930	0. 690	721. 401	0. 373	2. 4489763668E+001	1. 0851665895E+001	6. 4616511526E+000	1. 000	
1. 663	1. 412							
237. 050	0. 703	721. 444	0. 361	2. 5262331721E+001	1. 1193998737E+001	6. 5132152341E+000	1. 000	
1. 655	1. 401							
237. 336	0. 735	721. 548	0. 365	2. 7193557467E+001	1. 2049744707E+001	6. 7912705926E+000	1. 000	
1. 638	1. 378							
237. 621	0. 769	721. 652	0. 364	2. 9134018996E+001	1. 2909583147E+001	6. 9017413183E+000	1. 000	

1. 623	1. 356							
237. 750	0. 783	721. 699	0. 381	3. 0034805951E+001	1. 3308731102E+001	6. 9699564621E+000	1. 000	
1. 617	1. 346							
238. 035	0. 822	721. 811	0. 393	3. 2037443498E+001	1. 4196120375E+001	6. 9420415406E+000	1. 000	
1. 605	1. 326							
238. 250	0. 852	721. 895	0. 394	3. 3514008628E+001	1. 4850401554E+001	6. 8600216313E+000	1. 000	
1. 596	1. 312							
238. 470	0. 883	721. 982	0. 408	3. 5020838257E+001	1. 5518093245E+001	6. 7930965974E+000	1. 000	
1. 587	1. 297							
238. 755	0. 929	722. 102	0. 421	3. 6939748202E+001	1. 6368381957E+001	6. 6430245278E+000	1. 000	
1. 575	1. 278							
239. 040	0. 975	722. 222	0. 425	3. 8808010801E+001	1. 7196228309E+001	6. 2340687668E+000	1. 000	
1. 561	1. 259							
239. 220	1. 006	722. 299	0. 431	3. 9892399422E+001	1. 7676732049E+001	5. 9464341261E+000	1. 000	
1. 553	1. 249							
239. 505	1. 046	722. 422	0. 430	4. 1548664288E+001	1. 8410640028E+001	5. 6500302212E+000	1. 000	
1. 538	1. 232							
239. 790	1. 086	722. 544	0. 430	4. 3113468265E+001	1. 9104020747E+001	5. 1463074092E+000	1. 000	
1. 522	1. 217							
239. 898	1. 102	722. 591	0. 430	4. 3653056719E+001	1. 9343117935E+001	4. 9590955715E+000	1. 000	
1. 515	1. 212							
240. 183	1. 131	722. 713	0. 425	4. 5023068758E+001	1. 9950184345E+001	4. 5926635811E+000	1. 000	
1. 498	1. 197							
240. 468	1. 158	722. 833	0. 428	4. 6271323346E+001	2. 0503298778E+001	3. 9176212374E+000	1. 000	
1. 479	1. 184							
240. 555	1. 169	722. 872	0. 439	4. 6599083524E+001	2. 0648532680E+001	3. 7151367988E+000	1. 000	
1. 474	1. 180							
240. 840	1. 190	722. 996	0. 439	4. 7600020705E+001	2. 1092058229E+001	3. 2757435741E+000	1. 000	
1. 454	1. 167							
241. 125	1. 212	723. 123	0. 447	4. 8466577175E+001	2. 1476038304E+001	2. 6646578693E+000	1. 000	
1. 435	1. 155							
241. 187	1. 219	723. 152	0. 457	4. 8627761614E+001	2. 1547460785E+001	2. 5067285040E+000	1. 000	
1. 431	1. 152							
241. 472	1. 234	723. 281	0. 459	4. 9243705360E+001	2. 1820391787E+001	1. 9171462972E+000	1. 000	
1. 411	1. 139							
241. 757	1. 251	723. 413	0. 479	4. 9720722176E+001	2. 2031762840E+001	1. 3245815782E+000	1. 000	
1. 391	1. 127							
241. 855	1. 263	723. 465	0. 488	4. 9838547001E+001	2. 2083972230E+001	1. 0858452939E+000	1. 000	
1. 385	1. 122							
242. 140	1. 273	723. 600	0. 478	5. 0049145009E+001	2. 2177290371E+001	4. 7960186346E-001	1. 000	
1. 365	1. 110							
242. 425	1. 285	723. 737	0. 484	5. 0111966887E+001	2. 2205127391E+001	-1. 5316064063E-001	1. 000	
1. 347	1. 098							
242. 489	1. 289	723. 769	0. 493	5. 0096834629E+001	2. 2198422132E+001	-3. 0196134509E-001	1. 000	

1. 343	1. 095							
242. 774	1. 292	723. 909	0. 494	4. 9927979319E+001	2. 2123600609E+001	-8. 1808547198E-001	1. 000	
1. 325	1. 083							
243. 059	1. 297	724. 050	0. 505	4. 9630446039E+001	2. 1991760556E+001	-1. 2256393469E+000	1. 000	
1. 309	1. 070							
243. 146	1. 302	724. 096	0. 518	4. 9519708033E+001	2. 1942691408E+001	-1. 4061159549E+000	1. 000	
1. 304	1. 066							
243. 431	1. 302	724. 243	0. 517	4. 9001123655E+001	2. 1712901341E+001	-2. 0233658918E+000	1. 000	
1. 290	1. 054							
243. 716	1. 304	724. 391	0. 526	4. 8366191932E+001	2. 1431556572E+001	-2. 3861629673E+000	1. 000	
1. 277	1. 041							
243. 822	1. 307	724. 449	0. 541	4. 8105972423E+001	2. 1316250634E+001	-2. 5735224198E+000	1. 000	
1. 272	1. 036							
244. 107	1. 306	724. 603	0. 548	4. 7274571440E+001	2. 0947848316E+001	-3. 0837375451E+000	1. 000	
1. 262	1. 024							
244. 392	1. 309	724. 761	0. 559	4. 6347940955E+001	2. 0537248828E+001	-3. 3930566940E+000	1. 000	
1. 253	1. 011							
244. 562	1. 312	724. 857	0. 564	4. 5758648581E+001	2. 0276127322E+001	-3. 6059728793E+000	1. 000	
1. 249	1. 003							
244. 847	1. 317	725. 017	0. 561	4. 4669232519E+001	1. 9793395872E+001	-3. 9280404134E+000	1. 000	
1. 244	0. 990							
245. 132	1. 321	725. 177	0. 553	4. 3519282048E+001	1. 9283841003E+001	-4. 1526800974E+000	1. 000	
1. 240	0. 978							
245. 283	1. 321	725. 259	0. 544	4. 2882519761E+001	1. 9001685092E+001	-4. 2688274522E+000	1. 000	
1. 239	0. 972							
245. 568	1. 320	725. 414	0. 544	4. 1636985401E+001	1. 8449776020E+001	-4. 4345686354E+000	1. 000	
1. 238	0. 961							
245. 853	1. 320	725. 569	0. 544	4. 0354382688E+001	1. 7881441580E+001	-4. 5640711197E+000	1. 000	
1. 239	0. 951							
245. 987	1. 319	725. 642	0. 544	3. 9739461408E+001	1. 7608963643E+001	-4. 6669859904E+000	1. 000	
1. 239	0. 947							
246. 272	1. 319	725. 797	0. 544	3. 8365045817E+001	1. 6999945974E+001	-4. 8484266838E+000	1. 000	
1. 242	0. 938							
246. 557	1. 318	725. 952	0. 544	3. 6975384843E+001	1. 6384172918E+001	-4. 7182038159E+000	1. 000	
1. 246	0. 930							
246. 685	1. 318	726. 022	0. 545	3. 6380586102E+001	1. 6120611485E+001	-4. 6778482564E+000	1. 000	
1. 247	0. 927							
246. 970	1. 317	726. 177	0. 545	3. 5028050428E+001	1. 5521289032E+001	-4. 7536988037E+000	1. 000	
1. 252	0. 920							
247. 255	1. 317	726. 332	0. 545	3. 3670513677E+001	1. 4919750550E+001	-4. 6545982760E+000	1. 000	
1. 257	0. 915							
247. 371	1. 317	726. 396	0. 543	3. 3134717994E+001	1. 4682333978E+001	-4. 6468674104E+000	1. 000	
1. 260	0. 913							
247. 656	1. 315	726. 550	0. 541	3. 1784790304E+001	1. 4084167149E+001	-4. 8358475324E+000	1. 000	

1. 266	0. 908							
247. 941	1. 313	726. 704	0. 539	3. 0377812773E+001	1. 3460720949E+001	-4. 7646658072E+000	1. 000	
1. 272	0. 905							
248. 061	1. 312	726. 769	0. 551	2. 9814550394E+001	1. 32111133602E+001	-4. 7426534852E+000	1. 000	
1. 275	0. 903							
248. 346	1. 314	726. 927	0. 551	2. 8428748014E+001	1. 2597070329E+001	-4. 8288744438E+000	1. 000	
1. 281	0. 901							
248. 631	1. 314	727. 083	0. 545	2. 7061620515E+001	1. 1991282088E+001	-4. 7368218237E+000	1. 000	
1. 287	0. 899							
248. 749	1. 313	727. 147	0. 528	2. 6505500476E+001	1. 1744859585E+001	-4. 7183966188E+000	1. 000	
1. 290	0. 899							
249. 034	1. 306	727. 296	0. 510	2. 5156310708E+001	1. 1147019737E+001	-4. 6977644454E+000	1. 000	
1. 296	0. 897							
249. 319	1. 292	727. 438	0. 496	2. 3827316096E+001	1. 0558128570E+001	-4. 6105812860E+000	1. 000	
1. 302	0. 897							
249. 439	1. 284	727. 496	0. 477	2. 3279463994E+001	1. 0315369675E+001	-4. 5628655008E+000	1. 000	
1. 304	0. 897							
249. 724	1. 263	727. 631	0. 482	2. 1996545482E+001	9. 7468953013E+000	-4. 4645451944E+000	1. 000	
1. 309	0. 896							
250. 009	1. 246	727. 771	0. 481	2. 0734237356E+001	9. 1875536014E+000	-4. 3173743463E+000	1. 000	
1. 313	0. 896							
250. 124	1. 236	727. 824	0. 452	2. 0242896192E+001	8. 9698352833E+000	-4. 2263887793E+000	1. 000	
1. 315	0. 896							
250. 250	1. 223	727. 880	0. 439	1. 9716611172E+001	8. 7366329836E+000	-4. 2077906976E+000	1. 000	
1. 316	0. 896							
250. 535	1. 190	728. 004	0. 429	1. 8496534825E+001	8. 1960046192E+000	-4. 2907793649E+000	1. 000	
1. 319	0. 897							
250. 813	1. 155	728. 121	0. 408	1. 7301167379E+001	7. 6663250223E+000	-4. 1873467341E+000	1. 000	
1. 322	0. 897							
251. 098	1. 110	728. 233	0. 383	1. 6140813561E+001	7. 1521603236E+000	-4. 0187454945E+000	1. 000	
1. 324	0. 897							
251. 383	1. 060	728. 340	0. 368	1. 5010090094E+001	6. 6511251381E+000	-3. 8318420649E+000	1. 000	
1. 325	0. 898							
251. 501	1. 037	728. 382	0. 343	1. 4566233642E+001	6. 4544477840E+000	-3. 7740851372E+000	1. 000	
1. 326	0. 898							
251. 786	0. 976	728. 478	0. 333	1. 3491899686E+001	5. 9783993702E+000	-3. 5817049283E+000	1. 000	
1. 327	0. 898							
251. 820	0. 967	728. 488	0. 333	1. 3369677319E+001	5. 9242413834E+000	-3. 5688446139E+000	1. 000	
1. 327	0. 898							
252. 105	0. 906	728. 584	0. 334	1. 2329438018E+001	5. 4633006615E+000	-3. 5476546211E+000	1. 000	
1. 327	0. 899							
252. 190	0. 887	728. 612	0. 317	1. 2030263587E+001	5. 3307333972E+000	-3. 4896509104E+000	1. 000	
1. 327	0. 899							
252. 475	0. 819	728. 701	0. 335	1. 1061967234E+001	4. 9016713350E+000	-3. 3600836939E+000	1. 000	

1. 328	0. 899							
252. 760	0. 763	728. 803	0. 364	1. 0114687834E+001	4. 4819220999E+000	-3. 2470587564E+000	1. 000	
1. 328	0. 900							
252. 876	0. 743	728. 847	0. 376	9. 7413527441E+000	4. 3164934861E+000	-3. 1729817390E+000	1. 000	
1. 329	0. 900							
253. 161	0. 692	728. 954	0. 384	8. 8670384623E+000	3. 9290758449E+000	-3. 0287556631E+000	1. 000	
1. 330	0. 901							
253. 446	0. 647	729. 066	0. 392	8. 0146663164E+000	3. 5513809895E+000	-2. 8753493309E+000	1. 000	
1. 332	0. 903							
253. 652	0. 613	729. 146	0. 411	7. 4401779929E+000	3. 2784352600E+000	-2. 7774295649E+000	0. 994	
1. 335	0. 904							
253. 937	0. 577	729. 268	0. 416	6. 6543906405E+000	2. 7349351370E+000	-2. 9011212100E+000	0. 928	
1. 339	0. 907							
254. 222	0. 534	729. 383	0. 387	5. 7862556645E+000	2. 1993377105E+000	-2. 9274510121E+000	0. 858	
1. 346	0. 909							
254. 507	0. 482	729. 489	0. 370	4. 9854577543E+000	1. 7425199212E+000	-2. 8359963232E+000	0. 789	
1. 356	0. 913							
254. 512	0. 481	729. 490	0. 376	4. 9722316652E+000	1. 7352685210E+000	-2. 8364156483E+000	0. 788	
1. 356	0. 913							
254. 797	0. 430	729. 598	0. 373	4. 1640073744E+000	1. 3287290148E+000	-2. 7077857194E+000	0. 720	
1. 370	0. 918							
255. 082	0. 377	729. 703	0. 373	3. 4285294419E+000	9. 9244158620E-001	-2. 3488787576E+000	0. 653	
1. 392	0. 924							
255. 367	0. 326	729. 810	0. 381	2. 8249171597E+000	7. 3291661517E-001	-1. 9896249922E+000	0. 586	
1. 416	0. 933							
255. 652	0. 278	729. 920	0. 391	2. 2942489478E+000	5. 2631881173E-001	-1. 7919408560E+000	0. 518	
1. 437	0. 944							
255. 719	0. 268	729. 948	0. 395	2. 1759169542E+000	4. 8307718154E-001	-1. 7488017716E+000	0. 501	
1. 443	0. 947							
256. 004	0. 221	730. 059	0. 422	1. 7101425590E+000	3. 2364920473E-001	-1. 6335085551E+000	0. 427	
1. 474	0. 966							
256. 289	0. 192	730. 188	0. 433	1. 2446575971E+000	1. 8641851270E-001	-1. 4271188771E+000	0. 338	
1. 519	0. 993							
256. 574	0. 151	730. 306	0. 454	8. 9654546827E-001	1. 0039499233E-001	-1. 2212805836E+000	0. 253	
1. 577	1. 046							
256. 859	0. 134	730. 447	0. 463	5. 4840842983E-001	3. 7061866555E-002	-1. 0174574416E+000	0. 153	
1. 671	1. 107							
257. 144	0. 099	730. 570	0. 436	3. 1649539138E-001	1. 2145397029E-002	-7. 0412226770E-001	0. 087	
1. 793	1. 187							
257. 429	0. 066	730. 696	0. 443	1. 4698999324E-001	3. 2701752933E-003	-4. 8245364317E-001	0. 050	
1. 990	1. 328							
257. 714	0. 035	730. 823	0. 448	4. 1449712450E-002	5. 5331867934E-004	-2. 5690787816E-001	0. 045	
2. 439	1. 725							
257. 999	0. 004	730. 951	0. 448	5. 2742056932E-004	4. 3702679350E-006	-2. 9184781005E-002	0. 045	

1. 678

0. 940

 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
 yt(m) : coordinata Y linea di trust
 yt' (-) : gradiente pendenza locale linea di trust
 E(x) (kN/m) : Forza Normale interconcio
 T(x) (kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio Zhu et al. (2003)
 FS_FEM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
 FS_SRM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

 TABELLA SFORZI DI TAGLIO DI STRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
230. 512	0. 285	0. 292	12. 554	0. 174	0. 051	0. 469	0. 137
230. 797	0. 285	0. 292	12. 554	0. 521	0. 152	1. 406	0. 411
231. 083	0. 285	0. 292	12. 554	0. 868	0. 254	2. 343	0. 684
231. 368	0. 285	0. 292	12. 554	1. 215	0. 355	3. 281	0. 958
231. 653	0. 285	0. 292	12. 554	1. 563	0. 456	4. 220	1. 232
231. 938	0. 285	0. 292	12. 554	1. 910	0. 558	5. 158	1. 506
232. 223	0. 285	0. 292	12. 554	2. 257	0. 659	6. 367	1. 859
232. 508	0. 285	0. 292	12. 554	2. 604	0. 761	7. 237	2. 113
232. 793	0. 054	0. 055	12. 554	2. 811	0. 155	7. 832	0. 431
232. 847	0. 285	0. 292	12. 692	3. 047	0. 890	8. 417	2. 459
233. 132	0. 285	0. 292	12. 692	3. 395	0. 992	9. 392	2. 744
233. 417	0. 285	0. 292	12. 692	3. 743	1. 094	10. 400	3. 039
233. 702	0. 285	0. 292	12. 692	4. 091	1. 195	11. 404	3. 332
233. 987	0. 065	0. 067	12. 692	4. 304	0. 287	11. 999	0. 799
234. 052	0. 285	0. 292	12. 943	4. 599	1. 345	12. 594	3. 684
234. 337	0. 285	0. 292	12. 943	4. 948	1. 447	13. 586	3. 974
234. 622	0. 285	0. 292	12. 943	5. 297	1. 549	14. 492	4. 239
234. 907	0. 000	0. 000	12. 943	5. 472	0. 002	14. 981	0. 006
234. 907	0. 285	0. 293	13. 206	5. 751	1. 684	15. 440	4. 521
235. 192	0. 285	0. 293	13. 206	6. 101	1. 786	16. 413	4. 806
235. 477	0. 198	0. 203	13. 206	6. 398	1. 301	17. 230	3. 503
235. 675	0. 285	0. 293	13. 533	6. 845	2. 007	17. 997	5. 277

235. 960	0. 285	0. 293	13. 533	7. 196	2. 110	18. 949	5. 556
236. 245	0. 114	0. 118	13. 533	7. 442	0. 876	19. 618	2. 308
236. 360	0. 285	0. 294	13. 787	7. 819	2. 295	20. 125	5. 907
236. 645	0. 285	0. 294	13. 787	8. 171	2. 398	20. 747	6. 089
236. 930	0. 121	0. 124	13. 787	8. 421	1. 046	21. 337	2. 651
237. 050	0. 285	0. 294	14. 035	8. 812	2. 589	21. 921	6. 441
237. 336	0. 285	0. 294	14. 035	9. 164	2. 693	22. 771	6. 691
237. 621	0. 130	0. 134	14. 035	9. 420	1. 260	23. 402	3. 129
237. 750	0. 285	0. 294	14. 277	9. 827	2. 890	23. 951	7. 045
238. 035	0. 215	0. 221	14. 277	10. 135	2. 245	24. 664	5. 463
238. 250	0. 220	0. 227	14. 277	10. 404	2. 365	25. 294	5. 749
238. 470	0. 285	0. 294	14. 505	10. 870	3. 200	25. 945	7. 639
238. 755	0. 285	0. 294	14. 505	11. 222	3. 304	26. 744	7. 874
239. 040	0. 180	0. 186	14. 505	11. 509	2. 137	27. 356	5. 080
239. 220	0. 285	0. 297	16. 146	12. 973	3. 850	27. 421	8. 137
239. 505	0. 285	0. 297	16. 146	13. 319	3. 952	28. 111	8. 342
239. 790	0. 108	0. 112	16. 146	13. 557	1. 518	28. 564	3. 198
239. 898	0. 285	0. 300	18. 007	15. 156	4. 543	28. 324	8. 490
240. 183	0. 285	0. 300	18. 007	15. 483	4. 641	28. 901	8. 662
240. 468	0. 087	0. 091	18. 007	15. 696	1. 432	29. 256	2. 669
240. 555	0. 285	0. 303	19. 988	17. 352	5. 263	28. 811	8. 739
240. 840	0. 285	0. 303	19. 988	17. 645	5. 352	29. 275	8. 880
241. 125	0. 062	0. 066	19. 988	17. 824	1. 184	29. 551	1. 963
241. 187	0. 285	0. 307	21. 891	19. 354	5. 945	28. 987	8. 905
241. 472	0. 285	0. 307	21. 891	19. 602	6. 022	29. 348	9. 016
241. 757	0. 098	0. 105	21. 891	19. 769	2. 083	29. 587	3. 118
241. 855	0. 285	0. 311	23. 741	21. 200	6. 602	28. 964	9. 019
242. 140	0. 285	0. 311	23. 741	21. 393	6. 662	29. 226	9. 101
242. 425	0. 064	0. 070	23. 741	21. 511	1. 501	29. 386	2. 051
242. 489	0. 285	0. 316	25. 566	22. 808	7. 207	28. 658	9. 056
242. 774	0. 285	0. 316	25. 566	22. 935	7. 247	28. 825	9. 108
243. 059	0. 086	0. 096	25. 566	23. 017	2. 206	28. 932	2. 773
243. 146	0. 285	0. 320	27. 195	24. 084	7. 718	28. 225	9. 045
243. 431	0. 285	0. 320	27. 195	24. 142	7. 737	28. 306	9. 071
243. 716	0. 106	0. 120	27. 195	24. 182	2. 893	28. 360	3. 393
243. 822	0. 285	0. 325	28. 587	25. 002	8. 116	27. 706	8. 994
244. 107	0. 285	0. 325	28. 587	24. 995	8. 114	27. 714	8. 997
244. 392	0. 169	0. 193	28. 587	24. 989	4. 822	27. 719	5. 349
244. 562	0. 285	0. 325	28. 607	24. 994	8. 115	27. 719	9. 000
244. 847	0. 285	0. 325	28. 607	24. 986	8. 113	27. 720	9. 000
245. 132	0. 151	0. 172	28. 607	24. 980	4. 298	27. 722	4. 770
245. 283	0. 285	0. 325	28. 628	24. 985	8. 114	27. 712	8. 999
245. 568	0. 285	0. 325	28. 628	24. 976	8. 111	27. 708	8. 998
245. 853	0. 134	0. 152	28. 628	24. 970	3. 807	27. 705	4. 225

245. 987	0. 285	0. 325	28. 649	24. 974	8. 112	27. 698	8. 997
246. 272	0. 285	0. 325	28. 649	24. 964	8. 109	27. 689	8. 994
246. 557	0. 128	0. 146	28. 649	24. 957	3. 639	27. 671	4. 035
246. 685	0. 285	0. 325	28. 670	24. 961	8. 109	27. 656	8. 985
246. 970	0. 285	0. 325	28. 670	24. 950	8. 106	27. 645	8. 981
247. 255	0. 116	0. 132	28. 670	24. 942	3. 304	27. 629	3. 659
247. 371	0. 285	0. 325	28. 691	24. 946	8. 106	27. 616	8. 974
247. 656	0. 285	0. 325	28. 691	24. 934	8. 102	27. 612	8. 972
247. 941	0. 120	0. 137	28. 691	24. 925	3. 411	27. 591	3. 775
248. 061	0. 285	0. 325	28. 712	24. 927	8. 102	27. 579	8. 964
248. 346	0. 285	0. 325	28. 712	24. 914	8. 097	27. 562	8. 958
248. 631	0. 118	0. 135	28. 712	24. 905	3. 351	27. 547	3. 707
248. 749	0. 285	0. 325	28. 733	24. 907	8. 097	27. 528	8. 949
249. 034	0. 285	0. 325	28. 733	24. 892	8. 092	27. 509	8. 942
249. 319	0. 119	0. 136	28. 733	24. 882	3. 388	27. 494	3. 743
249. 439	0. 285	0. 325	28. 754	24. 883	8. 091	27. 468	8. 931
249. 724	0. 285	0. 325	28. 754	24. 868	8. 086	27. 448	8. 924
250. 009	0. 115	0. 131	28. 754	24. 858	3. 261	27. 429	3. 598
250. 124	0. 126	0. 144	28. 792	24. 872	3. 577	27. 398	3. 940
250. 250	0. 285	0. 325	28. 792	24. 417	7. 942	26. 906	8. 752
250. 535	0. 278	0. 317	28. 792	23. 527	7. 461	25. 934	8. 224
250. 813	0. 285	0. 325	28. 830	22. 655	7. 371	24. 932	8. 112
251. 098	0. 285	0. 325	28. 830	21. 751	7. 077	23. 940	7. 790
251. 383	0. 118	0. 134	28. 830	21. 113	2. 833	23. 233	3. 117
251. 501	0. 285	0. 325	28. 868	20. 490	6. 670	22. 520	7. 330
251. 786	0. 034	0. 039	28. 868	19. 982	0. 784	21. 956	0. 861
251. 820	0. 285	0. 325	28. 868	19. 474	6. 339	21. 407	6. 968
252. 105	0. 085	0. 097	28. 868	18. 886	1. 834	20. 759	2. 016
252. 190	0. 285	0. 326	28. 906	18. 312	5. 963	20. 097	6. 544
252. 475	0. 285	0. 326	28. 906	17. 402	5. 666	19. 104	6. 220
252. 760	0. 116	0. 133	28. 906	16. 762	2. 223	18. 402	2. 440
252. 876	0. 285	0. 326	28. 957	16. 139	5. 258	17. 681	5. 760
253. 161	0. 285	0. 326	28. 957	15. 226	4. 960	16. 686	5. 436
253. 446	0. 206	0. 235	28. 957	14. 440	3. 395	15. 833	3. 723
253. 652	0. 285	0. 326	28. 998	13. 666	4. 454	15. 035	4. 900
253. 937	0. 285	0. 326	28. 998	12. 750	4. 155	14. 039	4. 575
254. 222	0. 285	0. 326	28. 998	11. 834	3. 857	13. 014	4. 241
254. 507	0. 005	0. 005	28. 998	11. 369	0. 061	12. 504	0. 067
254. 512	0. 285	0. 326	29. 037	10. 912	3. 558	11. 976	3. 905
254. 797	0. 285	0. 326	29. 037	9. 993	3. 258	10. 953	3. 571
255. 082	0. 285	0. 326	29. 037	9. 075	2. 959	9. 928	3. 237
255. 367	0. 285	0. 326	29. 037	8. 157	2. 659	8. 912	2. 906
255. 652	0. 067	0. 076	29. 037	7. 590	0. 579	8. 290	0. 632
255. 719	0. 285	0. 326	29. 058	7. 026	2. 291	7. 663	2. 499

256.004	0.285	0.326	29.058	6.106	1.991	6.659	2.172
256.289	0.285	0.326	29.058	5.186	1.691	5.644	1.840
256.574	0.285	0.326	29.058	4.266	1.391	4.639	1.513
256.859	0.285	0.326	29.058	3.346	1.091	3.629	1.183
257.144	0.285	0.326	29.058	2.426	0.791	2.628	0.857
257.429	0.285	0.326	29.058	1.506	0.491	1.630	0.532
257.714	0.285	0.326	29.058	0.587	0.191	0.634	0.207
257.999	0.039	0.045	29.058	0.063	0.003	0.068	0.003

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
dl (m) : Lunghezza base concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

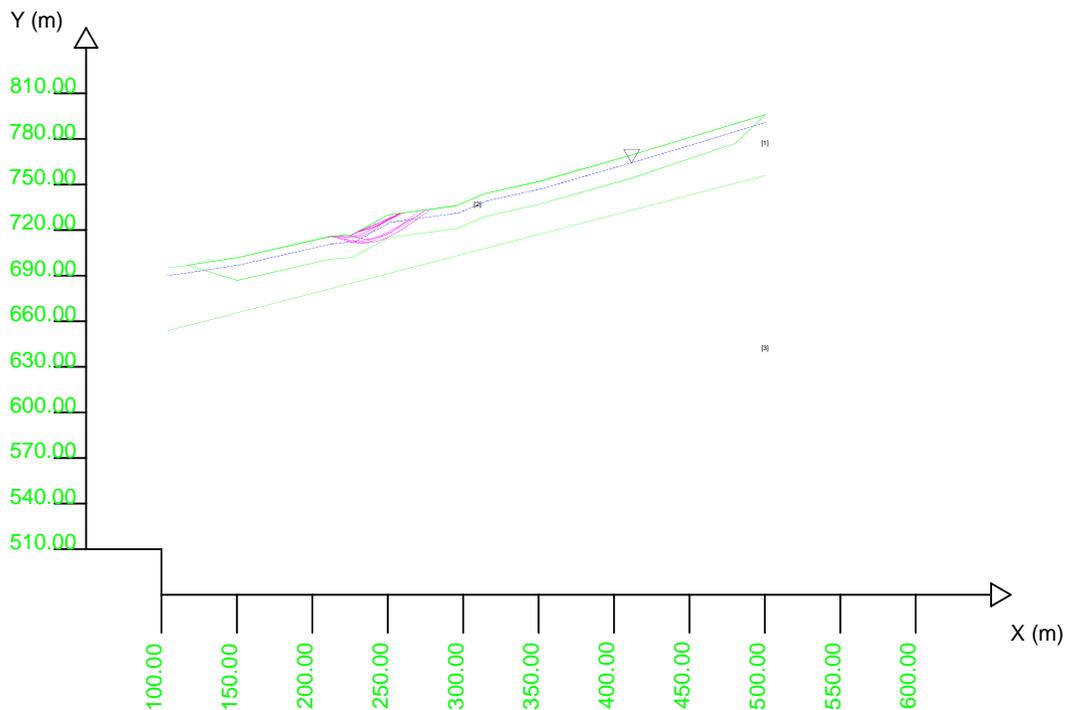
SSAP 4.9.0 (2017) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.5.0 (2017)

Data : 22/11/2017
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	53.00	0	0	20.00	21.00	0	0	0	0
2	31.00	0	0	18.00	19.00	0	0	0	0
3	56.00	0	0	22.00	23.00	0	0	0	0

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



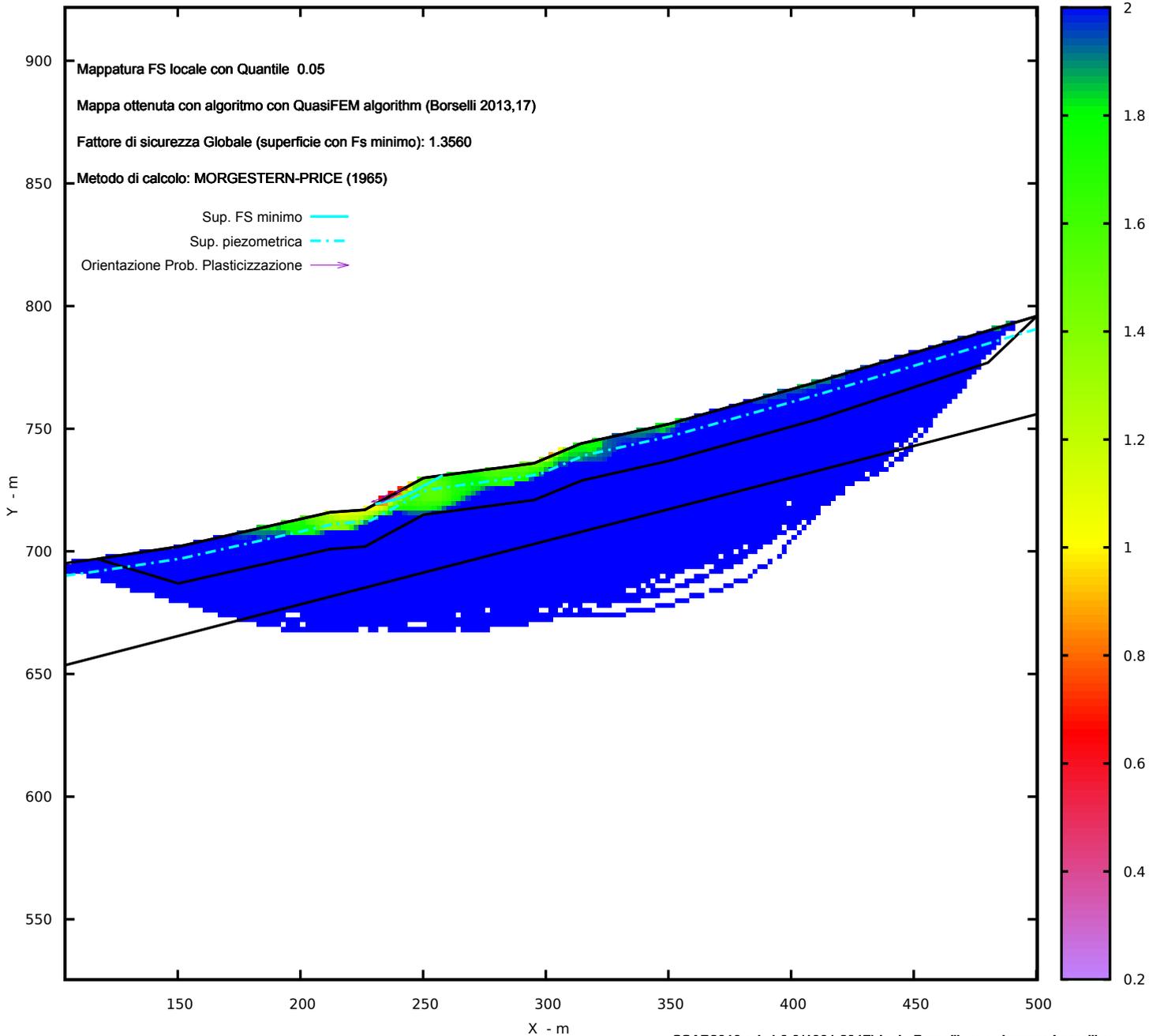
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.3560
 Range Fs : 1.3560 1.4589
 Differenza % Range Fs : 7.06
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

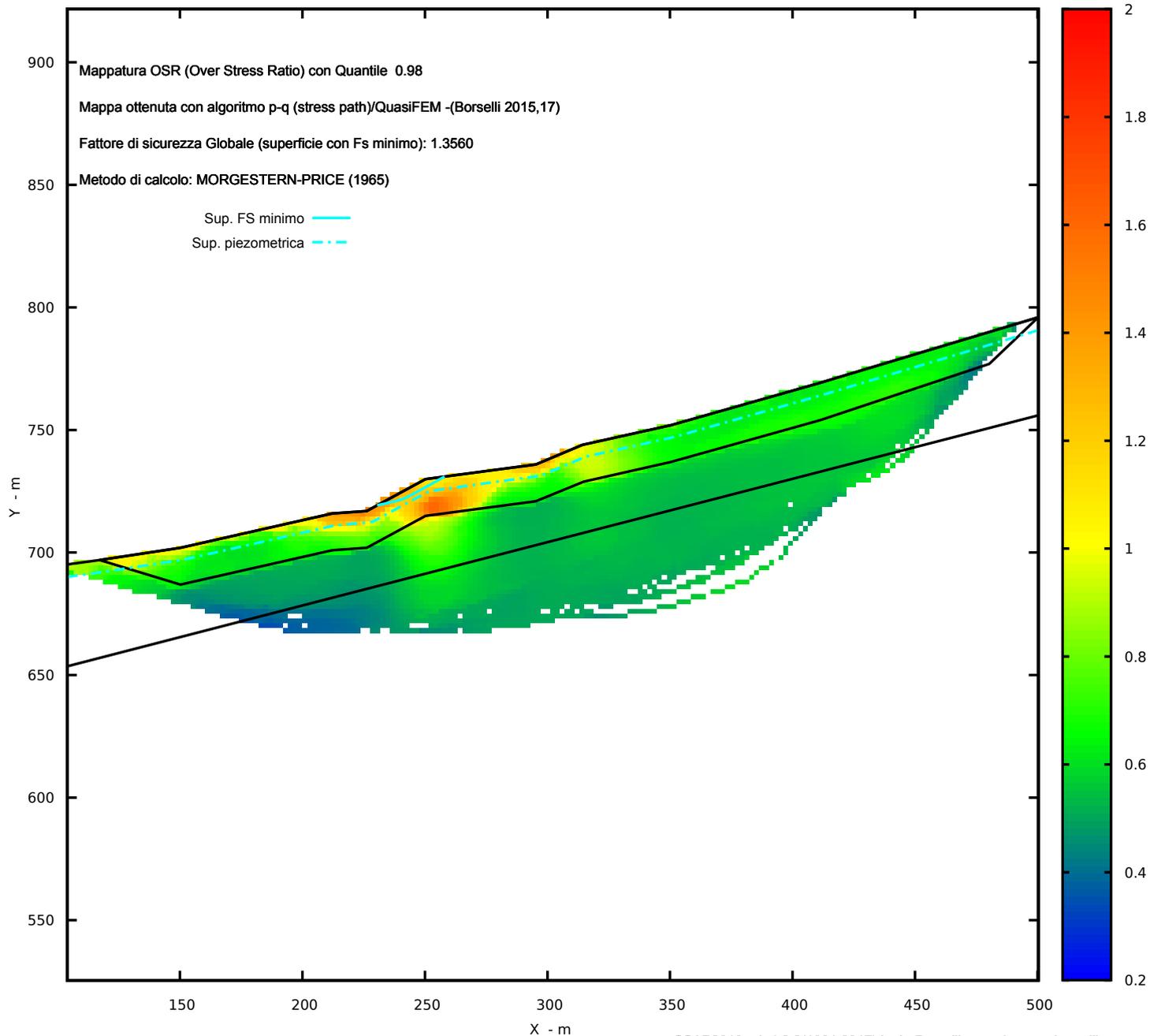
GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 20.0
 Range X inizio generazione : 104.1 - 460.6
 Range X termine generazione : 143.7 - 492.3
 Livello Y minimo considerato : 525.5

MAPPA FS LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



MAPPA OSR(Over stress ratio) LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



Report elaborazioni

SSAP 4.9.0 - Slope Stability Analysis Program (1991, 2017)

Build No. 9990

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI *, **

*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

** Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 19 settembre 2017

Localita' : Montefiorino (MO)

Descrizione:

Modello pendio: mod_mfr_09.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

___ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) ___

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
104.06	695.11	117.25	696.93	104.06	653.61	-	-
117.25	696.93	150.25	686.93	500.25	755.94	-	-
150.25	701.93	212.25	700.93	-	-	-	-
212.25	715.93	226.25	701.93	-	-	-	-
226.25	716.93	250.25	714.93	-	-	-	-
250.25	729.93	295.25	720.93	-	-	-	-
295.25	735.93	314.82	728.93	-	-	-	-
314.25	743.93	350.25	736.93	-	-	-	-
350.25	751.93	411.09	753.94	-	-	-	-
410.25	768.94	480.25	776.94	-	-	-	-
500.25	795.94	500.25	795.94	-	-	-	-
-	-	410.25	768.94	-	-	-	-
-	-	350.25	751.93	-	-	-	-
-	-	314.25	743.93	-	-	-	-
-	-	295.25	735.93	-	-	-	-
-	-	250.25	729.93	-	-	-	-
-	-	226.25	716.93	-	-	-	-
-	-	212.25	715.93	-	-	-	-
-	-	150.25	701.93	-	-	-	-

- - 117.25 696.93 - - - -

----- SUP FALDA -----
X Y (in m)

104.06	690.07
118.00	691.98
151.35	697.05
212.98	710.97
228.63	712.53
251.82	725.10
297.19	731.32
315.77	739.15
351.61	747.12
411.68	764.15
500.25	790.69

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:
Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA
Peso unitario fluido (kN/m³): 9.81

Parametri funzione di dissipazione superficiale e pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0
Coefficiente K 0.000800
Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01
Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00
Limitazione di dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

D		fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi
0.00	STRATO 1	53.00	0.00	0.00	20.00	21.00	5.392	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO 2	31.00	0.00	0.00	18.00	19.00	1.959	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO 3	56.00	0.00	0.00	22.00	23.00	6.099	0.00	0.00	0.00

Note: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace (in gradi)
C` _____ Coesione efficace (in Kpa)

Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
 Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
 Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
 STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adi mensional e)
 ----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-
 sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)
 GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adi mensional e)
 mi _____ Indice litologico ammasso(adi mensional e)
 D _____ Fattore di disturbo ammasso(adi mensional e)
 Fattore di riduzione NTC2008 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DI SATTIVATO (solo per ROCCE)

Usso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al. (2002,2007) - Classico

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
 COORDINATE X1, X2, Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 20.0 (+/-) 50%
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 104.06 460.63
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 525.51
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 143.68 492.33

*** TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0120
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000
 COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.0000
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0
 durante le tutte le verifiche globali.
 I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

 * DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Fattore di sicurezza (FS)	1.2092	- Min. -	X	Y	Lambda=	1.2500
			227.11	717.40		
			229.35	718.01		
			230.51	718.33		
			231.34	718.56		
			232.09	718.77		

232.75	718.96
233.42	719.15
234.09	719.34
234.77	719.53
235.45	719.72
236.11	719.92
236.76	720.13
237.40	720.34
238.06	720.56
238.70	720.80
239.36	721.05
240.04	721.31
240.75	721.60
241.42	721.88
242.07	722.17
242.71	722.47
243.37	722.79
244.01	723.11
244.67	723.46
245.36	723.84
246.10	724.26
246.77	724.66
247.41	725.07
248.02	725.50
248.67	725.98
249.36	726.53
250.16	727.21
251.32	728.24
253.66	730.38

Fattore di sicurezza (FS) 1.2147 - N.2 -- X Y Lambda= 1.2500

229.48	718.68
231.57	719.31
232.66	719.64
233.43	719.87
234.13	720.09
234.75	720.27
235.38	720.46
236.01	720.65
236.63	720.84
237.27	721.03
237.88	721.22
238.50	721.42
239.11	721.62
239.72	721.83
240.34	722.05

240.97	722.27
241.62	722.51
242.30	722.77
242.92	723.02
243.51	723.29
244.08	723.57
244.68	723.89
245.26	724.22
245.85	724.59
246.46	724.99
247.13	725.46
247.78	725.91
248.41	726.36
249.04	726.80
249.66	727.23
250.36	727.72
251.14	728.26
252.23	729.02
254.32	730.47

Fattore di sicurezza (FS) 1.2522 - N.3 -- X Y Lambda= 1.2500

228.11	717.94
230.37	718.60
231.56	718.95
232.40	719.19
233.16	719.42
233.83	719.61
234.50	719.81
235.18	720.01
235.85	720.20
236.52	720.40
237.19	720.60
237.86	720.80
238.54	720.99
239.21	721.19
239.90	721.39
240.59	721.59
241.31	721.80
242.05	722.02
242.71	722.24
243.33	722.48
243.93	722.75
244.57	723.07
245.18	723.41
245.81	723.80
246.47	724.24

247.22	724.77
247.93	725.28
248.62	725.78
249.30	726.27
249.97	726.76
250.72	727.32
251.56	727.95
252.74	728.84
255.02	730.57

Fattore di sicurezza (FS)	1.3039	- N. 4 --	X	Y	Lambda= 1.2500
			232.91	720.54	
			234.85	721.06	
			235.87	721.34	
			236.59	721.54	
			237.24	721.71	
			237.82	721.87	
			238.40	722.03	
			238.98	722.19	
			239.58	722.35	
			240.17	722.51	
			240.74	722.67	
			241.31	722.85	
			241.86	723.03	
			242.43	723.22	
			242.99	723.42	
			243.56	723.63	
			244.15	723.86	
			244.78	724.12	
			245.36	724.37	
			245.93	724.62	
			246.48	724.89	
			247.05	725.17	
			247.61	725.45	
			248.17	725.76	
			248.75	726.08	
			249.36	726.44	
			249.95	726.79	
			250.53	727.14	
			251.10	727.48	
			251.68	727.84	
			252.32	728.25	
			253.03	728.71	
			254.04	729.38	
			256.01	730.70	

Fattore di sicurezza (FS)	1.3424	- N. 5 --	X	Y	Lambda= 1.2500
			231.27	719.65	
			233.44	720.58	
			234.57	721.07	
			235.38	721.41	
			236.10	721.72	
			236.75	722.00	
			237.39	722.28	
			238.04	722.55	
			238.68	722.83	
			239.32	723.11	
			239.97	723.38	
			240.61	723.66	
			241.26	723.94	
			241.90	724.21	
			242.55	724.49	
			243.19	724.77	
			243.84	725.04	
			244.48	725.32	
			245.12	725.60	
			245.76	725.87	
			246.41	726.15	
			247.05	726.43	
			247.70	726.70	
			248.35	726.98	
			248.99	727.26	
			249.64	727.54	
			250.28	727.81	
			250.92	728.09	
			251.57	728.38	
			252.21	728.66	
			252.93	728.98	
			253.73	729.34	
			254.86	729.85	
			257.04	730.84	

Fattore di sicurezza (FS)	1.3495	- N. 6 --	X	Y	Lambda= 1.2500
			220.61	716.53	
			223.32	716.30	
			224.70	716.19	
			225.67	716.12	
			226.53	716.07	
			227.31	716.04	
			228.10	716.02	
			228.90	716.01	

229.75	716.00
230.68	716.01
231.45	716.05
232.18	716.12
232.86	716.23
233.60	716.41
234.28	716.61
235.01	716.87
235.77	717.19
236.67	717.60
237.52	717.99
238.34	718.37
239.15	718.74
239.94	719.11
240.73	719.47
241.54	719.84
242.35	720.22
243.18	720.60
243.96	720.98
244.72	721.37
245.46	721.78
246.24	722.22
246.99	722.67
247.75	723.16
248.54	723.68
249.38	724.26
250.19	724.82
250.99	725.39
251.77	725.95
252.55	726.52
253.43	727.17
254.41	727.91
255.79	728.96
258.47	731.03

Fattore di sicurezza (FS) 1.3720 - N. 7 --

X	Y
213.94	716.05
217.94	715.33
220.02	714.95
221.51	714.69
222.85	714.44
224.03	714.23
225.25	714.01
226.49	713.78
227.79	713.55
229.17	713.30

Lambda= 0.4256

230.31	713.15
231.39	713.07
232.38	713.06
233.49	713.14
234.49	713.27
235.57	713.49
236.74	713.80
238.14	714.24
239.43	714.65
240.66	715.06
241.84	715.46
243.02	715.88
244.20	716.30
245.39	716.75
246.63	717.23
247.94	717.74
249.11	718.25
250.25	718.78
251.35	719.33
252.50	719.97
253.60	720.61
254.73	721.33
255.90	722.11
257.17	723.01
258.42	723.88
259.63	724.74
260.83	725.58
262.02	726.42
263.36	727.36
264.84	728.41
266.93	729.87
270.92	732.69

Fattore di sicurezza (FS)

1.3905 - N.8 --

X

Y

Lambda= 0.4181

214.65	716.10
219.42	715.19
221.82	714.75
223.50	714.47
224.98	714.25
226.33	714.08
227.68	713.94
229.07	713.82
230.53	713.72
232.14	713.63
233.51	713.61
234.80	713.65

236.01	713.75
237.32	713.94
238.53	714.17
239.83	714.49
241.20	714.90
242.80	715.44
244.26	715.95
245.66	716.46
247.00	716.99
248.36	717.54
249.70	718.12
251.08	718.73
252.52	719.41
254.10	720.17
255.47	720.89
256.78	721.65
258.02	722.45
259.35	723.38
260.75	724.47
262.39	725.85
264.79	728.00
269.70	732.52

Fattore di sicurezza (FS) 1.3914 - N.9 -- X Y Lambda= 0.4357

212.66	715.96
216.53	715.04
218.48	714.59
219.84	714.30
221.05	714.07
222.15	713.88
223.24	713.71
224.37	713.55
225.55	713.40
226.84	713.26
227.95	713.18
229.01	713.15
230.00	713.17
231.07	713.24
232.07	713.35
233.14	713.52
234.28	713.76
235.61	714.08
236.78	714.39
237.88	714.72
238.93	715.07
240.01	715.48

241.05	715.90
242.14	716.39
243.27	716.93
244.52	717.56
245.67	718.17
246.78	718.78
247.86	719.40
248.96	720.07
250.02	720.74
251.11	721.45
252.22	722.20
253.38	723.02
254.53	723.82
255.66	724.62
256.79	725.41
257.90	726.19
259.16	727.07
260.56	728.05
262.52	729.43
266.28	732.07

Fattore di sicurezza (FS) 1.3965 - N. 10 -- X Y Lambda= 0.4475

218.88	716.40
222.93	715.14
224.82	714.59
226.08	714.29
227.12	714.12
228.15	714.03
229.08	714.02
230.09	714.07
231.18	714.18
232.48	714.38
233.66	714.57
234.77	714.77
235.85	714.98
236.92	715.21
237.98	715.46
239.06	715.73
240.17	716.02
241.35	716.36
242.46	716.69
243.54	717.03
244.60	717.38
245.68	717.76
246.73	718.15
247.82	718.57

248.92	719.02
250.10	719.51
251.21	719.99
252.29	720.48
253.35	720.98
254.43	721.51
255.49	722.05
256.58	722.63
257.69	723.23
258.87	723.90
259.98	724.55
261.05	725.20
262.10	725.87
263.18	726.59
264.35	727.41
265.69	728.39
267.60	729.83
271.39	732.75

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----
 # DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR F_s *
 # Analisi Deficit in riferimento a $F_s(\text{progetto}) = 1.000$

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilanci o(kN/m)	ESIT O
1	1.209	580.6	480.2	100.5	Surpl us
2	1.215	450.9	371.2	79.7	Surpl us
3	1.252	592.4	473.1	119.3	Surpl us
4	1.304	430.5	330.1	100.3	Surpl us
5	1.342	271.8	202.5	69.3	Surpl us
6	1.350	1327.1	983.4	343.7	Surpl us
7	1.372	2921.7	2129.5	792.2	Surpl us
8	1.390	2961.6	2129.9	831.7	Surpl us
9	1.391	2572.4	1848.8	723.6	Surpl us
10	1.396	2721.8	1949.1	772.8	Surpl us

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 69.3

Note: FTR --> Forza totale Resistente rispetto alla superficie di scioglimento (componente Orizzontale)
 FTA --> Forza totale Agente rispetto alla superficie di scioglimento (componente Orizzontale)

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	al pha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi ' (°)	(c' , Cu) (kPa)
227.112	0.279	15.39	0.19	0.00	0.00	31.00	0.00
227.391	0.279	15.39	0.56	0.00	0.00	31.00	0.00
227.670	0.279	15.39	0.93	0.00	0.00	31.00	0.00
227.949	0.279	15.39	1.31	0.00	0.00	31.00	0.00
228.228	0.279	15.39	1.68	0.00	0.00	31.00	0.00
228.507	0.123	15.39	0.86	0.00	0.00	31.00	0.00
228.630	0.279	15.39	2.22	0.00	0.00	31.00	0.00
228.909	0.279	15.39	2.59	0.00	0.00	31.00	0.00
229.188	0.163	15.39	1.69	0.00	0.00	31.00	0.00
229.351	0.279	15.43	3.18	0.00	0.00	31.00	0.00
229.630	0.279	15.43	3.55	0.00	0.00	31.00	0.00
229.909	0.279	15.43	3.93	0.00	0.00	31.00	0.00
230.188	0.279	15.43	4.30	0.00	0.00	31.00	0.00
230.467	0.047	15.43	0.77	0.00	0.00	31.00	0.00
230.515	0.279	15.50	4.73	0.00	0.00	31.00	0.00
230.794	0.279	15.50	5.10	0.00	0.00	31.00	0.00
231.073	0.271	15.50	5.30	0.00	0.00	31.00	0.00
231.343	0.279	15.57	5.83	0.00	0.00	31.00	0.00
231.622	0.279	15.57	6.20	0.00	0.00	31.00	0.00
231.901	0.189	15.57	4.41	0.00	0.00	31.00	0.00
232.090	0.279	15.67	6.82	0.00	0.00	31.00	0.00
232.369	0.279	15.67	7.19	0.00	0.00	31.00	0.00
232.649	0.103	15.67	2.76	0.00	0.00	31.00	0.00
232.752	0.279	15.74	7.69	0.00	0.00	31.00	0.00
233.031	0.279	15.74	8.05	0.00	0.00	31.00	0.00
233.310	0.109	15.74	3.25	0.00	0.00	31.00	0.00
233.419	0.279	15.80	8.56	0.00	0.00	31.00	0.00
233.698	0.279	15.80	8.92	0.00	0.00	31.00	0.00
233.977	0.111	15.80	3.65	0.00	0.00	31.00	0.00
234.088	0.279	15.87	9.42	0.00	0.00	31.00	0.00
234.368	0.279	15.87	9.79	0.00	0.00	31.00	0.00
234.647	0.120	15.87	4.30	0.00	0.00	31.00	0.00
234.766	0.279	15.94	10.30	0.00	0.00	31.00	0.00
235.045	0.279	15.94	10.66	0.00	0.00	31.00	0.00
235.324	0.127	15.94	4.97	0.00	0.00	31.00	0.00
235.451	0.279	16.69	11.17	0.00	0.00	31.00	0.00
235.730	0.279	16.69	11.51	0.00	0.00	31.00	0.00
236.009	0.101	16.69	4.24	0.00	0.00	31.00	0.00
236.110	0.279	17.47	11.96	0.00	0.00	31.00	0.00
236.389	0.279	17.47	12.28	0.00	0.00	31.00	0.00

236.668	0.092	17.47	4.14	0.00	0.00	31.00	0.00
236.761	0.279	18.27	12.69	0.00	0.00	31.00	0.00
237.040	0.279	18.27	12.99	0.00	0.00	31.00	0.00
237.319	0.084	18.27	3.97	0.00	0.00	31.00	0.00
237.403	0.279	19.07	13.36	0.00	0.00	31.00	0.00
237.682	0.279	19.07	13.64	0.00	0.00	31.00	0.00
237.961	0.097	19.07	4.80	0.00	0.00	31.00	0.00
238.058	0.192	19.86	9.62	0.00	0.00	31.00	0.00
238.250	0.279	19.86	14.17	0.00	0.00	31.00	0.00
238.529	0.175	19.86	9.00	0.00	0.00	31.00	0.00
238.704	0.279	20.65	14.57	0.00	0.00	31.00	0.00
238.983	0.279	20.65	14.80	0.00	0.00	31.00	0.00
239.262	0.100	20.65	5.37	0.00	0.00	31.00	0.00
239.362	0.279	21.39	15.11	0.00	0.00	31.00	0.00
239.641	0.279	21.39	15.32	0.00	0.00	31.00	0.00
239.920	0.117	21.39	6.47	0.00	0.00	31.00	0.00
240.037	0.279	22.08	15.60	0.00	0.00	31.00	0.00
240.316	0.279	22.08	15.79	0.00	0.00	31.00	0.00
240.595	0.154	22.08	8.80	0.00	0.00	31.00	0.00
240.749	0.279	22.97	16.08	0.00	0.00	31.00	0.00
241.028	0.279	22.97	16.24	0.00	0.00	31.00	0.00
241.307	0.112	22.97	6.55	0.00	0.00	31.00	0.00
241.419	0.279	23.92	16.46	0.00	0.00	31.00	0.00
241.698	0.279	23.92	16.60	0.00	0.00	31.00	0.00
241.977	0.096	23.92	5.72	0.00	0.00	31.00	0.00
242.073	0.279	24.91	16.77	0.00	0.00	31.00	0.00
242.352	0.279	24.91	16.88	0.00	0.00	31.00	0.00
242.631	0.082	24.91	4.97	0.00	0.00	31.00	0.00
242.712	0.279	25.88	17.00	0.00	0.00	31.00	0.00
242.992	0.279	25.88	17.08	0.00	0.00	31.00	0.00
243.271	0.095	25.88	5.85	0.00	0.00	31.00	0.00
243.366	0.279	26.85	17.17	0.00	0.00	31.00	0.00
243.645	0.279	26.85	17.22	0.00	0.00	31.00	0.00
243.924	0.086	26.85	5.33	0.00	0.00	31.00	0.00
244.010	0.279	27.80	17.27	0.00	0.00	31.00	0.00
244.289	0.279	27.80	17.29	0.00	0.00	31.00	0.00
244.568	0.104	27.80	6.43	0.00	0.00	31.00	0.00
244.672	0.279	28.68	17.31	0.00	0.00	31.00	0.00
244.951	0.279	28.68	17.30	0.00	0.00	31.00	0.00
245.230	0.129	28.68	7.99	0.00	0.00	31.00	0.00
245.359	0.279	29.46	17.28	0.00	0.00	31.00	0.00
245.638	0.279	29.46	17.24	0.00	0.00	31.00	0.00
245.917	0.183	29.46	11.30	0.00	0.00	31.00	0.00
246.100	0.279	31.05	17.16	0.00	0.00	31.00	0.00
246.379	0.279	31.05	17.08	0.00	0.00	31.00	0.00
246.658	0.107	31.05	6.56	0.00	0.00	31.00	0.00
246.766	0.279	32.85	16.93	0.00	0.00	31.00	0.00

247.045	0.279	32.85	16.78	0.00	0.00	31.00	0.00
247.324	0.083	32.85	4.98	0.00	0.00	31.00	0.00
247.407	0.279	34.72	16.56	0.00	0.00	31.00	0.00
247.686	0.279	34.72	16.35	0.00	0.00	31.00	0.00
247.965	0.058	34.72	3.39	0.00	0.00	31.00	0.00
248.024	0.279	36.50	16.06	0.00	0.00	31.00	0.00
248.303	0.279	36.50	15.78	0.00	0.00	31.00	0.00
248.582	0.089	36.50	4.96	0.00	0.00	31.00	0.00
248.670	0.279	38.68	15.37	0.00	0.00	31.00	0.00
248.950	0.279	38.68	15.01	0.00	0.00	31.00	0.00
249.229	0.134	38.68	7.09	0.00	0.00	31.00	0.00
249.363	0.279	40.36	14.44	0.00	0.00	31.00	0.00
249.642	0.279	40.36	14.01	0.00	0.00	31.00	0.00
249.921	0.241	40.36	11.74	0.00	0.00	31.00	0.00
250.161	0.089	41.77	4.23	0.00	0.00	31.00	0.00
250.250	0.279	41.77	12.73	0.00	0.00	31.00	0.00
250.529	0.279	41.77	11.67	0.00	0.00	31.00	0.00
250.808	0.279	41.77	10.60	0.00	0.00	31.00	0.00
251.087	0.230	41.77	7.95	0.00	0.00	31.00	0.00
251.318	0.279	42.46	8.64	0.00	0.00	31.00	0.00
251.597	0.223	42.46	6.13	0.00	0.00	31.00	0.00
251.820	0.279	42.46	6.67	0.00	0.00	31.00	0.00
252.099	0.279	42.46	5.57	0.00	0.00	31.00	0.00
252.378	0.279	42.46	4.48	0.00	0.00	31.00	0.00
252.657	0.279	42.46	3.38	0.00	0.00	31.00	0.00
252.936	0.279	42.46	2.29	0.00	0.00	31.00	0.00
253.215	0.279	42.46	1.19	0.00	0.00	31.00	0.00
253.494	0.164	42.46	0.19	0.00	0.00	31.00	0.00

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

rho(x)	X	FS_FEM	ht FS_p-qFEM	yt	yt'	E(x)	T(x)	E'
--------	---	--------	-----------------	----	-----	------	------	----

(--)	(m)	(--)	(m)	(m)	(--)	(kN/m)	(kN/m)	(kN)
0.040	227.112	10.535	0.000	717.397	0.343	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	2.7710418364E-001
0.040	227.391	10.535	0.019	717.492	0.343	8.0570938377E-002	4.9261067040E-004	3.0036791820E-001
0.040	227.670	6.392	0.038	717.588	0.369	1.6763355287E-001	2.7351004325E-003	3.2456884323E-001
0.074	227.949	4.605	0.071	717.698	0.371	2.6171088390E-001	9.6659490535E-003	3.5071965950E-001
0.130	228.228	3.792	0.091	717.795	0.345	3.6336811378E-001	2.3526965324E-002	3.7897747157E-001
0.201	228.507	3.294	0.110	717.891	0.337	4.7321596206E-001	4.7321855442E-002	4.0928077975E-001
0.231	228.630	3.135	0.116	717.931	0.344	5.2432608120E-001	6.0258499342E-002	4.2348395817E-001
0.303	228.909	2.823	0.138	718.029	0.355	6.4714246395E-001	9.7411075028E-002	4.5785865167E-001
0.372	229.188	2.565	0.160	718.128	0.349	7.7985427792E-001	1.4401424509E-001	8.2405650837E+000
0.407	229.351	2.444	0.170	718.183	0.340	2.8622649059E+000	5.7930854673E-001	9.1745620412E+000
0.466	229.630	2.266	0.189	718.279	0.344	3.7018091219E+000	8.5784721411E-001	3.1223329482E+000
0.524	229.909	2.066	0.208	718.375	0.354	4.6048203975E+000	1.1990106586E+000	3.4666113560E+000
0.583	230.188	1.879	0.232	718.476	0.362	5.6365043500E+000	1.6328720080E+000	3.8553841410E+000
0.642	230.467	1.747	0.256	718.578	0.363	6.7564874100E+000	2.1555501960E+000	3.9622698258E+000
0.652	230.515	1.727	0.261	718.595	0.354	6.9440807627E+000	2.2499876545E+000	4.0137625111E+000
0.710	230.794	1.626	0.281	718.693	0.367	8.1629351408E+000	2.8809397072E+000	4.4731378660E+000
0.770	231.073	1.537	0.310	718.800	0.384	9.4405124636E+000	3.6130319107E+000	4.3584669291E+000
0.826	231.343	1.467	0.340	718.904	0.390	1.0561825868E+001	4.3352006443E+000	4.2969562515E+000
0.883	231.622	1.409	0.372	719.014	0.391	1.1804532215E+001	5.1799346143E+000	4.5269697920E+000
0.939	231.901	1.362	0.402	719.122	0.382	1.3088300847E+001	6.1051312750E+000	4.6495609716E+000
0.975	232.090	1.338	0.421	719.193	0.392	1.3973357686E+001	6.7665123176E+000	4.8369131201E+000
1.000	232.369	1.309	0.455	719.306	0.388	1.5386593389E+001	7.6457911321E+000	5.1055120903E+000
	232.649		0.481	719.410	0.371	1.6822713689E+001	8.3594173116E+000	5.1171998644E+000

237.961	1.011	721.542	0.431	4.8780630334E+001	2.4239706698E+001	5.4704871759E+000
1.000 238.058	1.268 1.021	1.203 721.585	0.436	4.9305442051E+001	2.4500492218E+001	5.3926292877E+000
1.000 238.250	1.268 1.035	1.202 721.668	0.439	5.0332146200E+001	2.5010674380E+001	5.3001861269E+000
1.000 238.529	1.268 1.057	1.201 721.792	0.449	5.1795722408E+001	2.5737943745E+001	5.1671042204E+000
1.000 238.704	1.268 1.074	1.199 721.872	0.457	5.2690001388E+001	2.6182322180E+001	5.0435297697E+000
1.000 238.983	1.267 1.096	1.197 721.999	0.460	5.4064020876E+001	2.6865089687E+001	4.8295974968E+000
1.000 239.262	1.267 1.121	1.194 722.129	0.465	5.5385371094E+001	2.7521685174E+001	4.6352831797E+000
1.000 239.362	1.266 1.130	1.191 722.176	0.473	5.5846026043E+001	2.7750590393E+001	4.5377056731E+000
1.000 239.641	1.265 1.153	1.190 722.308	0.479	5.7064284346E+001	2.8355958215E+001	4.2588311212E+000
1.000 239.920	1.263 1.179	1.186 722.443	0.483	5.8222854421E+001	2.8931666208E+001	4.0635725103E+000
1.000 240.037	1.262 1.189	1.183 722.499	0.483	5.8692861983E+001	2.9165218858E+001	3.9262122765E+000
1.000 240.316	1.260 1.211	1.181 722.634	0.484	5.9721468846E+001	2.9676346502E+001	3.5622575438E+000
1.000 240.595	1.257 1.233	1.177 722.769	0.483	6.0680936781E+001	3.0153118146E+001	3.3018583592E+000
1.000 240.749	1.255 1.244	1.172 722.844	0.495	6.1177985341E+001	3.0400107806E+001	3.0932965780E+000
1.000 241.028	1.251 1.266	1.170 722.984	0.501	6.1973835108E+001	3.0795575532E+001	2.7095511868E+000
1.000 241.307	1.247 1.288	1.164 723.123	0.498	6.2690169781E+001	3.1151531210E+001	2.3111982655E+000
1.000 241.419	1.246 1.295	1.159 723.178	0.495	6.2937047459E+001	3.1274207823E+001	2.1364511417E+000
1.000 241.698	1.241 1.310	1.157 723.317	0.495	6.3482883014E+001	3.1545440353E+001	1.8043862567E+000
1.000 241.977	1.236 1.324	1.152 723.455	0.495	6.3944064722E+001	3.1774607325E+001	1.3985860319E+000
1.000 242.073	1.234 1.329	1.147 723.502	0.496	6.4069469555E+001	3.1836922558E+001	1.2315807411E+000
1.000 242.352	1.229 1.338	1.145 723.640	0.494	6.4348047830E+001	3.1975351595E+001	8.4075908842E-001
1.000 242.631	1.224 1.346	1.140 723.778	0.497	6.4538692214E+001	3.2070085179E+001	4.8011108893E-001
1.000 242.712	1.222 1.350	1.134 723.820	0.505	6.4573103212E+001	3.2087184436E+001	3.4661945770E-001
1.000 242.992	1.355 1.132	1.132 723.960	0.505	6.4599456664E+001	3.2100279796E+001	-6.9491705630E-002

1.000	1.216	1.127					
	243.271	1.361	724.102	0.509	6.4534320304E+001	3.2067912722E+001	-4.2839338032E-001
1.000	1.210	1.121					
	243.366	1.364	724.151	0.512	6.4487129326E+001	3.2044462934E+001	-6.0296429569E-001
1.000	1.208	1.119					
	243.645	1.365	724.294	0.515	6.4230693805E+001	3.1917036909E+001	-1.0919890211E+000
1.000	1.202	1.113					
	243.924	1.368	724.438	0.523	6.3877696733E+001	3.1741628239E+001	-1.4433428903E+000
1.000	1.195	1.106					
	244.010	1.371	724.485	0.521	6.3748539301E+001	3.1677448292E+001	-1.6164632872E+000
1.000	1.193	1.104					
	244.289	1.368	724.628	0.521	6.3190839628E+001	3.1400320333E+001	-2.1811515756E+000
1.000	1.186	1.098					
	244.568	1.368	724.775	0.524	6.2531251548E+001	3.1072562748E+001	-2.5916211441E+000
1.000	1.179	1.091					
	244.672	1.367	724.829	0.538	6.2253823166E+001	3.0934705108E+001	-2.7992103710E+000
1.000	1.176	1.088					
	244.951	1.366	724.981	0.551	6.1380373869E+001	3.0500677203E+001	-3.3246751650E+000
1.000	1.168	1.081					
	245.230	1.369	725.136	0.553	6.0398341684E+001	3.0012693100E+001	-3.7834693332E+000
1.000	1.159	1.074					
	245.359	1.369	725.207	0.569	5.9894720274E+001	2.9762437308E+001	-4.0332252547E+000
1.000	1.155	1.070					
	245.638	1.373	725.369	0.570	5.8692177110E+001	2.9164878536E+001	-4.5161001240E+000
1.000	1.145	1.062					
	245.917	1.372	725.525	0.558	5.7374311592E+001	2.8510014640E+001	-4.9520394598E+000
1.000	1.135	1.054					
	246.100	1.370	725.627	0.569	5.6440108278E+001	2.8045797302E+001	-5.3101876931E+000
1.000	1.128	1.050					
	246.379	1.363	725.788	0.578	5.4869982062E+001	2.7265581904E+001	-5.8925933893E+000
1.000	1.117	1.042					
	246.658	1.357	725.949	0.578	5.3151486872E+001	2.6411640101E+001	-6.2198744130E+000
1.000	1.107	1.035					
	246.766	1.354	726.012	0.597	5.2480394636E+001	2.6078165957E+001	-6.3494828940E+000
1.000	1.103	1.033					
	247.045	1.342	726.180	0.604	5.0631838824E+001	2.5159595402E+001	-6.8216175176E+000
1.000	1.092	1.027					
	247.324	1.331	726.349	0.604	4.8673290377E+001	2.4186368127E+001	-7.2433251783E+000
1.000	1.082	1.021					
	247.407	1.327	726.399	0.599	4.8064677683E+001	2.3883940850E+001	-7.3531152730E+000
1.000	1.079	1.020					
	247.686	1.301	726.566	0.588	4.5972805839E+001	2.2844463509E+001	-7.7321099340E+000
1.000	1.070	1.015					
	247.965	1.269	726.727	0.580	4.3749433008E+001	2.1739641678E+001	-7.9323444991E+000
1.000	1.061	1.012					
	248.024	1.263	726.761	0.592	4.3286788015E+001	2.1509747582E+001	-7.9750706756E+000
1.000	1.059	1.011					

248.303	1.222	726.927	0.618	4.0994502790E+001	2.0370682318E+001	-8.3741348376E+000
1.000 248.582	1.051 1.195	1.009 727.106	0.650	3.8613233051E+001	1.9187399535E+001	-8.4384219968E+000
1.000 248.670	1.045 1.188	1.007 727.166	0.635	3.7866703847E+001	1.8816439816E+001	-8.4798700013E+000
1.000 248.950	1.043 1.139	1.007 727.340	0.632	3.5437517543E+001	1.7609346691E+001	-8.8268901785E+000
1.000 249.229	1.039 1.094	1.007 727.518	0.647	3.2940468814E+001	1.6368531876E+001	-9.0074902143E+000
1.000 249.363	1.037 1.075	1.008 727.607	0.640	3.1728512059E+001	1.5766295372E+001	-9.0142536072E+000
1.000 249.642	1.037 1.014	1.010 727.783	0.644	2.9225649564E+001	1.4522591623E+001	-9.3186334695E+000
1.000 249.921	1.039 0.961	1.014 727.967	0.638	2.6527838014E+001	1.3182015246E+001	-1.0077088176E+001
1.000 250.161	1.045 0.904	1.020 728.114	0.616	2.4017380377E+001	1.1934537377E+001	-1.0257956119E+001
1.000 250.250	1.056 0.880	1.027 728.170	0.617	2.3114832150E+001	1.1486049849E+001	-1.0350082911E+001
1.000 250.529	1.061 0.803	1.030 728.341	0.607	2.0089984984E+001	9.9829653743E+000	-1.0854319955E+001
1.000 250.808	1.088 0.721	1.043 728.508	0.602	1.7057100589E+001	8.4758871004E+000	-1.0630096558E+001
1.000 251.087	1.136 0.640	1.062 728.677	0.613	1.4157391170E+001	7.0349851409E+000	-1.0128058241E+001
1.000 251.318	1.172 0.578	1.088 728.821	0.615	1.1873601583E+001	5.9001414668E+000	-9.5785160547E+000
1.000 251.597	1.206 0.492	1.119 728.990	0.623	9.3129337133E+000	4.6277135035E+000	-8.8796957023E+000
1.000 251.820	1.263 0.431	1.178 729.134	0.644	7.3825313839E+000	3.2150458659E+000	-8.0992187612E+000
0.876 252.099	1.329 0.356	1.254 729.314	0.643	5.3117278330E+000	1.7060684829E+000	-6.6513615306E+000
0.646 252.378	1.435 0.279	1.415 729.493	0.660	3.6704459806E+000	7.6402663206E-001	-5.4000376128E+000
0.419 252.657	1.602 0.213	1.593 729.682	0.678	2.2979988833E+000	2.4938895246E-001	-4.3538539326E+000
0.218 252.936	1.881 0.147	1.871 729.871	0.691	1.2405859351E+000	6.9833662927E-002	-3.2640853576E+000
0.113 253.215	2.355 0.088	2.343 730.067	0.709	4.7633221324E-001	1.4480452184E-002	-2.1219519851E+000
0.061 253.494	3.300 0.032	3.287 730.267	0.709	5.6337123190E-002	9.6003509169E-004	-7.7348226548E-001
0.040	1.721	1.573				

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
 yt(m) : coordinata Y linea di trust
 yt' (-) : gradiente pendenza locale linea di trust
 E(x) (kN/m) : Forza Normale interconcio
 T(x) (kN/m) : Forza Tangenziale interconci
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
 Rho(x) (-) : fattore mobilitazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al. (2003)
 FS_FEM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
 FS_SRM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
227.112	0.279	0.289	15.390	0.179	0.052	0.373	0.108
227.391	0.279	0.289	15.390	0.536	0.155	1.119	0.324
227.670	0.279	0.289	15.390	0.893	0.259	1.869	0.541
227.949	0.279	0.289	15.390	1.251	0.362	2.620	0.758
228.228	0.279	0.289	15.390	1.608	0.465	3.373	0.976
228.507	0.123	0.127	15.390	1.865	0.238	3.915	0.499
228.630	0.279	0.289	15.390	2.123	0.614	4.458	1.290
228.909	0.279	0.289	15.390	2.480	0.718	5.212	1.508
229.188	0.163	0.169	15.390	2.763	0.467	6.425	1.086
229.351	0.279	0.289	15.429	3.052	0.884	6.594	1.909
229.630	0.279	0.289	15.429	3.409	0.987	7.393	2.140
229.909	0.279	0.289	15.429	3.766	1.090	8.218	2.379
230.188	0.279	0.289	15.429	4.123	1.194	9.039	2.617
230.467	0.047	0.049	15.429	4.332	0.213	9.503	0.468
230.515	0.279	0.290	15.500	4.558	1.320	9.992	2.894
230.794	0.279	0.290	15.500	4.915	1.423	10.820	3.133
231.073	0.271	0.281	15.500	5.266	1.478	11.558	3.245
231.343	0.279	0.290	15.574	5.639	1.634	12.358	3.580
231.622	0.279	0.290	15.574	5.996	1.737	13.162	3.813
231.901	0.189	0.196	15.574	6.294	1.235	13.823	2.712
232.090	0.279	0.290	15.665	6.625	1.920	14.331	4.153
232.369	0.279	0.290	15.665	6.981	2.023	14.916	4.323
232.649	0.103	0.107	15.665	7.225	0.776	15.410	1.655
232.752	0.279	0.290	15.735	7.496	2.173	15.933	4.619
233.031	0.279	0.290	15.735	7.851	2.276	16.666	4.832
233.310	0.109	0.113	15.735	8.099	0.919	17.166	1.948
233.419	0.279	0.290	15.804	8.376	2.429	17.689	5.130
233.698	0.279	0.290	15.804	8.731	2.532	18.417	5.341
233.977	0.111	0.116	15.804	8.979	1.037	18.945	2.188

234.088	0.279	0.290	15.873	9.260	2.687	19.459	5.645
234.368	0.279	0.290	15.873	9.615	2.789	20.160	5.848
234.647	0.120	0.124	15.873	9.868	1.226	20.682	2.570
234.766	0.279	0.290	15.940	10.157	2.948	21.168	6.143
235.045	0.279	0.290	15.940	10.510	3.050	21.879	6.349
235.324	0.127	0.132	15.940	10.768	1.422	22.409	2.960
235.451	0.279	0.291	16.687	11.452	3.336	22.687	6.609
235.730	0.279	0.291	16.687	11.799	3.437	23.350	6.802
236.009	0.101	0.105	16.687	12.036	1.267	23.811	2.507
236.110	0.279	0.293	17.470	12.743	3.728	23.978	7.014
236.389	0.279	0.293	17.470	13.082	3.827	24.592	7.194
236.668	0.092	0.097	17.470	13.307	1.289	24.985	2.420
236.761	0.279	0.294	18.275	14.035	4.124	25.091	7.374
237.040	0.279	0.294	18.275	14.362	4.221	25.656	7.539
237.319	0.084	0.088	18.275	14.576	1.290	26.019	2.302
237.403	0.279	0.295	19.066	15.298	4.517	26.063	7.695
237.682	0.279	0.295	19.066	15.613	4.610	26.579	7.847
237.961	0.097	0.102	19.066	15.825	1.621	26.918	2.758
238.058	0.192	0.204	19.863	16.515	3.377	26.854	5.491
238.250	0.279	0.297	19.863	16.768	4.975	27.252	8.086
238.529	0.175	0.186	19.863	17.011	3.160	27.633	5.133
238.704	0.279	0.298	20.648	17.780	5.302	27.661	8.249
238.983	0.279	0.298	20.648	18.061	5.386	28.083	8.374
239.262	0.100	0.107	20.648	18.253	1.954	28.369	3.036
239.362	0.279	0.300	21.395	18.950	5.679	28.305	8.483
239.641	0.279	0.300	21.395	19.213	5.758	28.683	8.596
239.920	0.117	0.125	21.395	19.400	2.432	28.953	3.630
240.037	0.279	0.301	22.079	20.054	6.039	28.886	8.698
240.316	0.279	0.301	22.079	20.299	6.113	29.225	8.800
240.595	0.154	0.166	22.079	20.489	3.406	29.487	4.902
240.749	0.279	0.303	22.967	21.286	6.451	29.306	8.882
241.028	0.279	0.303	22.967	21.505	6.518	29.595	8.969
241.307	0.112	0.121	22.967	21.658	2.629	29.792	3.617
241.419	0.279	0.305	23.923	22.457	6.856	29.510	9.009
241.698	0.279	0.305	23.923	22.645	6.913	29.748	9.081
241.977	0.096	0.105	23.923	22.770	2.382	29.904	3.128
242.073	0.279	0.308	24.910	23.548	7.245	29.551	9.092
242.352	0.279	0.308	24.910	23.701	7.292	29.737	9.149
242.631	0.082	0.090	24.910	23.799	2.147	29.856	2.693
242.712	0.279	0.310	25.882	24.521	7.605	29.461	9.138
242.992	0.279	0.310	25.882	24.635	7.641	29.597	9.180
243.271	0.095	0.106	25.882	24.711	2.619	29.687	3.146
243.366	0.279	0.313	26.855	25.389	7.941	29.256	9.151
243.645	0.279	0.313	26.855	25.462	7.964	29.342	9.178
243.924	0.086	0.097	26.855	25.510	2.465	29.398	2.840
244.010	0.279	0.315	27.798	26.116	8.238	28.947	9.131
244.289	0.279	0.315	27.798	26.147	8.248	28.986	9.144

244.568	0.104	0.117	27.798	26.168	3.066	29.014	3.400
244.672	0.279	0.318	28.679	26.684	8.487	28.567	9.086
244.951	0.279	0.318	28.679	26.673	8.484	28.564	9.085
245.230	0.129	0.147	28.679	26.664	3.919	28.564	4.198
245.359	0.279	0.320	29.456	27.072	8.676	28.145	9.020
245.638	0.279	0.320	29.456	27.021	8.660	28.105	9.007
245.917	0.183	0.210	29.456	26.979	5.673	28.073	5.903
246.100	0.279	0.326	31.055	27.723	9.030	27.187	8.856
246.379	0.279	0.326	31.055	27.586	8.986	27.079	8.821
246.658	0.107	0.125	31.055	27.491	3.449	26.991	3.387
246.766	0.279	0.332	32.849	28.162	9.354	25.948	8.619
247.045	0.279	0.332	32.849	27.920	9.274	25.753	8.554
247.324	0.083	0.099	32.849	27.762	2.751	25.628	2.540
247.407	0.279	0.339	34.719	28.267	9.597	24.490	8.314
247.686	0.279	0.339	34.719	27.905	9.474	24.222	8.223
247.965	0.058	0.071	34.719	27.687	1.966	24.033	1.707
248.024	0.279	0.347	36.496	27.966	9.707	22.926	7.958
248.303	0.279	0.347	36.496	27.482	9.540	22.573	7.836
248.582	0.089	0.110	36.496	27.164	3.000	22.309	2.464
248.670	0.279	0.357	38.684	27.284	9.753	20.947	7.488
248.950	0.279	0.357	38.684	26.640	9.523	20.502	7.329
249.229	0.134	0.172	38.684	26.163	4.495	20.162	3.464
249.363	0.279	0.366	40.355	25.894	9.482	18.975	6.948
249.642	0.279	0.366	40.355	25.120	9.198	18.527	6.784
249.921	0.241	0.316	40.355	24.399	7.706	18.123	5.724
250.161	0.089	0.119	41.767	24.072	2.857	17.160	2.037
250.250	0.279	0.374	41.767	22.970	8.594	16.522	6.181
250.529	0.279	0.374	41.767	21.049	7.875	15.264	5.711
250.808	0.279	0.374	41.767	19.128	7.156	13.939	5.215
251.087	0.230	0.309	41.767	17.374	5.368	12.723	3.931
251.318	0.279	0.378	42.457	15.625	5.910	11.272	4.263
251.597	0.223	0.303	42.457	13.842	4.191	10.614	3.214
251.820	0.279	0.378	42.457	12.059	4.561	9.219	3.487
252.099	0.279	0.378	42.457	10.078	3.812	7.390	2.795
252.378	0.279	0.378	42.457	8.097	3.062	5.698	2.155
252.657	0.279	0.378	42.457	6.116	2.313	4.098	1.550
252.936	0.279	0.378	42.457	4.135	1.564	2.706	1.023
253.215	0.279	0.378	42.457	2.154	0.815	1.394	0.527
253.494	0.164	0.222	42.457	0.582	0.129	0.375	0.083

 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
 dx(m) : Larghezza concio
 dl (m) : lunghezza base concio
 al pha(°) : Angolo pendenza base concio
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio

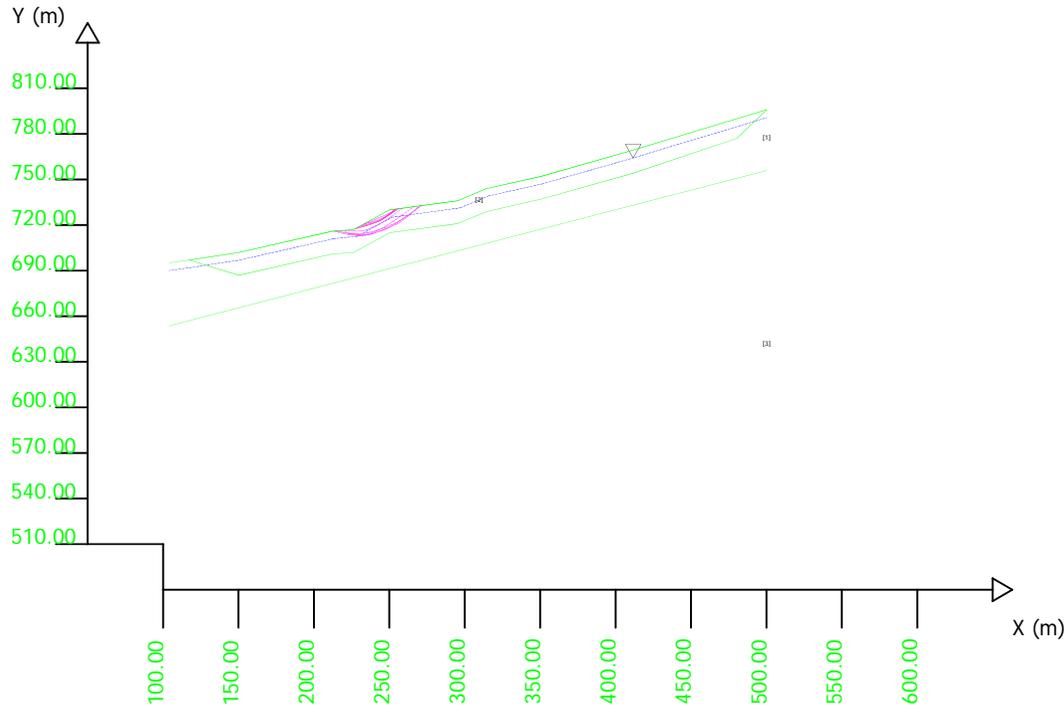
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

SSAP 4.9.0 (2017) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.5.0 (2017)

Data : 21/11/2017
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

# Parametri Geotecnici degli strati #									
N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa
1	53.00	0	0	20.00	21.00	0	0	0	0
2	31.00	0	0	18.00	19.00	0	0	0	0
3	56.00	0	0	22.00	23.00	0	0	0	0

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



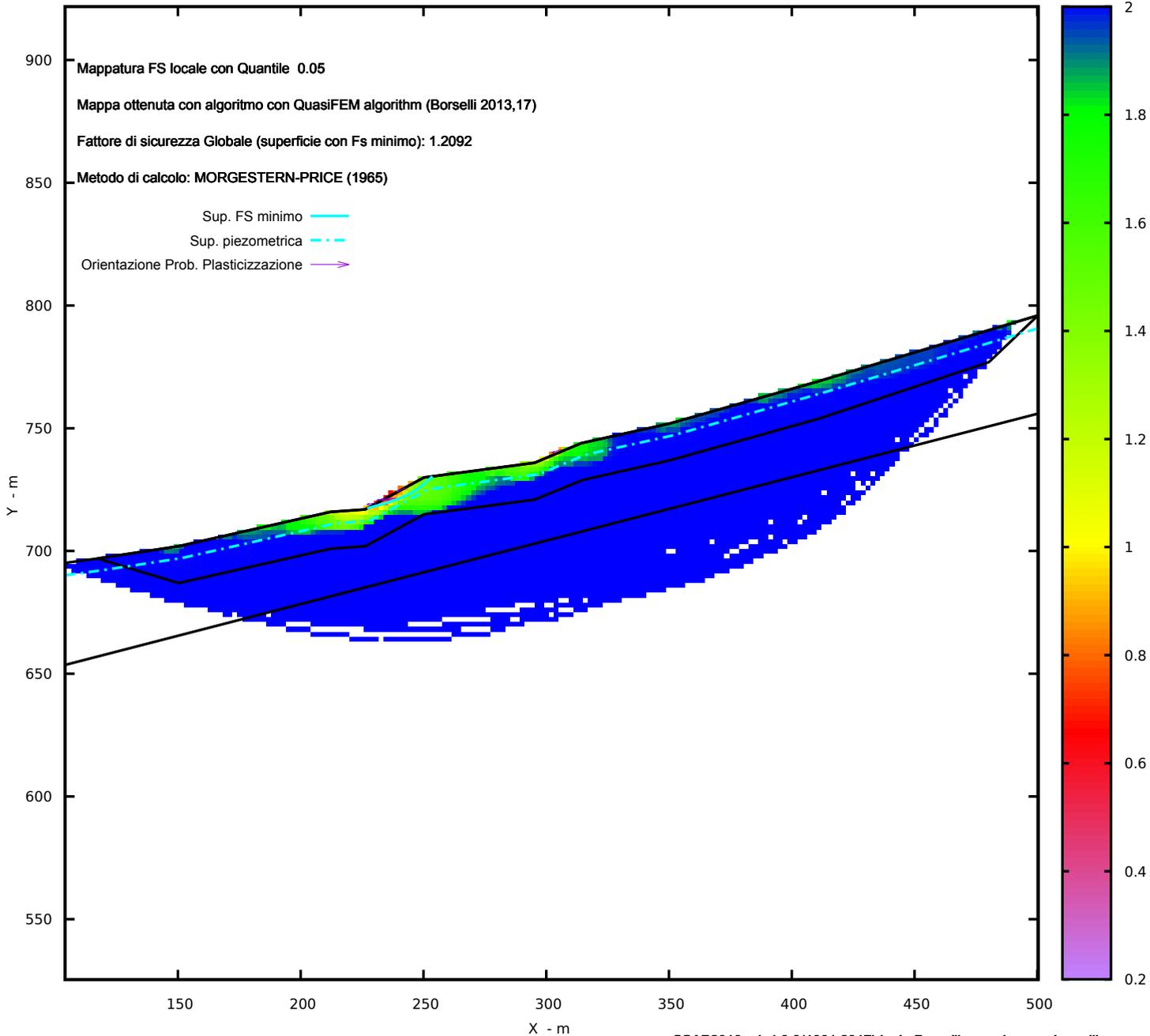
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.2092
 Range Fs : 1.2092 - 1.3965
 Differenza % Range Fs : 13.41
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0120

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 20.0
 Range X inizio generazione : 104.1 - 460.6
 Range X termine generazione : 143.7 - 492.3
 Livello Y minimo considerato : 525.5

MAPPA FS LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



MAPPA OSR(Over stress ratio) LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)

