



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 Prignano sulla Secchia



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

Responsabile

Arch. Gianluca Giullari

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	10
3.1. Sismicità del territorio comunale	12
4. Assetto geologico e geomorfologico dell'area.....	22
4.1. Inquadramento geologico	22
4.1.1. Il lineamento Interno e il Settore strutturale meridionale (territorio di Palagano)	27
4.1.2. Settore Centrale e lineamento Mediano (territori di Palagano e Montefiorino)	27
4.1.3. Settore Settentrionale, sistema della Val Rossenna e Vicariante della Val Rossenna (territorio di Prignano sulla Secchia)	29
4.1.4. Settore della collina (territorio di Prignano)	29
4.1.5. Analisi morfostrutturale e strutture tettoniche trasversali.....	30
4.2. Geologia dell'area oggetto di analisi di MS3	34
4.3. Inquadramento geomorfologico	35
4.3.1. Frane.....	35
4.3.2. Altri depositi di versante di varia genesi	37
4.3.3. Morfologie legate all'azione delle acque di ruscellamento superficiale	38
4.4. Geomorfologia dell'area oggetto di analisi di MS3.....	41
5. Modello del sottosuolo	46
5.1. Descrizione generale per i territori dell'Unione dei Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia"	46
5.1.1. Unità Liguridi.....	46
5.1.2. Unità Subliguri	49
5.1.3. Unità di pertinenza toscana o di dubbia attribuzione paleogeografica.....	49
5.1.4. Successione Epiligure	51
5.2. Descrizione specifica del modello del sottosuolo relativa al territorio comunale di Prignano sulla Secchia e dell'area oggetto di MS3.....	53
6. Dati geotecnici e geofisici.....	56
7. Interpretazioni e incertezze	65
8. Metodologie di elaborazione e risultati.....	67
8.1. La microzonazione sismica di I e II livello nell'area d'indagine (sintesi).....	67

8.2. Analisi di III livello per l'area d'indagine	69
8.2.1. Inversione congiunta delle curve di dispersione ed H/V	70
8.2.2. Analisi della risposta sismica locale (1D).....	74
8.2.3. Caratteristiche del corpo di frana dedotte dai risultati della modellazione 1D	79
8.2.4. Analisi di risposta sismica locale 2D	79
8.2.5. Calcolo del massimo spostamento co-sismico tramite l'approccio di Newmark	85
9. Elaborati cartografici	92
9.1. Carta delle indagini	93
9.2. Carta delle Vs	94
9.3. Carta delle frequenze	95
9.4. Carta delle MOPS	96
9.5. Carta di microzonazione sismica (MS_0203)	97
10. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati.....	98
11. Bibliografia	99

1. INTRODUZIONE

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

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 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 Prignano sulla Secchia 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 "quiescente" dalla letteratura scientifica e dai documenti tecnici consultati. Allo stesso tempo, il corpo di frana rappresenta il fenomeno franoso di gran lunga maggiormente distruttivo in epoca storica, con l'evento principale documentato al 1790, interessa attualmente un tratto di viabilità strategica (SP 24) per i collegamenti tra il paese di Saltino ed il Capoluogo e, in ultima istanza, con la SP486R, con evidenti ripercussioni sulla Condizione Limite per l'Emergenza (CLE). Infine, il corpo di frana in esame coinvolge direttamente alcuni edifici privati e strutture pubbliche.

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>

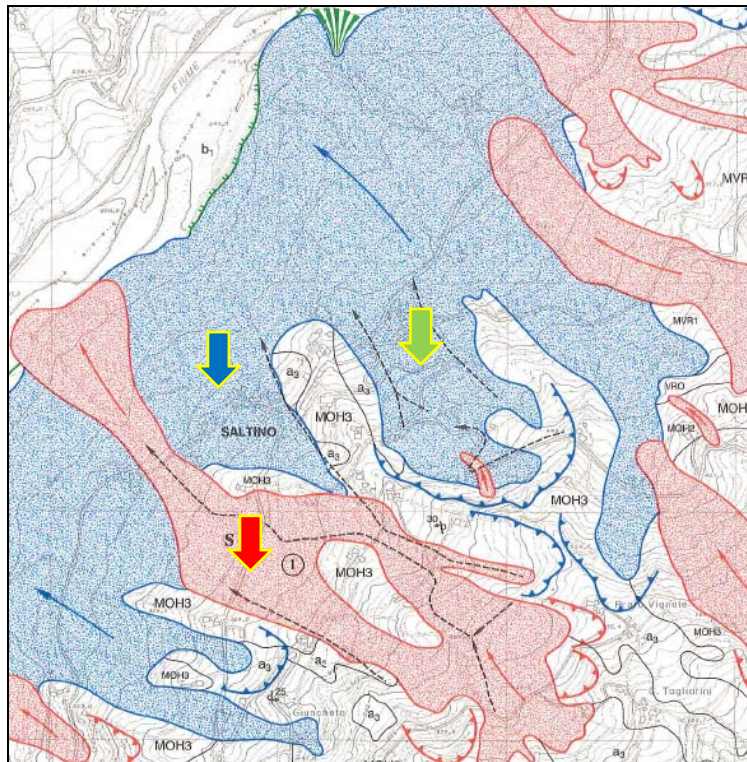


Figura 1 – Stralcio della cartografia dei dissesti relativi all’area di Saltino, contenuta nell’Atlante dei centri abitati instabili dell’Emilia–Romagna, a cura di A. Annovi e G. Simoni (fascicolo nr. 4 – Provincia di Modena) (1993) – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche – Previsione e prevenzione di eventi franosi a grande rischio, Programma Speciale SCAI, Studio Centri Abitati Instabili).
Legenda – poligoni rossi con frecce rosse sottili: frane attive; poligoni blu con frecce blu sottili: frane quiescenti; frecce nere tratteggiate, sottili: drenaggi e/o fossi di scolo. Freccia blu grande: settore interessato dalle frane del 1931 e 1939; freccia rossa grande: settore considerato di più frequente attivazione; freccia verde grande: settore coinvolto dalla grande frana del 1790 ed oggetto della presente MS3.

Nonostante la sua attuale quiescenza (se si escludono frane superficiali di limitata estensione che ne hanno di recente interessato la scarpata), la frana costituisce 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, come già accaduto in passato: è un dato di fatto che frane di grandi dimensioni, già avvenute in passato, possano riattivarsi con pari magnitudo anche dopo un lasso di tempo molto ampio². 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 Prignano sulla Secchia.

² Ghinoi, A., Freddi, R., Pasuto, A., Soldati, M., 2014. Geomorphological analysis of the historic landslide of Sottrù (Badia Valley, Italy) reactivated on December 13, 2012, in: Analysis and Management of Changing Risks for Natural Hazards. Padova, p. 1–8 ISBN 9788867873074.

Mordini, A., 2003. Frane e rovine nella storia della montagna modenese attraverso i documenti. Rassegna Frignanese 33, 49–82.

Bertolini, G., Pellegrini, M., 2001. The landslides of the Emilia Apennines (northern Italy) with reference to those which resumed activity in the 1994–1999 period and required Civil Protection interventions. Quaderni di Geologia Applicata 8, 27–74.

Gli obiettivi del lavoro 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 Prignano sulla Secchia si colloca nel settore occidentale del medio Appennino Modenese, al confine con la Provincia di Reggio Emilia (Figura 2), delimitato ad ovest dal Fiume Secchia e ad est dal territorio comunale di Serramazzoni (Figura 3).

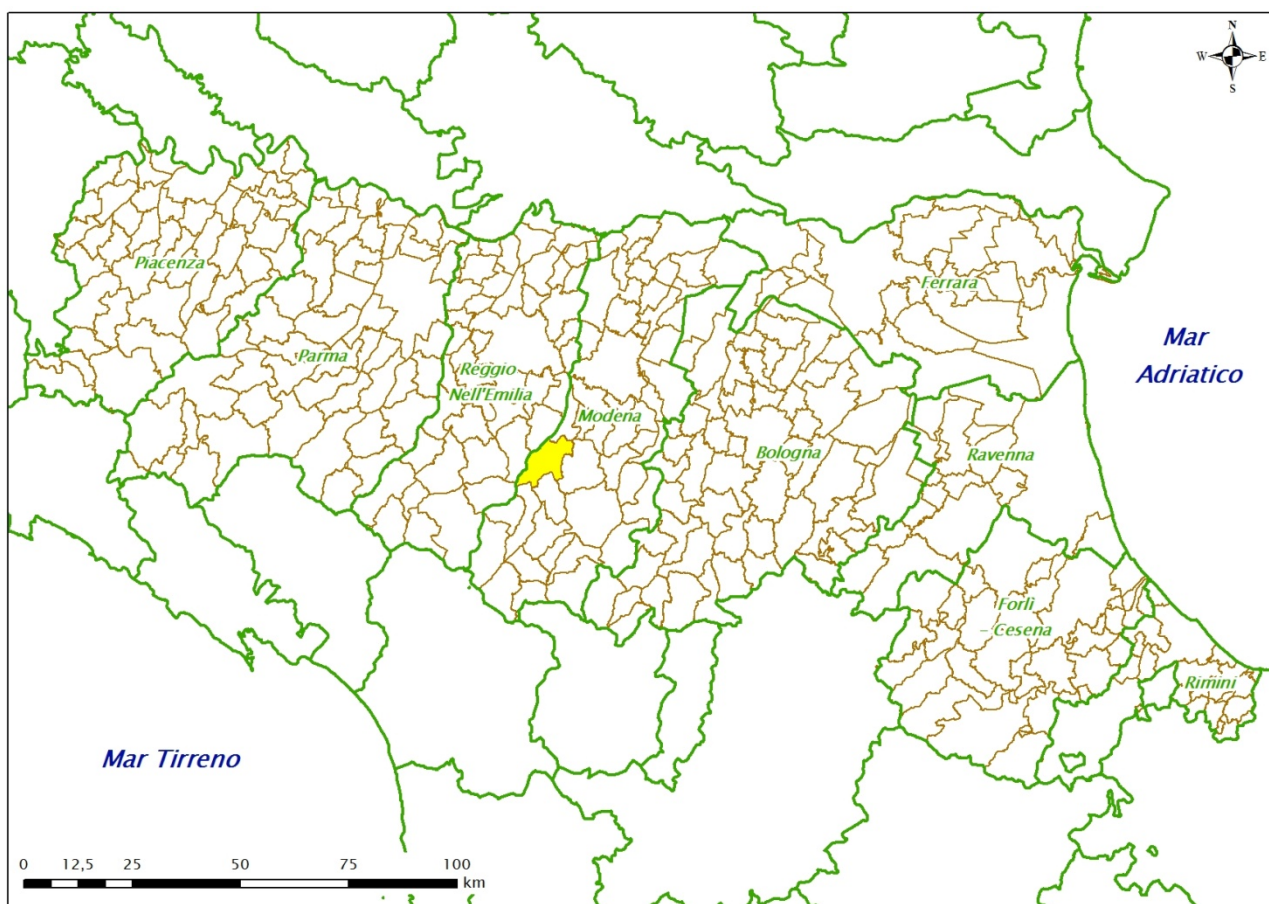


Figura 2 – Inquadramento amministrativo regionale del territorio comunale di Prignano sulla Secchia (in giallo in figura).

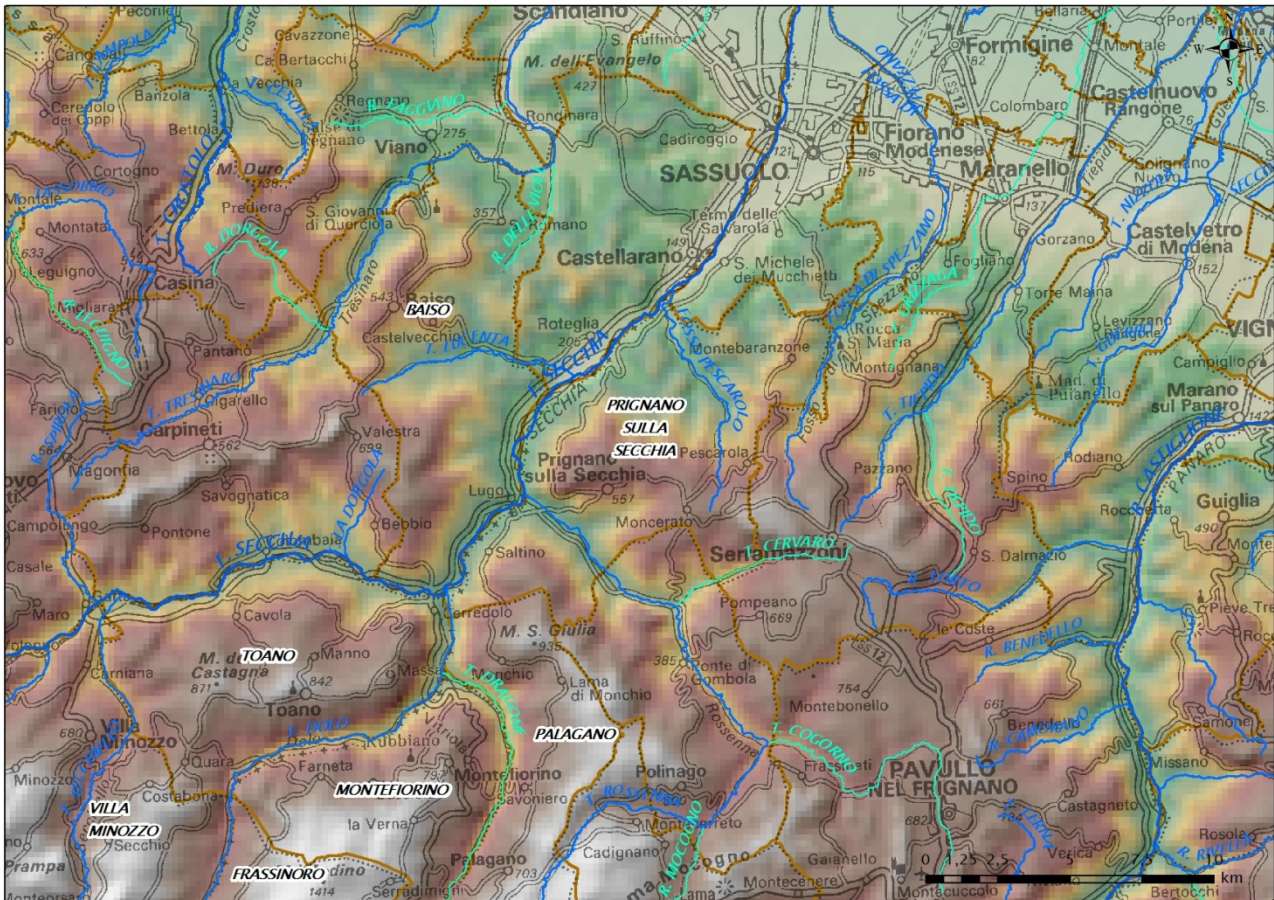


Figura 3 – Inquadramento geografico-fisico del territorio comunale di Prignano sulla Secchia. Il DEM (modello digitale delle quote) mostra le differenti fasce altimetriche: da quelle con valori relativamente più alti, in grigio chiaro, a quelle con i valori relativamente più bassi, in verde e azzurro.

Il territorio comunale di Prignano sulla Secchia fa parte dei settori altimetrici di collina, bassa montagna e media montagna, con quote sul livello del mare (dati da modello digitale delle quote) che variano da un minimo di circa 160 m lungo il corso del Fiume Secchia, nell'estremità settentrionale del territorio comunale, agli oltre 850 m nella zona di S. Pellegrinetto, lungo il confine orientale.

Il clima è caratterizzato, nel periodo 1991–2008, da precipitazioni totali annue, in media, di 831 mm e temperature medie annue di 12,6°C, pari, rispettivamente, ad una variazione di -24 mm e +0,5°C rispetto al periodo 1961–1990³.

Nella cartografia regionale, il territorio è compreso nelle Tavole alla scala 1:25.000:

- nr. 218SE denominata “Carpinetti”,
- nr. 219NO denominata “Sassuolo”,
- nr. 219SO denominata “Serramazzoni”,
- nr. 235NE denominata “Montefiorino”,
- nr. 236NO denominata “Lama Mocogno”,

³ Atlante Idroclimatico dell'Emilia-Romagna – <http://www.arpa.emr.it/sim/?clima>

nelle Sezioni alla scala 1:10.000:

- nr. 218120 denominata "Baiso",
- nr. 218160 denominata "San Cassiano",
- nr. 219060 denominata "Sassuolo",
- nr. 219090 denominata "Roteglia",
- nr. 219100 denominata "Montebaranzone",
- nr. 219130 denominata "Prignano sulla Secchia",
- nr. 219140 denominata "Serramazzone",
- nr. 235040 denominata "Montefiorino",
- nr. 236010 denominata "Gombola",

e negli Elementi alla scala 1:5.000:

- nr. 218122 denominata "Levizzano",
- nr. 218161 denominata "Lugo",
- nr. 218162 denominata "Saltino",
- nr. 218163 denominata "Cerredolo",
- nr. 219063 denominata "Montegibbio",
- nr. 219091 denominata "Vezzano",
- nr. 219092 denominata "Barighelli",
- nr. 219093 denominata "Castelvecchio",
- nr. 219094 denominata "Roteglia",
- nr. 219101 denominata "Montagnana",
- nr. 219103 denominata "Campodolio",
- nr. 219104 denominata "Montebaranzone",
- nr. 219131 denominata "Moncerato",
- nr. 219132 denominata "Casa Matteazzi",
- nr. 219133 denominata "Talbignano",
- nr. 219134 denominata "Prignano sulla Secchia",
- nr. 219143 denominata "Pompeano",
- nr. 219144 denominata "Serramazzone",
- nr. 235041 denominata "Monchio",
- nr. 235044 denominata "Massa",
- nr. 236014 denominata "S. Martino".

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 Prignano sulla Secchia, 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, la parte meridionale del territorio comunale di Prignano sulla Secchia 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).

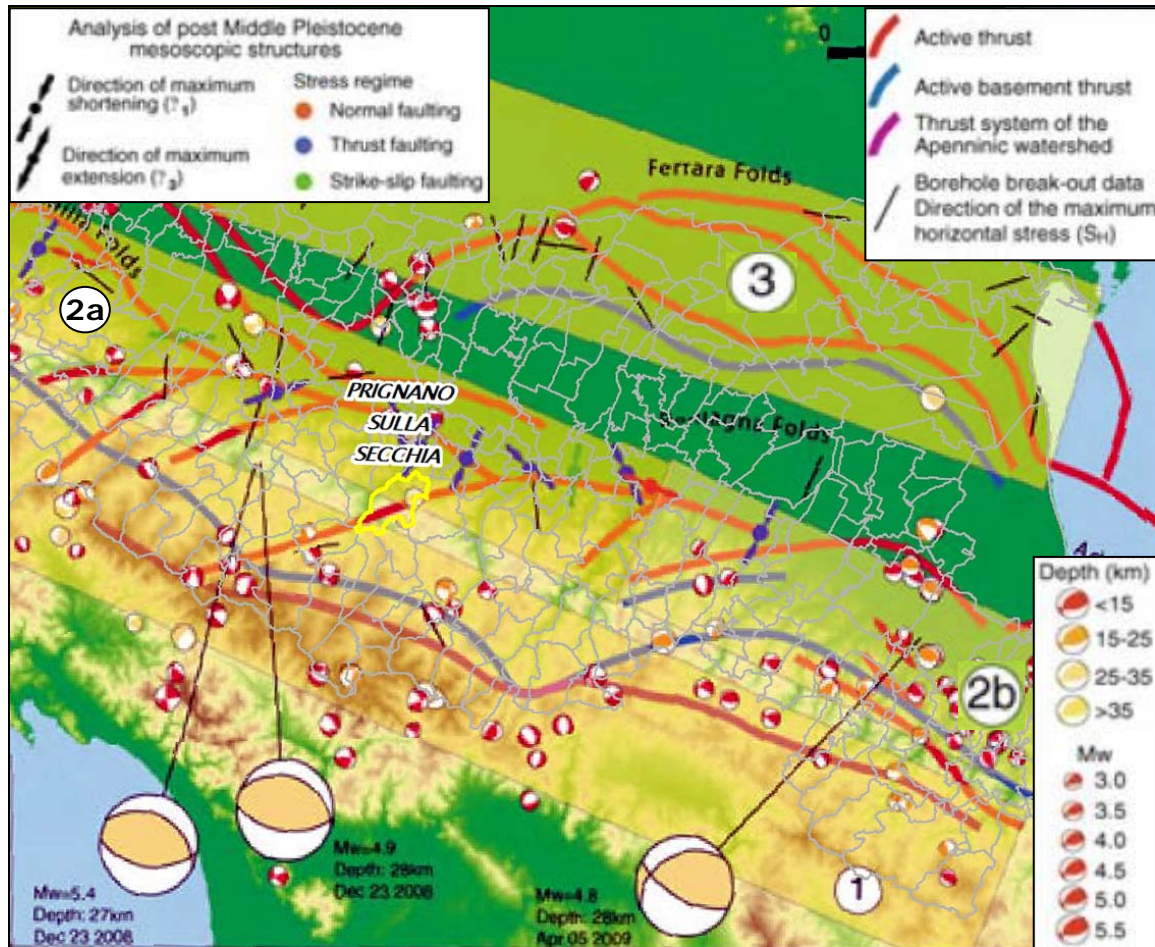


Figura 4 – Sintesi delle strutture recenti e attive del settore esterno degli Appennini settentrionali, con sovrapposte le soluzioni dei meccanismi focali (Boccaletti et al., 2004), i campi tensionali da analisi mesoscopiche (Ghiselli e Martelli, 1997) e i dati di *breakout* da pozzo (Mariucci e Muller, 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 Prignano sulla Secchia.

Gran parte del settore settentrionale del Comune si colloca, invece, all'interno di un sistema di faglie coincidente con il fronte di *thrust* del margine Appennino-Pianura (PTF) – settore nord-occidentale – (rettangolo contrassegnato col numero 2a in Figura 4). L'attività del fronte, in tale settore, è messa in luce sia da una chiara impronta morfotettonica, sia dall'analisi di linee sismiche. I sovrascorrimenti principali mostrano una disposizione *enéchelon*, con perfetta corrispondenza tra la traccia dei sistemi di *thrust* sepolti e la direzione di massimo stress

orizzontale (S_H) (Figura 4). Ciò risulta coerente con i campi di stress post-Pleistocene Medio ed attuale, derivati dall'analisi di strutture mesoscopiche e dall'analisi strutturale delle zone interessate da vulcani di fango. In modo particolare, le deformazioni attive lungo queste strutture determinano valori massimi delle variazioni di quota relative, in corrispondenza del margine Appennino-Pianura, come desumibile da livellazioni geodetiche. Infine, misure DInSAR sembrano confermare l'attività di movimento del fronte di *thrust* pedeappenninico (Boccaletti et al., 2011).

In prossimità del territorio comunale (alcuni chilometri a sud), i meccanismi focali relativi al sistema di faglie della catena appenninica 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). I meccanismi focali dei sismi relativi al PTF (settore NO), i cui epicentri ricadono all'interno del territorio comunale, rivelano la presenza di una sismicità relativamente più profonda rispetto al sistema di faglie della catena, con profondità degli ipocentri comprese tra 25 e 35 km, con Mw dell'ordine di 3.5 e con carattere di sovrascorrimento puro (direzione di massimo accorciamento variabile tra N e NE).

3.1. Sismicità del territorio comunale

Dal punto di vista sismico, al comune di Prignano sulla Secchia 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 0,158g (Figura 5).

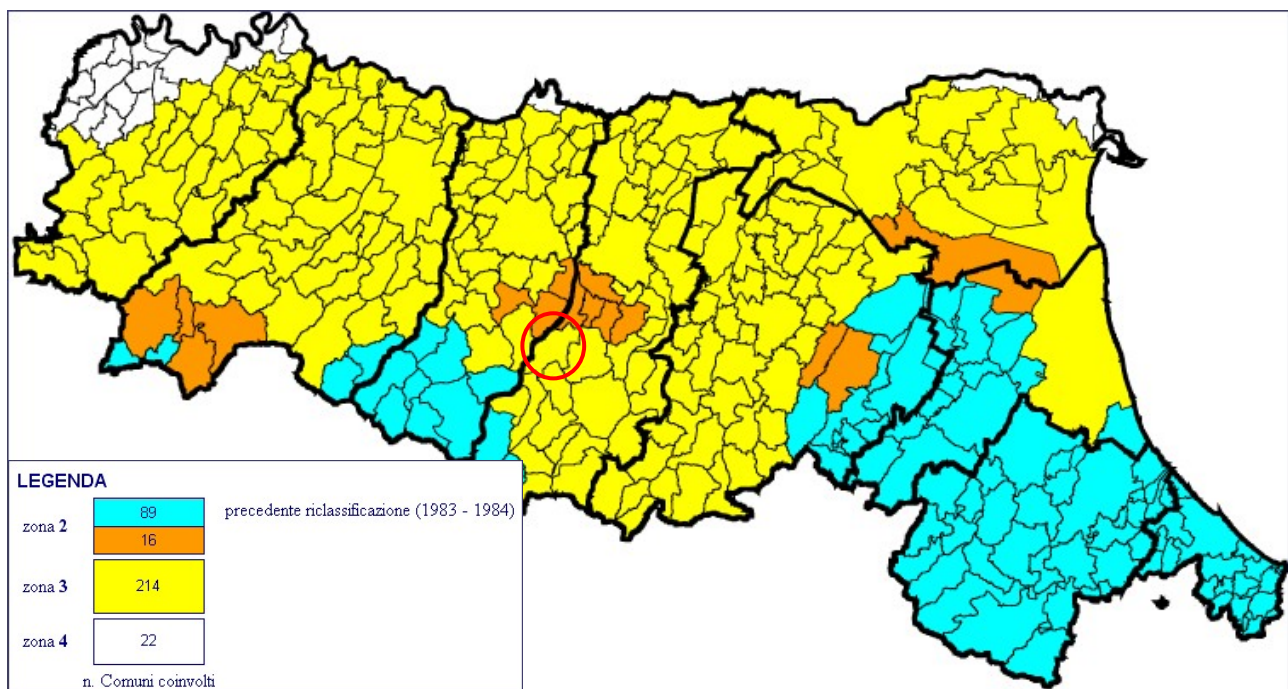


Figura 5 – Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna. Nel cerchio rosso il Comune di Prignano sulla Secchia.

Se si analizza la sequenza storica degli effetti macrosismici registrati nel territorio comunale dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani, presenti nel Database Macrosismico Italiano DBMI15 dell'INGV⁴, 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, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5, così come estratte dal DBMI15 dell'INGV.

Legenda:

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

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
3	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09
3	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7 5.15 ±0.14
3	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09
5	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7 5.41 ±0.09
NF	1997 12 24 17:53	Garfagnana	98	5 4.36 ±0.09
3-4	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09
4	2000 10 03 01:12	Appennino tosco-emiliano	62	5 4.27 ±0.09

Figura 6 – Osservazioni macrosismiche per Prignano sulla Secchia (Locati et al., 2016).

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

- al terremoto dell'15 ottobre 1996, con area epicentrale a Correggio, intensità epicentrale pari a 7 MCS e magnitudo momento pari a 5.41,
- al terremoto del 18 giugno 2000, con area epicentrale nel Parmense, intensità epicentrale pari a 5-6 MCS e magnitudo momento pari a 4.43,
- al terremoto del 3 ottobre 2000, con area epicentrale nell'Appennino tosco-emiliano, intensità epicentrale 5 MCS e magnitudo momento pari a 4.27.

In generale, le intensità macrosismiche al sito di maggior grado (variabili tra 4 e 5), sul territorio comunale, sono dovute a terremoti con epicentri localizzati a Correggio, nel Parmense e nell'Appennino tosco-emiliano, registrati a partire dalla fine del XIX secolo ad oggi. Intensità al

⁴ 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>

sito di grado < 4 sono dovute a terremoti con epicentri localizzati nella Valle del Parma, nel Pistoiese e nel Parmense.

Terremoti con epicentri geograficamente più lontani rispetto al territorio comunale si individuano a Bondeno, in Lunigiana e in Garfagnana.

Occorre precisare che il DBMI15, relativamente a Prignano sulla Secchia, 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 nelle località di Carpineti (14 km), Massa (10 km), Polinago (10,40 km), Maranello (16,80 km) e Scandiano (17,80 km), in occasione di tale sisma, si sia registrata una intensità macrosismica variabile tra i 7–8 MCS di Carpineti, Massa, Polinago e tra i 5–6 MCS di Maranello e Scandiano. Considerando la non eccessiva distanza (tra i 10 e i 20 km) tra queste località e Prignano sulla Secchia, risulta impensabile che in occasione del sisma del 7 settembre non si siano registrati effetti anche a Prignano sulla Secchia. E', quindi, verosimile che un'intensità compresa tra 5 e 7 MCS sia stata registrata anche a Prignano sulla Secchia.

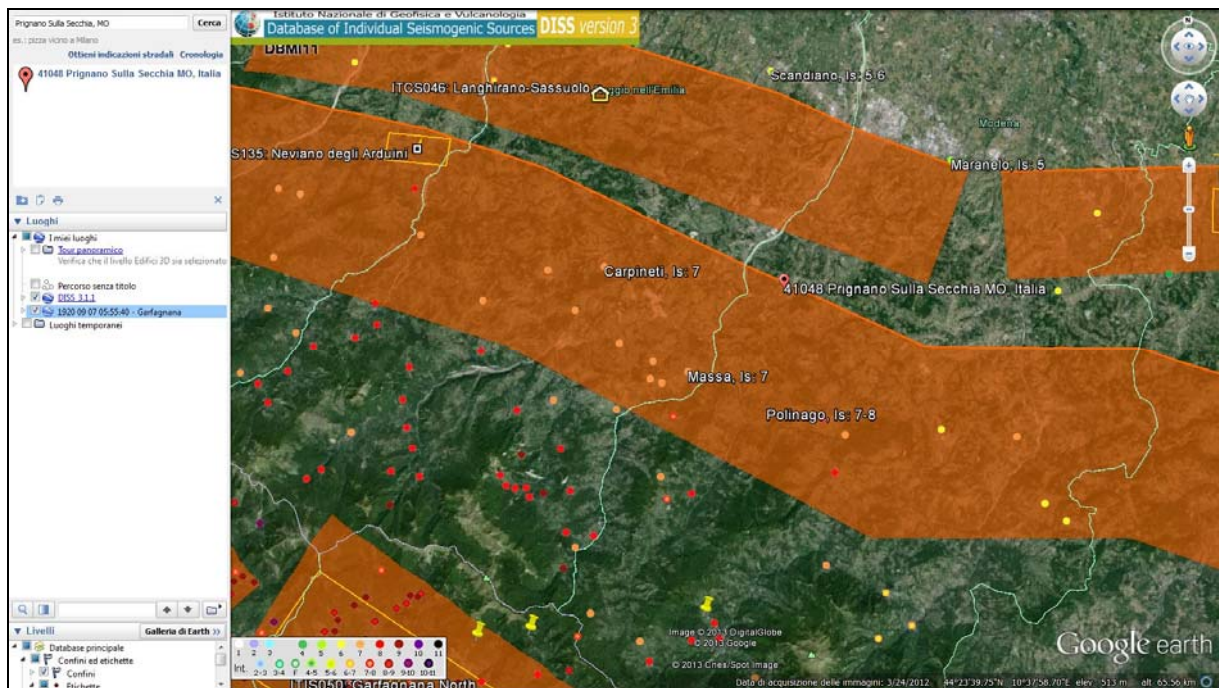


Figura 7 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell'INGV e dal DBMI15: i punti colorati si riferiscono alle intensità macrosismiche registrate in occasione del sisma del 7 settembre 1920 con epicentro in Garfagnana (più precisamente all'interno della sorgente sismogenetica 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 sembra essere stata pari a 3–4 (dato non verificato), ovvero prossima all'intensità macrosismica media, storicamente caratteristica dell'area in studio⁵.

Sovrapponendo gli epicentri dei sismi che hanno dato, storicamente, effetti macrosismici maggiori all'interno del territorio comunale di Prignano sulla Secchia, 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 ITCS049 "Reggio Emilia–Rolo" e ITCS027 "Bore–Montefeltro–Fabriano–Laga", entro cui ricade la parte meridionale del territorio comunale. Intensità minori (3 MCS) sono invece state determinate da sismi avvenuti all'interno della sorgente sismogenetica composta ITCS046 "Langhirano–Sassuolo", entro cui ricade la parte settentrionale del Comune. Un altro settore, non identificato dall'INGV come una vera e propria sorgente sismogenetica, ma che ha comunque contribuito alla storia sismica di Prignano sulla Secchia, è il Pistoiese, da cui si sono generati sismi che hanno dato intensità macrosismiche al sito pari a 3.

Descrivendo nel dettaglio, quindi, le **sorgenti sismogenetiche**, che in maggior modo possono caratterizzare la sismicità locale, quella che ha determinato intensità macrosismiche locali (I) più alte, pari a 4–5 MCS, è la sorgente sismogenetica composta **ITCS049** "Reggio Emilia–Rolo" (Figura 8), capace di produrre sismi con Mw pari a 5.5 (derivata dal più forte sisma in essa registrato). Sulla base delle osservazioni geologiche, lo *strike* varia da 35° a 65°, il *dip* varia da 30° a 50°, il *rake* è assunto come un sovrascorrimento obliquo (60°–90°) e la *slip rate* varia da 0,1 a 0,5 mm/anno. Le profondità minima e massima sono state individuate rispettivamente a 3 e 10 km.

⁵ http://terremoti.ingv.it/images/pdf/relazione_di_dettaglio_alpi_apuane_massa_lucca_ml_5.2_del_2013-06-21_10_33_57_utc_versione_del_2013-06-21_ore_14_19_38_utc_l.pdf

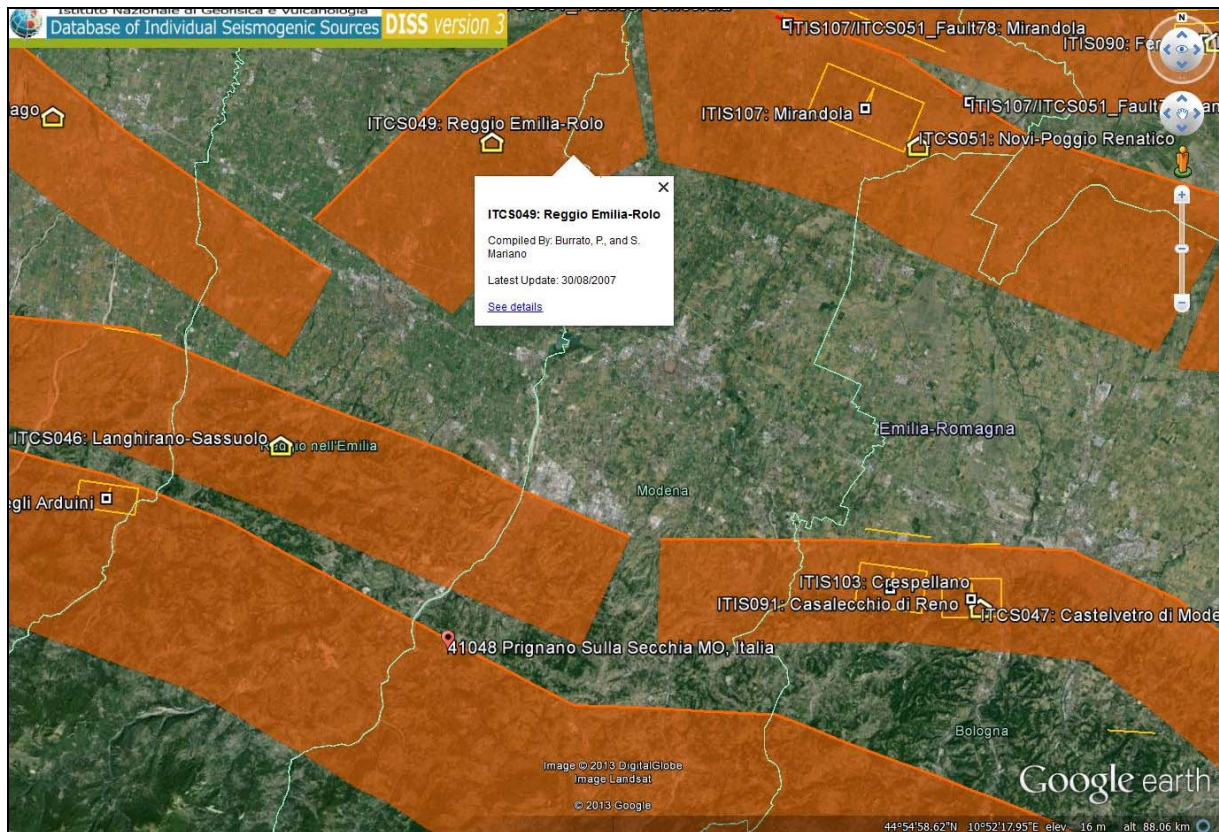


Figura 8 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell’INGV: Sorgente Sismogenetica Composita (ITCS) 49 “Reggio Emilia–Rolo”.

Come detto in precedenza, nella parte meridionale, il territorio comunale ricade all’interno della sorgente sismogenetica composita **ITCS027** “Bore–Montefeltro–Fabriano–Laga”, ritenuta capace di produrre sismi con M_w massima pari a **6.2** (derivata dalla massima magnitudo delle sorgenti sismogenetiche individuali in essa comprese) (Figura 9). La geometria di quest’area sismogenetica è determinata dalla geometria delle singole sorgenti individuali in essa contenute: lo *strike* varia da 88° (per la sorgente di Loiano) a 160° (per le sorgenti di Camerino e Sarnano); il *dip* varia da 20° a 54° 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.

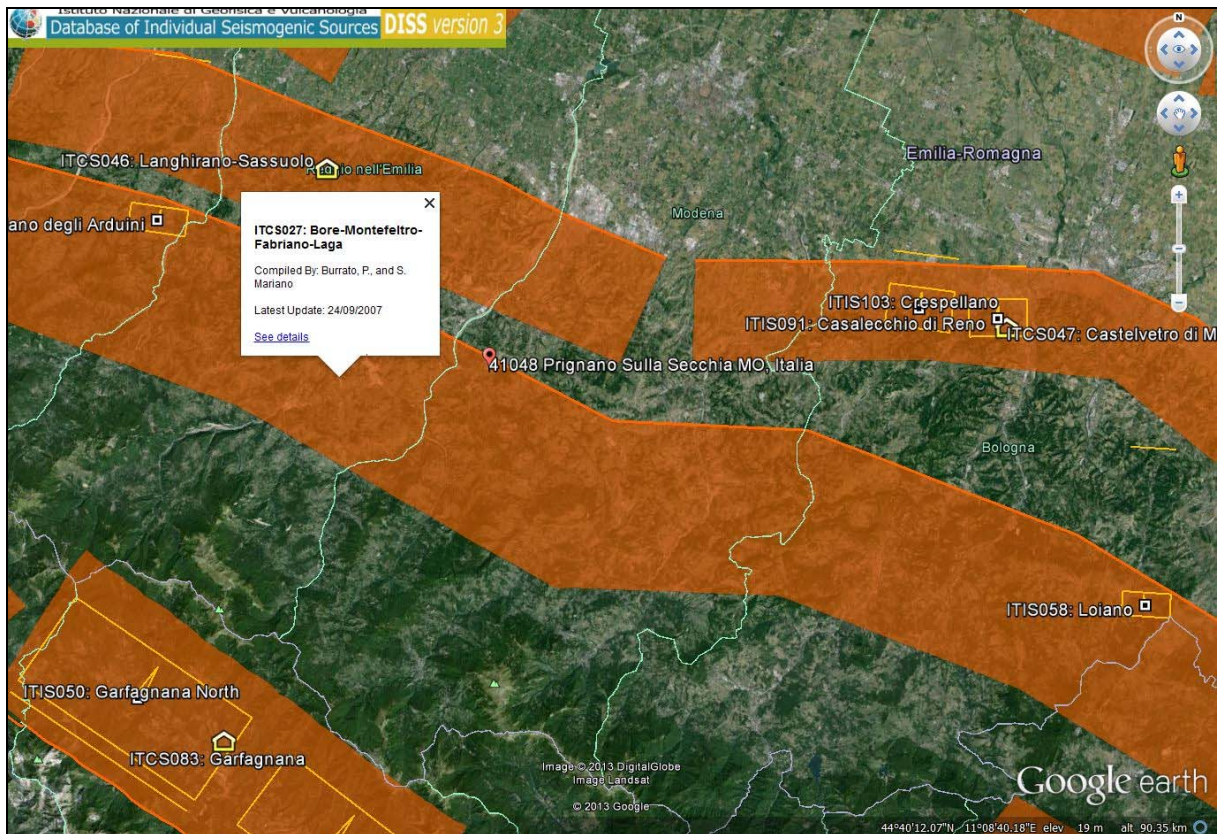


Figura 9 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell'INGV: Sorgente Sismogenetica Composita (ITCS) 027 “Bore–Montefeltro–Fabriano–Laga”.

Circa 30 km a SO del territorio comunale è presente la sorgente sismogenetica composita **ITCS083 “Garfagnana”**, ritenuta capace di produrre sismi con M_w 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 10). Questa sorgente composita 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 ($4.5 < M_w < 5.0$) a distruttiva, al di là dei terremoti distruttivi dell'11 aprile 1837 (M_w 5.6, Alpi Apuane) e del 7 settembre 1920 (M_w 6.5).

Alcuni segmenti di questa sorgente composita 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 composita “Garfagnana” sono comprese due sorgenti sismogenetiche individuali, la **ITIS050 “Garfagnana Nord”** e la **ITIS051**

“Garfagnana Sud” (Figura 10), 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. 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.

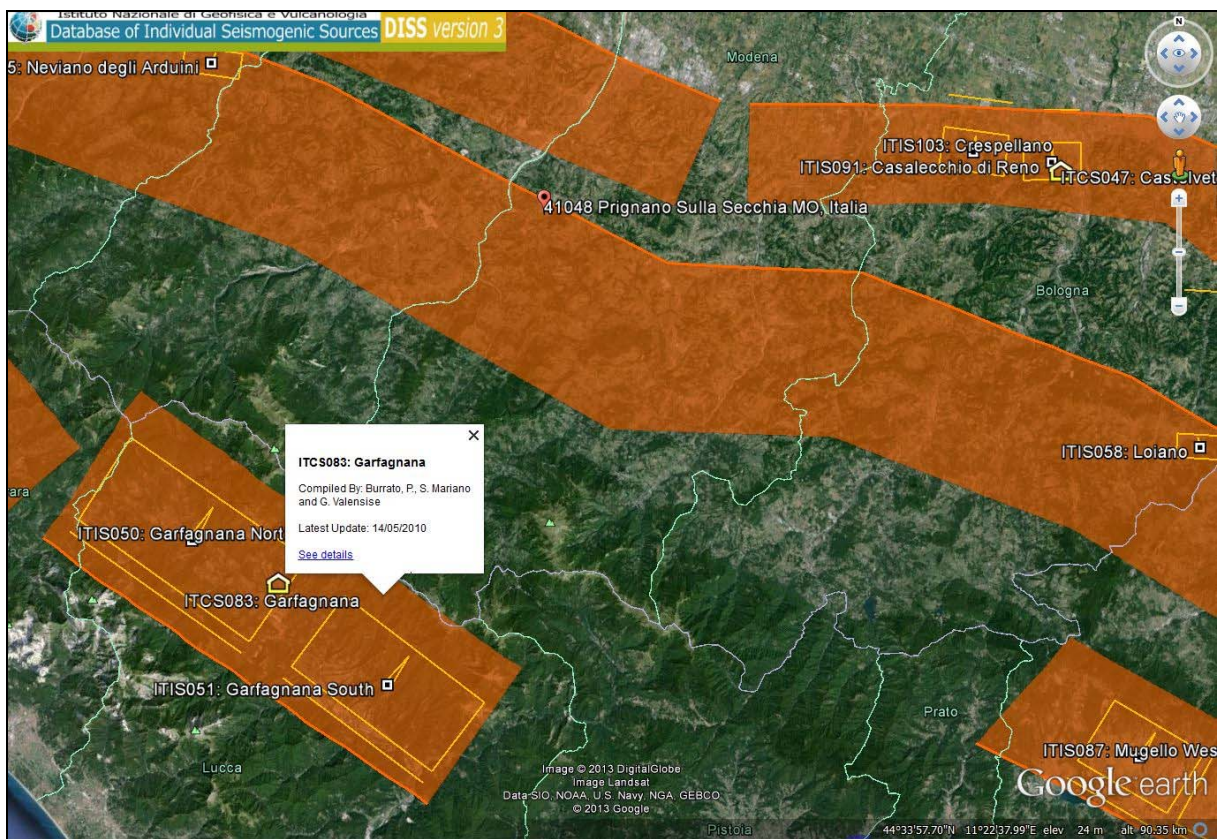


Figura 10 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell’INGV: Sorgente Sismogenetica Composita (ITCS) 083 “Garfagnana” e Sorgenti Sismogenetiche Individuali (ITIS) 050 “Garfagnana Nord” e 051 “Garfagnana Sud”.

Una quarta sorgente sismogenetica composita, capace di influire sulla sismicità del territorio comunale di Prignano sulla Secchia è, come detto, la **ITCS046** “Langhirano–Sassuolo” (Figura 11), che con i sismi del 1983 e del 2000 ha determinato una intensità macrosismica locale (I) pari a 3 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.

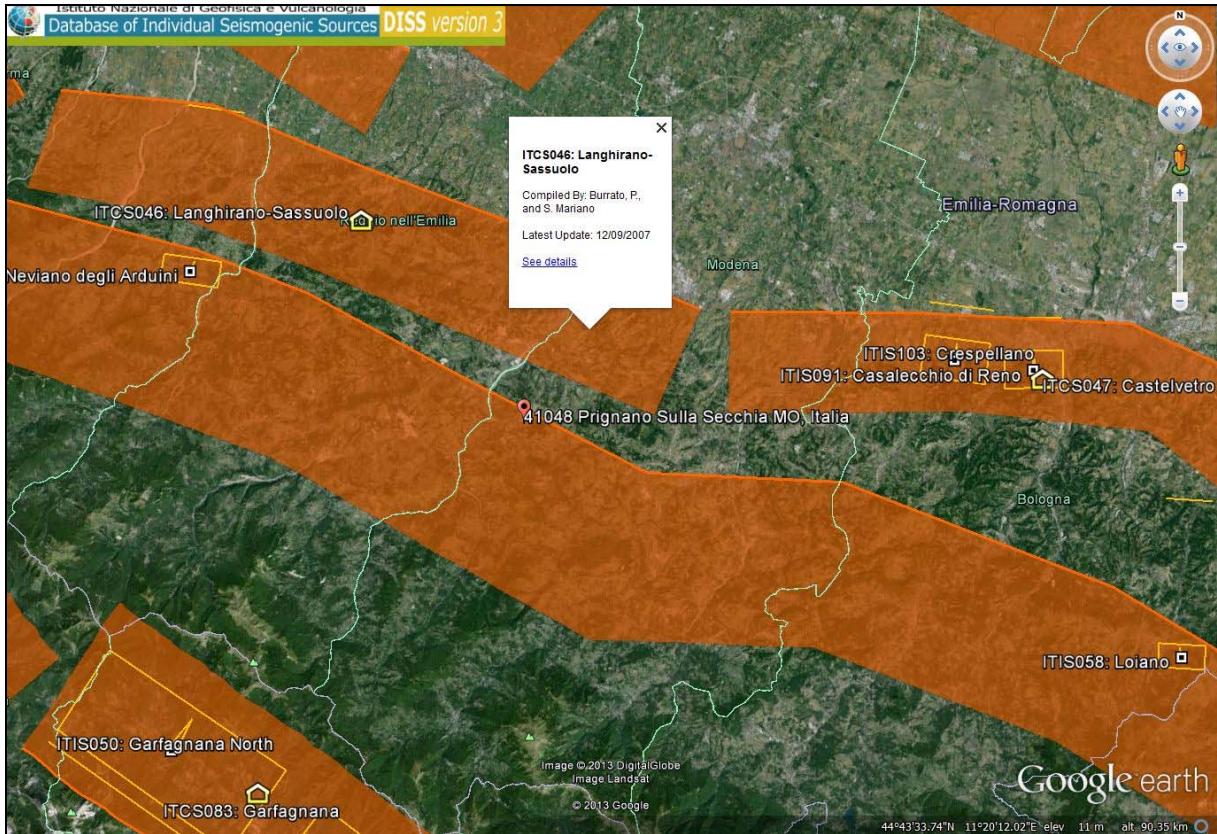
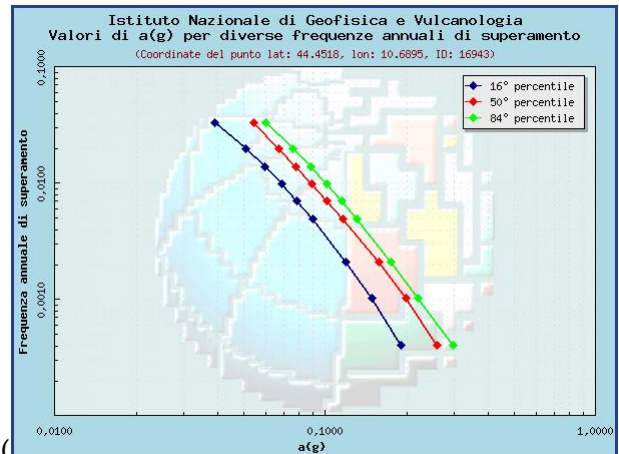


Figura 11 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell’INGV: Sorgente Sismogenetica Composita (ITCS) 046 “Langhirano–Sassuolo”.

Sulla base dell’analisi di pericolosità effettuata dall’INGV⁶, il valore di PGA atteso, con 10% di probabilità di superamento in 50 anni, è pari a 0,158 (pari ad una frequenza di superamento

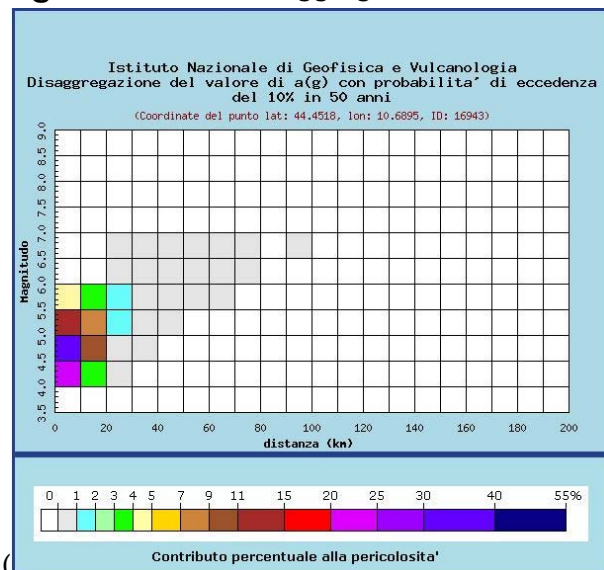
⁶ <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>



annuale di 0,0021)

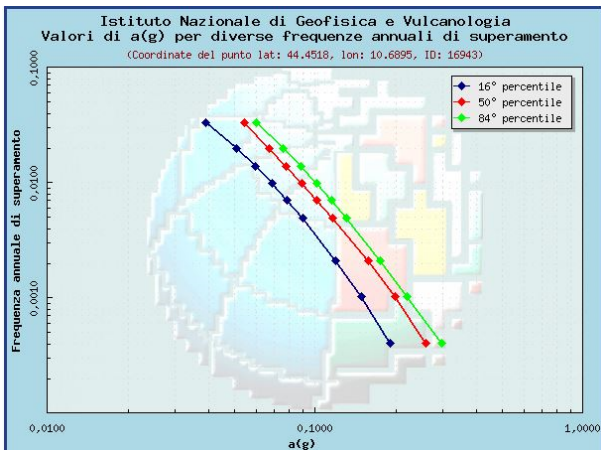
Frequenza annuale di superamento	a(g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.1911	0.2581	0.2960
0.0010	0.1484	0.1989	0.2210
0.0021	0.1196	0.1584	0.1746
0.0050	0.0900	0.1159	0.1312
0.0071	0.0785	0.1011	0.1149
0.0099	0.0691	0.0893	0.1012
0.0139	0.0595	0.0779	0.0885
0.0200	0.0509	0.0675	0.0759
0.0333	0.0391	0.0545	0.0600

Figura 12). La disaggregazione del valore di a_g con la medesima probabilità di eccedenza



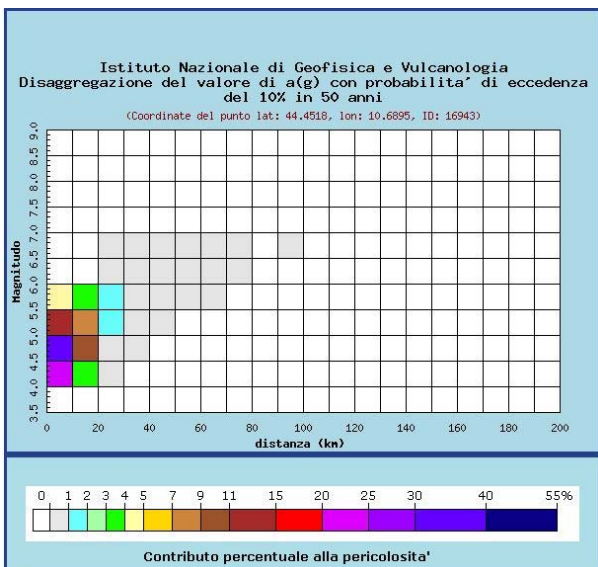
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni										
	(Coordinate del punto lat: 44.4518, lon: 10.6895, ID: 16943)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	20.200	31.800	14.100	4.280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.670	9.300	7.280	3.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.045	0.884	1.750	1.380	0.246	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.014	0.285	0.593	0.323	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.016	0.149	0.162	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.050	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	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	0.000
90-100	0.000	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	0.000
110-120	0.000	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	0.000
130-140	0.000	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	0.000
150-160	0.000	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	0.000
170-180	0.000	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	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 13) 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 0,32g.



Frequenza annuale di superamento	a(g) (Coordinate del punto lat: 44.4518, lon: 10.6895, ID: 16943)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.1911	0.2581	0.2960
0.0010	0.1484	0.1989	0.2210
0.0021	0.1196	0.1584	0.1746
0.0050	0.0900	0.1159	0.1312
0.0071	0.0785	0.1011	0.1149
0.0099	0.0691	0.0893	0.1012
0.0139	0.0595	0.0779	0.0885
0.0200	0.0509	0.0675	0.0759
0.0333	0.0391	0.0545	0.0600

Figura 12 – Valore di PGA atteso per il territorio comunale di Prignano sulla Secchia 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: 44.4518, lon: 10.6895, ID: 16943)										
	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	8.5-9.0
0-10	0.000	20.200	31.800	14.100	4.280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.670	9.300	7.280	3.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.045	0.884	1.750	1.380	0.246	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.014	0.285	0.593	0.323	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.016	0.149	0.162	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.050	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	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	0.000
90-100	0.000	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	0.000
110-120	0.000	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	0.000
130-140	0.000	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	0.000
150-160	0.000	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	0.000
170-180	0.000	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	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 13 – Disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per il territorio comunale di Prignano sulla Secchia.

Il contributo del 20–25% 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 alla pericolosità del 11–15% sono dati dalla coppia Mw 5–5.5, sempre con epicentro entro i 10 km, in grado di produrre PGA pari a 0,14g. Contributi percentuali minori alla pericolosità (9–11% e 7–9%) sono dati, rispettivamente, dalle coppie (Mw 4.5–5; epicentro 10–20 km) e (Mw 5–5.5; epicentro 10–20 km), in grado di produrre PGA pari a 0,09g e 0,07g.

Il 5–7% di contributo alla pericolosità sismica di base è dato dalla coppia (Mw 5.5–6; epicentro 0–10 km), in grado di produrre PGA pari a 0,04g.

4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Per la descrizione degli aspetti geologici e geomorfologici caratteristici del territorio comunale di Prignano sulla Secchia 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

Il medio Appennino modenese è caratterizzato (Figura 15) 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 16).

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 17).

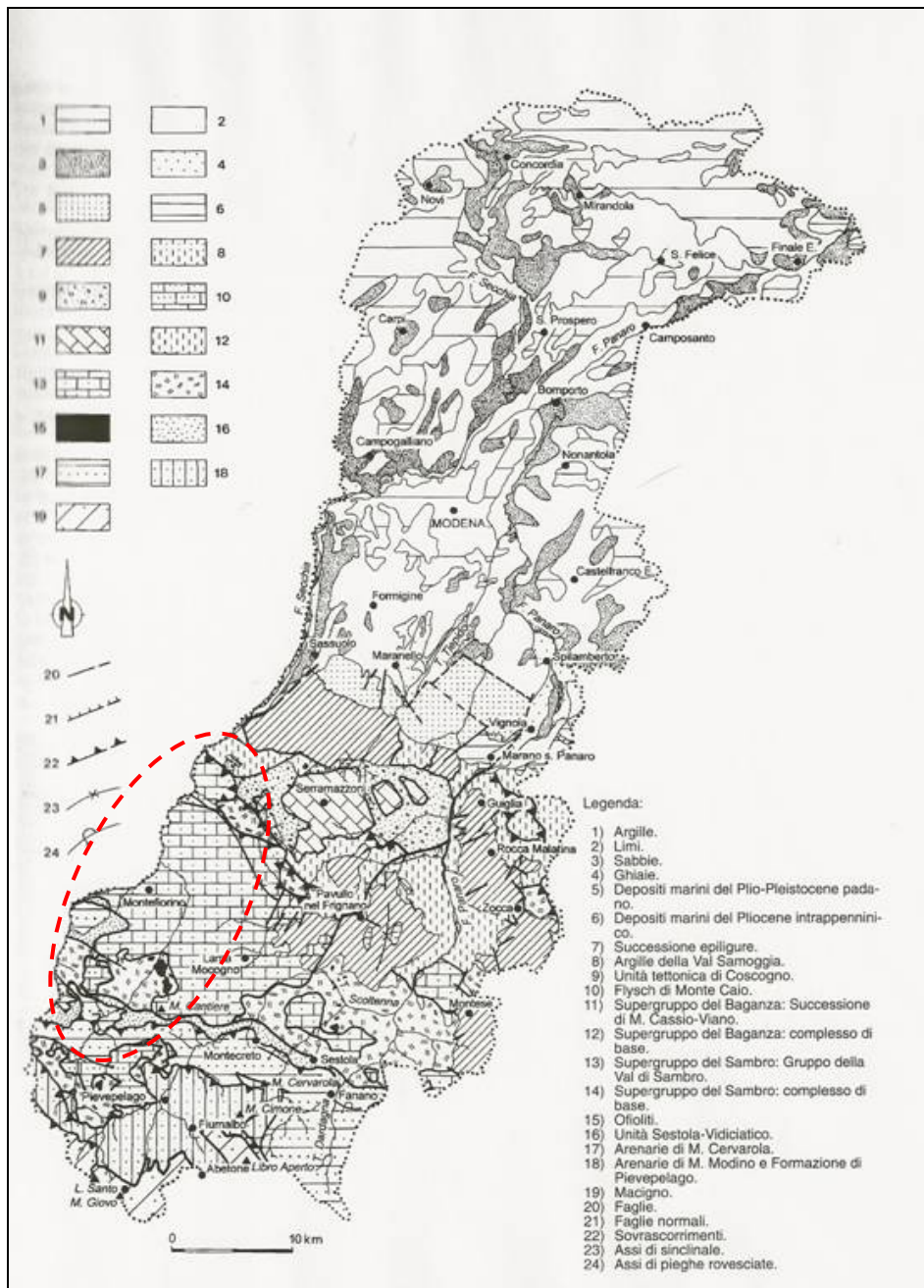


Figura 14 – Carta geologica della Provincia di Modena, estratta da (Capitani e Bertacchini, 1997). L’ellissi a tratteggio rossa individua a grandi linee la collocazione dell’area in studio presa in esame per la relazione “Indagine geologico – ambientale”, a cura dello Studio Geologico Ambientale “Arkigeo” 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).

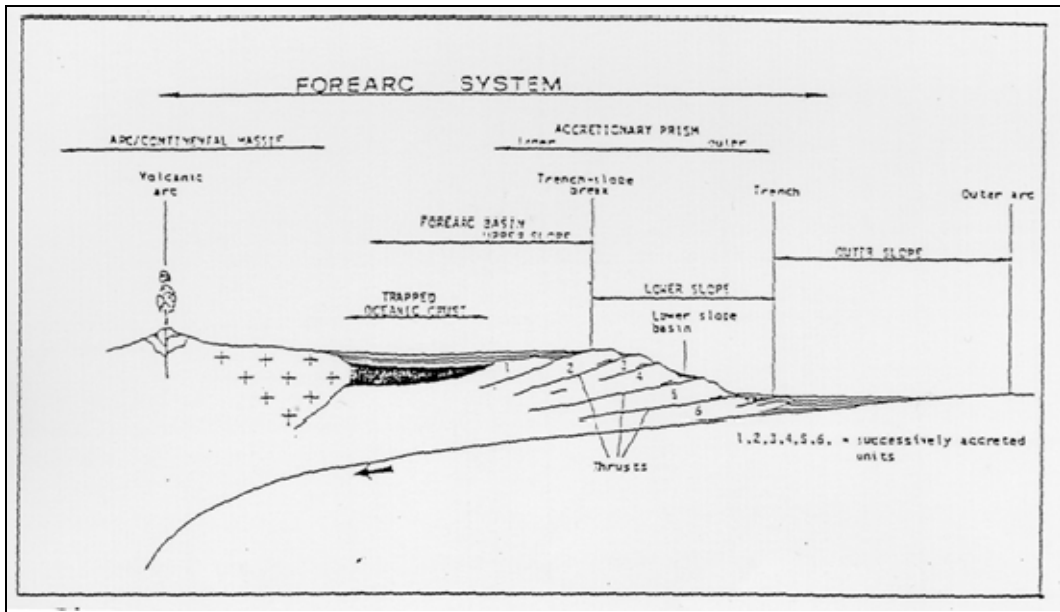


Figura 15 – L'Appennino Settentrionale è una catena a "pieghe e a faglie inverse" inquadrabile nel modello di prisma d'accrezione (da Treves, 1984).

Durante la prima fase tettonica eo-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 17).

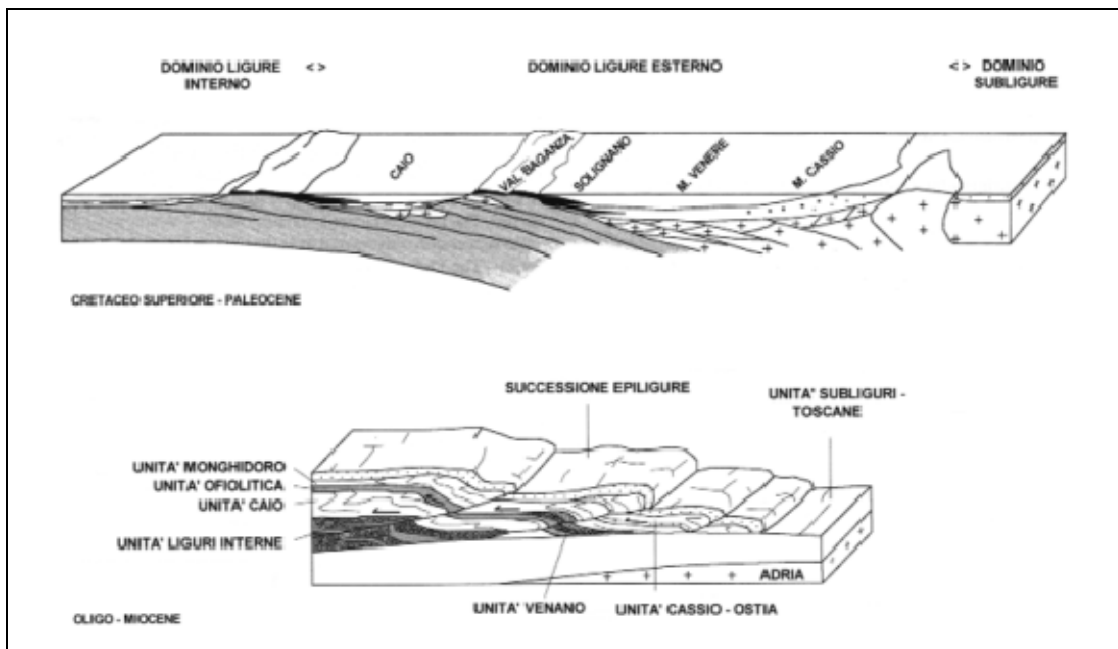


Figura 16 – Ricostruzione paleogeografica del dominio ligure esterno e assetto strutturale generale delle Liguridi Esterne attraverso l'Appennino modenese secondo (Daniele e Plesi, 2000).

Tale strutturazione (Figura 17) 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 17).

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 17) (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 18) tipica delle aree di Serramazzoni (MO) e di Viano (RE) e che affiora limitatamente anche nel territorio di Prignano sulla Secchia.

Nei settori nord dell'area qui esaminata (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 17).

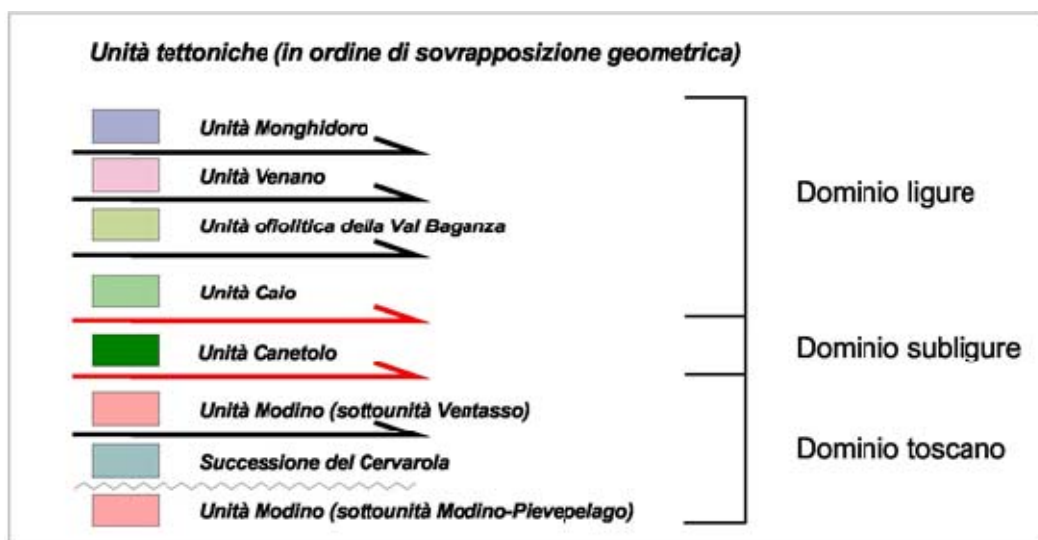


Figura 17 – Schema di sovrapposizione geometrica delle unità strutturali presenti nel medio Appennino Modenese occidentale – disegnato sulla base di (Plesi, 2002).

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 19). Nell'area dell'Unione dei Comuni si distinguono un Lineamento Interno (o Linea della Santona⁷), un Lineamento Mediano, il Sistema della Val Rossenna, un sistema di strutture Vicariante della Val Rossenna.

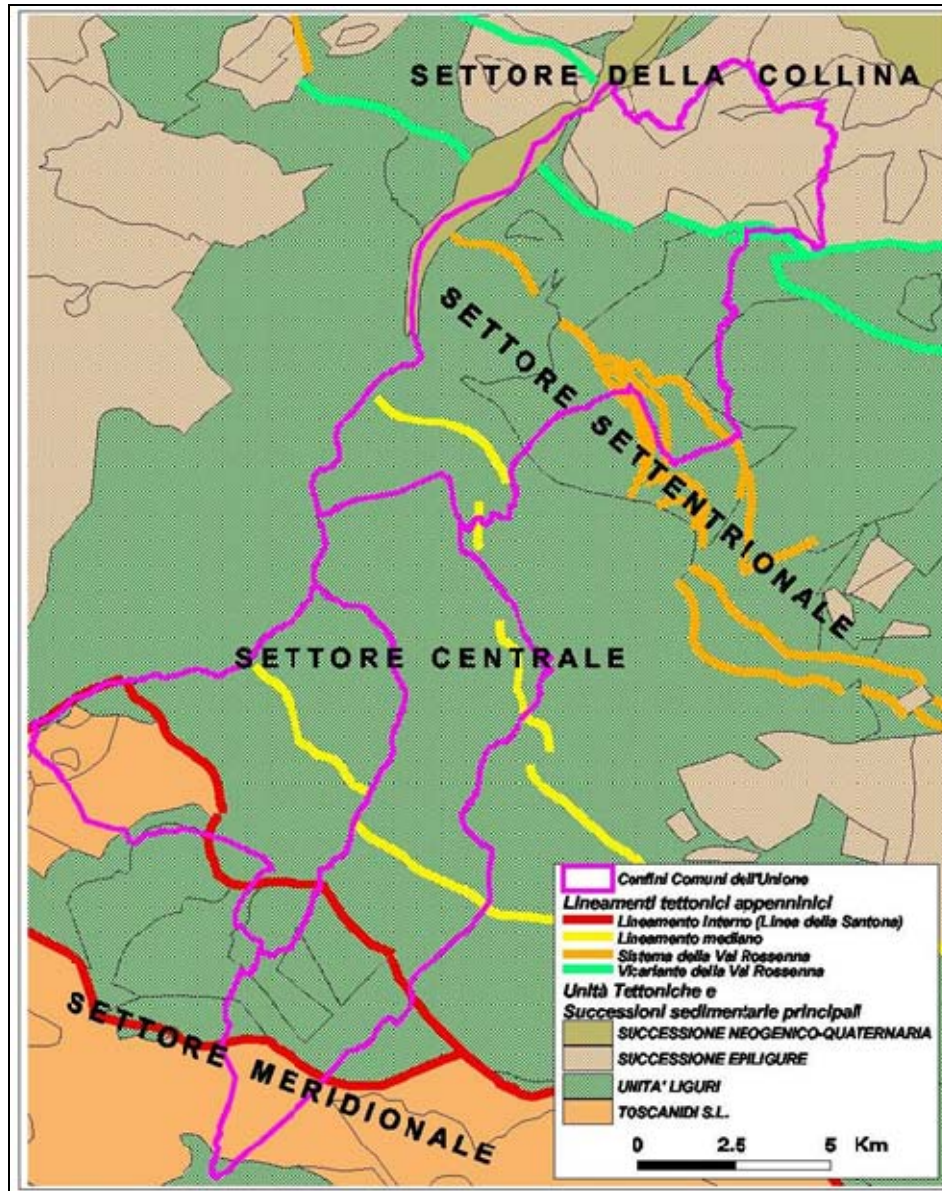


Figura 18 – Schema tettonico del settore centro occidentale dell'Appennino Modenese (fonte: "Indagine geologico - ambientale", a cura dello Studio Geologico Ambientale "Arkigeo" del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell'Unione di Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia" (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia)

Tali lineamenti tettonici suddividono i territori dell'Unione in tre settori (Figura 19), ciascuno con caratteri litostratigrafici e strutturali che si distinguono in maniera evidente da quelli degli altri

⁷ (Bettelli e Panini, 1992; Bettelli et al., 2002)

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 19).

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

Il **Lineamento Interno** (Bettelli et al., 2002), (Figura 19 e Figura 20) 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. 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 18 e Figura 19), 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 Modino⁸ (sotto-unità Ventasso) e l'Unità Ofiolitica del Val Baganza⁹. 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 17, Figura 18 e Figura 19). 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 rocce¹⁰ 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 17, Figura 18 e Figura 19).

⁸ L'unità Modino appartiene alle unità toscane, mentre l'Unità Ofiolitica della Val Baganza appartiene alle Liguridi.

⁹ Nella Figura 19 sono utilizzate le denominazioni rispettivamente di Unità Tettonica Sestola-Vidiciatico e Complesso di base I.

¹⁰ Arenarie di Gova nella Carta Geologica regionale.

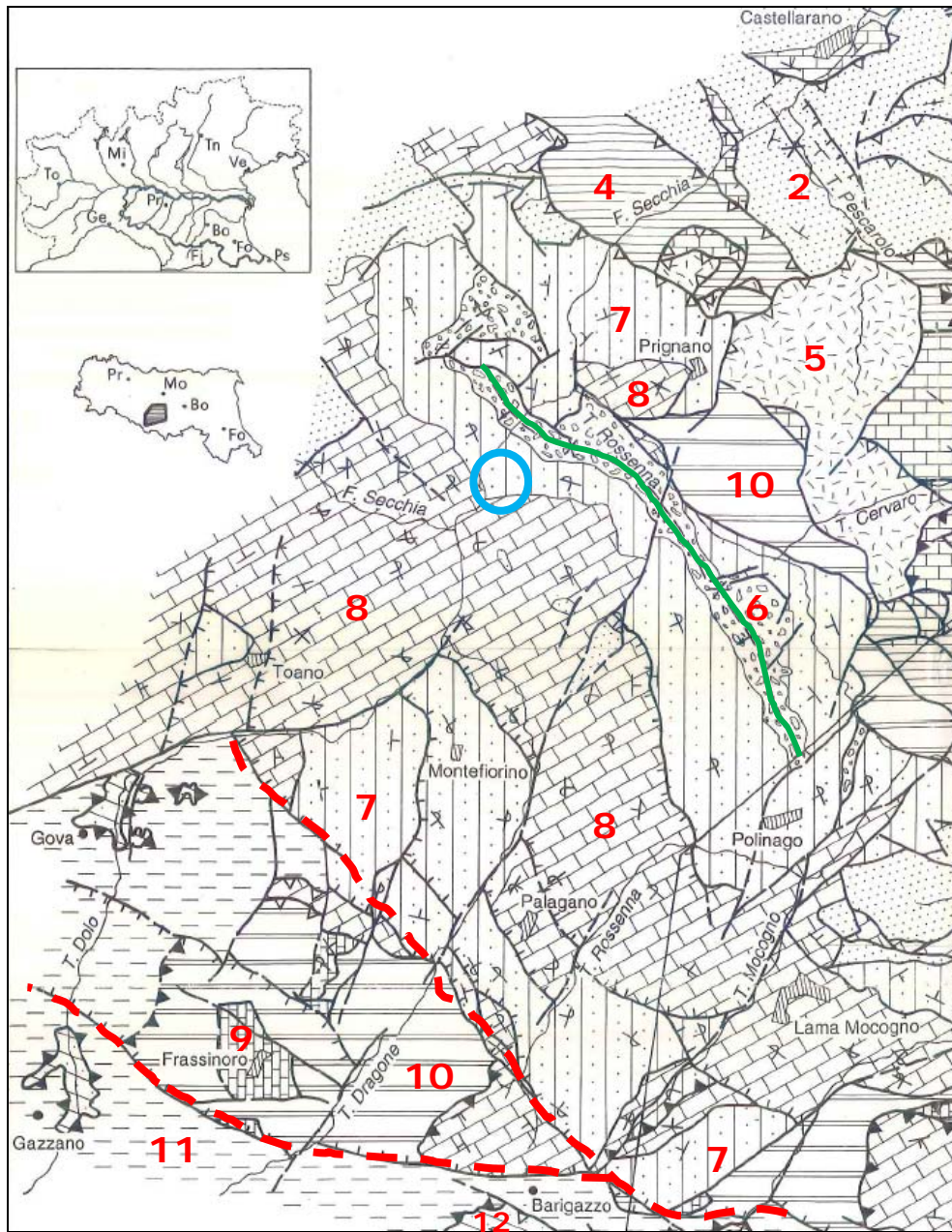


Figura 19 – Carta Geologico-strutturale schematica – estratto da (Bettelli e Panini, 1992). Legenda: 2) Successione Epiligure; 4) Complesso di base II: Argille Varicolori, Arenarie di Scabiazza e Argille a Palombini; 5) Melange di Coscogno; 6) Argille della Val Rossenna; 7) Formazione di Monghidoro; 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 variegati, 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. Linea verde continua: asse sinclinale della Val Rossenna. Cerchio azzurro: area di studio della MS3 di Prignano sulla Secchia.

A nord, invece, 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 (Bettelli e Panini, 1992) 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 18 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 sud¹¹.

4.1.3. Settore Settentrionale, sistema della Val Rossenna e Vicariante della Val Rossenna (territorio di Prignano sulla Secchia)

Il Sistema della Val Rossenna e il Vicariante della Val Rossenna sono due insiemi di faglie ad alto angolo, inclinate 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 cinematica del secondo è dubbia e non facilmente risolvibile. Potrebbe trattarsi di un insieme di rampe frontali di vecchi sovrascorrimenti.

Il sistema della Val Rossenna 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 Rossenna–Vicariante della Val Rossenna. Nel Settore Centrale di Figura 19 è strutturata in maniera che prevalgono gli strati a polarità rovesciata¹² (compresa l'area di studio di Saltino per questa analisi di MS3), mentre nel Settore Settentrionale prevalgono le polarità diritte¹³.

4.1.4. Settore della collina (territorio di Prignano)

È posto a nord del sistema Vicariante della Val Rossenna e, per quanto riguarda il territorio dell'Unione Comunale, è rappresentato esclusivamente dal settore più a nord del territorio di Prignano. Dal punto di vista geologico è caratterizzato dalla presenza di un substrato formato principalmente da rocce riferibili a unità appartenenti alla Successione Epiligure (Bettelli et al., 1989a, 1989b, 1989c). Si tratta di una successione sedimentaria (Bettelli et al., 1989b) sedimentatasi al di sopra delle unità Liguridi mentre queste venivano traslate verso NE dalle forze orogenetiche¹⁴ tra l'*Eocene inferiore – medio* e il *Tortoniano*.

¹¹ In Bettelli e Panini, (1992) tali lineamenti sono denominati Linea Palagano–Case M. Santo Stefano e Linea di San Martino.

¹² Fianco rovesciato della Sinclinale della Val Rossenna.

¹³ Fianco diritto della Sinclinale della Val Rossenna.

¹⁴ La Successione Epiligure è stata anche denominata in passato come Successione semiautoctona o Semialloctona terziaria, proprio per il fatto di essersi sedimentata al di sopra delle Liguridi "in movimento" verso NE, con le quali quindi condivide un certo grado di alloctonia (variabile in base all'età delle formazioni considerate), ma non la provenienza paleogeografica in quanto sarebbe il risultato della deposizione all'interno di bacini "satelliti" o del tipo "piggy-back" (De Nardo et al., 1991).

4.1.5. 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 20 e in Figura 21. 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 20 e Figura 21 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 18 e Figura 19: ad es. Lineamento Interno). In Figura 20 e Figura 21 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;
- 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 21) 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 19), 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.

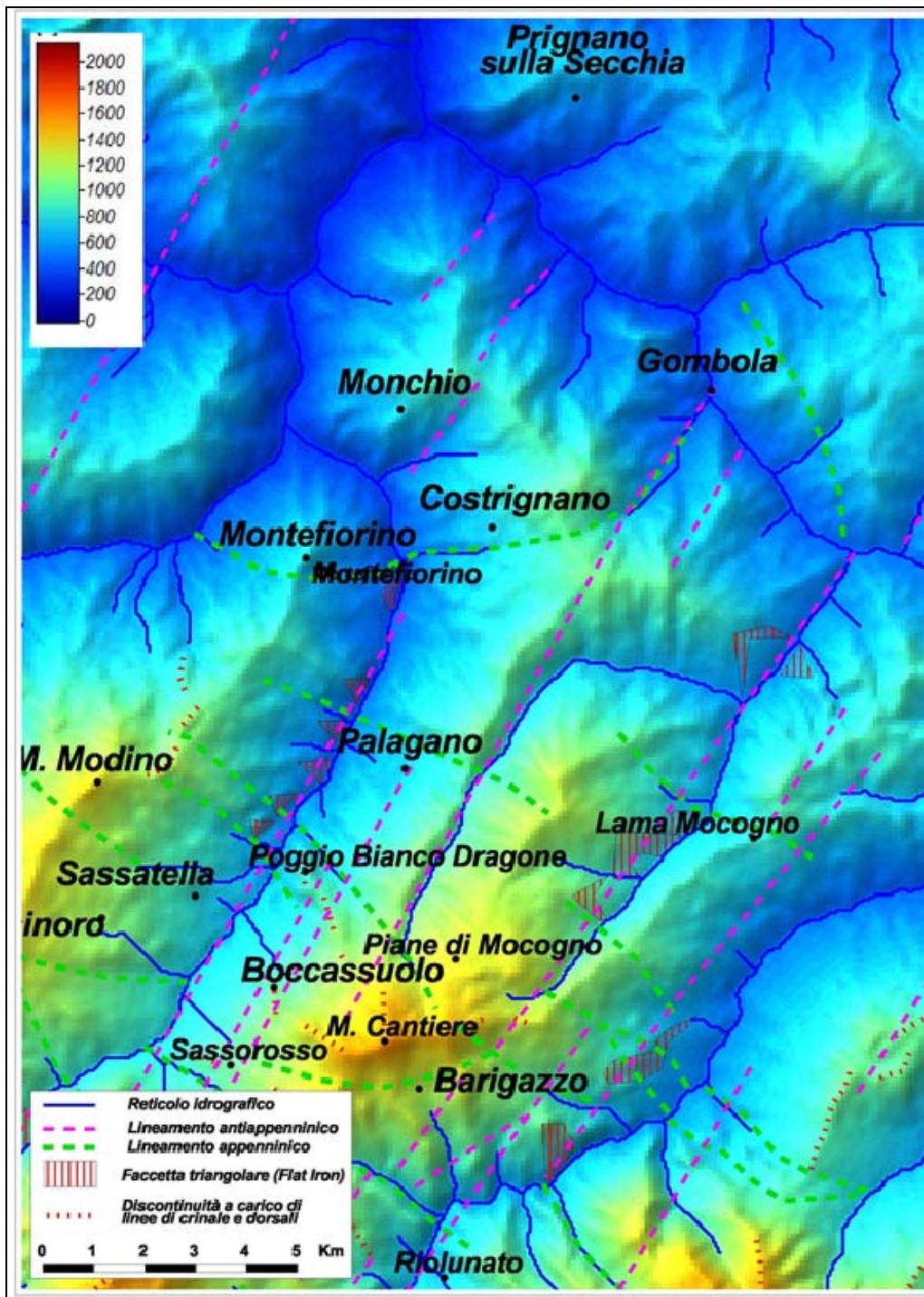


Figura 20 – Rappresentazione della topografia dell'area compresa tra la Val Dragone e la Valle dello Scoltenna tramite modello digitale del terreno (fonte dati: DEM SRTM, sito web NASA). Da: "Indagine geologico - ambientale", a cura dello Studio Geologico Ambientale "Arkigeo" del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell'Unione di Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia" (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia).

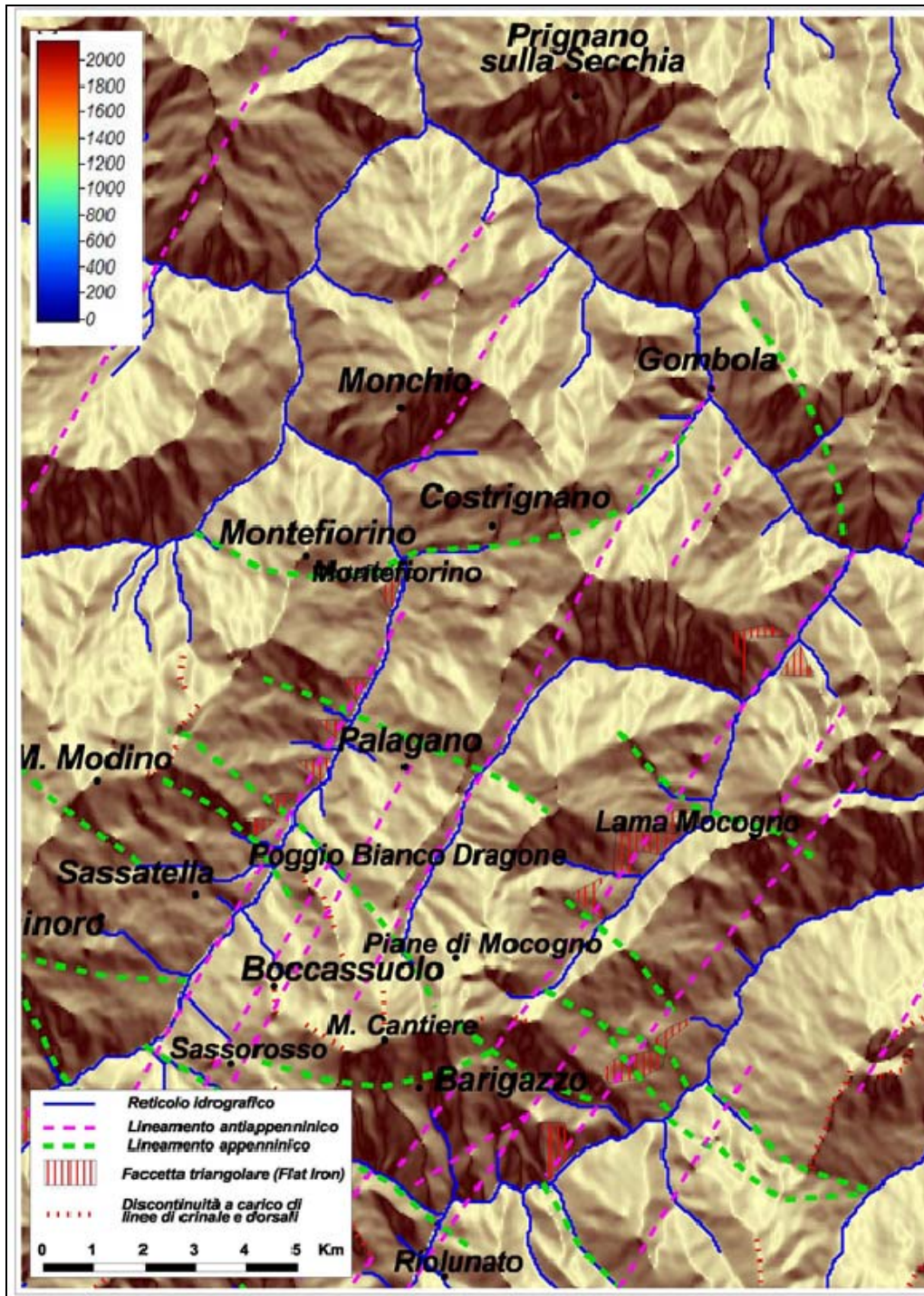


Figura 21 – *Aspect map* (carta dell'esposizione) elaborata a partire dal DEM di cui alla figura precedente. La carta descrive l'orientazione, rispetto al nord, di ciascuna cella che forma il DEM. Tale elaborazione permette di accentuare maggiormente il risalto di certe forme topografiche (crinali, fondivalle, scarpate, superfici relitte, faccette triangolari (*flat iron*), 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 218 "Castelnovo ne' Monti" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 (Figura 22). E' caratterizzata dalla presenza ubiquitaria di affioramenti della Formazione di Monghidoro (MOH), a loro volta in gran parte coinvolti da movimenti franosi senza indizi di evoluzione e in evoluzione.

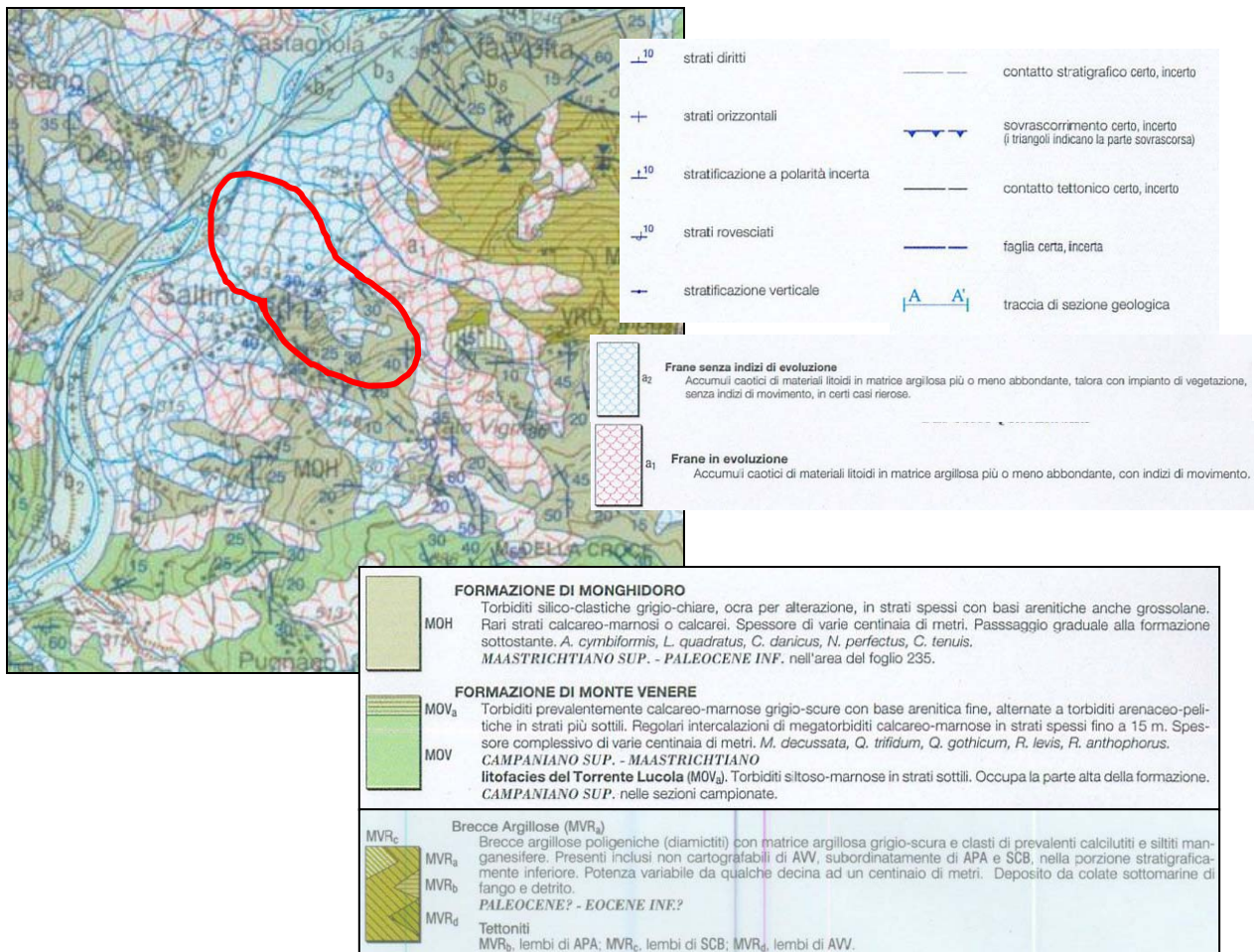


Figura 22 – Stralcio del Foglio 218 "Castelnovo ne' Monti" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000. Il perimetro rosso tratteggiato circonda l'area di studio.

Gli strati di MOH hanno polarità rovesciata, con direzione d'immersione generalmente verso SO ed inclinazione variabile tra 25° e 40°. Gli affioramenti costituiscono il nucleo del centro abitato storico di Saltino, che si estende lungo il tratto altimetricamente più basso di una dorsale rocciosa che va da località Prato Vignale a Saltino stesso. Ad est del nucleo storico di Saltino gli strati di MOH sono stati interessati da un esteso fenomeno franoso (in carta cartografato come "senza indizi di evoluzione"), di cui gli archivi ne documentano l'attivazione (la prima riconosciuta in tempi storici) all'anno 1790. In tale occasione, il fenomeno franoso avrebbe avuto origine in corrispondenza dell'attuale scarpata a monte del campo sportivo, raggiungendo l'alveo del Fiume Secchia.

Subito ad est dell'ampio fenomeno franoso quiescente, oggetto di studio per questa MS3, frane in evoluzione di ampia estensione lineare coinvolgono sia i terreni di MOH, sia le Brecce Argillose

(MVR), quest'ultime particolarmente soggette a fenomeni franosi quali colate e scivolamenti per l'alta percentuale di matrice argillosa presente.

Anche i versanti ad ovest del nucleo abitato di Saltino sono stati interessati da diffusi fenomeni franosi, attivi principalmente nel secolo scorso, fino a fine anni '70.

4.3. Inquadramento geomorfologico

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 et al., 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, 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. Brunamonte, 2003) 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 23) ne è un chiaro esempio, sia in riferimento ai danni che i versanti interessati (sia in destra Dolo che in sinistra Dragone) hanno subito storicamente, ma anche recentemente, 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 fondivalle.

Evidenze morfologiche, ma anche testimonianze recenti, indicherebbero, ad esempio, che le frane della “Lezza Nuova” e di “Tolara” (Figura 23) 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.

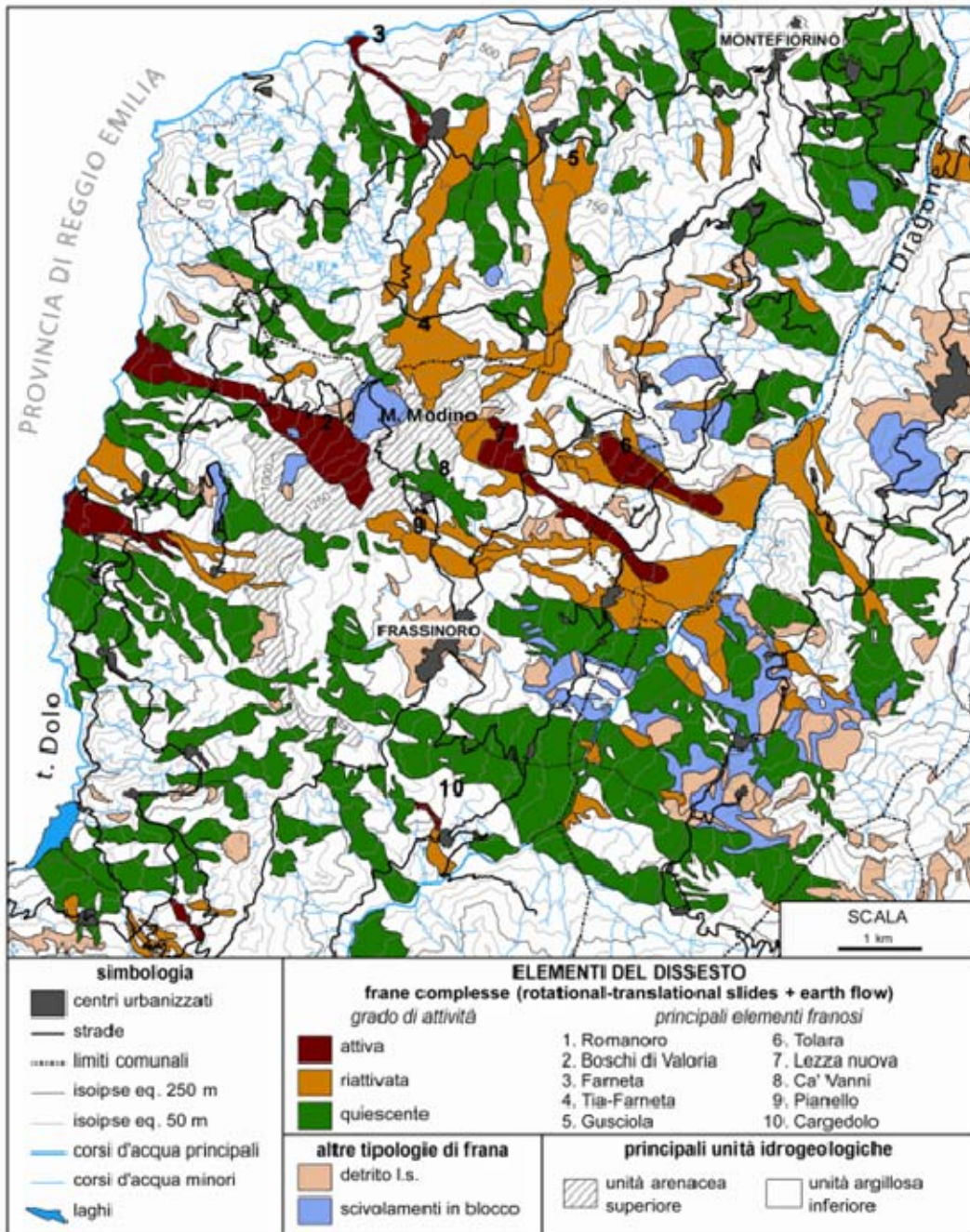


Figura 23 – Carta geomorfologica della dorsale compresa tra Frassinoro e Montefiorino (Valli dei Torrenti Dolo e Dragone). Sono individuate, con un numero di riferimento, le frane che scendono dal Monte Modino (estratto da Leuratti et al., 2007).

4.3.2. Altri depositi di versante di varia genesi

La carta idro-geomorfologica del PSC dell'Unione riporta, mutuandoli dalla carta geologica regionale, gli accumuli detritici di versante ascrivibili a processi diversi dalle frane (Figura 25). 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 25, i depositi di versante di genesi mista sono distribuiti in modo tutto sommato omogeneo all'interno del territorio comunale, con densità leggermente maggiore in corrispondenza del nucleo abitato di Prignano sulla Secchia; 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 24), per lo meno nei settori Meridionale e Centrale di Figura 18 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 20 e Figura 21). 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 Cargnone e, in generale, della Successione della Val Rossenna (parte alta della Successione che ha dato origine all'Unità Tettonica Monghidoro).

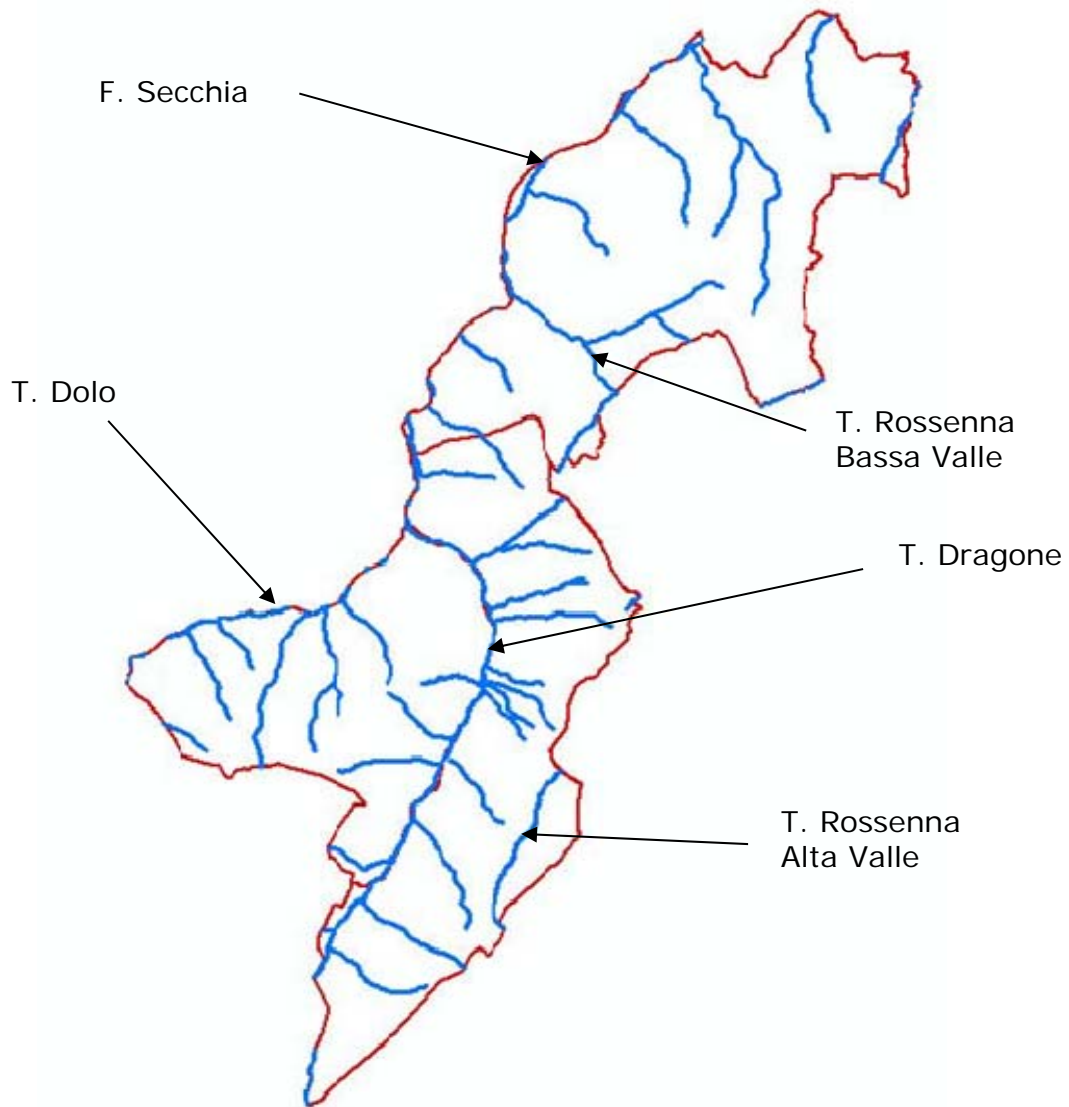


Figura 24 – Schema del reticolo idrografico dei territori comunali di Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia.

DEPOSITI FLUVIALI DI FONDOVALLE E TERRAZZATI

Nella carta idro-geomorfologica del 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 Azzani), 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 il 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 25, i depositi alluvionali terrazzati sono ovviamente limitati agli alvei attuali dei corsi d'acqua principali, ovvero del Fiume Secchia e, con estensioni relativamente maggiori, in prossimità della confluenza tra i torrenti Dolo e Dragone, ove sono presenti anche terrazzi di ordine 1.

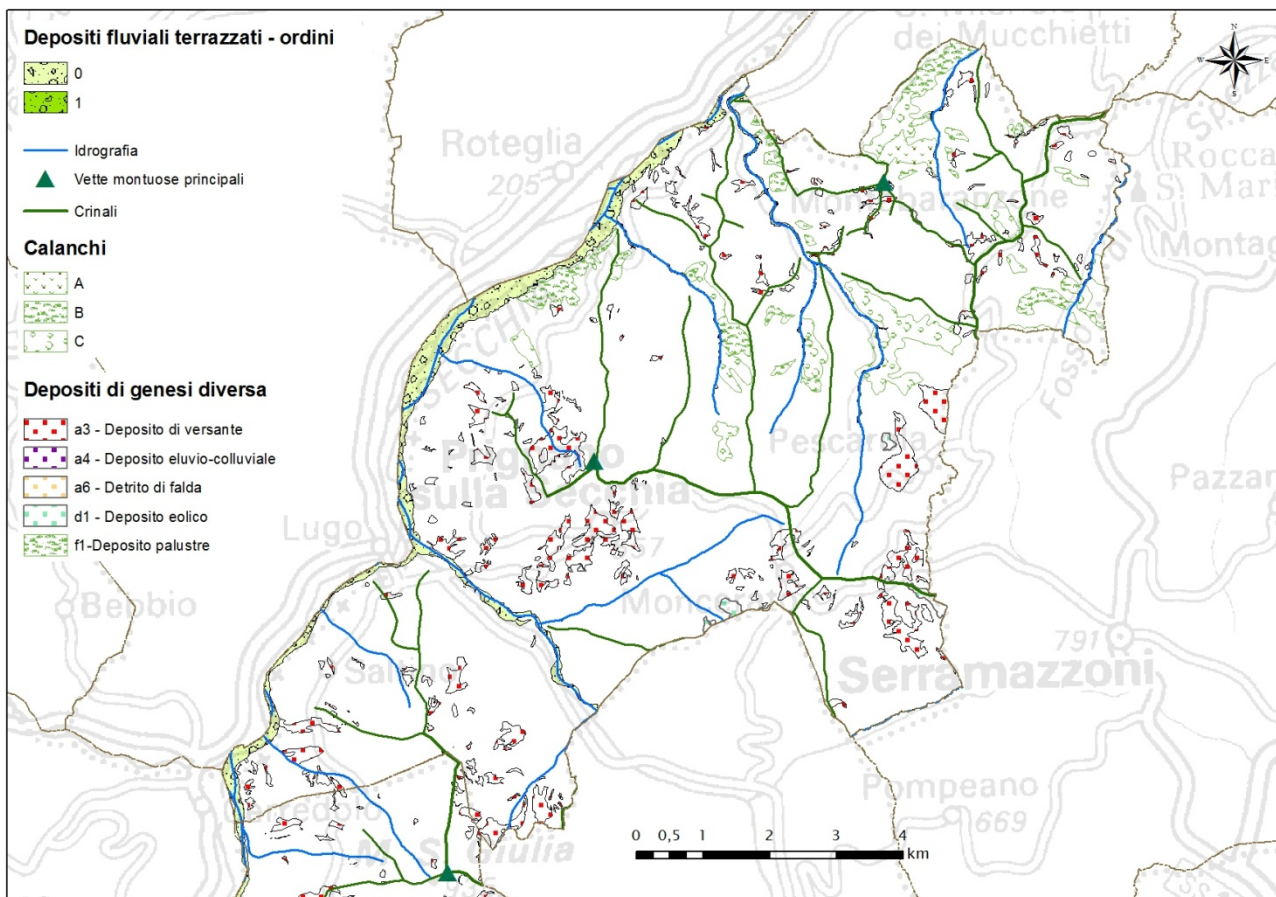


Figura 25 – Distribuzione dei depositi alluvionali terrazzati (solo ordini minori), dei depositi di genesi diversa e dei calanchi nel territorio comunale di Prignano sulla Secchia. Tematismi vettoriali estratti dalla Carta Idro-geomorfologica del PSC dell'Unione dei Comuni delle Valli Dolo-Dragone-Secchia.

CALANCHI

I calanchi sono forme erosive derivanti dall'azione del ruscellamento concentrato delle acque meteoriche. Si formano su terreni a comportamento geomeccanico plastico, generalmente

sovracconsolidati. 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, nella zona a ovest, mentre in Palagano sono quasi completamente assenti.

Nella carta idro-geomorfologica del 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 ampio versante che, dal crinale del Monte della Croce, a SE, scende verso NO fino all'alveo del Fiume Secchia (Figura 26). La caratteristica geomorfologica maggiormente evidente è l'ampia estensione assunta dai corpi franosi, sia in evoluzione che senza indizi di evoluzione, i quali lasciano spazio ad affioramenti di MOH di estensione limitata e spesso isolati tra loro dai corpi di frana stessi.

Confrontando la carta geologica a scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna (Figura 26) con la carta del dissesto del PTCP (Figura 27), la configurazione dei fenomeni franosi è del tutto simile, con l'esplicitazione, nella geologica regionale, della presenza di roccia in posto (Formazione di Monghidoro - MOH in carta) e di detrito di versante (a3 in carta) in corrispondenza della dorsale che fa da spartiacque tra due settori in frana distinti, ma coalescenti a valle. Detrito che ricopre il ripiano su cui si trova il campo sportivo ed il versante ove è presente il cimitero, entrambi a valle della scarpata di frana riconducibile all'attivazione del 1790.

Procedendo verso valle, fino all'alveo del Secchia, entrambi gli elaborati cartografici uniscono, all'interno di un vasto settore codificato come in frana quiescente/a2g, vari corpi di frana coalescenti, rendendo di difficile comprensione l'evoluzione degli stessi lungo l'intero versante.

A luoghi, corpi di frana attivi, nel settore di monte, proseguono verso valle come quiescenti; in altri casi, come per la frana oggetto del presente studio, il piede assume un'inverosimile estensione laterale, andando a compiere una deviazione di 90° verso ovest a valle della cresta rocciosa su cui sorge la chiesa parrocchiale.

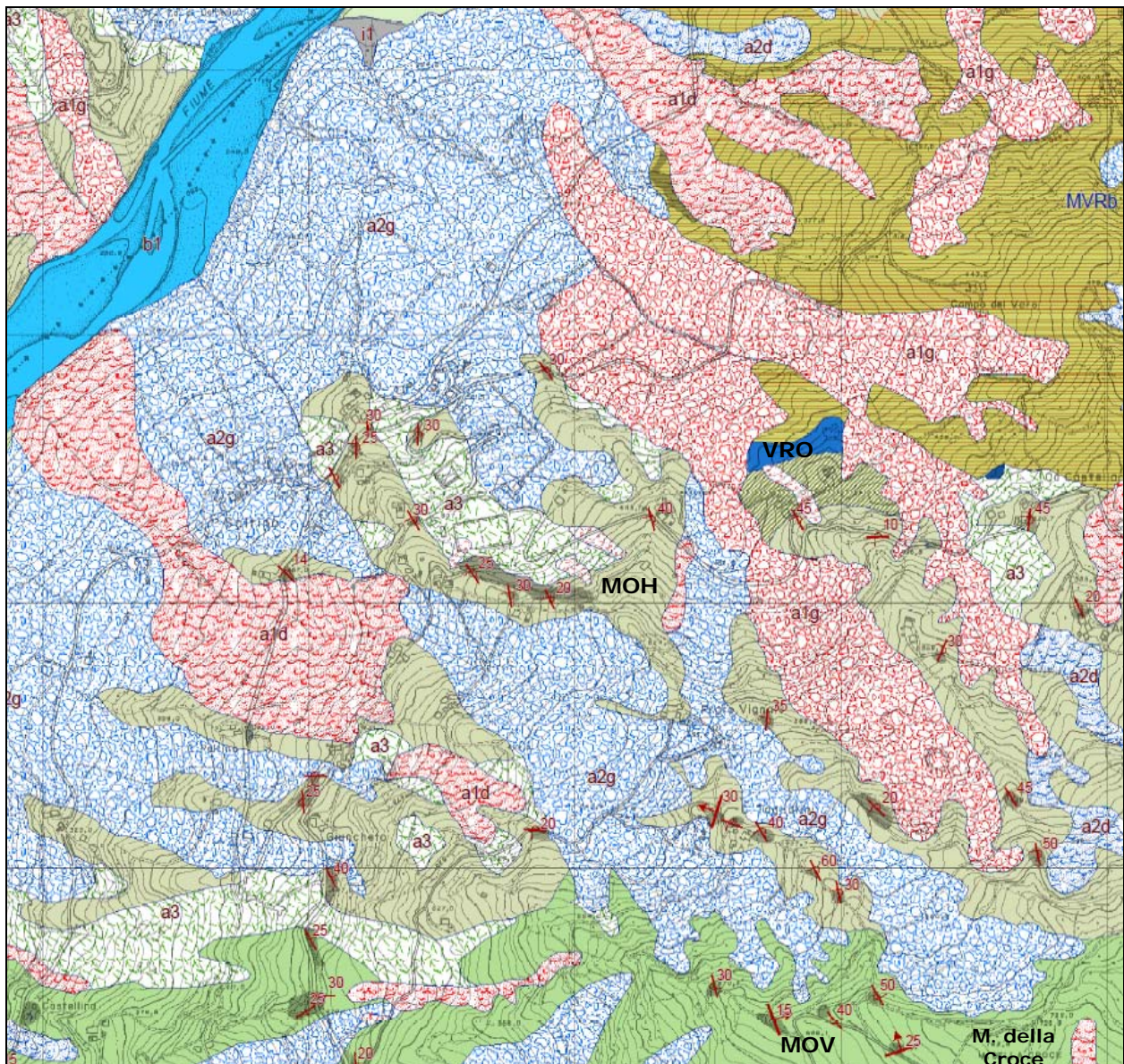


Figura 26 – Stralcio della Sezione 218160 “San Cassiano” della carta Geologica a scala 1:10.000 dell’Appennino emiliano-romagnolo della Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (Rilevamento geologico originale eseguito alla scala 1:10.000, negli anni 1982\1996. Aggiornamento delle unità geologiche al 2005 e parziale aggiornamento delle coperture al 2011). **Legenda** – MOV: Formazione di Montevenero; MOH: Formazione di Monghidoro; VRO: Argille della Val Rossenna; MVRb: Complesso di Rio Carnone – inclusi di alternanze argilloso-calcaree; a2g: deposito di frana quiescente complessa; a2d: deposito di frana quiescente per colamento di fango; a1g: deposito di frana attiva complessa; a1d: deposito di frana attiva per colamento di fango; a3: deposito di versante s.l.

Una definizione geomorfologicamente più verosimile della frana in esame è quella contenuta nella Carta inventario delle frane dell’Emilia-Romagna (Figura 28): qui la frana è identificata con il codice 202153 a cui fa riferimento l’apposita scheda descrittiva delle riattivazioni conosciute¹⁵. Tutte le riattivazioni più recenti sono cartografate in rosso e sono pertinenti alla sola scarpata principale da cui ha avuto origine l’evento del 1790.

¹⁵ http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs_dis.jsp?id=202153

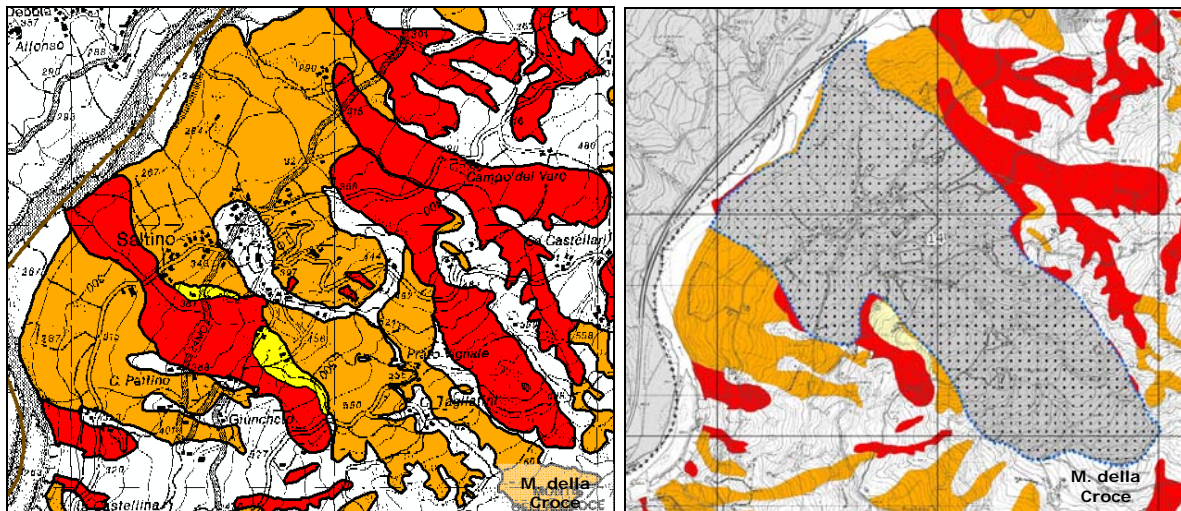


Figura 27 – Stralcio della Tavola 2.1.8 “Rischio da frana: carta del dissesto” del PTCP della Provincia di Modena. In arancione: aree interessate da frane quiescenti; in rosso: aree interessate da frane attive; in giallo: aree potenzialmente instabili; in grigio: area a rischio idrogeologico molto elevato; poligono con perimetro a pallini azzurri e pallini neri interni: abitato da consolidare o trasferire (perimetrazione ai sensi dell’art. 29 comma 2 del PTPR) – scheda nr. 14. A sinistra: elaborazione cartografica a cura dello scrivente utilizzando il layer digitale (SHP file) del dissesto provinciale; a destra: stralcio dell’originale PTCP.

La zona di transito coinvolge il cimitero, alcuni edifici privati e la strada, seguendo un percorso più verosimile, dal punto di vista geomorfologico, rispetto a quello descritto nelle cartografie geologica regionale e del dissesto provinciale e che si avvicina a quello descritto nella relazione geologica a cura del Dott. Geol. Luigi Savio (1989) per il consolidamento dell’abitato di Saltino (perimetrazione legge N 445) (Figura 29).

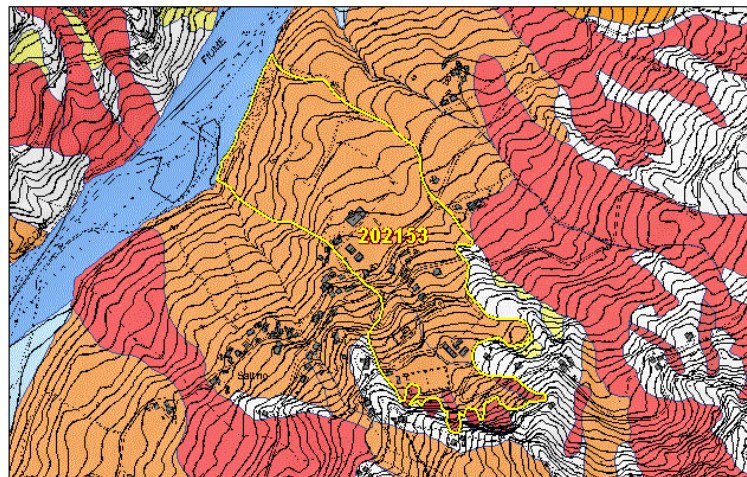
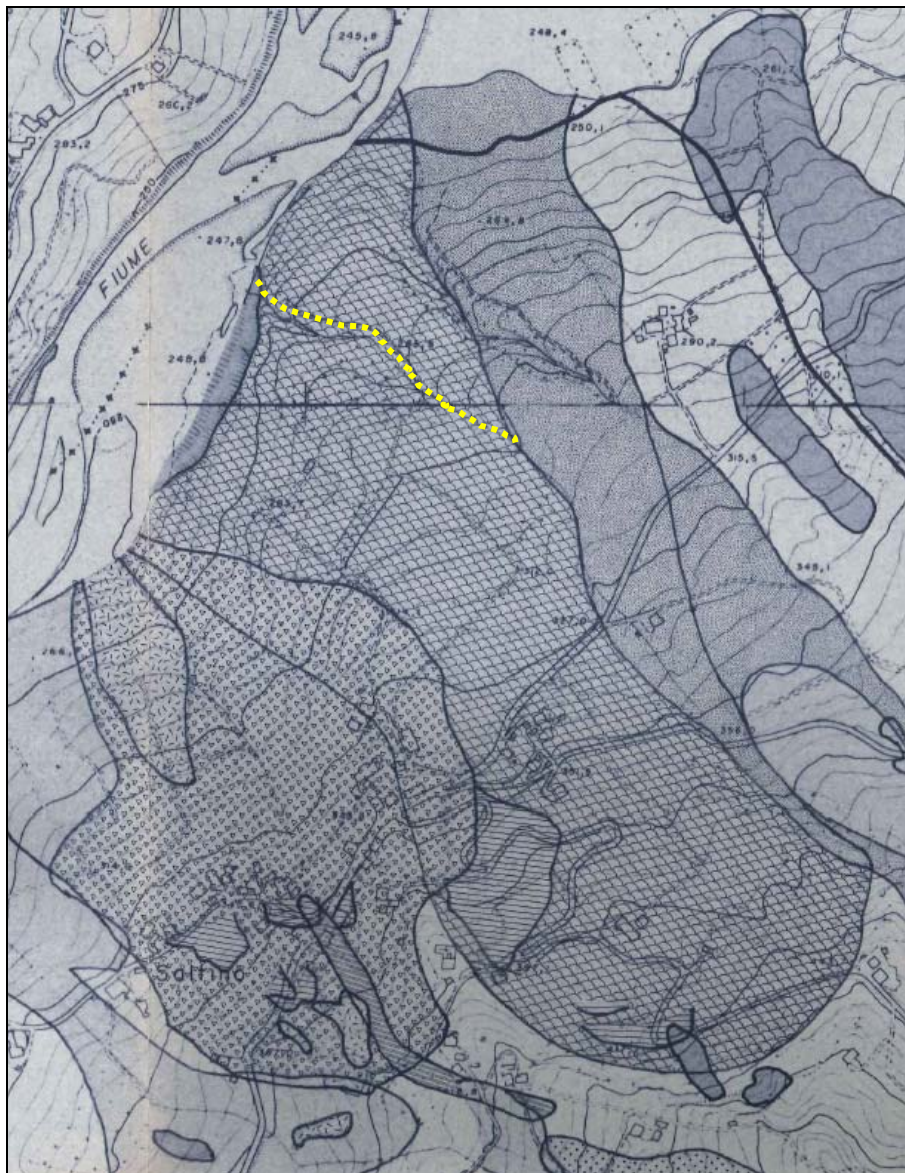


Figura 28 – Cartografia dell’inventario delle frane della Regione Emilia–Romagna (edizione marzo 2017).

Rispetto alla cartografia di L. Savio, in questa sede si predilige, dal punto di vista prettamente geomorfologico, l’interpretazione data dall’inventario del dissesto regionale (Figura 28), in cui il piede trova il suo limite nord-orientale in corrispondenza della linea tratteggiata gialla di Figura 29.



LEGENDA:

	FRANA DEL 1980		FRANA DEL 1939
	" DEL 1977		" DEL 1931
	" DEL 1973		" DEL 1909
	" DEL 1955		" DEL 1908
	" DEL 1942		" DEL 1790

Figura 29 – Stralcio Allegato 3 della relazione geologica “Consolidamento abitato di Saltino – perimetrazione legge N 445 – frane databili”, a scala 1:5000, a cura del Dott. Geol. Luigi Savio (1989). La linea gialla tratteggiata delimita il bordo nord-orientale della frana del 1790 in base all’interpretazione dello scrivente.

Per la frana attivatasi nel 1790, oggetto del presente studio di MS3, l’inventario del dissesto regionale, riprendendo il lavoro di Brunamonte (2003), cita: *Settore di versante compreso tra Il Borgo, Prato di Vignale, Cà di Viano e l’alveo del F. Secchia. La mobilitazione in massa di una*

grande frana coinvolge l'intero tratto di versante a valle dell'attuale nucleo di Prato Vignale e comportando la distruzione dell'antico borgo di Povello. Il nucleo abitato di Povello era situato a sud del coevo edificio del Caseificio (ora adibito a deposito di R. Bardelli) posto lungo il tracciato della Via Ducale (CASTELLARI, 2002). La zona di distacco, ancora ben evidente, si localizza in corrispondenza della netta scarpata ad andamento arcuato sovrastante il campo sportivo della Parrocchia di Saltino. Il movimento coinvolge l'area sottostante sino alla sponda del F. Secchia dove sorgeva l'antico borgo. Il margine sinistro del corpo di frana lambì lo spigolo nord-est della Chiesa che non fu travolta. Ampio corpo di frana quiescente esteso sino alla base del versante destro del F. Secchia. Alterazione dell'assetto morfologico del versante, con formazione di zone depresse e in contropendenza sede di ristagni idrici alimentati dallo scorrimento superficiale e dall'emergenza della circolazione idrica epidermica.

Dimensioni del fenomeno: $L = 1150$ m circa, $l_{max} = 500$ m, $l_{min} = 370$ m, l (accumulo) = 750 m, p (sulla base delle indagini sismiche svolte nel 1979 per la ricostruzione del cimitero) = 19 m nel settore meridionale in prossimità del nucleo principale del Borgo, $A = 0.50$ km².

Cause innesco: *Precipitazioni elevate e prolungate sono segnalate da vari Cronisti coevi per l'Italia settentrionale (cfr. SANTI, 1897). Ad un autunno con piogge abbondanti e pressoché continue, fece seguito un inverno poco freddo. La neve appena caduta fondeva rapidamente, imbibendo il terreno. Nuove grandi piogge si verificano nel corso della primavera.*

Porzioni più ridotte della frana del 1790 hanno manifestato nel tempo a venire diverse attivazioni, con zona di distacco generalmente individuabile in corrispondenza della grande scarpata in roccia a monte dell'attuale campo sportivo. Tra queste il Brunamonte (2003) ne segnala una nella prima metà del XIX secolo ed una nel 1939. Tra le cronache più recenti si può citare la attivazione del 4 marzo 2014, che ha interessato sempre la scarpata rocciosa di cui sopra, determinandone un arretramento che minaccia da vicino due case.

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

Daniele e Plesi (2000) distinguono 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 17):

- 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 Grizzana 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–pelitiche 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 di 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–pelitiche, 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–scura 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 (Reutter, 1969).

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 nell'area dell'Unione, attribuiti alla formazione delle Argille a Palombini. In associazione ai basalti sono presenti, presso l'omonima località, le Breccie Argillose del Poggio Bianco Dragone.

I "blocchi" ofiolitici (Figura 30) 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 clinopirosenici.



Figura 30 – 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 breccie a matrice argillosa che contengono clasti ofiolitici, calcarei e più subordinatamente arenacei; localmente sono anche presenti inclusi di Argille varicolori talvolta cartografabili (Plesi, 2002).

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” (Bettelli et al., 1996), analoghi, dal punto di vista applicativo, alle così dette “*bimrock*” o eventualmente alle “*bimsoil*” (Barbero et al., 2006; Medley, 2001, 1999).

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 (Bettelli et al., 1989a, 1989c). 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 Chicchi e Plesi, 1995, 1992, 1991; Martini e Plesi, 1988; Mochi et al., 1996).

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;
- Breccie 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 Breccie 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-calcaree; si tratta pertanto di terreni a dominante argillitica con inclusi arenacei e/o calcarei in frammenti e lembi di strati di dimensioni variabili da centimetriche a decametriche (*bimrock*: Barbero et al., 2006; Medley, 2001, 1999).

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 (Plesi, 2002). 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 scheggiate (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., 1989b). Pressoché tutto il settore nord 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, 1989c), più in particolare (dal basso stratigrafico verso l'alto):

- Brecce argillose di Baiso;
- Marne di Monte Piano;
- Formazione di Ranzano;
- Marne di Antognola;
- Brecce 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 Brecce 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 (Bettelli et al., 1989a, 1989b, 1989c; Mancin et al., 2006).

FORMAZIONI EPILIGURI PRE-BURDIGALIANE

Le *Brecce argillose di Baiso* sono costituite da diversi corpi di brecce 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 *Brecce argillose poligeniche della Val Tiepido-Canossa*, dal punto di vista pratico, assomigliano alle Brecce argillose di Baiso, già descritte. Si tratta di brecce 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 Prignano sulla Secchia e dell'area oggetto di MS3

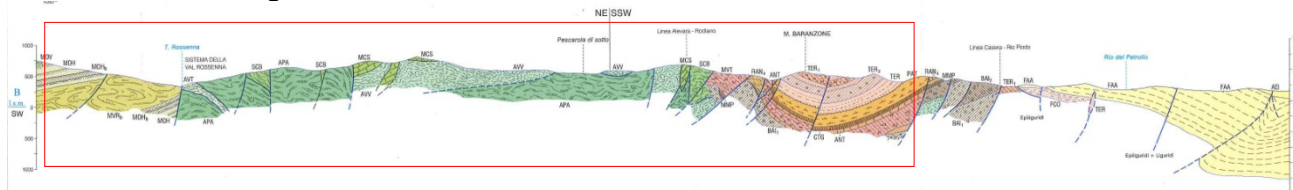
I terreni delle formazioni di Monghidoro e di Montevenere compongono, pressoché in modo esclusivo, la stratigrafia del sottosuolo dei principali nuclei abitati della zona centro-meridionale del Comune: Castelvecchio, Prignano, Saltino, Pugnago. Nella parte orientale del Comune, la stratigrafia del sottosuolo degli abitati di Pescarola di sopra, Moncerato e S. Pellegrinetto è caratterizzata principalmente da terreni delle formazioni delle Argille a Palombini, Argille Varicolori di Cassio e Flysch di Monte Cassio. Nella restante parte settentrionale, nei pressi delle zone in esame di Casa Azzoni e Montebaranzone, la stratigrafia del sottosuolo è caratterizzata per lo più dalla Formazione del Termina.

La sezione di Figura 31, che attraversa il territorio comunale con direzione SO-NE, ricostruita nel Foglio nr. 219 "Sassuolo" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 (Gasperi et al., 2005), passando a SE di Prignano e attraverso Pescarola di sopra e Montebaranzone, mostra uno spaccato di tutte le formazioni, con spessori a luoghi superiori a 500m.

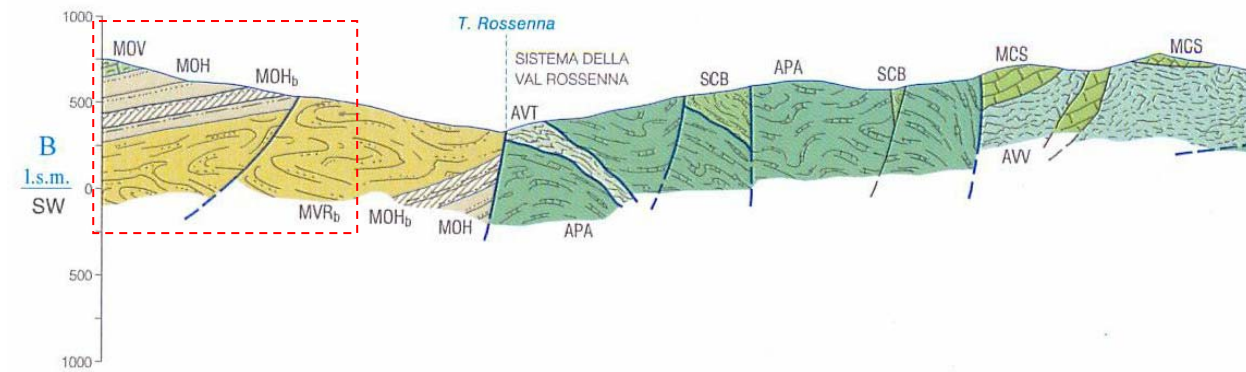
Nel dettaglio, il Capoluogo si trova in corrispondenza del passaggio tra le formazioni di Monghidoro e di Montevenere, a nord-ovest, e le Argille a Palombini a sud-est, lungo il quale si sono verificati estesi fenomeni di scivolamento in blocco. Gran parte dell'edificato esistente di Prignano è situato nella zona compresa tra gli affioramenti rocciosi, in posto, delle due formazioni liguridi e i rispettivi blocchi dislocati. Ad est del capoluogo affiorano, appunto, le Argille a Palombini e le Argille Varicolori, formazioni intensamente deformate dalla tettonica e con assetti non riconoscibili. Il settore settentrionale del territorio comunale è invece caratterizzato dalla sinclinale di Montebaranzone, costituita da terreni litologicamente eterogenei della Formazione del Termina (nei metri più superficiali).

I depositi superficiali, probabilmente derivanti dall'alterazione, in ambiente morfoclimatico periglaciale, delle stesse formazioni di Montevenere e di Monghidoro, hanno dato origine, nel tempo, a fenomeni gravitativi che, in particolare, hanno coinvolto, e continuano a coinvolgere, il settore meridionale del territorio comunale, in corrispondenza del versante destro delle valli del F. Secchia e del T. Rossenna, principalmente in corrispondenza degli abitati di Saltino e Castelvecchio, ma anche, in parte, Prignano stesso. Altri fenomeni gravitativi, che interessano invece le formazioni argillose (Argille a Palombini e Argille Varicolori), coinvolgono principalmente

il settore sud-orientale del Comune, in corrispondenza degli abitati di Pescarola di sopra, Moncerato e S. Pellegrinetto.



a)



b)

Figura 31 – a) Sezione geologica B-B' della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000, Foglio nr. 219 "Sassuolo". Il rettangolo rosso identifica la porzione di territorio comunale di Prignano sulla Secchia intersecata dalla sezione stessa; b) Parte della sezione geologica B-B' : il rettangolo rosso tratteggiato identifica la porzione di territorio comunale di Prignano sulla Secchia che meglio rappresenta i rapporti stratigrafici in corrispondenza dell'area di studio di Saltino.

In particolare, per quanto riguarda l'area in esame (rettangolo rosso tratteggiato in Figura 31), l'assetto è ereditato dalla più ampia struttura tettonica regionale, ovvero la Sinclinale della Val Rossenna, di cui le due formazioni di Monteverene e di Monghidoro costituiscono, in quest'area, il fianco rovesciato. Una sezione esemplificativa della Sinclinale della Val Rossenna è visibile in Figura 32.

In tale sezione è possibile individuare un segmento (cirscritto dal rettangolo rosso) ipoteticamente rappresentativo della configurazione stratigrafico-tettonica dell'area in esame per questo studio. Qui, gli strati della Formazione di Monghidoro affiorano in assetto rovesciato, sovrastando le Argille della Val Rossenna e le brecce argillose che costituiscono il nucleo della sinclinale e che affiorano poco più ad est dell'area di studio.

Il contatto tra MOH e MOV, verso SO, è stratigrafico.

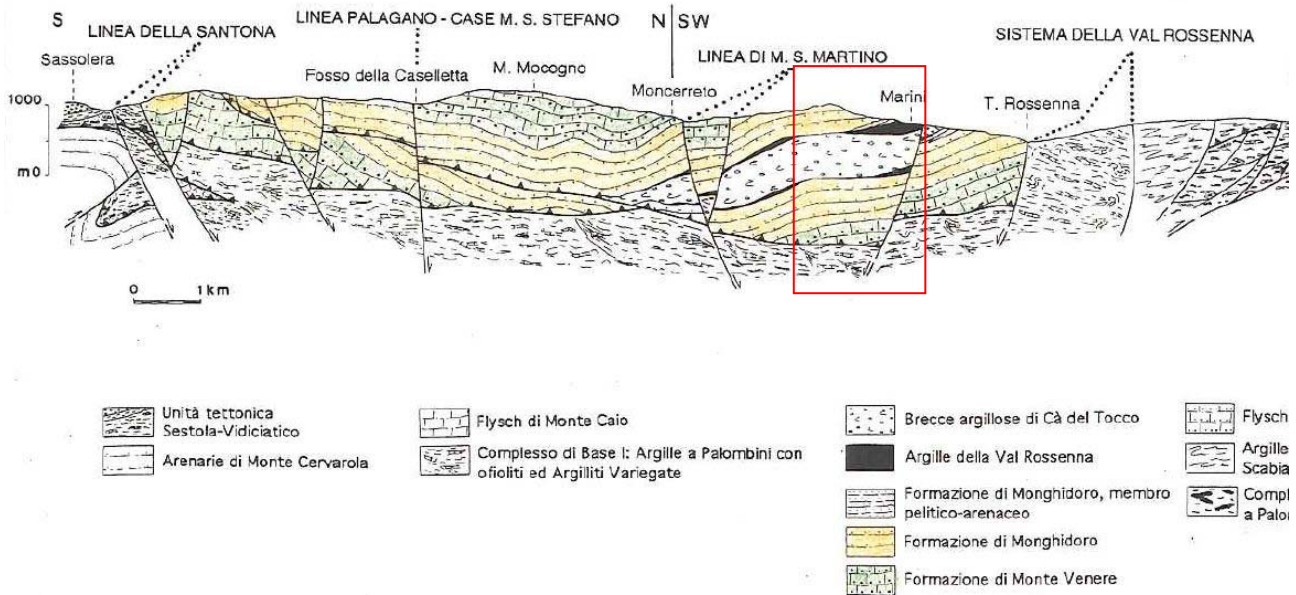


Figura 32 – Sezione geologica Barigazzo–Polinago–T. Rossenna, ad est dell’area di studio, rappresentativa della struttura sinclinale rovesciata della Val Rossenna. (Fonte: Bettelli & Panini, 1992). Il rettangolo rosso identifica l’assetto stratigrafico–tettonico che più approssima quello della zona oggetto del presente studio.

Dettagli sulla stratigrafia dei primi metri dal piano campagna all’interno dell’area in esame provengono dall’unico sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, eseguito in quest’area (in particolare per questo stesso studio di MS3), la cui ubicazione è visibile in Figura 33.

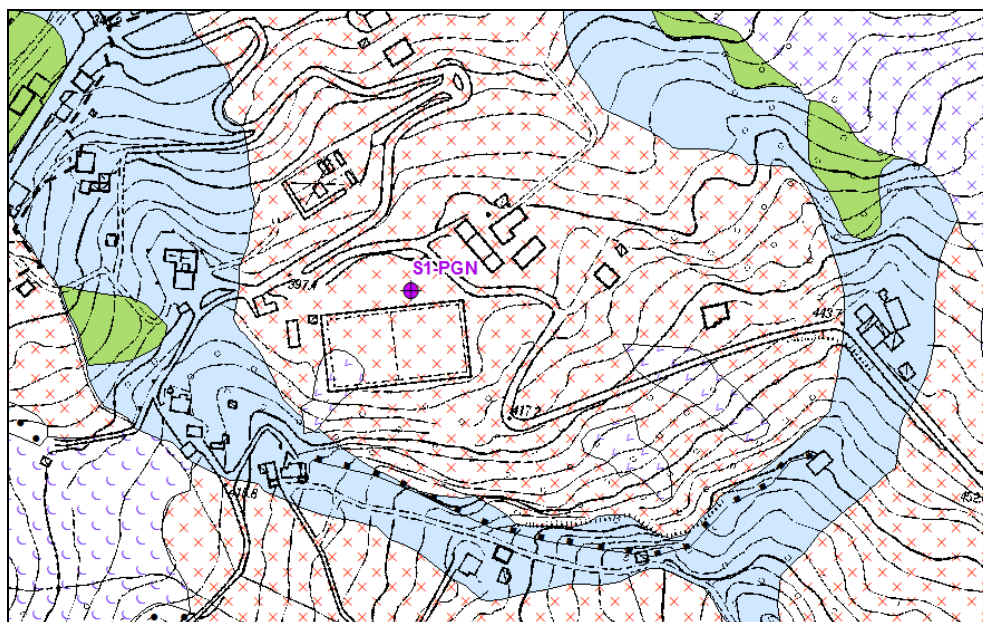


Figura 33 – Ubicazione del sondaggio a carotaggio continuo eseguito all’interno del corpo di frana in studio (settor sorgente), rappresentato dal cerchio viola con croce nera (sigla sondaggio: S1–PGN).

I primi 6,4 m dal piano campagna sono costituiti da materiale detritico ad organizzazione caotica, composto da frammenti arenacei a spigoli vivi immersi in matrice limo–argillosa–sabbiosa. Da qui a circa 10 m domina il limo argilloso–sabbioso con immersi clasti arenacei caoticamente

distribuiti. Un metro composto da clasti arenacei puliti è subito seguito da alternanze di livelli argilloso-sabbiosi, arenaria e clasti arenacei, fino a 12 m. Da qui a 14,5 m ridiviene predominante il limo argilloso. Da 14,5 m a circa 16 m è presente un livello di ghiaia arenacea, con alcuni blocchi arenacei: questo livello può essere sede di un acquifero in pressione poiché, durante il suo carotaggio, si è avuta una risalita d'acqua sino a +2 m dal piano campagna.

Oltre i 16 m aumenta il numero di blocchi arenacei e pelitici intervallati da ghiaia arenacea in matrice fine sino a circa 20 m. Da qui a circa 25 m divengono prevalenti i livelli composti da ghiaia arenacea, intervallata da livelli argillosi, ancorché ricchi di clasti a spigoli vivi. Da 25 a fine sondaggio (-27, 37 m) la sequenza è composta esclusivamente da arenaria, a luoghi altamente fratturata, caratterizzata da alta permeabilità poiché a 25 m si è verificata perdita dell'acqua di ricircolo del sondaggio.

6. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La ricerca delle indagini geotecniche e geofisiche d'archivio è stata eseguita presso l'Ufficio Tecnico Comunale di Prignano sulla Secchia, ed ha permesso di acquisire numerosi dati geognostici 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. 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.

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 34).

In particolare sono stati realizzati *ex-novo*:

- n. 3 MASW (*Multichannel Spectral Analysis of Waves*) finalizzate alla definizione dei profili di V_{s_n} ,
- n. 9 indagini di sismica passiva HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) finalizzate alla misura delle frequenze naturali del terreno, impiegando un tromografo digitale portatile,
- n. 2 profili sismici a rifrazione, finalizzati alla definizione dello spessore e della geometria bidimensionale dei sismostrati presenti in corrispondenza della piana artigianale sul corpo di frana e della possibile zona sorgente del movimento franoso,

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo per la definizione del profilo stratigrafico in corrispondenza della zona sorgente del corpo di frana.

Sondaggi a carotaggio continuo

Per quanto riguarda il sondaggio a carotaggio continuo realizzato per questo studio, la stratigrafia è già stata ampiamente descritta nel capitolo 5.2 a cui si rimanda.

Qui si ritiene utile mostrare quanto emerso dalle penetrometrie dinamiche in foro (SPT) eseguite all'interno dello stesso foro di sondaggio.

Le prove hanno interessato in parte lo spessore limo-argilloso/sabbioso compreso tra 6,4 e 10 m e, in parte, lo spessore limo-argilloso compreso tra 11 e 14,5 m.

Per quanto riguarda il primo dei due strati, l'angolo di attrito di picco è risultato variabile tra **45°** e **47°**, con valore medio pari a 46°, 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.

Relativamente al parametro coesione non drenata, pertinente alla frazione fine del detrito, i valori sono risultati variabili tra **247** e **309 kPa**, secondo le correlazioni proposte da Sowers (1979) per argille di bassa plasticità e limi argillosi.

Per quanto riguarda il secondo strato, l'angolo di attrito di picco è risultato variabile tra **42°** e **44°**, 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 granulometricamente uniformi.

Relativamente al parametro coesione non drenata, pertinente alla frazione fine del detrito, i valori sono risultati variabili tra **65** e **81 kPa**, secondo la correlazione proposta da Dunham (1954) che lega il parametro geotecnico al valore di N_{spt} e di N_{60} per terreni con clasti angolari.

Relativamente al parametro coesione non drenata, pertinente alla frazione fine del detrito, i valori sono risultati variabili tra **188** e **235 kPa**, secondo le correlazioni proposte da Sowers (1979) per argille di bassa plasticità e limi argillosi.

E' chiaro che in occasione dell'esecuzione della prova SPT, il numero di colpi registrato è necessariamente il risultato di una risposta meccanica a cui contribuiscono sia l'angolo di attrito interno della frazione incoerente (ed in parte anche di quella fine, coesiva), sia la coesione non drenata della frazione fine; pertanto, i valori di attrito interno e coesione non drenata ottenuti non sono rappresentativi della situazione reale del deposito, bensì di una assimilazione dello stesso ad un deposito puramente incoerente, in un caso, e ad un deposito puramente coesivo, nell'altro.

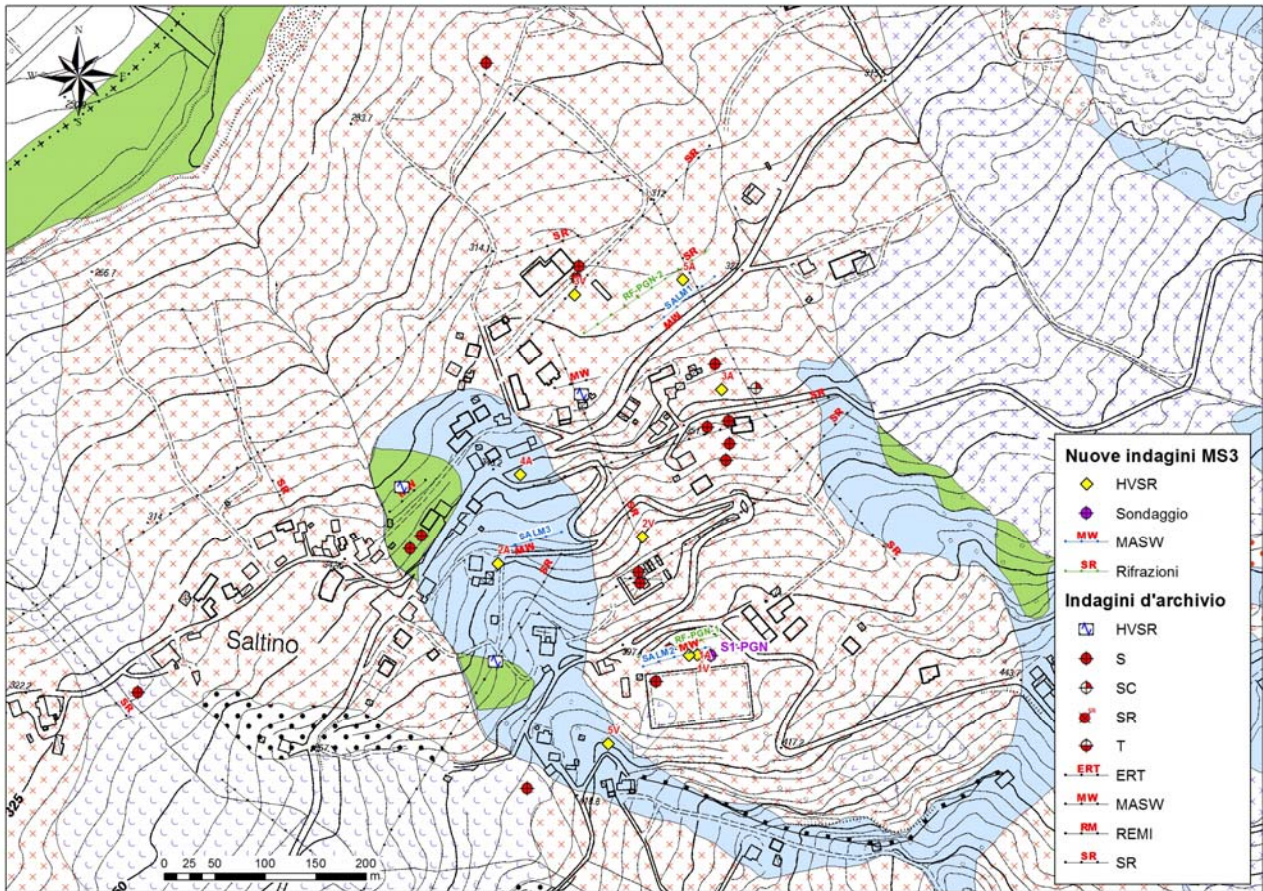


Figura 34 – Ubicazione dei sondaggi geognostici e geofisici eseguiti per lo studio di MS3, unitamente a quelli d’archivio. Le indagini lineari di nuova esecuzione per questo studio hanno etichette colorate: blu per le MASW e verde per le rifrazioni.

MASW

Come si vede da Figura 35, 2 indagini MASW sono state eseguite al di fuori della frana in studio (Old22 e SALM3) mentre 3 indagini sono state eseguite all’interno della frana (SALM2, Old23 e SALM1): la prima in corrispondenza della zona sorgente, la seconda e la terza in corrispondenza della zona di transito della frana. In Allegato 2 si possono visionare i documenti relativi alle acquisizioni ed alle elaborazioni delle indagini MASW d’archivio e di nuova esecuzione.

All’esterno del corpo di frana (Figura 36), i profili di Vs indicano velocità già discrete nei primi metri superficiali, comprese tra 200 e 300 m/s tra 0 e 5 m. Se non si percepiscono sensibili variazioni con la profondità in corrispondenza della SALM3 fino a 15 m, la Old22 mostra invece un repentino incremento dei valori fino a circa 15 m, dove si raggiunge il massimo di quasi 700 m/s. In ambito esterno al corpo di frana, pertanto, il bedrock sismico sembra attestarsi in prossimità dei 15 m, preceduto da uno spessore di substrato roccioso alterato dotato di discreti valori di Vs.

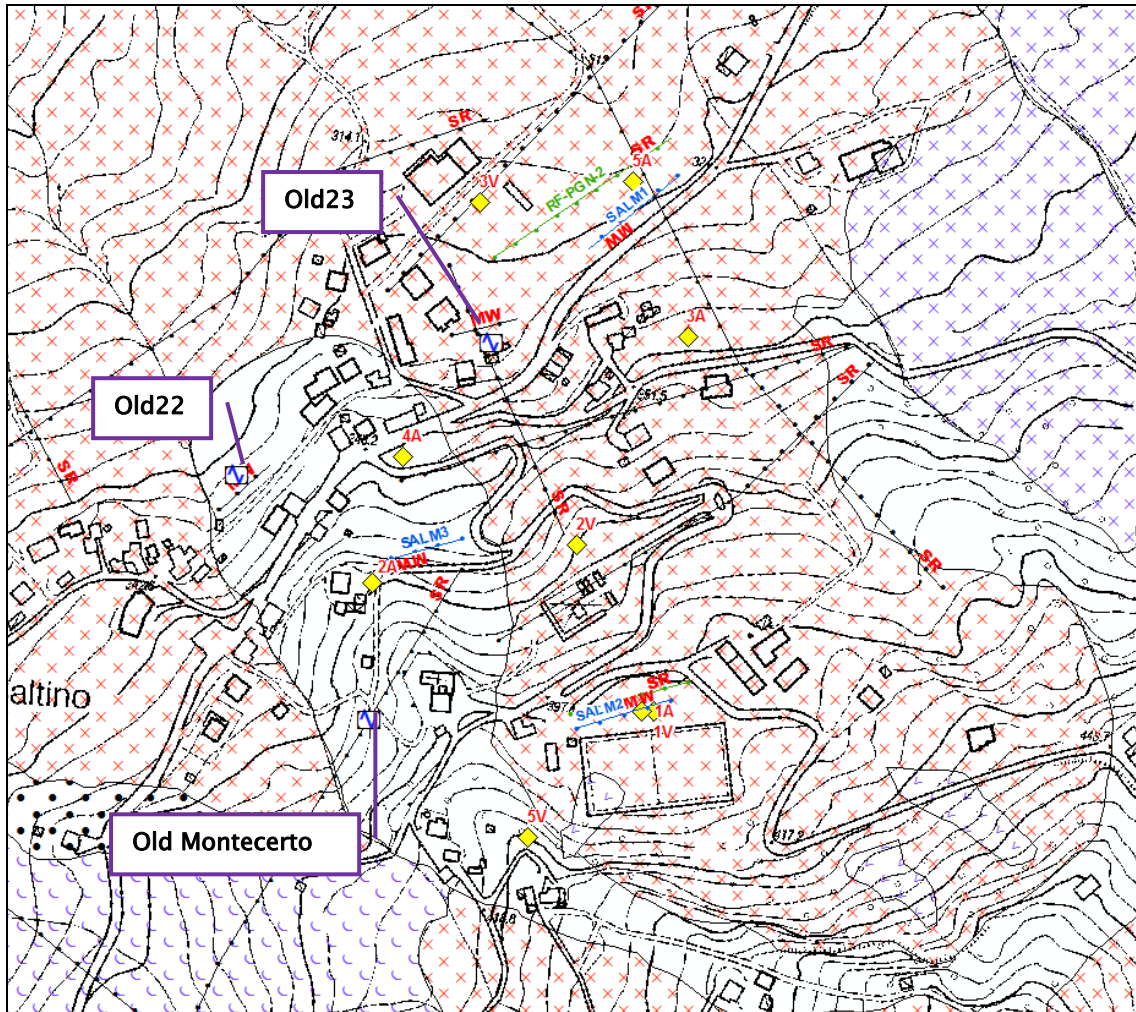
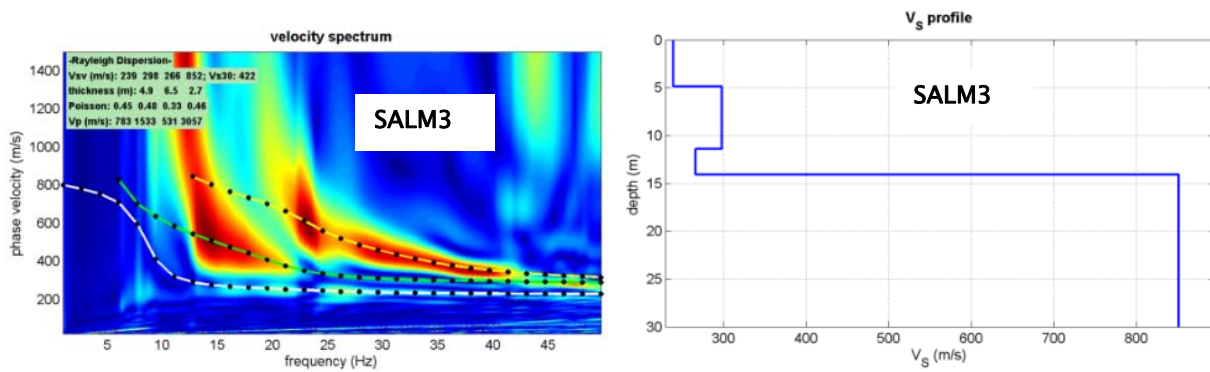


Figura 35 - Ubicazione delle sole indagini geofisiche (d'archivio e di nuova esecuzione) prese in considerazione per questo studio.



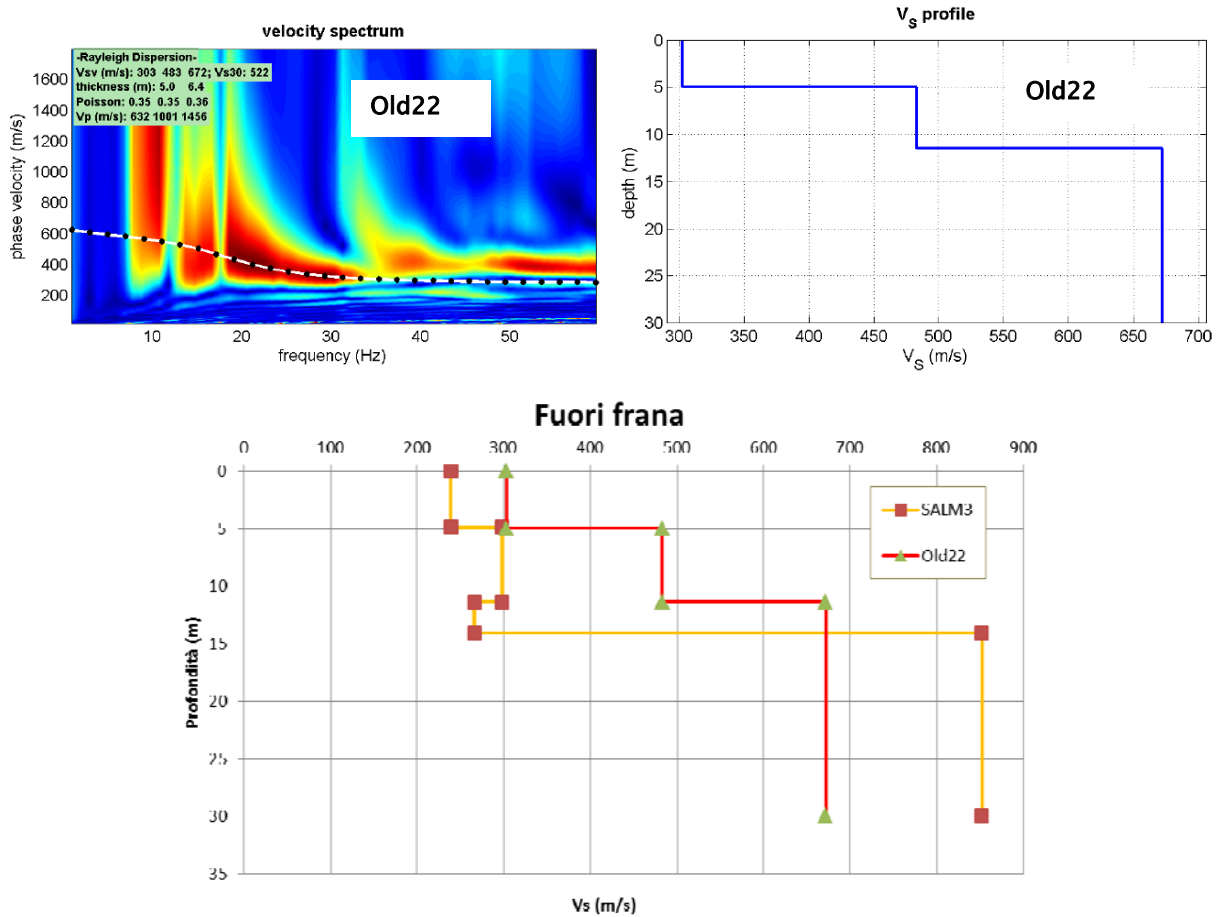
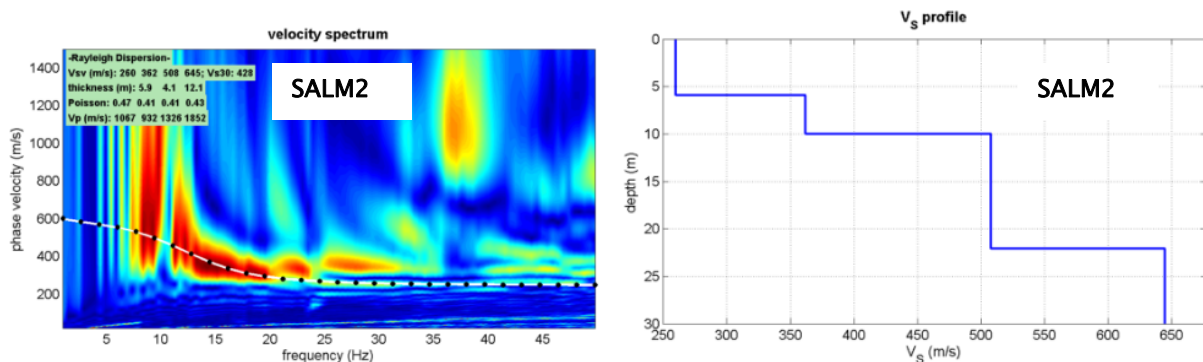


Figura 36 – Profili sismostratigrafici ricostruiti dalle indagini MASW eseguite al di fuori del corpo di frana.

All'interno del corpo di frana (Figura 37), i primi 5 m mostrano velocità tutto sommato comparabili a quelle che caratterizzano lo stesso spessore in ambito esterno alla frana, prossime a 250 m/s, e che possono pertanto essere attribuibili ad uno spessore detritico superficiale ubiquitario.



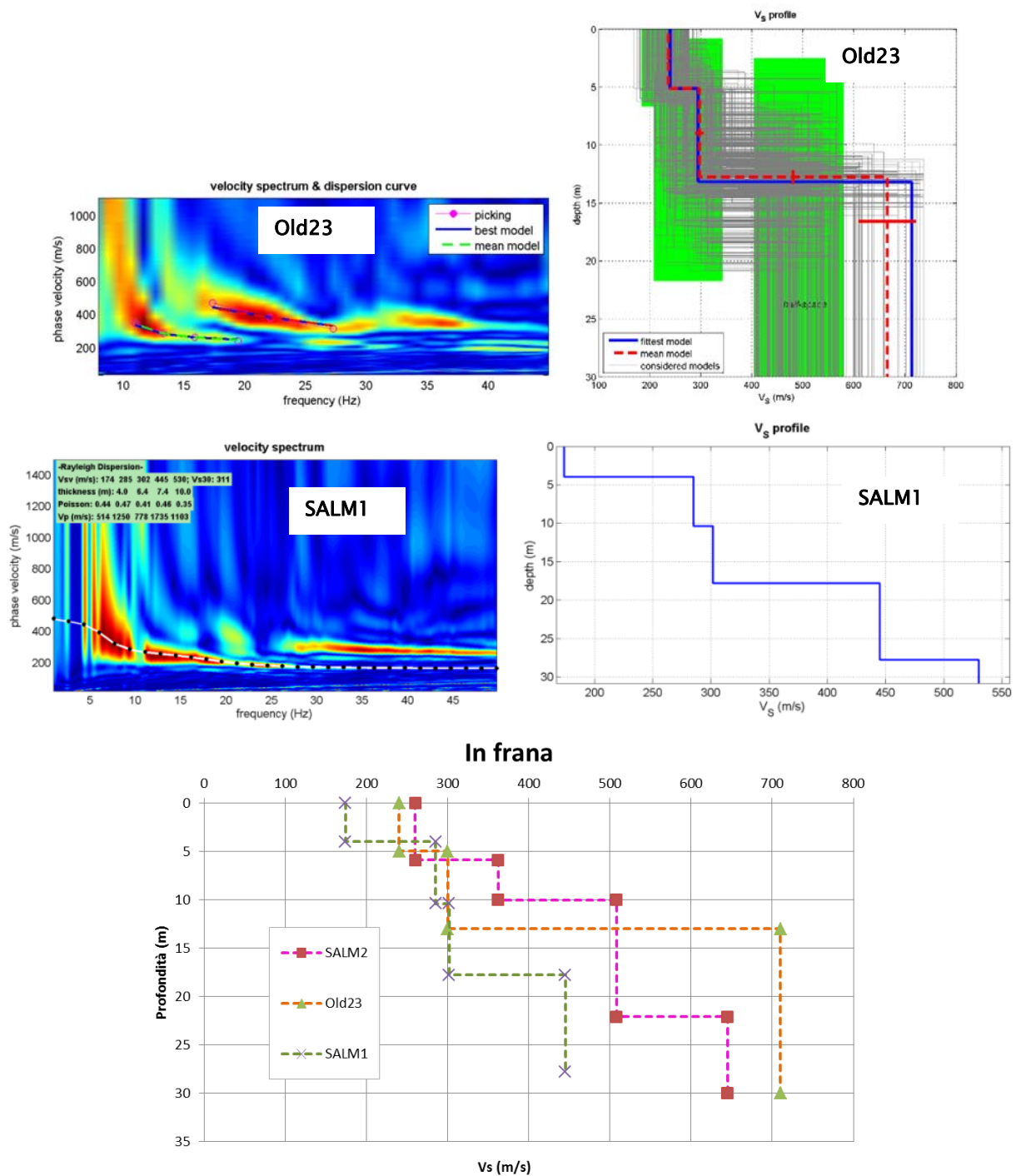


Figura 37 – Profili sismostratigrafici ricostruiti dalle indagini MASW eseguite all'interno del corpo di frana.

Solo SALM1 mostra, nei primi 5 m, velocità relativamente più basse, inferiori a 200 m/s. I profili di velocità mostrano tutti un graduale incremento delle velocità con la profondità, raggiungendo valori prossimi a 700 m/s a 15 m in Old23, a 650 m/s in SALM2 e a 450 m/s in SALM1. Come si vede, SALM1 è caratterizzata da un profilo di Vs che può essere facilmente essere espressione di un deposito di frana; SALM2 mostra valori decisamente più alti di SALM1, ma non raggiunge velocità comparabili a quelle di un bedrock sismico: per questo può ancora essere considerato

espressione di deposito di frana, ma in zona sorgente (come l'analisi geomorfologica suggerisce), dove la profondità del deposito è naturalmente inferiore rispetto alle zone di transito e, soprattutto, di accumulo.

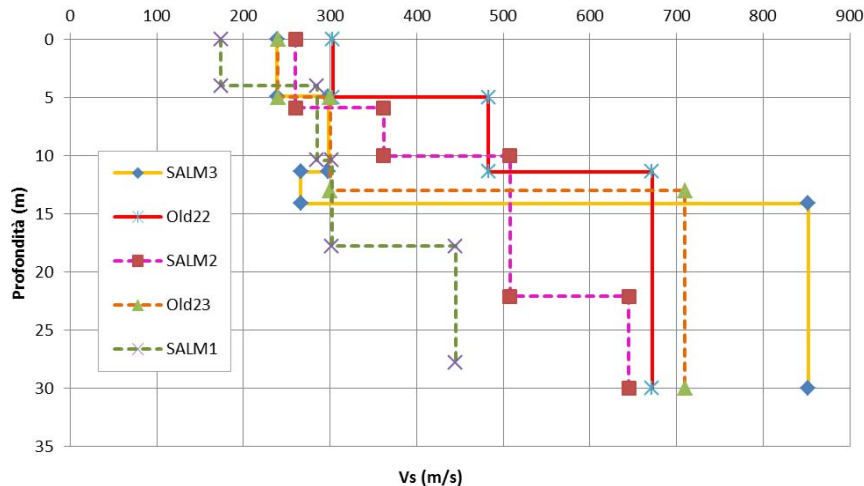


Figura 38 – Confronto tra i profili sismostratigrafici ricostruiti dalle indagini MASW eseguite all'interno del corpo di frana (linee tratteggiate) ed all'esterno del corpo di frana (linee continue).

Old23 sembra il profilo più simile, dei tre in frana, ai profili di ambito esterno (Figura 38), con un brusco incremento di velocità a circa 15 m, verso valori già piuttosto prossimi a quelli del bedrock sismico. In effetti, dal punto di vista geomorfologico, Old23 è stata eseguita poco più a valle di una linea di cresta che parte dal cimitero e termina più o meno in corrispondenza della strada provinciale SP24. Benché interna al più ampio corpo di frana in esame, tale cresta potrebbe essere il risultato di una dislocazione rocciosa determinata dall'evento franoso storico del 1790 (o addirittura da un evento precedente): localmente conserva caratteri morfologici simili ad una cresta rocciosa in posto, ma le caratteristiche di resistenza geomeccanica possono essere alquanto inferiori a quelle di un affioramento non dislocato, dando pertanto ragione dei più bassi valori di Vs rispetto agli ambiti esterni.

HVSR

I risultati delle misure di rumore sismico ambientale (Figura 39 e Allegato 3), effettuate nell'area di studio ed in un suo più ampio intorno, sembrano evidenziare differenze nelle curve H/V all'interno e all'esterno del corpo di frana. All'interno sono stati individuati massimi nelle curve H/V che, procedendo verso valle, si fanno sempre più ampi in termini di range di frequenze che danno valori di H/V maggiori-uguali a 3, quasi ad indicare, per la zona di transito, una serie di superfici di risonanza che potrebbero coincidere con diversi eventi di frana sovrapposti nel tempo. All'esterno, in generale, le curve non mostrano picchi significativi, al netto delle frequenze più alte che possono coincidere con superfici antropiche. La frequenza di risonanza, rilevata in corrispondenza dei picchi maggiori, varia tra 2 e 3 Hz e tra 4 e 5 Hz.

Questo quadro sembra indicare una dicotomia tra zona in frana e substrato affiorante al contorno. Inoltre, anche all'interno dello stesso corpo di frana, solo in corrispondenza delle HVSr di valle (5A, 3V e Old23) è risultata evidente la presenza di una (o più) superficie di risonanza, mentre ciò non risulta altrettanto evidente nelle porzioni più a monte, prossime alla zona sorgente, (1A, 2V, 3A), il cui profilo è simile a quello delle zone esterne alla frana (5V, 2A, 4A). Si può quindi supporre che il detrito di frana sia notevolmente ridotto nelle zone sorgente e raggiunga, invece, maggiore spessore in quelle di accumulo.

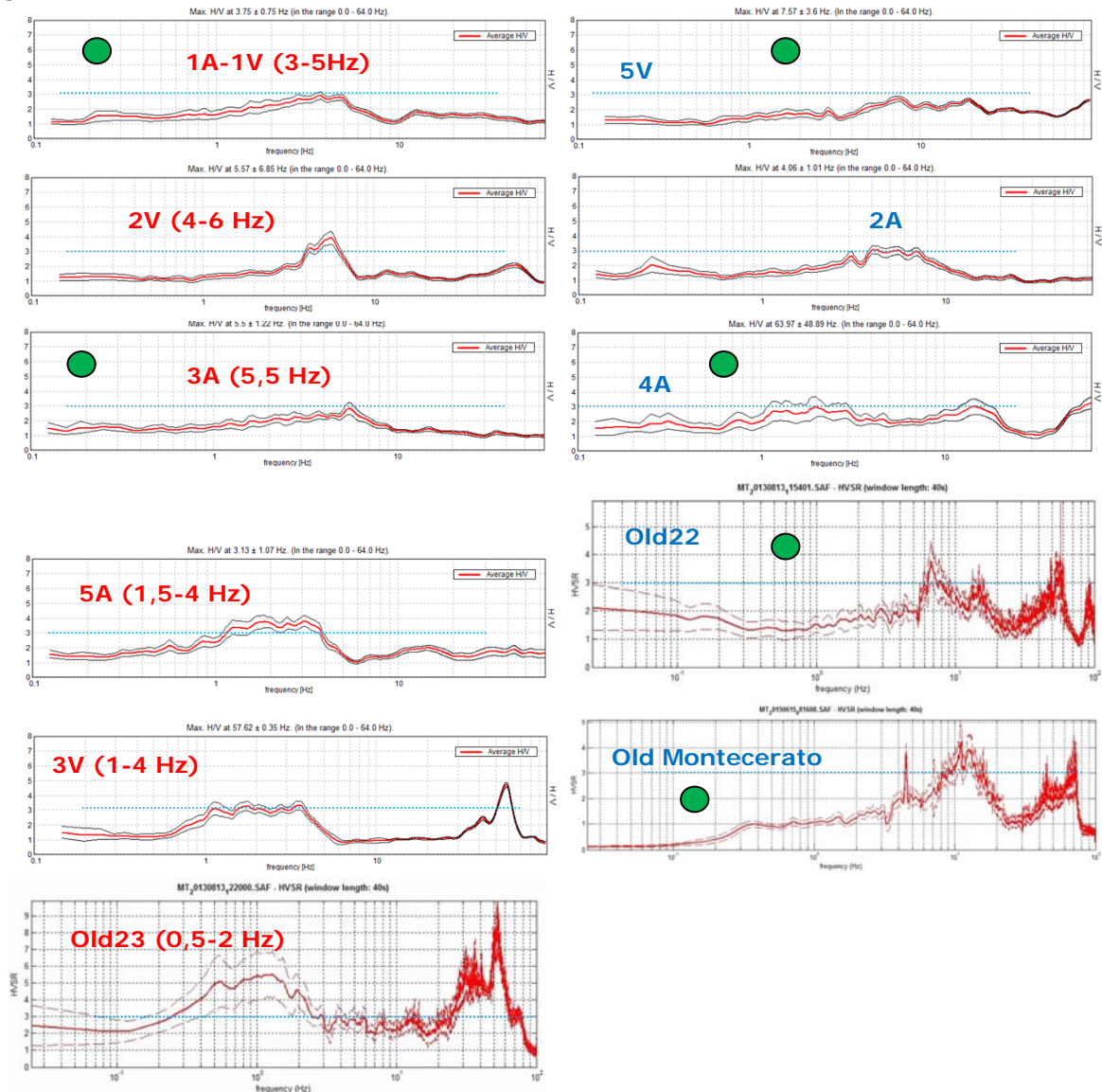


Figura 39 – Curve H/V ricavate dalle indagini HVSr effettuate internamente (sinistra) ed esternamente (destra) al corpo di frana. Le linee punteggiate blu marcano la soglia di amplificazione del rapporto H/V pari a 3. I punti verdi identificano curve con sostanziale assenza di picchi di risonanza (amplificazione < 3) – al netto dei picchi alle frequenze più alte.

Un'ipotesi alternativa potrebbe essere quella che vede, nelle zone sorgente, la presenza di materiale roccioso dislocato (a seguito, ad esempio, di uno scivolamento in roccia), che mantiene una certa integrità strutturale e che, quindi, offre scarso contrasto d'impedenza con il substrato

non mobilizzato. Di contro, a valle possono aver prevalso fenomeni di colata/scivolamento detritici/terra, come evoluzione dei fenomeni a monte: da qui un maggiore contrasto d'impedenza col substrato sottostante.

Sismica a rifrazione

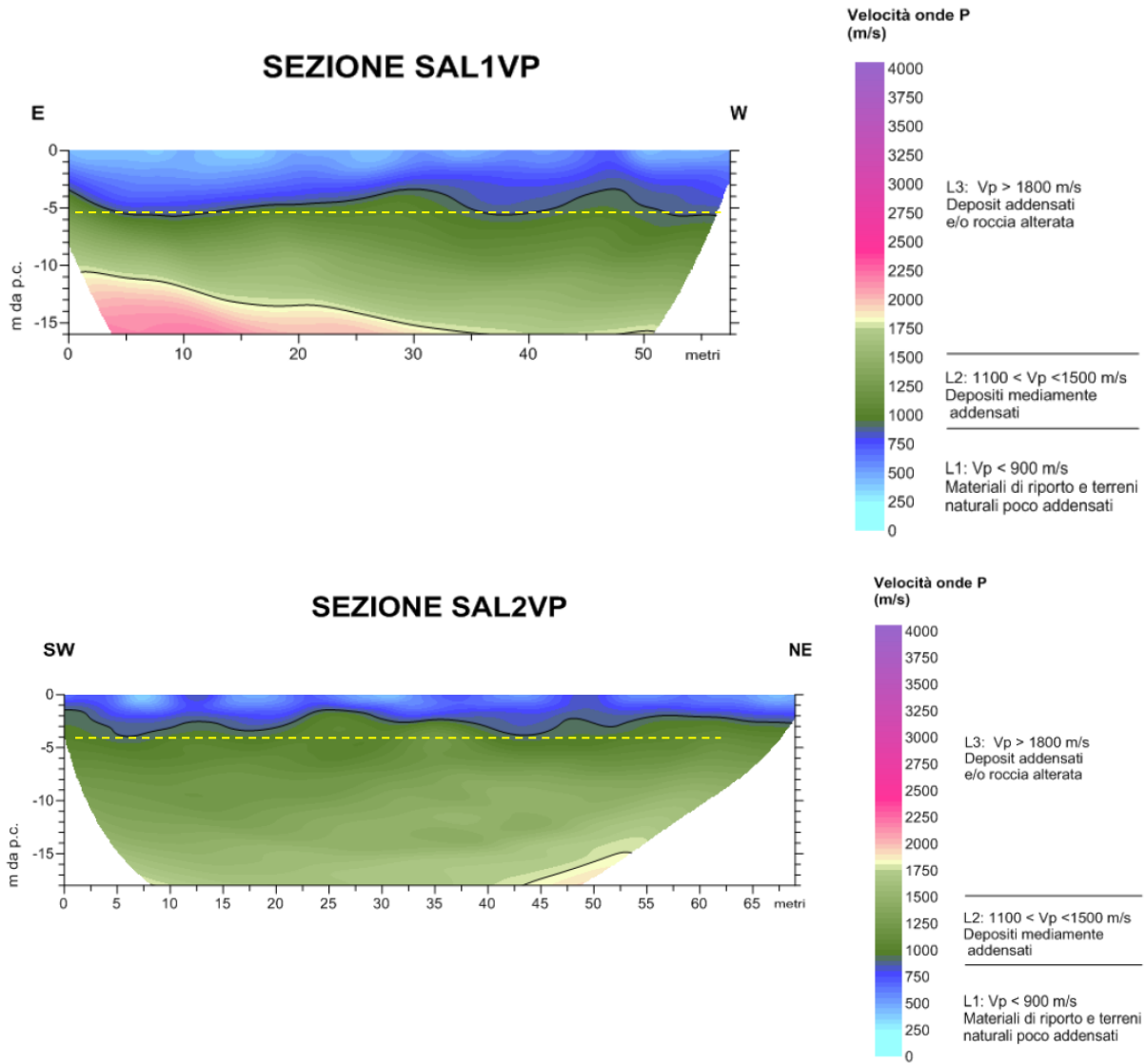


Figura 40 – Tomografie sismiche a rifrazione eseguite all'interno del corpo di frana in esame per questo studio. Per l'ubicazione degli stendimenti si vedano figura 35 e figura 36.

Nella sostanza, le tomografie sismiche (Allegato 4) confermano la sismostratigrafia locale individuata dalle altre indagini ed un progressivo aumento della rigidità dei materiali con la profondità. In entrambi i settori (SAL1VP: zona sorgente; SAL2VP: zona transito/accumulo) è presente uno strato superficiale scarsamente addensato, di spessore variabile tra 3 e 5 m (SAL1VP) e tra 2 e 4 m (SAL2VP). Ad esso segue un sismostrato mediamente addensato, il cui spessore aumenta procedendo da monte verso valle, dove raggiunge un valore di circa 10–15 m.

Comparando questo dato con quanto emerso dalle indagini MASW (SALM2 e SALM1), tale strato corrisponderebbe al detrito di frana che, da monte verso valle, aumenta il suo spessore diminuendo la sua rigidità.

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.

In alcuni stendimenti effettuati il segnale registrato presenta dei disturbi e delle distorsioni nei sismogrammi, legate per lo più a problematiche di natura ambientale.

Si premette che la situazione ideale per l'effettuazione di un'acquisizione sismica attiva con metodo MASW è quella caratterizzata da 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.
- Elevata inclinazione dei versanti. Alcune aree su cui sono state effettuate le indagini presentano una pendenza elevata, 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.

Un altro limite importante è stato quello di avere a disposizione solo indagini geognostiche superficiali, quali ad esempio prove penetrometriche dinamiche o sondaggi con escavatore, ma di non avere indagini geognostiche profonde e diffuse sul territorio (a meno dell'unico sondaggio realizzato per questo studio), come sondaggi a carotaggio continuo o dati di pozzi, che sarebbero stati molto utili nell'interpretazione sismo-stratigrafica.

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 potessero 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 dei 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.

Le frequenze di picco ottenute da ogni singola stazione sono state correlate con i risultati ottenuti dalle indagini MASW eseguite sui siti in studio.

Per quanto riguarda gli stendimenti a **sismica a rifrazione**, eseguiti all'interno del corpo di frana per questo studio, non sono state incontrate particolari difficoltà d'esecuzione e d'interpretazione. La sezione SAL1VP presenta un livello più superficiale, correlabile con l'unità sismica L1, caratterizzato da spessori variabili tra 3 e 5 m circa. Il passaggio all'unità sottostante risulta evidenziato da un incremento del gradiente delle velocità, più accentuato da inizio sezione fino a circa 30 m; l'andamento dell'interfaccia L1/L2 ha andamento irregolare con massime oscillazioni di profondità di circa 2 m. L'unità sismica L2 presenta un progressivo aumento di spessore da W verso E, passando da circa 7 m ad inizio sezione, ad oltre 10 m all'estremità opposta. Il passaggio all'unità più profonda individuata (L3) risulta ben definito con un'interfaccia sostanzialmente regolare.

Nella sezione SAL2VP, a partire da p.c. si osserva un livello associabile all'unità sismica L1 avente spessore medio di 3-4 m con blande escursione di profondità. Il passaggio all'unità sismica L2 risulta sostanzialmente definito da un incremento del gradiente delle curve di isovelocità. L'unità L2 interessa la maggior parte della sezione, approfondendosi fino alla massima profondità indagata (15 m da p.c.) ad eccezione di un breve tratto di circa 10 m di lunghezza dove è osservabile il passaggio all'unità sismica L3.

Per quanto riguarda il **sondaggio geognostico** eseguito all'interno del corpo di frana, non si sono manifestate particolari problematiche. La natura principalmente limo–argilloso–sabbiosa fino a circa 15 m ha permesso un'agevole perforazione. Maggiori difficoltà si sono manifestate oltre i 15 m, fino a fondo foro (27,37 m) allorché maggiore è la frequenza di ghiaia e ciottoli arenacei e pelitici la cui perforazione è avvenuta mediante l'utilizzo di un doppio carotiere.

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 sismica di I e II livello nell'area d'indagine (sintesi)

I risultati delle indagini di microzonazione sismica di I e II livello (Figura 41), eseguiti dallo scrivente, mostrano per l'area in esame la presenza di una frana quiescente, di tipologia non definita, identificata dal codice "3024", al cui interno è presente una misurazione di rumore ambientale nella zona di transito/accumulo, con valore di frequenza fondamentale pari a 1,4 Hz, indicativo della presenza di una superficie risonante non superficiale (prossima a circa 35 m).

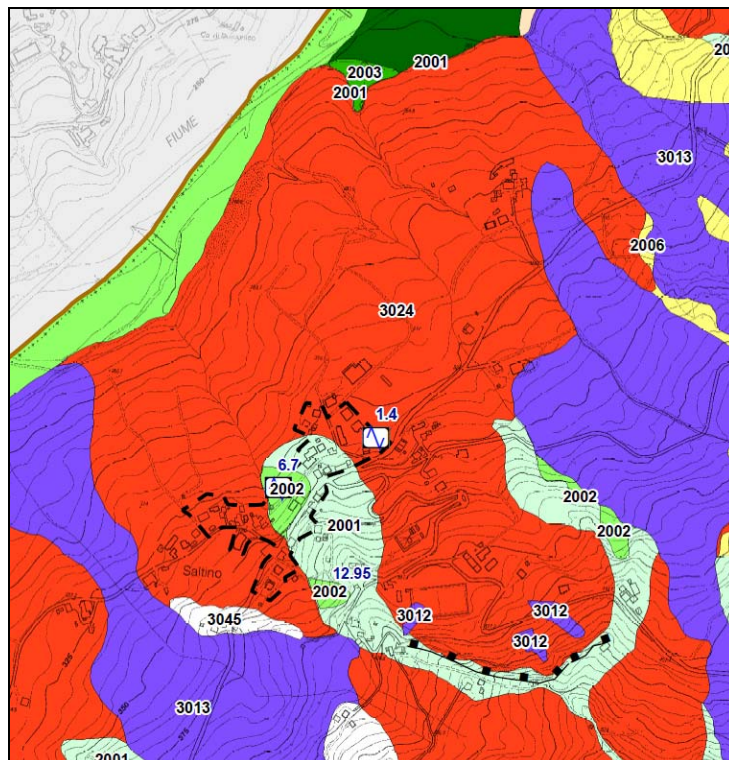




Figura 41 – Stralcio della “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” del Comune di Prignano sulla Secchia (2015).

In corrispondenza della scarpata principale della frana sono presenti 3 frane di minori dimensioni ed attive (codice “3012”).

Il valore della frequenza fondamentale, con un’ampiezza del picco H/V superiore a 3, è indicativa di un contrasto di rigidezza tutto sommato sensibile. La V_sH (dove H è prossimo a 15 m) è risultata pari a 196 m/s, mentre le tre carte di microzonazione sismica di II livello identificano l’area come zona suscettibile di instabilità di versante (Figura 42).

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.

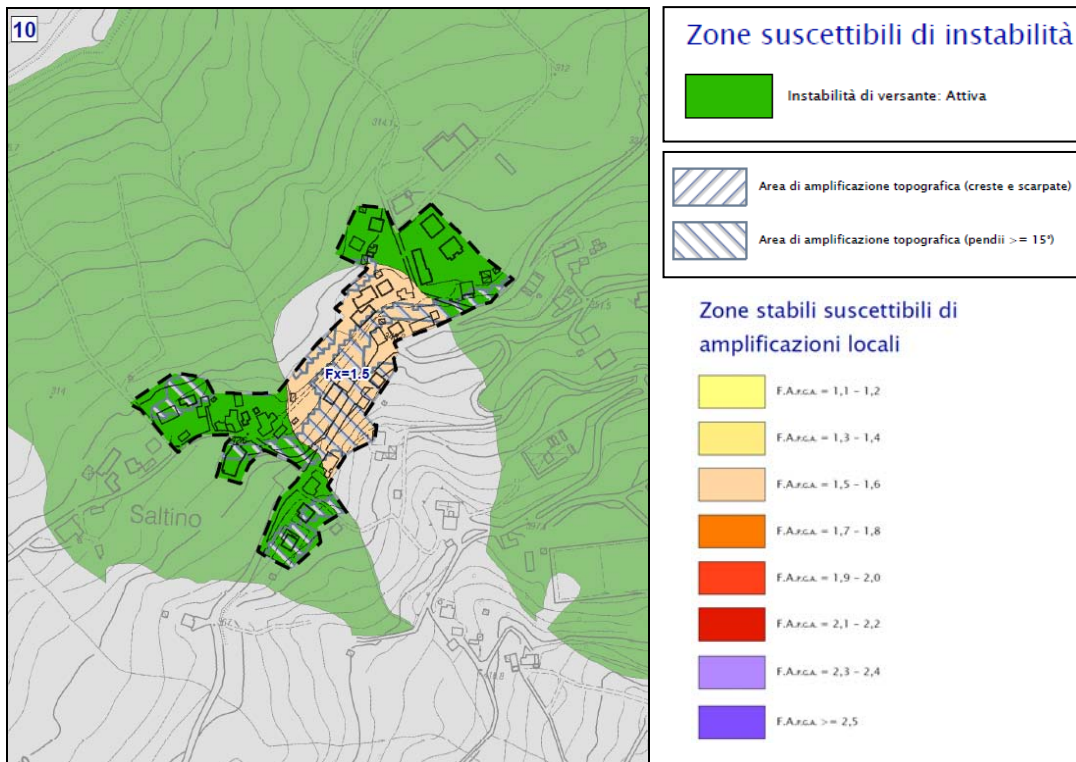


Figura 42 – Stralcio della “Carta di microzonazione sismica di II livello” del Comune di Prignano sulla Secchia.

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 5-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 si 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 Prignano sulla Secchia (località "Saltino"), 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"), al di sotto dell'area in frana, 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 (Figura 43 e Figura 44) 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 nelle ellissi verdi in Figura 43. I risultati prodotti dalle inversioni sono riportati in Figura 45. 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, sembra possibile collocare il substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) a profondità variabili da 40 a 60 m. Per tutte le aree, la profondità del bedrock risulta comunque al di sotto dei livelli raggiungibili con misure standard in foro. Le inversioni mostrano la presenza di una prima transizione ben marcata nella rigidezza dei terreni a profondità di circa 20 metri, in corrispondenza dei due siti di misura interni al corpo di frana, mentre nel sito esterno (su supposto substrato affiorante), la prima marcata transizione si ha già a 10 m.

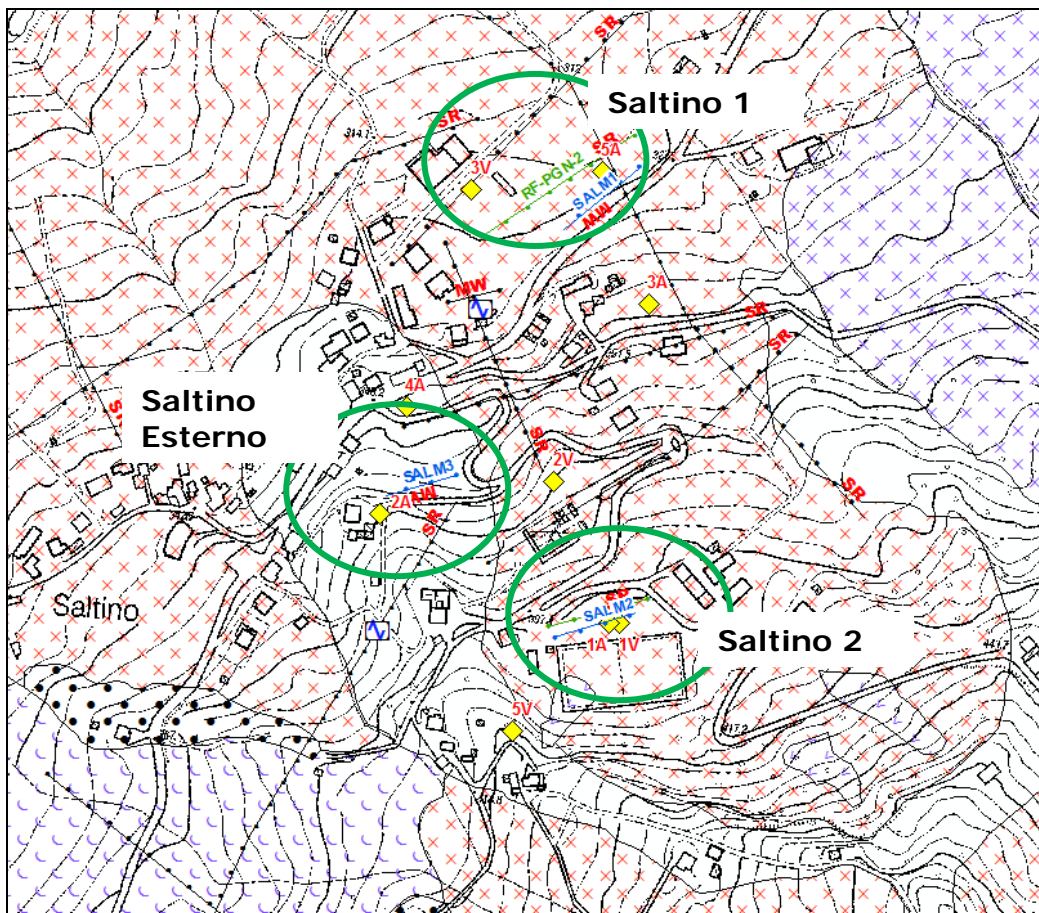
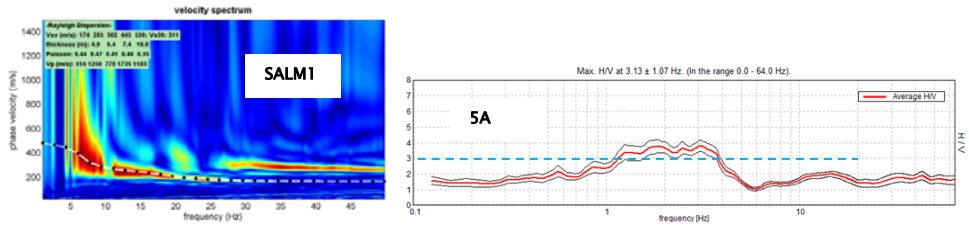
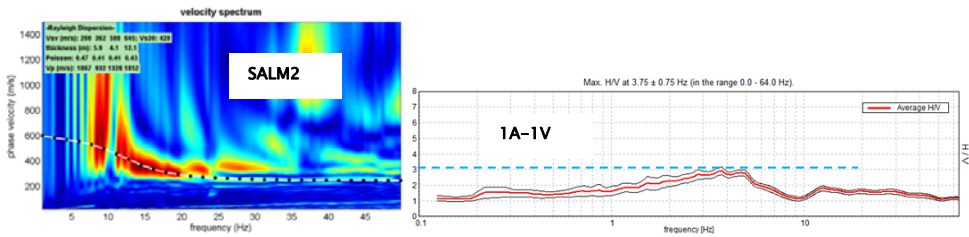


Figura 43 – Individuazione dei siti in cui sono state eseguite le inversioni congiunte (ellissi in verde). In Figura 44 sono riportate le coppie MASW/HVSR per ogni sito.

Saltino 1



Saltino 2



Saltino esterno

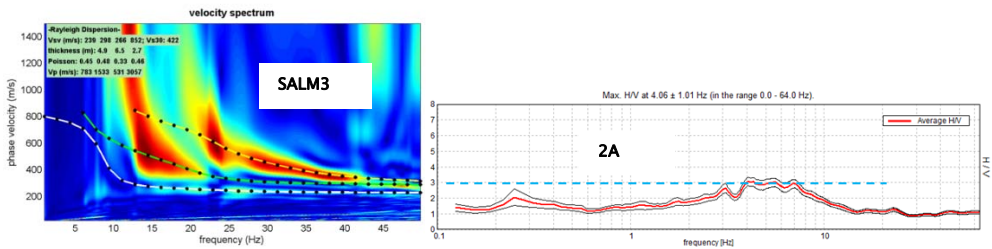
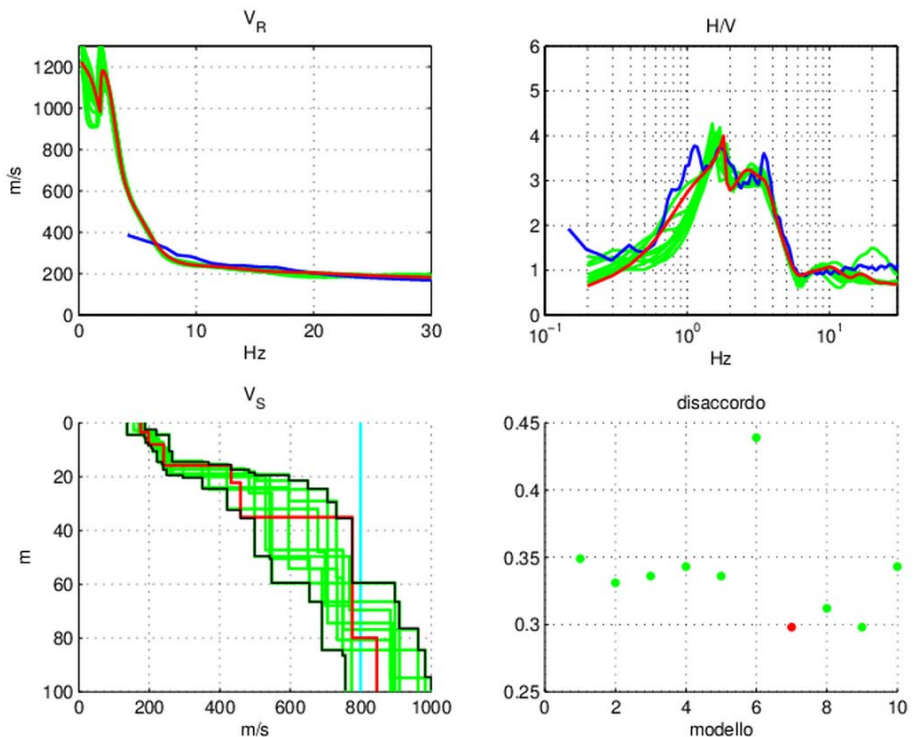


Figura 44 – Coppie MASW/HVSR utilizzate nei tre siti individuati dalle ellissi verdi in Figura 43 per condurre le inversioni congiunte.

Inversione congiunta in “Saltino 1”



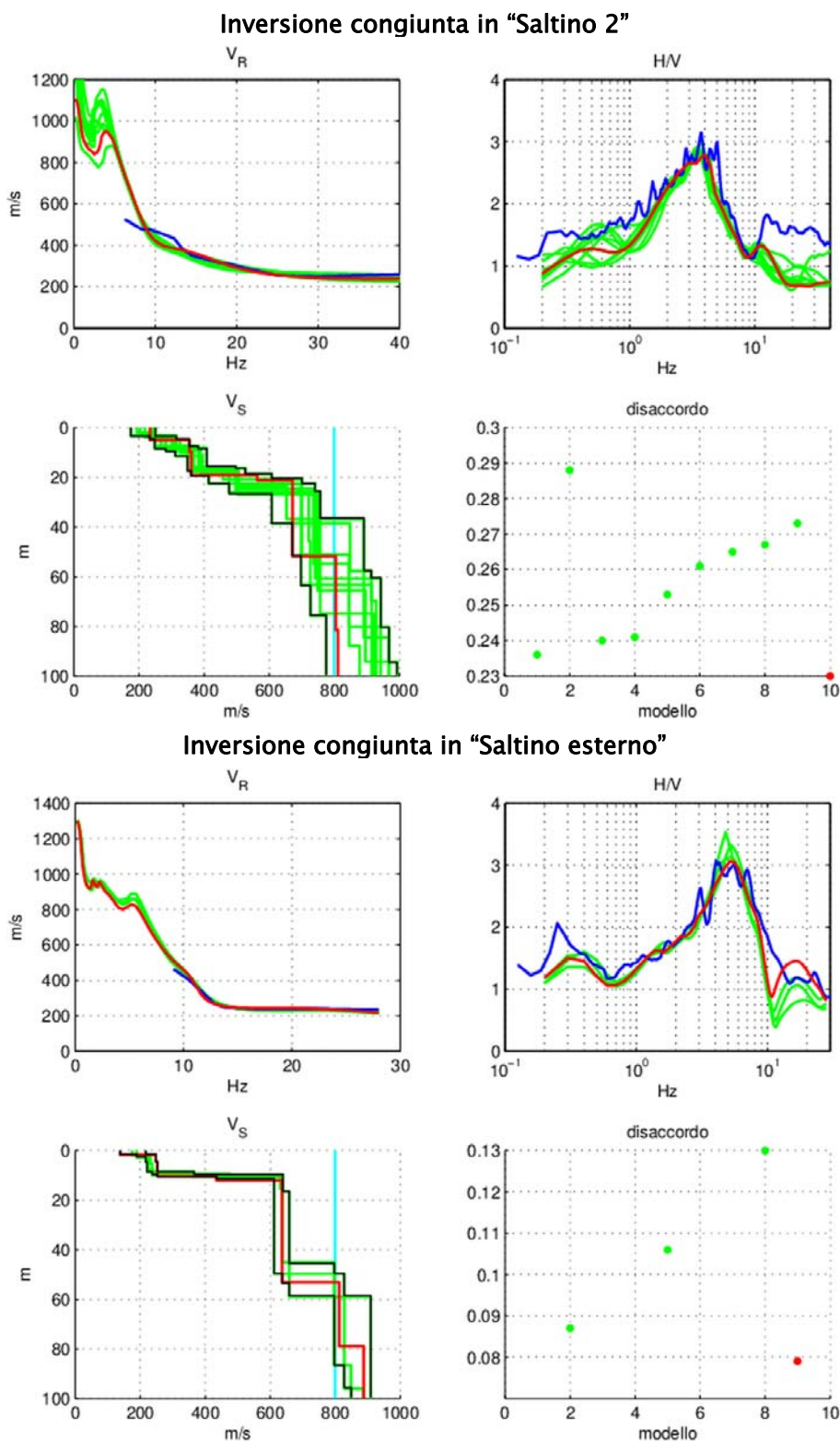


Figura 45 – Risultati delle inversioni congiunte delle curve di dispersione sperimentali (in blu nei riquadri in alto a sinistra) e delle curve H/V (in blu nei riquadri in alto a destra) relative ai siti “Saltino 1”, “Saltino 2” e “Saltino esterno” (si veda Figura 43). Le curve in rosso indicano il risultato 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-Romagna¹⁶. 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 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.**

¹⁶ URL breve: <https://goo.gl/gHU7wz>

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
Saltino 1	0.16	0.36	2.25	8.94	24.26	2.71
Saltino 2	0.16	0.30	1.88	8.94	16.23	1.82
Saltino Esterno	0.16	0.32	2.00	8.94	16.78	1.88

Tabella 1 – Risultati dell'analisi di risposta sismica locale 1D nei siti di misura di Saltino (Figura 43). '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). Si può osservare (Figura 46) come all'interno della frana i valori di deformazione attesa varino grandemente (da 0.16% a 0.06%).

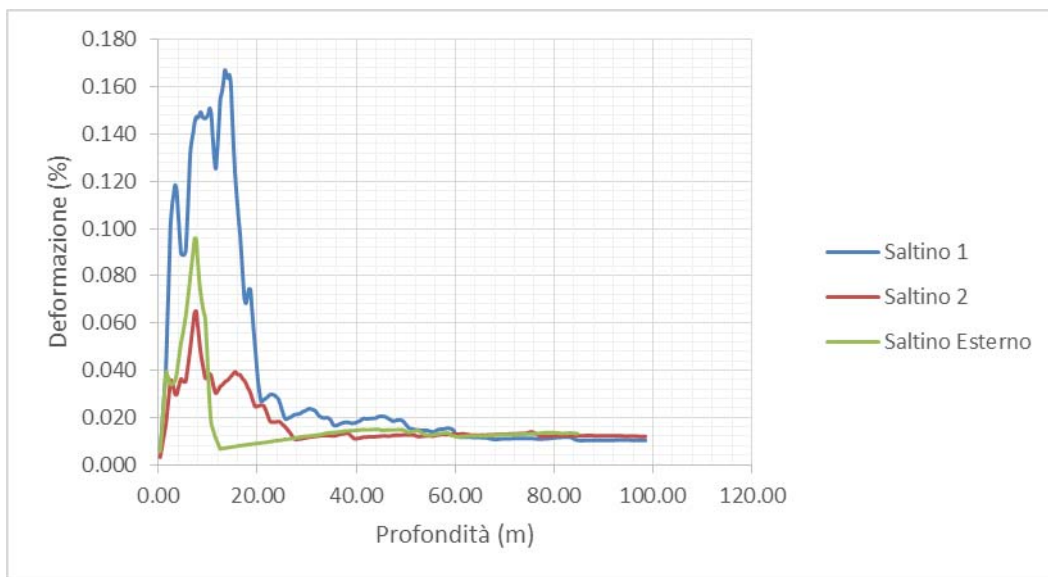


Figura 46 – Andamento della deformazione massima per i punti di misura relativi all'area di studio.

Nel punto Saltino 1, la deformazione è massima e sembra coinvolgere spessori che raggiungono i 20–30 m (superficie di scorrimento?). In Saltino 1, la deformazione maggiore si concentra entro i 20 m. Nel sito Saltino 2 i livelli deformativi relativamente maggiori coinvolgono sempre i primi 20 m, ma con un unico picco intorno ai 10 m; nel complesso, i livelli deformativi sono molto inferiori rispetto a quelli di Saltino 1. Queste differenze sembrano confermare le ipotesi geomorfologiche per cui in Saltino 2 si ha una zona sorgente dove il materiale di frana conserva una buona rigidità a seguito, probabilmente, di uno scivolamento in blocco di roccia che può avere in qualche modo preservato (a luoghi) l'integrità della roccia mobilizzata. In Saltino 1, più a valle, il

materiale di frana risulta maggiormente deformabile, forse a seguito di una più intensa disgregazione conseguente ad un maggiore trasporto lungo il versante.

In Saltino esterno sembra esistere uno strato meno resistente con uno spessore che non supera i 10 m, subito seguito da livelli deformativi pressoché nulli, ad indicare la presenza di una coltre detritica superficiale che ricopre direttamente il substrato geologico, rigido.

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.

In Figura 47 vengono mostrati i profili di Vs per i punti di misura della località Saltino. Si nota la presenza di un forte aumento del gradiente di velocità a profondità di circa 20 metri (Saltino 1) e di 30 metri circa (Saltino 2), entrambi all'interno del corpo di frana. Un brusco salto di velocità sembra esistere anche all'esterno del corpo di frana, ma a profondità minore, pari a circa 10m. Le velocità all'interno del presunto corpo di frana sembrano differenti nei due punti di misura: più basse nel sito di Saltino 1 (circa 150 m/s) e più alte nel punto Saltino 2 (250–300 m/s). Il materiale in posto mostra valori di Vs compresi fra 500 e 700 m/s.

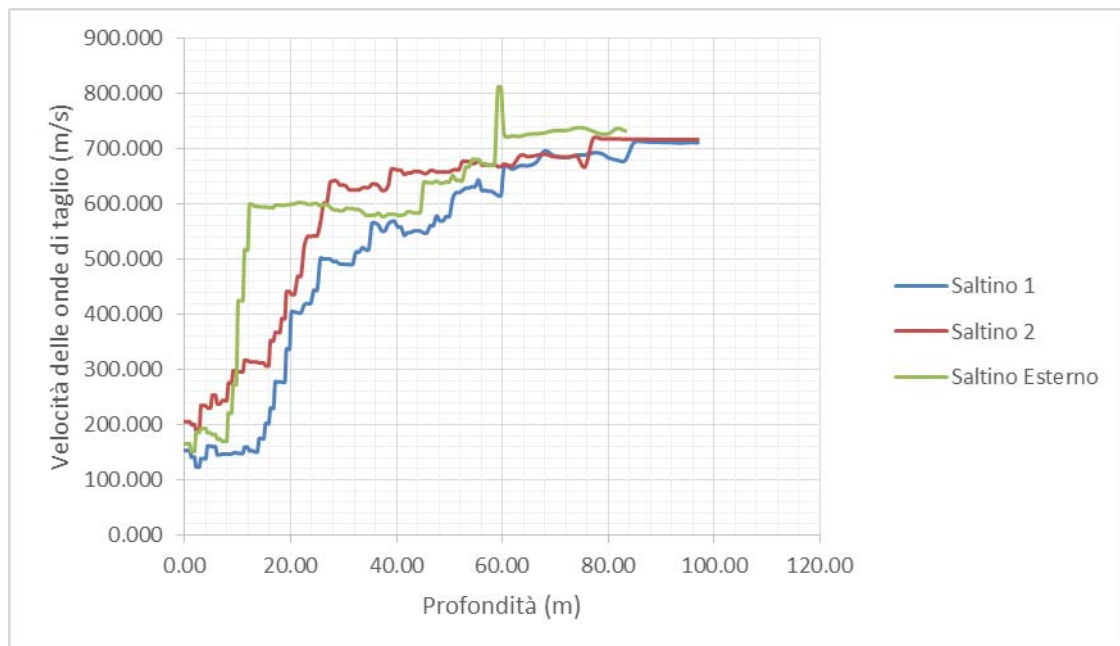


Figura 47 – Andamento dei valori di velocità delle onde di taglio per i punti di misura relativi all'area di studio.

La Figura 48 mostra invece i profili del rapporto di smorzamento ottenuti nei diversi punti di analisi. 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 nei due settori di frana, dalla superficie fino a circa 20 m, con maggiori ampiezze nella zona di transito/deposito (Saltino 1) e minori ampiezze nel settore sorgente (Saltino 2). Nel settore esterno lo smorzamento è evidente solo nei primi 10 m.

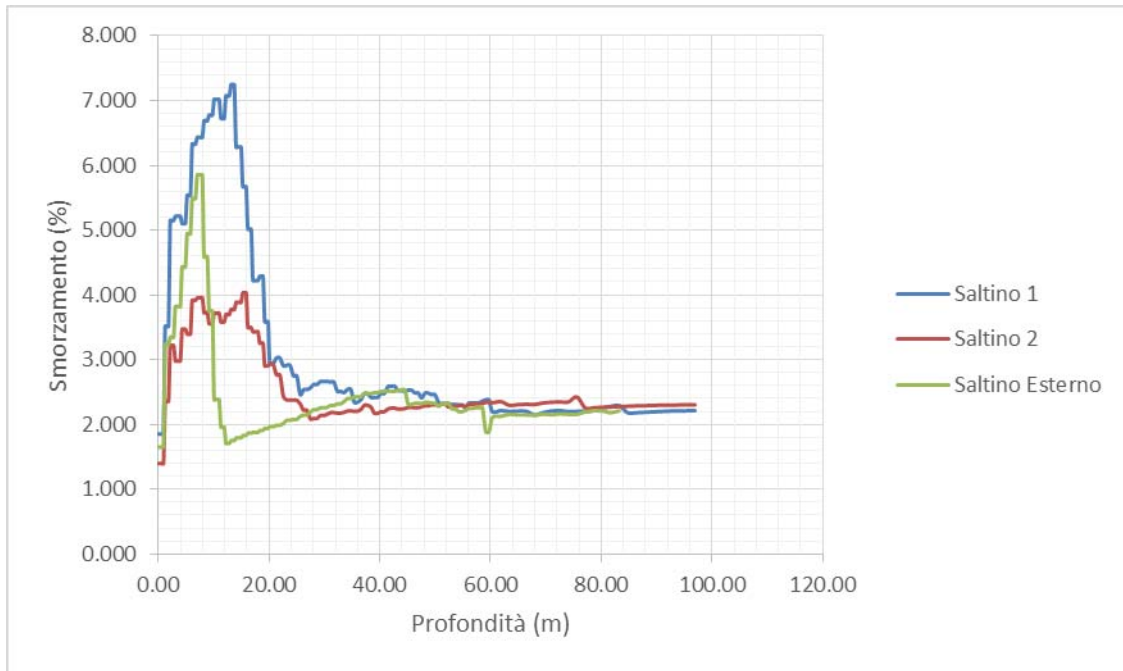


Figura 48 – Andamento dei valori dello smorzamento (in %) per i punti di misura relativi all'area di studio.

I risultati relativi alle stime degli spettri di risposta elastici con smorzamento al 5% (Figura 49) 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 49 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.

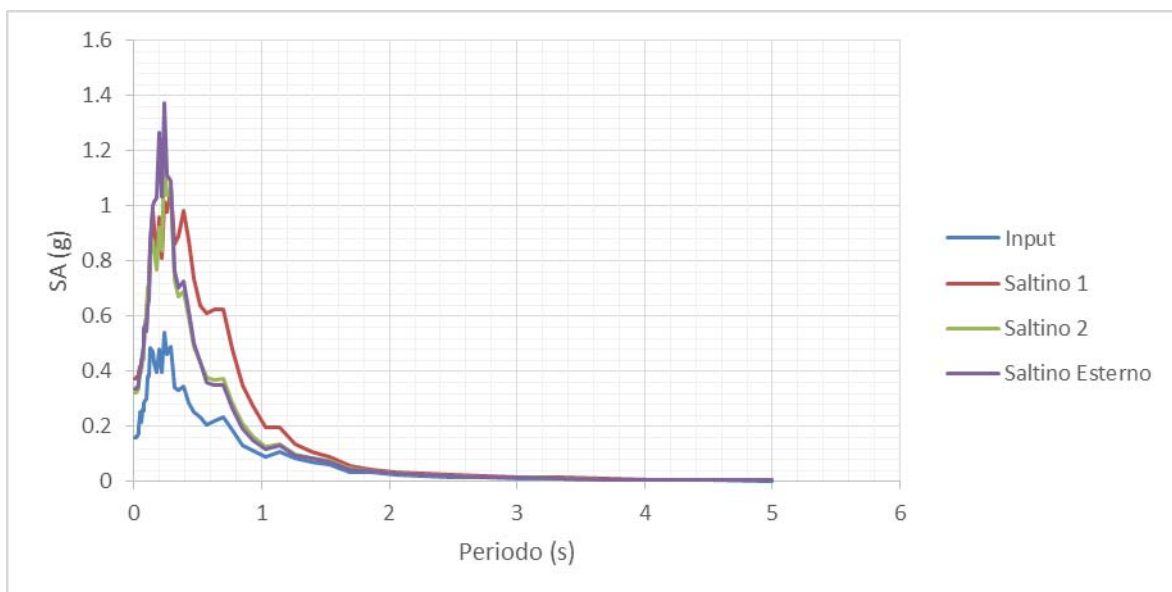
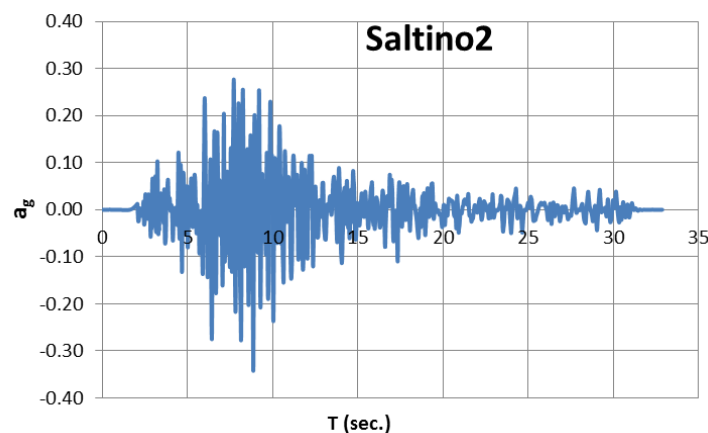
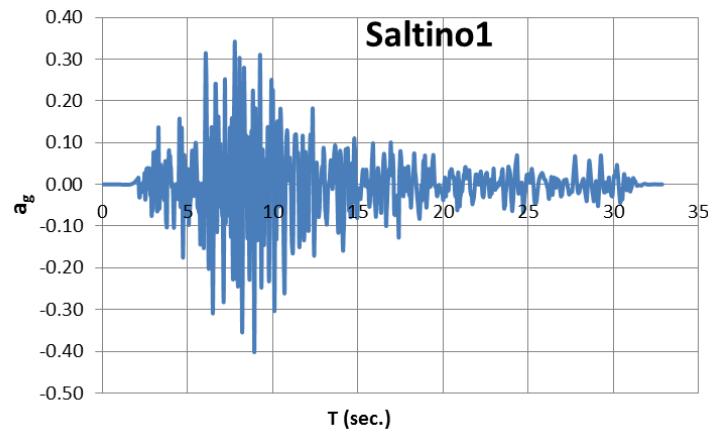


Figura 49 – Spettri di risposta relativi al sito di Saltino per i punti di analisi in Figura 43.

	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}
Saltino 1	2.45	2.65	2.22	0.06	0.11	0.19	0.15	0.29	0.43
Saltino 2	2.06	1.61	1.45	0.06	0.11	0.19	0.12	0.18	0.28
Saltino esterno	2.24	1.54	1.39	0.06	0.11	0.19	0.14	0.17	0.27

Tabella 2 – FA: fattori di amplificazione dell'intensità dello spettro di risposta (o di Housner); I: intensità di Housner alla superficie (in m); I_o : 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 Saltino (Figura 43).

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.



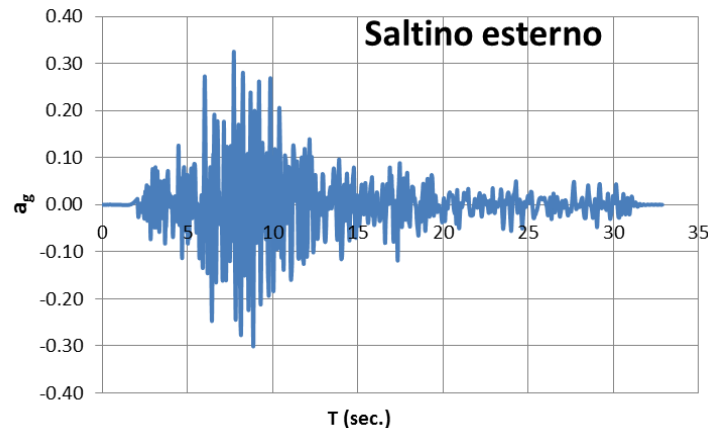


Figura 50 – Accelerogrammi generati alla superficie topografica dei tre siti dall'analisi di risposta sismica locale 1D.

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 Saltino.

Nei due punti di misura relativi al presunto corpo di frana si evidenzia una variazione del gradiente di velocità delle onde di taglio che nell'intervallo di profondità compreso fra 15 e 30 m porta le velocità da valori inferiori a 300 m/s a valori superiori a 500 m/s, per poi crescere con maggiore gradualità. Anche la massima deformazione co-sismica e il massimo smorzamento si raggiungono a profondità inferiori ai 20 m. Gli andamenti di questi parametri nel sito posto presumibilmente all'esterno del corpo di frana sono marcatamente diversi, con una transizione importante (analoga a quella degli altri due siti) a profondità più modeste (attorno ai 10m di profondità). Va notato che i valori di V_s in tutti e tre i siti si attestano sui 200 m/s nei primi 10 metri per poi salire in modo più o meno graduale e raggiungere i 600 m/s a profondità superiori a 30 m. Si potrebbe ipotizzare la presenza generale di uno strato superficiale di materiale detritico o di riporto con spessori inferiori ai 10 m. Il materiale soggiacente è in generale caratterizzato da velocità delle onde S dell'ordine dei 600 m/s. In corrispondenza del corpo di frana, questo materiale è stato mobilizzato degradando le sue proprietà meccaniche (in modo eterogeneo nelle diverse parti della frana) fino ad una profondità dell'ordine dei 15-20 dove potrebbero essere presenti più superfici di scorrimento che hanno accomodato, nel tempo, il movimento franoso.

8.2.4. Analisi di 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 Saltino.

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}
Saltino 1	2.45	2.65	2.22	2.55	2.66	2.3	4	0	3
Saltino 2	2.06	1.61	1.45	1.71	1.24	1.21	-17	-23	-16

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 le stime di amplificazione

prodotte dalla modellazione 2D siano, in un sito (Saltino 2) meno gravose di quelle 1D, con differenze percentuali che raggiungono al massimo un valore del 23%. Laddove, invece, la morfologia diviene più complessa (Saltino 1), con pendenze più pronunciate, ecco che le stime di amplificazione 2D risultano leggermente più gravose, con un valore massimo del 4%. 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 51. 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.

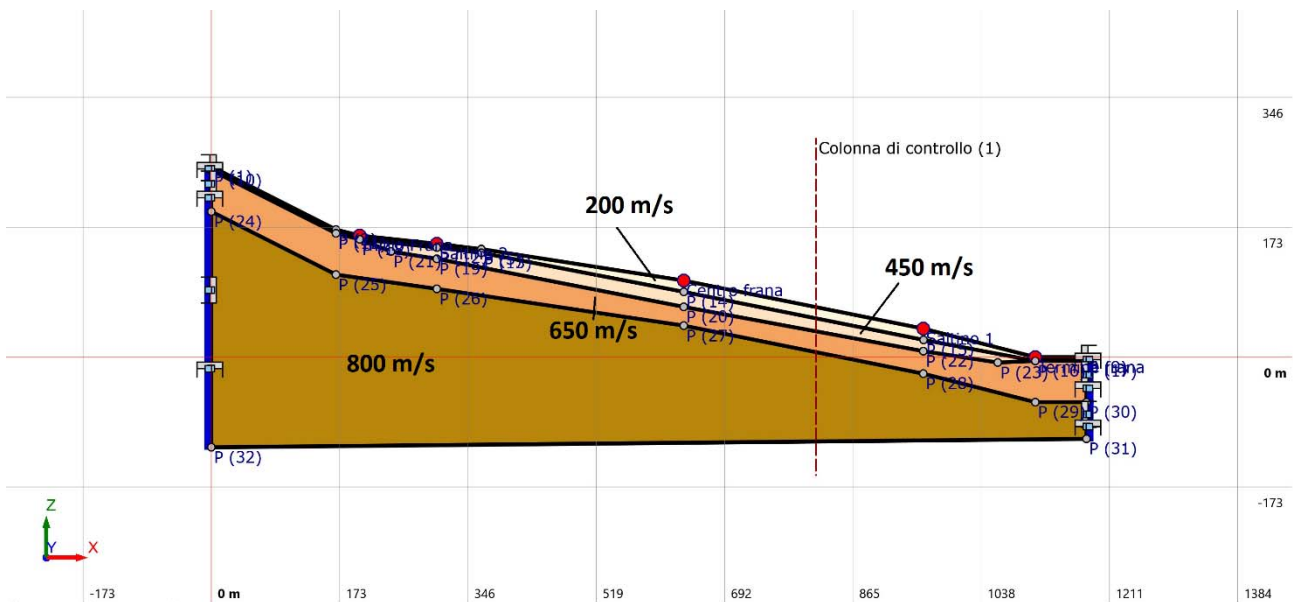


Figura 51 – Modello 2D della frana di Saltino. Il modello ha la stessa scala nelle direzioni verticale ed orizzontale. Il moto di riferimento (relativo alla sola componente orizzontale del moto) è applicato alla base del modello. I punti in rosso (Saltino 1, Saltino 2 e Saltino centro frana) indicano 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 valori di PGA (in g) e dell'amplificazione relativi ai tre punti di interesse Saltino 1, Saltino 2 e Saltino centro per i tre accelerogrammi considerati.

	PGA (g)			Media	Ampl
	Accelerogramma 1	Accelerogramma 2	Accelerogramma 3		
Saltino 1	0.36	0.30	0.25	0.31	1.91
Saltino 2	0.24	0.25	0.24	0.25	1.54
Saltino centro	0.27	0.32	0.21	0.27	1.68
Input	0.16	0.16	0.16	0.16	

Tabella 4 – Valori di PGA (in g) relativi ai punti in figura 52 dedotti dalla modellazione 2D e fattori di amplificazione (Ampl) rispetto al valore di accelerazione al bedrock.

Si vede come i massimi effetti di amplificazione si manifestino al centro e nel settore di transito/piede della frana.

Questi effetti 2D sono ancora più evidenti quando viene valutato il livello totale di deformazione co-sismica (Figura 52). Si vede come la deformazione massima sia spostata verso il centro della frana e riguardi essenzialmente una profondità attorno ai 10–20 m, raggiungendo valori massimi dell'ordine di 0.17% (Figura 53). Un analogo andamento è mostrato dallo smorzamento con valori che superano il 10% (Figura 54).

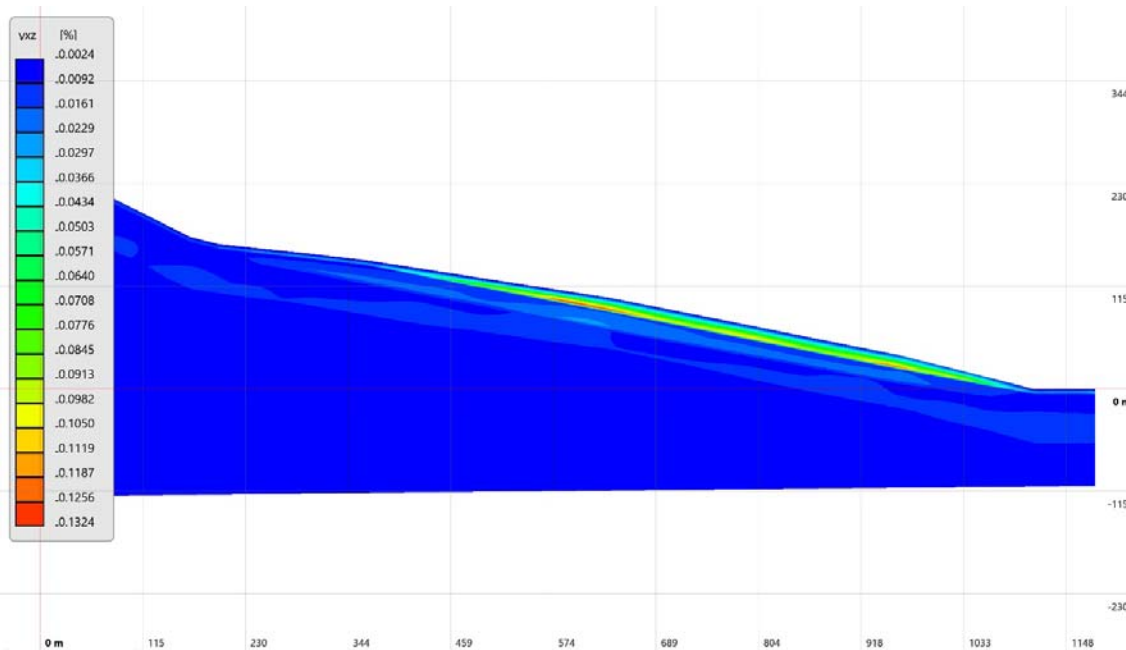


Figura 52 – Distribuzione del valore **medio** (fra i tre accelerogrammi) della **deformazione massima co-sismica** per la frana di Palagano secondo la modellazione 2D. Le profondità sono date rispetto alla base del profilo.

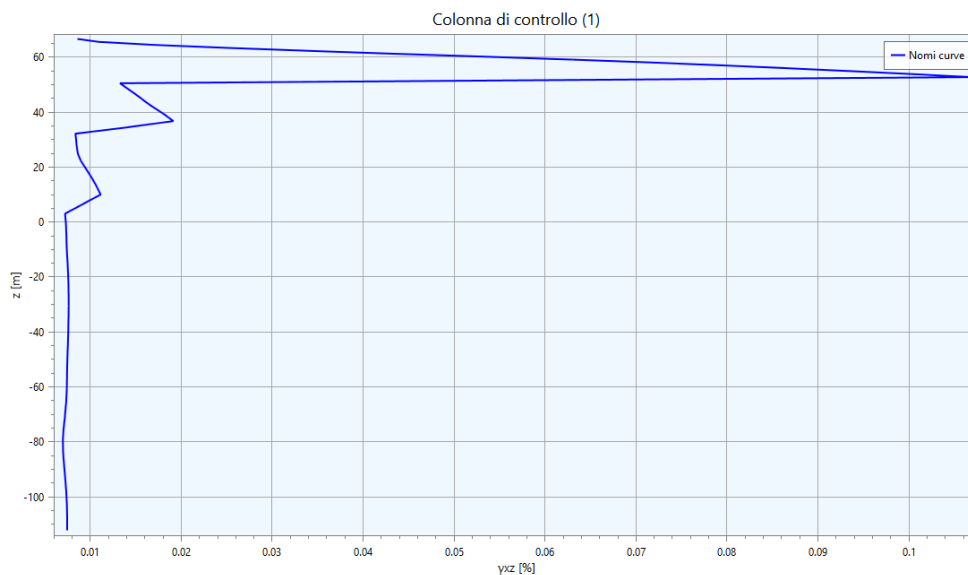


Figura 53 – Profilo del valore **medio** (fra i diversi accelerogrammi) della **massima deformazione co-sismica** in corrispondenza della colonna di controllo (in Figura 50) nella frana di Saltino. Le profondità sono date rispetto alla base del profilo topografico.

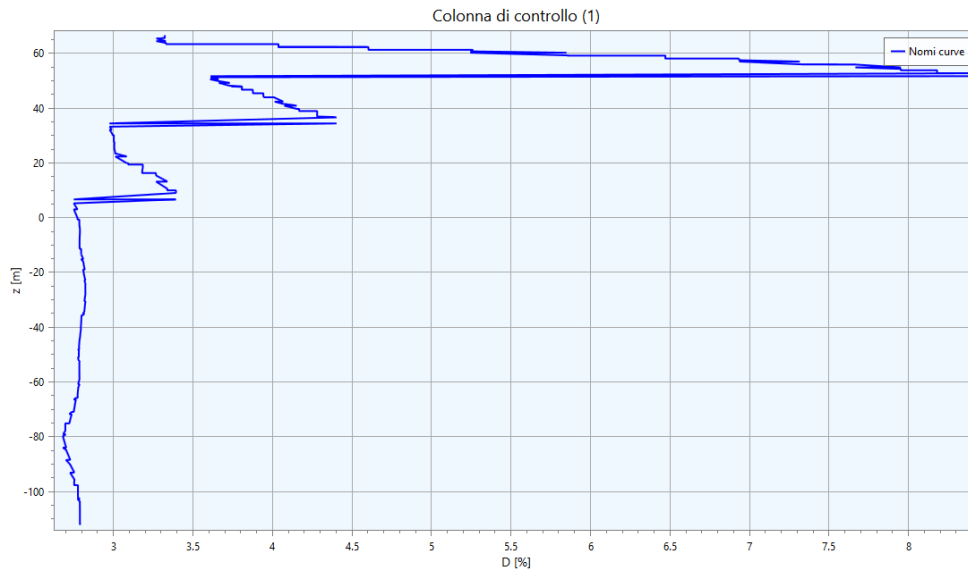


Figura 54 – Profilo del valore medio (fra i diversi accelerogrammi) del massimo smorzamento in corrispondenza della colonna di controllo (in Figura 51) nella frana di Saltino. Le profondità sono date rispetto alla base del profilo topografico.

Le Figure 55–57 seguenti, mostrano gli spettri di risposta ottenuti per i tre punti in rosso della Figura 50. 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.

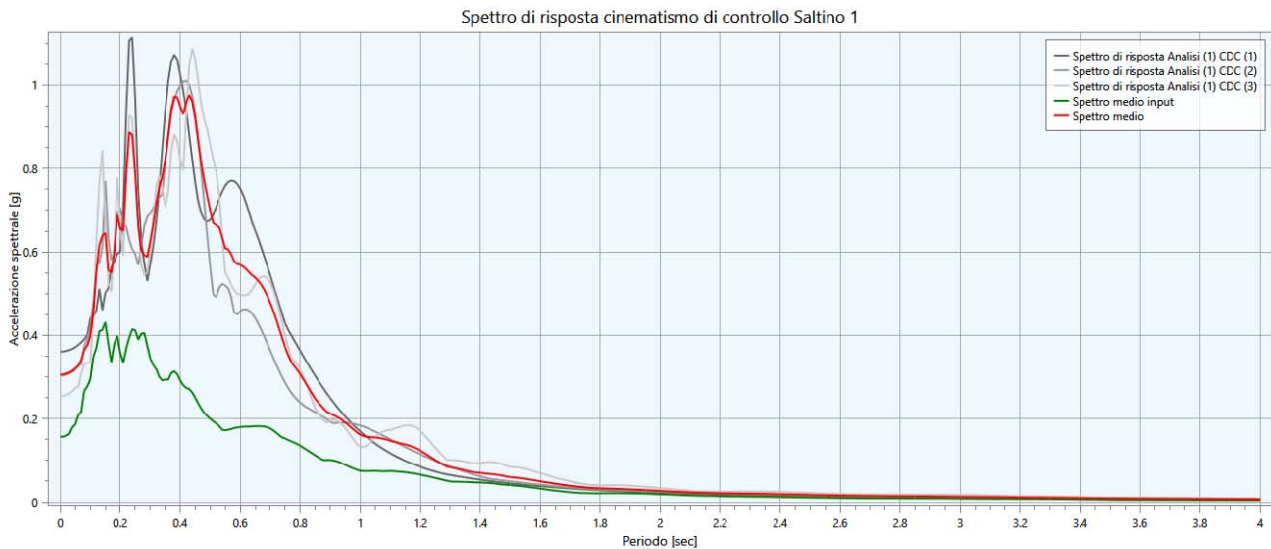


Figura 55 – Spettri di risposta relativi ai tre accelerogrammi di riferimento per Saltino relativamente al punto Saltino 1 in Figura 50 (in grigio). Vengono anche riportati lo spettro medio del moto di riferimento (in verde) e quello di risposta medio per i tre accelerogrammi (in rosso).

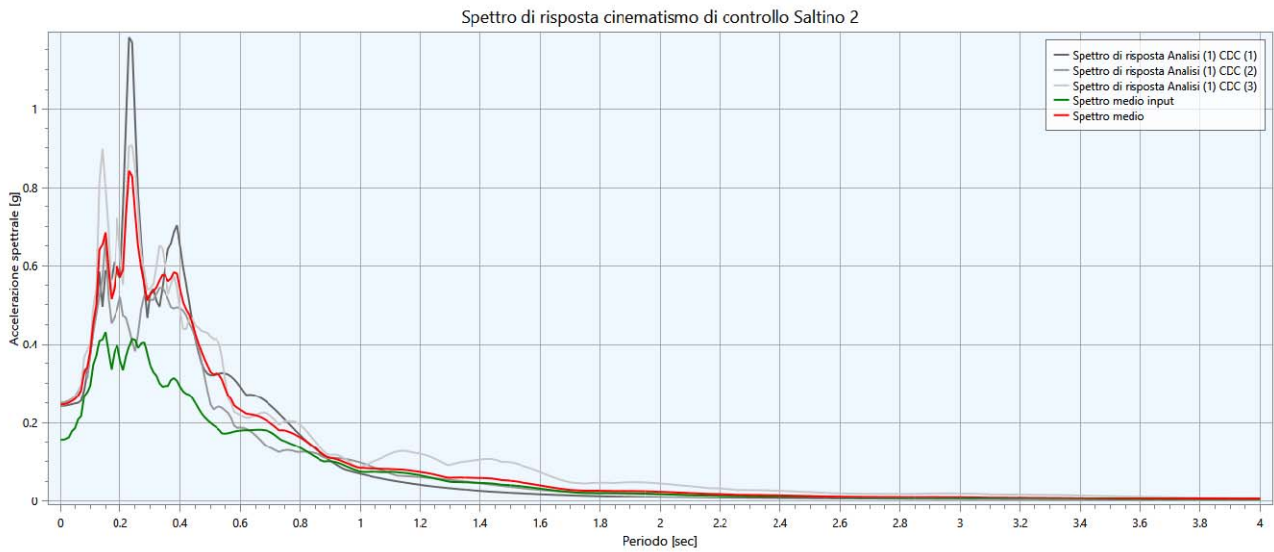


Figura 56 – Spettri di risposta relativi ai tre accelerogrammi di riferimento per Saltino relativamente al punto Saltino 2 in Figura 50 (in grigio). Vengono anche riportati lo spettro medio del moto di riferimento (in verde) e quello di risposta medio per i tre accelerogrammi (in rosso).

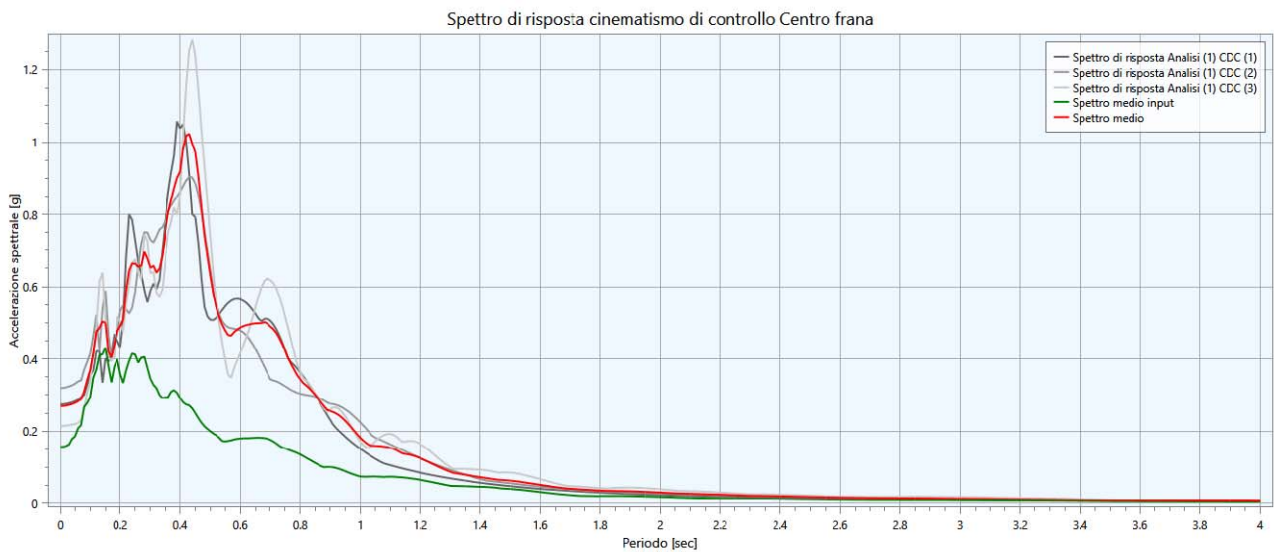


Figura 57 – Spettri di risposta relativi ai tre accelerogrammi di riferimento per Saltino relativamente al punto Saltino centro in Figura 51 (in grigio). Vengono anche riportati lo spettro medio del moto di riferimento (in verde) e quello di risposta medio per i tre accelerogrammi (in rosso).

	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}
Saltino 2	1.71	1.24	1.21	0.10	0.10	0.17	0.06	0.08	0.14
Saltino centro	2.40	2.69	2.35	0.14	0.22	0.32	0.06	0.08	0.14
Saltino 1	2.55	2.66	2.30	0.15	0.21	0.31	0.06	0.08	0.14

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 Saltino (Figura 51).

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 58) 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 variabile da circa 4/5 m, nel settore sorgente, a 10-15 m nel settore di transito/accumulo, 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 è quello che caratterizza, superficialmente ed in modo omogeneo, l'intera area di studio e le zone limitrofe indagate dalle prove geofisiche (sia d'archivio che eseguite per questo studio), probabilmente coincidente con la coltre detritica caratterizzata da scarso addensamento.

COMUNE DI PRIGNANO SULLA SECCHIA – PROVINCIA DI MODENA
 MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

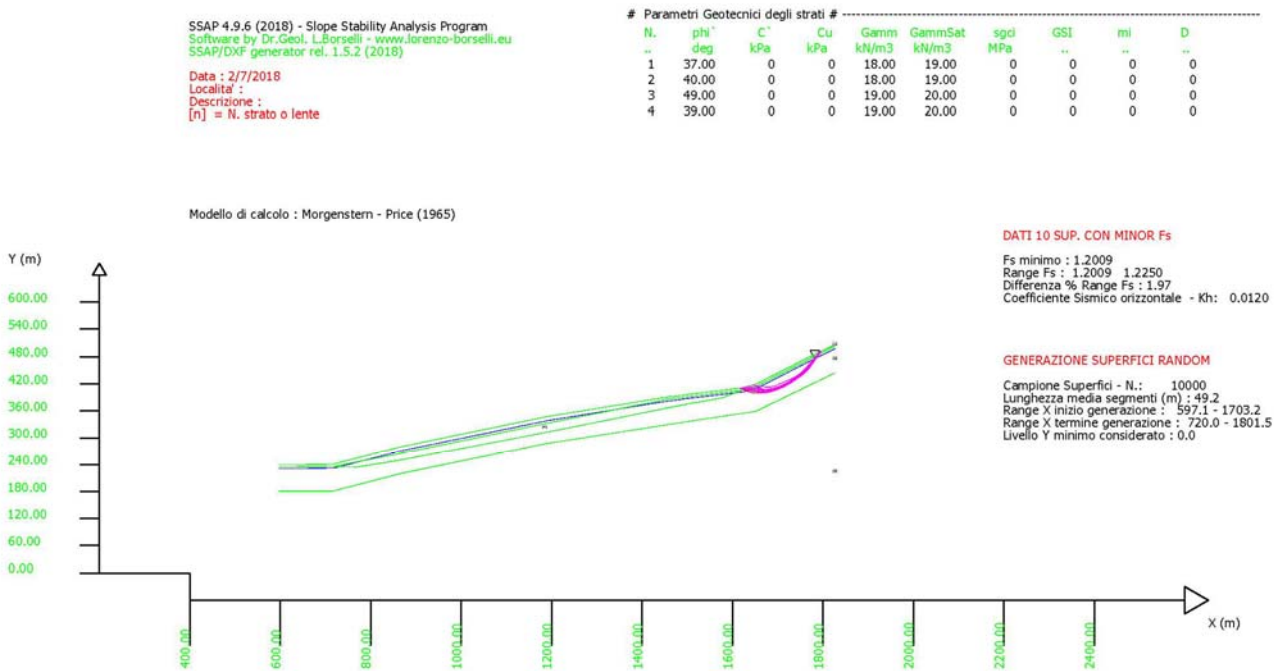


Figura 58 – Visualizzazione delle 10 superfici con FS più basso (in fucsia), compresa quella con FS minimo (= 1,2, in rosso, anche nell’ingrandimento). Da analisi di stabilità pseudo-statica eseguita con $K_{hc} = 0,012$. Si veda l’Allegato 6 per tutti i dettagli ed il log dell’analisi. Elaborazione effettuata col codice SSAP (rel. 4.9.6 – 2018), <http://www.ssap.eu>.

Un secondo strato è stato selezionato tra il primo e circa 35 m, caratterizzato da un leggero incremento della velocità delle onde S rispetto allo strato superficiale e presente, in forma di lente, tra la base della scarpata principale, a monte, ed il piede di frana.

A seguire, fino a circa 60 m di profondità, è stato inserito un terzo strato, rappresentativo dello spessore di terreno che separa gli strati più superficiali con il contatto col presunto bedrock sismico.

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 i primi due strati, dai valori di N_{spt} ricavati in corrispondenza del sondaggio S1-PGN di Figura 33 (Allegato 1). 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. I valori NON sono stati trasformati in $\varphi_{c.v.}$

Primo strato (0–15 m):

$$\varphi' \text{ (da } N_{\text{spt}}) = 42^\circ \quad \varphi_{\text{c.v.}} = 37^\circ$$

Secondo strato (15–35 m):

$$\varphi' \text{ (da } N_{\text{spt}}) = 44^\circ \quad \varphi_{\text{c.v.}} = 39^\circ$$

Terzo strato (35–60 m)

$$\varphi'_{\text{min.}} = 40^\circ \text{ (da Uzielli et al., 2013)}$$

$$\varphi'_{\text{max.}} = 45^\circ \text{ (da Uzielli et al., 2013)}$$

Quarto strato (> 60 m)

$$\varphi'_{\text{min.}} = 49^\circ \text{ (da Uzielli et al., 2013)}$$

$$\varphi'_{\text{max.}} = 54^\circ \text{ (da Uzielli et al., 2013)}$$

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

Strato	φ'	$\varphi_{\text{c.v.}}$
1	42°	37°
2	44°	39
3	40°	–
4	49	–

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	18
3	19
4	19

Il livello della falda è stato posto alla profondità di circa 9.5 m dal piano campagna ed assunto costante lungo l'intero profilo di frana, come da rilevamento del livello di falda eseguito in occasione dell'esecuzione del sondaggio S1-PGN.

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

K_{hc}	FS min.	a_{cg}
0,01	1,27	0,098
0,011	1,23	0,1
0,012	1,2	0,11
0,015	1,2	0,14

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 0,11g. In Figura 58 (e in modo più dettagliato in Allegato 6) viene mostrato il risultato della verifica di stabilità eseguita con $k_{hc} = 0,012$.

Sempre in Figura 58 si può vedere come la superficie ad FS minimo interessi lo strato più superficiale ed il terzo strato, nel segmento del profilo di frana che va da quota 483 m (poco a valle dell'orlo di scarpata della frana storica del 1790) a quota 412 m, ovvero alla base della scarpata di frana stessa.

Valori di OSR compresi tra 1 e 2 (Figura 59) si concentrano in particolar modo sulla porzione più superficiale della scarpata della frana storica del 1790 ed alla base della stessa, nel settore di valle (e poco oltre lo stesso) del volume di terreno racchiuso dalla superficie a SF minimo, ovvero in prossimità del cambio di pendenza del pendio che si ha a monte del campo da calcio: qui, gli stress medi locali possono eccedere le condizioni locali di resistenza ($OSR > 1$), rendendo possibile l'innescio di fenomeni di rottura progressiva.

La mappa che mostra il variare dell'FS nello spazio considerato (Figura 60) pone in evidenza le zone con condizioni localmente critiche e di probabile plasticizzazione (freccie viola che indicano la direzione di plasticizzazione locale), subito al di sotto dell'intero volume mobilizzabile.

COMUNE DI PRIGNANO SULLA SECCHIA – PROVINCIA DI MODENA
MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
RELAZIONE ILLUSTRATIVA

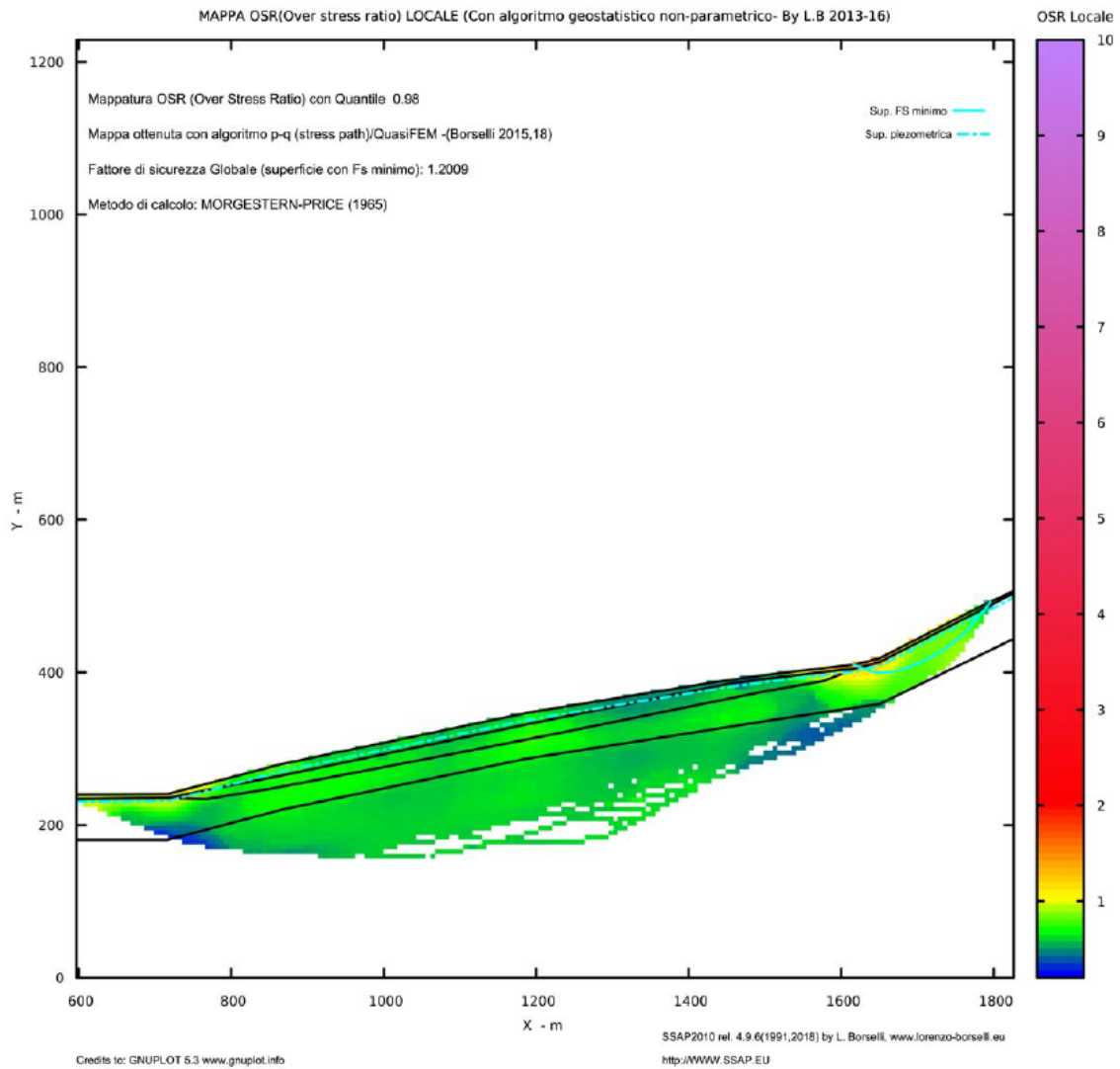


Figura 59 – Mappa dei valori di OSR (Over Stress Ratio) locali, ovvero del rapporto tra gli stress medi locali e la resistenza al taglio. Elaborazione effettuata col codice SSAP (rel. 4.9.6 – 2018), <http://www.ssap.eu>. Allegato 6.

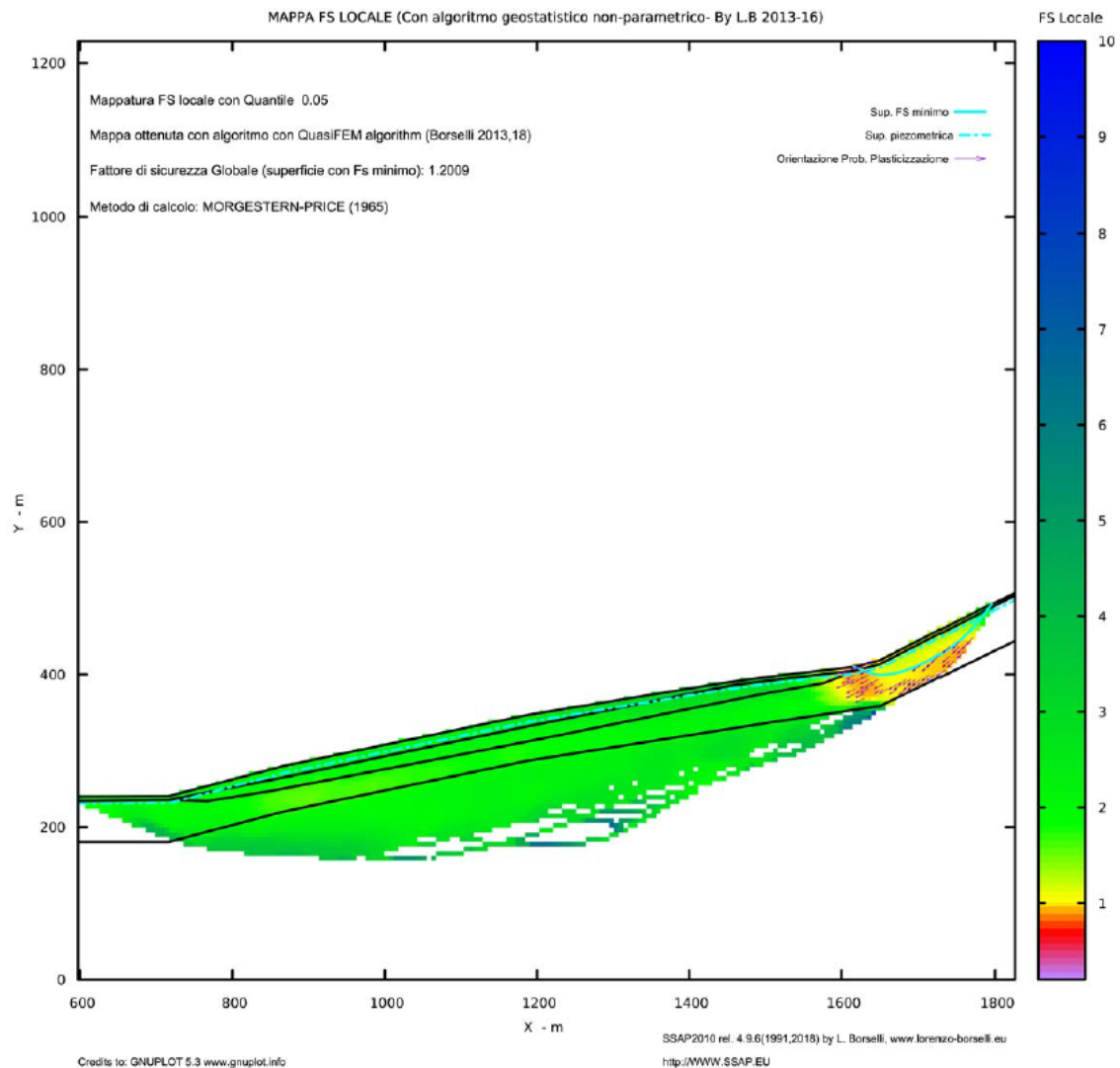


Figura 60 – Mappa dei valori di FS locali e dei punti ove sono attesi, con maggiore probabilità, fenomeni di plasticizzazione. Elaborazione effettuata col codice SSAP (rel. 4.9.6 – 2018), <http://www.ssap.eu>. Allegato 6.

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 0,11g. Il metodo è stato applicato nel luogo “Saltino 2” in cui è stata effettuata l’analisi di risposta sismica locale 2D e, allo stesso tempo, ricadente all’interno del volume di terreno mobilizzabile. 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 0,35 a 1,22 cm**, a seconda dell’accelerogramma utilizzato (Tabella 7 e Figura 61). Il valore mediano dello spostamento complessivo è pari a **0,93±0,36 cm**.

Earthquake	Record	Rigid block (cm)Normal	Rigid block (cm)Inverse	Rigid block (cm)Average
Saltino MS3	Saltino2Acc1.txt	1.74	0.69	1.22
Saltino MS3	Saltino2Acc2.txt	0.18	0.52	0.35
Saltino MS3	Saltino2Acc3.txt	0.93	0.92	0.93
	Mean value	0.95	0.71	0.83
	Median value	0.93	0.69	0.93
	Standard deviation	0.64	0.17	0.36

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. Il punto di verifica degli spostamenti è “Saltino 2”, ovvero il luogo di verifica della risposta sismica locale 2D ricadente all’interno del volume di terreno mobilizzabile.

Rigid-Block Displacement versus Time

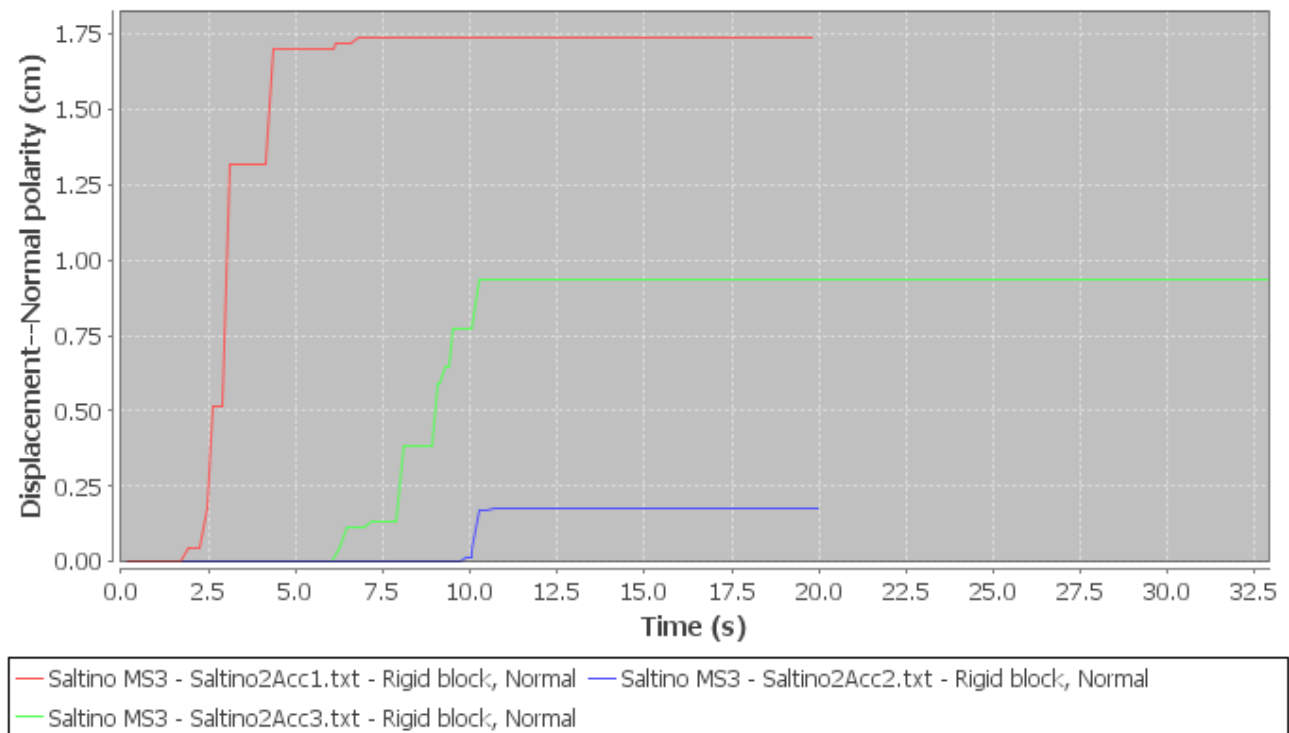


Figura 61 – Grafico degli spostamenti co-sismici cumulati per i tre accelerogrammi, per il punto di misura interno al volume di terreno mobilizzabile.

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 **ammisibile** e capace di produrre un **livello di danno minimo**.

In **campo statico**, la verifica di stabilità del pendio in esame ha fornito un fattore di sicurezza minimo pari a **1,26**, individuando, come in campo pseudo–statico, le 10 superfici di scivolamento a FS minimo nel settore di scarpata del corpo di frana storico del 1790 (si vedano il tabulato di verifica e la rappresentazione grafica in Allegato 6). Questo avvalorava l’ipotesi che il volume del corpo di frana, mobilizzabile in campo pseudo–statico, possa essere considerato stabile in campo statico, al netto dei fenomeni di scivolamento epidermici evidenti dal rilevamento geomorfologico e dai dati d’archivio del dissesto, che interessano spessori prossimi ad 1 m in corrispondenza dei settori della scarpata principale con le maggiori pendenze.

In condizioni dinamiche, al superamento della soglia di accelerazione critica di 0,11g, il medesimo volume racchiuso dalla superficie a FS minimo in campo statico risulterebbe instabile, con spostamenti co–sismici massimi pari a circa 1,7 cm, mentre le restanti porzioni dell’intero corpo di frana analizzato 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 Prignano sulla Secchia, 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

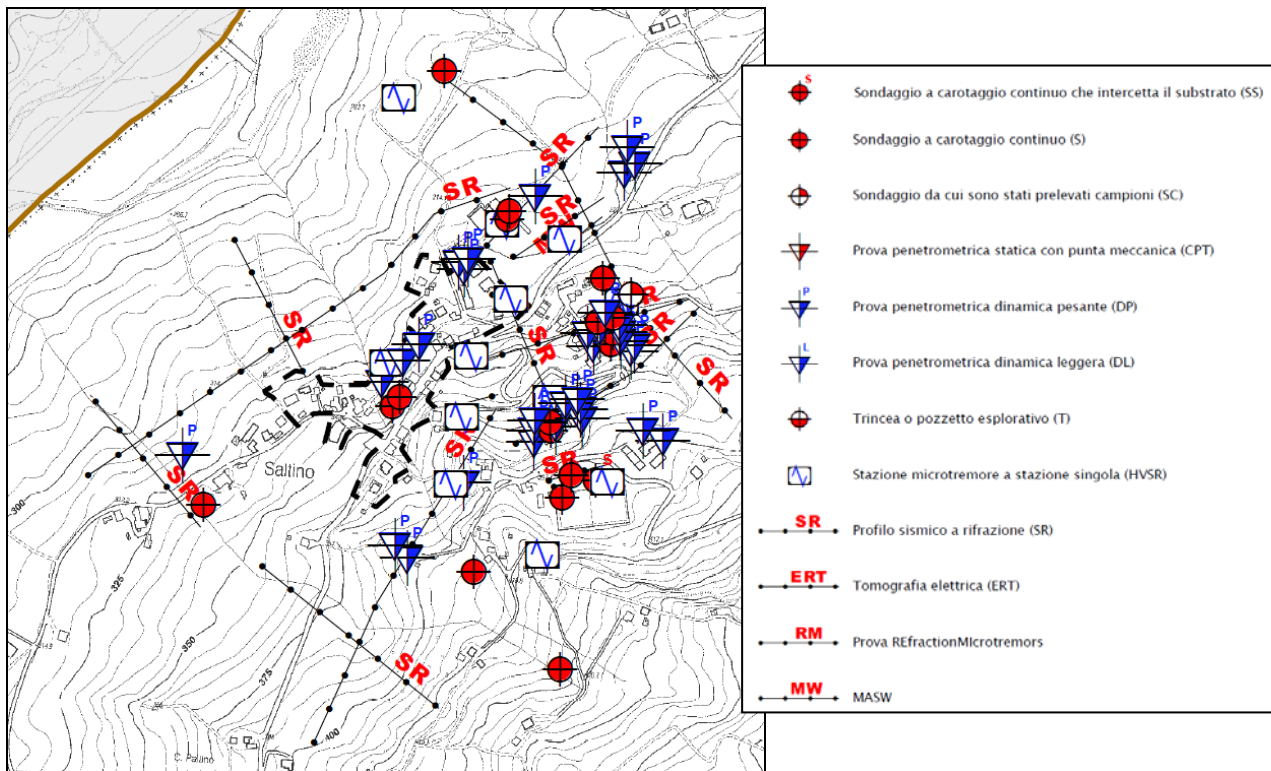


Figura 62 – Stralcio della Tavola di MS3 “Carta delle indagini” in cui è rappresentata l’area d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio, insieme alle indagini geognostiche e geofisiche d’archivio e di nuova esecuzione.

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 62) le nuove indagini eseguite.

9.2. Carta delle Vs

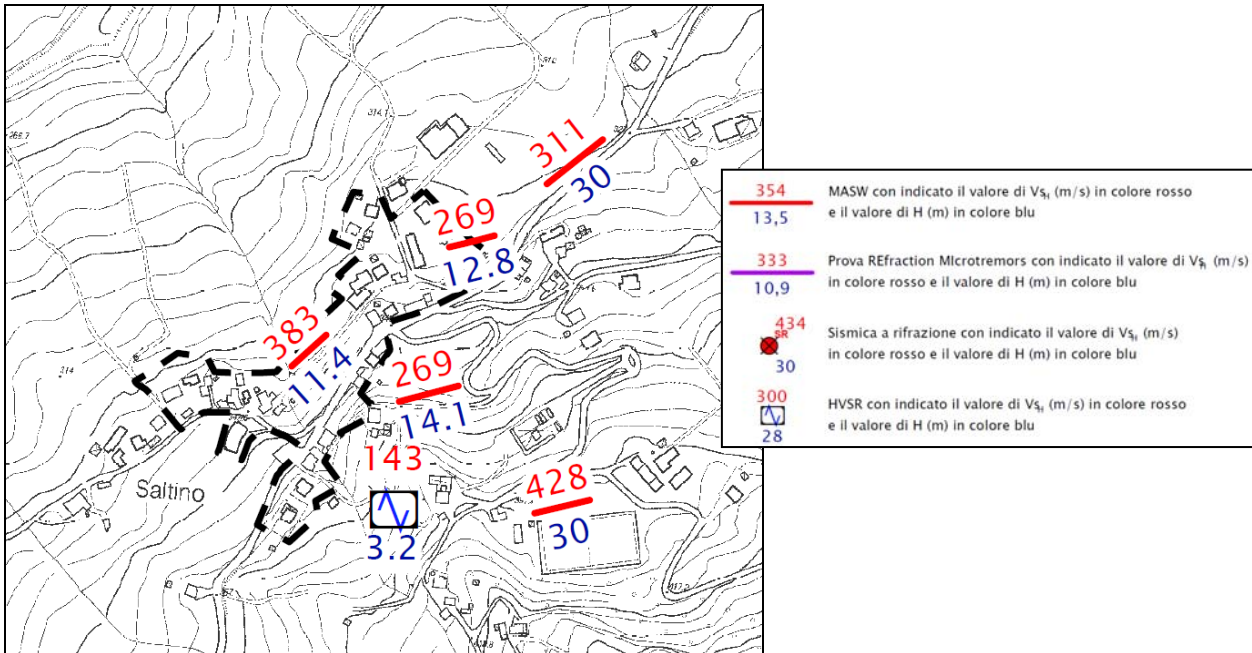


Figura 63 – Stralcio della Tavola di MS3 “Carta delle Vs” in cui è rappresentata l’rea d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio, insieme ai fattori di amplificazione calcolati sulla base delle nuove indagini geofisiche e di quelle d’archivio.

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 63) le nuove Vs ricavate dalle nuove indagini eseguite.

9.3. Carta delle frequenze

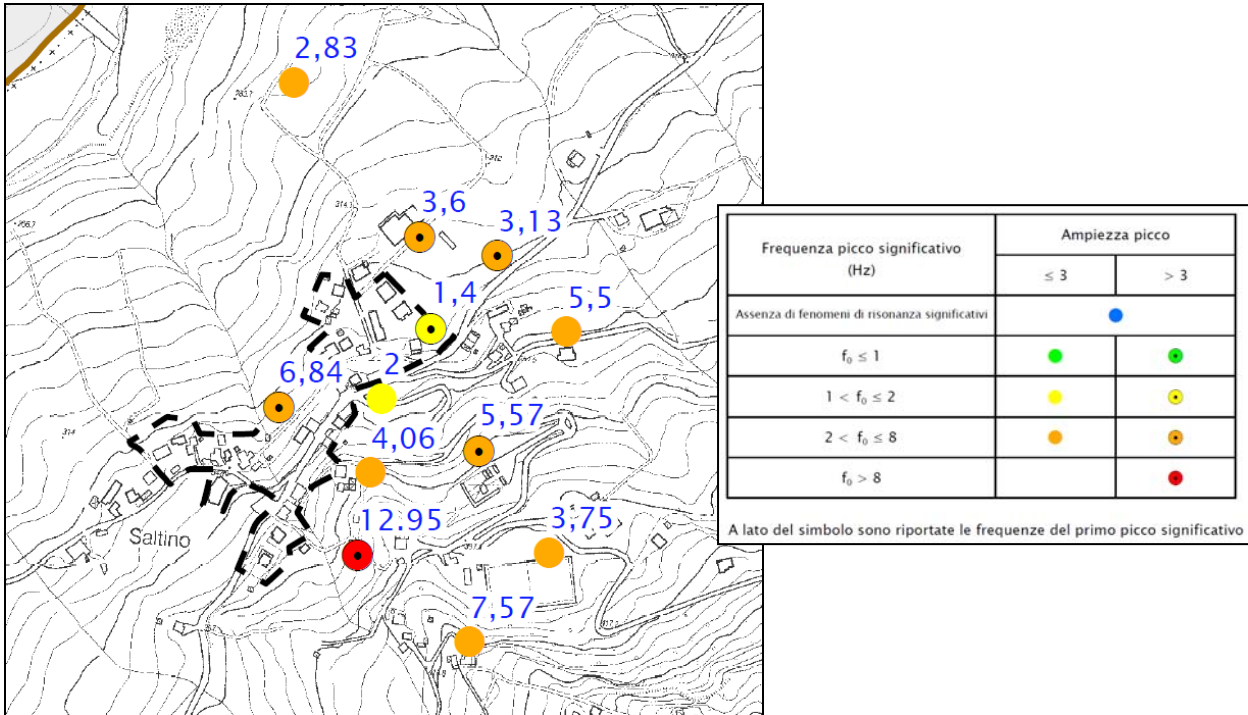


Figura 64 – Stralcio della Tavola di MS3 “Carta delle frequenze” in cui è rappresentata l’rea d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio, insieme ai valori di frequenza fondamentale di vibrazione del terreno calcolati sulla base delle nuove indagini geofisiche e di quelle d’archivio.

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 64) 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

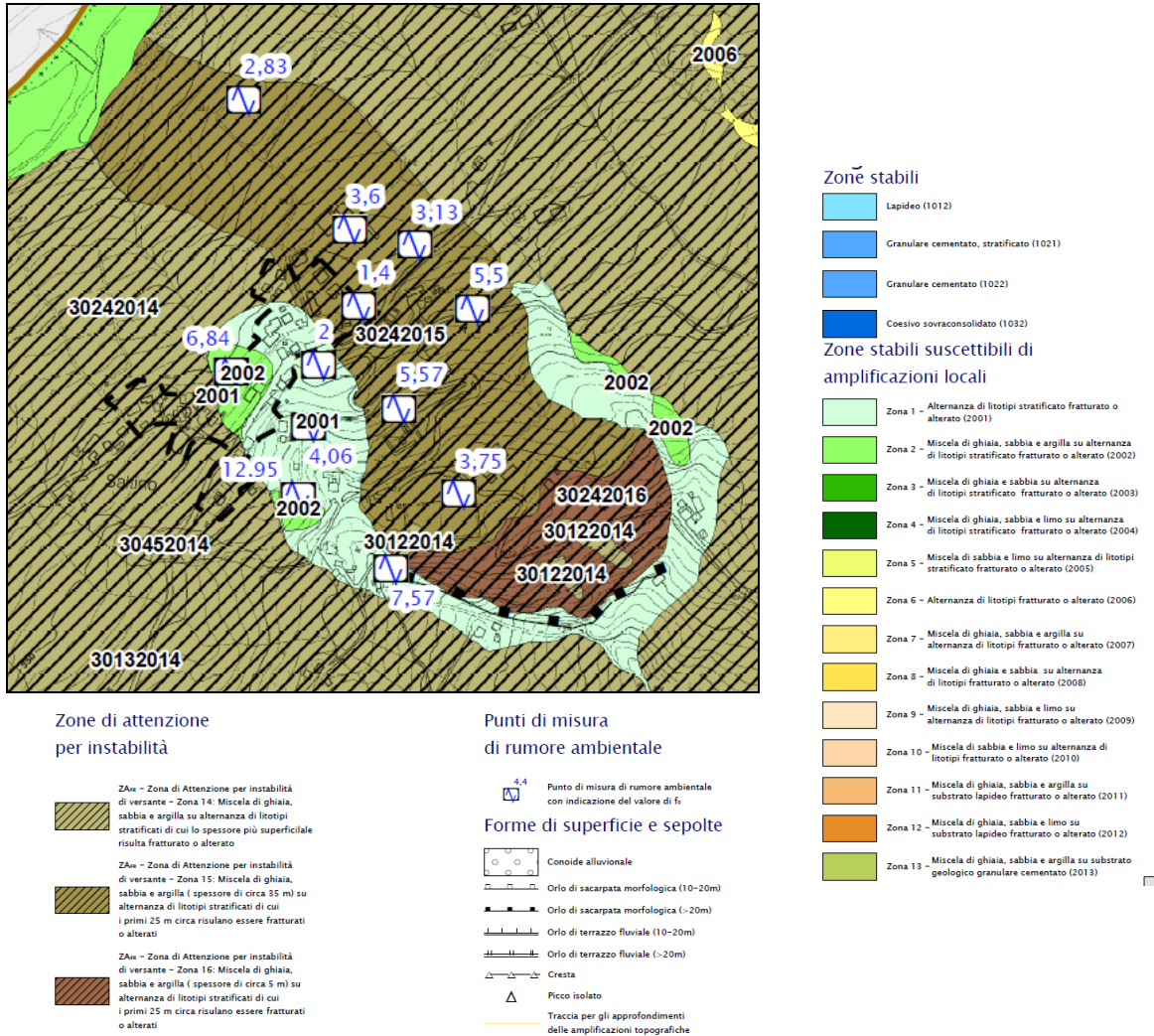
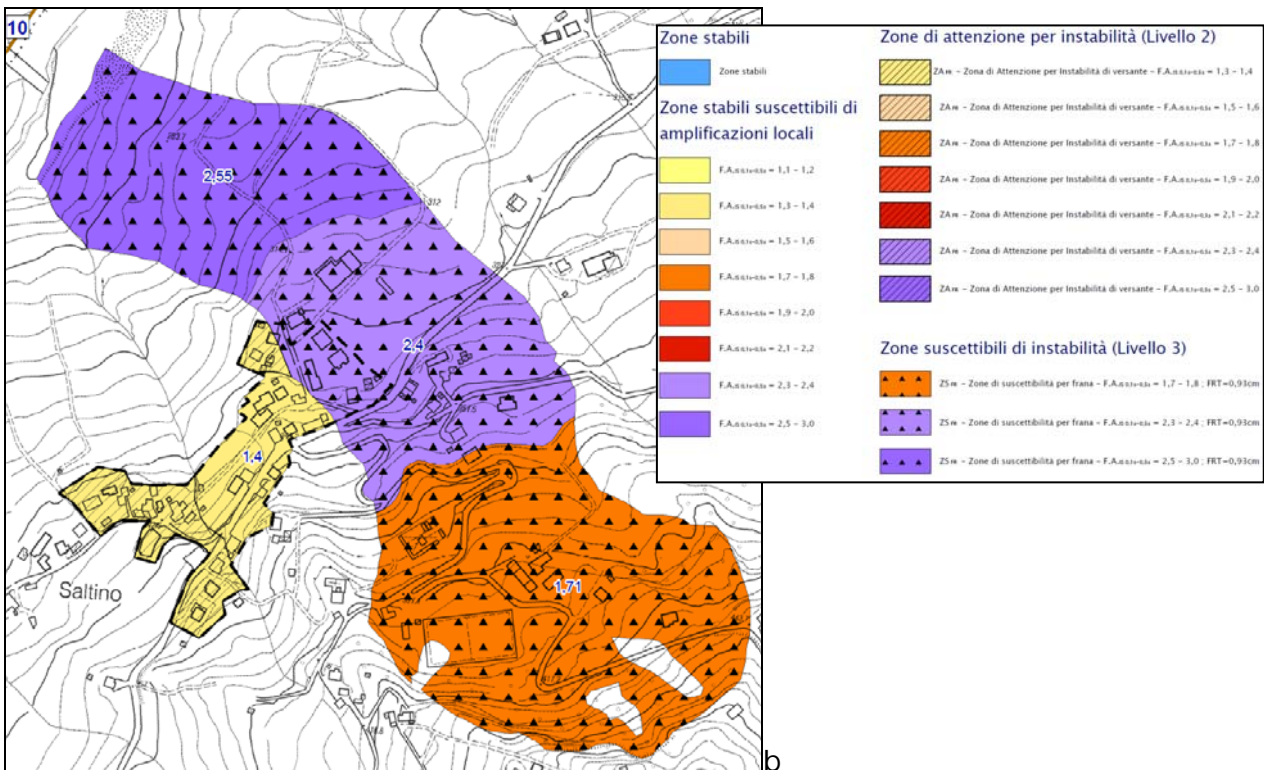
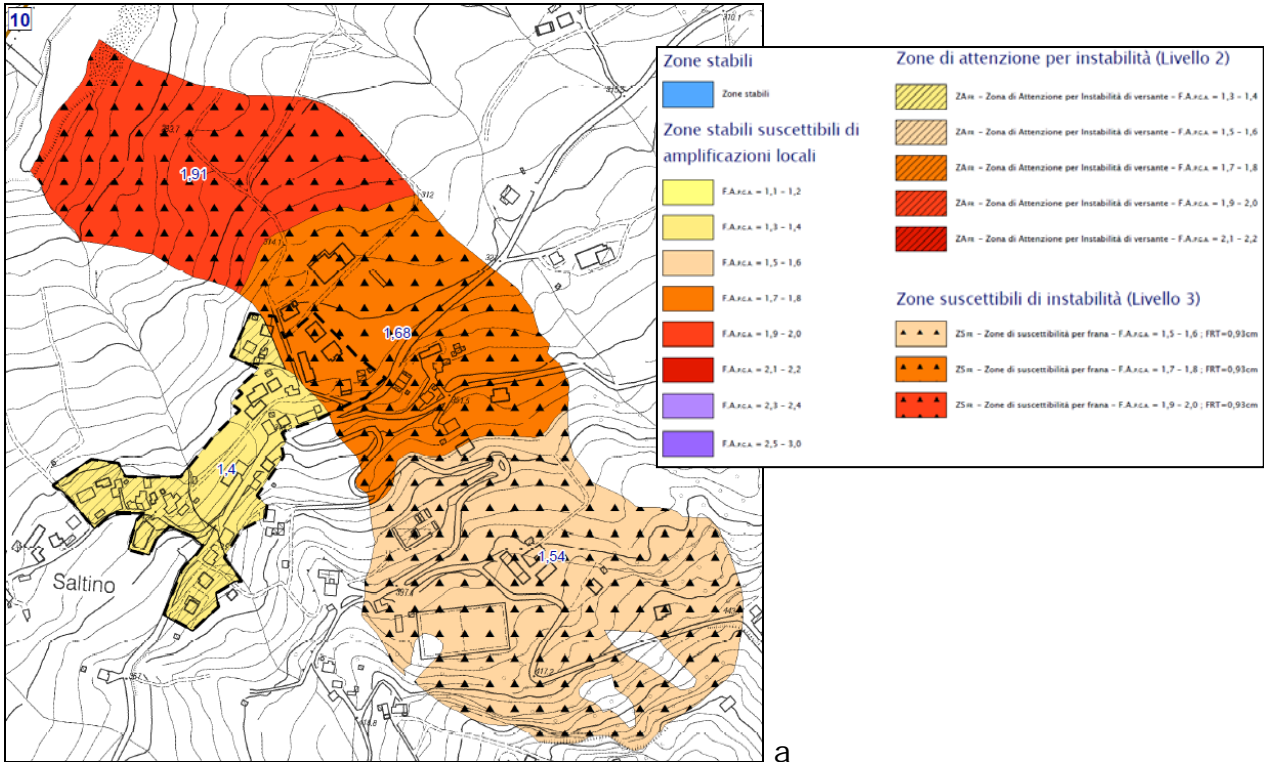


Figura 65 – Stralcio della Tavola di MS1 “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” (MOPS) in cui è rappresentata l’area d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio. La carta è stata rielaborata sulla base dei più recenti standard di rappresentazione (4.0b) e a valle dei risultati 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)



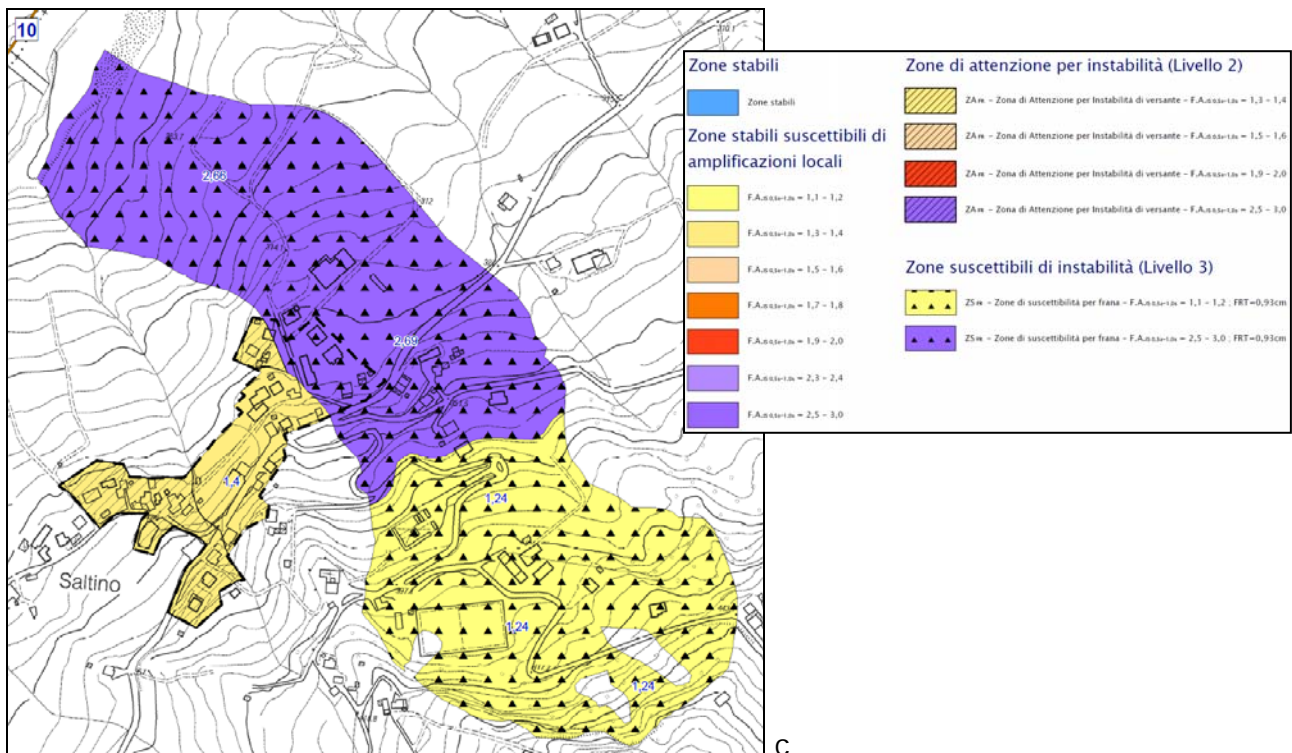


Figura 66 – Stralcio delle 3 Tavole di MS_0203 “Carta di microzonazione sismica”: a) fattori di amplificazione della PGA; b) fattori di amplificazione dell’Intensità di Housner in pseudo-velocità nell’intervallo d’integrazione compreso tra i periodi 0,1–0,5 s; c) fattori di amplificazione dell’Intensità di Housner in pseudo-velocità nell’intervallo d’integrazione compreso tra i periodi 0,5–1,0 s.

Le 3 carte di MS_0203 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. All’interno del poligono giallo di Figura 66 (area sorgente della frana studiata) sono presenti poligoni bianchi: essi coincidono con frane superficiali che non hanno relazione con la più ampia frana studiata; ricadendo al di fuori del territorio urbanizzato, come conseguenza non sono state rappresentate in base alle classi previste per questa tavola. 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 (Fa) – 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

- 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., Fazzini, P., Panini, F., 1989b. Schema introduttivo alla geologia delle Epiliguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe. *Mem. Soc. Geol. It.* 39, 215–246.
- Bettelli, G., Bonazzi, U., Panini, F., 1989c. 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., Pizziolo, 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.
- 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.
- 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.
- De Nardo, M.T., Iaccarino, S., Martelli, L., Papani, G., Tellini, C., Torelli, L., Vernia, L., 1991. Osservazioni sull'evoluzione del bacino satellite epiligure Vetto-Carpineti-Canossa (Appennino Settentrionale). Mem. Descr. Cart. Geol. d'It. XLVI, 209-220.
- Delibera dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna n°112, 2007. Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.
- Garberi, M.L., A., P., Pizziolo, M., 1999. I numeri sulle frane. Grafiche Damiani, Bologna.
- Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conf. delle Reg. e delle Province Auton. – Dip. della Prot. Civile, Roma 3 vol.
- 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: Proc. 7th Int. Conf. & Field Workshop on Landslides In Cech and Slovak Republics. pp. 287–292.

Tellini, C., 2013. Pericolosità e suscettibilità da frana in Emilia–Romagna. Geol. dell'Emilia–Romagna 47, 7–13.

ALLEGATO 1

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 LUOGO (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.3 PROF.(m): 27.30

CANTIERE: Saltino - Prignano sulla Secchia (MO)

QUOTA (m): p.d.c.

PERFORATRICE: CMV MK900 D1

LATITUDINE (°):

METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo

LONGITUDINE (°):

RIVESTIMENTO: Ø 127 mm

ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)

DATA INIZ-FINE: 05/09/2016-06/09/2016

PIEZOMETRO:

SCALA: 1:100

RIF.PREV.N°: 146-16

CERTIFICATO N°: C16-070-3

RAPPORTO N°: -----

DATA DI EMISSIONE: 16/09/2016

PAGINA N°: 1 di 2

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	Carotaggio	R.Q.D.
												20 40 60 80	20 40 60 80
1			0.50		Suolo: ghiaietto pelitico, a spigoli vivi, in matrice sabbioso-limosa								
2			2.00		Clasti pelitici ed arenacei, a spigoli vivi, in matrice sabbiosa e limo-argillosa								
3	> 6		2.80		Arenaria quarzosa, priva di fratture, con una venatura calcitica e con zone di ossidazione marroni								
4	> 6				Limo argilloso-sabbioso, di aspetto pseudo-scaglioso, con clasti lapidei sparsi che aumentano in percentuale con la profondità								
5	> 6		4.50		Frammenti arenacei								
			4.70										
6			5.20		Livello privo di consistenza, probabile cavità								
					Limo sabbioso-argilloso, di aspetto pseudo-scaglioso da 5.6 a 5.8 m, con clasti a spigoli vivi di Ømax = 4-5 cm								
7	5.8		6.40		Arenaria quarzosa, priva di fratture								
	6.0		6.60										
8	4.8				Limo argilloso-sabbioso, di aspetto pseudo-scaglioso, con clasti arenacei a spigoli vivi. Tra 8.14 e 8.28 m presenza di soli clasti arenacei. Tra 8.5 e 9.0 m divengono più frequenti i livelli a maggior componente argillosa. Tra 9.0 e 10.0 m sono presenti molto clasti arenacei in matrice limo-sabbiosa-argillosa			7.30 27/16/26 7.75					
	> 6												
9	5.0												
	3.5												
10			10.00		Clasti arenacei								
11	> 6		10.73		Argilla sabbiosa, di aspetto pseudo-scaglioso								
			11.00										
12			11.50		Arenaria								
			12.00		Clasti arenacei in matrice limo-argillosa, sabbiosa								
			12.25		Arenaria								
13													
14			14.50		Limo argilloso, debolmente sabbioso, di aspetto pseudo-scaglioso, alternato a livelli con clasti arenacei prevalenti, in matrice limo-argillosa, sabbiosa								
15			14.50		Ghiaia arenacea, di varia pezzatura e grado di arrotondamento, in matrice limo-argillosa, sabbiosa, molto consistente								
16			15.70		Materiale non recuperato								
			16.00										
17			16.30		Arenaria compatta, priva di fratture								
18					Clasti arenacei, a spigoli vivi, di vario diametro, in matrice limo-argillosa, molto compatta. Presenti anche alcuni clasti arrotondati. Alla base clasto di Ø = 15 cm								
19			18.25		Pelite e presenza di un clasto di Ø = 15 cm, arenaceo								
			18.60										
			18.77		Pelite e frammenti arenacei sbriciolati e ricompattati								
			19.10										
20			19.50		Arenaria con fratture verticali								
			19.70										
			20.00		Pelite e poi ghiaia arenacea in matrice limo-argillosa, sabbiosa								
21					Frammenti di arenaria								
			21.00		Arenaria								
22			21.61		Argilla limo-sabbiosa, molto compatta, di aspetto pseudo-scaglioso, con percentuale di inclusi ghiaiosi molto inferiore rispetto ai metri precedenti. Presenza di blocchetti arenacei da: 20.65 a 20.69 m; da 20.08 a 21.00 m								
			22.02										
23					Frammenti di arenaria quarzosa, a spigoli vivi, Ømax = 5 cm								
24					Argilla limo-sabbiosa, molto compatta, di aspetto pseudo-scaglioso, con percentuale di clasti molto inferiore rispetto ai metri precedenti. Presenza di blocchetti arenacei da 21.86 a 22.0 m								
25			24.80		Frammenti di arenaria a spigoli vivi in matrice argilloso-limosa, debolmente sabbiosa								
			25.38										
26			25.94		Arenaria								
			26.04		Arenaria spezzettata (clasti con Ø max = 5 cm)								
27					Arenaria								
28			27.37		Arenaria altamente fratturata con fratture anche parallele all'asse longitudinale della carota e di intercalazioni pelitiche								
29													
30													

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO
S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
Via S. Potito n. 43 - 48022 S. Potito 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.3	PROF.(m): 27.30
CANTIERE: Saltino - Prignano sulla Secchia (MO)		QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: CMV MK900 D1		LATITUDINE (°):	
METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo		LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm		ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)	
PIEZOMETRO:		DATA INIZ-FINE: 05/09/2016-06/09/2016	
RIF.PREV.N°: 146-16	CERTIFICATO N°: C16-070-3	RAPPORTO N°: -----	DATA DI EMISSIONE: 16/09/2016
		SCALA: 1:100	
		PAGINA N°: 2 di 2	

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	Carotaggio				R.Q.D.			
												20	40	60	80	20	40	60	80
31																			

Note:
 (*) Da 0.00 a -15.70 m. perforazione mediante carotiere semplice.
 Da -15.70 a -27.37 m: perforazione mediante doppio carotiere.

 Livello acqua rilevato a -9.75 m dal p.d.c. il giorno 6/9/2016, ore 8 con fondo foro a -19.50 m.
 Livello acqua rilevato a -9.50 m dal p.d.c. a fine sondaggio con foro libero.

 A -16.0 m circa dal p.d.c. venuta di acqua in pressione (+2 m dal p.d.c.).
 Da -25.0 m circa dal p.d.c. perdita del ricircolo.

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO s.r.l.
INGEGNERI GEOTECNICI ED AMBIENTALI
Via S. Polito n. 43 - 48022 S. Polito di Lupat (RA)
Tel. 0545222042 - Fax 0545344443 - E-mail: sogeo@sogeo-sil.com

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

LOCALITA': Prignano sulla Secchia (MO)
ALLEGATO A: C16-070-3

SONDAGGIO N: S.3
DATA: 05/09/2016



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m



Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m



Cassa 4 da -15.0 a -20.0 m



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

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

LOCALITA' : Prignano sulla Secchia (MO)
ALLEGATO A: C16-070-3

SONDAGGIO N: S.3
DATA: 05/09/2016



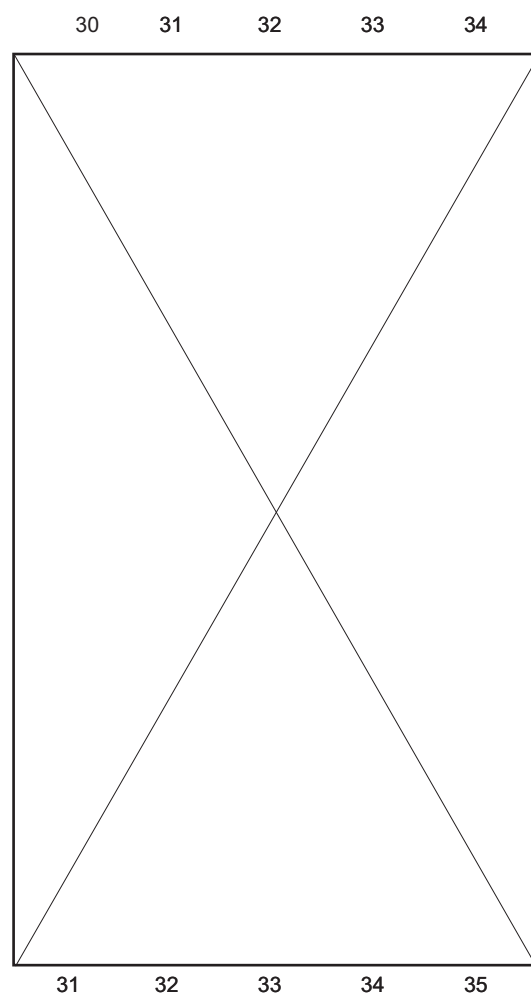
Cassa 6 da -25.0 a -30.0 m



Posizionamento



Cassa 5 da -20.0 a -25.0 m



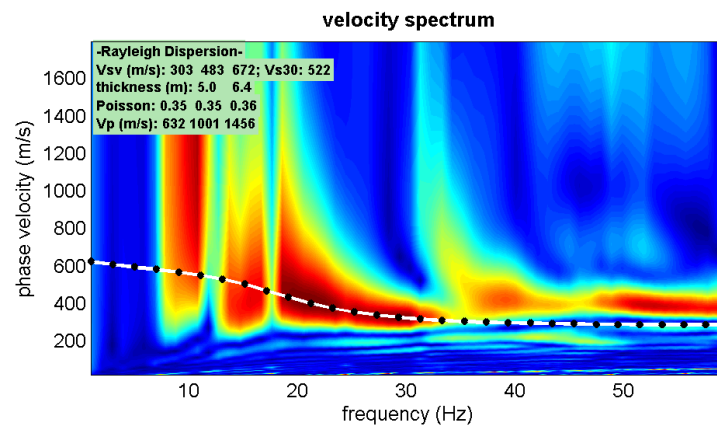
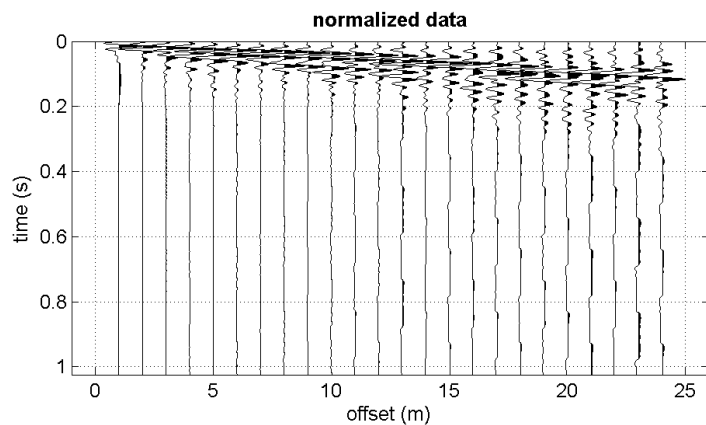
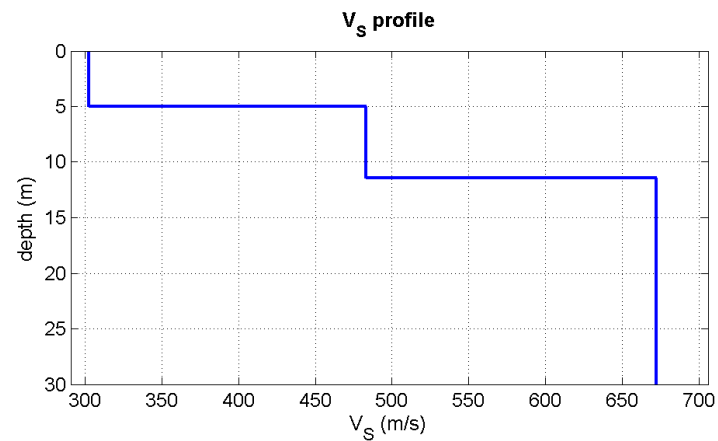
Cassa 7 da -30.0 a -35.0 m

ALLEGATO 2

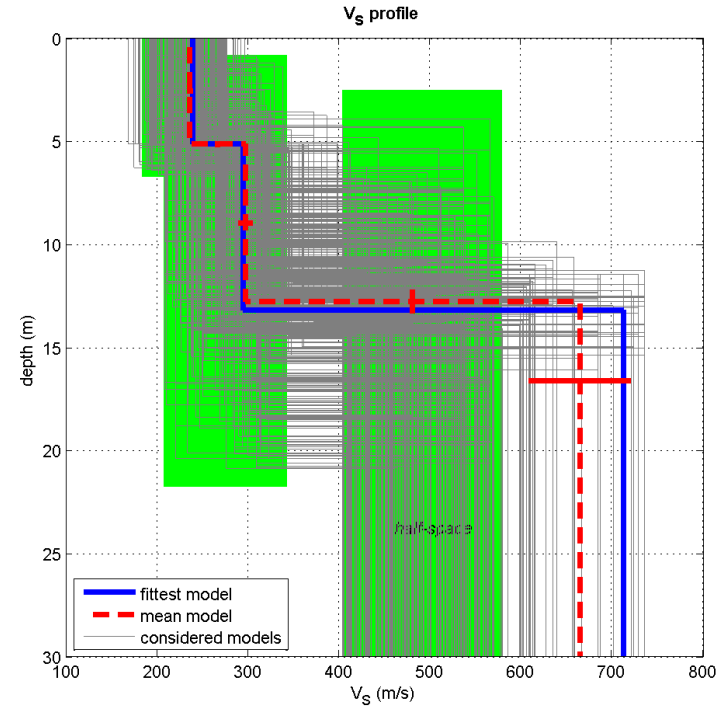
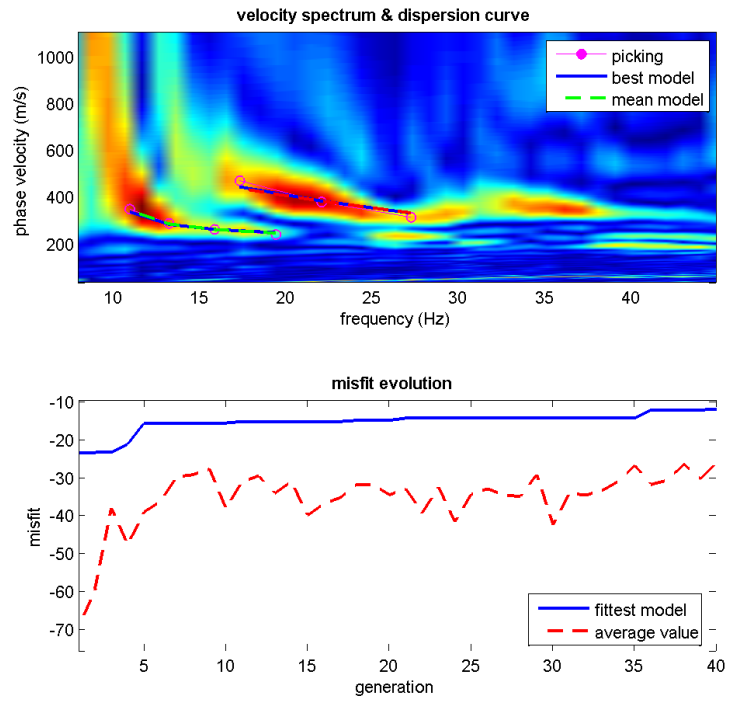
Indagini MASW

(archivio e nuova esecuzione)

PRIGNANO MASW 22



PRIGNANO MASW 23



www.winmasw.com

dataset: prign23#2.DAT
dispersion curve: pic2prigna23.cdp
 V_s30 (best model): 414 m/s
 V_s30 (mean model): 408 m/s

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

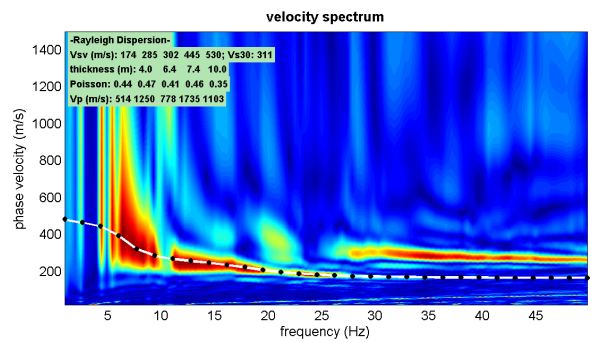
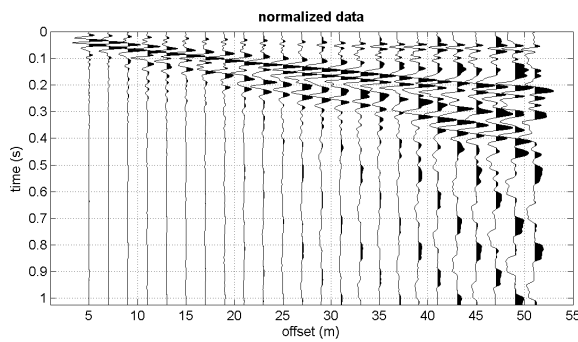
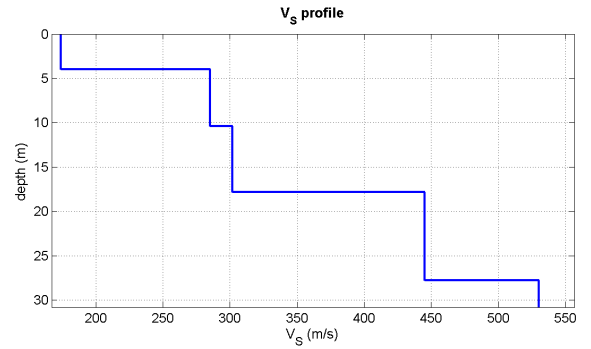
Main results

www.winmasw.com

Date: 20 7 2016

Time: 15 45

Dataset: salm1#6.DAT



Mean model

Vs (m/s): 174 285 302 445 530

Thickness (m): 4.0, 6.4, 7.4, 10.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.89 2.11 1.99 2.19 2.08

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 57 171 182 433 584

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 514 1250 778 1735 1103

Poisson: 0.44 0.47 0.41 0.46 0.35

Vs30 (m/s): 311

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{S30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

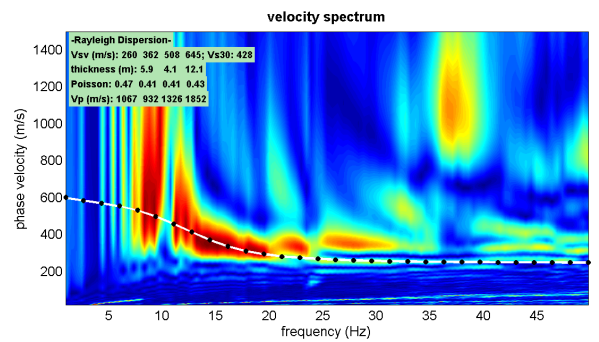
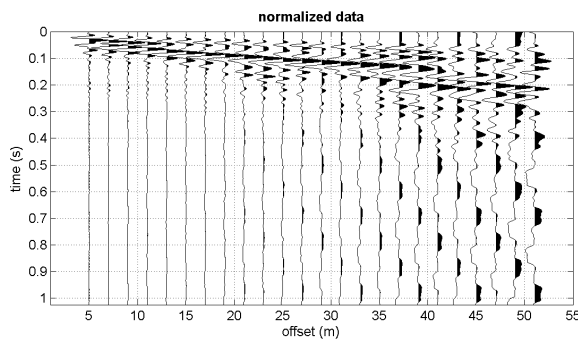
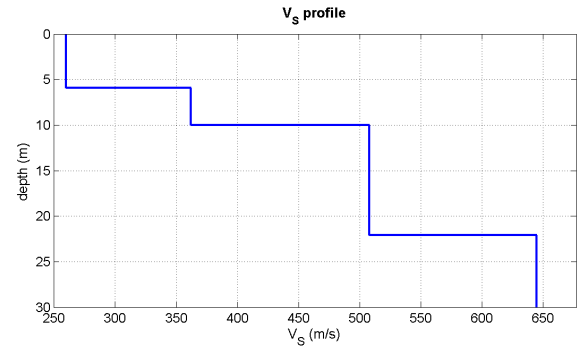
Main results

www.winmasw.com

Date: 20 7 2016

Time: 15 54

Dataset: salm2#6.DAT



Mean model

Vs (m/s): 260 362 508 645

Thickness (m): 5.9, 4.1, 12.1

Density (gr/cm3) (approximate values): 2.07 2.04 2.12 2.20

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 140 267 548 917

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 1067 932 1326 1852

Poisson: 0.47 0.41 0.41 0.43

Vs30 (m/s): 428

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{S30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

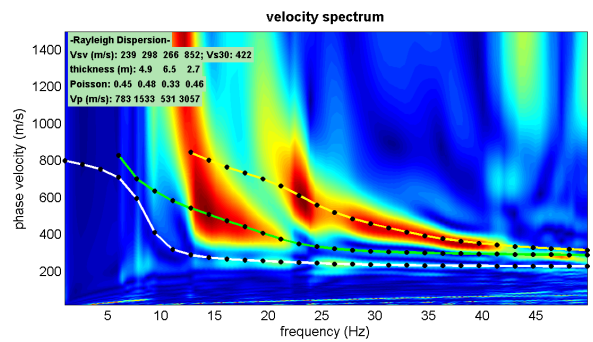
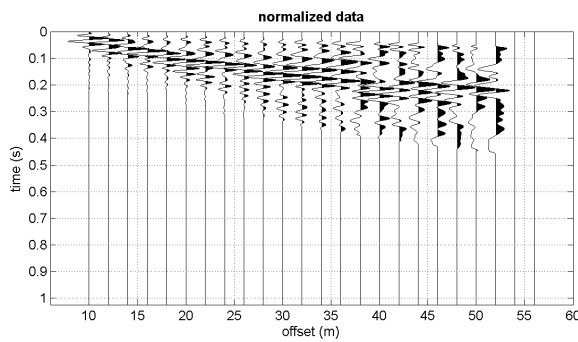
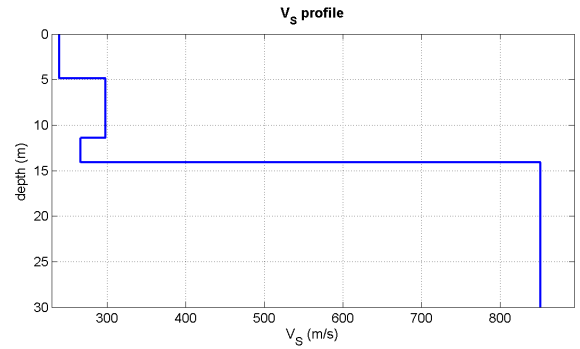
Main results

www.winmasw.com

Date: 20 7 2016

Time: 16 20

Dataset: salm3b#9.DAT



Mean model

Vs (m/s): 239 298 266 852

Thickness (m): 4.9, 6.5, 2.7

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.99 2.16 1.90 2.33

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 114 192 134 1688

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 783 1533 531 3057

Poisson: 0.45 0.48 0.33 0.46

Vs30 (m/s): 422

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{S30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

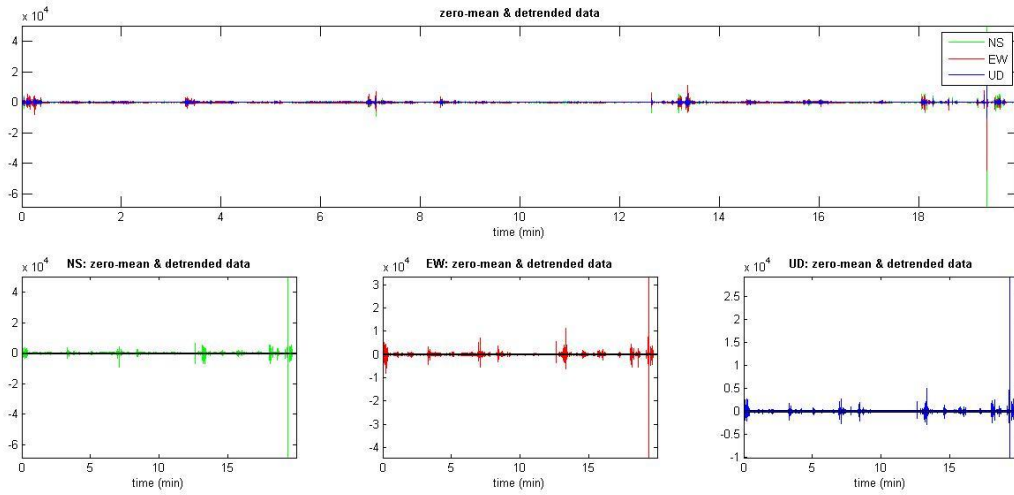
Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

ALLEGATO 3

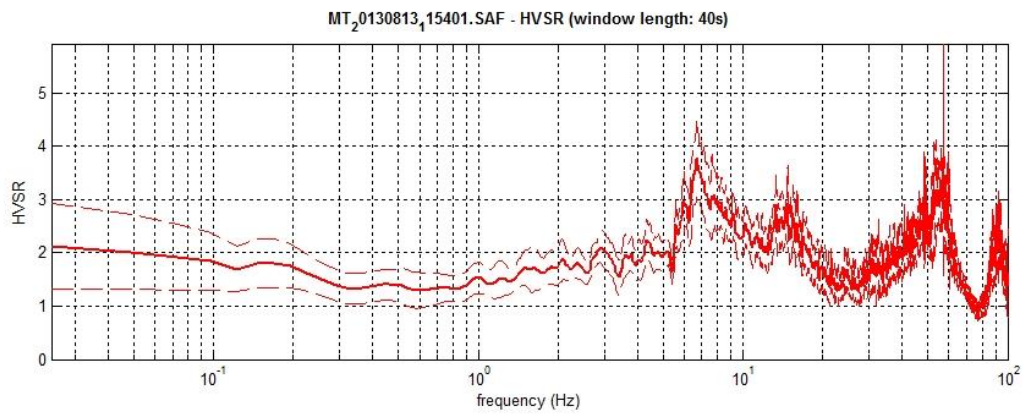
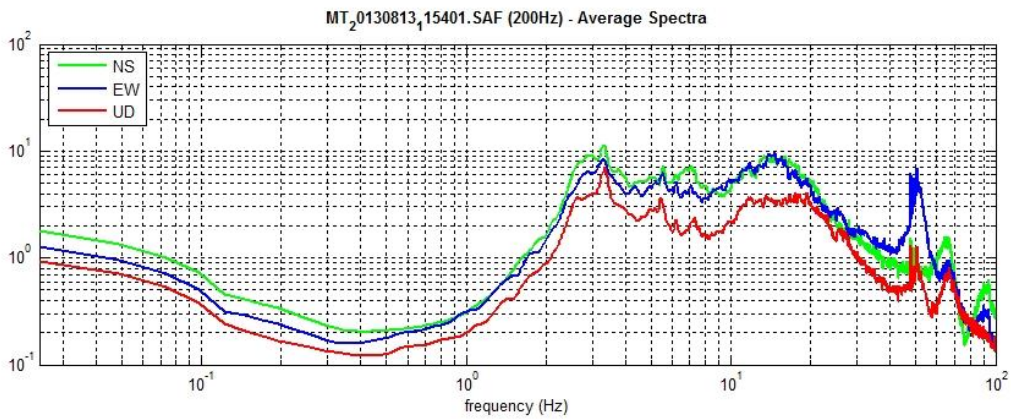
Indagini HVSR

(archivio e nuova esecuzione)

PRIGNANO HVSR 22



- Acquisizione HVSR -



-Spettro HVSR-

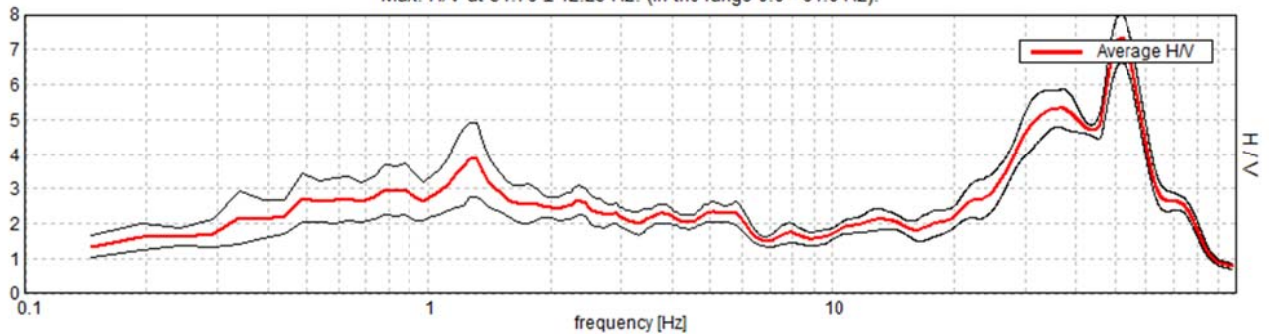
SALTINO, HVSR23

Instrument: EXT- SARA SR04HS
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 13/08/13 12:20:00 End recording: 13/08/13 12:40:00
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

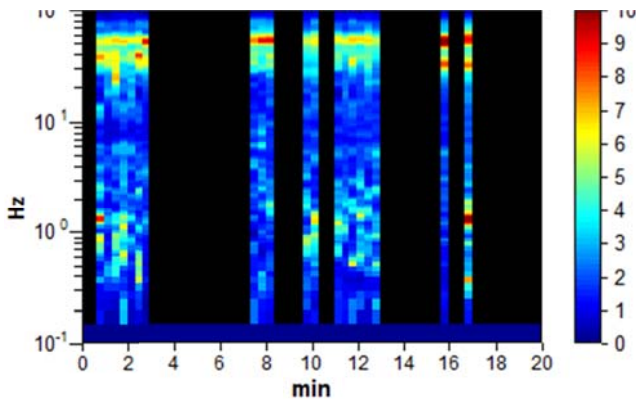
Trace length: 0h20'00". Analyzed 33% trace (manual window selection)
Sampling rate: 200 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

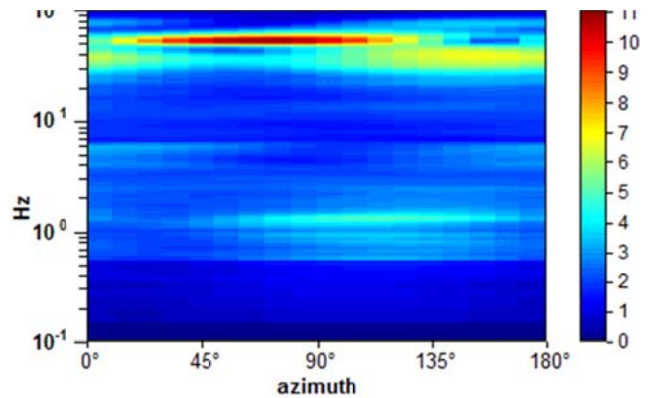
Max. H/V at 51.76 ± 12.23 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



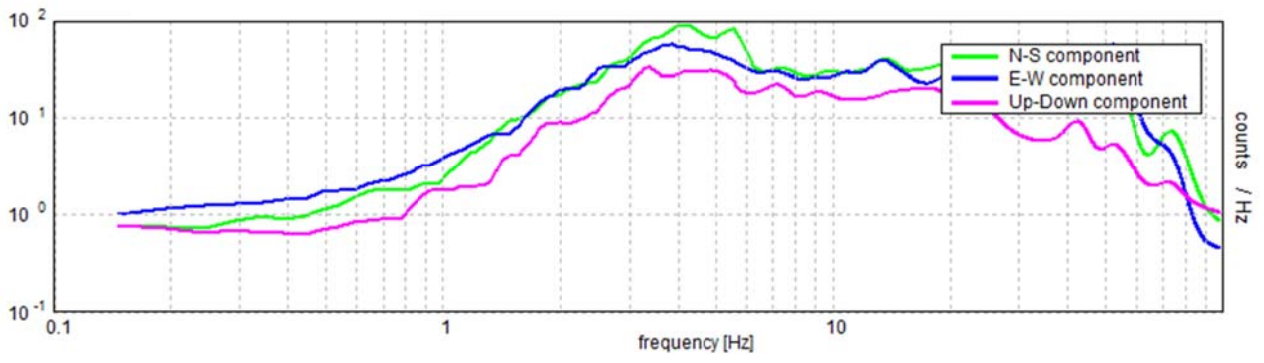
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

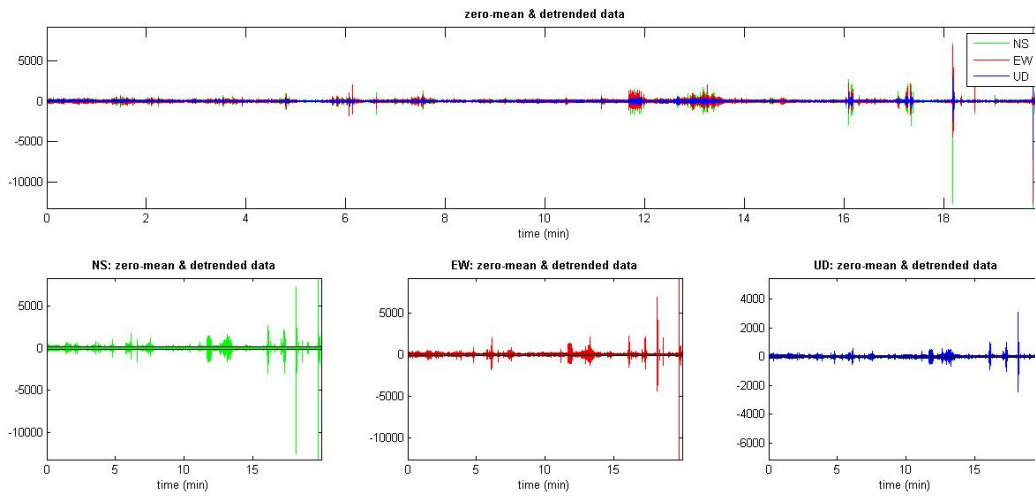
Max. H/V at 51.76 ± 12.23 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	51.76 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	20703.1 > 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 1519 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	27.441 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	61.621 Hz	OK	
$A_0 > 2$	7.33 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.2362 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	12.22533 < 2.58789		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.7085 < 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

SALTINO



ACQUISIZIONI DI CAMPAGNA MONTECERATO

www.winmasw.com

show data reset

step#1 (optional) - decimate
 128Hz new frequency resample

step#2 - HV computation
 remove events clean axes
 40 window length (s)
 10 tapering (%)
 10% spectral smoothing (triangular window)
 show particle motion (raw data) compute

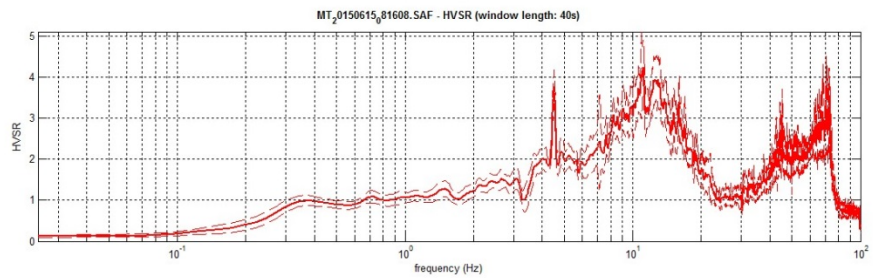
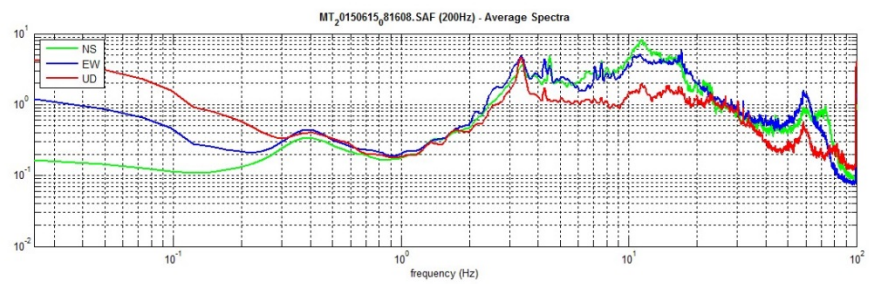
step#3a (optional) - directivity analysis
 compute max freq: 32 Hz

step#3b (optional) - directivity over time
 directivity in time time step: 60 s

save - options#1: save HVSR as it is
 Save HV from 0.3 to 64 Hz
 save HV curve (as it is)

Save - options#2: picking HV curve
 pick HV curve save picked HV

quick analysis (f-Vs/4H)
 average Vs (m/s) (from surface to bedrock)
 depth of the bedrock (m)
 compute



To model the HVSR (also jointly with MASW or Refli data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

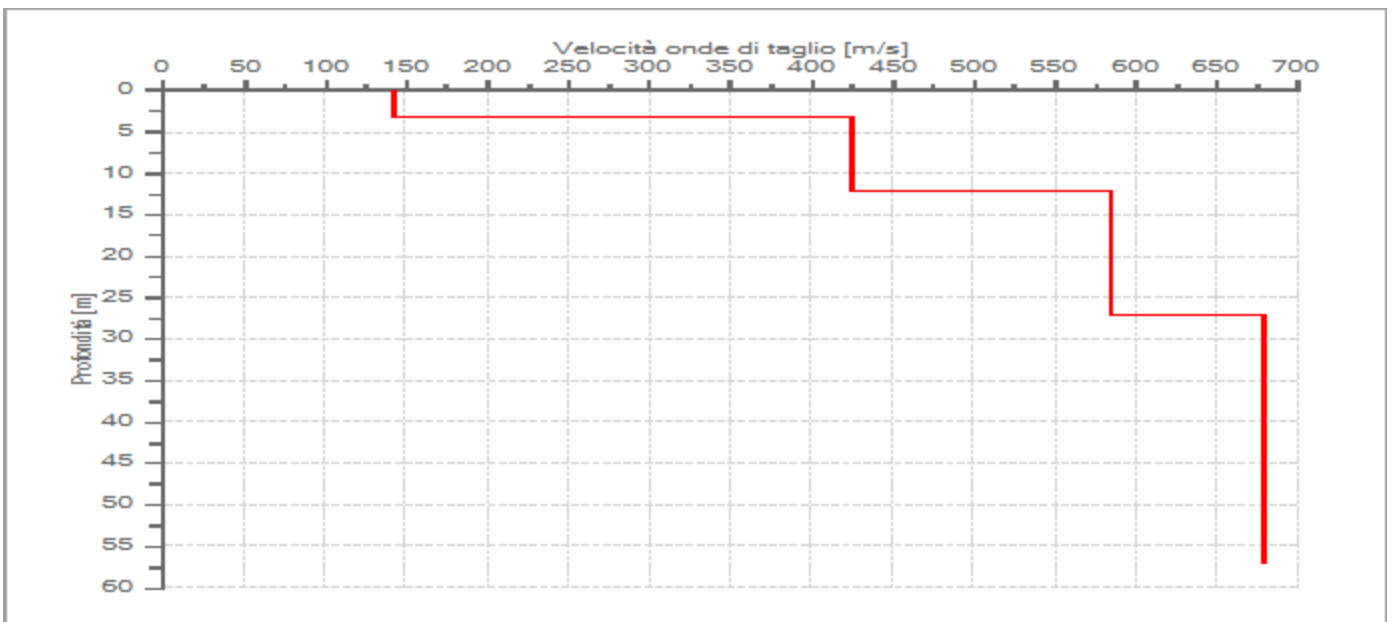
SPETTRO HVSR- MONTECERATO

Dati riepilogativi:

Numero strati: 4
Frequenza del picco dell'ellitticità: 12,95 Hz
Valore di disadattamento: 0,18
Valore Vs30: 409,17 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	3,2	3,2	19	0,3	143
2	12,2	9	22	0,2	425
3	27,2	15	22	0,2	585
4	57,2	30	22	0,2	679



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

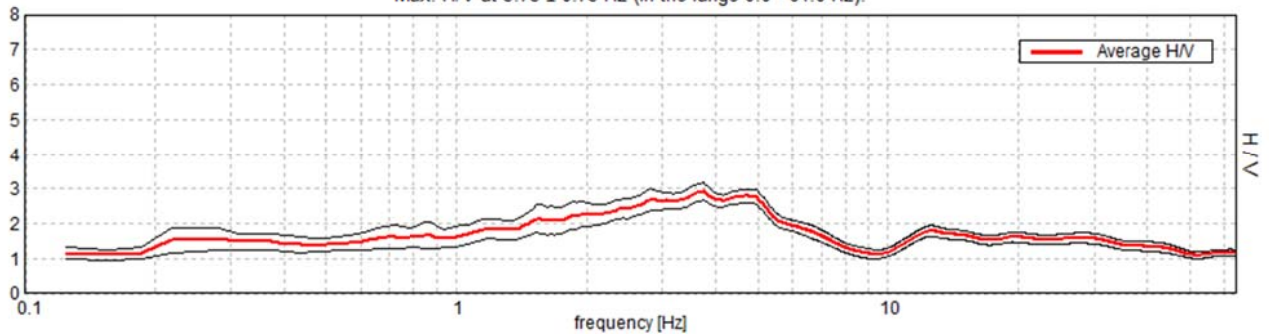
SALTINO, 1A

Instrument: TR-0007-01-05
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 17/06/16 16:01:08 End recording: 17/06/16 16:21:09
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

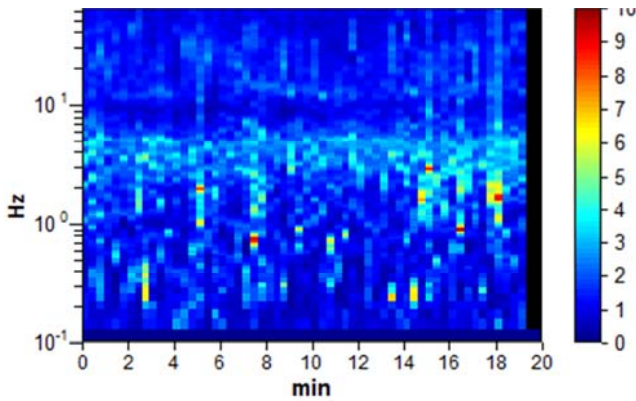
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

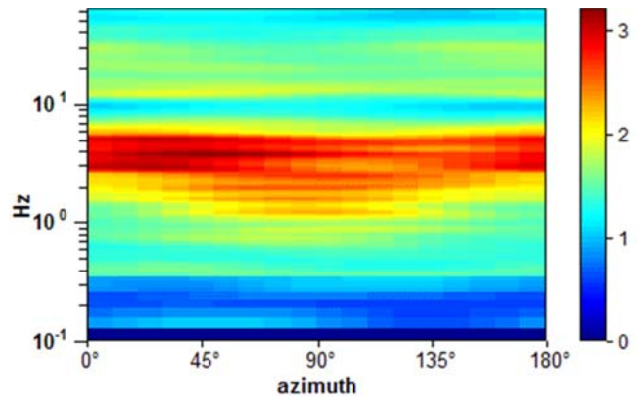
Max. H/V at 3.75 ± 0.75 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



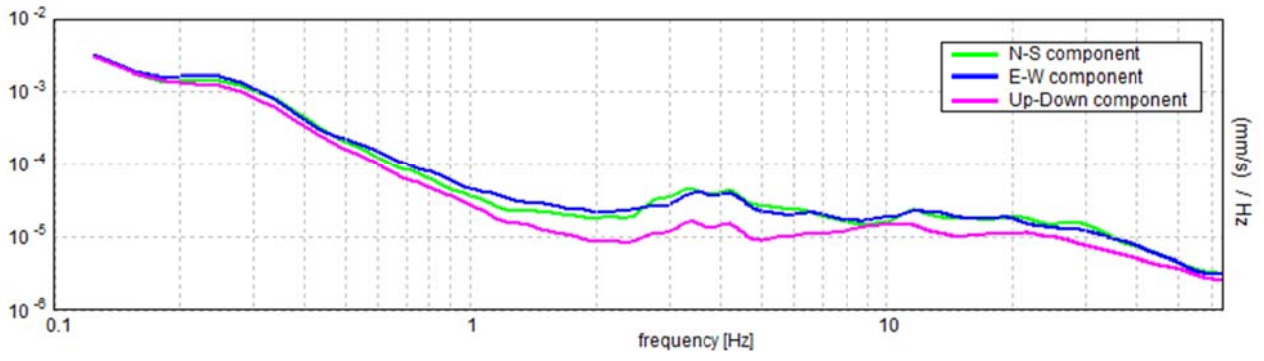
H/V TIME HISTORY



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 3.75 ± 0.75 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4500.0 > 200$	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 181 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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.92 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.20086 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.75323 < 0.1875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2501 < 1.58$	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

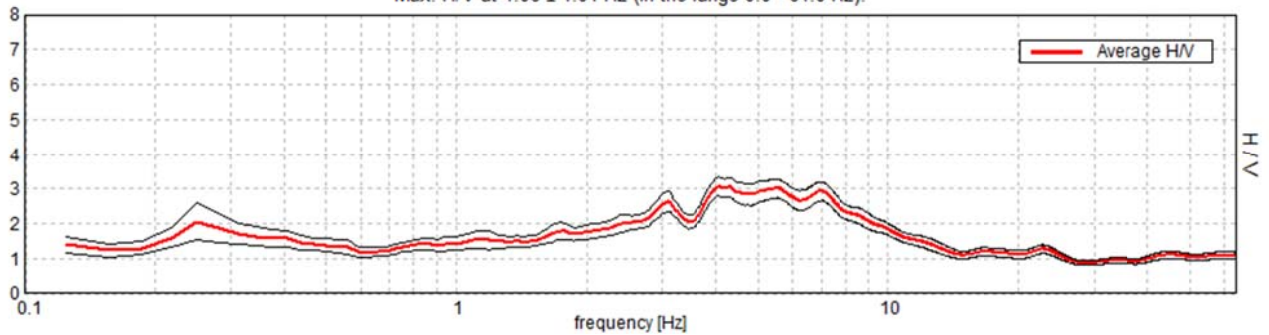
SALTINO, 2A

Instrument: TR-0007-01-05
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 17/06/16 16:39:28 End recording: 17/06/16 16:59:29
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

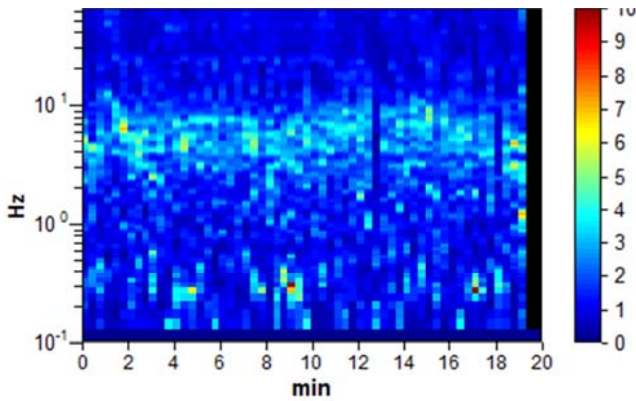
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

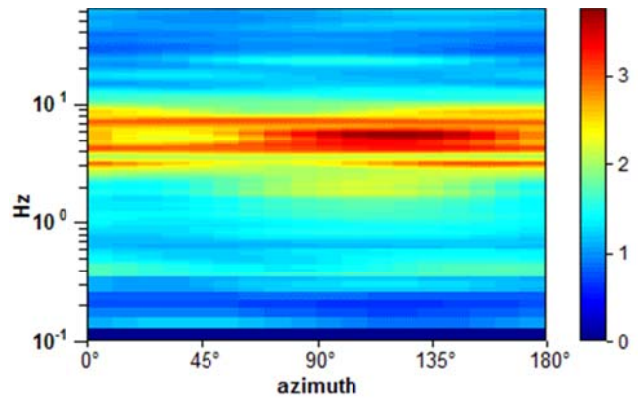
Max. H/V at 4.06 ± 1.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



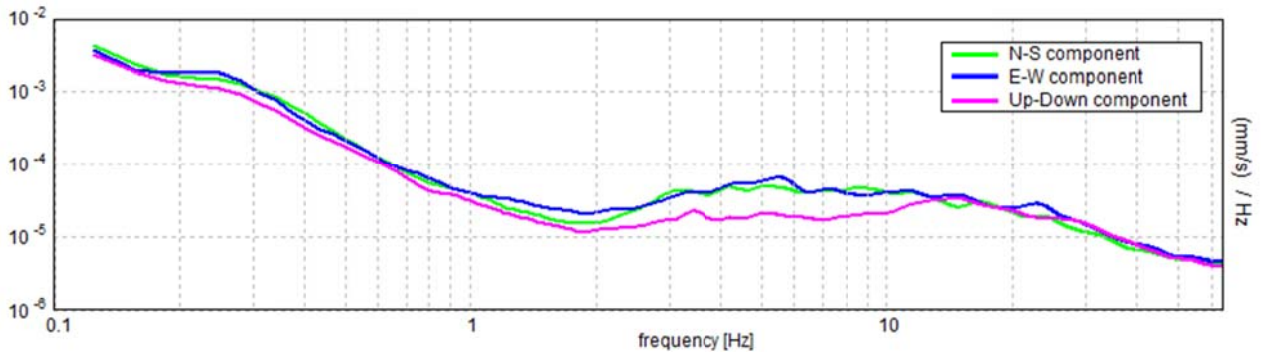
H/V TIME HISTORY



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 4.06 ± 1.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	4.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4875.0 > 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 196 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.531 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	11.469 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.06 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.249 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.01156 < 0.20313		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2721 < 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

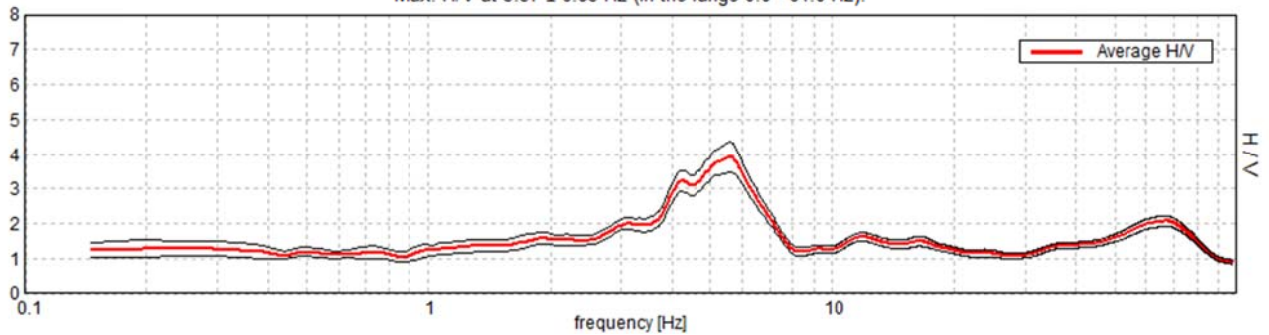
SALTINO, 2V

Instrument: EXT- SARA SR04HS
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 17/06/16 16:14:13 End recording: 17/06/16 16:34:13
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

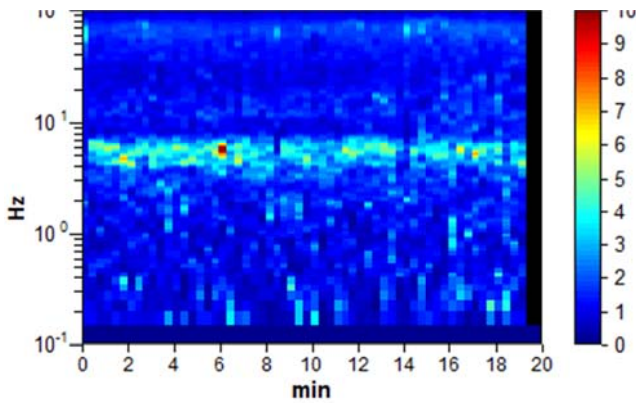
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 200 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

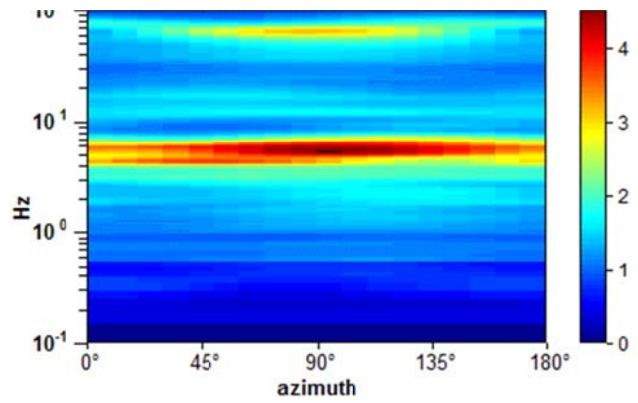
Max. H/V at 5.57 ± 6.85 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



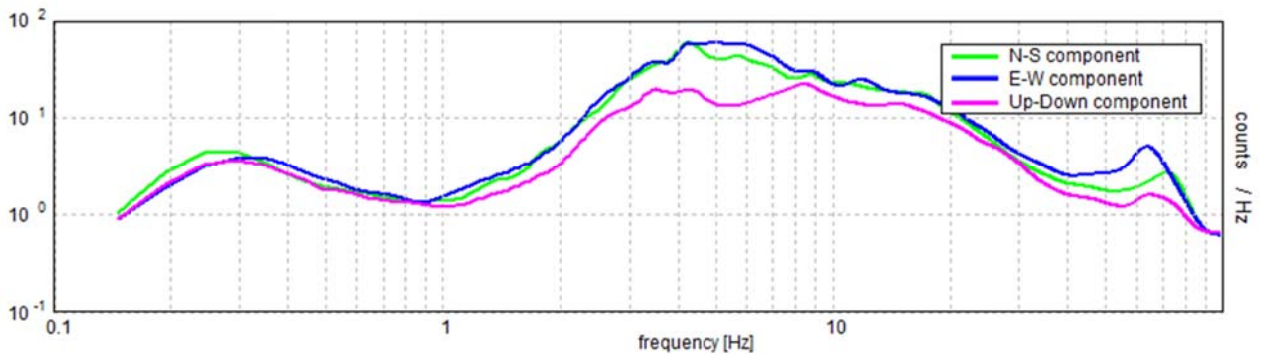
H/V TIME HISTORY



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 5.57 ± 6.85 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	5.57 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6679.7 > 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 172 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.418 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.227 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.91 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	1.23029 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	6.84827 < 0.27832		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4356 < 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

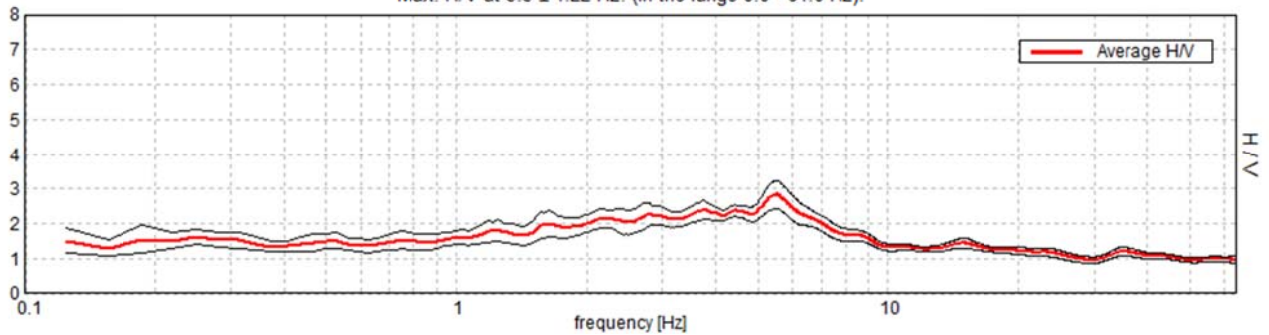
SALTINO, 3A

Instrument: TR-0007-01-05
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 17/06/16 17:15:46 End recording: 17/06/16 17:35:47
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

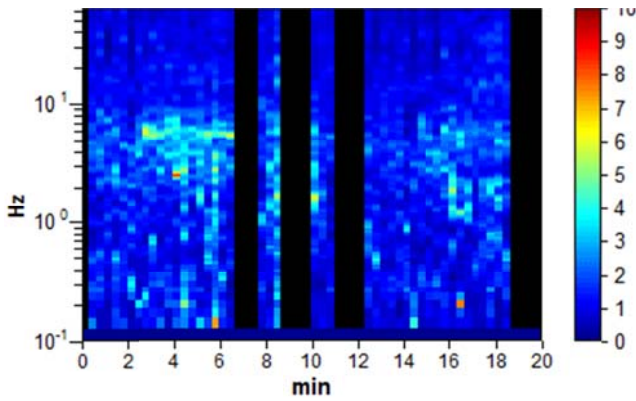
Trace length: 0h20'00". Analyzed 73% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

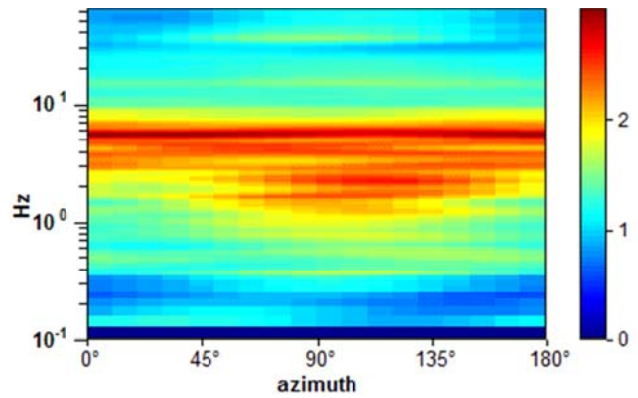
Max. H/V at 5.5 ± 1.22 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



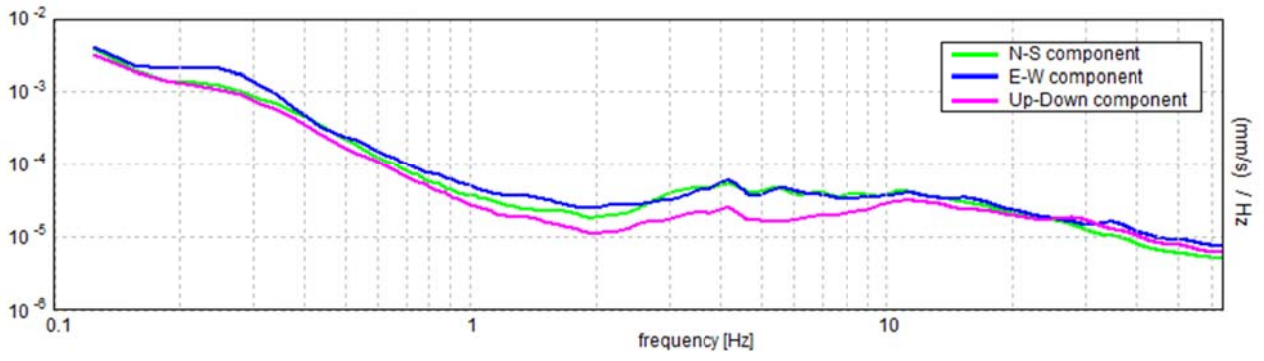
H/V TIME HISTORY



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 5.5 ± 1.22 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	5.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4840.0 > 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 265 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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.469 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.83 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.22156 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.21858 < 0.275		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4103 < 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

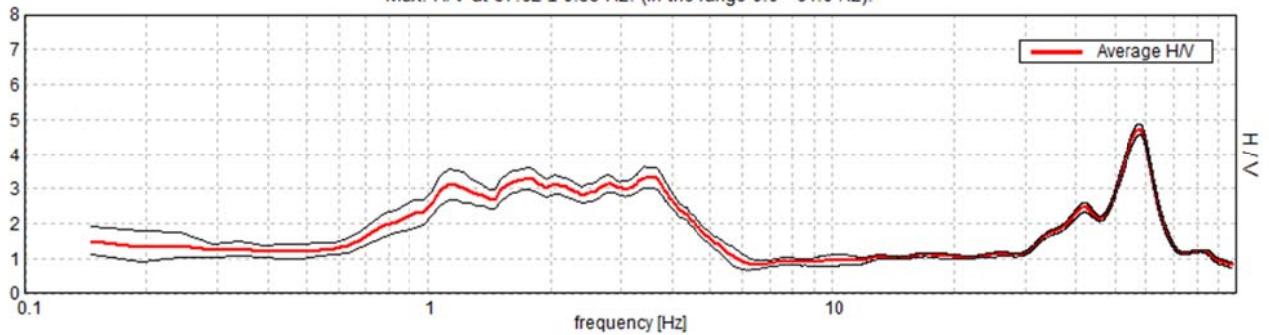
SALTINO, 3V

Instrument: EXT- SARA SR04HS
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 17/06/16 16:53:47 End recording: 17/06/16 17:13:47
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

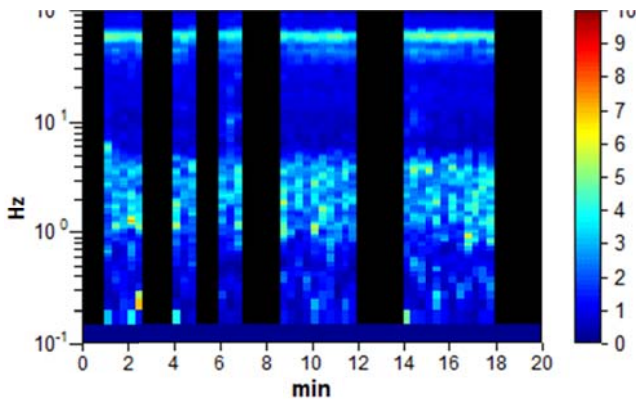
Trace length: 0h20'00". Analyzed 55% trace (manual window selection)
Sampling rate: 200 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

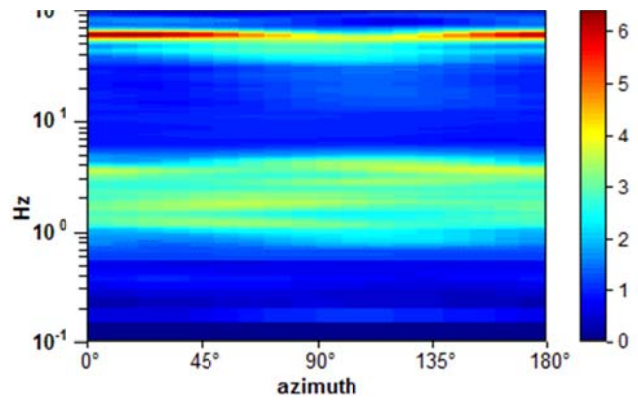
Max. H/V at 57.62 ± 0.35 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



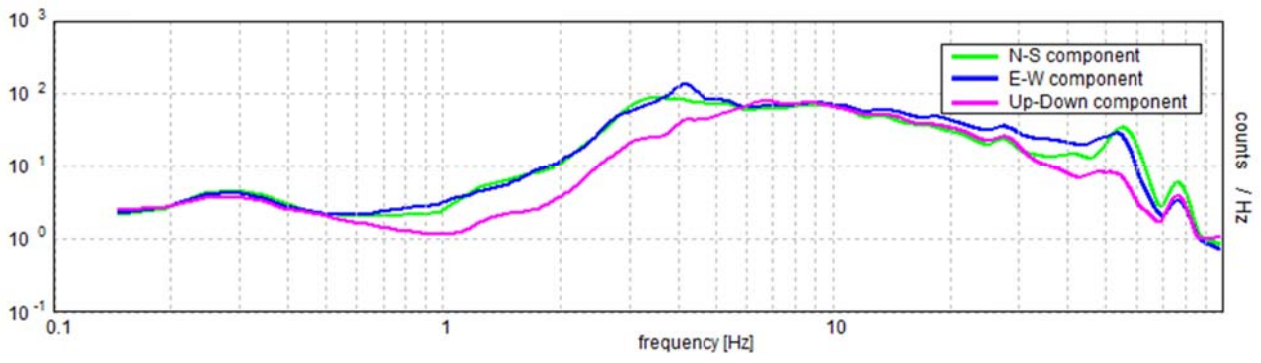
H/V TIME HISTORY



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 57.62 ± 0.35 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	57.62 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	38027.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1459 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	47.949 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	64.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.72 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00606 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.34901 < 2.88086	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1587 < 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

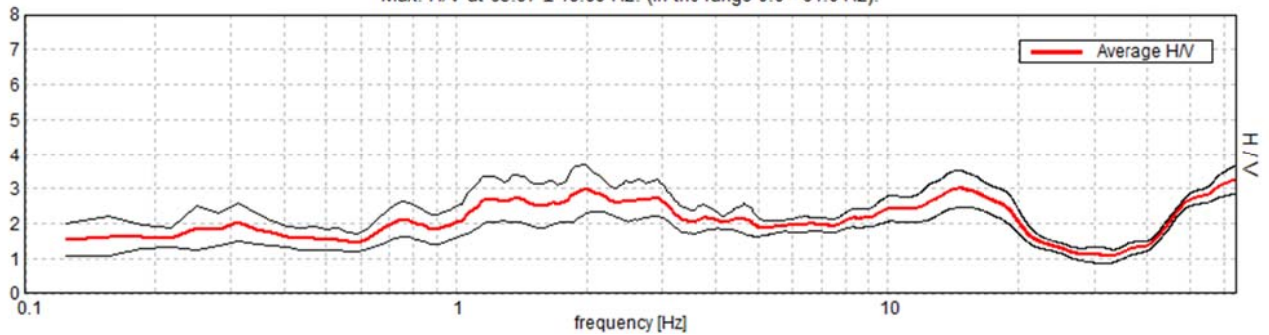
SALTINO, 4A

Instrument: TR-0007-01-05
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 17/06/16 17:59:09 End recording: 17/06/16 18:19:10
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

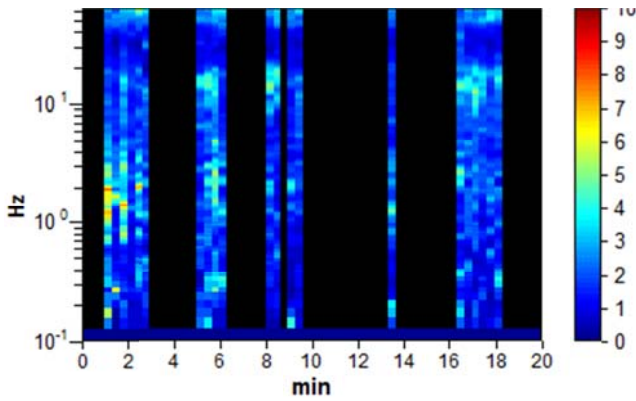
Trace length: 0h20'00". Analyzed 35% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

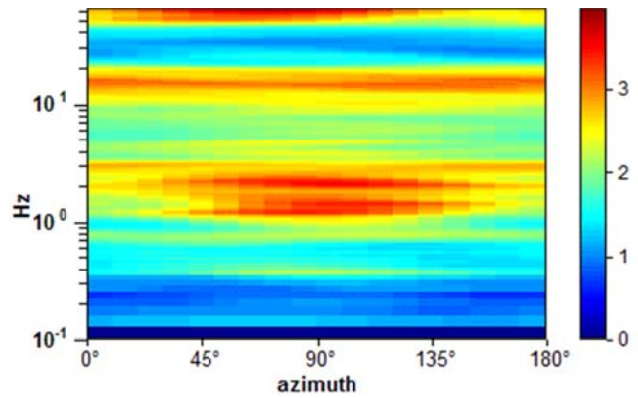
Max. H/V at 63.97 ± 48.89 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



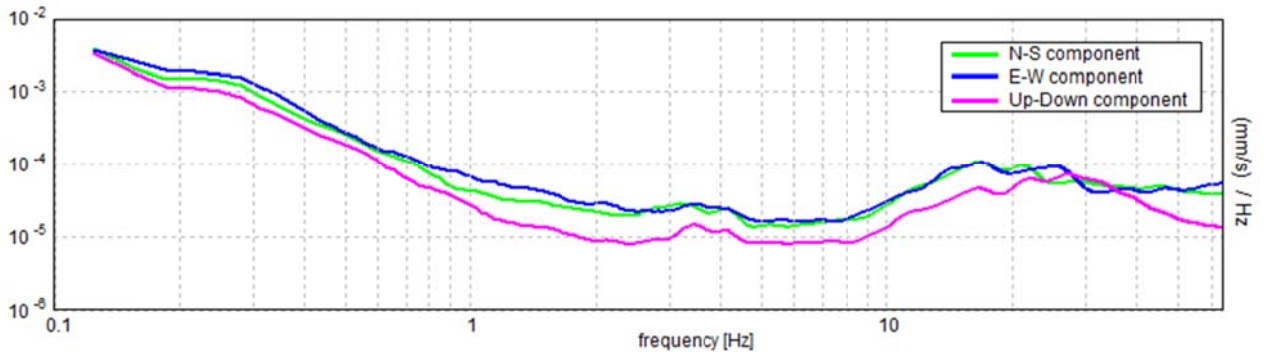
H/V TIME HISTORY



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 63.97 ± 48.89 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	63.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	26866.9 > 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 1026 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	42.281 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.25 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.76427 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	48.8895 < 3.19844		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4002 < 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

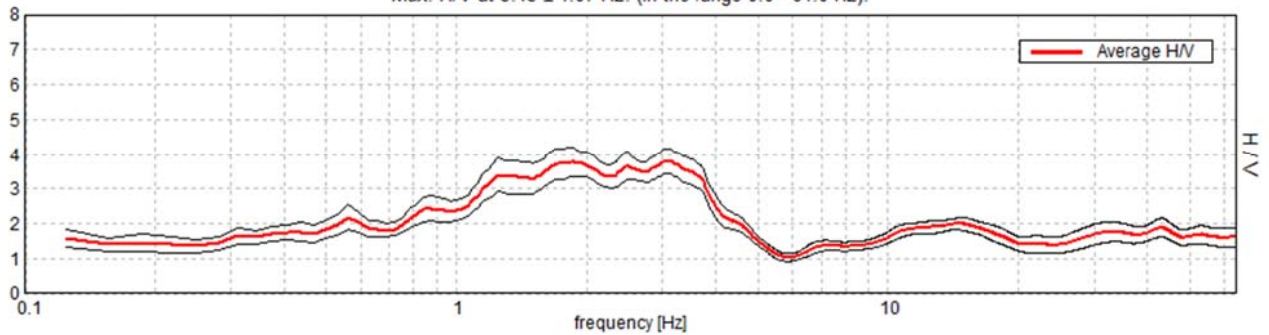
SALTINO, 5A

Instrument: TR-0007-01-05
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 17/06/16 19:08:39 End recording: 17/06/16 19:28:40
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

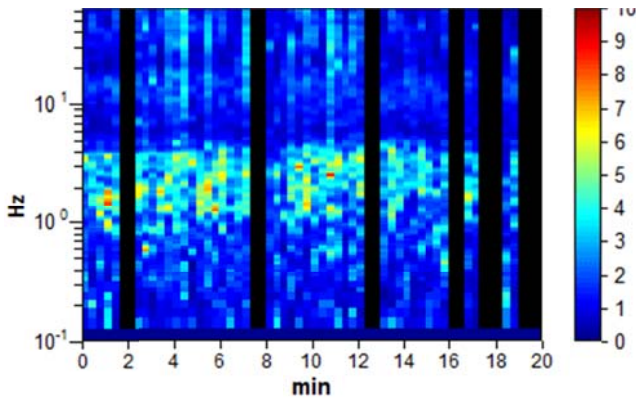
Trace length: 0h20'00". Analyzed 77% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

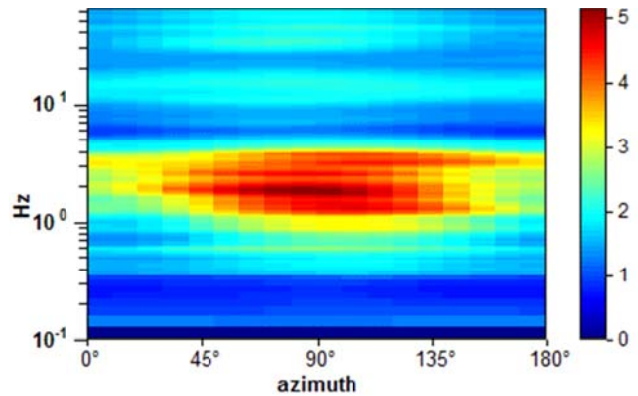
Max. H/V at 3.13 ± 1.07 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



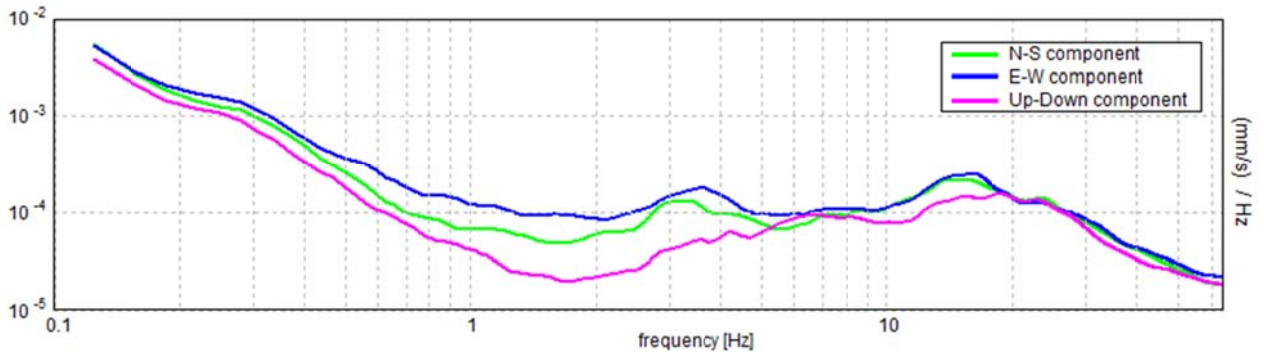
H/V TIME HISTORY



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 3.13 ± 1.07 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	3.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2875.0 > 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 151 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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.78 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.34363 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.07385 < 0.15625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3642 < 1.58$	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

SALTINO, 5V

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 17/06/16 18:54:10 End recording: 17/06/16 19:14:10

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

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

Sampling rate: 200 Hz

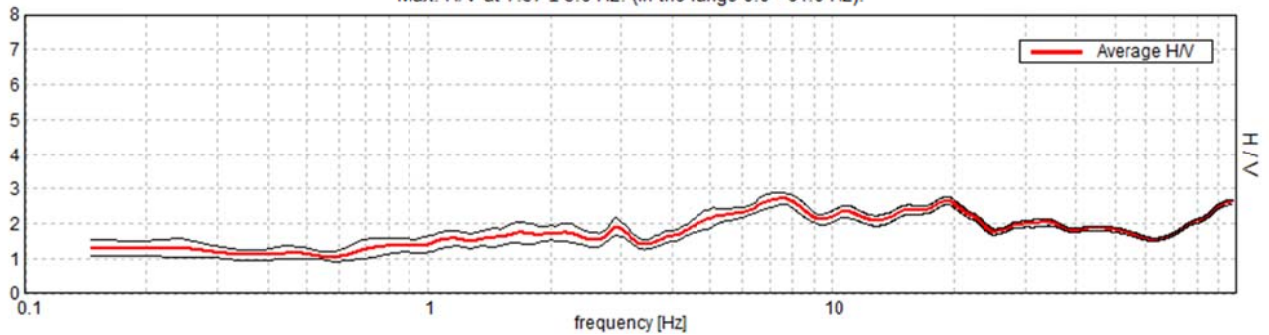
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

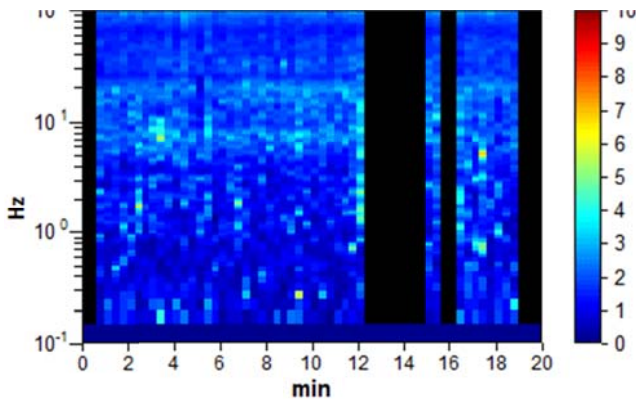
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

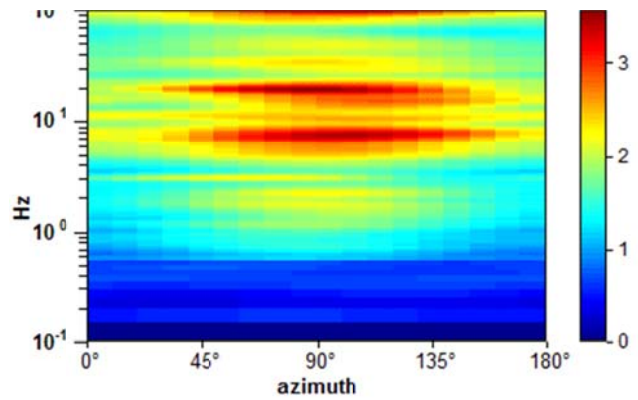
Max. H/V at 7.57 ± 3.6 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



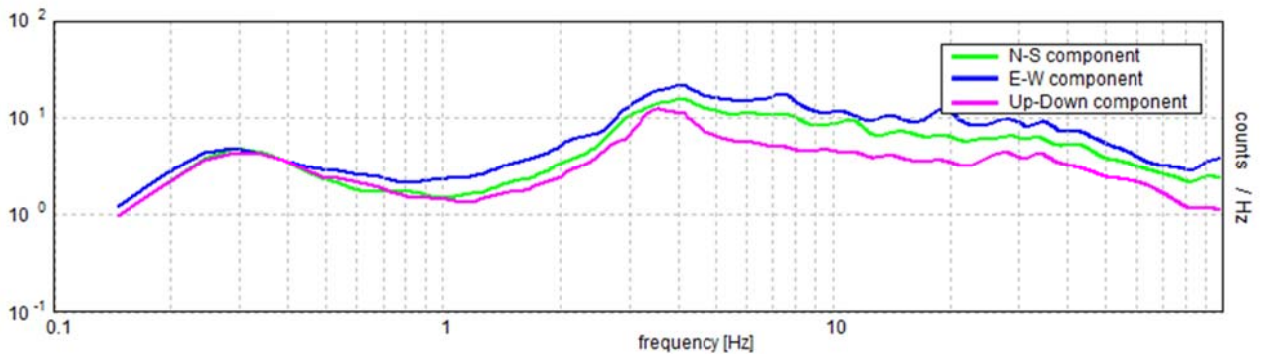
H/V TIME HISTORY



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 7.57 ± 3.6 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.57 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6811.5 > 200$	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 234 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
$A_0 > 2$	$2.72 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.47554 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.59908 < 0.37842$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1628 < 1.58$	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

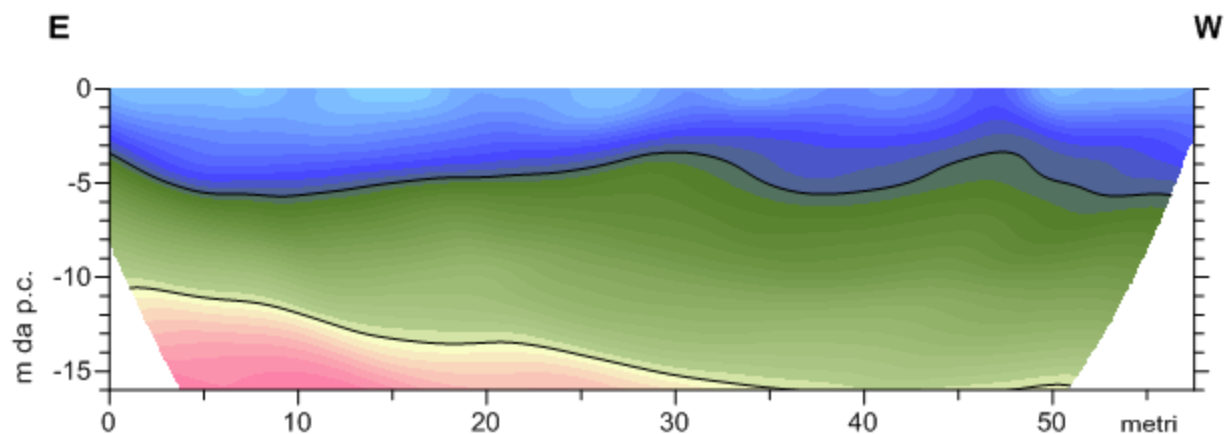
ALLEGATO 4

Tomografie sismiche a rifrazione (nuova esecuzione)

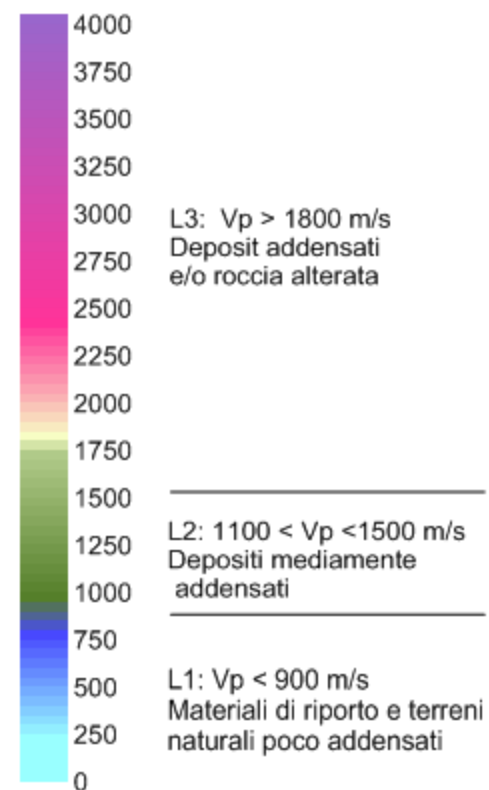
PROVINCIA DI MODENA
COMUNE DI PRIGNANO

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

SEZIONE SAL1VP



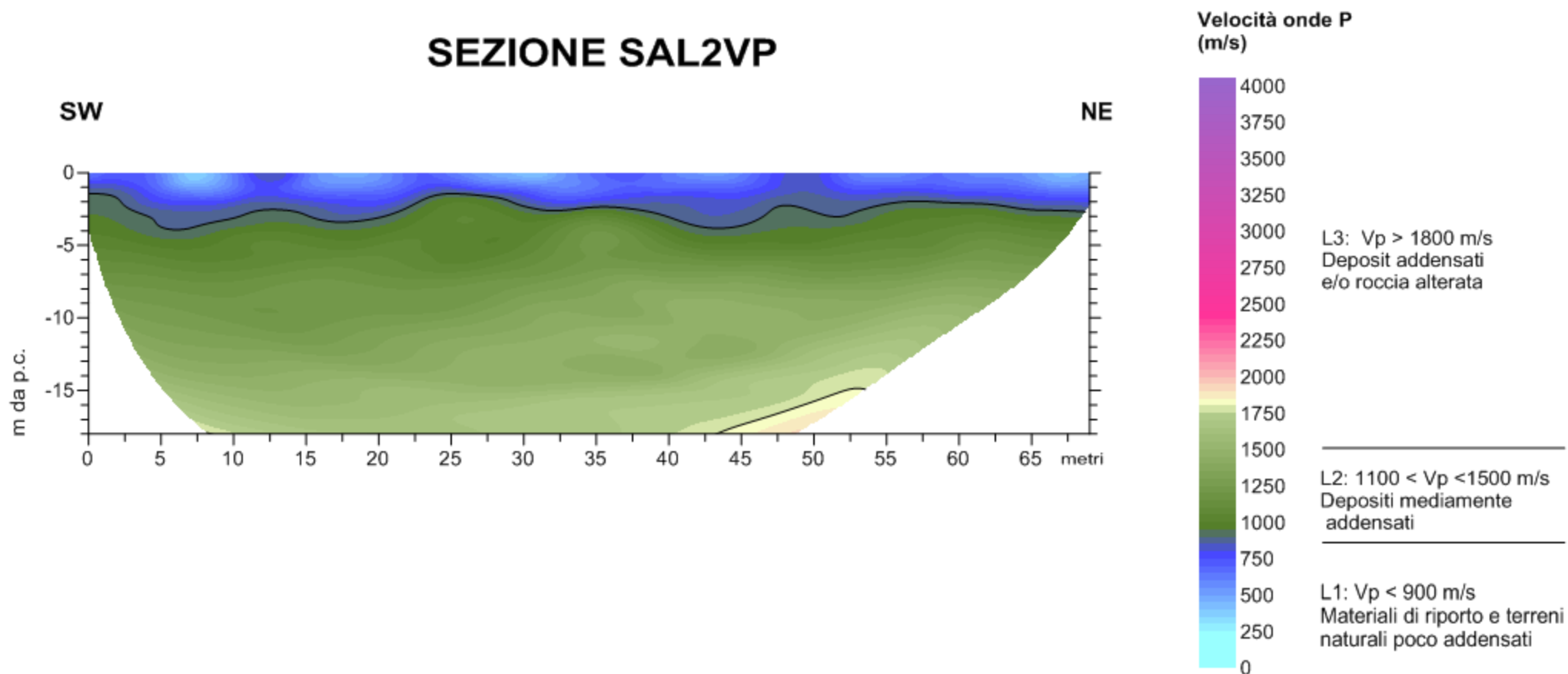
Velocità onde P
(m/s)



PROVINCIA DI MODENA
COMUNE DI PRIGNANO

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

SEZIONE SAL2VP



ALLEGATO 5

**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: vedi "Allegato 5"**

ALLEGATO 6

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 4.9.6 - Slope Stability Analysis Program (1991, 2018)

WWW.SSAP.EU

Build No. 10434

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: 14 aprile 2018

Localita' : Saltino, Prignano sulla Secchia (MO)

Descrizione:

Modello pendio: modello2018.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
597.14	239.87	597.14	234.37	597.14	180.74	716.30	235.62
647.94	239.99	647.94	235.00	622.18	180.74	768.00	234.17
716.30	240.61	716.30	235.62	647.94	180.74	853.65	247.97
833.04	271.09	865.61	264.91	716.30	180.74	1097.28	294.60
865.90	279.88	1185.90	331.66	865.90	220.01	1226.15	319.86
888.43	284.43	1456.37	385.99	1185.90	286.76	1402.38	355.56
939.53	295.26	1515.82	393.51	1515.82	338.63	1495.91	374.51
1024.37	312.88	1618.85	405.42	1650.56	358.81	1577.13	388.85
1088.56	326.22	1650.56	413.69	1826.07	444.13	1618.85	405.42
1131.73	335.33	1817.00	499.01	-	-	1515.82	393.51
1188.73	347.09	1826.07	503.52	-	-	1456.37	385.99
1240.96	355.66	-	-	-	-	1185.90	331.66
1324.69	369.39	-	-	-	-	865.61	264.91
1402.25	382.11	-	-	-	-	716.30	235.62
1441.33	388.51	-	-	-	-	-	-
1501.77	396.73	-	-	-	-	-	-
1542.18	401.55	-	-	-	-	-	-
1585.12	406.51	-	-	-	-	-	-
1620.03	410.72	-	-	-	-	-	-

1650.39	418.64	-	-	-	-	-	-
1777.90	483.96	-	-	-	-	-	-
1826.07	506.83	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----
 X Y (i n m)

597.14	230.88
648.10	230.99
718.57	231.90
835.37	262.40
867.96	271.11
890.29	275.63
941.38	286.45
1026.20	304.07
1090.42	317.42
1133.57	326.52
1190.36	338.24
1242.42	346.78
1326.14	360.51
1403.70	373.22
1442.66	379.61
1502.91	387.80
1543.23	392.61
1586.19	397.58
1622.30	402.01
1654.50	410.63
1782.00	475.95
1826.07	497.83

----- 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 sovrappressione 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 -----

			fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi
D											
0.00	STRATO	1	37.00	0.00	0.00	18.00	19.00	2.651	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO	2	40.00	0.00	0.00	18.00	19.00	3.055	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO	3	49.00	0.00	0.00	19.00	20.00	4.557	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO	4	39.00	0.00	0.00	19.00	20.00	2.916	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: 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)-
 sgci _____ Resistenza Compressione Uniassiale 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 NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DI SATTIVATO (solo per ROCCE)
 Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al. (2002,2006) - non-lineare - Generalizzato secondo Lei et al. (2016)

----- 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): 49.2 (+/-) 50%
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 597.14 1703.18
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 720.03 1801.49
 *** 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 : 0.5000
 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)	1.2615	- Min.	-	X	Y	Lambda=	0.5305
				1637.26	415.22		
				1651.26	413.05		
				1658.06	412.11		
				1662.72	411.62		
				1666.71	411.37		
				1670.50	411.32		
				1674.11	411.41		
				1677.93	411.65		
				1682.00	412.05		
				1686.71	412.65		
				1690.74	413.30		
				1694.51	414.06		
				1698.06	414.95		
				1701.83	416.08		
				1705.38	417.31		
				1709.15	418.79		
				1713.14	420.53		
				1717.75	422.69		
				1721.82	424.73		
				1725.69	426.81		
				1729.38	428.94		
				1733.20	431.30		
				1736.89	433.73		
				1740.74	436.41		
				1744.79	439.38		
				1749.29	442.83		
				1753.27	446.07		
				1757.08	449.39		
				1760.72	452.79		
				1764.53	456.59		
				1768.62	460.99		
				1773.33	466.38		
				1780.16	474.59		
				1793.99	491.60		

Fattore di sicurezza (FS)	1.2622	- N. 2	--	X	Y	Lambda=	0.5245
---------------------------	--------	--------	----	---	---	---------	--------

1622.44	411.35
1635.77	406.56
1641.96	404.50
1646.04	403.38
1649.37	402.72
1652.73	402.38
1655.69	402.29
1658.92	402.43
1662.38	402.79
1666.56	403.43
1670.48	404.04
1674.22	404.62
1677.88	405.19
1681.44	405.76
1685.06	406.35
1688.72	406.94
1692.49	407.56
1696.39	408.21
1699.89	408.90
1703.28	409.70
1706.54	410.59
1710.00	411.68
1713.31	412.86
1716.80	414.25
1720.51	415.86
1724.77	417.83
1728.43	419.68
1731.88	421.60
1735.14	423.61
1738.59	425.94
1741.88	428.35
1745.35	431.10
1749.05	434.22
1753.28	437.98
1756.96	441.46
1760.44	445.03
1763.74	448.68
1767.21	452.82
1770.91	457.63
1775.20	463.57
1781.44	472.68
1794.11	491.66

Fattore di sicurezza (FS)

1.2628 - N. 3 --

X

Y

Lambda= 0.5273

1645.60	417.39
1656.42	415.64

1661.78	414.84
1665.51	414.38
1668.75	414.06
1671.77	413.87
1674.70	413.76
1677.76	413.72
1681.00	413.76
1684.62	413.88
1687.73	414.10
1690.67	414.42
1693.43	414.85
1696.39	415.46
1699.16	416.16
1702.09	417.05
1705.19	418.11
1708.74	419.45
1711.98	420.73
1715.07	422.02
1718.06	423.34
1721.09	424.74
1724.07	426.19
1727.14	427.75
1730.32	429.44
1733.77	431.33
1736.87	433.14
1739.86	435.01
1742.73	436.94
1745.73	439.10
1748.62	441.30
1751.63	443.74
1754.79	446.42
1758.29	449.52
1761.45	452.46
1764.47	455.44
1767.38	458.47
1770.39	461.79
1773.65	465.62
1777.38	470.23
1782.75	477.17
1793.55	491.39

Fattore di sicurezza (FS)

1.2657 - N.4 --

X	Y
1616.44	410.29
1629.92	408.16
1636.51	407.22
1641.05	406.72

Lambda= 0.5207

1644.96	406.42
1648.65	406.31
1652.16	406.32
1655.85	406.47
1659.73	406.74
1664.11	407.17
1668.03	407.64
1671.75	408.20
1675.32	408.84
1679.02	409.62
1682.57	410.48
1686.25	411.48
1690.08	412.63
1694.30	414.00
1698.21	415.34
1701.99	416.71
1705.66	418.11
1709.40	419.61
1713.08	421.16
1716.87	422.83
1720.79	424.64
1725.03	426.67
1728.84	428.62
1732.51	430.64
1736.04	432.74
1739.74	435.09
1743.29	437.51
1747.00	440.20
1750.90	443.17
1755.24	446.63
1759.12	449.89
1762.83	453.20
1766.40	456.58
1770.11	460.30
1774.10	464.60
1778.68	469.80
1785.30	477.65
1798.63	493.80

Fattore di sicurezza (FS)

1.2725 - N.5 --

X

Y

Lambda= 0.5356

1642.88	416.68
1656.43	414.40
1662.92	413.44
1667.32	412.98
1671.04	412.77
1674.64	412.79

1677.99	412.97
1681.59	413.34
1685.44	413.90
1689.98	414.71
1693.89	415.53
1697.54	416.44
1700.99	417.45
1704.61	418.66
1708.05	419.97
1711.67	421.50
1715.51	423.27
1719.88	425.43
1723.75	427.47
1727.43	429.55
1730.94	431.69
1734.58	434.06
1738.10	436.50
1741.75	439.20
1745.58	442.17
1749.81	445.60
1753.65	448.85
1757.34	452.14
1760.89	455.49
1764.56	459.11
1768.54	463.28
1773.08	468.27
1779.62	475.74
1792.70	490.99

Fattore di sicurezza (FS) 1.2815 - N.6 -- X Y Lambda= 0.5016

1607.13	409.16
1618.00	407.01
1623.66	405.89
1627.70	405.08
1631.34	404.36
1634.56	403.72
1637.87	403.07
1641.24	402.40
1644.77	401.70
1648.48	400.96
1651.60	400.48
1654.54	400.20
1657.25	400.12
1660.28	400.24
1663.01	400.52
1665.98	401.04

1669.16	401.78
1672.98	402.83
1676.48	403.83
1679.79	404.82
1682.99	405.82
1686.18	406.87
1689.34	407.94
1692.55	409.08
1695.84	410.30
1699.30	411.61
1702.55	412.91
1705.72	414.24
1708.81	415.61
1711.99	417.09
1715.10	418.62
1718.31	420.26
1721.64	422.03
1725.24	424.02
1728.49	425.92
1731.62	427.88
1734.64	429.90
1737.78	432.14
1740.83	434.44
1744.00	436.97
1747.33	439.76
1751.03	443.00
1754.31	446.04
1757.45	449.15
1760.45	452.34
1763.59	455.90
1766.96	460.03
1770.84	465.09
1776.47	472.77
1787.85	488.69

Fattore di sicurezza (FS)

1.2885 - N.7 --

X Y

Lambda= 0.4852

1597.77	408.04
1612.63	402.26
1619.71	399.67
1624.48	398.15
1628.49	397.10
1632.39	396.35
1636.00	395.87
1639.90	395.57
1644.14	395.44
1649.24	395.48

1653.51	395.66
1657.46	395.99
1661.12	396.49
1665.03	397.22
1668.67	398.08
1672.52	399.18
1676.58	400.52
1681.24	402.23
1685.56	403.87
1689.70	405.50
1693.73	407.14
1697.76	408.85
1701.76	410.60
1705.83	412.45
1710.01	414.41
1714.44	416.55
1718.54	418.62
1722.52	420.76
1726.40	422.95
1730.40	425.34
1734.32	427.80
1738.40	430.48
1742.70	433.44
1747.48	436.83
1751.55	440.00
1755.42	443.32
1759.06	446.79
1762.99	450.89
1767.11	455.68
1771.95	461.77
1779.07	471.30
1793.72	491.47

Fattore di sicurezza (FS)

1.2889 - N. 8 --

X

Y

Lambda= 0.5322

1615.48	410.17
1629.33	406.02
1635.80	404.24
1640.10	403.29
1643.64	402.75
1647.17	402.52
1650.33	402.52
1653.76	402.75
1657.42	403.21
1661.80	403.94
1665.86	404.65
1669.72	405.36

1673.47	406.08
1677.18	406.82
1680.92	407.60
1684.74	408.43
1688.73	409.33
1692.99	410.32
1696.66	411.32
1700.15	412.47
1703.44	413.74
1707.02	415.33
1710.35	417.01
1713.89	419.00
1717.63	421.30
1721.94	424.13
1725.89	426.81
1729.67	429.45
1733.33	432.10
1737.02	434.87
1740.65	437.68
1744.36	440.65
1748.17	443.79
1752.23	447.21
1756.00	450.51
1759.67	453.87
1763.25	457.27
1766.93	460.92
1770.95	465.09
1775.51	470.02
1782.04	477.32
1795.02	492.09

Fattore di sicurezza (FS)

1.3095 - N.9 --

X

Y

Lambda= 0.5368

1630.17	413.36
1641.57	412.71
1647.51	412.36
1651.74	412.12
1655.56	411.90
1658.94	411.70
1662.41	411.50
1665.94	411.30
1669.63	411.08
1673.52	410.86
1676.79	410.82
1679.87	410.95
1682.73	411.27
1685.92	411.84

1688.83	412.55
1691.98	413.53
1695.40	414.79
1699.51	416.48
1703.13	418.07
1706.53	419.66
1709.76	421.28
1713.07	423.06
1716.27	424.88
1719.57	426.86
1722.99	429.03
1726.71	431.49
1730.19	433.85
1733.55	436.23
1736.84	438.63
1740.18	441.15
1743.45	443.71
1746.80	446.40
1750.22	449.24
1753.85	452.33
1757.28	455.33
1760.63	458.35
1763.92	461.40
1767.27	464.59
1770.95	468.24
1775.11	472.47
1781.02	478.64
1792.68	490.98

Fattore di sicurezza (FS) 1.3121 - N. 10 -- X Y Lambda= 0.4884

1585.87	406.60
1598.70	404.41
1605.39	403.26
1610.15	402.45
1614.46	401.71
1618.26	401.06
1622.16	400.40
1626.11	399.72
1630.21	399.02
1634.48	398.29
1638.19	397.80
1641.72	397.50
1645.04	397.39
1648.67	397.47
1652.02	397.72
1655.61	398.19

1659.43	398.87
1663.93	399.83
1667.98	400.77
1671.80	401.75
1675.48	402.78
1679.22	403.91
1682.86	405.11
1686.62	406.42
1690.50	407.88
1694.72	409.54
1698.60	411.15
1702.34	412.81
1705.97	414.52
1709.71	416.38
1713.33	418.29
1717.04	420.34
1720.86	422.56
1724.94	425.02
1728.85	427.43
1732.68	429.82
1736.45	432.23
1740.23	434.69
1744.03	437.20
1747.90	439.82
1751.94	442.58
1756.24	445.58
1759.97	448.41
1763.56	451.40
1766.97	454.53
1770.64	458.21
1774.51	462.50
1779.05	467.91
1785.69	476.34
1799.33	494.14

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

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR F_s *

Analisi Deficit in riferimento a $F_s(\text{progetto}) = 1.100$

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilanci o(kN/m)	ESI TO
1	1.261	29356.1	23271.4	3757.6	Surpl us
2	1.262	38367.4	30396.4	4931.3	Surpl us
3	1.263	28279.5	22395.0	3644.9	Surpl us
4	1.266	33387.7	26379.2	4370.5	Surpl us
5	1.273	27155.7	21340.3	3681.4	Surpl us
6	1.281	35777.6	27919.4	5066.3	Surpl us

7	1.288	41847.0	32478.6	6120.6	Surplus
8	1.289	34280.2	26597.2	5023.3	Surplus
9	1.309	27637.6	21105.9	4421.1	Surplus
10	1.312	41567.3	31678.9	6720.5	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 3644.9

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)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi ' (°)	(c', Cu) (kPa)
1637.265	1.143	-8.82	4.89	0.00	0.00	37.00	0.00
1638.407	1.143	-8.82	14.66	0.00	0.00	37.00	0.00
1639.550	1.143	-8.82	24.43	0.00	0.00	37.00	0.00
1640.692	1.143	-8.82	34.21	0.00	0.00	37.00	0.00
1641.835	1.143	-8.82	43.98	0.00	0.00	37.00	0.00
1642.977	1.143	-8.82	53.76	0.00	0.00	37.00	0.00
1644.120	1.143	-8.82	63.53	0.00	0.00	37.00	0.00
1645.262	1.143	-8.82	73.30	0.00	0.00	37.00	0.00
1646.405	1.143	-8.82	83.08	0.00	0.00	37.00	0.00
1647.548	1.143	-8.82	92.85	0.00	0.00	37.00	0.00
1648.690	0.581	-8.82	50.99	0.00	0.00	37.00	0.00
1649.271	1.119	-8.82	105.25	0.00	0.00	40.00	0.00
1650.390	0.170	-8.82	16.88	0.00	0.00	40.00	0.00
1650.560	0.702	-8.82	73.41	0.00	0.00	40.00	0.00
1651.262	1.143	-7.86	131.89	0.00	0.00	40.00	0.00
1652.405	1.143	-7.86	147.18	0.00	0.05	40.00	0.00
1653.547	0.953	-7.86	134.40	0.00	0.22	40.00	0.00
1654.500	1.143	-7.86	175.20	0.00	0.82	40.00	0.00
1655.643	1.143	-7.86	190.48	0.00	2.01	40.00	0.00
1656.785	0.741	-7.86	131.62	0.01	3.95	40.00	0.00
1657.526	0.534	-7.86	98.83	0.02	5.64	40.00	0.00
1658.059	1.143	-5.91	223.20	0.03	7.42	40.00	0.00
1659.202	1.143	-5.91	238.48	0.06	12.75	40.00	0.00
1660.344	1.143	-5.91	253.75	0.09	19.98	40.00	0.00

1661.487	1.143	-5.91	269.02	0.12	27.44	40.00	0.00
1662.629	0.091	-5.91	22.00	0.13	33.00	40.00	0.00
1662.720	1.143	-3.63	285.01	0.14	33.43	40.00	0.00
1663.863	1.143	-3.63	299.29	0.15	39.43	40.00	0.00
1665.005	1.143	-3.63	313.57	0.17	45.71	40.00	0.00
1666.148	0.560	-3.63	159.04	0.18	52.37	40.00	0.00
1666.708	1.143	-0.81	334.25	0.19	56.03	40.00	0.00
1667.851	1.143	-0.81	347.30	0.21	62.32	40.00	0.00
1668.993	1.143	-0.81	360.36	0.22	68.27	40.00	0.00
1670.136	0.369	-0.81	119.01	0.23	73.89	40.00	0.00
1670.504	1.143	1.44	377.14	0.23	75.93	40.00	0.00
1671.647	1.143	1.44	389.22	0.24	81.45	40.00	0.00
1672.790	1.143	1.44	401.30	0.25	86.71	40.00	0.00
1673.932	0.179	1.44	63.82	0.25	91.73	40.00	0.00
1674.111	1.143	3.66	414.79	0.26	92.63	40.00	0.00
1675.253	1.143	3.66	425.91	0.26	97.50	40.00	0.00
1676.396	1.143	3.66	437.03	0.27	102.42	40.00	0.00
1677.538	0.392	3.66	152.67	0.28	107.38	40.00	0.00
1677.931	1.143	5.64	451.54	0.28	109.29	40.00	0.00
1679.073	1.143	5.64	461.80	0.28	113.92	40.00	0.00
1680.216	1.143	5.64	472.06	0.29	118.61	40.00	0.00
1681.358	0.646	5.64	271.31	0.29	123.38	40.00	0.00
1682.004	1.143	7.23	487.76	0.30	125.93	40.00	0.00
1683.147	1.143	7.23	497.32	0.30	130.42	40.00	0.00
1684.289	1.143	7.23	506.88	0.30	135.22	40.00	0.00
1685.432	1.143	7.23	516.44	0.31	139.60	40.00	0.00
1686.574	0.135	7.23	61.62	0.31	143.01	40.00	0.00
1686.709	1.143	9.12	526.71	0.31	143.41	40.00	0.00
1687.852	1.143	9.12	535.43	0.32	147.11	40.00	0.00
1688.994	1.143	9.12	544.15	0.32	150.96	40.00	0.00
1690.137	0.599	9.12	288.64	0.32	154.98	40.00	0.00
1690.736	1.143	11.46	556.93	0.32	157.24	40.00	0.00
1691.878	1.143	11.46	564.60	0.33	160.92	40.00	0.00
1693.021	1.143	11.46	572.28	0.33	164.33	40.00	0.00
1694.163	0.349	11.46	176.29	0.33	167.49	40.00	0.00
1694.512	1.143	14.06	581.71	0.33	168.58	40.00	0.00
1695.655	1.143	14.06	588.20	0.33	171.58	40.00	0.00
1696.797	1.143	14.06	594.69	0.34	174.36	40.00	0.00
1697.940	0.119	14.06	62.19	0.34	176.92	40.00	0.00
1698.059	1.143	16.61	601.27	0.34	177.27	40.00	0.00
1699.201	1.143	16.61	606.57	0.34	179.64	40.00	0.00
1700.344	1.143	16.61	611.88	0.34	181.94	40.00	0.00
1701.486	0.343	16.61	184.64	0.34	184.19	40.00	0.00
1701.829	1.143	19.09	618.18	0.34	185.05	40.00	0.00
1702.972	1.143	19.09	622.31	0.34	187.01	40.00	0.00
1704.114	1.143	19.09	626.43	0.34	188.77	40.00	0.00
1705.257	0.125	19.09	68.71	0.35	190.34	40.00	0.00

1705.382	1.143	21.48	630.42	0.35	190.56	40.00	0.00
1706.524	1.143	21.48	633.37	0.35	191.92	40.00	0.00
1707.667	1.143	21.48	636.31	0.35	193.19	40.00	0.00
1708.809	0.337	21.48	188.18	0.35	194.37	40.00	0.00
1709.146	1.143	23.54	639.61	0.35	194.75	40.00	0.00
1710.289	1.143	23.54	641.51	0.35	195.69	40.00	0.00
1711.431	1.143	23.54	643.41	0.35	196.54	40.00	0.00
1712.574	0.571	23.54	322.16	0.35	197.32	40.00	0.00
1713.145	1.143	25.17	645.84	0.35	197.67	40.00	0.00
1714.287	1.143	25.17	646.89	0.35	198.25	40.00	0.00
1715.430	1.143	25.17	647.94	0.35	198.78	40.00	0.00
1716.572	1.143	25.17	648.99	0.35	199.21	40.00	0.00
1717.715	0.031	25.17	17.77	0.35	199.46	40.00	0.00
1717.746	1.143	26.59	649.69	0.35	199.47	40.00	0.00
1718.889	1.143	26.59	649.98	0.35	199.64	40.00	0.00
1720.031	1.143	26.59	650.27	0.35	199.74	40.00	0.00
1721.174	0.648	26.59	369.12	0.35	199.75	40.00	0.00
1721.822	1.143	28.24	650.27	0.35	199.71	40.00	0.00
1722.965	1.143	28.24	649.65	0.35	199.50	40.00	0.00
1724.107	1.143	28.24	649.03	0.35	199.19	40.00	0.00
1725.250	0.438	28.24	248.80	0.35	198.77	40.00	0.00
1725.688	1.143	29.99	647.68	0.35	198.54	40.00	0.00
1726.830	1.143	29.99	646.07	0.35	197.88	40.00	0.00
1727.973	1.143	29.99	644.46	0.35	197.13	40.00	0.00
1729.116	0.264	29.99	148.42	0.35	196.28	40.00	0.00
1729.379	1.143	31.70	641.98	0.35	196.05	40.00	0.00
1730.522	1.143	31.70	639.37	0.35	194.98	40.00	0.00
1731.664	1.143	31.70	636.76	0.35	193.78	40.00	0.00
1732.807	0.392	31.70	218.03	0.35	192.45	40.00	0.00
1733.199	1.143	33.33	632.76	0.35	191.85	40.00	0.00
1734.342	1.143	33.33	629.15	0.35	190.29	40.00	0.00
1735.484	1.143	33.33	625.55	0.34	188.65	40.00	0.00
1736.627	0.267	33.33	145.45	0.34	186.93	40.00	0.00
1736.893	1.143	34.89	620.61	0.34	186.48	40.00	0.00
1738.036	1.143	34.89	616.02	0.34	184.55	40.00	0.00
1739.178	1.143	34.89	611.42	0.34	182.47	40.00	0.00
1740.321	0.421	34.89	224.13	0.34	180.25	40.00	0.00
1740.742	1.143	36.28	604.69	0.34	179.32	40.00	0.00
1741.884	1.143	36.28	599.19	0.34	176.96	40.00	0.00
1743.027	1.143	36.28	593.69	0.34	174.45	40.00	0.00
1744.170	0.617	36.28	318.25	0.33	171.78	40.00	0.00
1744.786	1.143	37.42	584.84	0.33	170.35	40.00	0.00
1745.929	1.143	37.42	578.57	0.33	167.71	40.00	0.00
1747.071	1.143	37.42	572.30	0.33	164.79	40.00	0.00
1748.214	1.076	37.42	533.15	0.33	161.55	40.00	0.00
1749.290	1.143	39.14	559.51	0.32	158.65	40.00	0.00
1750.432	1.143	39.14	552.04	0.32	155.15	40.00	0.00

1751.575	1.143	39.14	544.56	0.32	151.75	40.00	0.00
1752.718	0.556	39.14	262.32	0.32	148.45	40.00	0.00
1753.274	1.143	41.07	532.73	0.31	146.60	40.00	0.00
1754.416	1.143	41.07	523.82	0.31	142.62	40.00	0.00
1755.559	1.143	41.07	514.91	0.31	138.55	40.00	0.00
1756.701	0.380	41.07	169.41	0.30	134.40	40.00	0.00
1757.081	1.143	43.06	502.26	0.30	132.75	40.00	0.00
1758.224	1.143	43.06	491.78	0.30	128.13	40.00	0.00
1759.367	1.143	43.06	481.31	0.29	123.44	40.00	0.00
1760.509	0.211	43.06	87.58	0.29	118.69	40.00	0.00
1760.720	1.143	44.93	468.12	0.29	117.66	40.00	0.00
1761.862	1.143	44.93	456.09	0.28	112.53	40.00	0.00
1763.005	1.143	44.93	444.05	0.27	107.08	40.00	0.00
1764.147	0.387	44.93	147.83	0.27	101.29	40.00	0.00
1764.535	1.143	47.16	426.93	0.26	99.03	40.00	0.00
1765.677	1.143	47.16	412.88	0.26	93.00	40.00	0.00
1766.820	1.143	47.16	398.84	0.25	86.54	40.00	0.00
1767.962	0.653	47.16	221.66	0.24	79.62	40.00	0.00
1768.615	1.143	48.83	375.96	0.23	75.72	40.00	0.00
1769.758	1.143	48.83	360.30	0.22	68.59	40.00	0.00
1770.901	1.143	48.83	344.64	0.20	60.65	40.00	0.00
1772.043	1.143	48.83	328.97	0.19	53.19	40.00	0.00
1773.186	0.143	48.83	40.03	0.17	47.05	40.00	0.00
1773.329	1.143	50.22	310.64	0.17	46.26	40.00	0.00
1774.471	1.143	50.22	293.56	0.15	39.04	40.00	0.00
1775.614	1.143	50.22	276.48	0.13	30.65	40.00	0.00
1776.756	1.143	50.22	259.39	0.10	22.52	40.00	0.00
1777.899	0.001	50.22	0.28	0.07	15.91	40.00	0.00
1777.900	1.143	50.22	241.85	0.07	15.90	40.00	0.00
1779.043	1.117	50.22	219.05	0.05	10.44	40.00	0.00
1780.159	0.585	50.89	107.85	0.02	6.22	40.00	0.00
1780.745	1.143	50.89	196.86	0.02	4.38	40.00	0.00
1781.887	0.113	50.89	18.46	0.00	1.74	40.00	0.00
1782.000	1.143	50.89	177.37	0.00	1.64	40.00	0.00
1783.143	1.143	50.89	159.62	0.00	0.71	40.00	0.00
1784.285	1.143	50.89	141.87	0.00	0.20	40.00	0.00
1785.428	1.143	50.89	124.13	0.00	0.04	40.00	0.00
1786.570	1.143	50.89	106.38	0.00	0.00	40.00	0.00
1787.713	0.166	50.89	14.00	0.00	0.00	40.00	0.00
1787.879	1.143	50.89	86.05	0.00	0.00	37.00	0.00
1789.022	1.143	50.89	68.31	0.00	0.00	37.00	0.00
1790.164	1.143	50.89	50.56	0.00	0.00	37.00	0.00
1791.307	1.143	50.89	32.82	0.00	0.00	37.00	0.00
1792.449	1.143	50.89	15.07	0.00	0.00	37.00	0.00
1793.592	0.399	50.89	1.08	0.00	0.00	37.00	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 (m)	FS_FEM (--)	ht FS_p-qFEM (m)	yt (m)	yt' (--)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)
0.042	1637.265	4.715	0.000	415.216	-0.050	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	3.3038303934E-001
0.042	1638.407	4.715	0.119	415.158	-0.050	5.0498218373E-001	1.0236980810E-003	5.5357442457E-001
0.042	1639.550	4.690	0.239	415.101	-0.049	1.2649713734E+000	6.4384307420E-003	8.3311964635E-001
0.042	1640.692	4.608	0.362	415.046	-0.046	2.4087415636E+000	2.3310684601E-002	1.2538302247E+000
0.042	1641.835	4.471	0.489	414.996	-0.042	4.1300953221E+000	6.8737169039E-002	1.8869921496E+000
0.044	1642.977	4.333	0.619	414.949	-0.042	6.7207020606E+000	1.7836585440E-001	2.8398895659E+000
0.065	1644.120	4.219	0.747	414.900	-0.040	1.0619519047E+001	4.1406267447E-001	4.2739832005E+000
0.087	1645.262	4.154	0.882	414.858	-0.028	1.6487169149E+001	8.5344419901E-001	6.4322685703E+000
0.105	1646.405	4.107	1.038	414.837	-0.010	2.5317878014E+001	1.5866926430E+000	9.6804495993E+000
0.122	1647.548	4.054	1.214	414.835	0.007	3.8607937525E+001	2.8190958113E+000	1.4568904177E+001
0.141	1648.690	3.998	1.409	414.853	0.016	5.8609240309E+001	4.9269840321E+000	2.1615782844E+001
0.150	1649.271	3.968	1.509	414.863	0.014	7.2388545885E+001	6.4721804957E+000	2.6641001264E+001
0.166	1650.390	3.883	1.697	414.878	0.014	1.0850714544E+002	1.0863841038E+001	3.9325975095E+001
0.169	1650.560	3.866	1.727	414.881	0.026	1.1537437968E+002	1.1741370800E+001	4.1747810328E+001

1651.262	1.855	414.900	0.035	1.4861566898E+002	1.6187209287E+001	5.4488052832E+001
0.179 3.800	2.204					
1652.405	2.058	414.945	0.044	2.2416891622E+002	2.7025056230E+001	8.3698644151E+001
0.196 3.676	2.234					
1653.547	2.271	415.001	0.053	3.3987520725E+002	4.4760411323E+001	1.0252677572E+002
0.213 3.544	2.250					
1654.500	2.457	415.055	0.065	4.3854376777E+002	6.1718657596E+001	1.0851945441E+002
0.226 3.426	2.261					
1655.643	2.696	415.137	0.076	5.6930888910E+002	8.6624966591E+001	1.2465646689E+002
0.243 3.265	2.259					
1656.785	2.946	415.228	0.083	7.2339591252E+002	1.1831324238E+002	1.3741044391E+002
0.261 3.105	2.247					
1657.526	3.113	415.293	0.090	8.2637509190E+002	1.4130235579E+002	1.4693439101E+002
0.272 3.009	2.234					
1658.059	3.237	415.343	0.104	9.0781589867E+002	1.5993206300E+002	1.5316384406E+002
0.280 2.940	2.221					
1659.202	3.478	415.466	0.115	1.0841733270E+003	2.0377975927E+002	1.5793573768E+002
0.299 2.796	2.183					
1660.344	3.736	415.605	0.126	1.2687144123E+003	2.5349557960E+002	1.5296169181E+002
0.317 2.662	2.140					
1661.487	4.002	415.753	0.134	1.4337056623E+003	3.0333137332E+002	1.4127705530E+002
0.336 2.538	2.092					
1662.629	4.279	415.912	0.140	1.5915462172E+003	3.5564809030E+002	1.4084773177E+002
0.354 2.426	2.041					
1662.720	4.302	415.926	0.151	1.6043333872E+003	3.6004878319E+002	1.4176139223E+002
0.355 2.417	2.037					
1663.863	4.547	416.098	0.155	1.7763752300E+003	4.2000166954E+002	1.5463593208E+002
0.374 2.304	1.983					
1665.005	4.801	416.280	0.164	1.9576915242E+003	4.8631413691E+002	1.6130743524E+002
0.393 2.198	1.929					
1666.148	5.066	416.472	0.174	2.1449784003E+003	5.5766412547E+002	1.6559682194E+002
0.411 2.107	1.876					
1666.708	5.206	416.577	0.190	2.2382527711E+003	5.9400812805E+002	1.6929679442E+002
0.419 2.061	1.850					
1667.851	5.441	416.796	0.196	2.4383847007E+003	6.7311019120E+002	1.7728983097E+002
0.436 1.976	1.800					
1668.993	5.687	417.026	0.201	2.6433772693E+003	7.5736940971E+002	1.8126315596E+002
0.452 1.900	1.753					
1670.136	5.933	417.255	0.204	2.8525886327E+003	8.4661069255E+002	1.8297609178E+002
0.467 1.831	1.709					
1670.504	6.017	417.334	0.216	2.9200013891E+003	8.7587473945E+002	1.8513987856E+002
0.472 1.807	1.695					
1671.647	6.237	417.582	0.222	3.1393500174E+003	9.7370892113E+002	1.9388573600E+002
0.488 1.749	1.654					
1672.790	6.466	417.841	0.230	3.3630491436E+003	1.0774897959E+003	1.9534739974E+002
0.503 1.697	1.615					
1673.932	6.706	418.109	0.236	3.5857378156E+003	1.1835383094E+003	1.9119983688E+002

0. 518	1. 650	1. 580					
1674. 111		6. 745	418. 153	0. 243	3. 6197820209E+003	1. 1999075128E+003	1. 9092311328E+002
0. 520	1. 644	1. 575					
1675. 253		6. 950	418. 430	0. 252	3. 8401318656E+003	1. 3086265613E+003	1. 9393349954E+002
0. 534	1. 602	1. 544					
1676. 396		7. 175	418. 729	0. 265	4. 0629389197E+003	1. 4223891371E+003	1. 9475033543E+002
0. 548	1. 564	1. 514					
1677. 538		7. 409	419. 036	0. 272	4. 2851553138E+003	1. 5394885894E+003	1. 9299669798E+002
0. 563	1. 528	1. 486					
1677. 931		7. 494	419. 146	0. 275	4. 3606893755E+003	1. 5803317236E+003	1. 9336296080E+002
0. 568	1. 515	1. 477					
1679. 073		7. 694	419. 459	0. 283	4. 5845426490E+003	1. 7015446533E+003	1. 9523263702E+002
0. 581	1. 484	1. 452					
1680. 216		7. 915	419. 793	0. 296	4. 8068149297E+003	1. 8255371727E+003	1. 9225201694E+002
0. 594	1. 454	1. 429					
1681. 358		8. 145	420. 135	0. 305	5. 0238571966E+003	1. 9505454015E+003	1. 8533409218E+002
0. 607	1. 425	1. 407					
1682. 004		8. 283	420. 337	0. 310	5. 1418356895E+003	2. 0207985631E+003	1. 8326436389E+002
0. 615	1. 410	1. 395					
1683. 147		8. 490	420. 689	0. 315	5. 3523287138E+003	2. 1475532453E+003	1. 8211805985E+002
0. 627	1. 388	1. 375					
1684. 289		8. 714	421. 058	0. 325	5. 5579931601E+003	2. 2752774447E+003	1. 7772955494E+002
0. 639	1. 366	1. 357					
1685. 432		8. 944	421. 433	0. 325	5. 7584580240E+003	2. 4030349297E+003	1. 7318080695E+002
0. 651	1. 346	1. 339					
1686. 574		9. 168	421. 801	0. 325	5. 9537281389E+003	2. 5302189475E+003	1. 6071824459E+002
0. 662	1. 329	1. 323					
1686. 709		9. 197	421. 848	0. 340	5. 9752510658E+003	2. 5446173659E+003	1. 5945721784E+002
0. 663	1. 327	1. 321					
1687. 852		9. 401	422. 236	0. 342	6. 1568800049E+003	2. 6672119582E+003	1. 5624931557E+002
0. 675	1. 309	1. 306					
1688. 994		9. 611	422. 629	0. 342	6. 3322959409E+003	2. 7885754961E+003	1. 5131087815E+002
0. 686	1. 292	1. 292					
1690. 137		9. 816	423. 018	0. 348	6. 5026400705E+003	2. 9086901400E+003	1. 4208686398E+002
0. 697	1. 275	1. 279					
1690. 736		9. 937	423. 235	0. 358	6. 5855151827E+003	2. 9686116782E+003	1. 3735881692E+002
0. 702	1. 266	1. 272					
1691. 878		10. 112	423. 641	0. 357	6. 7401488216E+003	3. 0816606396E+003	1. 3215742826E+002
0. 712	1. 249	1. 260					
1693. 021		10. 290	424. 051	0. 363	6. 8875077534E+003	3. 1916099521E+003	1. 2523139289E+002
0. 721	1. 233	1. 249					
1694. 163		10. 477	424. 470	0. 367	7. 0263147281E+003	3. 2970412443E+003	1. 1483714393E+002
0. 730	1. 218	1. 239					
1694. 512		10. 536	424. 599	0. 377	7. 0656740706E+003	3. 3275704484E+003	1. 1198182554E+002
0. 733	1. 212	1. 236					
1695. 655		10. 682	425. 032	0. 380	7. 1905358437E+003	3. 4252597420E+003	1. 0578492216E+002
0. 741	1. 199	1. 227					

1696.797	10.832	425.468	0.392	7.3074029012E+003	3.5185714216E+003	9.7857726518E+001
0.748 1.186	1.218					
1697.940	11.005	425.927	0.402	7.4141502616E+003	3.6061346201E+003	8.5115095903E+001
0.755 1.174	1.210					
1698.059	11.024	425.976	0.397	7.4241557361E+003	3.6145245385E+003	8.3950832235E+001
0.756 1.173	1.209					
1699.201	11.135	426.427	0.394	7.5167749991E+003	3.6934253189E+003	7.7567147917E+001
0.763 1.161	1.202					
1700.344	11.243	426.877	0.397	7.6014042094E+003	3.7674852301E+003	7.0454707274E+001
0.770 1.151	1.195					
1701.486	11.360	427.335	0.409	7.6777708541E+003	3.8364050908E+003	5.9080803748E+001
0.776 1.140	1.188					
1701.829	11.407	427.484	0.417	7.6972286530E+003	3.8550419268E+003	5.5928902735E+001
0.778 1.137	1.186					
1702.972	11.481	427.954	0.414	7.7579931516E+003	3.9140389411E+003	4.9711876350E+001
0.784 1.128	1.180					
1704.114	11.562	428.429	0.420	7.8108251230E+003	3.9669090462E+003	4.2796025389E+001
0.789 1.119	1.175					
1705.257	11.650	428.913	0.424	7.8557862299E+003	4.0142827731E+003	3.5243671574E+001
0.793 1.111	1.169					
1705.382	11.660	428.966	0.445	7.8601309730E+003	4.0190494410E+003	3.4130916812E+001
0.794 1.110	1.169					
1706.524	11.721	429.477	0.453	7.8921875330E+003	4.0580006787E+003	2.4615212779E+001
0.798 1.103	1.164					
1707.667	11.797	430.002	0.463	7.9163791270E+003	4.0907939083E+003	1.7901308371E+001
0.802 1.096	1.159					
1708.809	11.881	430.536	0.466	7.9330937628E+003	4.1182710639E+003	1.1274885915E+001
0.806 1.090	1.154					
1709.146	11.904	430.692	0.472	7.9365589117E+003	4.1251801237E+003	8.9208421097E+000
0.807 1.088	1.153					
1710.289	11.950	431.235	0.476	7.9414621167E+003	4.1444699374E+003	-1.9902929118E-001
0.811 1.083	1.149					
1711.431	11.996	431.779	0.480	7.9361041105E+003	4.1561236543E+003	-7.7325047893E+000
0.814 1.078	1.145					
1712.574	12.051	432.331	0.488	7.9237925916E+003	4.1626663318E+003	-1.3751619129E+001
0.817 1.074	1.140					
1713.145	12.085	432.614	0.491	7.9150942446E+003	4.1639166164E+003	-1.7591138083E+001
0.818 1.071	1.138					
1714.287	12.106	433.171	0.495	7.8896151451E+003	4.1606882359E+003	-2.5539141906E+001
0.821 1.068	1.135					
1715.430	12.142	433.745	0.494	7.8567348227E+003	4.1515683026E+003	-3.1508374938E+001
0.822 1.064	1.131					
1716.572	12.162	434.301	0.487	7.8176154454E+003	4.1376778166E+003	-3.7624895419E+001
0.823 1.061	1.127					
1717.715	12.181	434.857	0.487	7.7707582792E+003	4.1180291444E+003	-4.5073679527E+001
0.823 1.058	1.123					
1717.746	12.181	434.873	0.505	7.7693456025E+003	4.1173732847E+003	-4.5265261724E+001

0. 823	1. 058	1. 123					
1718. 889		12. 187	435. 450	0. 505	7. 7142701968E+003	4. 0911055072E+003	-5. 0744429341E+001
0. 824	1. 054	1. 120					
1720. 031		12. 192	436. 027	0. 505	7. 6533896485E+003	4. 0603756738E+003	-5. 5755583975E+001
0. 825	1. 051	1. 116					
1721. 174		12. 197	436. 604	0. 505	7. 5868632674E+003	4. 0252335803E+003	-6. 2191367590E+001
0. 826	1. 047	1. 113					
1721. 822		12. 200	436. 932	0. 519	7. 5450841803E+003	4. 0019252466E+003	-6. 5521965463E+001
0. 826	1. 045	1. 111					
1722. 965		12. 189	437. 534	0. 527	7. 4680462224E+003	3. 9581371970E+003	-6. 9656935691E+001
0. 825	1. 041	1. 108					
1724. 107		12. 178	438. 137	0. 527	7. 3859113109E+003	3. 9103596442E+003	-7. 4040371647E+001
0. 824	1. 036	1. 104					
1725. 250		12. 166	438. 739	0. 527	7. 2988567757E+003	3. 8585232435E+003	-7. 6949155691E+001
0. 823	1. 032	1. 101					
1725. 688		12. 162	438. 970	0. 545	7. 2650050454E+003	3. 8378069755E+003	-7. 8480064585E+001
0. 822	1. 030	1. 100					
1726. 830		12. 132	439. 600	0. 551	7. 1716414752E+003	3. 7803647819E+003	-8. 3773409354E+001
0. 820	1. 026	1. 097					
1727. 973		12. 103	440. 230	0. 551	7. 0735746613E+003	3. 7193255126E+003	-8. 7606519086E+001
0. 818	1. 023	1. 094					
1729. 116		12. 073	440. 860	0. 551	6. 9714520628E+003	3. 6551437632E+003	-9. 0361807570E+001
0. 816	1. 019	1. 091					
1729. 379		12. 066	441. 005	0. 571	6. 9475786245E+003	3. 6397759023E+003	-9. 1549248246E+001
0. 815	1. 018	1. 091					
1730. 522		12. 018	441. 662	0. 571	6. 8382174295E+003	3. 5698673596E+003	-9. 7589929273E+001
0. 813	1. 014	1. 088					
1731. 664		11. 960	442. 310	0. 556	6. 7245761494E+003	3. 4967825251E+003	-1. 0108171560E+002
0. 810	1. 010	1. 085					
1732. 807		11. 878	442. 933	0. 550	6. 6072358832E+003	3. 4209127833E+003	-1. 0154372268E+002
0. 807	1. 007	1. 083					
1733. 199		11. 856	443. 154	0. 557	6. 5675571667E+003	3. 3948887064E+003	-1. 0334258003E+002
0. 806	1. 006	1. 082					
1734. 342		11. 739	443. 788	0. 559	6. 4421755787E+003	3. 3139143541E+003	-1. 1139701961E+002
0. 802	1. 002	1. 079					
1735. 484		11. 630	444. 430	0. 565	6. 3130041480E+003	3. 2303828953E+003	-1. 1465174094E+002
0. 798	0. 999	1. 077					
1736. 627		11. 527	445. 079	0. 573	6. 1801852053E+003	3. 1443956494E+003	-1. 1415537515E+002
0. 793	0. 996	1. 075					
1736. 893		11. 511	445. 238	0. 568	6. 1498808075E+003	3. 1246465602E+003	-1. 1541117904E+002
0. 792	0. 995	1. 074					
1738. 036		11. 356	445. 880	0. 567	6. 0094781080E+003	3. 0336179752E+003	-1. 2467557690E+002
0. 788	0. 992	1. 072					
1739. 178		11. 212	446. 533	0. 578	5. 8649849946E+003	2. 9398703262E+003	-1. 2791585366E+002
0. 783	0. 989	1. 070					
1740. 321		11. 084	447. 202	0. 589	5. 7171779476E+003	2. 8441577302E+003	-1. 2977833593E+002
0. 777	0. 986	1. 067					

1740.742	11.042	447.453	0.596	5.6624786377E+003	2.8086864074E+003	-1.3134316978E+002
0.775	0.985	1.067				
1741.884	10.885	448.134	0.606	5.5080314107E+003	2.7088594128E+003	-1.3548701164E+002
0.769	0.983	1.064				
1743.027	10.750	448.838	0.624	5.3528776454E+003	2.6083249866E+003	-1.3690867885E+002
0.763	0.980	1.062				
1744.170	10.632	449.559	0.635	5.1951817706E+003	2.5066506294E+003	-1.3965872104E+002
0.756	0.978	1.060				
1744.786	10.575	449.954	0.650	5.1084874838E+003	2.4511265983E+003	-1.4105956286E+002
0.752	0.976	1.059				
1745.929	10.448	450.702	0.665	4.9462265434E+003	2.3468178007E+003	-1.4294890640E+002
0.745	0.974	1.058				
1747.071	10.345	451.473	0.681	4.7818353366E+003	2.2419831736E+003	-1.4473720337E+002
0.737	0.971	1.056				
1748.214	10.256	452.258	0.685	4.6154879637E+003	2.1369181273E+003	-1.4617269394E+002
0.729	0.968	1.055				
1749.290	10.168	452.993	0.694	4.4576425784E+003	2.0378274519E+003	-1.4740096400E+002
0.720	0.966	1.055				
1750.432	10.042	453.797	0.703	4.2884014721E+003	1.9328007308E+003	-1.4934900643E+002
0.709	0.963	1.054				
1751.575	9.914	454.599	0.695	4.1163655805E+003	1.8278391271E+003	-1.5064191466E+002
0.699	0.961	1.054				
1752.718	9.770	455.385	0.693	3.9441700531E+003	1.7244190005E+003	-1.4642851712E+002
0.688	0.959	1.055				
1753.274	9.709	455.777	0.698	3.8639075584E+003	1.6761481994E+003	-1.4501770018E+002
0.683	0.958	1.056				
1754.416	9.507	456.570	0.693	3.6966360775E+003	1.5769717393E+003	-1.4885921753E+002
0.672	0.958	1.058				
1755.559	9.301	457.359	0.685	3.5237497757E+003	1.4770324694E+003	-1.5080670425E+002
0.660	0.958	1.061				
1756.701	9.082	458.136	0.679	3.3520280983E+003	1.3796814636E+003	-1.4631799608E+002
0.649	0.959	1.065				
1757.081	9.008	458.393	0.684	3.2968886142E+003	1.3486629752E+003	-1.4551333523E+002
0.645	0.960	1.067				
1758.224	8.725	459.178	0.689	3.1288484580E+003	1.2545158239E+003	-1.4805338261E+002
0.632	0.963	1.072				
1759.367	8.446	459.967	0.692	2.9585722426E+003	1.1607838482E+003	-1.4785198938E+002
0.619	0.968	1.080				
1760.509	8.171	460.759	0.697	2.7909922895E+003	1.0704200274E+003	-1.3883113014E+002
0.606	0.974	1.089				
1760.720	8.124	460.910	0.721	2.7620563512E+003	1.0549575742E+003	-1.3773084337E+002
0.603	0.976	1.090				
1761.862	7.810	461.736	0.751	2.6025531356E+003	9.7057777538E+002	-1.3835080101E+002
0.590	0.986	1.101				
1763.005	7.560	462.625	0.785	2.4459113217E+003	8.8812750274E+002	-1.3571226886E+002
0.575	0.999	1.115				
1764.147	7.323	463.528	0.797	2.2924374086E+003	8.0877788557E+002	-1.3104910022E+002

0. 559	1. 015	1. 131					
1764. 535		7. 254	463. 845	0. 794	2. 2421005325E+003	7. 8321311161E+002	-1. 2979591455E+002
0. 554	1. 022	1. 136					
1765. 677		6. 919	464. 743	0. 818	2. 0942813849E+003	7. 0835965301E+002	-1. 2765612664E+002
0. 537	1. 044	1. 156					
1766. 820		6. 657	465. 713	0. 869	1. 9503938736E+003	6. 3683801749E+002	-1. 2409335563E+002
0. 519	1. 073	1. 179					
1767. 962		6. 441	466. 730	0. 894	1. 8107160041E+003	5. 6897601266E+002	-1. 1865300303E+002
0. 501	1. 108	1. 205					
1768. 615		6. 326	467. 318	0. 901	1. 7345717308E+003	5. 3283383042E+002	-1. 1536112732E+002
0. 490	1. 130	1. 221					
1769. 758		6. 049	468. 348	0. 923	1. 6052352123E+003	4. 7332497005E+002	-1. 1401835943E+002
0. 471	1. 171	1. 251					
1770. 901		5. 822	469. 428	0. 953	1. 4740286958E+003	4. 1620146822E+002	-1. 1886253919E+002
0. 450	1. 222	1. 284					
1772. 043		5. 613	470. 525	0. 932	1. 3336227556E+003	3. 5965628008E+002	-1. 2257665722E+002
0. 430	1. 281	1. 320					
1773. 186		5. 339	471. 558	0. 902	1. 1939291183E+003	3. 0600525257E+002	-1. 2557629237E+002
0. 408	1. 341	1. 359					
1773. 329		5. 302	471. 684	0. 886	1. 1759331941E+003	2. 9950545754E+002	-1. 2482162903E+002
0. 406	1. 349	1. 364					
1774. 471		4. 942	472. 697	0. 887	1. 0439988792E+003	2. 5187559209E+002	-1. 1486060732E+002
0. 385	1. 418	1. 406					
1775. 614		4. 585	473. 712	0. 894	9. 1346554075E+002	2. 0789073499E+002	-1. 0975531174E+002
0. 363	1. 498	1. 452					
1776. 756		4. 241	474. 740	0. 893	7. 9319732255E+002	1. 6971192017E+002	-1. 0158755133E+002
0. 341	1. 579	1. 500					
1777. 899		3. 881	475. 753	0. 886	6. 8132811058E+002	1. 3670342794E+002	-9. 6200796515E+001
0. 319	1. 661	1. 550					
1777. 900		3. 881	475. 754	0. 883	6. 8120537837E+002	1. 3666905840E+002	-9. 6189780570E+001
0. 319	1. 661	1. 550					
1779. 043		3. 517	476. 763	0. 886	5. 8062027657E+002	1. 0856603273E+002	-8. 1788213051E+001
0. 297	1. 747	1. 617					
1780. 159		3. 169	477. 756	0. 874	4. 9609598429E+002	8. 6415254991E+001	-7. 2909518476E+001
0. 277	1. 840	1. 687					
1780. 745		2. 943	478. 250	0. 863	4. 5426877681E+002	7. 5975983759E+001	-6. 9370727338E+001
0. 266	1. 895	1. 727					
1781. 887		2. 536	479. 248	0. 876	3. 7966168382E+002	5. 8270677407E+001	-5. 5763477227E+001
0. 245	1. 999	1. 812					
1782. 000		2. 499	479. 350	0. 928	3. 7348274001E+002	5. 6841371744E+001	-5. 5122571258E+001
0. 243	2. 009	1. 820					
1783. 143		2. 156	480. 413	0. 944	3. 0703111207E+002	4. 2224568720E+001	-5. 5036859527E+001
0. 220	2. 120	1. 924					
1784. 285		1. 845	481. 507	0. 983	2. 4771816583E+002	3. 0235208127E+001	-4. 8967626064E+001
0. 197	2. 253	2. 044					
1785. 428		1. 591	482. 658	1. 042	1. 9513532635E+002	2. 0560709217E+001	-4. 4336915025E+001
0. 171	2. 422	2. 202					

1786.570	1.416	483.888	1.077	1.4640400499E+002	1.2723438056E+001	-3.9558692151E+001
0.143	2.660	2.424				
1787.713	1.241	485.119	1.090	1.0473986927E+002	7.0470327004E+000	-3.7148294021E+001
0.112	3.051	2.785				
1787.879	1.233	485.315	0.931	9.8546189518E+001	6.3189990371E+000	-3.5614691409E+001
0.107	3.108	2.659				
1789.022	0.849	486.337	0.943	7.0673860622E+001	3.3520373074E+000	-2.3121298704E+001
0.079	3.561	3.084				
1790.164	0.578	487.471	1.086	4.5711774349E+001	1.4065996363E+000	-2.1870228709E+001
0.052	4.449	3.896				
1791.307	0.520	488.819	1.106	2.0698262007E+001	3.4304400113E-001	-1.6960384133E+001
0.042	9.305	7.466				
1792.449	0.295	489.998	1.035	6.9556478789E+000	6.9757516802E-002	-8.8856517142E+000
0.042	46.250	25.677				
1793.592	0.076	491.185	1.035	3.9368406168E-001	2.4528193487E-003	-2.2178201289E+000
0.042	1.985	2.036				

 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 interconci
 T(x) (kN/m) : Forza Tangenziale interconci
 E' (kN) : derivata Forza normale interconci
 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 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)
1637.265	1.143	1.156	-8.816	-0.648	-0.749	3.148	3.640
1638.407	1.143	1.156	-8.816	-1.943	-2.247	9.447	10.922
1639.550	1.143	1.156	-8.816	-3.239	-3.745	15.751	18.211
1640.692	1.143	1.156	-8.816	-4.534	-5.243	22.069	25.516
1641.835	1.143	1.156	-8.816	-5.830	-6.740	28.416	32.855
1642.977	1.143	1.156	-8.816	-7.125	-8.238	34.813	40.251
1644.120	1.143	1.156	-8.816	-8.421	-9.736	41.273	47.720
1645.262	1.143	1.156	-8.816	-9.716	-11.234	47.806	55.274
1646.405	1.143	1.156	-8.816	-11.012	-12.732	54.506	63.020
1647.548	1.143	1.156	-8.816	-12.307	-14.230	61.511	71.120

1648.690	0.581	0.588	-8.816	-13.285	-7.814	67.014	39.417
1649.271	1.119	1.132	-8.816	-14.248	-16.129	81.059	91.758
1650.390	0.170	0.172	-8.816	-15.037	-2.587	86.576	14.894
1650.560	0.702	0.711	-8.816	-15.831	-11.250	92.050	65.416
1651.262	1.143	1.153	-7.864	-15.646	-18.046	104.479	120.506
1652.405	1.143	1.153	-7.864	-17.459	-20.137	121.462	140.093
1653.547	0.953	0.962	-7.864	-19.121	-18.388	133.678	128.555
1654.500	1.143	1.153	-7.864	-20.783	-23.971	147.246	169.833
1655.643	1.143	1.153	-7.864	-22.596	-26.062	163.167	188.196
1656.785	0.741	0.748	-7.864	-24.090	-18.009	173.905	130.004
1657.526	0.534	0.539	-7.864	-25.101	-13.523	182.470	98.302
1658.059	1.143	1.149	-5.910	-20.009	-22.984	192.773	221.430
1659.202	1.143	1.149	-5.910	-21.378	-24.556	204.329	234.704
1660.344	1.143	1.149	-5.910	-22.748	-26.129	209.467	240.605
1661.487	1.143	1.149	-5.910	-24.117	-27.702	216.385	248.552
1662.629	0.091	0.091	-5.910	-24.856	-2.265	220.353	20.082
1662.720	1.143	1.145	-3.633	-15.776	-18.062	228.465	261.558
1663.863	1.143	1.145	-3.633	-16.567	-18.966	238.973	273.588
1665.005	1.143	1.145	-3.633	-17.357	-19.871	248.180	284.129
1666.148	0.560	0.562	-3.633	-17.946	-10.079	252.573	141.847
1666.708	1.143	1.143	-0.808	-4.126	-4.715	257.728	294.496
1667.851	1.143	1.143	-0.808	-4.287	-4.899	265.905	303.839
1668.993	1.143	1.143	-0.808	-4.449	-5.083	274.231	313.354
1670.136	0.369	0.369	-0.808	-4.555	-1.679	276.971	102.077
1670.504	1.143	1.143	1.441	8.296	9.482	282.179	322.505
1671.647	1.143	1.143	1.441	8.562	9.786	290.615	332.147
1672.790	1.143	1.143	1.441	8.828	10.089	296.666	339.063
1673.932	0.179	0.179	1.441	8.981	1.605	296.648	52.997
1674.111	1.143	1.145	3.660	23.128	26.479	297.532	340.640
1675.253	1.143	1.145	3.660	23.748	27.189	304.913	349.090
1676.396	1.143	1.145	3.660	24.368	27.898	311.127	356.204
1677.538	0.392	0.393	3.660	24.784	9.746	313.623	123.323
1677.931	1.143	1.148	5.637	38.629	44.350	311.791	357.967
1679.073	1.143	1.148	5.637	39.506	45.357	317.093	364.054
1680.216	1.143	1.148	5.637	40.384	46.365	321.247	368.823
1681.358	0.646	0.649	5.637	41.070	26.647	322.650	209.343
1682.004	1.143	1.152	7.231	53.304	61.390	321.020	369.721
1683.147	1.143	1.152	7.231	54.348	62.594	324.727	373.991
1684.289	1.143	1.152	7.231	55.393	63.797	327.624	377.327
1685.432	1.143	1.152	7.231	56.438	65.000	330.526	380.669
1686.574	0.135	0.136	7.231	57.022	7.755	328.449	44.672
1686.709	1.143	1.157	9.123	72.165	83.509	323.344	374.169
1687.852	1.143	1.157	9.123	73.361	84.892	325.816	377.030
1688.994	1.143	1.157	9.123	74.556	86.275	328.152	379.732
1690.137	0.599	0.606	9.123	75.466	45.763	326.406	197.936
1690.736	1.143	1.166	11.464	94.945	110.687	316.353	368.806
1691.878	1.143	1.166	11.464	96.254	112.213	317.160	369.747

1693.021	1.143	1.166	11.464	97.562	113.739	317.491	370.133
1694.163	0.349	0.356	11.464	98.416	35.038	315.695	112.392
1694.512	1.143	1.178	14.063	120.005	141.348	302.615	356.435
1695.655	1.143	1.178	14.063	121.344	142.925	302.701	356.537
1696.797	1.143	1.178	14.063	122.684	144.503	302.383	356.162
1697.940	0.119	0.122	14.063	123.423	15.110	299.760	36.699
1698.059	1.143	1.192	16.614	144.183	171.913	286.075	341.094
1699.201	1.143	1.192	16.614	145.455	173.429	285.865	340.843
1700.344	1.143	1.192	16.614	146.727	174.946	285.597	340.524
1701.486	0.343	0.358	16.614	147.554	52.793	283.505	101.435
1701.829	1.143	1.209	19.085	167.189	202.132	268.751	324.922
1702.972	1.143	1.209	19.085	168.304	203.481	267.885	323.874
1704.114	1.143	1.209	19.085	169.420	204.829	267.386	323.271
1705.257	0.125	0.132	19.085	170.038	22.467	266.385	35.198
1705.382	1.143	1.228	21.478	187.997	230.825	251.139	308.351
1706.524	1.143	1.228	21.478	188.876	231.904	250.273	307.288
1707.667	1.143	1.228	21.478	189.755	232.983	249.701	306.586
1708.809	0.337	0.362	21.478	190.324	68.902	248.869	90.097
1709.146	1.143	1.246	23.538	204.962	255.433	235.510	293.503
1710.289	1.143	1.246	23.538	205.571	256.192	234.270	291.958
1711.431	1.143	1.246	23.538	206.181	256.951	233.638	291.169
1712.574	0.571	0.623	23.538	206.638	128.657	233.002	145.072
1713.145	1.143	1.262	25.168	217.566	274.654	222.091	280.366
1714.287	1.143	1.262	25.168	217.921	275.101	221.200	279.240
1715.430	1.143	1.262	25.168	218.275	275.548	220.540	278.408
1716.572	1.143	1.262	25.168	218.629	275.996	219.801	277.474
1717.715	0.031	0.035	25.168	218.811	7.559	219.148	7.570
1717.746	1.143	1.278	26.594	227.623	290.841	210.330	268.745
1718.889	1.143	1.278	26.594	227.725	290.970	209.707	267.949
1720.031	1.143	1.278	26.594	227.826	291.099	209.152	267.240
1721.174	0.648	0.725	26.594	227.905	165.239	208.410	151.105
1721.822	1.143	1.297	28.245	237.268	307.730	198.234	257.104
1722.965	1.143	1.297	28.245	237.042	307.437	197.620	256.307
1724.107	1.143	1.297	28.245	236.817	307.145	197.084	255.613
1725.250	0.438	0.498	28.245	236.661	117.741	196.950	97.984
1725.688	1.143	1.319	29.990	245.413	323.742	186.035	245.411
1726.830	1.143	1.319	29.990	244.804	322.938	185.439	244.625
1727.973	1.143	1.319	29.990	244.195	322.134	184.957	243.990
1729.116	0.264	0.304	29.990	243.820	74.189	184.944	56.274
1729.379	1.143	1.343	31.697	251.192	337.311	174.154	233.861
1730.522	1.143	1.343	31.697	250.170	335.940	173.541	233.038
1731.664	1.143	1.343	31.697	249.149	334.568	173.053	232.383
1732.807	0.392	0.461	31.697	248.463	114.556	173.241	79.874
1733.199	1.143	1.367	33.331	254.251	347.686	162.950	222.832
1734.342	1.143	1.367	33.331	252.802	345.704	162.393	222.071
1735.484	1.143	1.367	33.331	251.353	343.723	161.907	221.406
1736.627	0.267	0.319	33.331	250.460	79.921	162.215	51.762

1736. 893	1. 143	1. 393	34. 890	254. 852	354. 992	152. 352	212. 216
1738. 036	1. 143	1. 393	34. 890	252. 967	352. 366	151. 768	211. 402
1739. 178	1. 143	1. 393	34. 890	251. 082	349. 740	151. 288	210. 734
1740. 321	0. 421	0. 513	34. 890	249. 792	128. 205	151. 614	77. 815
1740. 742	1. 143	1. 417	36. 275	252. 445	357. 773	143. 081	202. 778
1741. 884	1. 143	1. 417	36. 275	250. 150	354. 521	142. 473	201. 917
1743. 027	1. 143	1. 417	36. 275	247. 855	351. 268	142. 016	201. 269
1744. 170	0. 617	0. 765	36. 275	246. 088	188. 295	142. 293	108. 876
1744. 786	1. 143	1. 439	37. 423	247. 037	355. 403	135. 226	194. 545
1745. 929	1. 143	1. 439	37. 423	244. 387	351. 591	134. 572	193. 604
1747. 071	1. 143	1. 439	37. 423	241. 738	347. 779	134. 133	192. 972
1748. 214	1. 076	1. 355	37. 423	239. 165	323. 989	134. 041	181. 581
1749. 290	1. 143	1. 473	39. 137	239. 743	353. 152	124. 451	183. 322
1750. 432	1. 143	1. 473	39. 137	236. 540	348. 432	124. 083	182. 779
1751. 575	1. 143	1. 473	39. 137	233. 336	343. 713	123. 475	181. 883
1752. 718	0. 556	0. 717	39. 137	230. 954	165. 569	123. 375	88. 447
1753. 274	1. 143	1. 515	41. 070	230. 941	349. 991	112. 197	170. 034
1754. 416	1. 143	1. 515	41. 070	227. 079	344. 138	111. 917	169. 611
1755. 559	1. 143	1. 515	41. 070	223. 218	338. 286	111. 279	168. 643
1756. 701	0. 380	0. 504	41. 070	220. 644	111. 298	111. 743	56. 366
1757. 081	1. 143	1. 564	43. 062	219. 294	342. 936	100. 455	157. 094
1758. 224	1. 143	1. 564	43. 062	214. 721	335. 784	100. 160	156. 632
1759. 367	1. 143	1. 564	43. 062	210. 148	328. 633	99. 454	155. 529
1760. 509	0. 211	0. 288	43. 062	207. 440	59. 800	99. 978	28. 821
1760. 720	1. 143	1. 614	44. 931	204. 858	330. 614	89. 106	143. 805
1761. 862	1. 143	1. 614	44. 931	199. 591	322. 112	88. 622	143. 024
1763. 005	1. 143	1. 614	44. 931	194. 323	313. 611	88. 192	142. 330
1764. 147	0. 387	0. 547	44. 931	190. 796	104. 403	89. 358	48. 896
1764. 535	1. 143	1. 680	47. 164	186. 298	313. 065	77. 636	130. 464
1765. 677	1. 143	1. 680	47. 164	180. 169	302. 766	77. 226	129. 774
1766. 820	1. 143	1. 680	47. 164	174. 040	292. 467	77. 106	129. 573
1767. 962	0. 653	0. 961	47. 164	169. 224	162. 542	78. 189	75. 101
1768. 615	1. 143	1. 736	48. 834	163. 054	283. 022	69. 716	121. 011
1769. 758	1. 143	1. 736	48. 834	156. 262	271. 233	70. 171	121. 800
1770. 901	1. 143	1. 736	48. 834	149. 470	259. 444	71. 713	124. 476
1772. 043	1. 143	1. 736	48. 834	142. 678	247. 655	72. 327	125. 543
1773. 186	0. 143	0. 217	48. 834	138. 857	30. 132	74. 300	16. 123
1773. 329	1. 143	1. 786	50. 219	133. 694	238. 730	66. 123	118. 072
1774. 471	1. 143	1. 786	50. 219	126. 341	225. 601	66. 158	118. 135
1775. 614	1. 143	1. 786	50. 219	118. 989	212. 472	66. 660	119. 032
1776. 756	1. 143	1. 786	50. 219	111. 636	199. 344	67. 091	119. 801
1777. 899	0. 001	0. 002	50. 219	107. 956	0. 215	69. 530	0. 139
1777. 900	1. 143	1. 786	50. 219	104. 086	185. 861	66. 182	118. 179
1779. 043	1. 117	1. 745	50. 219	96. 441	168. 337	64. 106	111. 896
1780. 159	0. 585	0. 928	50. 889	90. 188	83. 686	61. 363	56. 939
1780. 745	1. 143	1. 811	50. 889	84. 337	152. 749	58. 250	105. 501
1781. 887	0. 113	0. 179	50. 889	80. 161	14. 322	56. 817	10. 151

1782.000	1.143	1.811	50.889	75.984	137.622	54.085	97.958
1783.143	1.143	1.811	50.889	68.382	123.852	49.032	88.807
1784.285	1.143	1.811	50.889	60.780	110.083	43.700	79.149
1785.428	1.143	1.811	50.889	53.177	96.313	38.188	69.166
1786.570	1.143	1.811	50.889	45.575	82.544	32.497	58.858
1787.713	0.166	0.264	50.889	41.220	10.865	29.362	7.740
1787.879	1.143	1.811	50.889	36.866	66.771	23.410	42.400
1789.022	1.143	1.811	50.889	29.263	53.001	18.469	33.450
1790.164	1.143	1.811	50.889	21.661	39.232	13.566	24.571
1791.307	1.143	1.811	50.889	14.058	25.462	8.689	15.737
1792.449	1.143	1.811	50.889	6.456	11.693	3.974	7.198
1793.592	0.399	0.632	50.889	1.327	0.840	0.815	0.516

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

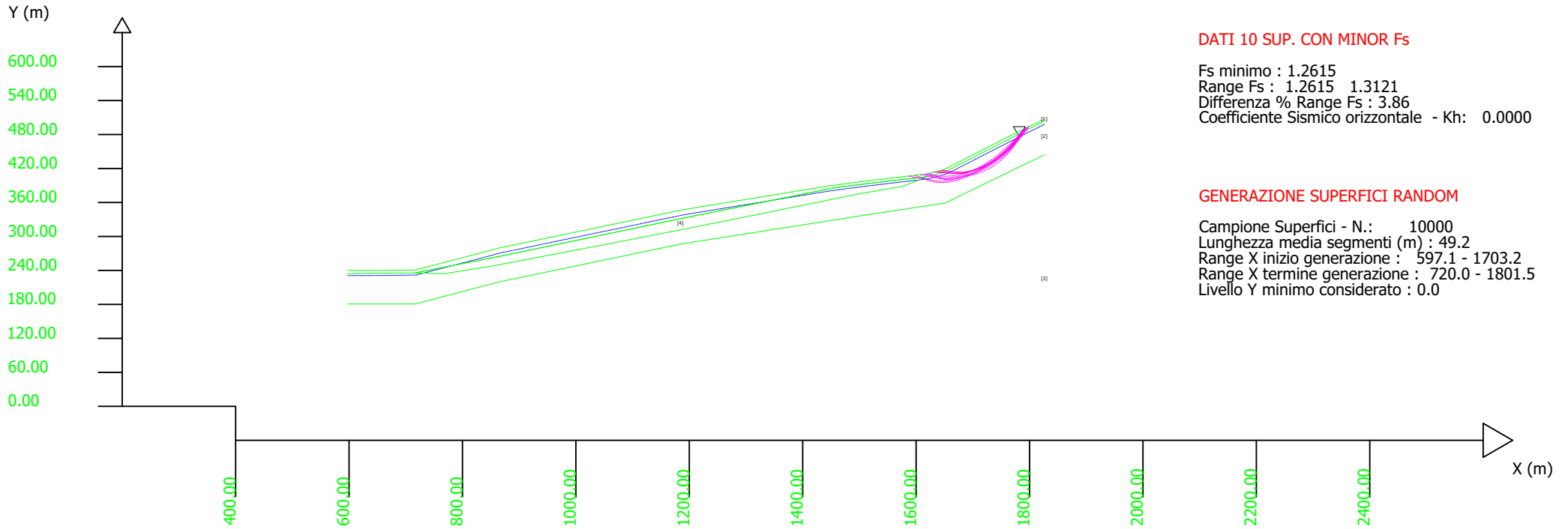
SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Data : 2/7/2018
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

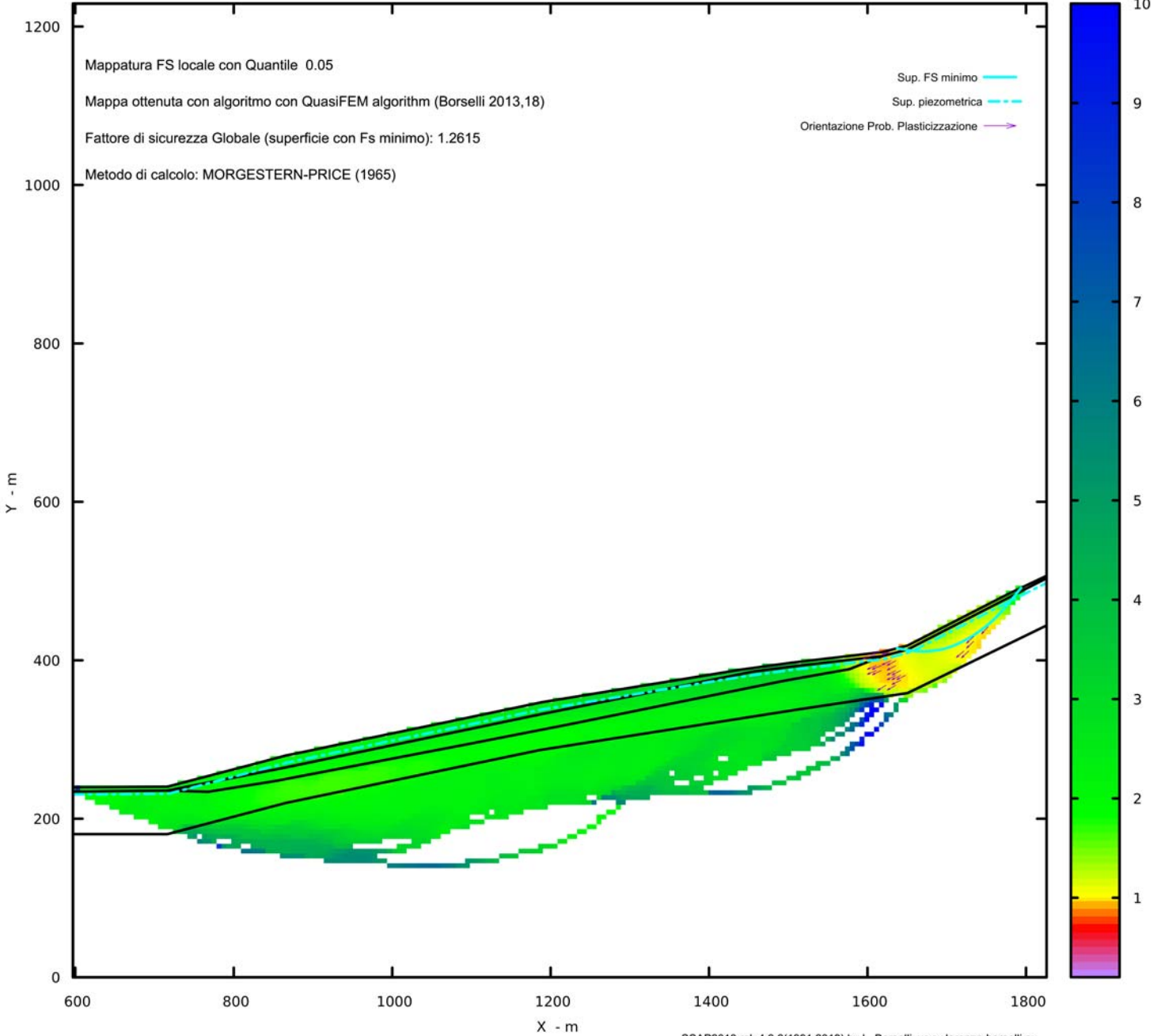
Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI ..	mi ..	D ..
1	37.00	0	0	18.00	19.00	0	0	0	0
2	40.00	0	0	18.00	19.00	0	0	0	0
3	49.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0
4	39.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0

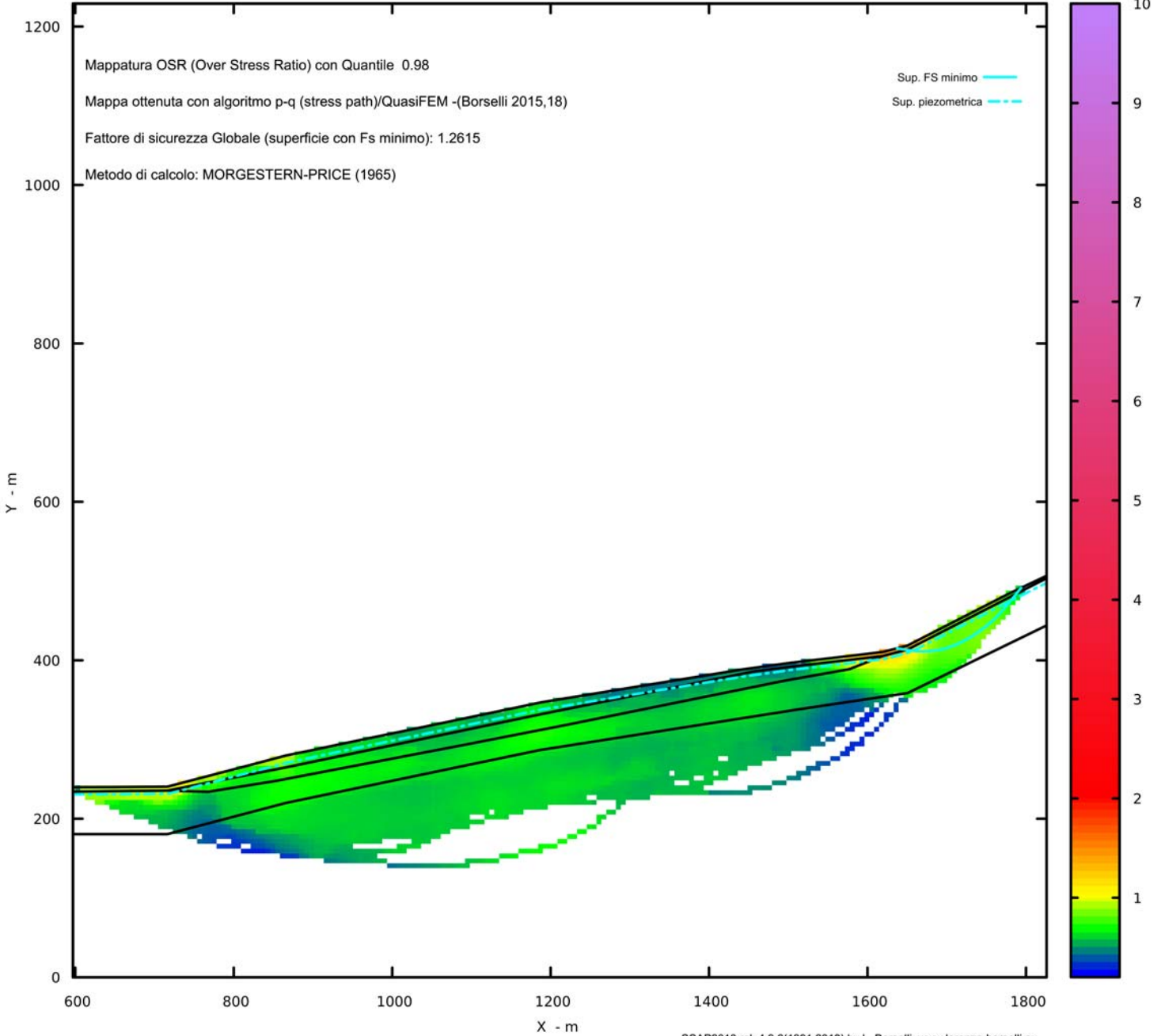
Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



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 4.9.6 - Slope Stability Analysis Program (1991,2018)

WWW.SSAP.EU

Build No. 10434

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: 14 aprile 2018

Localita' : Salino (Pri gnano sulla Secchia (MO)

Descrizione:

Modello pendio: modello2018.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
597.14	239.87	597.14	234.37	597.14	180.74	716.30	235.62
647.94	239.99	647.94	235.00	622.18	180.74	768.00	234.17
716.30	240.61	716.30	235.62	647.94	180.74	853.65	247.97
833.04	271.09	865.61	264.91	716.30	180.74	1097.28	294.60
865.90	279.88	1185.90	331.66	865.90	220.01	1226.15	319.86
888.43	284.43	1456.37	385.99	1185.90	286.76	1402.38	355.56
939.53	295.26	1515.82	393.51	1515.82	338.63	1495.91	374.51
1024.37	312.88	1618.85	405.42	1650.56	358.81	1577.13	388.85
1088.56	326.22	1650.56	413.69	1826.07	444.13	1618.85	405.42
1131.73	335.33	1817.00	499.01	-	-	1515.82	393.51
1188.73	347.09	1826.07	503.52	-	-	1456.37	385.99
1240.96	355.66	-	-	-	-	1185.90	331.66
1324.69	369.39	-	-	-	-	865.61	264.91
1402.25	382.11	-	-	-	-	716.30	235.62
1441.33	388.51	-	-	-	-	-	-
1501.77	396.73	-	-	-	-	-	-

1542.18	401.55	-	-	-	-	-	-
1585.12	406.51	-	-	-	-	-	-
1620.03	410.72	-	-	-	-	-	-
1650.39	418.64	-	-	-	-	-	-
1777.90	483.96	-	-	-	-	-	-
1826.07	506.83	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----
 X Y (i n m)

597.14	230.88
648.10	230.99
718.57	231.90
835.37	262.40
867.96	271.11
890.29	275.63
941.38	286.45
1026.20	304.07
1090.42	317.42
1133.57	326.52
1190.36	338.24
1242.42	346.78
1326.14	360.51
1403.70	373.22
1442.66	379.61
1502.91	387.80
1543.23	392.61
1586.19	397.58
1622.30	402.01
1654.50	410.63
1782.00	475.95
1826.07	497.83

----- 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 sovrappressione 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	37.00	0.00	0.00	18.00	19.00	2.651	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO 2	40.00	0.00	0.00	18.00	19.00	3.055	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO 3	49.00	0.00	0.00	19.00	20.00	4.557	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO 4	39.00	0.00	0.00	19.00	20.00	2.916	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: 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) (adimensionale)
 ----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002) -
 sgci _____ Resistenza Compressione Uniaassiale Roccia Intatta (in MPa)
 GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)
 mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)
 D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)
 Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)
 Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al. (2002, 2006) - non-lineare - Generalizzato secondo Lei et al. (2016)

----- 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): 49.2 (+/-) 50%
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 597.14 1703.18
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 720.03 1801.49
 *** 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): 0.0060
 COEFFICIENTE $c=Kv/Kh$ UTILIZZATO : 0.5000
 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)	1.2009	- Min.	-	X	Y	Lambda=	0.5271
				1616.19	410.26		
				1630.14	404.77		
				1636.61	402.40		
				1640.89	401.09		
				1644.38	400.29		
				1647.89	399.82		
				1651.01	399.63		
				1654.46	399.69		
				1658.24	399.99		
				1662.93	400.58		
				1666.96	401.18		
				1670.71	401.86		
				1674.24	402.61		
				1677.88	403.52		
				1681.36	404.51		
				1685.00	405.67		
				1688.79	406.99		
				1693.01	408.57		
				1696.87	410.10		
				1700.57	411.66		
				1704.16	413.27		
				1707.84	415.00		
				1711.42	416.79		
				1715.11	418.72		
				1718.92	420.82		

1723.05	423.17
1726.85	425.44
1730.53	427.74
1734.10	430.09
1737.77	432.62
1741.37	435.20
1745.08	437.99
1748.94	441.01
1753.16	444.41
1756.93	447.63
1760.56	450.94
1764.04	454.33
1767.69	458.10
1771.61	462.46
1776.12	467.78
1782.64	475.83
1795.82	492.47

Fattore di sicurezza (FS) 1.2086 - N. 2 -- X Y Lambda= 0.5565

1645.15	417.27
1656.59	412.34
1661.97	410.15
1665.56	408.89
1668.54	408.05
1671.48	407.45
1674.16	407.10
1677.10	406.90
1680.33	406.86
1684.32	406.98
1687.60	407.20
1690.60	407.54
1693.36	408.01
1696.33	408.69
1699.07	409.46
1702.01	410.46
1705.15	411.68
1708.83	413.25
1712.11	414.72
1715.21	416.21
1718.18	417.74
1721.22	419.39
1724.18	421.09
1727.24	422.95

1730.42	424.98
1733.91	427.29
1737.06	429.49
1740.10	431.73
1743.03	434.02
1746.07	436.52
1749.01	439.07
1752.05	441.84
1755.20	444.84
1758.64	448.23
1761.82	451.48
1764.89	454.76
1767.88	458.07
1770.94	461.60
1774.28	465.65
1778.07	470.42
1783.49	477.47
1794.27	491.73

Fattore di sicurezza (FS) 1.2105 - N.3 -- X Y Lambda= 0.5244

1621.70	411.16
1633.83	409.56
1640.15	408.72
1644.65	408.13
1648.72	407.59
1652.31	407.12
1656.02	406.63
1659.80	406.13
1663.78	405.61
1668.01	405.05
1671.48	404.76
1674.70	404.71
1677.64	404.90
1680.99	405.37
1683.95	406.02
1687.19	406.99
1690.68	408.27
1694.89	410.02
1698.86	411.67
1702.65	413.25
1706.35	414.79
1709.94	416.29
1713.59	417.82

1717.26	419.36
1721.02	420.93
1724.87	422.55
1728.40	424.14
1731.85	425.82
1735.19	427.57
1738.70	429.54
1742.12	431.60
1745.70	433.89
1749.53	436.47
1753.89	439.54
1757.48	442.35
1760.86	445.34
1764.00	448.48
1767.44	452.31
1771.02	456.83
1775.26	462.69
1781.55	471.99
1794.58	491.88

Fattore di sicurezza (FS)

1.2107

- N. 4 --

X

Y

Lambda= 0.5322

1620.60	410.87
1633.36	407.10
1639.66	405.33
1644.02	404.22
1647.80	403.39
1651.33	402.74
1654.75	402.22
1658.35	401.79
1662.19	401.43
1666.56	401.13
1670.22	401.01
1673.63	401.08
1676.80	401.32
1680.24	401.78
1683.41	402.38
1686.82	403.23
1690.48	404.32
1694.80	405.78
1698.64	407.16
1702.25	408.57
1705.71	410.02
1709.25	411.62

1712.68	413.28
1716.22	415.10
1719.91	417.10
1723.96	419.39
1727.65	421.59
1731.22	423.82
1734.67	426.10
1738.21	428.56
1741.69	431.08
1745.29	433.82
1749.07	436.81
1753.24	440.22
1756.87	443.42
1760.33	446.75
1763.63	450.19
1767.13	454.14
1770.85	458.74
1775.18	464.46
1781.50	473.29
1794.37	491.78

Fattore di sicurezza (FS) 1.2117 - N.5 -- X Y Lambda= 0.5385

1623.43	411.61
1633.74	409.19
1639.11	407.93
1642.94	407.03
1646.40	406.22
1649.46	405.51
1652.60	404.77
1655.81	404.02
1659.17	403.23
1662.72	402.40
1665.67	401.84
1668.44	401.49
1670.99	401.35
1673.86	401.39
1676.43	401.61
1679.25	402.06
1682.31	402.73
1686.04	403.72
1689.35	404.66
1692.46	405.61
1695.42	406.59

1698.42	407.66
1701.35	408.78
1704.37	410.01
1707.50	411.35
1710.89	412.88
1714.00	414.37
1717.01	415.88
1719.92	417.44
1722.92	419.13
1725.84	420.88
1728.86	422.77
1732.00	424.83
1735.43	427.16
1738.54	429.38
1741.53	431.65
1744.42	433.97
1747.41	436.50
1750.30	439.09
1753.29	441.89
1756.40	444.93
1759.79	448.37
1762.92	451.66
1765.96	454.98
1768.91	458.33
1771.92	461.88
1775.22	465.95
1778.96	470.74
1784.31	477.80
1794.92	492.04

Fattore di sicurezza (FS) 1.2171 - N. 6 -- X Y Lambda= 0.5467

1629.86	413.28
1640.56	410.18
1645.74	408.77
1649.29	407.94
1652.32	407.36
1655.20	406.96
1657.93	406.69
1660.82	406.54
1663.88	406.49
1667.43	406.53
1670.52	406.66
1673.44	406.87

1676.21	407.18
1679.11	407.60
1681.87	408.10
1684.75	408.73
1687.77	409.49
1691.16	410.43
1694.26	411.35
1697.23	412.30
1700.10	413.29
1703.03	414.37
1705.90	415.49
1708.85	416.71
1711.92	418.05
1715.24	419.57
1718.27	421.04
1721.19	422.54
1724.01	424.10
1726.93	425.81
1729.76	427.56
1732.70	429.49
1735.76	431.59
1739.12	433.99
1742.16	436.27
1745.09	438.60
1747.91	440.97
1750.83	443.56
1753.64	446.18
1756.52	449.00
1759.49	452.03
1762.66	455.39
1765.76	458.69
1768.79	461.94
1771.79	465.17
1774.77	468.40
1778.12	472.05
1781.84	476.14
1787.08	481.92
1797.19	493.12

Fattore di sicurezza (FS) 1.2188 - N. 7 -- X Y Lambda= 0.5468

1635.01	414.63
1649.41	410.76
1656.19	409.10

1660.74	408.22
1664.50	407.73
1668.23	407.53
1671.63	407.55
1675.33	407.81
1679.36	408.30
1684.25	409.08
1688.39	409.88
1692.23	410.77
1695.82	411.77
1699.61	413.00
1703.18	414.33
1706.97	415.90
1710.98	417.73
1715.58	419.99
1719.64	422.11
1723.49	424.28
1727.16	426.50
1730.98	428.98
1734.66	431.53
1738.49	434.35
1742.52	437.46
1746.99	441.08
1751.00	444.50
1754.84	447.98
1758.52	451.52
1762.35	455.43
1766.47	459.93
1771.20	465.38
1778.04	473.61
1791.80	490.56

Fattore di sicurezza (FS)

1.2193

- N.8 --

X

Y

Lambda= 0.5389

1643.73	416.90
1652.96	415.48
1657.64	414.78
1660.94	414.34
1663.86	413.99
1666.51	413.72
1669.17	413.48
1671.92	413.27
1674.82	413.09
1678.01	412.92

1628.97	407.19
1635.47	405.67
1640.04	404.67
1644.10	403.83
1647.78	403.14
1651.47	402.50
1655.30	401.88
1659.37	401.28
1663.86	400.67
1667.51	400.34
1670.89	400.26
1673.96	400.42
1677.43	400.86
1680.53	401.50
1683.95	402.47
1687.69	403.76
1692.28	405.56
1696.30	407.24
1700.07	408.92
1703.65	410.63
1707.29	412.48
1710.81	414.38
1714.43	416.45
1718.16	418.69
1722.19	421.21
1726.02	423.65
1729.74	426.10
1733.40	428.55
1737.08	431.08
1740.76	433.67
1744.53	436.38
1748.44	439.26
1752.64	442.41
1756.31	445.39
1759.83	448.51
1763.18	451.77
1766.78	455.55
1770.58	459.95
1775.02	465.47
1781.51	474.01
1794.78	491.97

Fattore di sicurezza (FS) 1.2250 - N. 10 -- X Y Lambda= 0.5333

1618.53	410.54
1630.87	408.58
1637.31	407.55
1641.89	406.83
1646.03	406.17
1649.69	405.59
1653.46	404.99
1657.30	404.38
1661.34	403.73
1665.62	403.05
1669.15	402.66
1672.45	402.50
1675.47	402.59
1678.89	402.93
1681.95	403.47
1685.29	404.32
1688.91	405.46
1693.31	407.05
1697.30	408.55
1701.07	410.02
1704.71	411.49
1708.33	413.02
1711.93	414.60
1715.63	416.28
1719.47	418.08
1723.61	420.08
1727.25	422.00
1730.74	424.01
1734.06	426.13
1737.60	428.58
1740.97	431.10
1744.51	433.96
1748.26	437.18
1752.50	441.01
1756.29	444.60
1759.91	448.23
1763.38	451.91
1766.96	455.94
1770.83	460.58
1775.27	466.17
1781.67	474.59
1794.51	491.85

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

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR FS *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.100

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilanci o(kN/m)	ESI TO
1	1.201	36634.2	30505.8	3077.8	Surpl us
2	1.209	32500.4	26890.0	2921.4	Surpl us
3	1.210	35838.7	29606.6	3271.4	Surpl us
4	1.211	38480.2	31784.6	3517.2	Surpl us
5	1.212	37078.7	30601.5	3417.0	Surpl us
6	1.217	32517.4	26716.4	3129.3	Surpl us
7	1.219	30792.3	25264.3	3001.6	Surpl us
8	1.219	27842.1	22834.8	2723.8	Surpl us
9	1.221	37770.7	30923.8	3754.5	Surpl us
10	1.225	36949.9	30163.9	3769.7	Surpl us

Esi to analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore mi ni mo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 2723.8

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

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

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)
1616.186	1.303	-21.47	7.90	0.00	0.00	37.00	0.00
1617.490	1.303	-21.47	23.71	0.00	0.00	37.00	0.00
1618.793	0.057	-21.47	1.40	0.00	0.00	37.00	0.00
1618.850	1.180	-21.47	35.73	0.00	0.00	37.00	0.00
1620.030	1.303	-21.47	56.68	0.00	0.00	37.00	0.00
1621.333	0.967	-21.47	55.04	0.00	0.00	37.00	0.00
1622.300	1.303	-21.47	91.73	0.00	0.00	37.00	0.00
1623.603	1.039	-21.47	87.50	0.00	0.00	37.00	0.00
1624.642	1.303	-21.47	127.89	0.00	0.01	40.00	0.00
1625.945	1.303	-21.47	148.01	0.00	0.11	40.00	0.00

1627.249	1.303	-21.47	168.14	0.00	0.48	40.00	0.00
1628.552	1.303	-21.47	188.26	0.00	1.29	40.00	0.00
1629.855	0.284	-21.47	43.75	0.01	2.86	40.00	0.00
1630.140	1.040	-20.13	167.86	0.01	3.34	40.00	0.00
1631.179	1.303	-20.13	227.75	0.02	5.92	40.00	0.00
1632.483	1.303	-20.13	248.68	0.05	11.52	40.00	0.00
1633.786	1.303	-20.13	269.06	0.09	19.71	40.00	0.00
1635.089	1.303	-20.13	289.44	0.13	28.04	40.00	0.00
1636.393	0.222	-20.13	51.32	0.15	34.67	40.00	0.00
1636.615	1.303	-17.01	312.30	0.15	36.04	40.00	0.00
1637.918	1.303	-17.01	330.72	0.17	43.23	40.00	0.00
1639.221	1.303	-17.01	349.14	0.19	50.29	40.00	0.00
1640.525	0.366	-17.01	101.38	0.21	57.64	40.00	0.00
1640.891	1.303	-12.90	371.48	0.21	59.73	40.00	0.00
1642.194	1.303	-12.90	387.40	0.22	65.57	40.00	0.00
1643.497	0.878	-12.90	270.08	0.24	71.50	40.00	0.00
1644.376	1.303	-7.65	412.51	0.24	75.65	40.00	0.00
1645.679	1.303	-7.65	425.35	0.25	81.58	40.00	0.00
1646.982	0.904	-7.65	302.64	0.26	87.28	40.00	0.00
1647.887	1.303	-3.37	445.88	0.27	90.70	40.00	0.00
1649.190	1.200	-3.37	419.76	0.27	94.54	40.00	0.00
1650.390	0.170	-3.37	60.24	0.27	97.76	40.00	0.00
1650.560	0.452	-3.37	161.75	0.27	98.21	40.00	0.00
1651.012	1.303	0.97	477.13	0.27	99.42	40.00	0.00
1652.316	1.303	0.97	492.80	0.28	103.18	40.00	0.00
1653.619	0.845	0.97	327.84	0.28	106.94	40.00	0.00
1654.464	0.036	4.55	14.18	0.28	109.64	40.00	0.00
1654.500	1.303	4.55	518.19	0.28	109.77	40.00	0.00
1655.803	1.303	4.55	532.24	0.28	114.19	40.00	0.00
1657.107	1.133	4.55	473.91	0.29	119.03	40.00	0.00
1658.239	1.303	7.11	557.77	0.29	124.17	40.00	0.00
1659.543	1.303	7.11	570.35	0.30	130.28	40.00	0.00
1660.846	1.303	7.11	582.93	0.30	135.39	40.00	0.00
1662.149	0.777	7.11	353.62	0.31	140.13	40.00	0.00
1662.926	1.303	8.51	602.61	0.31	143.20	40.00	0.00
1664.230	1.303	8.51	614.39	0.32	148.06	40.00	0.00
1665.533	1.303	8.51	626.16	0.32	152.46	40.00	0.00
1666.836	0.127	8.51	61.70	0.32	156.52	40.00	0.00
1666.964	1.303	10.23	638.58	0.32	156.86	40.00	0.00
1668.267	1.303	10.23	649.36	0.33	160.54	40.00	0.00
1669.570	1.138	10.23	575.84	0.33	164.55	40.00	0.00
1670.708	1.303	12.12	668.98	0.33	168.59	40.00	0.00
1672.012	1.303	12.12	678.64	0.33	172.94	40.00	0.00
1673.315	0.925	12.12	487.33	0.34	176.54	40.00	0.00

1674.240	1.303	14.04	694.58	0.34	179.19	40.00	0.00
1675.543	1.303	14.04	703.10	0.34	182.50	40.00	0.00
1676.846	1.033	14.04	563.32	0.34	185.70	40.00	0.00
1677.879	1.303	15.85	717.81	0.34	188.43	40.00	0.00
1679.183	1.303	15.85	725.23	0.35	191.33	40.00	0.00
1680.486	0.878	15.85	492.63	0.35	194.04	40.00	0.00
1681.364	1.303	17.62	737.09	0.35	195.97	40.00	0.00
1682.667	1.303	17.62	743.41	0.35	198.43	40.00	0.00
1683.970	1.025	17.62	588.93	0.35	200.80	40.00	0.00
1684.995	1.303	19.22	754.19	0.35	202.72	40.00	0.00
1686.298	1.303	19.22	759.50	0.35	204.84	40.00	0.00
1687.602	1.186	19.22	696.02	0.36	206.90	40.00	0.00
1688.788	1.303	20.57	769.22	0.36	208.79	40.00	0.00
1690.092	1.303	20.57	773.67	0.36	210.76	40.00	0.00
1691.395	1.303	20.57	778.12	0.36	212.43	40.00	0.00
1692.698	0.310	20.57	185.44	0.36	213.87	40.00	0.00
1693.008	1.303	21.63	783.28	0.36	214.20	40.00	0.00
1694.311	1.303	21.63	787.03	0.36	215.54	40.00	0.00
1695.614	1.252	21.63	759.64	0.36	216.95	40.00	0.00
1696.866	1.303	22.82	794.00	0.36	218.41	40.00	0.00
1698.170	1.303	22.82	796.97	0.36	219.73	40.00	0.00
1699.473	1.102	22.82	675.99	0.36	220.82	40.00	0.00
1700.575	1.303	24.07	802.03	0.36	221.68	40.00	0.00
1701.878	1.303	24.07	804.16	0.36	222.55	40.00	0.00
1703.181	0.982	24.07	607.55	0.36	223.29	40.00	0.00
1704.164	1.303	25.31	807.47	0.36	223.81	40.00	0.00
1705.467	1.303	25.31	808.75	0.36	224.35	40.00	0.00
1706.770	1.065	25.31	662.11	0.36	224.78	40.00	0.00
1707.836	1.303	26.51	810.66	0.36	225.08	40.00	0.00
1709.139	1.303	26.51	811.10	0.36	225.29	40.00	0.00
1710.443	0.977	26.51	608.03	0.36	225.40	40.00	0.00
1711.419	1.303	27.67	811.45	0.36	225.40	40.00	0.00
1712.723	1.303	27.67	811.06	0.36	225.30	40.00	0.00
1714.026	1.080	27.67	671.72	0.36	225.09	40.00	0.00
1715.106	1.303	28.75	809.94	0.36	224.82	40.00	0.00
1716.409	1.303	28.75	808.76	0.36	224.41	40.00	0.00
1717.712	1.209	28.75	749.08	0.36	223.90	40.00	0.00
1718.921	1.303	29.70	806.13	0.36	223.29	40.00	0.00
1720.225	1.303	29.70	804.24	0.36	222.54	40.00	0.00
1721.528	1.303	29.70	802.36	0.36	221.79	40.00	0.00
1722.831	0.215	29.70	131.99	0.36	221.03	40.00	0.00
1723.046	1.303	30.82	799.73	0.36	220.90	40.00	0.00
1724.349	1.303	30.82	797.00	0.36	219.99	40.00	0.00
1725.653	1.195	30.82	728.28	0.36	218.87	40.00	0.00

1726.847	1.303	32.04	791.28	0.36	217.55	40.00	0.00
1728.151	1.303	32.04	787.59	0.36	216.04	40.00	0.00
1729.454	1.073	32.04	645.90	0.36	214.54	40.00	0.00
1730.528	1.303	33.31	780.36	0.36	213.11	40.00	0.00
1731.831	1.303	33.31	775.66	0.36	211.35	40.00	0.00
1733.134	0.967	33.31	572.64	0.36	209.49	40.00	0.00
1734.102	1.303	34.54	766.96	0.36	207.88	40.00	0.00
1735.405	1.303	34.54	761.24	0.35	205.75	40.00	0.00
1736.708	1.065	34.54	617.81	0.35	203.46	40.00	0.00
1737.773	1.303	35.75	750.34	0.35	201.30	40.00	0.00
1739.077	1.303	35.75	743.60	0.35	198.74	40.00	0.00
1740.380	0.987	35.75	558.92	0.35	196.10	40.00	0.00
1741.367	1.303	36.91	731.25	0.35	193.84	40.00	0.00
1742.671	1.303	36.91	723.49	0.35	190.92	40.00	0.00
1743.974	1.102	36.91	605.86	0.34	187.84	40.00	0.00
1745.076	1.303	37.97	708.71	0.34	185.00	40.00	0.00
1746.380	1.303	37.97	700.00	0.34	181.67	40.00	0.00
1747.683	1.259	37.97	667.99	0.34	178.15	40.00	0.00
1748.942	1.303	38.88	682.47	0.34	174.40	40.00	0.00
1750.245	1.303	38.88	672.92	0.33	170.37	40.00	0.00
1751.549	1.303	38.88	663.38	0.33	166.69	40.00	0.00
1752.852	0.306	38.88	154.54	0.33	163.18	40.00	0.00
1753.158	1.303	40.52	650.80	0.33	162.32	40.00	0.00
1754.462	1.303	40.52	639.68	0.32	158.50	40.00	0.00
1755.765	1.165	40.52	562.40	0.32	154.06	40.00	0.00
1756.930	1.303	42.35	617.69	0.32	149.26	40.00	0.00
1758.233	1.303	42.35	604.73	0.31	143.85	40.00	0.00
1759.537	1.022	42.35	465.04	0.31	138.71	40.00	0.00
1760.559	1.303	44.22	580.60	0.30	134.11	40.00	0.00
1761.862	1.303	44.22	565.64	0.30	128.45	40.00	0.00
1763.165	0.878	44.22	372.41	0.29	122.65	40.00	0.00
1764.043	1.303	45.97	539.60	0.29	118.09	40.00	0.00
1765.346	1.303	45.97	522.65	0.28	111.65	40.00	0.00
1766.649	1.043	45.97	405.91	0.27	104.75	40.00	0.00
1767.692	1.303	48.08	490.84	0.26	97.99	40.00	0.00
1768.995	1.303	48.08	471.31	0.25	89.93	40.00	0.00
1770.299	1.303	48.08	451.79	0.24	82.61	40.00	0.00
1771.602	0.005	48.08	1.79	0.23	75.90	40.00	0.00
1771.607	1.303	49.66	431.14	0.23	75.88	40.00	0.00
1772.911	1.303	49.66	409.54	0.22	68.23	40.00	0.00
1774.214	1.303	49.66	387.94	0.20	58.84	40.00	0.00
1775.517	0.601	49.66	171.65	0.18	49.38	40.00	0.00
1776.118	1.303	50.98	355.46	0.17	44.98	40.00	0.00
1777.422	0.478	50.98	124.57	0.15	37.28	40.00	0.00

1777.900	1.303	50.98	322.85	0.14	33.96	40.00	0.00
1779.203	1.303	50.98	298.27	0.10	23.52	40.00	0.00
1780.507	1.303	50.98	273.68	0.06	14.41	40.00	0.00
1781.810	0.190	50.98	37.85	0.04	8.51	40.00	0.00
1782.000	0.644	50.98	124.40	0.03	7.84	40.00	0.00
1782.644	0.575	51.62	105.83	0.03	6.29	40.00	0.00
1783.220	1.303	51.62	222.24	0.02	5.17	40.00	0.00
1784.523	1.303	51.62	198.00	0.01	3.10	40.00	0.00
1785.826	1.303	51.62	173.77	0.00	1.46	40.00	0.00
1787.130	1.303	51.62	149.53	0.00	0.33	40.00	0.00
1788.433	1.303	51.62	125.30	0.00	0.08	40.00	0.00
1789.736	0.334	51.62	28.18	0.00	0.01	40.00	0.00
1790.070	1.303	51.62	94.86	0.00	0.00	37.00	0.00
1791.373	1.303	51.62	70.62	0.00	0.00	37.00	0.00
1792.676	1.303	51.62	46.39	0.00	0.00	37.00	0.00
1793.980	1.303	51.62	22.15	0.00	0.00	37.00	0.00
1795.283	0.540	51.62	2.08	0.00	0.00	37.00	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) (--)
1616.186 1.956	0.000 0.930	410.256	-0.267	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	3.3366393545E-001	0.040
1617.490 1.956	0.168 0.930	409.912	-0.267	6.3909281050E-001	1.8097058978E-003	6.4704639666E-001	0.040
1618.793 1.952	0.329 0.930	409.560	-0.268	1.6866252414E+000	1.3080988611E-002	1.0202256031E+000	0.040

1618.850	0.338	409.547	-0.208	1.7453409516E+000	1.4043837684E-002	1.0427418954E+000	0.040
1.951	0.930						
1620.030	0.558	409.302	-0.212	3.2943073261E+000	4.9400636697E-002	1.6895173864E+000	0.040
1.942	0.930						
1621.333	0.790	409.022	-0.207	6.0387682643E+000	1.7082842706E-001	2.7474255131E+000	0.045
1.972	0.940						
1622.300	0.982	408.833	-0.207	9.1547103195E+000	3.5779407506E-001	3.9711742553E+000	0.062
2.028	0.969						
1623.603	1.214	408.553	-0.218	1.5644512677E+001	8.7422522721E-001	6.5121378950E+000	0.089
2.171	1.075						
1624.642	1.392	408.323	-0.206	2.3675968825E+001	1.6493874472E+000	9.6698644990E+000	0.111
2.316	1.283						
1625.945	1.654	408.072	-0.192	3.9446203094E+001	3.3338503807E+000	1.5966496713E+001	0.133
2.447	1.448						
1627.249	1.917	407.822	-0.182	6.5295080703E+001	6.4971827276E+000	2.6170569970E+001	0.155
2.566	1.614						
1628.552	2.204	407.596	-0.170	1.0766379015E+002	1.2217265295E+001	4.2895993085E+001	0.176
2.693	1.745						
1629.855	2.498	407.378	-0.167	1.7711003720E+002	2.2583689076E+001	6.8075944679E+001	0.197
2.809	1.832						
1630.140	2.563	407.331	-0.169	1.9738743696E+002	2.5756486478E+001	7.5791105353E+001	0.201
2.832	1.844						
1631.179	2.767	407.154	-0.165	2.9325118270E+002	4.1353332464E+001	1.1599427666E+002	0.217
2.909	1.874						
1632.483	3.035	406.944	-0.149	4.8330499805E+002	7.4220789801E+001	1.5618919817E+002	0.236
2.979	1.883						
1633.786	3.334	406.766	-0.132	7.0038217891E+002	1.1633168528E+002	1.8441672159E+002	0.255
3.010	1.865						
1635.089	3.646	406.600	-0.119	9.6401534460E+002	1.7275276121E+002	2.1564866521E+002	0.274
3.006	1.850						
1636.393	3.979	406.455	-0.110	1.2625033558E+003	2.4250956755E+002	2.2386418420E+002	0.292
2.955	1.837						
1636.615	4.037	406.432	-0.097	1.3119965899E+003	2.5500093901E+002	2.2413577745E+002	0.295
2.943	1.833						
1637.918	4.311	406.307	-0.088	1.6129171107E+003	3.3366266155E+002	2.2840363167E+002	0.314
2.846	1.805						
1639.221	4.606	406.204	-0.071	1.9073655347E+003	4.1719023080E+002	2.2716371163E+002	0.331
2.718	1.774						
1640.525	4.923	406.122	-0.060	2.2050540146E+003	5.0714700621E+002	2.2270112561E+002	0.347
2.573	1.740						
1640.891	5.016	406.103	-0.037	2.2859957280E+003	5.3272590173E+002	2.2307394083E+002	0.352
2.529	1.730						
1642.194	5.272	406.060	-0.023	2.5858999775E+003	6.3010423800E+002	2.2671565553E+002	0.367
2.361	1.694						

1643.497	5.553	406.042	-0.004	2.8769647052E+003	7.3023658749E+002	2.1385094739E+002	0.382
2.185	1.657						
1644.376	5.763	406.051	0.021	3.0592045305E+003	7.9678855132E+002	2.0855058234E+002	0.392
2.075	1.633						
1645.679	5.974	406.088	0.038	3.3331113433E+003	9.0105021015E+002	2.0953332944E+002	0.406
1.930	1.595						
1646.982	6.211	406.150	0.055	3.6053851509E+003	1.0093193615E+003	2.1056903177E+002	0.420
1.803	1.559						
1647.887	6.391	406.208	0.075	3.7968286210E+003	1.0878665695E+003	2.1231722376E+002	0.429
1.729	1.535						
1649.190	6.575	406.315	0.094	4.0746650310E+003	1.2031782230E+003	2.1249981402E+002	0.441
1.639	1.503						
1650.390	6.775	406.444	0.108	4.3289423140E+003	1.3131843341E+003	2.1416887445E+002	0.452
1.574	1.474						
1650.560	6.804	406.464	0.123	4.3654061840E+003	1.3292308894E+003	2.1308538758E+002	0.454
1.566	1.470						
1651.012	6.888	406.521	0.139	4.4600795754E+003	1.3712996132E+003	2.1012062639E+002	0.458
1.544	1.459						
1652.316	7.053	406.707	0.155	4.7368681111E+003	1.4971758517E+003	2.1276998403E+002	0.470
1.489	1.431						
1653.619	7.247	406.924	0.180	5.0146970302E+003	1.6282316039E+003	2.1414711421E+002	0.483
1.442	1.405						
1654.464	7.402	407.093	0.200	5.1961718855E+003	1.7163155091E+003	2.1564562728E+002	0.491
1.414	1.389						
1654.500	7.406	407.100	0.214	5.2039732706E+003	1.7201068965E+003	2.1565695957E+002	0.491
1.413	1.388						
1655.803	7.583	407.380	0.226	5.4838388833E+003	1.8571122749E+003	2.1504752183E+002	0.504
1.374	1.366						
1657.107	7.788	407.690	0.247	5.7645274755E+003	2.0000575788E+003	2.1164379460E+002	0.516
1.339	1.344						
1658.239	7.990	407.981	0.267	6.0005652954E+003	2.1253876618E+003	2.0767487544E+002	0.527
1.308	1.327						
1659.543	8.186	408.340	0.286	6.2701283208E+003	2.2717989734E+003	2.0579502523E+002	0.539
1.273	1.308						
1660.846	8.410	408.727	0.306	6.5370014550E+003	2.4215820722E+003	2.0364824907E+002	0.551
1.248	1.290						
1662.149	8.658	409.137	0.321	6.8009685805E+003	2.5745418436E+003	1.9985463822E+002	0.563
1.224	1.274						
1662.926	8.819	409.395	0.335	6.9550597773E+003	2.6655386873E+003	1.9565855191E+002	0.569
1.211	1.264						
1664.230	9.064	409.835	0.331	7.2043873464E+003	2.8189949741E+003	1.8744908194E+002	0.581
1.193	1.250						
1665.533	9.291	410.258	0.328	7.4436744342E+003	2.9722838263E+003	1.8250258953E+002	0.592
1.178	1.235						

1666.836	9.530	410.691	0.333	7.6801082155E+003	3.1266597340E+003	1.7870468239E+002	0.603
1.164	1.222						
1666.964	9.553	410.734	0.343	7.7027918226E+003	3.1417840493E+003	1.7790878708E+002	0.604
1.163	1.221						
1668.267	9.766	411.182	0.339	7.9275531120E+003	3.2954094135E+003	1.6818916311E+002	0.616
1.151	1.209						
1669.570	9.966	411.617	0.338	8.1412025600E+003	3.4419189747E+003	1.6172523158E+002	0.626
1.140	1.199						
1670.708	10.150	412.006	0.349	8.3230740851E+003	3.5687721101E+003	1.5607270596E+002	0.636
1.131	1.190						
1672.012	10.333	412.469	0.359	8.5209198038E+003	3.7113099480E+003	1.4923970594E+002	0.646
1.121	1.181						
1673.315	10.527	412.942	0.366	8.7120901686E+003	3.8481197185E+003	1.4450788541E+002	0.654
1.112	1.174						
1674.240	10.670	413.284	0.378	8.8442871450E+003	3.9432731145E+003	1.3978898208E+002	0.661
1.106	1.169						
1675.543	10.845	413.785	0.385	9.0206383423E+003	4.0740276899E+003	1.3264450740E+002	0.669
1.098	1.163						
1676.846	11.022	414.288	0.388	9.1900453093E+003	4.2022470245E+003	1.2557828222E+002	0.677
1.092	1.157						
1677.879	11.168	414.692	0.398	9.3161649674E+003	4.3000430932E+003	1.1571486839E+002	0.683
1.087	1.153						
1679.183	11.324	415.218	0.422	9.4564975481E+003	4.4146097375E+003	1.0447159861E+002	0.691
1.083	1.148						
1680.486	11.527	415.791	0.429	9.5884861427E+003	4.5248586345E+003	9.7501656230E+001	0.698
1.079	1.144						
1681.364	11.640	416.154	0.417	9.6718451749E+003	4.5949695070E+003	8.9530285662E+001	0.703
1.076	1.142						
1682.667	11.773	416.700	0.423	9.7780188637E+003	4.6902808009E+003	7.7925450315E+001	0.710
1.073	1.138						
1683.970	11.913	417.255	0.423	9.8749697610E+003	4.7805347330E+003	7.0630801937E+001	0.716
1.070	1.135						
1684.995	12.019	417.686	0.425	9.9443201292E+003	4.8475602486E+003	6.4835759874E+001	0.722
1.068	1.133						
1686.298	12.124	418.245	0.435	1.0024111868E+004	4.9244037075E+003	5.7837107886E+001	0.727
1.065	1.131						
1687.602	12.244	418.820	0.436	1.0095081383E+004	4.9957757127E+003	5.0927197268E+001	0.733
1.063	1.129						
1688.788	12.342	419.331	0.434	1.0151696743E+004	5.0551664888E+003	4.4351462850E+001	0.737
1.062	1.127						
1690.092	12.421	419.900	0.442	1.0204681420E+004	5.1144989083E+003	3.6759659867E+001	0.741
1.060	1.126						
1691.395	12.515	420.483	0.444	1.0247516410E+004	5.1671302294E+003	2.9535975641E+001	0.745
1.059	1.124						

1692.698 1.058	12.599 1.123	421.056	0.436	1.0281671451E+004	5.2128929961E+003	2.2212394045E+001	0.749
1693.008 1.058	12.613 1.123	421.186	0.441	1.0288253029E+004	5.2227606180E+003	2.0336107659E+001	0.750
1694.311 1.057	12.678 1.122	421.768	0.448	1.0309665444E+004	5.2601228528E+003	1.2224611822E+001	0.754
1695.614 1.056	12.748 1.121	422.355	0.454	1.0320118347E+004	5.2903654986E+003	4.2027416857E+000	0.758
1696.866 1.055	12.825 1.120	422.928	0.465	1.0320788629E+004	5.3125988550E+003	-2.8165378120E+000	0.762
1698.170 1.054	12.892 1.120	423.543	0.472	1.0312570503E+004	5.3296521277E+003	-9.2858070294E+000	0.765
1699.473 1.054	12.958 1.119	424.158	0.471	1.0296583755E+004	5.3407268493E+003	-1.5347534402E+001	0.768
1700.575 1.053	13.013 1.118	424.677	0.481	1.0276806062E+004	5.3451141444E+003	-2.0635678561E+001	0.770
1701.878 1.053	13.069 1.118	425.315	0.490	1.0245773483E+004	5.3445860653E+003	-2.6599320320E+001	0.772
1703.181 1.052	13.126 1.117	425.954	0.490	1.0207470872E+004	5.3381653082E+003	-3.2556355887E+001	0.774
1704.164 1.052	13.168 1.117	426.435	0.489	1.0173141685E+004	5.3292230864E+003	-3.7065782220E+001	0.775
1705.467 1.052	13.188 1.116	427.072	0.489	1.0121164591E+004	5.3122663415E+003	-4.2497738702E+001	0.777
1706.770 1.051	13.209 1.116	427.709	0.489	1.0062364839E+004	5.2898212955E+003	-4.8337371850E+001	0.778
1707.836 1.051	13.226 1.115	428.229	0.497	1.0008055687E+004	5.2666556203E+003	-5.2993206246E+001	0.779
1709.139 1.051	13.233 1.114	428.886	0.504	9.9357652156E+003	5.2336000088E+003	-5.7887907423E+001	0.780
1710.443 1.050	13.240 1.114	429.543	0.504	9.8571620168E+003	5.1954305492E+003	-6.3271722306E+001	0.780
1711.419 1.050	13.245 1.113	430.036	0.513	9.7932064082E+003	5.1627090979E+003	-6.7159499237E+001	0.781
1712.723 1.049	13.239 1.112	430.713	0.520	9.7027736026E+003	5.1145166705E+003	-7.1660159009E+001	0.781
1714.026 1.049	13.233 1.111	431.390	0.520	9.6064132607E+003	5.0615221034E+003	-7.6905593309E+001	0.781
1715.106 1.048	13.227 1.110	431.951	0.528	9.5207041010E+003	5.0133365647E+003	-8.1084856046E+001	0.781
1716.409 1.047	13.208 1.109	432.647	0.534	9.4123229286E+003	4.9508957713E+003	-8.5272037647E+001	0.780
1717.712 1.047	13.189 1.108	433.343	0.534	9.2984295133E+003	4.8840591463E+003	-8.9919267117E+001	0.779

1718.921	13.172	433.989	0.541	9.1868899217E+003	4.8177516315E+003	-9.3854351816E+001	0.778
1.046	1.107						
1720.225	13.141	434.702	0.547	9.0623383343E+003	4.7424759272E+003	-9.6702371563E+001	0.776
1.045	1.106						
1721.528	13.111	435.415	0.547	8.9348204231E+003	4.6644302623E+003	-9.9653516714E+001	0.773
1.044	1.104						
1722.831	13.081	436.128	0.542	8.8025762252E+003	4.5828377831E+003	-1.0159536358E+002	0.770
1.042	1.103						
1723.046	13.068	436.238	0.527	8.7807595325E+003	4.5692277760E+003	-1.0225004515E+002	0.770
1.042	1.102						
1724.349	12.982	436.929	0.532	8.6424822822E+003	4.4825693076E+003	-1.0803694647E+002	0.769
1.041	1.101						
1725.653	12.901	437.625	0.538	8.4991447336E+003	4.3921285738E+003	-1.1371490176E+002	0.767
1.039	1.099						
1726.847	12.835	438.272	0.551	8.3591753321E+003	4.3039079912E+003	-1.1903216453E+002	0.765
1.037	1.097						
1728.151	12.750	439.003	0.561	8.2013485739E+003	4.2037980259E+003	-1.2268001437E+002	0.762
1.035	1.095						
1729.454	12.665	439.734	0.561	8.0393911406E+003	4.1007142655E+003	-1.2624857902E+002	0.758
1.033	1.093						
1730.528	12.595	440.336	0.573	7.9021176869E+003	4.0132779940E+003	-1.2861605130E+002	0.755
1.031	1.092						
1731.831	12.498	441.096	0.585	7.7333282490E+003	3.9053392428E+003	-1.3091056816E+002	0.751
1.028	1.089						
1733.134	12.407	441.861	0.589	7.5608793000E+003	3.7949455000E+003	-1.3459942348E+002	0.747
1.026	1.087						
1734.102	12.344	442.433	0.600	7.4290387835E+003	3.7108316588E+003	-1.3688605874E+002	0.743
1.024	1.085						
1735.405	12.236	443.222	0.609	7.2495941437E+003	3.5956951191E+003	-1.3893869749E+002	0.739
1.021	1.083						
1736.708	12.136	444.020	0.602	7.0668738516E+003	3.4772723492E+003	-1.4279711802E+002	0.733
1.019	1.080						
1737.773	12.032	444.648	0.590	6.9125286993E+003	3.3782741540E+003	-1.4511003992E+002	0.728
1.016	1.078						
1739.077	11.863	445.417	0.608	6.7231048858E+003	3.2564215754E+003	-1.4633578875E+002	0.722
1.013	1.075						
1740.380	11.739	446.232	0.627	6.5310821194E+003	3.1334427396E+003	-1.4927304053E+002	0.716
1.011	1.072						
1741.367	11.651	446.854	0.636	6.3822240574E+003	3.0391816562E+003	-1.5088341861E+002	0.711
1.008	1.070						
1742.671	11.505	447.688	0.645	6.1853323187E+003	2.9155625135E+003	-1.5189407330E+002	0.704
1.005	1.067						
1743.974	11.373	448.535	0.643	5.9862889601E+003	2.7911873573E+003	-1.5490816638E+002	0.697
1.002	1.064						

1745.076 0.999	11.246 1.061	449.236	0.641	5.8134915804E+003	2.6845504196E+003	-1.5900275143E+002	0.691
1746.380 0.996	11.071 1.058	450.078	0.652	5.6028018889E+003	2.5558582931E+003	-1.6197016827E+002	0.683
1747.683 0.992	10.912 1.056	450.936	0.654	5.3912916028E+003	2.4277232444E+003	-1.6249922320E+002	0.675
1748.942 0.988	10.748 1.053	451.754	0.650	5.1864263332E+003	2.3052491327E+003	-1.6395172648E+002	0.667
1750.245 0.984	10.544 1.051	452.602	0.655	4.9710633982E+003	2.1778839116E+003	-1.6428153329E+002	0.657
1751.549 0.980	10.353 1.049	453.461	0.657	4.7582014298E+003	2.0532564190E+003	-1.6314422918E+002	0.646
1752.852 0.976	10.156 1.048	454.315	0.649	4.5458030516E+003	1.9309898447E+003	-1.6075109978E+002	0.636
1753.158 0.975	10.100 1.048	454.505	0.666	4.4967188912E+003	1.9027680353E+003	-1.6038152394E+002	0.634
1754.462 0.972	9.866 1.048	455.386	0.675	4.2868515287E+003	1.7817382157E+003	-1.6222004863E+002	0.624
1755.765 0.969	9.630 1.049	456.265	0.677	4.0738675623E+003	1.6604956712E+003	-1.6645534109E+002	0.613
1756.930 0.967	9.427 1.050	457.057	0.692	3.8767708410E+003	1.5515973783E+003	-1.6725208168E+002	0.603
1758.233 0.966	9.156 1.053	457.974	0.734	3.6615868157E+003	1.4340329117E+003	-1.6346834214E+002	0.591
1759.537 0.967	8.963 1.058	458.970	0.764	3.4506656444E+003	1.3198731853E+003	-1.6005113319E+002	0.578
1760.559 0.969	8.814 1.063	459.751	0.769	3.2885526803E+003	1.2324432684E+003	-1.5654112163E+002	0.566
1761.862 0.974	8.552 1.072	460.758	0.789	3.0880413047E+003	1.1262683185E+003	-1.5198409108E+002	0.552
1763.165 0.983	8.334 1.082	461.808	0.807	2.8923829378E+003	1.0252566823E+003	-1.5024661980E+002	0.536
1764.043 0.991	8.191 1.090	462.519	0.845	2.7604639555E+003	9.5926907840E+002	-1.4805621993E+002	0.527
1765.346 1.006	7.973 1.106	463.650	0.868	2.5719004255E+003	8.6335560176E+002	-1.4232688007E+002	0.510
1766.649 1.024	7.756 1.126	464.781	0.843	2.3894672083E+003	7.7267047660E+002	-1.3767373197E+002	0.492
1767.692 1.043	7.524 1.144	465.627	0.827	2.2478401807E+003	7.0461376008E+002	-1.3359844260E+002	0.477
1768.995 1.071	7.165 1.168	466.720	0.880	2.0773577040E+003	6.2524884638E+002	-1.3585649980E+002	0.457
1770.299 1.105	6.915 1.195	467.922	0.907	1.8937094678E+003	5.4617352549E+002	-1.3903902363E+002	0.438

1771.602	6.626	469.084	0.891	1.7149312567E+003	4.7321151450E+002	-1.3956861294E+002	0.419
1.143	1.224						
1771.607	6.624	469.088	0.880	1.7141963320E+003	4.7292629526E+002	-1.3955978839E+002	0.418
1.144	1.225						
1772.911	6.236	470.235	0.872	1.5382765331E+003	4.0416057717E+002	-1.3448545520E+002	0.399
1.189	1.257						
1774.214	5.828	471.362	0.858	1.3636394561E+003	3.3989296005E+002	-1.2800741838E+002	0.379
1.251	1.294						
1775.517	5.403	472.471	0.843	1.2046056495E+003	2.8392011796E+002	-1.1869758148E+002	0.358
1.324	1.333						
1776.118	5.191	472.967	0.872	1.1341736492E+003	2.6017713256E+002	-1.1562866330E+002	0.349
1.361	1.352						
1777.422	4.747	474.131	0.879	9.8781161209E+002	2.1296932722E+002	-1.1004722719E+002	0.328
1.445	1.395						
1777.900	4.557	474.532	0.868	9.3557273167E+002	1.9693473633E+002	-1.0740774977E+002	0.320
1.479	1.415						
1779.203	4.094	475.677	0.881	8.0202504169E+002	1.5804251601E+002	-9.8973931251E+001	0.299
1.580	1.475						
1780.507	3.637	476.829	0.878	6.7758206585E+002	1.2404702299E+002	-9.1263956902E+001	0.277
1.695	1.544						
1781.810	3.167	477.967	0.878	5.6413160138E+002	9.5128429821E+001	-7.7757764399E+001	0.255
1.808	1.625						
1782.000	3.106	478.140	0.900	5.4961334730E+002	9.1551942667E+001	-7.7002023111E+001	0.252
1.824	1.638						
1782.644	2.889	478.718	0.917	4.9870677100E+002	7.9348734138E+001	-7.8625971336E+001	0.241
1.880	1.685						
1783.220	2.702	479.257	0.932	4.5367088568E+002	6.8968334937E+001	-7.5206404667E+001	0.230
1.935	1.732						
1784.523	2.267	480.469	0.961	3.6467846042E+002	4.9537515203E+001	-6.4649437095E+001	0.206
2.069	1.843						
1785.826	1.916	481.763	1.009	2.8515225547E+002	3.3654668060E+001	-5.6374498839E+001	0.180
2.214	1.985						
1787.130	1.606	483.099	1.082	2.1772972042E+002	2.1530121469E+001	-4.9534060992E+001	0.152
2.416	2.157						
1788.433	1.445	484.583	1.154	1.5603416130E+002	1.1902708180E+001	-4.4609832506E+001	0.119
2.738	2.423						
1789.736	1.322	486.106	1.115	1.0144737976E+002	5.3209061378E+000	-3.0268526385E+001	0.083
3.126	2.791						
1790.070	1.203	486.409	0.908	9.2340697191E+001	4.4035355619E+000	-2.6533640449E+001	0.076
3.212	2.703						
1791.373	0.741	487.592	1.015	6.1637466179E+001	1.9055778331E+000	-2.3292640223E+001	0.049
3.645	3.169						
1792.676	0.559	489.056	1.120	3.1624873501E+001	5.6848497283E-001	-1.9634668372E+001	0.040
5.727	4.971						

1793.980	0.368	490.510	1.089	1.0456704717E+001	1.0849776210E-001	-1.1840896478E+001	0.040
50.000	25.478						
1795.283	0.107	491.895	1.089	7.5976864229E-001	4.8507209920E-003	-3.1742775541E+000	0.040
1.854	1.870						

 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 interconci o
 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)	al pha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
1616.186	1.303	1.401	-21.472	-2.003	-2.805	3.978	5.571
1617.490	1.303	1.401	-21.472	-6.009	-8.415	11.938	16.720
1618.793	0.057	0.061	-21.472	-8.099	-0.496	16.097	0.986
1618.850	1.180	1.268	-21.472	-10.000	-12.680	19.885	25.215
1620.030	1.303	1.401	-21.472	-14.363	-20.116	28.614	40.075
1621.333	0.967	1.039	-21.472	-18.803	-19.532	37.537	38.992
1622.300	1.303	1.401	-21.472	-23.244	-32.554	46.568	65.220
1623.603	1.039	1.116	-21.472	-27.825	-31.052	56.035	62.534
1624.642	1.303	1.401	-21.472	-32.406	-45.385	73.101	102.381
1625.945	1.303	1.401	-21.472	-37.505	-52.527	85.581	119.858
1627.249	1.303	1.401	-21.472	-42.604	-59.668	98.766	138.325
1628.552	1.303	1.401	-21.472	-47.703	-66.809	113.411	158.835
1629.855	0.284	0.306	-21.472	-50.809	-15.527	122.599	37.465
1630.140	1.040	1.107	-20.126	-50.449	-55.866	134.068	148.463
1631.179	1.303	1.388	-20.126	-54.608	-75.800	153.309	212.806
1632.483	1.303	1.388	-20.126	-59.624	-82.763	168.534	233.939
1633.786	1.303	1.388	-20.126	-64.510	-89.546	185.662	257.714
1635.089	1.303	1.388	-20.126	-69.397	-96.329	201.835	280.164
1636.393	0.222	0.236	-20.126	-72.256	-17.081	206.175	48.738

1636. 615	1. 303	1. 363	-17. 012	-64. 410	-87. 789	220. 871	301. 039
1637. 918	1. 303	1. 363	-17. 012	-68. 208	-92. 966	229. 844	313. 269
1639. 221	1. 303	1. 363	-17. 012	-72. 006	-98. 142	240. 241	327. 440
1640. 525	0. 366	0. 383	-17. 012	-74. 439	-28. 498	241. 980	92. 640
1640. 891	1. 303	1. 337	-12. 905	-58. 798	-78. 619	256. 833	343. 411
1642. 194	1. 303	1. 337	-12. 905	-61. 318	-81. 988	263. 940	352. 914
1643. 497	0. 878	0. 901	-12. 905	-63. 427	-57. 159	266. 009	239. 719
1644. 376	1. 303	1. 315	-7. 648	-38. 019	-49. 996	276. 429	363. 511
1645. 679	1. 303	1. 315	-7. 648	-39. 202	-51. 552	282. 604	371. 631
1646. 982	0. 904	0. 912	-7. 648	-40. 205	-36. 680	288. 437	263. 151
1647. 887	1. 303	1. 306	-3. 373	-16. 000	-20. 889	290. 389	379. 128
1649. 190	1. 200	1. 202	-3. 373	-16. 358	-19. 666	296. 463	356. 405
1650. 390	0. 170	0. 170	-3. 373	-16. 572	-2. 822	300. 070	51. 100
1650. 560	0. 452	0. 453	-3. 373	-16. 728	-7. 578	301. 228	136. 466
1651. 012	1. 303	1. 304	0. 970	10. 591	13. 806	302. 665	394. 528
1652. 316	1. 303	1. 304	0. 970	10. 939	14. 259	312. 847	407. 800
1653. 619	0. 845	0. 845	0. 970	11. 226	9. 486	321. 022	271. 279
1654. 464	0. 036	0. 036	4. 546	35. 650	1. 294	312. 049	11. 323
1654. 500	1. 303	1. 307	4. 546	36. 154	47. 269	316. 780	414. 170
1655. 803	1. 303	1. 307	4. 546	37. 134	48. 550	325. 418	425. 464
1657. 107	1. 133	1. 136	4. 546	38. 050	43. 230	330. 479	375. 467
1658. 239	1. 303	1. 313	7. 112	57. 635	75. 700	325. 120	427. 023
1659. 543	1. 303	1. 313	7. 112	58. 935	77. 407	329. 709	433. 050
1660. 846	1. 303	1. 313	7. 112	60. 235	79. 115	335. 042	440. 055
1662. 149	0. 777	0. 783	7. 112	61. 273	47. 992	337. 225	264. 133
1662. 926	1. 303	1. 318	8. 510	73. 094	96. 326	334. 573	440. 912
1664. 230	1. 303	1. 318	8. 510	74. 522	98. 208	337. 815	445. 185
1665. 533	1. 303	1. 318	8. 510	75. 951	100. 090	342. 066	450. 787
1666. 836	0. 127	0. 129	8. 510	76. 734	9. 863	343. 059	44. 095
1666. 964	1. 303	1. 324	10. 232	91. 343	120. 974	336. 711	445. 936
1668. 267	1. 303	1. 324	10. 232	92. 884	123. 014	337. 035	446. 365
1669. 570	1. 138	1. 156	10. 232	94. 327	109. 088	339. 376	392. 484
1670. 708	1. 303	1. 333	12. 119	111. 249	148. 299	329. 953	439. 839
1672. 012	1. 303	1. 333	12. 119	112. 855	150. 440	329. 792	439. 625
1673. 315	0. 925	0. 946	12. 119	114. 229	108. 031	330. 694	312. 751
1674. 240	1. 303	1. 343	14. 037	131. 416	176. 550	320. 139	430. 088
1675. 543	1. 303	1. 343	14. 037	133. 028	178. 715	321. 512	431. 933
1676. 846	1. 033	1. 065	14. 037	134. 472	143. 186	321. 559	342. 398
1677. 879	1. 303	1. 355	15. 847	150. 793	204. 297	308. 643	418. 154
1679. 183	1. 303	1. 355	15. 847	152. 351	206. 407	309. 078	418. 744
1680. 486	0. 878	0. 912	15. 847	153. 655	140. 207	308. 319	281. 335
1681. 364	1. 303	1. 368	17. 624	169. 359	231. 601	295. 359	403. 908
1682. 667	1. 303	1. 368	17. 624	170. 811	233. 587	295. 364	403. 914
1683. 970	1. 025	1. 075	17. 624	172. 108	185. 048	295. 065	317. 251

1684. 995	1. 303	1. 380	19. 223	186. 089	256. 856	283. 110	390. 771
1686. 298	1. 303	1. 380	19. 223	187. 400	258. 665	282. 791	390. 332
1687. 602	1. 186	1. 257	19. 223	188. 652	237. 044	282. 205	354. 595
1688. 788	1. 303	1. 392	20. 568	200. 339	278. 884	272. 457	379. 277
1690. 092	1. 303	1. 392	20. 568	201. 497	280. 497	271. 560	378. 029
1691. 395	1. 303	1. 392	20. 568	202. 656	282. 110	270. 862	377. 057
1692. 698	0. 310	0. 331	20. 568	203. 373	67. 233	270. 101	89. 293
1693. 008	1. 303	1. 402	21. 633	212. 181	297. 494	262. 928	368. 646
1694. 311	1. 303	1. 402	21. 633	213. 198	298. 921	262. 173	367. 587
1695. 614	1. 252	1. 347	21. 633	214. 196	288. 518	261. 320	351. 994
1696. 866	1. 303	1. 414	22. 823	224. 015	316. 766	252. 527	357. 082
1698. 170	1. 303	1. 414	22. 823	224. 853	317. 950	251. 737	355. 965
1699. 473	1. 102	1. 195	22. 823	225. 626	269. 683	251. 034	300. 052
1700. 575	1. 303	1. 427	24. 070	235. 313	335. 896	242. 047	345. 509
1701. 878	1. 303	1. 427	24. 070	235. 937	336. 787	241. 315	344. 463
1703. 181	0. 982	1. 076	24. 070	236. 485	254. 447	240. 632	258. 909
1704. 164	1. 303	1. 442	25. 305	245. 484	353. 905	231. 786	334. 157
1705. 467	1. 303	1. 442	25. 305	245. 873	354. 466	231. 071	333. 127
1706. 770	1. 065	1. 179	25. 305	246. 227	290. 196	230. 312	271. 439
1707. 836	1. 303	1. 456	26. 505	254. 386	370. 490	221. 724	322. 920
1709. 139	1. 303	1. 456	26. 505	254. 525	370. 692	221. 015	321. 887
1710. 443	0. 977	1. 091	26. 505	254. 646	277. 883	220. 311	240. 415
1711. 419	1. 303	1. 472	27. 675	261. 949	385. 508	211. 949	311. 923
1712. 723	1. 303	1. 472	27. 675	261. 821	385. 320	211. 232	310. 869
1714. 026	1. 080	1. 219	27. 675	261. 704	319. 123	210. 574	256. 775
1715. 106	1. 303	1. 487	28. 754	267. 813	398. 141	202. 864	301. 585
1716. 409	1. 303	1. 487	28. 754	267. 422	397. 559	202. 159	300. 536
1717. 712	1. 209	1. 379	28. 754	267. 045	368. 225	201. 533	277. 891
1718. 921	1. 303	1. 500	29. 699	271. 788	407. 799	194. 839	292. 342
1720. 225	1. 303	1. 500	29. 699	271. 152	406. 845	194. 313	291. 553
1721. 528	1. 303	1. 500	29. 699	270. 516	405. 890	193. 710	290. 648
1722. 831	0. 215	0. 247	29. 699	270. 146	66. 771	193. 727	47. 882
1723. 046	1. 303	1. 518	30. 817	275. 398	417. 945	185. 656	281. 752
1724. 349	1. 303	1. 518	30. 817	274. 456	416. 515	184. 866	280. 552
1725. 653	1. 195	1. 391	30. 817	273. 554	380. 603	184. 170	256. 242
1726. 847	1. 303	1. 538	32. 042	278. 266	427. 849	175. 920	270. 487
1728. 151	1. 303	1. 538	32. 042	276. 969	425. 854	175. 356	269. 619
1729. 454	1. 073	1. 266	32. 042	275. 787	349. 241	174. 921	221. 510
1730. 528	1. 303	1. 559	33. 307	279. 798	436. 344	166. 426	259. 540
1731. 831	1. 303	1. 559	33. 307	278. 113	433. 715	165. 743	258. 475
1733. 134	0. 967	1. 157	33. 307	276. 645	320. 200	165. 399	191. 439
1734. 102	1. 303	1. 582	34. 540	279. 628	442. 437	157. 090	248. 552
1735. 405	1. 303	1. 582	34. 540	277. 544	439. 139	156. 385	247. 438
1736. 708	1. 065	1. 293	34. 540	275. 651	356. 395	156. 033	201. 739

1737. 773	1. 303	1. 606	35. 750	277. 532	445. 694	148. 092	237. 825
1739. 077	1. 303	1. 606	35. 750	275. 038	441. 690	147. 415	236. 737
1740. 380	0. 987	1. 217	35. 750	272. 847	331. 990	147. 164	179. 064
1741. 367	1. 303	1. 630	36. 910	273. 724	446. 174	139. 438	227. 286
1742. 671	1. 303	1. 630	36. 910	270. 822	441. 443	138. 747	226. 159
1743. 974	1. 102	1. 379	36. 910	268. 143	369. 665	138. 468	190. 893
1745. 076	1. 303	1. 653	37. 968	267. 790	442. 718	131. 702	217. 733
1746. 380	1. 303	1. 653	37. 968	264. 501	437. 280	131. 018	216. 602
1747. 683	1. 259	1. 597	37. 968	261. 267	417. 281	130. 517	208. 454
1748. 942	1. 303	1. 674	38. 878	259. 670	434. 734	125. 015	209. 298
1750. 245	1. 303	1. 674	38. 878	256. 038	428. 654	124. 544	208. 509
1751. 549	1. 303	1. 674	38. 878	252. 406	422. 573	123. 805	207. 272
1752. 852	0. 306	0. 394	38. 878	250. 163	98. 439	124. 342	48. 929
1753. 158	1. 303	1. 715	40. 524	250. 090	428. 808	113. 465	194. 549
1754. 462	1. 303	1. 715	40. 524	245. 816	421. 480	112. 593	193. 054
1755. 765	1. 165	1. 533	40. 524	241. 769	370. 564	112. 487	172. 411
1756. 930	1. 303	1. 764	42. 351	239. 062	421. 598	102. 175	180. 191
1758. 233	1. 303	1. 764	42. 351	234. 044	412. 749	101. 837	179. 594
1759. 537	1. 022	1. 383	42. 351	229. 569	317. 406	101. 849	140. 818
1760. 559	1. 303	1. 819	44. 221	225. 402	409. 919	90. 999	165. 492
1761. 862	1. 303	1. 819	44. 221	219. 592	399. 354	90. 188	164. 018
1763. 165	0. 878	1. 224	44. 221	214. 732	262. 933	90. 568	110. 898
1764. 043	1. 303	1. 875	45. 971	209. 291	392. 466	80. 979	151. 854
1765. 346	1. 303	1. 875	45. 971	202. 715	380. 134	80. 391	150. 751
1766. 649	1. 043	1. 500	45. 971	196. 797	295. 228	80. 655	120. 996
1767. 692	1. 303	1. 951	48. 080	189. 234	369. 163	70. 483	137. 500
1768. 995	1. 303	1. 951	48. 080	181. 705	354. 475	71. 664	139. 805
1770. 299	1. 303	1. 951	48. 080	174. 176	339. 788	71. 227	138. 952
1771. 602	0. 005	0. 008	48. 080	170. 396	1. 343	73. 670	0. 581
1771. 607	1. 303	2. 013	49. 661	164. 880	331. 978	63. 705	128. 266
1772. 911	1. 303	2. 013	49. 661	156. 620	315. 346	63. 546	127. 946
1774. 214	1. 303	2. 013	49. 661	148. 359	298. 715	64. 146	129. 154
1775. 517	0. 601	0. 929	49. 661	142. 324	132. 173	67. 055	62. 272
1776. 118	1. 303	2. 070	50. 980	134. 705	278. 856	60. 857	125. 983
1777. 422	0. 478	0. 760	50. 980	128. 635	97. 722	62. 603	47. 558
1777. 900	1. 303	2. 070	50. 980	122. 347	253. 274	60. 279	124. 786
1779. 203	1. 303	2. 070	50. 980	113. 029	233. 985	61. 896	128. 132
1780. 507	1. 303	2. 070	50. 980	103. 712	214. 697	62. 370	129. 114
1781. 810	0. 190	0. 302	50. 980	98. 374	29. 691	62. 920	18. 990
1782. 000	0. 644	1. 023	50. 980	95. 390	97. 594	61. 537	62. 959
1782. 644	0. 575	0. 927	51. 622	90. 365	83. 755	58. 019	53. 775
1783. 220	1. 303	2. 099	51. 622	83. 780	175. 876	53. 866	113. 078
1784. 523	1. 303	2. 099	51. 622	74. 644	156. 697	48. 970	102. 800
1785. 826	1. 303	2. 099	51. 622	65. 507	137. 517	43. 675	91. 685

1787.130	1.303	2.099	51.622	56.371	118.338	38.198	80.188
1788.433	1.303	2.099	51.622	47.235	99.159	31.874	66.913
1789.736	0.334	0.537	51.622	41.498	22.300	27.613	14.839
1790.070	1.303	2.099	51.622	35.760	75.070	21.381	44.884
1791.373	1.303	2.099	51.622	26.624	55.891	15.803	33.174
1792.676	1.303	2.099	51.622	17.488	36.712	10.286	21.592
1793.980	1.303	2.099	51.622	8.352	17.533	4.886	10.257
1795.283	0.540	0.869	51.622	1.892	1.645	1.104	0.960

 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

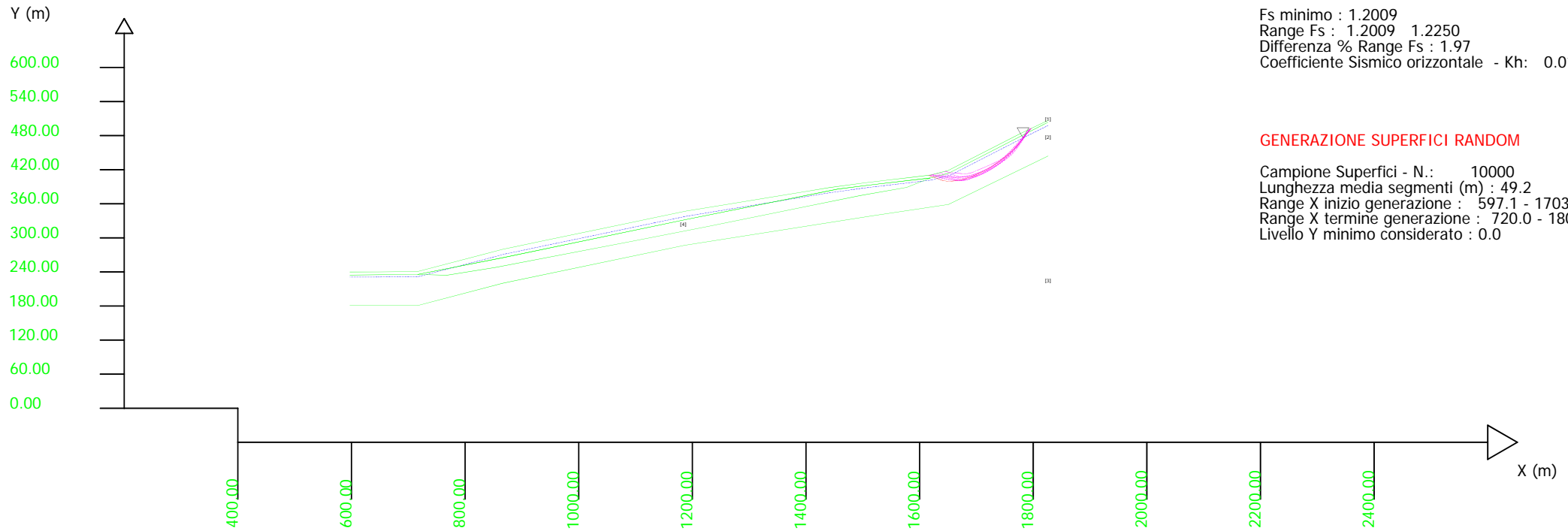
SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Data : 2/7/2018
 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	37.00	0	0	18.00	19.00	0	0	0	0
2	40.00	0	0	18.00	19.00	0	0	0	0
3	49.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0
4	39.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



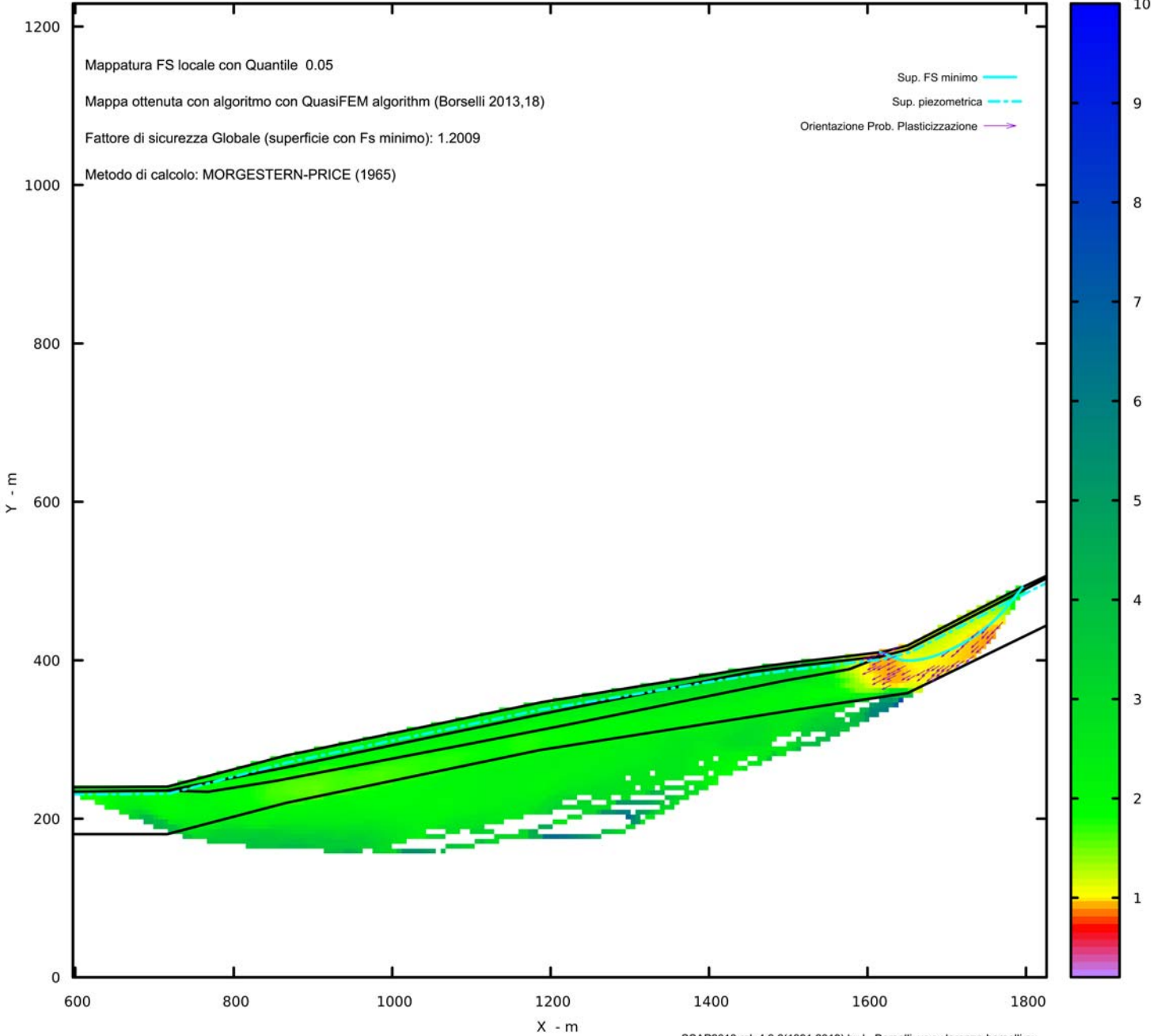
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.2009
 Range Fs : 1.2009 1.2250
 Differenza % Range Fs : 1.97
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0120

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 49.2
 Range X inizio generazione : 597.1 - 1703.2
 Range X termine generazione : 720.0 - 1801.5
 Livello Y minimo considerato : 0.0

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



Credits to: GNUPLOT 5.3 www.gnuplot.info

SSAP2010 rel. 4.9.6(1991,2018) by L. Borselli, www.lorenzo-borselli.eu
<http://WWW.SSAP.EU>

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

