



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 tecnico-illustrativa

Regione Emilia Romagna
Comune di Fanano



Regione Emilia-Romagna
Settore Difesa del territorio - Area
geologia, suoli e sismica

Soggetto realizzatore
Geologica Toscana



Collaboratore:
Dott. Geol. Aurora Martini

Data

31.08.2023

INDICE

INDICE.....	1
1. INTRODUZIONE	2
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	24
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	42
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	45
6. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	46
6.1 CARTA DELLE INDAGINI.....	47
6.2 CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI.....	47
6.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	49
6.4 CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (V_s).....	70
6.5 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	70
6.6 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	86
6.6.1 CARTA DELLA DISTRIBUZIONE SUL TERRITORIO DEI VALORI DI H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} , H_{0515}	90
6.6.2 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	90
7. RISULTATI E CONCLUSIONI	90
8. BIBLIOGRAFIA.....	91

1. Introduzione

Con il termine Microzonazione Sismica si intende l'attività di valutazione su un territorio, a scala comunale, delle modificazioni apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologico-tecniche e dalle condizioni topografiche locali.

In relazione ai diversi contesti geologico-tecnici, alla pericolosità sismica di base ed in funzione dei diversi obiettivi degli studi di MS, possono essere effettuati n. 3 livelli di approfondimento, con complessità e costi crescenti:

- il livello 1 (MS1) è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee;
- il livello 2 (MS2) introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee (utilizzo di abachi), utilizzando ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce una vera carta di MS;
- il livello 3 (MS3) restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari attraverso il calcolo dei fattori di amplificazione.

Il presente studio di Microzonazione Sismica di terzo livello è stato condotto nel Comune di Fanano (MO), in particolare nei centri abitati di Fanano e Fellicarolo. Tale approfondimento è finalizzato sia alla caratterizzazione degli effetti di amplificazione attesi nelle coperture detritiche, caratteristiche del territorio appenninico, e ottenuti sulla base di specifici calcoli di Risposta Sismica Locale (RSL) bidimensionali condotti nell'area, sia allo studio delle instabilità di versante presenti.

Il territorio comunale di Fanano è dotato di uno studio di Microzonazione di 2° livello, gli elaborati di tale studio sono parte integrante delle analisi proposte nel presente approfondimento per le aree non approfondite al 3° livello.

Tali cartografie sono state riverificate sulla base dei dati cartografici disponibili e sulla base di appositi rilevamenti geologici e indagini condotti nell'area in esame.

Gli shapefile delle cartografie prodotte sono stati revisionati e uniformati agli standard informatici e di archiviazione vigenti sia nelle aree studiate al terzo livello che nelle restanti aree.

Sono state reperite, con l'aiuto del Comune, dell'Unione dei Comuni del Frignano e dei tecnici della Regione Emilia Romagna, tutte le indagini geognostiche e sismiche presenti negli archivi e a tali indagini si sono poi aggiunte nuove indagini sismiche e geognostiche (sismica attiva e passiva ad hoc, penetrometrie DPSH, progettate e ubicate in accordo con il Comune di Fanano e con il Servizio Sismico Regionale nella persona del Dott. Geol. Luca Martelli) effettuate ad hoc per il terzo livello di approfondimento per conto dell'Amministrazione Comunale a completamento delle aree meno coperte da questo tipo di indagini.

Per la redazione della cartografia necessaria all'approfondimento di terzo livello ci siamo avvalsi degli standard di archiviazione e rappresentazione informatica Versione 4.2 (Roma, Dicembre 2020) emanati dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n.3907).

Inoltre sono state prese come riferimento le carte geologica e geomorfologica regionali, reperite sul Geoportale della Regione Emilia Romagna.

La base topografica utilizzata per la redazione degli elaborati cartografici, è la CTR scala 1:5.000 reperita nel Geoportale della Regione Emilia Romagna.

Il lavoro è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Raccolta delle indagini pregresse;
- Esecuzione delle nuove indagini;
- Redazione della Cartografia (*Carta delle indagini, Carta delle frequenze naturali dei terreni, Carta geologico – tecnica, Carta delle MOPS e Carte di Microzonazione Sismica*)

Inoltre, ai sensi del DGR n. 476/2021 e successive modifiche DGR n. 564/2021, è stata prodotta:

- Carta della distribuzione sul territorio del valore di H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} e H_{0515}

Il presente studio di Microzonazione è stato effettuato in ottemperanza e seguendo:

- OPCM 3274/2003;
- Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica volumi 1 e 2;
- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – versione 4.2;
- DGR n. 476/2021 e successive modifiche DGR n. 564/2021;
- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC). Versione 1.0”;

- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Versione 1.0”;
- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ). Versione 1.0”.

2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

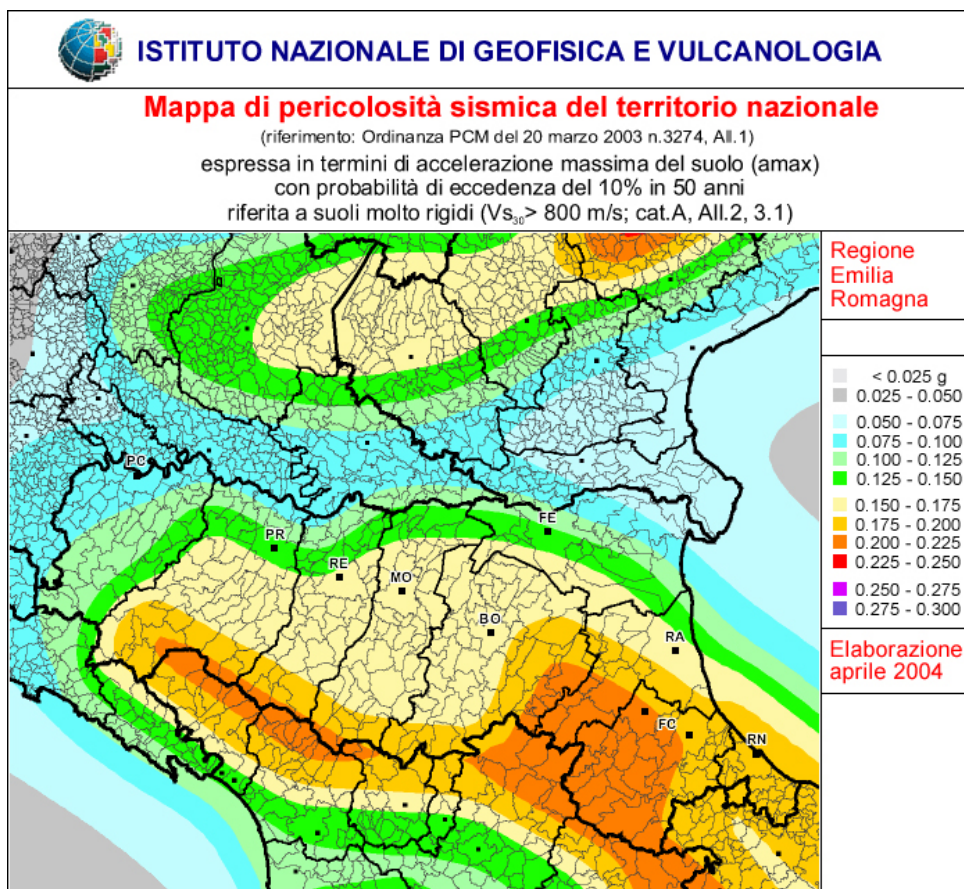
Ai sensi della Classificazione Sismica del Territorio Regionale dell’Emilia Romagna – Ord. PCM 3274/2003 – Delib. G.R. n° 1435 del 21/07/2003 – e successive modificazioni e integrazioni il Comune di Fanano è censito tra le aree a sismicità 3.

L’accelerazione, considerata al suolo su bedrock rigido categoria di sottosuolo “A”, si intende per studi di Microzonazione Sismica come quello in esame, quella con la probabilità di superamento del 10% in 50 anni, pari a tempi di ritorno di 475 anni.

La classificazione sismica **non interferisce con la determinazione dell’azione sismica**, necessaria per la progettazione e la realizzazione degli interventi di prevenzione del rischio sismico.

L’azione sismica è definita per ogni sito dai **parametri di pericolosità sismica** previsti dalle norme tecniche per le costruzioni **NTC 2018**.

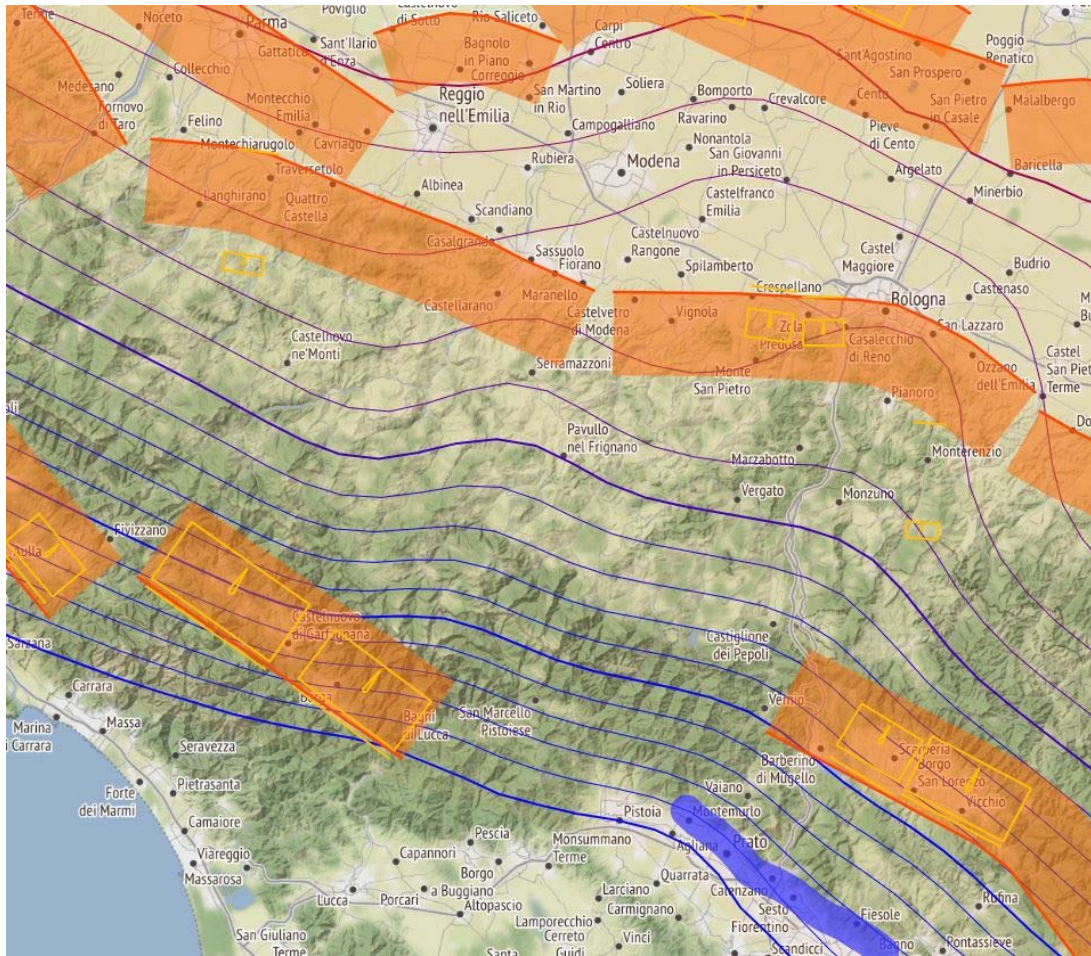
La **classificazione sismica** costituisce un **riferimento tecnico-amministrativo** per graduare l’attività di **controllo dei progetti** e la priorità delle azioni e misure di prevenzione e mitigazione del rischio sismico.



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

Dal progetto DISS_3.3.0 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si nota ancor meglio come le faglie attive e capaci e in particolare le sorgenti sismogenetiche siano disposte sia a Nord, Nord-Est che a Sud-Ovest del territorio comunale.

In particolare sono da mettere in luce sette importanti sistemi fessurativi “*Individual Seismogenic Sources*” e “*Composite Seismogenic Sources*”, che prendono il nome di ITIS050: Garfagnana North, ITIS051: Garfagnana South, ITIS091: Casalecchio di Reno, ITIS103: Crespellano, ITCS046: Langhirano-Sassuolo, ITCS047: Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme, ITCS083: Garfagnana.



Mappa delle fonti sismogenetiche

Le fonti sismogenetiche individuali sono definite da dati geologici e geofisici e sono caratterizzate da una serie completa di dati geometrici (strike, dip, lunghezza, larghezza e profondità), cinematici (rake) e parametri sismologici (spostamento singolo evento, magnitudo, slip rate, periodo di ritorno).

Si assume che le fonti sismogenetiche individuali abbiano una ripetitività strettamente periodica in funzione del rapporto lunghezza/larghezza a rottura, dell'immersione dell'evento e della magnitudo attesa.

Esse sono confrontate con i database di tutto il mondo per la coerenza interna, in termini di lunghezza, larghezza, spostamento del singolo evento e magnitudo, oltre a poter essere aumentate attraverso la scarpata di faglia o asse della piega quando disponibili (di solito caratteristiche strutturali con attività documentata dal Pleistocene superiore - Olocene).

Questa categoria ha lo scopo di fornire le informazioni più accurate disponibili tra le migliori sorgenti identificate, ma la completezza delle fonti stesse non può essere garantita.

Le fonti sismogenetiche individuali possono quindi essere utilizzate per il calcolo di scenari di terremoto e tsunami e per le indagini tettonico/geodinamiche, ma non hanno lo scopo di comprendere un insieme di dati completo per la valutazione probabilistica della pericolosità sismica.

7

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES

i

Information

Commentary

Pictures

References

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITIS050
Name	Garfagnana North
Compiler(s)	Vannucci G.(1), Valensise G.(2)
Contributor(s)	Vannucci G.(1), Valensise G.(2)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Bologna; Via Donato Creti, 12, 40128 Bologna, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	31/10/2001
Updated	31/10/2001
Display map	
Related sources	ITCS083

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter	Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	44.18 / 10.32 LD	Primarily based on the location of the associated historical earthquake.
Length [km]	18.0 OD	Based on geological and geomorphological data.
Width [km]	11.3 ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	1.0 OD	Based on geological and geomorphological data.
Max depth [km]	8.3 AR	Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	305 OD	Based on geological and geomorphological data.

Dip [deg]	40	OD	Based on geological and geomorphological data.
Rake [deg]	270	EJ	Inferred from geological data.
Slip Per Event [m]	0.79	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1000... 1.0000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	790... 7900	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.4	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

Latest Earthquake	07 Sep 1920 CPTI04.
Penultimate Earthquake	Unknown See Commentary for information.

ACTIVE FAULTS

ACTIVE FOLDS

Information

Commentary

Pictures

References

GENERAL INFORMATION

DISS-ID

ITIS051

Name

Garfagnana South

Compiler(s)

Vannucci G.(1), Valensise G.(2)

Contributor(s)

Vannucci G.(1), Valensise G.(2)

Affiliation(s)

1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Bologna; Via Donato Creti, 12, 40128 Bologna, Italy

2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy

Created

31/10/2001

Updated

31/10/2001

Display map



Related sources

[ITCS083](#)

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter

Quality

Evidence

Location [Lat/Lon]

44.07 / 10.52

OD

Based on geological and geomorphological observations.

Length [km]

15.0

OD

Based on geological and geomorphological data.

Width [km]

10.0

ER

Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

Min depth [km]

1.0

OD

Based on geological and geomorphological data.

Max depth [km]

7.4

AR

Derived from dip, width and min depth.

Strike [deg]

307

OD

Based on geological and geomorphological data.

Dip [deg]	40	OD	Based on geological and geomorphological data.
Rake [deg]	270	EJ	Inferred from geological data.
Slip Per Event [m]	0.38	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1000... 1.0000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	380... 3800	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.1	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

Latest Earthquake	Unknown	See Commentary for information.
Penultimate Earthquake	Unknown	See Commentary for information.

ACTIVE FAULTS

ACTIVE FOLDS

Information	Commentary	Pictures	References
GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITIS091		
Name	Casalecchio di Reno		
Compiler(s)	Vannoli P.(1), Burrato P.(1)		
Contributor(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Rovida A.(2)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Milano; Via Bassini 15, 20133 Milano, Italy		
Created	05/11/2005		
Updated	11/09/2007		
Display map			
Related sources	ITCS047		
PARAMETRIC INFORMATION			
	Parameter	Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	44.47 / 11.24	OD	Based on macroseismic, geological and geomorphological observations.
Length [km]	5.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Width [km]	3.9	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Max depth [km]	4.2	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Strike [deg]	90	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Dip [deg]	35	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Rake [deg]	90	EJ	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	0.40	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1000... 0.5000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	800... 4000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	5.5	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI04.
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement			
INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES			
Latest Earthquake	03 Jan 1505 CPTI04.		
Penultimate Earthquake	Unknown	See Commentary for information.	
ACTIVE FAULTS			
ACTIVE FOLDS			

Information	Commentary	Pictures	References
GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITIS103		
Name	Crespellano		
Compiler(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Rovida A.(2)		
Contributor(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Rovida A.(2)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Milano; Via Bassini 15, 20133 Milano, Italy		
Created	11/09/2007		
Updated	11/09/2007		
Display map			
Related sources	ITCS047		
PARAMETRIC INFORMATION			
	Parameter	Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	44.48 / 11.16	OD	Based on macroseismic, geological and geomorphological observations.
Length [km]	5.6	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Width [km]	4.3	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Max depth [km]	4.5	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Strike [deg]	98	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Dip [deg]	35	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Rake [deg]	90	EJ	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	0.40	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1000... 0.5000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	800... 4000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	5.6	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI04.
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement			
INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES			
Latest Earthquake	20 Apr 1929 CPTI04.		
Penultimate Earthquake	Unknown See Commentary for information.		
ACTIVE FAULTS			
ACTIVE FOLDS			

Sempre nella figura sovrastante (Mappa delle fonti sismogenetiche), colorate con campitura arancio, sono rappresentate fonti sismogenetiche composite.

Le fonti sismogenetiche composite (aree sismogenetiche) sono basate su dati geologici e geofisici e sono caratterizzate da parametri geometrici (strike, dip, larghezza, profondità) e cinematici (rake).

12

Una sorgente sismogenetica composta è essenzialmente una struttura dedotta da dati geologici regionali superficiali e profondi.

La lunghezza della rottura del terremoto atteso, è comunque poco definita o sconosciuta; quindi una tipica sorgente sismogenetica composta si estende ad un numero imprecisato di sorgenti individuali.

Come risultato, fonti di questa categoria non vengono considerate capaci di un terremoto di specifiche dimensioni, ma il loro potenziale sismico può essere stimato dai cataloghi di terremoti esistenti.

A differenza delle fonti sismogenetiche individuali, questa categoria di sorgenti è stata concepita per raggiungere la completezza delle registrazioni delle potenziali fonti di terremoto, anche se questo può comportare una precisione minore nella loro descrizione.

Information	Commentary	Pictures	References
GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITCS046		
Name	Langhirano-Sassuolo		
Compiler(s)	Burrato P.(1)		
Contributor(s)	Burrato P.(1), Basili R.(1)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy		
Created	08/01/2005		
Updated	25/06/2015		
Display map			
Related sources			
PARAMETRIC INFORMATION			
Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	95...120	OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	20...40	OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.2400... 0.6300	EJ	Inferred from geological data by Ponza et al. (2010) and Gunderson et al. (2013)
Max Magnitude [Mw]	6.8	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

Information	Commentary	Pictures	References
GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITCS047		
Name	Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme		
Compiler(s)	Burrato P.(1)		
Contributor(s)	Burrato P.(1), Basili R.(1)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy		
Created	08/01/2005		
Updated	25/06/2015		
Display map			
Related sources	ITIS091 ITIS103		
PARAMETRIC INFORMATION			
Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	85...135	OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	20...40	OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.2400... 0.6300	EJ	Inferred from geological data by Ponza et al. (2010) and Gunderson et al. (2013)
Max Magnitude [Mw]	6.8	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

Information

Commentary

Pictures

References

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS083
Name	Garfagnana
Compiler(s)	Burrato P.(1), Valensise G.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08/01/2005
Updated	14/05/2010
Display map	
Related sources	ITIS050 ITIS051

PARAMETRIC INFORMATION

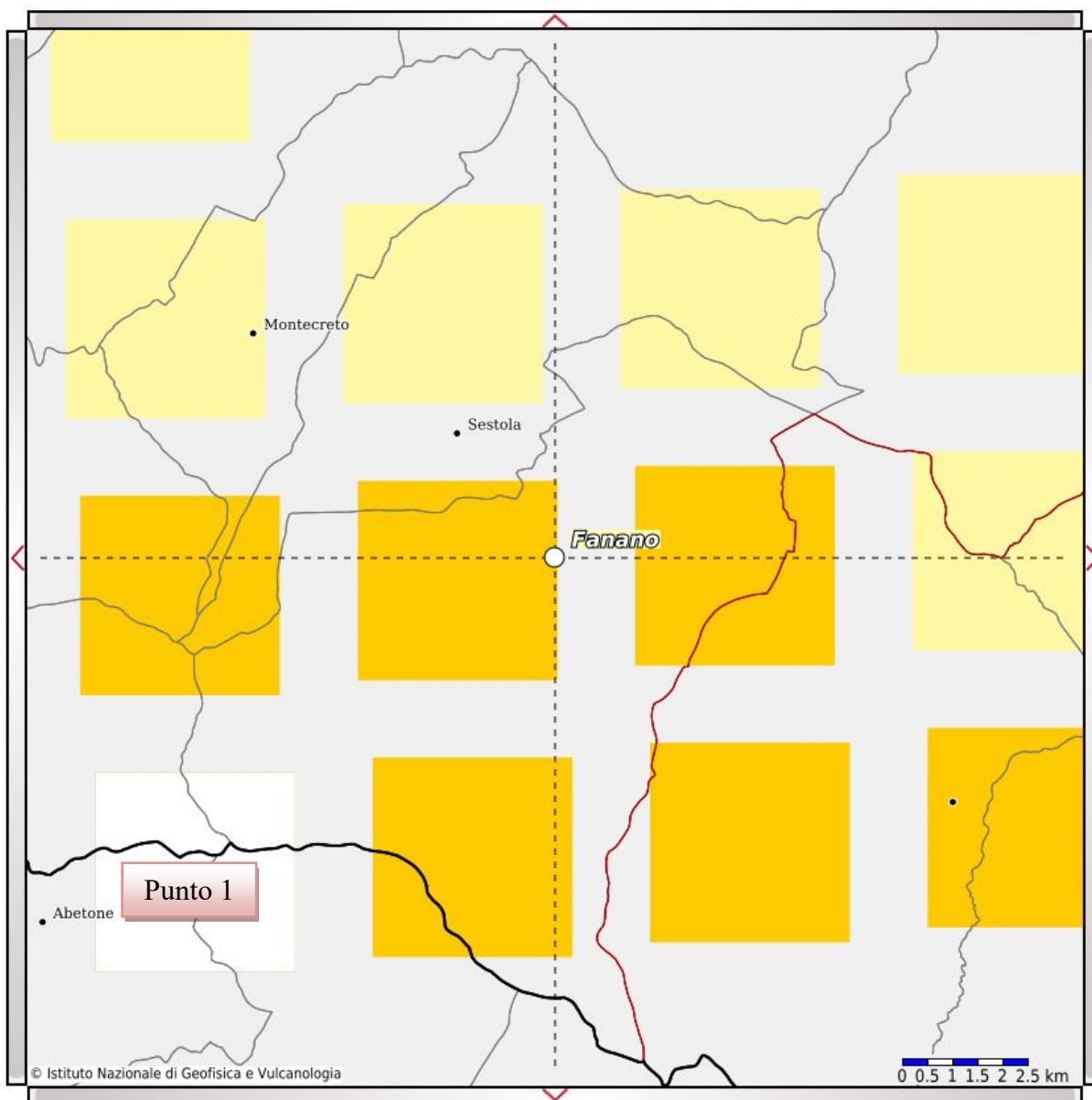
	Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Max depth [km]	10.0	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Strike [deg] min... max	300...310	OD	Based on geological data.
Dip [deg] min... max	30...45	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 1.0000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.9	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

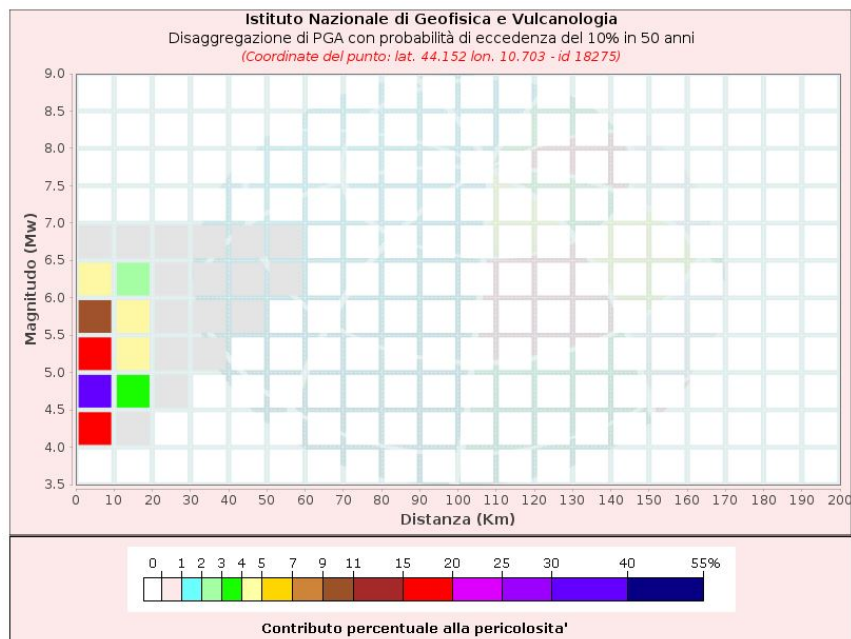
Dai dati di disaggregazione di a(g) delle mappe di pericolosità sismica dell'INGV possiamo valutare quale sia la magnitudo e la distanza epicentrale più probabile con tempi di ritorno di circa 475 anni (10% di superamento in 50 anni) attesi per il Comune studiato.

Si sceglie tale tempo di ritorno perché è quello ufficiale per gli studi di Microzonazione Sismica e perché è il più frequentemente usato per la costruzione degli spettri di risposta sismica per la maggior parte dei fabbricati di uso comune, secondo le NTC2018, e corrispondente ad una vita nominale di 50 anni e classe d'uso 2.

In particolare crediamo sia utile calcolare le magnitudo attese e le distanze epicentrali come appena spiegato, in corrispondenza dei nodi della griglia sismica di riferimento che ricadono subito esterni al confine comunale in esame.

Punto 1:



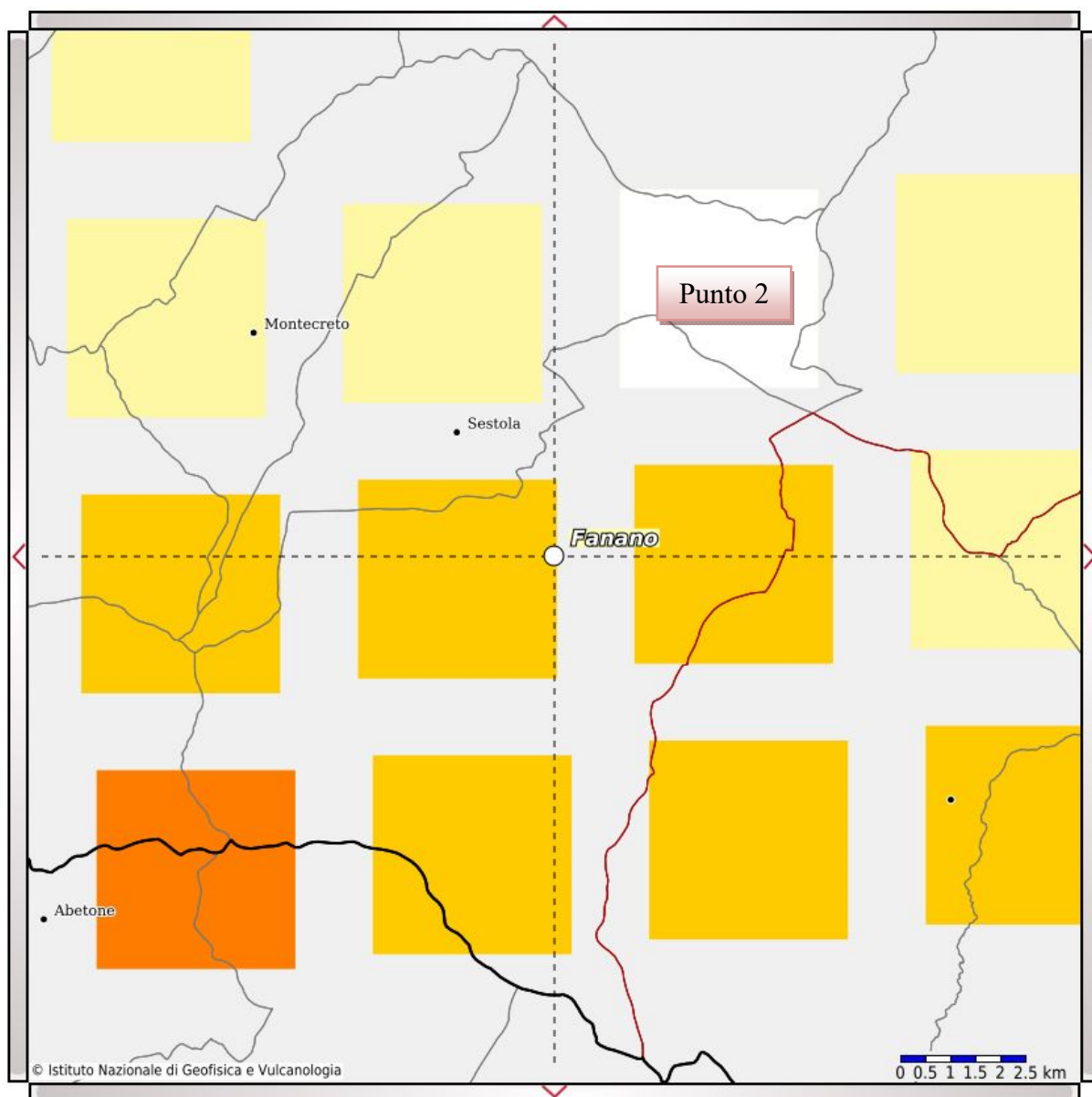


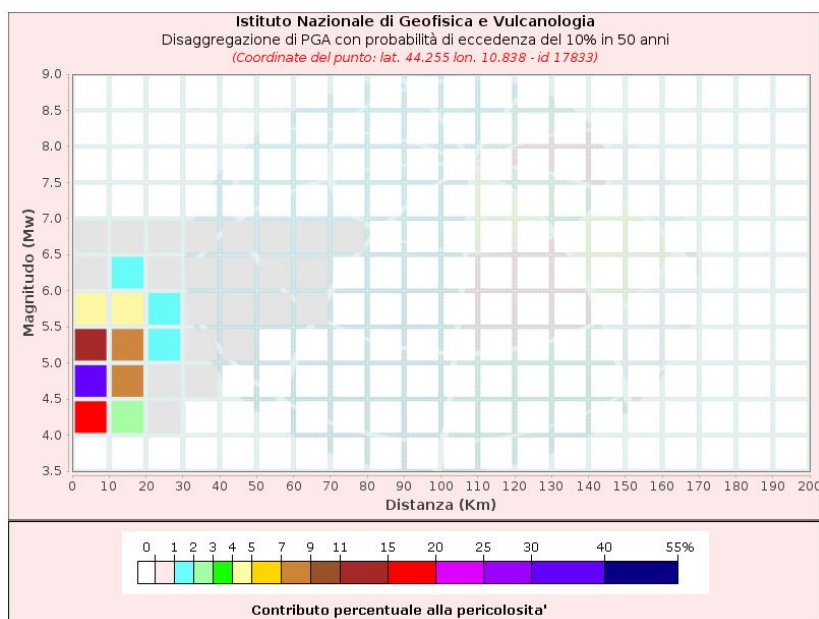
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.152 lon. 10.703 - id 18275)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	15.8000	31.5000	19.4000	9.9600	4.2500	0.4710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.8510	3.8000	4.9300	4.1400	2.4900	0.3690	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0272	0.3980	0.7110	0.5730	0.1080	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0044	0.0784	0.1170	0.0281	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0193	0.0076	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.08	6.58	1.02

Magnitudo media 5,08 con distanza epicentrale di 6,58 km

Punto 2:



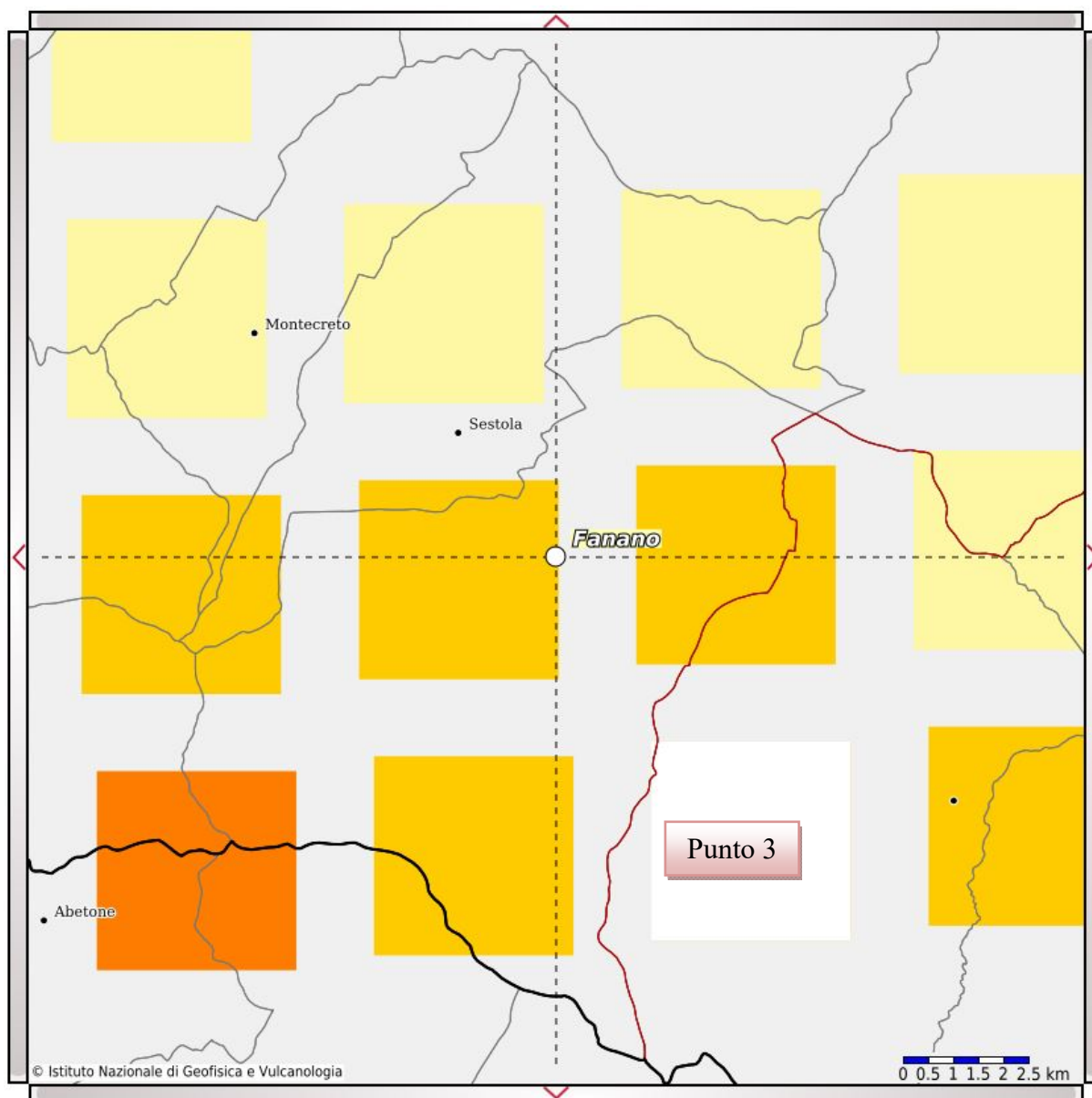


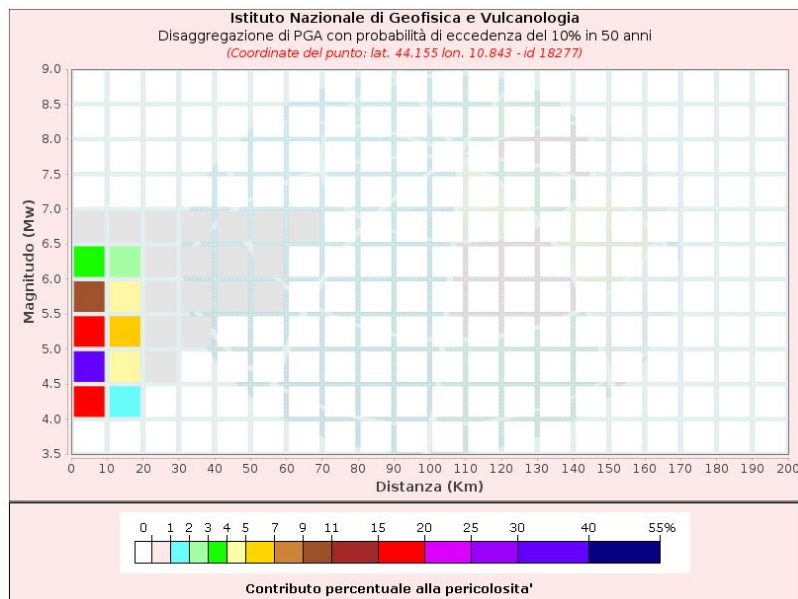
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.255 lon. 10.838 - id 17833)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	19.3000	31.2000	14.5000	4.8000	0.3550	0.0408	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	2.8000	8.0900	7.3200	4.4700	1.5200	0.2100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0068	0.4530	1.4200	1.5100	0.8700	0.1490	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0001	0.1220	0.3760	0.3010	0.0614	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0779	0.0871	0.0195	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0137	0.0226	0.0062	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0042	0.0019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.94	8.39	0.935

Magnitudo media 4,94 con distanza epicentrale di 8,396 km

Punto 3:





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.155 lon. 10.843 - id 18277)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	16.4000	31.9000	19.1000	9.3200	3.6600	0.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.0300	4.2200	5.1400	4.0700	2.2200	0.3260	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0430	0.4830	0.7740	0.5680	0.1060	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0072	0.0954	0.1250	0.0296	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0236	0.0087	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0026	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.05	6.6	1.0

Magnitudo media 5,05 con distanza epicentrale di 6,60 km

Si nota come la magnitudo attesa più probabile con tempo di ritorno 475 anni, sui tre punti considerati, sia compresa tra un minimo di 4,94 ed un massimo di 5,08.

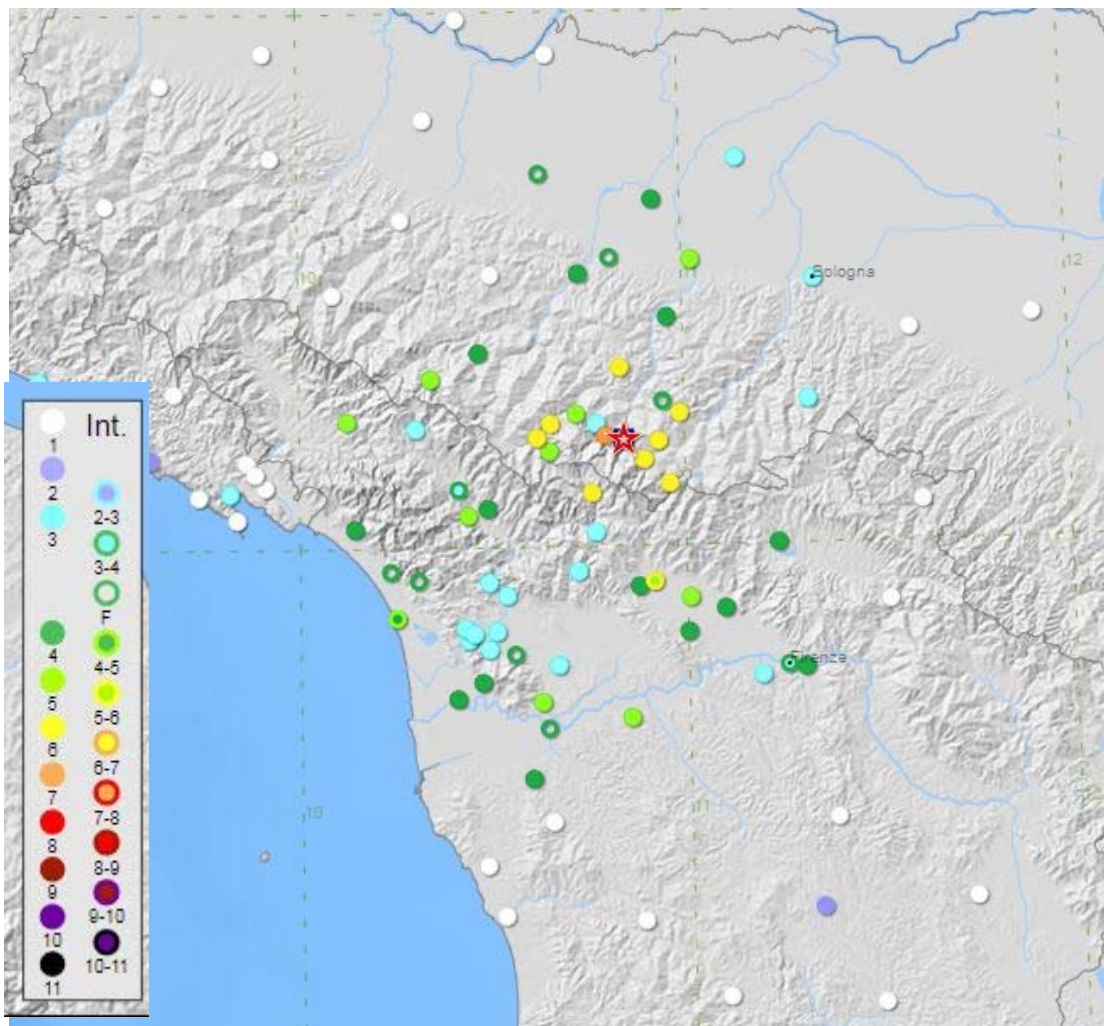
Questo dato, scaturito dall'elaborazione di innumerevoli serie storiche e registrazioni strumentali di eventi sismici, non indica la certezza che l'evento in questione sia l'unico possibile, ma solo che sia il più probabile tra tutti gli eventuali sismi.

21

Quanto finora detto è del tutto confermato dagli eventi storici le cui magnitudo raramente superano il 5° grado.

Appare tuttavia chiaro che, essendo le zone in esame ricomprese in aree sismogenetiche, sia più corretto attribuire alle aree studiate la magnitudo attesa da zonazione sismogenetica che varia tra 5,6 secondo quanto sopra riportato a 6.9 nel DISS3.3.0.

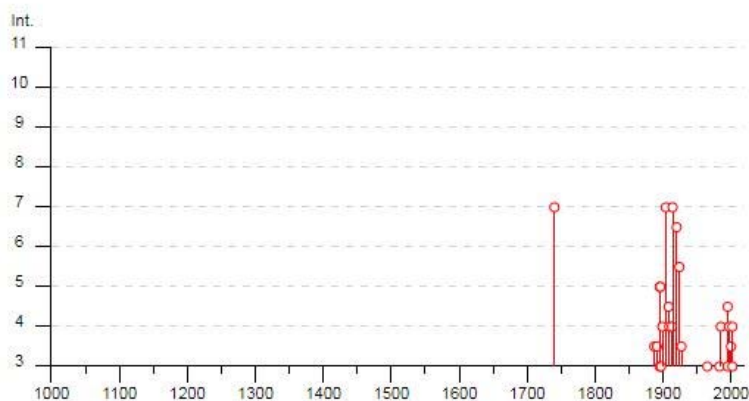
Riportiamo adesso i terremoti più recenti disponibili nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 v4.0 e quindi nel Database Macrosismico Italiano DBMI15 v4.0 per la località in studio:



PlaceID	Località	Sc	Lat	Lon	Int
IT_38313	Fanano		44.207	10.794	7
IT_43955	Cutigliano		44.100	10.757	6
IT_39661	Gaggio Montano		44.196	10.932	6
IT_39712	Granaglione	MS	44.116	10.959	6
IT_39828	Lizzano in Belvedere		44.161	10.894	6
IT_38865	Pavullo nel Frignano		44.334	10.834	6
IT_39664	Pietracolora		44.247	10.988	6
IT_38885	Pievepelago		44.204	10.617	6
IT_38993	Riolunato		44.230	10.652	6
IT_44294	Pistoia		43.933	10.915	5-6
IT_43935	Agliana		43.902	11.007	5
IT_46071	Bientina		43.710	10.620	5
IT_38358	Fiumalbo		44.179	10.648	5
IT_42408	Fivizzano		44.238	10.124	5
IT_43324	Galliciano		44.060	10.435	5
IT_37577	Ligonchio		44.316	10.342	5
IT_38697	Montecreto		44.248	10.718	5
IT_46470	San Miniato		43.679	10.849	5
IT_39173	Spilamberto		44.533	11.024	5
IT_43897	Viareggio		43.870	10.248	4-5
IT_46360	Asciano		43.748	10.467	4
IT_44659	Barberino di Mugello		44.002	11.238	4

Terremoto di Fanano: 10.06.1904**Fanano**

PlaceID IT_38313
Coordinate (lat, lon) 44.207, 10.794
Comune (ISTAT 2015) Fanano
Provincia Modena
Regione Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati 39

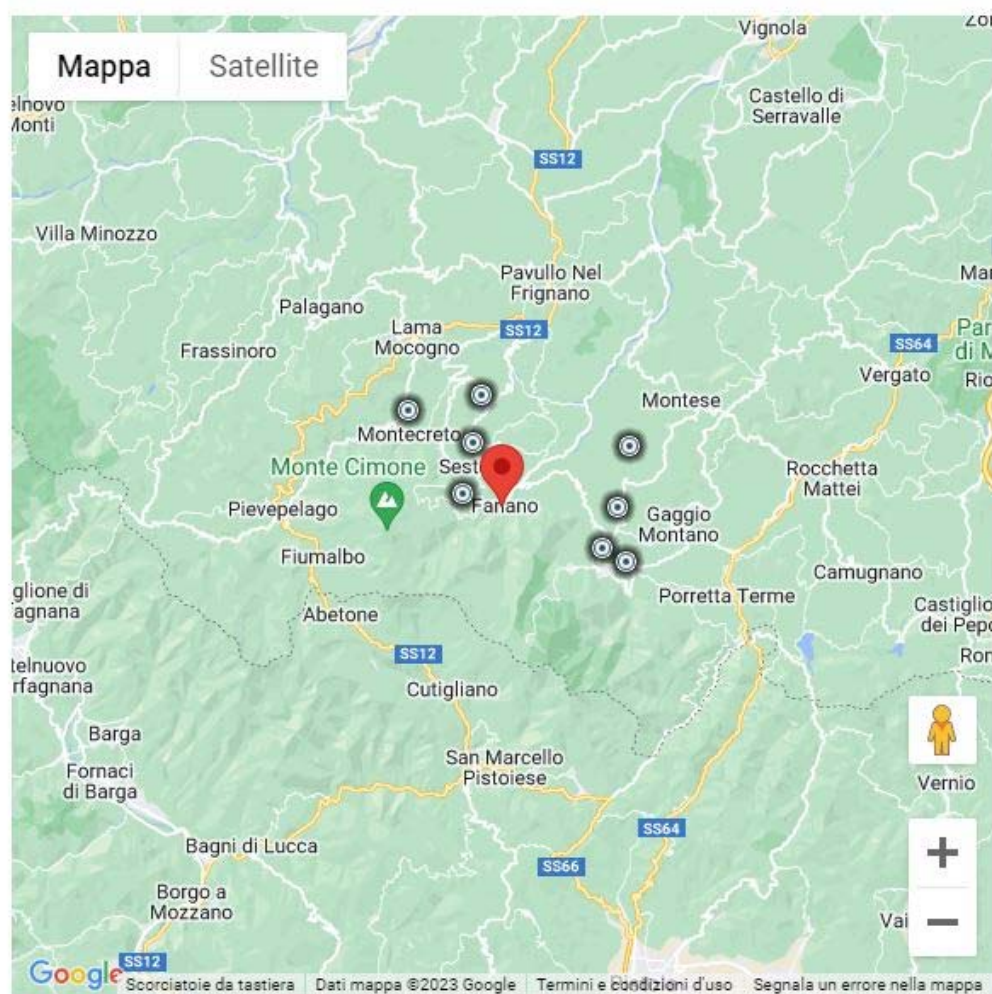


Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1740	03	06	05	40		Garfagnana	32	8	5.64
3-4	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3-4	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
2	1892	05	17	03	08	1	Carpinetti	28	5	4.28
3	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
5	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
5	1896	12	08	17	06	4	Sestola	26	5	4.33
3	1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
4	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
7	1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82
4-5	1908	06	02	22	30		Frignano	18	4-5	4.50
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
2-3	1911	09	13	22	29	0	Chianti	115	7	5.08
4	1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18
NF	1913	07	21	22	35		Appennino romagnolo	43	5-6	4.79
7	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
NF	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
6-7	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1923	06	28	15	12		Modenese	22	6	5.04
5-6	1924	06	12	21	03	4	Frignano	25	5-6	4.46
3-4	1927	11	20	10	24	1	Appennino reggiano	16	5	4.29
2	1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese	89	6	4.74
2	1956	05	26	18	40		Appennino forlivese	76	7	4.99
2	1956	06	03	01	45	5	Appennino forlivese	62	6	4.51
3	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17
3	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17
NF	1971	09	11	23	18	1	Pianura emiliana	15	5	4.19
3	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1985	01	23	10	10	1	Garfagnana	73	6	4.60
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
4-5	1995	08	24	17	27	3	Appennino pistoiese	56	6	4.45
NF	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
3	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
4	1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33
3-4	2000	10	03	01	12	3	Frignano	62	5	4.22
NF	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
4	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
3	2002	06	19	22	11	1	Frignano	52	3	4.03

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Canevare	1	3
Sestola	48	3
Castellaro	1	6
Montecreto	17	8
Querciola	1	8
Vidiciatico	1	8
Castelluccio	2	9
Lizzano in Belvedere	17	9

24



3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

L'assetto geologico e geomorfologico è stato ripreso dalla relazione illustrativa a corredo dello studio di Microzonazione Sismica di Secondo Livello a firma del Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio.

3.1 Inquadramento geologico

L'orogenesi appenninica si sviluppa a partire da processi che si svolgono dal Cretaceo superiore all'Attuale. In particolare le fasi tettoniche riconosciute sono: (Bettelli, Panini & Pizziolo, 2002):

- fase ligure: corrisponde alla chiusura dell'Oceano ligure; ha coinvolto i domini liguri interni ed esterni ed il dominio subligure a partire dal Cretaceo superiore sino all'Eocene medio, in seguito al quale inizia la sedimentazione epiligure dei bacini episuturali;
- fase subligure: dall'Oligocene superiore si assiste alla collisione delle zolle continentali europea e adriatica, con la messa in posto dei domini liguri e subliguri già tettonizzati.
- fase toscana: L'Unità tettonica della Falda Toscana è interessata essenzialmente da due fasi deformative (Fase Toscana): la prima, definita fase tangenziale o fase *sinnappe* (Oligocene superiore-Miocene inferiore), è considerata il più importante evento tettonico-metamorfico, perchè responsabile della strutturazione principale. Durante questa fase si ha l'individuazione e la strutturazione dell'Unità tettonica della Falda Toscana.

L'assetto geologico, stratigrafico e strutturale del territorio comunale di Fanano rientra nel più complessivo ambito del versante emiliano sud-orientale dell'Appennino settentrionale, facente parte dell'edificio a falde appenninico precedentemente descritto. Tale settore risulta contraddistinto da una spiccata complessità geologica, riferibili a domini paleogeografici diversi, rappresentate dall'Unità tettonica Monghidoro e Leo (Dominio Ligure), dall'Unità tettonica Modino-Cervarola e della Falda Toscana (Dominio Toscano). L'intero territorio comunale appartiene nella sua quasi totalità al foglio 251 "PORRETTA TERME" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 ed in piccola parte al foglio 236 "PAVULLO NEL FRIGNANO" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

Per le informazioni di seguito sinteticamente riportate si vedano soprattutto le note illustrative del foglio CARG 251 PORRETTA TERME (F. Botti, G. Daniele, F. Baldacci) e quelle del foglio CARG 236 PAVULLO NEL FRIGNANO (G. Bettelli et alii).

Ai fini di una migliore descrizione dell'assetto strutturale del settore analizzato e della sua evoluzione è stata fatta la scelta di distinguere unità tettoniche di vario rango e significato e differenziare con diverse simbologie i relativi contatti basali.

Le unità tettoniche principali, caratterizzate da un elevato grado di alloctonia, sono delimitate da contatti di primo ordine (sovrascorrimenti principali precoci), che separano successioni appartenenti a domini paleogeografici differenti (od a porzioni di essi). Le unità tettoniche o le porzioni di successioni stratigrafiche, al loro interno sono talora segmentate e/o localmente raddoppiate da contatti secondari precoci, responsabili di spostamenti di limitata entità (generalmente inferiore a un Km).

All'interno delle unità tettoniche sono talora presenti contatti secondari precoci, responsabili di spostamenti di limitata entità, che segmentano o raddoppiano localmente le stesse porzioni di successioni stratigrafiche. Questi contatti sono particolarmente frequenti ed evidenti nell'Unità Modino-Cervarola, che si sedimenta sulla porzione più esterna del prisma, registrandone pertanto contemporaneamente la progressiva deformazione. L'impilamento delle differenti unità e sottounità tettoniche è a sua volta segmentato e scomposto in elementi tettonici, da superfici che risultano tardive in rapporto all'individuazione dei contatti che delimitano le unità tettoniche; essi sono caratterizzati da un minor grado di alloctonia rispetto alle unità tettoniche.

La strutturazione del settore di catena appenninica nell'area del Foglio 251 può essere associata a due distinti processi deformativi.

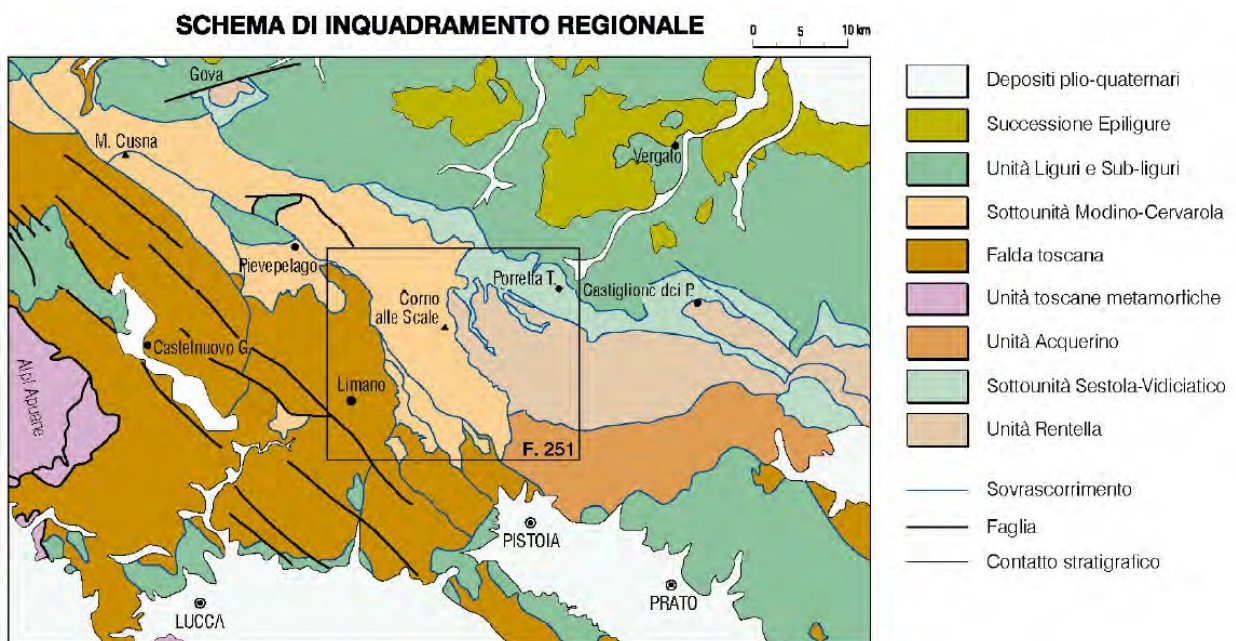
Il primo, a carico del Dominio Ligure e legato alla chiusura dell'Oceano ligure-piemontese, ha comportato l'individuazione e strutturazione delle Unità Liguri, protraendosi fino all'Eocene medio-superiore. Queste fasi tettoniche sono sigillate dalla deposizione della Successione Epiligure.

Il secondo, legato alla collisione continentale, è scandito da tre “eventi deformativi”: il principale e più precoce, tra l'Oligocene superiore ed il Miocene superiore, ha comportato la messa in posto delle Unità liguri e sub-liguri sui domini più esterni e l'individuazione delle unità tettoniche toscane e toско-umbre. Il secondo ha segmentato gli insiemi Falda toscana/Sottounità Modino-Pievepelago e Unità Rentella/Sottounità Sestola-Vidiciatico (solo più raramente le Unità liguri) in “elementi tettonici”, il cui grado di alloctonia è dell'ordine di qualche decina di chilometri. Nelle zone più esterne (Dominio toско-umbro) questo evento, pur ritagliando e ripiegando i contatti tettonici principali, potrebbe essere considerato praticamente congenere (essendo legato alla stessa fase di raccorciamento) al più precoce, configurando un modello di duplex e una sequenza tipo piggy back nell'ordine di individuazione dei thrust come già ipotizzato in Plesi (2002).

In sintesi le unità litostratigrafiche che costituiscono la fascia dell'alto appennino modenese, al quale appartiene il territorio di comunale, sono attribuite, dall'alto in basso in senso stratigrafico, a:

- o Unità Quaternarie continentali;
- o Unità Liguri;
- o Dominio Toscano;

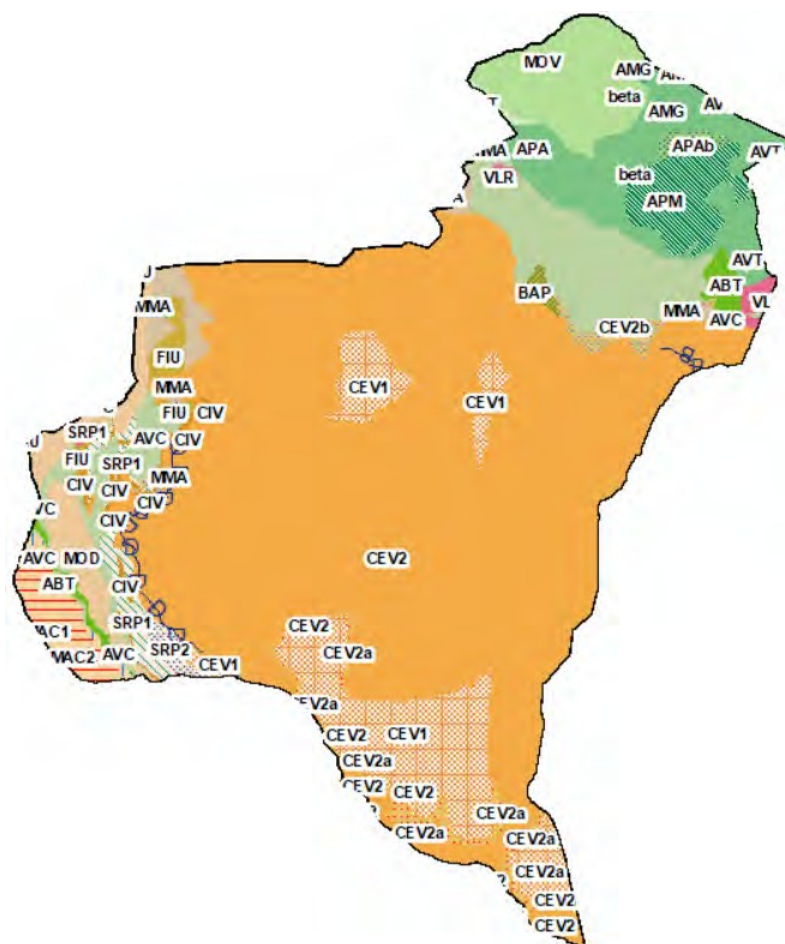
Quanto sopra descritto si può riscontrare nello schema geologico semplificato di cui sotto:



Le formazioni affioranti, riportate nella carta geologica semplificata del comune di Fanano, appartengono al Dominio Ligure (le formazioni rappresentate in carta con tonalità di verde) ed alla Serie Toscana (formazioni rappresentate in carta con tonalità di giallo pallido/verde pallido/marrone).

Le formazioni appartenenti al Dominio Ligure vengono suddivise in due tipologie distinte: le formazioni flyschoidi, rappresentate prevalentemente da litologie calcareo-marnose, e le formazioni pre-flysch, rappresentate essenzialmente da litologie a dominate argillosa.

Le litologie della Serie Toscana sono rappresentate da formazioni flyschoidi arenaceo-pelitiche, areniti, marne e marne calcaree, brecce poligeniche, argille, argilliti e argilliti-marnose.



La serie litostratigrafica delle successioni locali è riferita a quella adottata dal progetto CARG., Carta Geologica Regione Emilia Romagna. La descrizione dei tipi litologici delle successioni presenti nel territorio sono schematicamente di seguito descritte relativamente alle caratteristiche litotecniche salienti, riportate nella legenda della tav. 8.2: “Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica”.

Si riportano di seguito la descrizione delle unità litostratigrafiche:

UNITÀ QUATERNARIE CONTINENTALI

SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES) (*Pleistocene medio?-Olocene*)

Unità alluvionale costituita da sedimenti grossolani e fini, talora intensamente pedogenizzati, con alla base una superficie di discontinuità nel margine appenninico e nell’alta pianura, passante a una superficie di continuità nel sottosuolo della pianura, su AEI. Sintema parzialmente suddiviso in subsintemi limitati, in affioramento, da scarpate di terrazzo fluviale e paleosuoli e nel sottosuolo della pianura da bruschi contatti fra depositi fini alluvionali e palustri su depositi grossolani di conoide e di piana alluvionale.

SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8) (Olocene età radiometrica della base: 11.000-8.000 anni)

Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Potenza fino a oltre 25 m..

AES8a - UNITA' DI MODENA (Post-VI secolo dC.)

Depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C..

Potenza massima di alcuni metri (< 10 m).

Nel territorio comunale la presenza delle unità quaternarie continentali è limitata lungo i principali corsi d'acqua.

LIGURIDI**Flysch e formazioni post-Flysch****FORMAZIONE DI MONTE VENERE (MOV) (Campaniano sup. - Maastrichtiano)**

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Contatto inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 900 m.

Formazioni pre-Flysch**ARENARIE DI MONTE GABBA (AMG) (Cenomaniano - Turoniano)**

Litareniti da medie a grossolane fino a microconglomeratiche, grigie, in strati da medi a molto spessi, spesso amalgamati. Rari strati molto sottili di pelite siltosa nerastra. Rapporto A/P >> 1. Contatto tettonizzato con AVT. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza parziale di 150 m circa.

ARGILLE VARICOLORI DI CASSIO (AVV) (Cenomaniano sup. - Campaniano sup.?)

Argilliti scure, rossastre o rosate, verdi e nerastre, con stratificazione (quando preservata) da molto sottile a sottile, in cui si intercalano livelli sottili di torbiditi arenaceo-pelitiche grigie, calcilutiti silicee grigiastre o verdognole gradate in strati da medi a spessi e calcilutiti marnose spesse grigio chiaro, litareniti grossolane in strati da medi a spessi e microconglomerati con elementi di basamento cristallino. Elevato grado di tettonizzazione che rende quasi irriconoscibile l'originaria stratificazione, generalmente sostituita da un pervasivo clivaggio scaglioso. Ambiente di sedimentazione pelagico e profondo, con apporti torbiditici. Lo spessore stratigrafico è difficilmente determinabile per l'intensa tettonizzazione; la potenza affiorante è variabile, può raggiungere i 200 m.

ARGILLE VARIEGATE DI GRIZZANA MORANDI (AVT) (Cenomaniano sup.? - Santoniano sup.?)

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scure o nere mangesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Formazione intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento. Contatto inferiore non preservato. Pelagiti e torbiditi distali di ambiente di piana abissale. Potenza fino a 200 m circa.

ARENARIE DEL POGGIO MEZZATURE (APM) (Santoniano sup. - Campaniano inf.)

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a molto spessi costituiti di arenarie grigio-verdastre medie o grossolane, a luoghi microconglomeratiche, passanti ad arenarie fini e ad argille grigio-verdi. Rapporto A/P >1. Contatto inferiore tettonizzato su AVT. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza di alcune centinaia di metri.

ARGILLE A PALOMBINI (APA) (Barremiano - Turoniano?)

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcere quasi sempre >1. La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati". All'interno della formazione sono talora presenti lembi di basalti (β) e serpentiniti (Σ).

UNITA' TOSCANE**Successione Cervarola*****ARENARIE DI MONTE CERVAROLA (CEV) (Burdigaliano)***

Torbiditi arenacei in strati spessi alternate con pebbly sandstone e potenti depositi da slumping, passanti in alto a sequenze di torbiditi più sottili. Alimentazione prevalente da rocce granitico-gneissiche. Deposito di bacino torbiditico e di margine di bacino.

-MEMBRO DEL TORRENTE FELLICAROLO (CEV2)

Strati torbiditici spessi circa 50 cm, a base arenitico fine-siltitico e tetto marnoso ben sviluppato; nella parte alta strati metrici a base arenitica grossolana e sottile tetto marnoso. Al tetto è presente un deposito da slumping (sl), spesso circa 30- 40 m, caratterizzato, nella parte medio-bassa dalla presenza di un livello a ciottoli poligenici (calcari, marne, graniti e rocce metamorfiche) in matrice sabbioso-marnosa.

-MEMBRO DEL T. DARDAGNA (CEV1)

Torbiditi grossolane in strati spessi e molto spessi alternati con torbiditi siltitico-pelitiche in strati sottili e medi, depositi da *slumping* e *debris flow* spessi anche diversi metri. Spessore di alcune centinaia di metri.

FORMAZIONE DI SERPIANO (SRP) (Aquitaniiano)

Torbiditi arenacee a grana fine in strati di potenza media e interstrati pelitico marnosi relativamente spessi passanti in basso a torbiditi di grana siltitica in strati sottili. Liste di selce nera. Deposito di margine di bacino torbiditico. Passaggio graduale alle Marne di Civago, dove affioranti. Potenza di alcune centinaia di metri.

-MEMBRO DI CASTELLINO (SRP2)

Arenarie torbiditiche a grana fine o molto fine in strati sottili e medi intercalati a siltiti e peliti marnose relativamente spesse con $A/P < 1$. Locale presenza di liste di selce nera. In aree limitrofe passaggio graduale con le sottostanti siltiti del membro dei Poggi di Fontanaluccia.

-MEMBRO DEI POGGI DI FONTANALUCCIA (SRP1)

Torbiditi siltitico-pelitiche e marnoso-pelitiche in strati sottili e medi. Livelli di selce nera in liste, frequenti soprattutto nella parte inferiore. Nella parte bassa localmente presenti brecce argillitico-calcaree a elementi liguri e sub-liguri, originate da *debris flow* (litofacies a brecce - SRPa).

MARNE DI CIVAGO (CIV) (Aquitaniiano)

Marne grigio-cenere, spesso siltose, a stratificazione mal distinguibile. Localmente livelli di selce nera. Intercalazioni di sottili strati arenacei discontinui anche di origine vulcanoclastica, di livelli arenitici grossolani a matrice marnosa con abbondante glauconite risedimentata, di brecce argillose. Deposito di scarpata. Contatto inferiore discordante sulle successioni sottostanti. Spessore di 50-100 m.

LITOFACIES A BRECCIE DEL RIO RUMALE (CIVa)

Orizzonti plurimetri di breccie grossolane poligeniche ad elementi per lo più argillitici e calcarei. Intercalate nella parte bassa delle Marne di Civago.

34

Successione Modino

ARENARIE DEL MONTE MODINO (MOD) (Chattiano p.p. - Aquitaniano) Torbiditi arenaceo-pelitiche, grigie, in strati da sottili a spessi, costituiti da una base arenacea fine passante a pelite con rapporto A/P ~ 1. Si alternano pacchi di strati da medi a spessi costituiti di arenarie medie o grossolane con al tetto, a luoghi, peliti spesse pochi centimetri. Rapporto A/P generalmente >1.

Le torbiditi a composizione mista o calcarenitico-marnose sono piuttosto rare. Contatto inferiore per alternanze su MMA nell'area tipo. Potenza di alcune centinaia di metri.

ARENARIE DI VALLORSARA (VLR) (Chattiano p.p - Aquitaniano)

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a medi, raramente spessi, con arenarie fini e finissime grigie, o siltiti, passanti a marne grigiastre. Rapporto A/P generalmente

<1. Intercalazione di intervalli relativamente spessi di torbiditi pelitico-marnose grigio-rosate. Frequenti depositi da slumping di spessore non elevato. Torbiditi di margine di bacino. Passaggio per alternanza su MMA. Potenza parziale massima di 200 m circa.

MARNE DI MARMORETO (MMA) (Rupeliano p.p. - Chattiano p.p)

Marne, marne siltose e marne calcaree, grigie, a stratificazione mal visibile con rare intercalazioni di siltiti ed arenarie fini grigio-chiare, giallastre per alterazione, anche di origine vulcanoclastica. Nella parte basale è talora presente un livello spesso pochi metri costituito da torbiditi a base arenacea molto fine e tetto marnoso. Contatto inferiore discordante su FIU e su AVC. Deposito di scarpata. Spessore massimo di circa 100 m.

- LITOFACIES A BRECCIE DEL RIFUGIO BATTISTI (MMAa)

Nella parte basale delle Marne di Marmoreto. Breccie grossolane originate da debris flow talora grossolanamente stratificate. Clasti argillitici e calcarei di origine ligure-subligure in matrice argillitica scura.

ARGILLE DI FIUMALBO (FIU) (Bartoniano - Rupeliano)

Argille, argilliti e argilliti-marnose grigio-scuere, verdastre e rosse con stratificazione poco evidente, con intercalazioni di sottili strati gradati di siltiti e areniti finissime e fini, grigio-verdastre, o di straterelli calcarenitico-marnosi nella parte bassa. Nella parte alta argilliti marnose grigio-cenere con intercalazioni di siltiti e areniti fini in strati sottili. Depositi pelagici emipelagici e torbiditici fini distali. Contatto stratigrafico discordante sulle successioni sottostanti o tettonizzato. Spessore massimo 200-300m.

-LITOFACIES A BRECCIE DI RICCOVOLTO (FIUa)

Breccie argillitico-calcaree ad elementi liguri (calcarei micritici, calcareniti, areniti fini e siltiti) originate da debris flow al contatto fra le Argille di Fiumalbo e le successioni liguri sottostanti. Matrice argillosomarnosa scura, localmente rossastra.

-MEMBRO DEL M. SASSOLERA (FIU1) (Priaboniano - Rupeliano)

Arenarie litiche da medie a grossolane, localmente microconglomeratiche, in strati da medi a molto spessi, spesso amalgamati, di colore grigio-verdastro, alimentate da successioni granitico-gneissiche e da successioni di tipo ligure. Talora al tetto degli strati intervallo centimetrico di argilla grigio-verde. Rapporto A/P stimato $>>1$. Potenza geometrica massima fino a 200 metri. Depositi torbiditici prossimali.

BRECCE ARGILLOSE POLIGENICHE (BAP) (Cretaceo inferiore - Oligocene)

Brecce poligeniche a matrice argillosa nerastre o grigiastre, con clasti di calcari micritici grigio-giallastri, talora selciferi, siltiti nerastre, calcareniti, calcari marnosi grigi, areniti e marne calcaree grigie. Stratificazione indistinta. Depositi di colate miste di fango e detrito (*debris flow*) in ambiente marino profondo. Interdigitazione con AVC, FIU e MMA. Potenza variabile da 0 a 100 m.

FORMAZIONE DELL'ABETINA REALE (ABT) (Campaniano sup - Paleocene inf?)

Torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessia molto spessi, localmente plurimetrici, alternate a torbiditi a base arenitica fine e siltitica e tetto argilloso grigio-scuro in strati sottili e medi. Subordinate calcilutiti silicee in strati da medi a spessi grigio-bluastri.

Locali intercalazioni di brecce poligeniche e arenarie silicoclastiche e ofiolitiche. Torbiditi di ambiente marino profondo. Passaggio discordante alla formazione sottostante; contatti tettonici prevalentemente con AVC. Potenza di 200-300 m circa.

FORMAZIONE DEL FOSSO DELLA CA' (AFC) (Campaniano sup.)

Alternanze di torbiditi arenaceo-pelitiche e marnoso-pelitiche in strati sottili e di brecce poligeniche (clasti di basalti, serpentiniti, calcari, argilliti selci e diaspri), in banchi spessi fino a qualche metro, intercalate a peliti grigio scure o nerastre manganesifere. Localmente distinta una **litofacies a brecce ofiolitiche (AFCa)**. Discordanti sulla successione sottostante. Depositi di ambiente marino profondo. Spessore massimo di circa 200 m.

ARGILLITI VARIEGATE CON CALCARI (AVC) (Hauteriviano - Cenomaniano inf.)

Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al

tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Argilliti brune o verdine più raramente varicolori intercalate a strati siltoso-calcarei o arenarie fini gradate. Breccie argillitico-calcaree a prevalenti clasti di calcari tipo palombini. Rapporto A/C >1.

Deposito di ambiente marino profondo. Contatto inferiore generalmente non affiorante. Potenza fino a circa 300 m.

37

- LITOFACIES A BRECCIE OFIOLITICHE (AVCa)

Lenti di breccie poligeniche con clasti ofiolitici e subordinatamente calcarei e diasprini; presente nella parte bassa della formazione.

Falda Toscana

MACIGNO (MAC) (Chattiano - Aquitaniano)

In basso torbiditi arenaceo-pelitiche in strati sottili (pochi metri). Nella parte intermedia arenarie in strati spessi e molto spessi a base grossolana con scarse peliti. Nella parte alta della successione torbiditi piano parallele (talora a base calcarenitica bioclastica e tetto pelitico-marnoso) in strati medi e spessi, alternate a torbiditi più sottili. Spessore massimo di circa 1000 m.

-MEMBRO ARENACEO - PELITICO (MAC2)

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da medi a spessi, più frequenti nella parte bassa del membro, cui si intercalano intervalli metrici e decametrici di torbiditi sottili per lo più siltitico-pelitiche. In prossimità del contatto con il membro arenaceo sottostante sono inoltre presenti alcune torbiditi a base arenacea e tetto marnoso piuttosto sviluppato (A/P $\approx$ 1). Il tetto stratigrafico di questo membro è tagliato da contatti tettonici. Depositi torbiditici. Spessore massimo di circa 250 m.

-MEMBRO ARENACEO (MAC1)

Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche organizzate in banchi spessi e molto spessi, frequentemente amalgamati, a grana per lo più grossolana, di colore grigio alla frattura fresca, giallo-ocraceo all'alterazione, cui si intercalano strati arenaceo-

pelitici di spessore medio e sporadici intervalli decimetrici di torbiditi sottili siltitico-pelitiche. Il passaggio al membro sovrastante è contraddistinto dalla presenza di almeno 5 torbiditi arenacee amalgamate spesse complessivamente circa 50 m. Depositi torbiditici. Spessore massimo di circa 1100 m.

3.2 Inquadramento geomorfologico

Il presente capitolo descrive i caratteri geomorfologici del comune di Fanano, con particolare attenzione alle forme e ai processi che possono determinare fenomeni di instabilità e pericolosità del territorio.

La geomorfologia dell'area in oggetto è condizionata dalle unità stratigrafico deposizionali affioranti; in particolare, come messo in evidenza nel paragrafo relativo alla geologia, il territorio è caratterizzato dalla presenza di unità litologiche prevalentemente calcareo- marnose e arenaceo-pelitiche, a prevalente componente litoide, poggianti su unità a componente prevalentemente argillosa presenti in numero abbastanza ridotto, quindi facilmente degradabili, affioranti nell'intorno.

La dorsale principale (Libro Aperto - Corno alle Scale) presenta caratteri di asimmetria complessi, caratterizzata da una netta rottura di pendio in corrispondenza del contatto tra le formazioni arenacee (Arenarie di Monte Cervarola e Arenarie di Monte Modino) e quelle a dominante argillitica (successione basale dell'Unità Modino e Unità Liguri); lungo tale evidente lineamento morfologico, si sono impostati importanti movimenti franosi e DGPV, i cui ripiani hanno favorito, l'insediamento dei paesi e delle borgate.

Il Lago di Pratignano, per la sua caratteristica forma allungata e la sua peculiare ubicazione sulla sommità di una dorsale montuosa, può analogamente essersi originato in una depressione legata allo sdoppiamento di crinale, dovuta a un DGPV tipo Sackung ("insaccamento"); questo meccanismo prevede infatti una cinematica estensionale con

formazione di una morfo-struttura a semigraben, oppure a “infossamento” di un cuneo roccioso. È da notare che la posizione di questo specchio d’acqua rende il suo bacino di alimentazione molto limitato e ciò ne determina la mancanza di un emissario, nonché la variabilità della sua profondità ed estensione.

Il substrato roccioso di questa zona è costituito quasi esclusivamente dalla formazione arenacea del M. Cervarola - CEV2, il cui elevato grado di franosità intrinseca (massimo tra le formazioni arenacee), combinato con prevalenti giaciture a franapoggio e con le sfavorevoli condizioni climatiche, ha determinato un modellamento essenzialmente gravitativo su ampi tratti di versante. In particolare, sul versante destro del T. Fellicarolo e sull’interfluvio tra il T. Ospitale e il Fosso della Mirandola, suo affluente di sinistra, si sono formati veri e propri sistemi di frane multiple, composti sia da frane antiche che recenti e attuali, intrecciate a colate detritico-fangose. Le prime sono perlopiù classificabili come frane complesse, originate da meccanismi traslativi o roto- traslativi, con notevole sviluppo dei corpi formati dal conseguente movimento di colamento. Le seconde hanno invece origine perlopiù erosionale, come è dimostrato dalla quasi totale assenza di nicchie di distacco nel loro bacino di alimentazione, e sono caratterizzate dalle notevoli dimensioni degli apparati deposizionali che ne derivano. Ciò è da attribuire alla grande disponibilità di materiale incoerente, altamente erodibile, che costituisce i corpi di frana.

La disposizione dei suddetti sistemi di corpi di frana simula un pattern idrografico; ciò implica che l’evoluzione dei versanti deve essersi compiuta durante due cicli, in ognuno dei quali si è creata una rete di canali tra i corpi allungati delle colate. Il reticolo idrografico così formato, che possiamo definire di origine gravitativa anziché erosiva, è stato utilizzato come sistema di canali di trasporto dalle colate detritico-fangose; queste sono, quindi, solo in parte singenetiche e in parte successive al sistema delle frane multiple. È infine da mettere in evidenza che gli apparati dei coni misti sono localizzati preferenzialmente sui versanti, invece che alla loro base; ciò è dovuto al modellamento morfo-gravitativo dei versanti stessi, che implica forme irregolari, caratterizzate da rotture di pendio, ripiani e contropendenze, cioè da luoghi più favorevoli per il deposito dei coni misti.

La morfologia di quest’area è anche caratterizzata da forme e processi peculiari, quali accentuata acclività dei versanti, ripidi crinali, orli di scarpata. Questi ultimi sono suddivisi, in orli aventi scarpate comprese tra 10 e 20 m e maggiori di 20 m. In particolare, gli orli più significativi sono presenti nell’area meridionale del territorio, fino al crinale e risultano

scolpite entro le differenti formazioni flyschoidi. Gli orli summenzionati sono identificabili come forme strutturali, poligeniche, modellate a partire dal Pleistocene medio, ad opera di processi di degradazione selettiva legate all'erosione. Negli affioramenti costituiti da alternanze di litotipi competenti e marnoso-pelitici, è possibile osservare, a volte, esempi significativi di morfoselezione, cioè del fenomeno per cui gli agenti di degradazione di un corpo roccioso intervengono in modo più o meno spinto su differenti tipi litologici.

I litotipi argillosi sono tra le rocce meno resistenti all'erosione e risultano pertanto particolarmente deboli in rapporto ai processi erosivi, soprattutto di tipo meccanico.

A tale scopo è utile sottolineare che il massimo grado nella suddetta scala di franosità estesa al territorio comunale è da assegnare alle prevalenti componenti argillose/argillitiche delle unità liguri. Esse sono infatti costituite prevalentemente da complessi argillitici e siltitico-pelitici, con subordinate intercalazioni arenacee, calcaree e calcareo-marnose. Tali intercalazioni litoidi, anziché conferire una maggiore stabilità alla compagine rocciosa nel suo insieme, giocano un ruolo inverso alle loro specifiche buone proprietà meccaniche; esse favoriscono infatti la penetrazione delle acque meteoriche, determinando processi di alterazione con conseguente decadimento della stabilità dell'ammasso roccioso. Il grado di franosità delle suddette unità ad affinità ligure è inoltre accentuato dal fatto che esse presentano in generale un'elevata tettonizzazione, in quanto sono state soggette a una storia deformativa più prolungata, rispetto a quella delle formazioni appartenenti agli altri domini paleogeografici.

Il substrato così definito, per l'area in esame, da origine a fenomeni di ruscellamento e a grandi fenomeni franosi con differenti superfici di scivolamento anche profonde la cui tipologia è riconducibile a frane per colata, scivolamento o dovute alla combinazione di queste ultime due.

In particolare si rilevano:

- ruscellamento diffuso ed erosione laminare;
- ruscellamento concentrato ed erosione a rivoli: tale processo deriva da un'evoluzione del ruscellamento diffuso;

- frane per scivolamento: si tratta di movimenti in massa che comportano uno spostamento per taglio lungo una o più superfici di scorrimento, oppure entro un livello sufficientemente sottile; i movimenti possono essere rotazionali o traslativi; è possibile individuare frane per scivolamento attive e quiescenti;

- frane per colata: il fenomeno è caratterizzato da movimenti di materiali sciolti entro la massa spostata, tali per cui la forma assunta dal materiale in movimento o la distribuzione apparente delle velocità e degli spostamenti è assimilabile a quelle dei fluidi viscosi; anche in questo caso si possono individuare frane attive e quiescenti;

- contropendenze: in terreni interessati da movimenti di massa, quali frane per colata e soliflusso, è possibile individuare dei tratti di versante in contropendenza e con avvallamenti, rispetto all'andamento generale. Questo si determina per l'accumulo gravitativo di materiali detritici, messi in posto per soliflusso e per frana;

- orli di scarpata di degradazione: in corrispondenza di fenomeni di frana è possibile individuare un orlo di scarpata, corrispondente alla scarpata principale presente in coronamento; spesso tali orli, soprattutto per frane quiescenti, risultano oblitterati dalla rivegetazione del versante, pertanto la loro individuazione è risultata spesso incerta.

Oltre agli orli di scarpata fluviale, le forme più tipicamente legate alla presenza di un corso d'acqua sono rappresentate dai terrazzi fluviali. In particolare sono stati individuati differenti ordini di terrazzi in adiacenza al Torrente Leo, Al Torrente Ospitale ed al Torrente Fellicarolo.

Detti depositi sono organizzati in cicli sedimentari costituiti da ghiaie sabbiose alla base che passano a sabbie limose e quindi a limi sabbiosi verso l'alto. Tali corpi sedimentari occupano in genere i fondovalle e la parte inferiore dei versanti dove costituiscono terrazzi elevati di 5 - 10 m rispetto all'alveo attuale nelle fasce prossime agli assi idrici superficiali.

I depositi terrazzati in narrativa sono riferibili al sintema AES8 ,unità AES8a, Non sono stati riconosciuti depositi alluvionali più antichi. La causa di ciò è probabilmente correlata all'elevato grado di erodibilità del substrato, dovuta alla natura prevalentemente argilloso- marnosa e all'intensa fatturazione, che ha impedito la conservazione dei terrazzi più antichi di solito a quote maggiori.

Infine esaminando il crinale appenninico si osserva come i circhi glaciali siano scolpiti nella parte dei versanti. I circhi individuati si concentrano nel tratto Libro Aperto-Cima Tauffi-I Balzoni. I circhi rilevati hanno forma aperta con ali non molto sviluppate e non è facilmente individuabile la soglia, in alcuni casi probabilmente sepolta al di sotto di depositi periglaciali e gravitativi di versante.

Anche i depositi morenici sono stati rilevati esclusivamente nel versante emiliano ed in particolare nella valle del Fosso della Mirandola, affluente di sinistra del T. Ospitale; essi presentano le caratteristiche tessiturali tipiche dei depositi glaciali, con clasti eterometrici prevalentemente arenacei sub-arrotondati ed una matrice sabbioso-limosa. Il deposito glaciale principale, che si estende da 950 fino a 1325 metri circa, risulta rimodellato da frane e debris flows, sia antichi sia recenti ed attuali che ne hanno ampiamente modificato la forma originaria. Questo deposito, come anche quello rilevato fra 1400 e 1600 m circa, era alimentato dai ghiacciai che scendevano dai circhi che insistono sulla testata della valle e che si riunivano a formare un'unica lingua estesa fino a 950 m, quota più bassa a cui sono stati trovati depositi morenici.

L'assenza di depositi morenici nella valle del T. Fellicarolo, nonostante i diversi circhi presenti alle testate vallive del suo bacino di alimentazione, può trovare spiegazione nell'esteso e potente deposito fluvioglaciale rilevato fra le quote 1025 e 1425m. E' possibile ipotizzare che durante le fasi di ritiro delle varie lingue glaciali la grande disponibilità di acqua derivante dall'ablazione abbia facilitato la totale rielaborazione dei depositi morenici, con la conseguente formazione di un rilevante apparato fluvioglaciale.

4. Dati geotecnici e geofisici

Per lo studio di Microzonazione Sismica di livello 3° sono indispensabili la raccolta, l'archiviazione organizzata dei dati pregressi e la realizzazione di nuove specifiche indagini.

Nel caso specifico il Comune di Fanano era già provvisto di indagini d'archivio pregresse che ci sono state fornite dal Servizio Sismico Regionale e dall'Ufficio tecnico comunale.

In occasione del presente studio abbiamo realizzato numerose indagini geognostiche e geofisiche per caratterizzare al meglio dal punto di vista sia geotecnico che sismico il territorio in esame.

Il lavoro di ricerca bibliografica e di archivio ha messo a disposizione le seguenti indagini geognostiche e geofisiche disposte abbastanza omogeneamente nei centri urbani di Fanano e Fellicarolo:

43

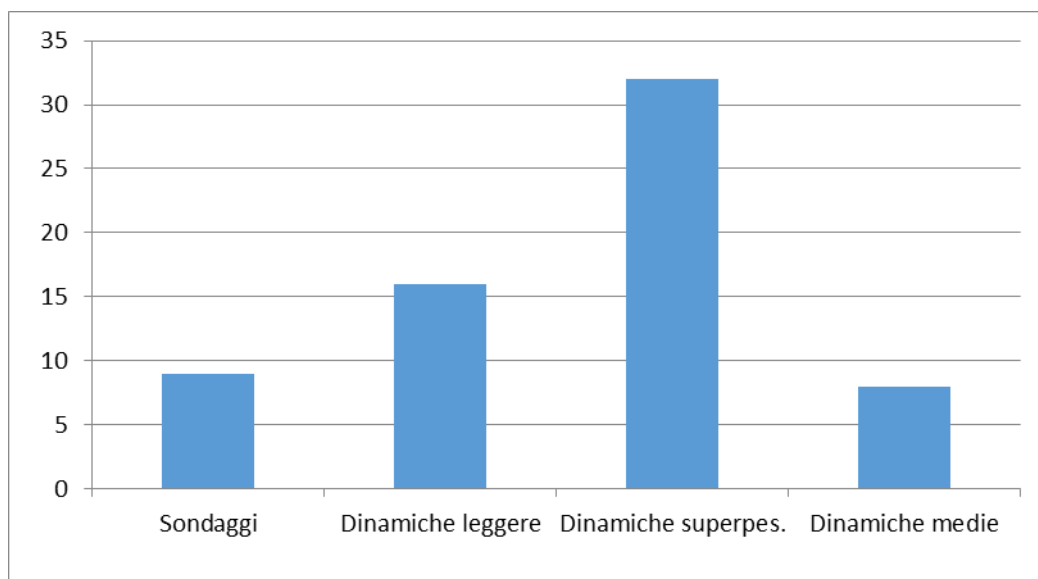
- 58 prove HVSr;
- 32 prove penetrometriche dinamiche superpesanti;
- 8 prove penetrometriche dinamiche medie;
- 16 prove penetrometriche dinamiche leggere;
- 9 sondaggi geognostici;
- 34 prove MASW;
- 5 ReMi;
- 4 Sismiche a rifrazione;
- 28 ESAC;
- 14 FTAN.

Per il 3° livello di approfondimento sono state eseguite ulteriori indagini, in particolare:

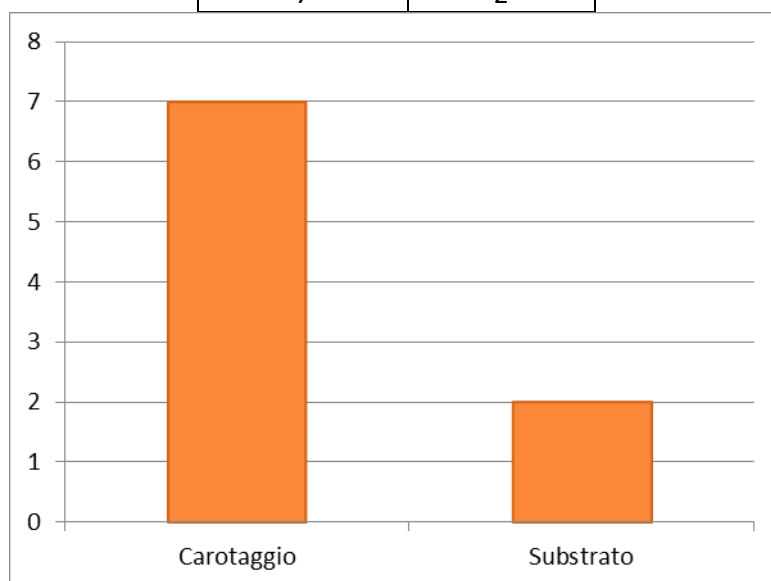
- 30 prove HVSr;
- 30 profili MASW;
- 10 prove ESAC;
- 10 sismiche a rifrazione.

Per quanto riguarda le indagini geotecniche possiamo vedere che la tipologia di indagini che più frequentemente è stata effettuata è la prova penetrometrica dinamica superpesante seguita dalle dinamiche leggere.

Prove geotecniche			
Sondaggi	Dinamiche leggere	Dinamiche superpes.	Dinamiche medie
9	16	32	8

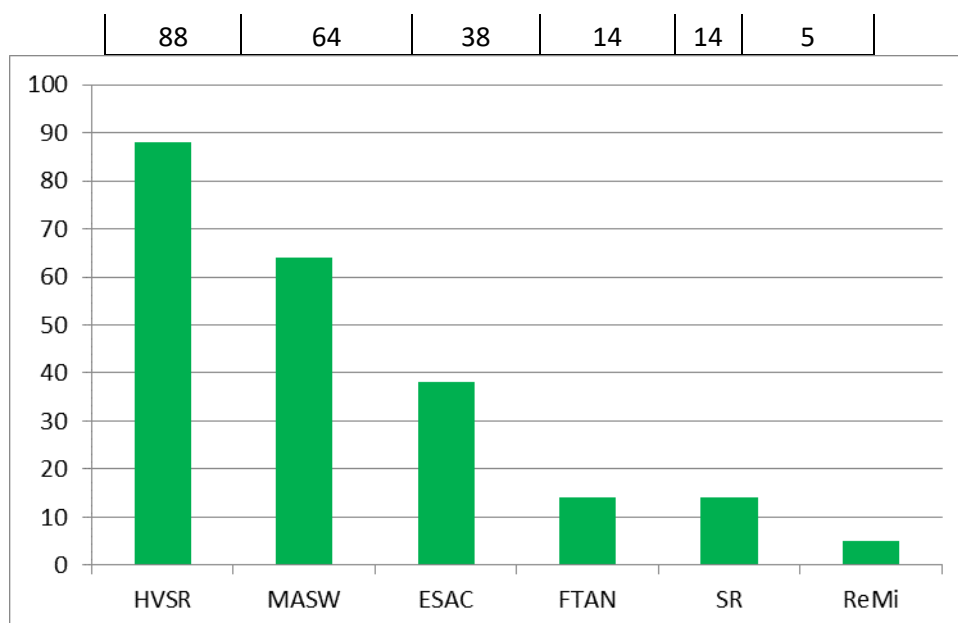


Differenziazione sondaggi	
Carotaggio	Substrato
7	2



L'elenco relativo alle indagini geofisiche mostra che le prove maggiormente presenti sul territorio sono gli HV, tale indagine risulta infatti veloce da realizzare e richiede minimi spazi d'esecuzione.

Prove geofisiche					
HVSR	MASW	ESAC	FTAN	SR	ReMi



5. Modello del sottosuolo

La costruzione della “Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica” ha riportato tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate da informazioni esistenti desunte dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna ed in possesso del Servizio Geologico Regionale, da ulteriori studi effettuati a livello del territorio comunale in fase di formazione dei vari piani urbanistici comunali e dal presente studio.

Questi dati sono stati necessari alla definizione del modello di sottosuolo per l'intero territorio comunale e propedeutici per la definizione in chiave sismica degli effetti attesi al suolo.

La conformazione locale del territorio comunale può essere suddiviso in due macrodomini: il Dominio Ligure e la Successione Toscana come peraltro più dettagliatamente descritto nel capitolo relativo alla geologia.

La quasi totalità del territorio comunale è caratterizzato da formazioni appartenenti alla successione del Dominio Toscano. Tali formazioni autoctone costituite da flysch arenaceo-pelitici, marne, marne argilloso-siltose e argilliti, costituiscono il materiale lapideo stratificato, la cui stratificazione e fratturazione è influente sulle caratteristiche di rigidità dell'ammasso roccioso stesso. Le unità litologiche inoltre denotano sensibile variabilità laterale, all'interno della stessa formazione.

Tali litologie rappresentano il substrato geologico più antico presente nel territorio comunale e sono in contatto con la parte basale della successione ligure, caratterizzate nella quasi totalità da flysch calcareo-marnosi ed in piccolissima parte da litotipi a prevalente componente argillosa (Argille intensamente tettonizzate e argilliti).

Il substrato roccioso di questa zona è costituito quasi esclusivamente dalla formazione arenacea del M. Cervarola - CEV2, il cui elevato grado di franosità intrinseca (massimo tra le formazioni arenacee), combinato con prevalenti giaciture a franapoggio e con le sfavorevoli condizioni climatiche, ha determinato un modellamento essenzialmente gravitativo su ampi tratti di versante perlopiù classificabili come frane complesse, originate da meccanismi traslativi o roto-traslativi, con notevole sviluppo dei corpi formati dal conseguente movimento di colamento. Tali fenomeni presentano molteplici superfici di scivolamento la cui profondità si attesta al massimo tra i 30 ed i 40 m dal piano campagna.

Infine nelle aree di fondovalle sono presenti depositi alluvionali, in diversi ordini di terrazzamento, costituiti prevalentemente da ghiaie alle base e ghiaie sabbiose nella parte più alta, che si arricchiscono in componenti limoso sabbioso ghiaiose nei terrazzi di ordine superiore.

Quanto sopra descritto ed i rispettivi rapporti stratigrafici e l'assetto tettonico delle unità e formazioni che costituiscono il sottosuolo del territorio comunale di Fanano, nei settori sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo, sono visualizzati anche nelle sezioni geologico tecniche.

6. Elaborati cartografici

Come previsto dalle linee guida per gli studi di Microzonazione Sismica sono state realizzate le seguenti cartografie:

- *Carta delle indagini*
- *Carta delle frequenze naturali dei depositi*
- *Carta geologico – tecnica*
- *Carta delle Vs*
- *Carta delle MOPS*

- *Carte di Microzonazione Sismica*

Inoltre, ai sensi del DGR n. 476/2021 e successive modifiche DGR n. 564/2021, è stata altresì prodotta:

- *Carta della distribuzione sul territorio del valore di H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} e H_{0515}*

In virtù delle prescrizioni riportate negli standard di archiviazione e rappresentazione informatica 4.2. La scala di tutte le cartografie è 1:10.000.

47

6.1 Carta delle indagini

La carta delle indagini è stata realizzata mediante tecnologia GIS, riportando su base topografica tutte le prove presenti nel database organizzato come esposto nel Capitolo 4.

Sono stati distinti graficamente gli elementi puntuali e lineari e ad ogni prova è stato assegnato un simbolismo funzione della tipologia d'indagine in ottemperanza agli standard di rappresentazione e archiviazione informativa per la Microzonazione Sismica Versione 4.2 del Dicembre 2020.

La carta è stata redatta in scala 1:10.000.

Le indagini eseguite per il presente studio e quelle d'archivio sono riportate negli specifici report inseriti nella cartellina "Indagini/Documenti" all'interno della struttura di archiviazione standard.

6.2 Carta delle frequenze naturali dei terreni

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è basata sulla misura dei rapporti medi tra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontale e verticale del rumore sismico ambientale. Le frequenze di risonanza corrispondono ai massimi della funzione che rappresenta rapporti spettrali medi in funzione della frequenza (funzione H/V).

L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura. La campagna di misure passive del rumore sismico ambientale ha avuto come obiettivo quello di individuare possibili

fenomeni di risonanza sismica e misurare la corrispondente frequenza di vibrazione. Queste misure forniscono indicazioni sul rapporto fra la velocità media delle onde S nella copertura e la profondità del basamento sismico al di sotto del punto di osservazione.

Si può dimostrare che la frequenza di risonanza f_0 di una copertura sedimentaria di spessore H sovrapposta ad un basamento rigido e in condizioni di stratificazione piana è data dal rapporto fra la velocità media delle onde S nel sedimento V_s e 4 volte lo spessore H :

$$f_o = \frac{V_s}{4H}$$

Utilizzando questa relazione è possibile risalire dalla frequenza di risonanza misurata allo spessore della copertura una volta nota la velocità delle onde di taglio, o viceversa a quest'ultima se lo spessore H è noto.

La misura della funzione H/V richiede l'acquisizione del rumore sismico ambientale in un punto per tempi dell'ordine di diverse decine di minuti. Questa durata ha lo scopo di garantire la misura del campo di rumore generato da una molteplicità di sorgenti dalle diverse direzioni dello spazio.

La misura va effettuata utilizzando un sistema di acquisizione tridimensionale caratterizzato da sufficiente sensibilità. I dati raccolti vengono analizzati per determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sui piani orizzontale e verticale.

A questo scopo, la serie di rumore ambientale viene suddivisa in segmenti di durata simile per ciascuna delle quali viene determinato lo spettro del moto. Dopo un opportuno lisciamento, le ordinate spettrali del moto sul piano orizzontale, ottenuto mediando opportunamente i valori ottenuti nelle due direzioni principali, vengono divise per quelle ottenute nella direzione verticale. Per definire la qualità delle misure vengono anche valutate le variazioni temporali e azimutali dei rapporti spettrali nel corso della sessione di misura.

L'assenza di massimi della funzione H/V suggerisce l'assenza di fenomeni di amplificazione sismica dovuti a fenomeni di risonanza. Per maggiori dettagli riguardo i dati di acquisizione ed elaborazione delle indagini effettuate per lo studio in oggetto si rimanda alle relazioni tecniche allegate alla presente relazione. Per il presente studio sono state scelte 52 misure le quali sono state interpretate in chiave geologica alla ricerca della profondità del substrato sismico.

Gli elaborati (Carta delle frequenze fondamentali dei depositi) sono costituiti da una semplice base topografica su cui sono state riportate le misure di rumore con evidenziata la frequenza di risonanza in blu e il valore del rapporto H/V in rosso tra 0,2 e 20 Hz.

6.3 Carta geologico-tecnica

La carta geologico - tecnica è stata revisionata a partire dagli elaborati geologici della carta del CARG e dalla carta geologico tecnica redatta per il secondo livello di approfondimento.

La perimetrazione di alcune formazioni è stata tuttavia leggermente rivista e modificata in funzione delle nuove indagini geognostiche e geofisiche e dei rilevamenti geologici eseguiti in occasione del presente lavoro.

La carta geologico tecnica è stata redatta per ogni ambito indagato in scala 1:10.000 e rappresentano, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.2 – Dicembre 2020), l'elaborato di compendio di tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla carta delle MOPS.

Le unità geologico-litologiche vengono distinte tra terreni di copertura, con spessore minimo di 3,0 m, e substrato geologico rigido o non rigido, per giungere ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici. La suddivisione dei litotipi in classi predefinite permette, così, di identificare situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità.

Le tipologie dei terreni di copertura in base alle caratteristiche litologiche e i relativi codici corrispondenti vengono descritti utilizzando *l'Unified Soil Classification System* (ASTM, 1985, modificato) come di seguito presentato.

Vengono inoltre riportati tutti i tipi di instabilità presenti nelle aree.

Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche

In aggiunta per i terreni di copertura vengono riportati i codici relativi agli ambienti di possibile genesi e deposizione dei terreni di copertura.

Ambiente vulcanico	
Colate/spandimenti/cupole/domi/dicchi/coni lavici	la
Coni scorie/ceneri	sc
Coltri ignimbriche	ig
Lahar (colate di fango)	lh
Ambiente di versante	
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di deiezione	cz
Eluvi/colluvi	ec
Ambiente fluvio - lacustre	
Argine/barre/canali	es
Piana deltizia	dl
Piana pedemontana	pd
Bacino (piana) intramontano	in
Conoide alluvionale	ca
Terrazzo fluviale	tf
Varve	va
Lacustre	lc
Palustre	pa
Piana inondabile	pi
Ambiente carsico	
Riempimento di dolina/karren/vaschetta/sinkhole	do
Forme costruite presso sorgenti	so
Forme costruite in canyon carsici	cy
Croste calcaree	cc
Ambiente glaciale	
Morena	mr
Deposito fluvio glaciale	fg
Deposito lacustre glaciale	fl
Till	ti
Ambiente eolico	
Duna eolica	de
Loess	ls
Ambiente costiero	
Spiaggia	sp
Duna costiera	dc
Cordone litoraneo	cl
Terrazzo marino	tm
Palude/laguna/stagno/lago costiero	pl
Altro ambiente	zz

In tale cartografia sono stati valutati gli elementi geologici e idrogeologici puntuali derivanti dai dati di base (profondità di sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido, profondità della falda).

Infine sono state valutate le forme morfologiche di superficie e sepolte.

Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle varie “unità geologico - tecniche” individuate con il dettaglio delle varie formazioni geologiche che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere.

Si fa presente che non necessariamente la classe che abbiamo deciso di attribuire alla formazione geologico-tecnica corrisponde in maniera esatta alla sua descrizione geologica in quanto localmente le formazioni geologiche possono presentarsi in stati anche decisamente diversi dalla colonna tipo dove sono state descritte.

Si riportano, in ordine alfabetico, prima le coperture e dopo i substrati.

Coperture

Detriti di versante (a3) GT: (GC)

Con questo termine sono stati raggruppati detriti eterometrici ed eterogenei deposti alla base di scarpate ripide ed originati presumibilmente da processi per gravità e talora per ruscellamento superficiale; vi sono compresi anche corpi detritici che probabilmente sono resti di vere e proprie frane, ma che non possiedono più quelle caratteristiche morfologiche che ne consentono una facile distinzione.

Depositi eluvio-colluviali (a4) GT: (GM)

Deposito di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata) generalmente di limitato spessore.

Detriti di falda (a6) GT: (GC)

Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, generalmente a quote elevate o molto elevate, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm³ e decine di m³, privo di matrice o in matrice sabbioso-pelitica alterata e pedogenizzata, di origine gravitativa frequentemente alla base di scarpate e lungo i versanti più acclivi.

Subsistema di Ravenna (AES8) GT: (GM)

Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei.

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Corrisponde nelle aree intravallive ai depositi terrazzati più bassi. Rientrano in questa unità anche le alluvioni attualmente in evoluzione in alveo e quelle del primo terrazzo.

Unità di Modena (AES8a) GT: (GM)

AES8a è costituita da sabbie, limi e argille (con ghiaie molto subordinate) di pianura alluvionale; trattandosi di depositi molto recenti è caratteristica la preservazione delle morfologie deposizionali originarie. Per una descrizione dell'unità nell'area tipo, si vedano Cremaschi & Gasperi (1989). Il limite inferiore di AES8a, datato al periodo post-romano, è definito al margine appenninico da una scarpata di terrazzo fluviale. In pianura corrisponde alla superficie di appoggio di depositi alluvionali al di sopra del suolo sviluppatosi in epoca romana. Il limite superiore dell'unità coincide col piano topografico ed è caratterizzato da un suolo calcareo (Entisuolo) con fronte di alterazione inferiore al metro e colore bruno olivastro e bruno grigiastro.

Depositi alluvionali in evoluzione (b1) GT: (SM)

Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in matrice sabbiosa, allo sbocco di impluvi e valli secondarie. Sono talora fissati da vegetazione (b1a).

Depositi glaciali e periglaciali (c3) GT: (GM)

Accumulo detritico deposto per azione prevalente glaciale, caratterizzato da detrito sciolto a struttura caotica con clasti eterometrici inglobati in matrice limoso-sabbiosa o limo-argillosa e con stratificazione mal visibile. Localmente frequenti i massi in matrice limosa.

Depositi palustri (f1) GT: (PT)

Deposito costituito da argille ricche in sostanza organica e in torba. Generalmente su aree di limitata estensione

Conoide torrentizia (i1e i2) GT: (GM)

Depositi alluvionali, prevalentemente ghiaiosi, a forma di ventaglio aperto verso valle, in corrispondenza dello sbocco di valli e vallecole trasversali ai corsi d'acqua principali ove la diminuzione di pendenza provoca la sedimentazione del materiale.

Substrati**Formazione dell'Abetina Reale (ABT) GT: (ALS)**

Torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessi a molto spessi, localmente plurimetri, alternate a torbiditi a base arenitica fine e siltitica e tetto argilloso grigio-scuro in strati sottili e medi. Subordinate calcilutiti silicee in strati da medi a spessi grigio-bluastri. Locali intercalazioni di brecce poligeniche e arenarie silicoclastiche e ofiolitiche. Torbiditi di ambiente marino profondo. Passaggio discordante alla formazione sottostante; contatti tettonici prevalentemente con AVC.

Formazione del Fosso della Cà (AFC) GT: (ALS)

Istituita solo recentemente nell'Appennino modenese-reggiano (Mochi et alii, 1996; Foglio 235 "Pievepelago"), nell'area del Foglio 251 la formazione non era stata finora distinta dalle unità limitrofe, essendo stata inclusa nelle "argille scagliose" (Abbate & Bortolotti, 1962; Nardi, 1965; Merla & Abbate, 1969; Dallan Nardi & Nardi, 1974) o nella "Serie di base del Monte Modino" (Guenther & Reutter, 1986). E' presente in una fascia stretta e discontinua che, con affioramenti di estensione limitata, si estende fra Rivoreta e la zona di crinale (località Sassi Bianchi). Si tratta di alternanze di torbiditi arenaceo-pelitiche (con abbondante componente ofiolitica) e marnoso-pelitiche in strati sottili e medi, brecce poligeniche (prevalentemente a clasti di basalti e serpentiniti, subordinatamente di calcari, argilliti, selci e diaspri) in banchi spessi fino a qualche metro, e peliti grigio-scuri o nerastre manganesifere. Il passaggio con la sovrastante Formazione dell'Abetina Reale è stratigrafico discordante. Depositi di ambiente marino profondo, con flussi torbiditici, iperconcentrati e debris flow. Spessore massimo 10-20 m. Sulla base di dati di letteratura (Mochi et alii, 1996), la formazione nella località tipo risulta datata al Campaniano superiore (biozona CC22 di Sissingh, 1977).

Formazione delle Arenarie di Monte Gabba (AMG) GT: (ALS)

Litareniti da medie a grossolane fino a microconglomeratiche, grigie, in strati da medi a molto spessi, spesso amalgamati. Rari strati molto sottili di pelite siltosa nerastra. Rapporto A/P >>1. Contatto stratigrafico inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo.

55

Argille a Palombini (APA) e (APAb) GT: (CO)

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi.

Rapporto Argilla/Calcere quasi sempre >1. Frequenti intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini (talora mangesifere) a tetto pelitico in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro (o beige se alterate). La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati". Nei Fogli 219 -236 all'interno della formazione sono talora presenti lembi di ofioliti (of) giurassiche, spesso distinte in: arenarie ofiolitiche (ao), brecce ofiolitiche (bo), brecce poligeniche a elementi magmatici, calcarei e diasprigni: (bp1), basalti. Contatti ovunque tettonici o non affioranti. Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri.

Arenarie del Poggio Mezzature (APM) GT: (ALS)

Si tratta di torbiditi silicoclastiche in strati arenaceo-siltosi (A/P >>1) grigi e grigio-verdi, spessi e molto spessi, frequentemente amalgamati e per lo più privi di intercalazioni pelitiche. La base delle torbiditi è generalmente grossolana, talora micro conglomeratica, con granuli prevalenti di rocce granitico/gneissiche, metamorfiche, vulcaniche e clay chips di dimensioni variabili. In prossimità di Montilocco la parte alta della formazione si presenta con una facies caratterizzata da torbiditi arenitico marnose in strati di spessore medio, alternate a strati calcareo marnosi. Da un punto di vista petrografico la composizione risulta del tutto analoga alle arenarie affioranti nel Foglio 235; la componente prevalente è quella di tipo extrabacinale non carbonatico (rocce plutonico-gneissiche, metamorfiche per lo più di basso grado, vulcaniche e subvulcaniche). La frazione carbonatica, è praticamente assente.

Rare rocce sedimentarie rappresentate da siltiti non carbonatiche ed argilliti. La matrice siltoso-cloritica o argillosa risulta frequentemente ricristallizzata; cemento di tipo quarzoso e cloritico. Non risulta preservato un contatto stratigrafico inferiore, e la formazione poggia con un contatto tettonico sulle Argille a Palombini dell'Unità Ofiolitica della Val Baganza. I rapporti con la sovrastante Formazione di Monghidoro sono qui interpretati come presumibilmente di natura tettonica. Si tratta prevalentemente di depositi torbiditici di lobo. La spessore massimo risulta di circa 160-170 m

Argilliti variegata con calcari (AVC) GT: (CO)

Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Argilliti brune o verdine più raramente varicolori intercalate a strati siltoso-calcarei o arenarie fini gradate.

Brecce argillitico-calcaree a prevalenti clasti di calcari tipo palombini. Rapporto A/C >1. Localmente presenti arenarie grigio-verdi da fini a grossolane, talora decementate, in strati prevalentemente sottili, che localmente costituiscono la litologia prevalente (ar). Deposito di ambiente marino profondo. Contatto inferiore generalmente non affiorante; nell'area del Foglio 235 in contatto tettonico col flysch di Sorba; nell'area del Foglio 236 interdigitazioni con BAP.

Argille varicolori di Grizzana Morandi (AVT e AVTa) GT: (CO)

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scuere e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scuere o nere mangesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Formazione intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento. Contatto inferiore non preservato. Pelagiti e torbiditi distali di ambiente di piana abissale. AVTa - Argille variegata di Grizzana Morandi - litozona argillitica: argilliti fissili varicolori, totalmente silicizzate, caratterizzate da diagenesi spinta fino al limite dell'anchimetamorfismo; sottili intercalazioni di calcilutiti grigiastre con patine di alterazione nere, e areniti fini grigie con frequenti sostituzioni di ossidi di ferro di color rosso ruggine, di consistenza pulverulenta.

Brecce argillose poligeniche (BAP) GT: (CO)

Brecce poligeniche a matrice argillosa nerastre o grigiastre, con clasti di calcari micritici grigio-giallastri, talora selciferi, siltiti nerastre, calcareniti, calcari marnosi grigi, areniti e marne calcaree grigie. Stratificazione indistinta. Depositi di colate miste di fango e detrito (debris flow) in ambiente marino profondo. Interdigitazione con AVC, FIU e MMA.

Basalti (beta) GT: (LP)

Materiale lapideo massiccio (non stratificato o con bancate di spessore > 3m). (Possono rientrare in questa classe anche le brecce ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione).

Arenarie di Monte Cervarola (CEV): GT: (ALS)

CEV4 - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Rio Becco: Torbiditi a grana arenitica grossolana, talvolta conglomeratica, di spessore da decimetrico a plurimetrico, passanti verso l'alto ad intervalli più fini, fino ad un tetto siltitico spesso pochi centimetri e raramente associato ad un intervallo marnoso. Frequenti episodi di amalgamazione e bioturbazione. Agli strati grossolani si intercalano intervalli di torbiditi sottili siltitico-marnose talora di spessore plurimetrico. Presenti livelli a grossi intraclasti marnosi immersi in matrice pelitico-marnosa.

CEV3b - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Rio Carnale - litofacies peliticoarenacea: Torbiditi sottili siltitico-marnose con rapporto $A/P \ll 1$, cui si intercalano nella parte alta intervalli di torbiditi relativamente più spesse (fino a 1 m) e grossolane.

CEV3a - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Rio Carnale - litofacies arenaceopelitica: Strati torbiditici spessi circa 50 cm, a base arenitico fine-siltitica e tetto marnoso ben sviluppato; nella parte alta strati metrici a base arenitica grossolana e sottile tetto marnoso.

CEV2 - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Fellicarolo: Torbiditi siltitico-pelitici con rapporto A/P generalmente < 1 in strati sottili e medi cui si intercalano megatorbiditi, di spessore variabile da alcuni metri alle decine metri, a base arenitica medio-fine e tetto marnoso plurimetrico.

A diverse altezze sono presenti intervalli ricchi di liste di selce nera e orizzonti da centimetrici a decimetrici di argilliti scure. In prossimità del contatto con CEV1 è presente lo strato guida gp (spesso circa 8 m) con base a grana da ruditica ad arenitica ricca di bioclasti, rip-up marnosi e frustoli carboniosi, e tetto marnoso-sabbioso. A circa 100m dalla base è presente la coppia di megatorbiditi "Elisa" ed "Sandra" (es). A circa 450 m, 650 m e 730 m dalla base sono stati cartografati rispettivamente gli strati guida Fellicarolo1 (fe1), Fellicarolo2 (fe2) e Fellicarolo3 (fe3). Nella parte bassa del membro è localmente presente un deposito da slumping talora associato a un deposito da debris flow a elementi argilloso-calcarei di origine ligure e subligure (litofacies caotica CEV2a). Al tetto sono presenti marne e marne siltose laminate di colore grigio chiaro, con intercalati quattro strati calcsiltitici e siltitici di spessore centimetrico (CEV2b - litofacies pelitica); nella parte bassa di CEV2a è presente una vulcanoclastite di spessore centimetrico.

La formazione è stata recentemente validata nel Quaderno 7/III della Carta Geologica d'Italia 1:50.000 - Catalogo delle Formazioni (2002), dove però sono attribuite alle Arenarie di Monte Cervarola anche le successioni arenacee affioranti nell'area compresa fra il Mugello ed il Casentino a Nord e fra la Val Tiberina e la Val di Chiana a Sud, deposte su un substrato diverso da quello delle Arenarie di Monte Cervarola dell'area tipo, e di età e composizione petrografica differente. Recentemente, nell'ambito del Progetto CARG (Foglio 236 "Pavullo nel Frignano"), le Arenarie di Monte Cervarola sono state elevate di rango, con l'istituzione del Gruppo del Cervarola, cosistito esclusivamente dalle Arenarie del Torrente Scoltenna. Nel Foglio 251, come già anticipato, la formazione è stata suddivisa in due membri: il membro del Torrente Dardagna (CEV1) ed il membro del Torrente Fellicarolo (CEV2).

Litologicamente il membro del Torrente Dardagna è caratterizzato da strati torbiditici spessi e molto spessi, alternati ad intervalli metrici di torbiditi sottili, di depositi da slumping e di debriti. Si associano sporadici megastrati che raggiungono lo spessore di 16 m. Negli strati più spessi e grossolani ($A/P \gg 1$) alla base sono rappresentate le facies F5 (intervalli spessi anche alcuni metri ad aspetto massivo, grana mediamente molto grossolana, con strutture da fuga di fluidi e gradazione diretta) ed F8 (areniti a grana medio-fine a gradazione diretta, con strutture da fuga di fluidi), al tetto la Facies F9a di Mutti (1992). Nella facies F9 prevalgono siltiti a laminazione ondulata, incrociata e convoluta, spesse fino a 1-2 metri (intervallo Tc di Bouma), e sporadicamente sono presenti pochi centimetri di marne o argille-marnose a laminazione piano-parallela (intervallo Td di Bouma).

Gli strati più spessi e grossolani presentano alla base canali d'erosione (scour) e contengono frequenti clay-chips di dimensioni da centimetriche a decimetriche che si allineano a diverse altezze all'interno dello strato. Gli intervalli costituiti da strati sottili e medi si sviluppano generalmente per spessori variabili da 30 cm a qualche metro e sono rappresentati dagli intervalli Tc-d della sequenza di Bouma. All'interno del membro del Torrente Dardagna, a varie altezze, sono presenti diversi depositi da slumping (con strati arenitico-siltosi contorti e smembrati, immersi in una matrice pelitico-marnosa) e pebbly-sandstone (ciottoli centimetrici e decametrici di frammenti di metamorfiti, rocce plutoniche, calcari e areniti, immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa), generalmente con spessori di poche decine di centimetri e continuità laterale molto limitata (Facies F2 di Mutti, 1992). Alla base degli strati sono spesso presenti contro-impronte di corrente (flute cast) e di trascinamento (groove cast) con direzioni variabili da N90° a N120° (Fig. 14) e verso di provenienza dal quadrante nord-occidentale. Le areniti del membro del Torrente Dardagna sono classificabili come arenarie pure (Fig. 15a), ricadenti nel campo delle areniti feldspatiche e feldspatoliche (sensu Dickinson, 1970). Sono costituite prevalentemente da frammenti di rocce plutonico-gneissiche e metamorfiche di basso grado.

La parte più bassa del membro affiora in prossimità di Cima Tauffi dove però non risulta conservato il passaggio stratigrafico alla sottostante Formazione di Serpiano; in quest'area l'intera Successione Cervarola è tagliata da contatti tettonici tardivi che hanno dislocato solo limitatamente gli originali contatti stratigrafici. Il passaggio stratigrafico al sovrastante membro del Torrente Fellicarolo affiora diffusamente nell'area del Foglio, con le migliori esposizioni nelle valli dei Torrenti Fellicarolo, Ospitale e Dardagna, lungo il crinale tra Colle Acquamarzia e l'area del Monte Cupolino, fra il T. Verdiana e Cutigliano e nella zona di Maresca. Nella successione del membro si riconoscono diverse sequenze di facies fining-thinning upward associabili ad ambienti di lobo e più raramente di frangia di lobo. Lo spessore massimo è di 350-400 m circa, base non affiorante. L'associazione a nannofossili calcarei (Botti et alii, 2002) è caratterizzata dalla presenza di *C. miopelagicus*, *C. pelagicus*, *C. abisectus*.

Il membro del Torrente Fellicarolo (CEV2) corrisponde al “Sistema Fellicarolo-Dardagna” di Andreozzi & Di Giulio (1994), e sarebbe correlabile, secondo Andreozzi et alii (1996) alla porzione basale della Successione Cervarola (“sistema Poggi di Fontanaluccia”) affiorante nell’Appennino modenese-reggiano. Affiora diffusamente nell’area del Foglio, fra Cima delle Caselle – M. Cappel Buso a Nord e Piteccio a Sud, con le migliori esposizioni nelle valli del T. Dardagna, del T. Ospitale, del T. Fellicarolo, nel versante toscano fra Cutigliano e Gavinana. In queste località è generalmente ben visibile il passaggio stratigrafico al membro del Torrente Dardagna. Il membro del T. Fellicarolo è costituito da torbiditi silicoclastiche in strati sottili e medi a base siltitica, o raramente arenitica fine, a laminazione ondulata e/o incrociata e/o convoluta e tetto pelitico-marnoso a laminazione piano parallela (Facies F9a). A varie altezze stratigrafiche sono presenti intervalli ricchi di liste di selce nera, orizzonti da centimetrici a decimetrici di argilliti scure, slumps spessi fino a 40-50 m e ad estensione laterale limitata. Sono inoltre presenti megatorbiditi decametriche arenitico-marnose ($A/P \leq 1$), generalmente a base arenitica medio-grossolana gradata (F8) con laminazione piano-parallela e/o debolmente ondulata a grande scala (F6) cui seguono un intervallo siltitico a laminazione da ondulata a convoluta ed un intervallo marnoso molto sviluppato a laminazione piano-parallela. Alcune delle megatorbiditi (Strati guida Sandra, Elisa, Fellicarolo1 e Fellicarolo2) sono state già descritte da Andreozzi (1992) e Andreozzi & Di Giulio (1994). Il contatto con il membro del Torrente Dardagna è contraddistinto dalla megatorbidite “gp”, spessa circa 8 m, a base da ruditica ad arenitica ricca di bioclasti, rip-up marnosi e frustoli carboniosi (Facies F5-F8), seguita da un intervallo a laminazione ondulata marnoso-sabbioso ricco di clay chips (Tc) e da un intervallo marnoso a laminazione piano-parallela (Td). Poche decine di metri sopra lo strato guida gp è talora presente un deposito da slumping al quale può trovarsi associato, nella parte bassa, un deposito da debris flow a elementi argilloso-calcarei di origine ligure e subligure (litofacies caotica CEV2a). La successione prosegue con un intervallo costituito da torbiditi sottili e medie siltitico-marnose a cui si intercala, a circa 80 m dalla base, una megatorbidite (Strato Poggiolforato di Botti et alii, 2002) con tipico colore giallastro, spessore variabile da 6,5 m (Valle del T. Dardagna) a 8 m (Valle del T. Fellicarolo).

A circa 100 m dalla base è presente la coppia di megatorbiditi “Elisa” e “Sandra”. Lo Strato Elisa ha uno spessore massimo di 21 m; alla sua base sono rappresentate le facies F5-F7-F8, nella parte medio-alta è presente una siltite-marnosa a laminazione incrociata e ondulata (Tc) con all’interno due sottili orizzonti a grana arenitica fine, e, al tetto, un intervallo marnoso a laminazione piano-parallela molto sviluppato. Dopo una sequenza siltitico-marnosa spessa da 1 a 2 metri è presente lo Strato Sandra, di colore biancastro e spesso circa 12 m, a base arenitica medio-grossolana (localmente ruditica) ricca in macroforaminiferi (Miogypsina e Lepidocyclina; Gelmini, 1966; Serpagli & Sirotti, 1967), in cui si distinguono le Facies F5 e F8 (che complessivamente non superano mai i 30 cm di spessore). Segue una siltite a laminazione ondulata (Tc) e, al tetto, almeno otto metri di marna a laminazione piano-parallela (Td). I trecento metri di successione compresi tra gli Strati Sandra e Fellicarolo 1 sono caratterizzati da intervalli di torbiditi sottili e medie cui si intercalano almeno altre cinque megatorbiditi.

Lo Strato Fellicarolo1 - fe1, di colore biancastro e spesso fino a 20 m, è costituito quasi interamente da una marna sabbiosa in cui si trovano immersi intraclasti marnosi; spesso alla base è presente una breccia matrice-sostenuta (F5), con clasti quarzoso-feldspatici e carbonatici associati a bioclasti e ciottoli di selce, seguita da un'arenite medio-grossolana della stessa composizione (F8), spesse complessivamente non più di 30 cm. La successione continua con circa 200 m di torbiditi sottili e medie cui si intercalano cinque torbiditi, di spessore variabile da 3 a 12 m, con tetto marnoso molto sviluppato. Lo Strato Fellicarolo2 - fe2, di colore biancastro e spesso circa 18 m, ha base arenitica grossolana con grossi rip-up (F5), seguita da un'arenite medio-grossolana con lamine ondulate a grande scala (F5 con strutture da fuga di fluidi) che sfuma verso l'alto in un'arenite medio-fine gradata (F8), anch'essa contenente rip-up. La porzione medio-alta dello strato è costituita da una siltite a laminazione ondulata e incrociata (Tc) con, al tetto, circa 6 m di marne con lamine piano-parallele (Td).

Dopo circa quaranta metri di torbiditi sottili si trova lo Strato Fellicarolo 3 – fe3, di colore biancastro e spesso circa 8 m, in cui si possono riconoscere sequenze di facies del tipo F5-F8-F9a. I flute casts misurati nel membro del T. Fellicarolo hanno generalmente direzione variabile tra N100° e N120° e provenienza dai settori nordoccidentali; più sporadicamente la direzione misurata è N 40° con provenienza da SW, legata probabilmente a fenomeni di deviazione e riflessione dei flussi gravitativi in corrispondenza dei margini del bacino o di ostacoli presenti all'interno del bacino stesso (es. alti strutturali). Le arenarie del membro del T. Fellicarolo possono essere classificate come delle arenarie pure simili a quelle del membro del T. Dardagna, con l'eccezione dei campioni raccolti alla base degli Strati Sandra e Fellicarolo. I primi sono delle areniti carbonatiche ibride (sensu Di Giulio & Valloni, 1992), ricadenti in prossimità del limite del campo delle calcareniti (sensu Zuffa, 1980). L'arenite presente alla base dello Strato Fellicarolo1, pur ricadendo sempre nel campo delle arenarie ha una composizione piuttosto variabile che si differenzia dalle “normali torbiditi arenacee” per un maggior contenuto di intraclasti o extraclasti carbonatici (Fig. 22a). Il conteggio dei frammenti litici a grana fine ha evidenziato l'elevata quantità di litici sedimentari e/o metamorfici. La parte alta del membro è ovunque tagliata da sovrascorrimenti. Si tratta di depositi torbiditici di frangia di lobo cui si intercalano megatorbiditi silicoclastiche e ibride. Lo spessore raggiunge circa i 1000 m. Le associazioni a nannofossili sono caratterizzate da *C. miopelagicus*, *C. pelagicus*, *C. abisectus*. La presenza di *S. belemnus* nelle sezioni analizzate permette l'attribuzione alla biozona MNN3a del Burdigaliano. Burdigaliano p.p.

Marne di Civago (CIV e CIVa) GT:(CO)

Si tratta di marne o marne siltose grigie di colore variabile dal grigio verde al grigio scuro; negli affioramenti a più elevato contenuto di silice sono presenti liste di selce nera. Nelle aree meno tettonizzate la stratificazione è evidenziata da variazioni di colore e di grana, mentre negli affioramenti più tettonizzati la stratificazione non è più riconoscibile e le marne tendono a suddividersi in elementi scheggiosi a bordi taglienti. Nella zona di campo Tizzoro gli affioramenti sono caratterizzati da abbondante bioturbazione a *Condriles*, *Fucoides* e *Zoophicus*. Localmente vi sono intercalati strati arenacei gradati e lateralmente discontinui e sporadici livelli di origine vulcanoclastica, già segnalati in altre località da Chicchi & Plesi (1995) e Adreozzi et alii (1996). In diversi affioramenti, a varie altezze, sono intercalati orizzonti di potenza plurimetrica di brecce grossolane poligeniche ad elementi per lo più argillitici e calcarei di origine ligure e/o subligure (litofacies a brecce del Rio Rumale - CIVa), che possono essere interpretate come depositi di debris flow, originati dal collasso superficiale del prisma su cui si deponevano la successione del Monte Cervarola e le Marne di Civago.

Argille di Fiumalbo (FIU) GT:(COS)

FIU - Argille di Fiumalbo: Argille, argilliti e argilliti-marnose grigio-scure, verdastre e rosse con stratificazione poco evidente, con intercalazioni di sottili strati gradati di siltiti e areniti finissime e fini, grigio verdastre, o di straterelli calcarenitico-marnosi nella parte bassa. Nella parte alta argilliti marnose grigio-cenere con intercalazioni di siltiti e areniti fini in strati sottili. Localmente è stato distinto un membro prevalentemente arenaceo (FIU1). Depositi pelagici emipelagici e torbiditici fini distali. Contatto stratigrafico discordante sulle successioni sottostanti o tettonizzato.

FIU1 - Argille di Fiumalbo - membro del Monte Sassolera: Arenarie litiche da medie a grossolane, localmente microconglomeratiche, in strati da medi a molto spessi, spesso amalgamati, di colore grigio-verdastro, alimentate da successioni granitico-gneissiche e da successioni di tipo ligure. Talora al tetto degli strati intervallo centimetrico di argilla grigio-verde.

Formazione del Macigno (MAC1 e MAC2) GT: (ALS)

Questa formazione che affiora diffusamente nel settore occidentale e meridionale del Foglio 251 “Porretta Terme”, in analogia con le distinzioni litostratigrafiche eseguite nell’ambito del Progetto CARG (Fogli 289 “Città di Castello” e 299 “Umbertide”) è stata suddivisa in due membri: il membro di Molin Nuovo (MAC1) presente solo nella successione della Falda toscana e il membro di Poggio Belvedere (MAC2) affiorante sia nella Falda toscana che nell’Unità Acquerino. E’ proprio su quest’ultimo membro che esistono problemi di correlazioni e attribuzioni formazionali. Esso è stato in parte attribuito alle Arenarie di M. Modino (Bruni et alii, 1994 a e b), alla Formazione dell’Acquerino (Bettelli et alii, 2002a; Cibirri et alii, 2004; Cerrina Feroni et alii, 2008) e alle Arenarie di Monte Cervarola (Nardi & Tongiorgi, 1962; Dallon Nardi & Nardi, 1974; Dallon et alii, 1981; Foglio 262 “Pistoia”). Tenuto conto dei dati biostratigrafici al momento disponibili su scala regionale e della caratteristica evoluzione dei depositi torbiditici lungo la direzione di flusso, il membro di Molin Nuovo affiorante nel Foglio 251 a nostro avviso rappresenta la porzione più proximale di un sistema torbiditico che passa eteropicamente, verso SSE, al membro del Molin Nuovo (MAC1) ed a parte dei membri di Poggio Belvedere (MAC2) e di Lippiano (MAC3) dei fogli 289 - Città di Castello e 299 – Umbertide (corrispondenti alle Arenarie del Monte Falterona: FAL1 e FAL2 dei Fogli 264 – Borgo San Lorenzo e Foglio 278 - Pieve S.Stefano). L’evoluzione delle correnti di torbida lungo l’asse del depocentro avrebbe infatti comportato una diminuzione della frazione grossolana ed un relativo aumento degli intervalli siltitico-pelitico da nord ovest-verso sud-est. Il membro di Poggio Belvedere del Foglio 251 a nostro avviso rappresenta la porzione più proximale e depocentrale dei sistemi torbiditici che verso SSE evolvono in una successione pelitico-arenacea (membro di Lippiano - MAC3 dei Fogli 289 Città di Castello e 299 Umbertide; Arenarie del Monte Falterona: FAL3 del Foglio 264 – Borgo San Lorenzo). Membro di Molin Nuovo (MAC1): presente solo nella successione stratigrafica della Falda toscana, affiora estesamente nel settore orientale del foglio tra M. Pelatone-M. Uccelliera–Crasciana e nel T. Liesina. Le migliori esposizioni si hanno tra il M. Lagoni e il Libro Aperto, nella Valle del T. Sestaione (tra M. Torto e Cappel d’Orlando) e tra M. Uccelliera e Montorli. Si tratta di torbiditi quarzoso-feldspatici di colore grigio alla frattura fresca (giallo ocraceo all’alterazione), organizzate in banchi spessi e molto spessi, frequentemente amalgamati, a base arenacea a grana grossolana con strutture da fuga di fluidi e intervalli pelitici per lo più assenti o di spessore esiguo. Le associazioni di facies più rappresentate sono F4-F5-F7-F8, F5-F8, e più raramente F8-F9a.

Sporadicamente si intercalano intervalli decimetrici di torbiditi sottili siltitico-pelitiche (facies F9a); un intervallo di un paio di metri di spessore, ben visibile sul versante sud-occidentale del M. Lagoni, è presente nella parte alta del membro. Petrograficamente (Calò, 1998) si tratta di arenarie pure ricadenti nei campi composizionali delle areniti feldspatolitiche e litofeldspatiche (Dickinson, 1970) essendo costituite prevalentemente da quarzo e granuli feldspatici, presenti principalmente come cristalli singoli o in frammenti di rocce plutonico-gneissiche a tessitura grossolana. Per quanto riguarda la composizione dei frammenti litici a grana fine, nelle arenarie del membro del Molin Nuovo prevalgono i frammenti litici metamorfici (55-75%: scisti di basso grado, filladi, cloritoscisti) e vulcanici (20-38%: serpentiniti, vulcaniti acide e andesiti) mentre i litici sedimentari sono piuttosto scarsi (4-12%) con prevalenza dei litici silicoclastici sui carbonati extrabacinali. Questa composizione risulta del tutto analoga a quella delle omonime arenarie affioranti nel settore umbro (Fogli 289, 299, 310). Il membro risulta assente nell'Unità Acquerino, enucleatasi probabilmente in una porzione più marginale, e più prossima alla scarpata, del bacino "toscano", dove in quell'intervallo di tempo proseguiva la sedimentazione della Scaglia toscana. Il passaggio al membro del Poggio Belvedere è ben visibile nella valle del T. Sestaione e sul crinale M. Pelatone - M. Lagoni, dove è caratterizzato dalla presenza, nel membro di Molin Nuovo, di almeno 5 torbiditi arenacee amalgamate spesse complessivamente circa 50 m, cui segue, nel membro di Poggio Belvedere, un intervallo metrico di torbiditi arenitico-marnose e siltitico-marnose con $A/P \approx 1$ ed abbondante componente carbonatica. Depositi torbiditici di avanfossa, con facies caratteristiche di lobo e più sporadicamente di frangia di lobo. Lo spessore massimo raggiunge circa 1100 m. L'associazione a nannofossili calcarei della parte medio bassa di questo membro è rappresentata da *C. pelagicus*, *C. floridanus*, *D. deflandrei*, *Discoaster* sp., *D. bisectus*, *D. scrippsae*, *H. euphratis*, *H. perch-nielseniae*, *S. ciperoensis*, *S. moriformis*, *S. dissimilis*, *Z. bijugatus*; viene inoltre riconosciuto l'evento di LO di *S. ciperoensis*: le caratteristiche generali delle associazioni sono indicative dell'intervallo biozonale MNP25a-MNP25b. L'età del tetto del Mac1 è databile indirettamente sulla base dell'età dei campioni relativi al livello marnoso presente alla base del MAC2.

Membro di Poggio Belvedere (MAC2): questo membro è ben rappresentato sia nella Falda toscana (tra il M. Pelatone ed il M. Cardosino, nella valle del T. Liesina, nella zona sud occidentale del Foglio, tra Crasciana e M. Foggetta) che nell'unità tettonica Acquerino (tra Piteccio e M. Cigoli - M. Pianali). Il membro, caratterizzato da una sequenza thinning-fining upward, è costituito, nella parte bassa da torbiditi arenacee e arenaceo-pelitiche in strati da medi a spessi (facies F5-F8-F9a, F8-F9a) cui si intercalano intervalli metrici e decametrici di torbiditi sottili per lo più siltitico-pelitiche (facies F9a). Nella parte alta del membro, meglio esposta nell'unità tettonica Acquerino, aumentano gli spessori degli intervalli a torbiditi sottili e diventano via via più sporadici gli strati più spessi e grossolani. In particolare, in questa unità, fra il Passo della Collina e M. Cigoli è stata distinta una litofacies pelitico-arenacea (MAC2a) con spessore massimo di circa 20 m e costituita da torbiditi sottili siltitico-pelitiche (facies F9a), che rappresenta la transizione fra la Scaglia toscana ed il Macigno in questo settore della catena. In tutto il membro possono essere presenti anche torbiditi arenitico-marnose con $A/P \leq 1$ ed elevata componente carbonatica. Il tetto stratigrafico di questo membro risulta sempre tagliato da contatti tettonici. Si tratta di depositi di frangia di lobo associati a più sporadiche torbiditi di lobo. Lo spessore massimo è compreso fra circa 250 m, nella Falda toscana, e circa 1000 m nell'unità Acquerino.

Gabbri (gamma) GT: (LP)

Materiale lapideo massiccio (non stratificato o con bancate di spessore $> 3\text{m}$). (Possono rientrare in questa classe anche le brecce ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione).

Marne di Marmoreto (MMA) GT: (CO)

Marne, marne siltose e marne calcaree, grigie, a stratificazione mal visibile con rare intercalazioni di siltiti ed arenarie fini grigio-chiare, giallastre per alterazione, anche di origine vulcanoclastica. Nella parte basale è talora presente un livello spesso pochi metri costituito da torbiditi a base arenacea molto fine e tetto marnoso. Contatto inferiore discordante su FIU e su AVC. Deposito di scarpata. Nell'area del Foglio 236 interdigitazione con BAP.

Formazione delle Arenarie di Monte Modino (MOD) GT: (ALS)

Si tratta di alternanze torbiditiche arenaceo-pelitiche con A/P molto maggiore di 1 in strati da sottili a molto spessi, costituiti da una porzione arenacea da fine a media, localmente grossolana, grigia, passante a sottili inter- valli argilloso-marnosi grigio-scuri.

Sono presenti ripetizioni di pacchi metrici di strati medi e sottili alternati a pacchi da metrici a decametrici di strati da medi a molto spessi. La potenza massima affiorante nell'area è di alcune centinaia di metri. Il passaggio inferiore alle sottostanti Marne di Marmoreto è graduale per alternanza in alcune aree ed erosivo in altre (CHICCHI & PLESI, 1992). Un affioramento di MOD si trova anche presso Sestola: alcuni autori precedenti (CHICCHI & PLESI, 1992) lo avevano attribuito alle Arenarie del Monte Cervarola (Arenarie del Torrente Scoltenna del Gruppo del Cervarola), ma le caratteristiche litologiche (maggiore rapporto A/P e maggiore spessore medio degli strati) rendono a nostro avviso più plausibile l'attribuzione di questo affioramento alle Arenarie del Monte Modino come già aveva ipotizzato REUTTER (1969).

L'ambiente di sedimentazione è marino profondo; il processo è attribuibile a correnti di torbida.

Per quello che riguarda la collocazione paleogeografica delle Arenarie del Monte Modino non vi è univocità di vedute nella letteratura più recente: ABBATE & BRUNI (1989) ritengono che il cosiddetto "complesso di base del Monte Modino", comprendente tutti i terreni sottostanti alle Arenarie del Monte Modino (MOD), costituisca un olistostroma formatosi nell'Aquitaniense e che quindi MOD non rappresenti altro che la continuazione del riempimento dell'avanfossa del Macigno la cui sedimentazione sarebbe proseguita dopo questo "evento"; MARTINI & PLESI (1988), CHICCHI & PLESI (1991, 1992, 1995) ritengono invece che le Arenarie del Monte Modino siano alloctone, rappresentando la copertura sedimentaria di una falda vera e propria traslata da una posizione molto più interna rispetto al bacino del Macigno o corrispondente tutt'al più al suo margine interno. Rimandando per un approfondimento della discussione alla letteratura specifica (MARTINI & PLESI, 1988; CHICCHI & PLESI, 1991, 1992, 1995 *cum bibl.*) rimane da osservare che attualmente i dati biostratigrafici relativi alla base delle Arenarie del Monte Modino non escludono nessuna delle due ipotesi; nell'area tipo però è osservabile una sostanziale continuità stratigrafica tra FIU, MMA e MOD che fa rigettare la prima ipotesi.

L'età è compresa nel Miocene inferiore (NN1-NN2). Nella porzione inferiore vi è rappresentato l'Aquitaniense basale (CATANZARITI *et alii*, 1992).

Formazione di Monte Venere (MOV) GT: (ALS)

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Contatto inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo.

Formazione di Serpiano (SRP1 e SRP2) GT: (ALS)

Già descritta nell'alta Val di Magra (Finestra di Pracchiola) da Plesi et alii (1998), nell'Appennino Reggiano-Parmense (area del Foglio 234 "Fivizzano") da Plesi et alii (2000), nell'Appennino Reggiano-Modenese (area dei Fogli 235 "Pievepelago" e 236 "Pavullo nel Frignano") da Plesi (2002) e Bettelli et alii (2002b), trovano il loro corrispondente nell'Appennino Piacentino nella parte basale della Formazione di Bobbio (membro delle Argilliti di Brugnello) di Labaume (1992) ed Elter et alii (1997). Nell'area del Foglio 251 affiorano, generalmente associate alle Marne di Civago, in fianchi inversi strappati e sovrascorsi alle Arenarie di Monte Cervarola (Scaglie del Fosso dei Bibbi Auct.) nella fascia compresa fra Poggio del Cuculo e Piteccio. La formazione è suddivisa in due membri sulla base del rapporto A/P.

Membro dei Poggi di Fontanaluccia (SRP1): affiora con le migliori esposizioni nella zona di Cima dell'Arcaccia, M. Lancino, ad est di Spignana, nei pressi di Campo Tizzoro. Si tratta di torbiditi siltitico-pelitiche e marnoso-pelitiche in strati sottili e medi con intercalazioni di intervalli silicizzati di colore grigio scuro-nero, in cui sono talora presenti liste di selce. L'elevato contenuto in silice è particolarmente evidente nelle zone maggiormente tettonizzate, dove le siltiti formano scaglie appiattite a bordi taglienti. Alla base degli strati sono presenti tool mark di dimensioni millimetriche o più sporadicamente piccoli flute cast. Nella parte bassa del membro sono localmente presenti brecce argillitico-calcaree (litofacies a brecce - SRP1a) a elementi liguri e sub-liguri, originate da debris flow. Il passaggio alle sottostanti Marne di Civago risulta generalmente netto, mentre quello con il sovrastante Membro di Castellino non affiora per motivi tettonici. L'ambiente di deposizione è di bacino relativamente poco profondo, alimentato solo da apporti torbiditici diluiti. Lo spessore massimo è di circa 250 m.

L'associazione a nannofossii calcarei è caratterizzata dalla presenza di *C. floridanus*, *C. pelagicus*, *C. miopelagicus*, *S. moriformis*, *C. abisectus* < 5µm, *Helicosphaera carteri*, *Reticulofenestra* sp.; a causa della scarsità delle forme e del loro pessimo stato di conservazione è incerta la presenza di *S. disbelemnos* e *Helicosphaera ampliaperita* rinvenuti in frammenti in alcuni campioni. Biozone MNN1-MNN2b? Aquitaniano p.p. - Burdigaliano p.p.

Membro di Castellino (SRP2): affiora nella zona fra il M. Lancino ed il M. Serruca, in un fianco inverso sovrascorso sulla successione arenacea delle Arenarie di Monte Cervarola. Si tratta di torbiditi arenitico fini-pelitiche (A/P<1) in strati sottili e medi intercalati ad intervalli relativamente spessi di siltiti e peliti marnose (Facies F9a di Mutti, 1992). Sono sporadicamente presenti torbiditi in strati di spessore fino al metro, con base a grana arenitica medio grossolana e tetto siltitico-pelitico meno sviluppato (Facies F8-F9a di Mutti, 1992). Le arenarie del Membro di Castellino sono comprese fra due contatti tettonici e pertanto non affiora il passaggio alle formazioni adiacenti; tuttavia i caratteri litologici, biostratigrafici e la posizione geometrica suggeriscono un forte legame con le siltiti del membro dei Poggi di Fontanaluccia. L'ambiente di deposizione è di bacino in fase di approfondimento, alimentato prevalentemente da torbiditi diluite, ma già in grado di ricevere anche flussi torbiditici più grossolani ed a maggiore densità. Lo spessore massimo è di circa 250 m. L'associazione a nannofossii calcarei è caratterizzata dalla presenza di *C. miopelagicus*, *C. pelagicus*, *C. floridanus*, *C. abisectus* < 10µm, *D. deflandrei*, *Discoaster* sp., *Dictyococcites* sp., *H. carteri*, *H. ampliaperita*, *Sphenolithus* sp., *Reticulofenestra* sp., indicativi della biozona MNN2b.

Formazione di Serpiano - litofacies a breccie (SRPa) GT: (CO)

Ofioliti – (of) GT: (LP)

Materiale lapideo massiccio (non stratificato o con bancate di spessore > 3m). (Possono rientrare in questa classe anche le breccie ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione).

Formazione delle Arenarie di Vallorsara – (VLR) – (LP)

Si tratta di alternanze arenaceo-pelitiche, in strati da sottili a spessi, ma prevalentemente sottili o medi, costituite da una base arenacea finissima o fine passante a marna; il colore prevalente è il grigio. Il rapporto A/P è generalmente minore di 1.

La potenza massima affiorante è attorno a 100 m. Le Arenarie di Vallorsara sono intimamente legate alle Marne di Marmoreto (MMA) con le quali sono in parte eteropiche e sulle quali appoggiano con passaggio graduale per alternanza, come osservabile a NW del M. Sassolera.

L'ambiente sedimentario è marino di base scarpata, al di sopra della CCD; il processo è attribuibile a correnti di torbida generalmente di piccolo volume. In base all'età ed alla posizione stratigrafica occupata dall'unità è ipotizzabile una eteropia anche con le Arenarie del Monte Modino (MOD), di cui poteva rappresentare un corrispondente più interno con facies marginali di bacino.

L'età della formazione è attribuibile all'Aquitaniense sulla base dei dati raccolti nell'area tipo da PALANDRI & PLESI (dati inediti). Non è da escludere una età chattiana.

6.4 Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)

In questa carta vengono riportati tutti i punti di misura di V_s delle aree oggetto di microzonazione e vengono evidenziati i valori di velocità di propagazione delle onde di taglio S o nei primi 30 metri del sottosuolo o della velocità equivalente.

I valori utilizzati di V_s sono da riferirsi sia alle indagini d'archivio che a quelle effettuate.

Dove è stato possibile riconoscere un substrato sismico sono stati inseriti anche i valori in metri dello spessore del pacchetto delle coperture.

6.5 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica costituisce il documento fondamentale per il primo livello di approfondimento e risulta una carta di vitale importanza anche per il secondo e il terzo livello di approfondimento in quanto vengono segnalate le problematiche da approfondire nei successivi step. La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e delle valutazioni dei dati litostratigrafici e morfologici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc...).

Le informazioni utilizzate, oltre alla cartografia di base disponibile sono:

- carta delle indagini, precedentemente prodotta;
- carte geologiche e geomorfologiche della Regione Emilia-Romagna;
- logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggi, pozzi;
- sezioni geologiche;
- carte di dissesto idrogeologico (progetto IFFI).

Le microzone della carta sono classificate in tre categorie:

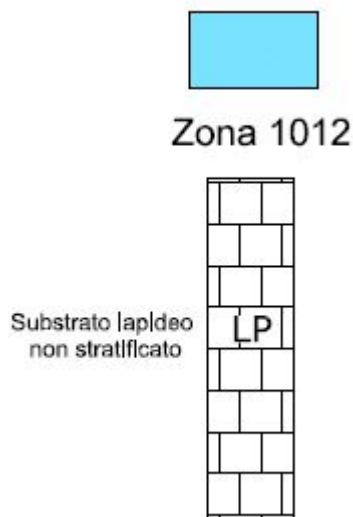
- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- c) zone di attenzione per le instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti nel territorio. I principali tipi di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali.

6.5.1 Zone stabili

Le zone stabili sono quelle di affioramento del substrato geologico dove non si abbiano notizie di coperture maggiori di 3 metri e/o di amplificazioni dovute a differenze marcate di impedenza acustica tra la copertura alterata e il substrato integro.

- Per il Comune di Fanano esistono 4 zone stabili, ALS, CO, COS e LP.

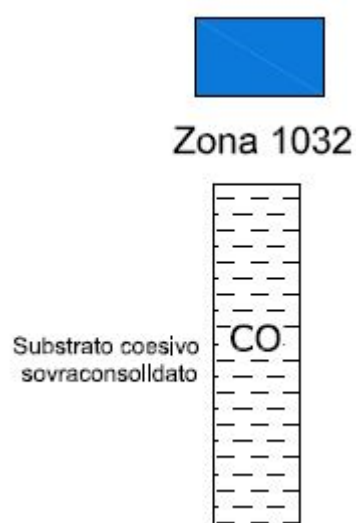
ZONA 1012 – Substrato lapideo non stratificato



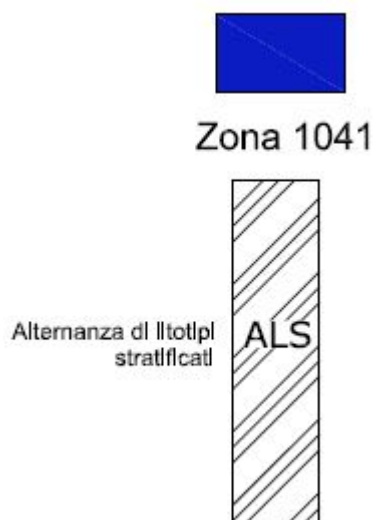
ZONA 1031 – Substrato coesivo sovraconsolidato stratificato



ZONA 1032 – Substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato



ZONA 1041 – Alternanza di litotipi stratificati



6.5.2 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono quelle per le quali è attesa un'amplificazione del moto sismico per effetto della sola stratigrafia o per effetti topografici locali in particolar modo per pendenze maggiori di 15°.

Per il territorio comunale di Fanano sono state mappate e riportate in dettaglio nella tavola delle colonne MOPS le seguenti zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:

- 18 zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

ZONA 2003 – Si tratta di depositi di versante, depositi eluvio colluviali, detriti di falda, depositi glaciali e di conoide, sull’alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato.



ZONA 2004 – Si tratta di depositi di versante, depositi eluvio colluviali, detriti di falda, depositi glaciali e di conoide , sull’alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati.



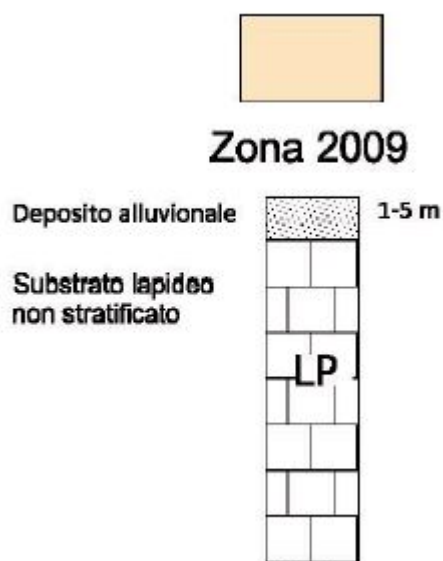
ZONA 2005 – Si tratta di depositi alluvionali, sull'Unità di Modena, sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato, sul substrato coesivo coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato.



ZONA 2007 – Si tratta di depositi di versante e Unità di Modena, sul substrato lapideo non stratificato.



ZONA 2009 – Si tratta di depositi alluvionali, sul substrato lapideo non stratificato.



ZONA 2010 – Si tratta di depositi alluvionali, sull'Unità di Modena, depositi di versante e di conoide, sull'alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati.



ZONA 2011 – Si tratta di depositi palustri, su depositi di versante, sul substrato coesivo coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato.



ZONA 2012 – Si tratta di depositi palustri, su depositi di versante, eluvio-colluviali e glaciali, sull'alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati.



ZONA 2015 – Si tratta di substrato coesivo sovraconsolidato stratificato con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2016 – Si tratta di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2015 – Si tratta di substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2018 – Si tratta di depositi di versante, depositi eluvio colluviali, detriti di falda, depositi glaciali e di conoide, sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2019 – Si tratta di depositi di versante, depositi eluvio colluviali, detriti di falda, depositi glaciali e di conoide , sull’alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2010 – Si tratta di depositi alluvionali, sull’Unità di Modena, depositi di versante e di conoide, sull’alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2021 – Si tratta di depositi palustri, su depositi di versante, sul substrato coesivo coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2022 – Si tratta di depositi palustri, su depositi di versante, eluvio-colluviali e glaciali, sull'alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2023 – Si tratta di alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati con pendenza maggiore di 15°.



2099 – Si tratta di alterazione di substrato, sul substrato integro.



6.5.3 Zone di attenzione per instabilità

Le zone di attenzione per instabilità cartografate nelle aree oggetto di studio sono riferibili solamente a fenomeni di instabilità di versante.

In particolare, vista l'importanza areale che riveste, abbiamo portato al terzo livello di approfondimento una frana di Fanano e quindi calcolato i fattori di amplificazione e il relativo spostamento in funzione dell'accelerogramma scaturito dall'elaborazione RSL2D.

83

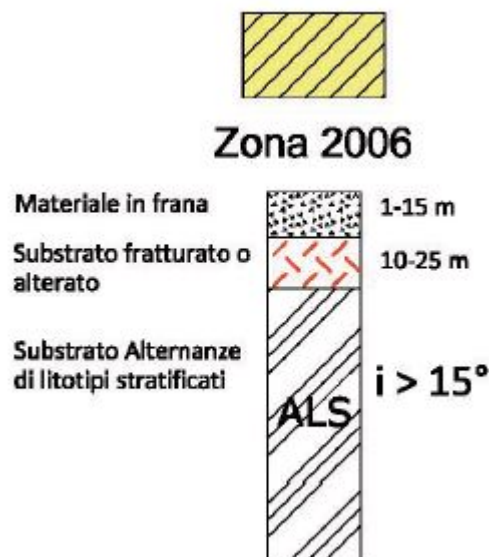
ZONA 2001 – Si tratta di materiali in frana, sull'Unità di Modena, depositi di versante, eluvio-colluviali, detrito di falda e glaciale, sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato.



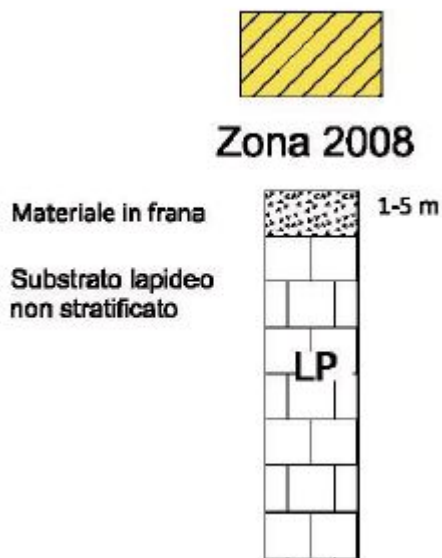
ZONA 2002 – Si tratta di materiali in frana, sull'Unità di Modena, depositi di versante, eluvio-colluviali, detrito di falda e glaciale, sull'alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati.



ZONA 2006 – Si tratta di materiali in frana, sull'alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2008 – Si tratta di materiali in frana, sul substrato lapideo non stratificato.



85

ZONA 2013 – Si tratta di materiali in frana, sull'Unità di Modena, depositi di versante, eluvio-colluviali, detrito di falda e glaciale, sull'alterazione di substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato, sul substrato coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato con pendenza maggiore di 15°.



ZONA 2002 – Si tratta di materiali in frana, sull'Unità di Modena, depositi di versante, eluvio-colluviali, detrito di falda e glaciale, sull'alterazione di alternanza di litotipi stratificati, sul substrato costituito da alternanza di litotipi stratificati con pendenza maggiore di 15°.



6.6 Carta di Microzonazione Sismica

La carta di microzonazione sismica di terzo livello è stata redatta seguendo le specifiche tecniche riportate negli ICMS2008 e successive modificazioni e gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.2 per la rappresentazione cartografica.

Per la problematica dell'instabilità di versante ci siamo avvalsi:

- Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Versione 1.0.

I vari coefficienti di amplificazione sono stati calcolati attraverso analisi quantitative bidimensionali RSL2D.

In particolare sono stati calcolati i coefficienti:

- FA0105;
- FA0408;
- FA0711;
- FA0515;
- FPGA;
- FH0105;
- FH0510;
- FH0515.

87

Ogni microzona MOPS è stata suddivisa di nuovo in funzione del coefficiente di amplificazione risultante dall'elaborazione e mappato sulle carte di microzonazione sismica.

Sono state quindi redatte 8 carte di Microzonazione Sismica.

L'attribuzione dei coefficienti di amplificazione alle microzone sprovviste del calcolo è stata eseguita in base a similarità litostratigrafiche e geologiche con altre microzone che invece ne erano provviste.

Alle aree esterne a quelle analizzate con le RSL2D sono stati attribuiti coefficienti di amplificazione da abaco regionale utilizzando le tabelle relative all'Abaco Appennino sia in caso di coperture direttamente poggianti su substrato sismico rigido che in caso di coperture su substrato non rigido a seconda della situazione geologica locale riscontrata.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva relativa alle attribuzioni dei fattori di amplificazione per le zone non comprese nel terzo livello di approfondimento.

ZONA	ABACO	SUBSTRATO	MASW	Vseq	Vs30	H spess.cop.	Vsabaco	Habaco	FPGA	FA0105	FA0408	FA0711	FH0105	FH0510	CAT
1032	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
1041	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
2002	APPENNINO	NON RIGIDO	L11	255		6.8	250	5	1.6	1.5	1.4	1.3	1.5	1.4	C
2004	APPENNINO	NON RIGIDO	L28	351		26.9	350	25	1.9	2	1.7	1.4	2	1.5	C
2005	APPENNINO	NON RIGIDO	L36	293		12.6	300	15	2	1.9	1.5	1.4	1.9	1.4	C
2014	APPENNINO	NON RIGIDO	L11	255		6.8	250	5	1.6	1.5	1.4	1.3	1.5	1.4	C
2099	APPENNINO	NON RIGIDO AFFIORANTE	L8		467		450		1.6	1.6	1.5	1.3	1.6	1.4	B
2017	APPENNINO	RIGIDO							1	1	1	1	1	1	A
2019	APPENNINO	NON RIGIDO	L30	352		11	350	10	1.6	1.5	1.4	1.3	1.5	1.3	C
2023	APPENNINO	NON RIGIDO AFFIORANTE	L8		467		450		1.6	1.6	1.5	1.3	1.6	1.4	B

Per gli input sismici sono stati scelti gli accelerogrammi scaricati dal sito EUCENTRE e in particolare:

Fanano - set di accelerogrammi Fanano_ TR475_ID18054 riferiti ai seguenti siti di registrazione:

%	Magnitude(Mw)	Epic.Distance(km)	Scaling_Factor	Source	File_Name
6.9	62.9	0.74	%	ESM	EU.HRZ..HNE.D.19790415.061941.C.ACC.ASC
5.74	12.57	1.61	%	NGA	RSN146_COYOTELK_G01320.AT2
6.93	94.31	2.02	%	NGA	RSN797_LOMAP_RIN090.AT2
6.69	38.07	1.25	%	NGA	RSN1091_NORTHR_VAS000.AT2
6.6	31	0.76	%	KiKnet	SMNH100010061330.EW2
6.6	62	1.34	%	KiKnet	SAGH050503201053.EW2
6.1	97	1.54	%	KiKnet	MYGH041103280724.EW2

Per quanto riguarda le instabilità di versante è stata valutata la frana presente a est del centro di Fanano, vista l'omogeneità sismica e litologica delle coltri in movimento nel territorio comunale, è stata reputata rappresentativa per le altre presenti nella aree studiate.

Chiaramente le frane attive sono state direttamente identificate come ZS_{FR} senza eseguire lo screening.

In particolare è stata fatta la verifica $kh_{eq} < k_c$:

- **Fanano**

Frana su SEZ. 1

$$kh_{eq} = 0,070 > k_c = 0,114$$

Verifica soddisfatta (pag. 23 - *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR) Versione 1.0*).

Ai sensi della norma questo tipo di frane non va al Terzo Livello ma abbiamo comunque calcolato gli spostamenti sismoindotti vista l'importanza areale di tali manifestazioni e riportate nella carta di Microzonazione Sismica.

Per la rappresentazione delle ZS_{FR} si nota una discrepanza tra quanto riportato a pag.23 delle *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR) Versione 1.0*. e gli standard di rappresentazione 4.2 a pag. 106.

Infatti per le ZS_{FR} non è richiesto (secondo le Linee Guida) il calcolo dello spostamento sismoindotto ma solo la verifica della disuguaglianza sopra riportata, ma tuttavia gli standard per la corretta rappresentazione lo prevedono.

Per ovviare a tale problema è stato deciso, in accordo con il Servizio Sismico Regionale, di calcolare lo spostamento sismoindotto e quindi procedere con la relativa rappresentazione come previsto negli standard.

In “Allegato 1” riportiamo la verifica di stabilità della frana sopra richiamata.

89

- Carte dello scuotimento in accelerazione (g): H_{SM}, H₀₄₀₈, H₀₇₁₁ e H₀₅₁₅.

Nelle zone studiate con il secondo e terzo livello di approfondimento della Microzonazione Sismica del Comune di Fanano è stato applicato il seguente metodo (vedi figura 1) per valutare l'amplificazione topografica, tuttavia il parametro St è risultato sempre inferiore a 1, indicando quindi l'assenza di fenomeni di amplificazione topografica.

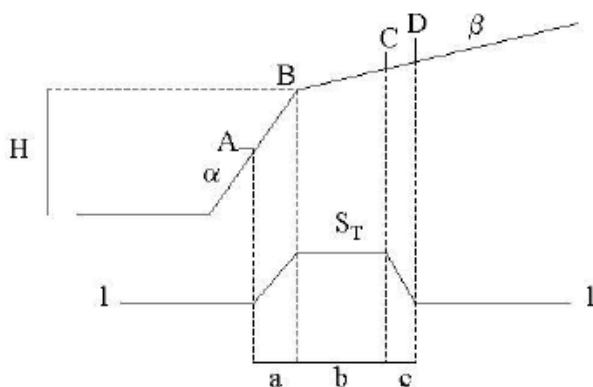


Figura 1

$$S_r = 1 + 0.8(\alpha - \beta - 0.4) \text{ sul segmento BC}$$

b: valore minimo tra 20α e $\frac{H+10}{4}$

α e β sono i gradienti della parte più ripida e meno ripida, rispettivamente:

$$S_T = 1 \text{ in A (a = H/3) e } S_T = 1 \text{ in D (c = H/4)}$$

S_x : si impone comunque un valore compreso tra 1 e 1,4.

Nelle carte di Microzonazione Sismica i fattori di amplificazione rappresentati derivano dalla moltiplicazione tra i FA e i relativi fattori di amplificazione topografica; nel Comune di Fanano il parametro F_t è sempre pari a 1.

6.6.1 Carta della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} , H_{0515}

I parametri che esprimono lo scuotimento atteso al sito per gli intervalli di periodi $0.1s \leq T \leq 0.5s$, $0.4s \leq T \leq 0.8s$, $0.7s \leq T \leq 1.1s$ e $0.5s \leq T \leq 1.5s$ sono stati calcolati a partire dagli spettri di output in accelerazione ottenuti dai nodi significativi delle sezioni delle analisi di risposta sismica locale bidimensionali eseguite per il terzo livello di approfondimento.

In particolare, per ogni nodo significativo, l'integrale dello spettro in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi considerato (ASI), è stato diviso per il relativo ΔT determinato per lo stesso intervallo di periodi, utilizzando la procedura come richiesta nel D.G.R. n° 630 del 2019.

Nelle zone al secondo livello per il parametro HSM che esprime lo scuotimento atteso al sito per l'intervallo di periodi $0.1s \leq T \leq 0.5$ è stata utilizzata la griglia INGV riportata nel file all_4_coord.kmz (cartella Allegato_4.zip).

In particolare è stata fatta un'interpolazione (utilizzando il metodo Triangulated Irregular Network) tra i punti della griglia INGV individuando delle fasce di valori ASI/ ΔT .

Tali valori sono stati poi moltiplicati con i fattori in accelerazione (FA) ottenuti per l'intervallo di periodi $0.1s \leq T \leq 0.5s$.

6.6.2 Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati

Per quanto attiene il confronto con eventi passati non è stato possibile reperire alcuna informazione in merito ai danni degli eventi passati.

7. Risultati e Conclusioni

Il presente studio di Microzonazione Sismica di terzo livello è stato condotto nel territorio del Comune di Fanano, in particolare in corrispondenza dei centri abitati di Fanano e Fellicarolo.

Tale studio è finalizzato sia alla caratterizzazione degli effetti di amplificazione attesi nelle coperture detritiche di versante e ottenuti sulla base di specifici calcoli di Risposta Sismica Locale (RSL) bidimensionali condotti nell'area, sia allo studio delle instabilità di versante presenti.

L'esecuzione di numerosi rilevamenti in loco di concerto con la valutazione delle indagini pregresse e l'interpretazione delle numerose indagini geognostiche e geofisiche realizzate in occasione del presente studio, hanno permesso di individuare e di conoscere in modo chiaro l'assetto geologico e sismico dell'area permettendo una peculiare suddivisione della zona in diverse microzone omogenee di dettaglio.

La definizione di tali modelli del sottosuolo sia a livello stratigrafico che sismico ha avuto un ruolo fondamentale nella caratterizzazione degli effetti di amplificazione attesi.

Le varie Risposte Sismiche Locali (RSL2D) eseguite hanno permesso di calcolare in modo quantitativo i fattori di amplificazione attesi per le varie zone e in relazione a quanto previsto dalle normative vigenti. Si nota come nel territorio studiato i fattori di amplificazione ottenuti dalle RSL mostrino tendenzialmente un'amplificazione dei periodi che vanno tra 0,4 e 1,0 secondi a discapito di quelli tra 0,1 e 0,5 secondi. Questo è da ricondurre alla conformazione geologica e sismica del territorio dove il substrato alterato (spesso alcune decine di metri), caratterizzato da un modulo elastico elevato, ma da velocità delle onde sismiche non altrettanto elevate, intrappolano le onde sismiche amplificandone le basse frequenze.

Lo studio condotto sulla frana a est di Fanano è stato eseguito sulla base di quanto disposto dalle Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante. I risultati delle analisi condotte hanno permesso la valutazione dello spostamento cumulato (FRT) che è stato quantificato in 15,77 cm.

8. Bibliografia

Bartoloni C., Bernini M., Carloni G.C., Castaldini P., Costantini A., Federici P.R., Francavilla F., Gasperi G., Lazzaretto G., Mozzanti A., Papani G., Pranzini G., Rau A., Sandrelli P. & Vercesi P.L., 1982 – Carta Neotettonica dell'Appennino Settentrionale. Boll. Soc. Geol. Ital., 101: 523-549;

Biondi G. & Maugeri M. – A modified Newmark type-analysis according to EC-8 requirements for seismic stability analysis of natural slope. University of Catania Italy;

Boccaletti M., Coli M., Eva C., Ferrari G., Giglia G., Lazzaretto A., Merlanti F., Nicolich R., Papani G. & Postpischl D., (1985) – Considerations on the seismotectonics of the Northern Apennines. *Tectonophysics*; 117, 7–38;

Boccaletti M., Cerrina Feroni A., Martinelli P., Moratti G., Plesi G. & Sani F. (1991) – L'alternanza distensione-compressione nel quadro evolutivo dei bacini neogenici dell'Appennino Settentrionale. *Studi Geol. Camerti*, Vol. Spec. 1991/1, 187-192;

Boncio P. & Lavecchia G. (2001) – Interpretazioni controverse del profilo CROP03: stato dell'arte e considerazioni per un'ipotesi alternativa. In: A. Brogi, M. Ghinassi, Lazzaretto L., Lotta D. (eds.). *Studi per l'interpretazione del profilo sismico Crop18, stato di avanzamento. Atti della riunione scientifica, Siena, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra*, 75-80;

M. Ghinassi, Lazzaretto L., Lotta D. (eds.). *Studi per l'interpretazione del profilo sismico Crop18, stato di avanzamento. Atti della riunione scientifica, Siena, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra*, 81-88.

Brune, J.N. 1970. *Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes. Journal of Geophysical Research*, Vol. 75, N. 26, pp. 4997-5009;

Collettini C., Barchi M., Paeselli C., Federico C. and Pialli G., 2000, Seismic expression of active extensional fault in northern Umbria (Central Italy). *Journal of Geodynamics* 29 (2000): 309-321;

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 cd-rom;

Grünthal G, ed. (1998). European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). European Seismological Commission, subcommission on Engineering Seismology, working Group Macroseismic Scales. Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15, Luxembourg;

Martini I.P., Sagri M. (1993) – Tectono – Sedimentary characteristics of Late Miocene – Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy. *Earth Science Reviews*, 34, 197 – 233;

Matini P., Sagri M., Coltella A. (2001) – Neogene-Quaternary basin of the inner Apennine and Calabrian arc.

G.B. Vai and I.P. Martini (eds.), “Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent mediterranean basin”. Kluwer Acad. Publ. London, 375-400;

McGuire R.K. 2001. Deterministic vs. probabilistic earthquake hazards and risks. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 21, 377- 384;

Newmark N.M. 1965. Effects of earthquakes on dams and embankments. *Géotechnique*, 15, 139-160;

Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) -Tyrrhenian basin and Apenninic arc: kinematic relation since Late Tortonian time. *Memorie Società Geologica Italiana* 45, 425-451. Principi G. e Treves B. (1984) – Interpretazione attualistica del Sistema Corso-Appenninico. *Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennino. Memorie Società Geologica Italiana*; 28,

549-576. Valensise G. and Pantosti D., (Eds.), 2001 – *Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy*;

SGA [ed] (2007). Viaggio nelle aree sismiche: Liguria basso Piemonte, Toscana, Emilia Romagna, coste e Appennino, dal I secolo a.C. al 2000. *Guida monografica a cura della società SGA (Storia Geofisica Ambiente) Bologna, 496 pp*;

Dott. Geol. Giorgio Masotti, Dott. Geol. Alberto Fiori e Dott. Geol. Franco Sasso per la redazione del secondo livello di approfondimento.

Siti web consultati:

<https://diss.ingv.it/>;

<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

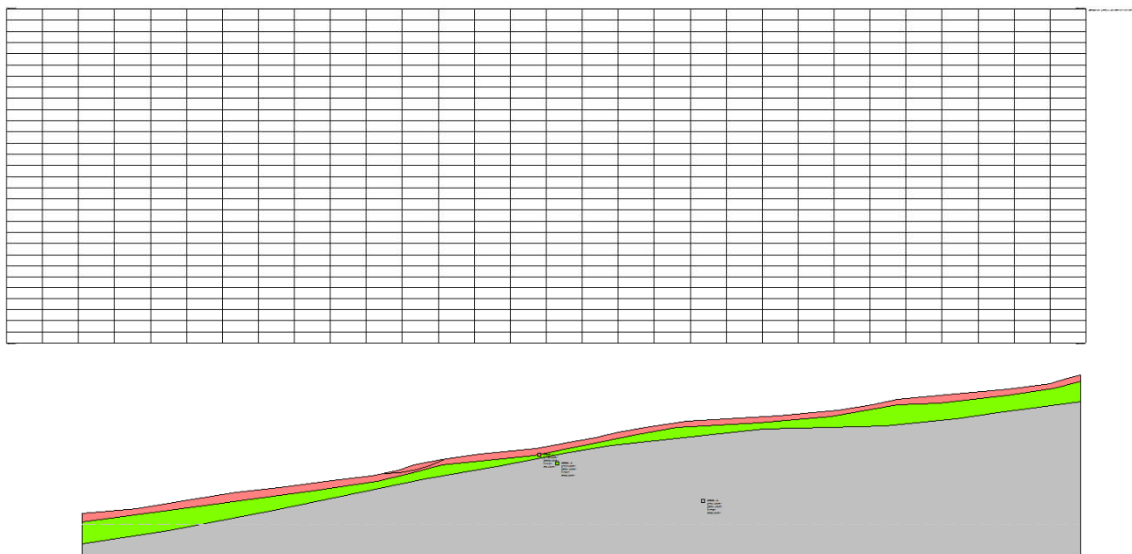
<http://esse1-gis.mi.ingv.it/> Pericolosità sismica e disaggregazione;

<http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet> Database terremoti;

<http://www.ingv.it/it/> Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Poggibonsi (SI), 30.08.2023

ALLEGATO 1
VERIFICA DI STABILITA'



Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.222255/10.804039
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-44.88 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	306.19 m
Ascissa vertice destro superiore xs	948.99 m
Ordinata vertice destro superiore ys	614.26 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	30.0
Numero di celle lungo y	30.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.58	2.48	0.25
S.L.D.	50.0	0.74	2.46	0.26
S.L.V.	475.0	1.73	2.47	0.29
S.L.C.	975.0	2.17	2.48	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.696	0.2	0.0142	0.0071
S.L.D.	0.888	0.2	0.0181	0.0091
S.L.V.	2.076	0.24	0.0508	0.0254
S.L.C.	2.5616	0.28	0.0731	0.0366

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0508

Coefficiente azione sismica verticale 0.0254

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	24.78	149.7
2	74.81	154.17
3	104.47	159.17
4	135.52	164.17
5	166.85	169.17
6	212.09	174.17
7	248.98	179.17
8	291.23	184.17
9	315.8	189.17
10	330.04	194.17
11	355.76	199.17
12	390.74	204.17
13	442.75	209.17
14	469.54	214.17
15	497.34	219.17
16	518.82	224.17
17	547.23	229.17
18	581.43	234.17
19	665.85	239.17
20	720.33	244.17
21	751.95	249.17
22	775.54	254.17
23	829.01	259.17
24	876.99	264.17
25	915.9	269.17
26	931.87	274.17
27	943.97	276.47

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	24.78	141.62
2	126.8	155.74
3	185.05	163.15
4	237.92	170.56
5	295.88	178.87
6	326.71	186.05
7	355.62	194.18
8	440.54	202.72
9	535.96	222.21
10	572.33	228.5
11	647.76	233.21
12	714.43	238.82
13	775.54	249.17
14	812.94	250.65
15	876.25	258.28
16	919.8	264.27
17	943.97	270.8

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	24.78	121.6
2	104.47	133.65
3	201.09	152.55
4	339.99	181.12
5	410.48	193.47
6	469.54	204.65
7	512.57	212.1
8	651.87	227.2
9	712.7	228.99
10	764.11	230.12
11	829.01	236.58
12	867.6	241.96
13	943.97	252.41

Coefficienti parziali azioni

```
=====
Sfavorevoli: Permanenti, variabili      1.0  1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili      1.0  1.0
=====
```

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

```
=====
Tangente angolo di resistenza al taglio      1.25
Coesione efficace                          1.25
Coesione non drenata                       1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno      Si
=====
```

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	5		19	18	20	
2	20		27	19	21	
3	30		40	21	21	

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

=====

Fs minimo individuato 1.2

Ascissa centro superficie 302.97 m

Ordinata centro superficie 311.32 m

Raggio superficie 124.73 m

=====

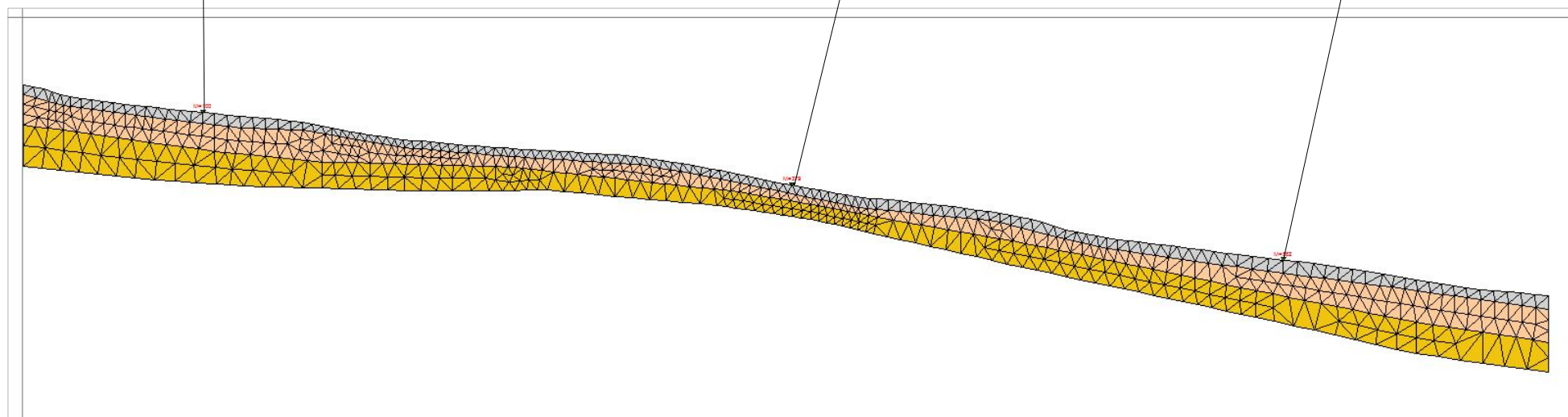
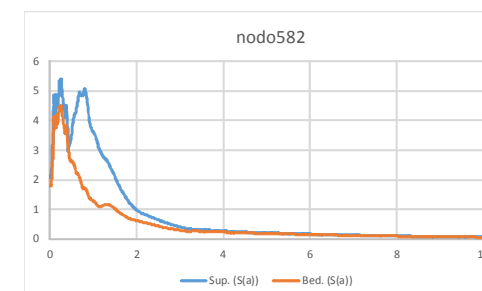
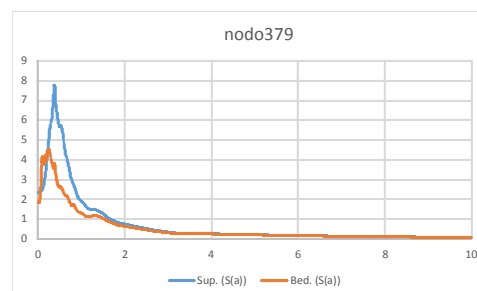
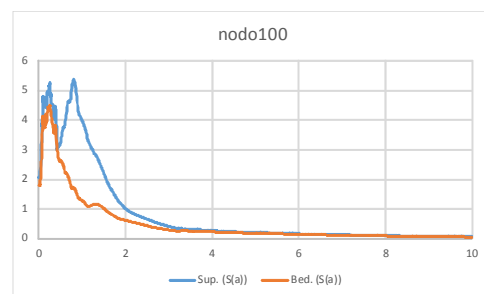
xc = 302.975 yc = 311.321 Rc = 124.732 Fs=1.199

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1.84	0.5	1.84	6.06	0.31	0.15	4.0	15.4	0.0	6.0	7.5
2	1.84	1.3	1.84	17.5	0.89	0.44	4.0	15.4	0.0	17.3	10.1
3	1.84	2.2	1.84	28.05	1.42	0.71	4.0	15.4	0.0	27.6	12.5
4	1.84	3.0	1.84	37.69	1.91	0.96	4.0	15.4	0.0	37.0	14.7
5	1.84	3.9	1.84	46.43	2.36	1.18	4.0	15.4	0.0	45.4	16.6
6	1.84	4.7	1.85	54.26	2.76	1.38	4.0	15.4	0.0	52.9	18.4
7	1.65	5.5	1.66	54.71	2.78	1.39	4.0	15.4	0.0	53.2	17.9
8	2.03	6.4	2.04	79.14	4.02	2.01	4.0	15.4	0.0	76.9	24.6
9	1.84	7.3	1.86	86.71	4.4	2.2	4.0	15.4	0.0	84.2	25.7
10	1.84	8.1	1.86	99.89	5.07	2.54	4.0	15.4	0.0	96.8	28.7
11	1.84	9.0	1.86	112.14	5.7	2.85	4.0	15.4	0.0	108.6	31.5
12	1.84	9.8	1.87	123.46	6.27	3.14	4.0	15.4	0.0	119.5	34.2
13	1.84	10.7	1.87	133.84	6.8	3.4	4.0	15.4	0.0	129.4	36.6
14	1.84	11.5	1.88	143.26	7.28	3.64	4.0	15.4	0.0	138.4	38.8
15	1.17	12.3	1.2	95.4	4.85	2.42	4.0	15.4	0.0	92.2	25.7
16	2.51	13.1	2.58	206.71	10.5	5.25	4.0	15.4	0.0	199.6	55.9
17	1.84	14.2	1.9	147.94	7.52	3.76	4.0	15.4	0.0	142.7	40.3
18	1.84	15.0	1.91	143.92	7.31	3.66	4.0	15.4	0.0	138.8	39.6
19	1.84	15.9	1.91	138.9	7.06	3.53	4.0	15.4	0.0	133.9	38.6
20	1.84	16.8	1.92	132.88	6.75	3.38	4.0	15.4	0.0	128.0	37.4
21	1.84	17.7	1.93	125.82	6.39	3.2	4.0	15.4	0.0	121.1	36.0
22	1.84	18.6	1.94	117.73	5.98	2.99	4.0	15.4	0.0	113.3	34.3
23	1.84	19.5	1.95	108.58	5.52	2.76	4.0	15.4	0.0	104.4	32.3
24	1.84	20.4	1.96	98.36	5.0	2.5	4.0	15.4	0.0	94.4	30.1
25	1.84	21.3	1.97	87.05	4.42	2.21	4.0	15.4	0.0	83.4	27.6
26	1.84	22.2	1.99	74.62	3.79	1.9	4.0	15.4	0.0	71.2	24.8
27	1.84	23.1	2.0	61.06	3.1	1.55	4.0	15.4	0.0	57.9	21.7
28	1.84	24.0	2.01	46.35	2.35	1.18	4.0	15.4	0.0	43.3	18.2
29	1.13	24.8	1.24	20.63	1.05	0.52	4.0	15.4	0.0	18.8	9.3
30	2.55	25.7	2.83	20.21	1.03	0.51	4.0	15.4	0.0	16.1	14.6

ALLEGATO 2

SEZIONI SULLE QUALI SONO STATE ESEGUITE LE RSL2D

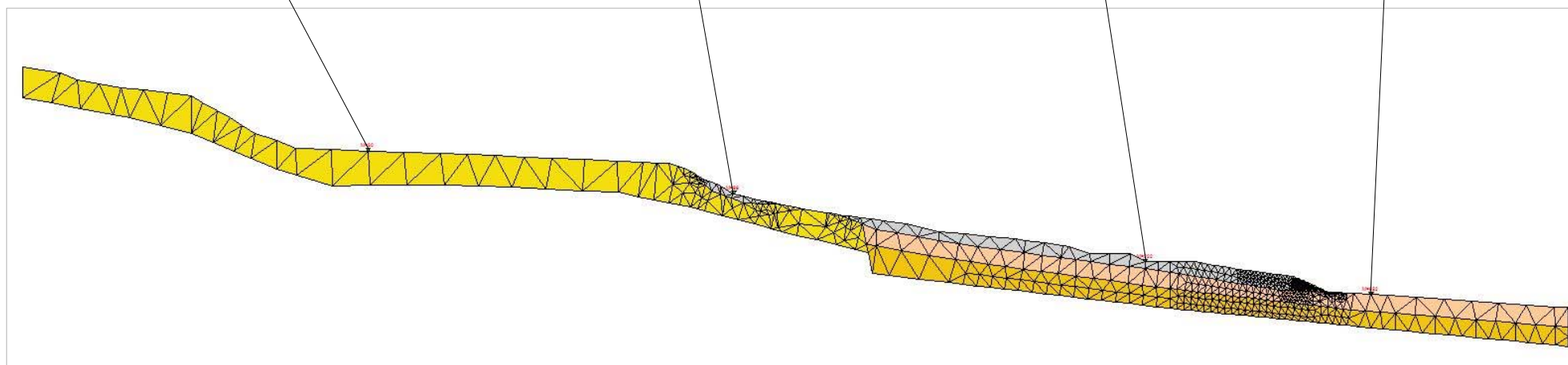
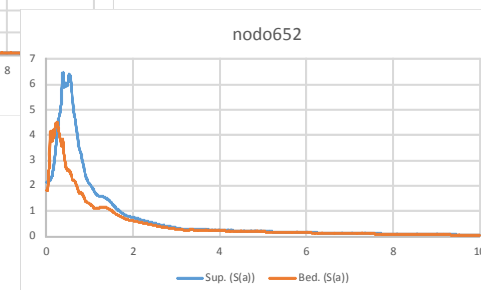
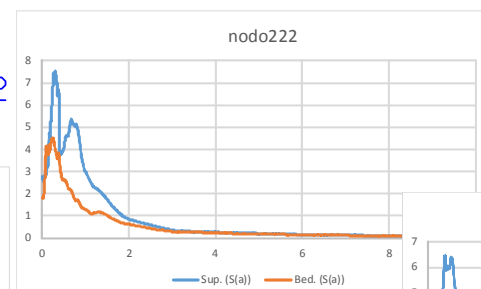
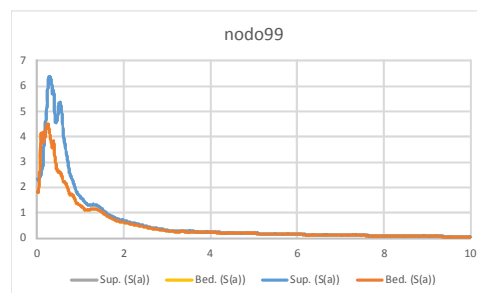
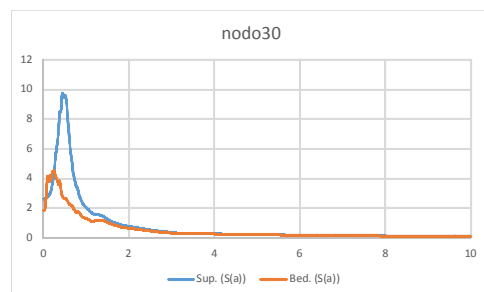
SEZIONE 1



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	Massa Rayleigh	Rigidezza a Rayleigh	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		310000	0.39	19	0.1	0.1	113426.7	113426.7	242	576	curve_decadimento_
2	GM		789000	0.42	20	0.075	0.075	282128.4	282128.4	372	1027	Seed et al. (1986)
3	GC		602000	0.44	20	0.08	0.08	212699.3	212699.3	323	1000	Seed et al. (1986)
4	SFCO		1801000	0.35	21	0.015	0.015	680939.4	680939.4	564	1169	Vucetic & Dorby
5	SFALSceV		2055000	0.37	21	0.012	0.012	762955.1	762955.1	597	1327	Seed et al. (1986)

SEZIONE 1
ELABORAZIONE RSL2D

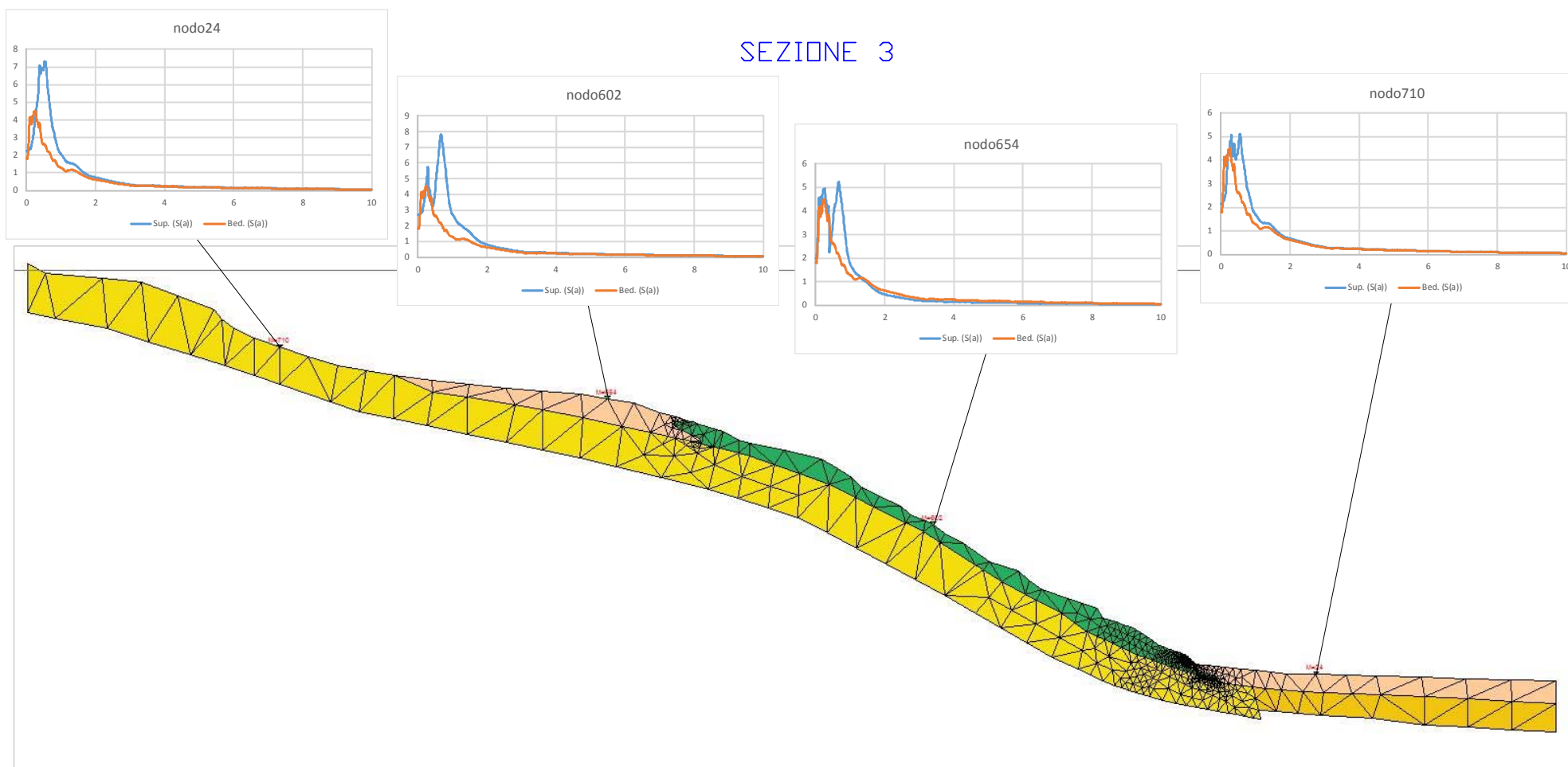
SEZIONE 2



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	Massa Rayleigh	Rigidezza a Rayleigh	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		310000	0.39	19	0.1	0.1	113426.7	113426.7	242	576	curve_decadimento_
2	GM		789000	0.42	20	0.075	0.075	282128.4	282128.4	372	1027	Seed et al. (1986)
3	GC		602000	0.44	20	0.08	0.08	212699.3	212699.3	323	1000	Seed et al. (1986)
4	SFCO		1801000	0.35	21	0.015	0.015	680939.4	680939.4	564	1169	Vucetic & Dorby
5	SFALSceV		2055000	0.37	21	0.012	0.012	762955.1	762955.1	597	1327	Seed et al. (1986)

SEZIONE 2
ELABORAZIONE RSL2D

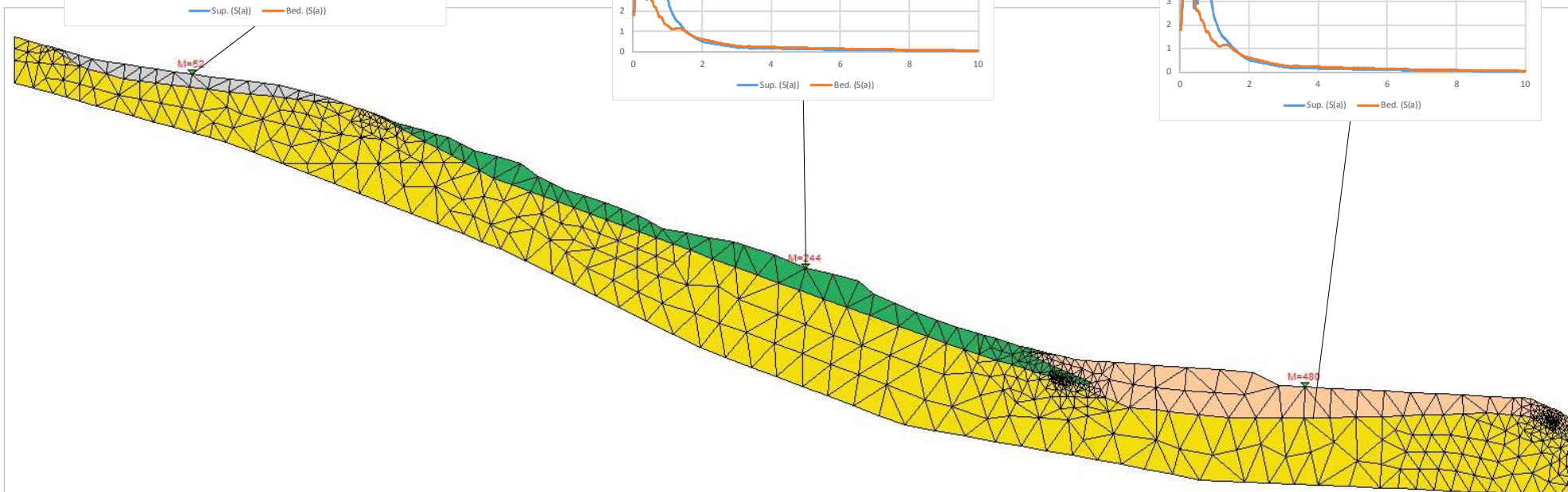
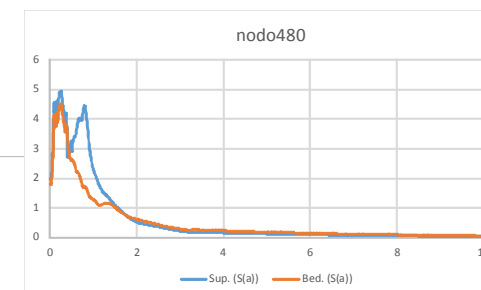
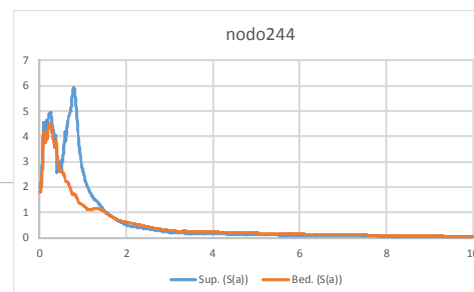
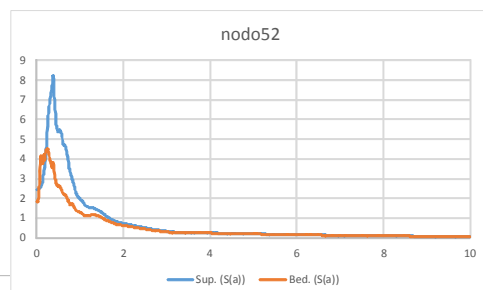
SEZIONE 3



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	Massa Rayleigh	Rigidità a Rayleigh	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		310000	0.39	19	0.1	0.1	113426.7	113426.7	242	576	curve_decadimento_
2	GM		789000	0.42	20	0.075	0.075	282128.4	282128.4	372	1027	Seed et al. (1986)
3	GC		602000	0.44	20	0.08	0.08	212699.3	212699.3	323	1000	Seed et al. (1986)
4	SFCO		1801000	0.35	21	0.015	0.015	680939.4	680939.4	564	1169	Vucetic & Dorby
5	SFALSceV		2055000	0.37	21	0.012	0.012	762955.1	762955.1	597	1327	Seed et al. (1986)

SEZIONE 3
ELABORAZIONE RSL2D

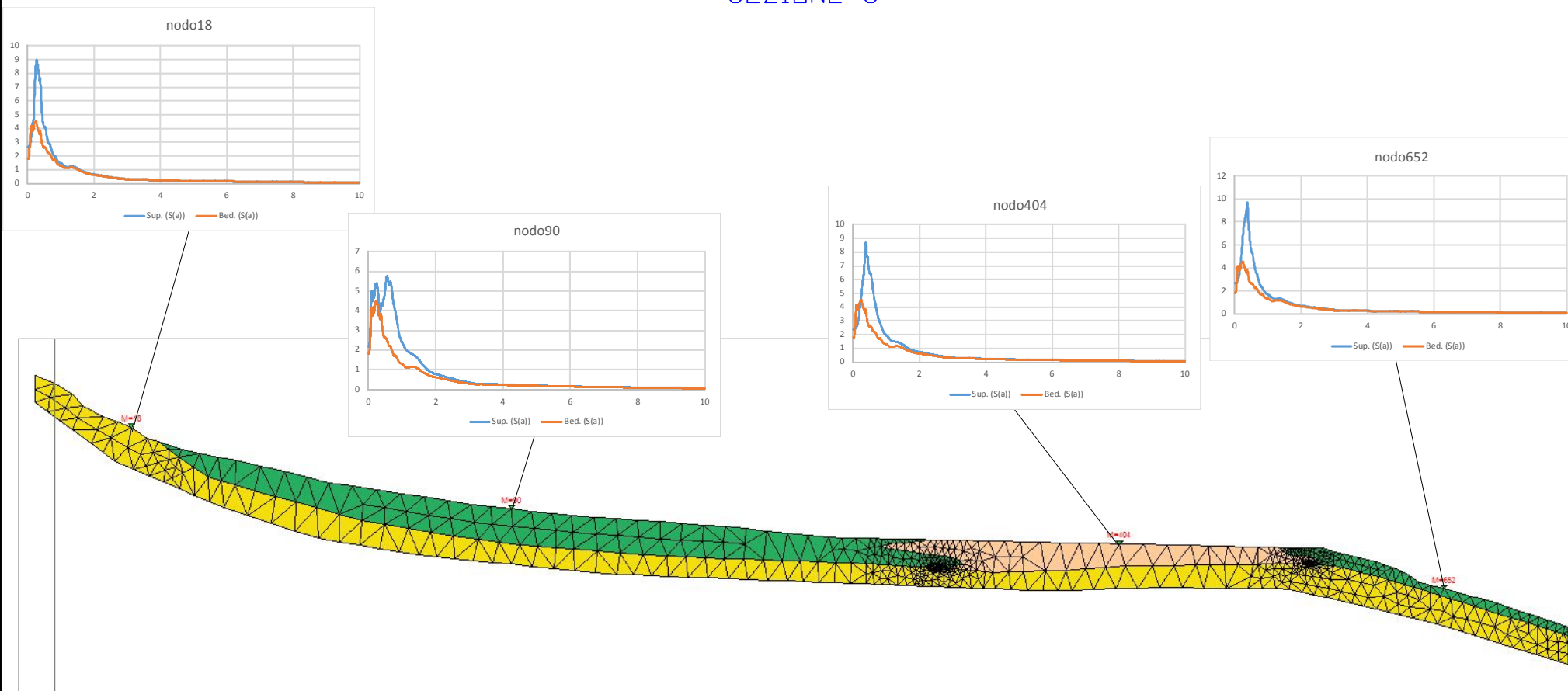
SEZIONE 4



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	Massa Rayleigh	Rigidizz a Rayleigh	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		310000	0.39	19	0.1	0.1	113426.7	113426.7	242	576	curve_decadimento_
2	GM		789000	0.42	20	0.075	0.075	282128.4	282128.4	372	1027	Seed et al. (1986)
3	GC		602000	0.44	20	0.08	0.08	212699.3	212699.3	323	1000	Seed et al. (1986)
4	SFCO		1801000	0.35	21	0.015	0.015	680939.4	680939.4	564	1169	Vucetic & Dorby
5	SFALSceV		2055000	0.37	21	0.012	0.012	762955.1	762955.1	597	1327	Seed et al. (1986)

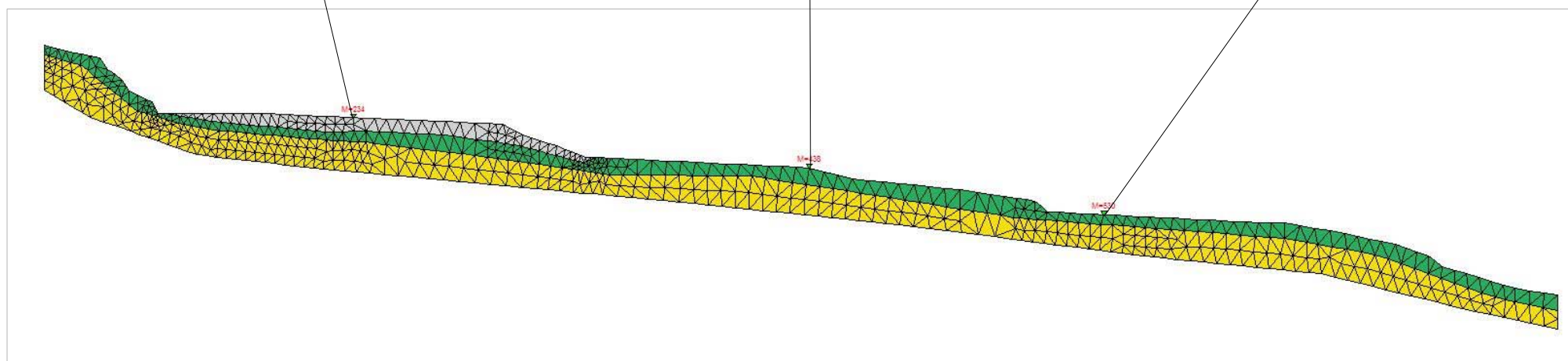
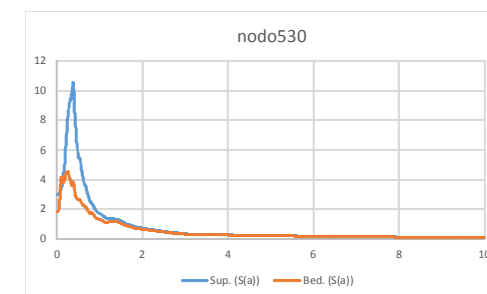
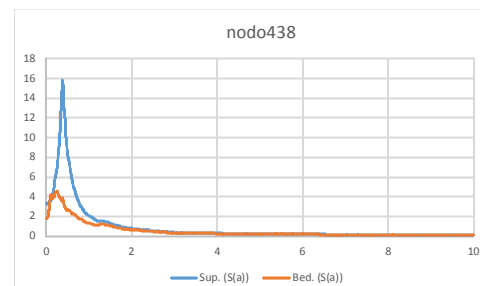
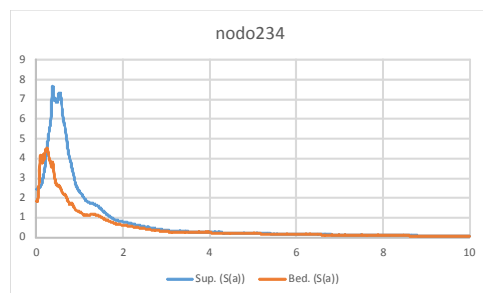
SEZIONE 4
ELABORAZIONE RSL2D

SEZIONE 5



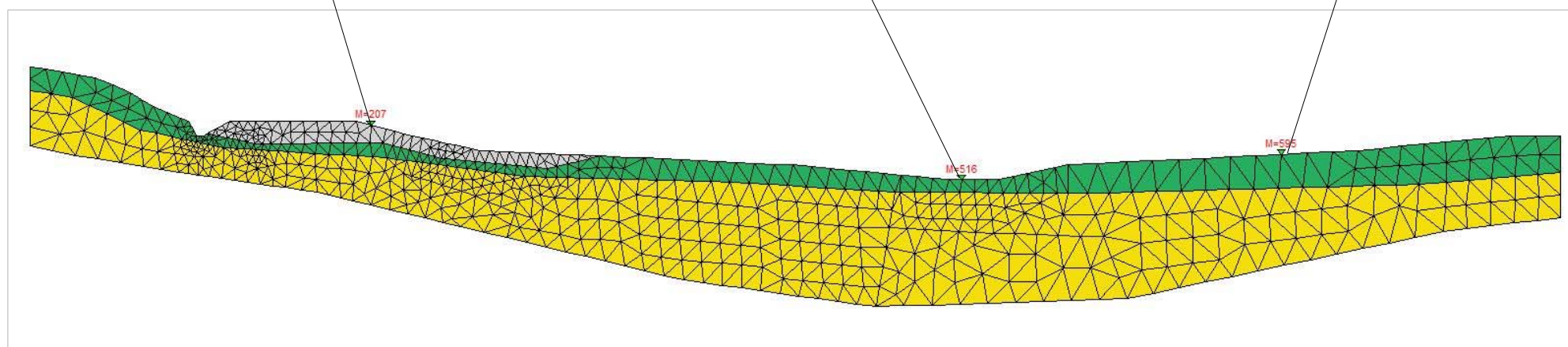
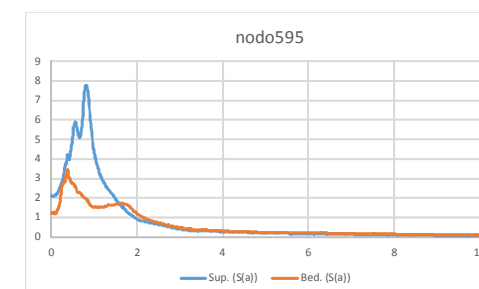
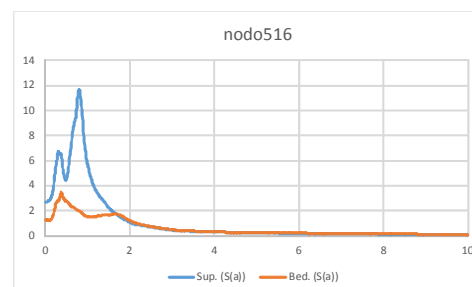
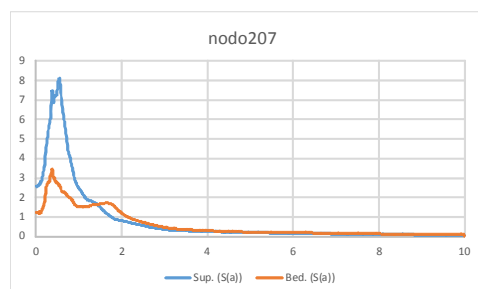
SEZIONE 5
ELABORAZIONE RSL2D

SEZIONE 6



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m ³]	Massa Rayleigh	Rigidezza a Rayleigh	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		310000	0.39	19	0.1	0.1	113426.7	113426.7	242	576	curve_decadimento_
2	GM		789000	0.42	20	0.075	0.075	282128.4	282128.4	372	1027	Seed et al. (1986)
3	GC		602000	0.44	20	0.08	0.08	212699.3	212699.3	323	1000	Seed et al. (1986)
4	SFCO		1801000	0.35	21	0.015	0.015	680939.4	680939.4	564	1169	Vucetic & Dorby
5	SFALSceV		2055000	0.37	21	0.012	0.012	762955.1	762955.1	597	1327	Seed et al. (1986)

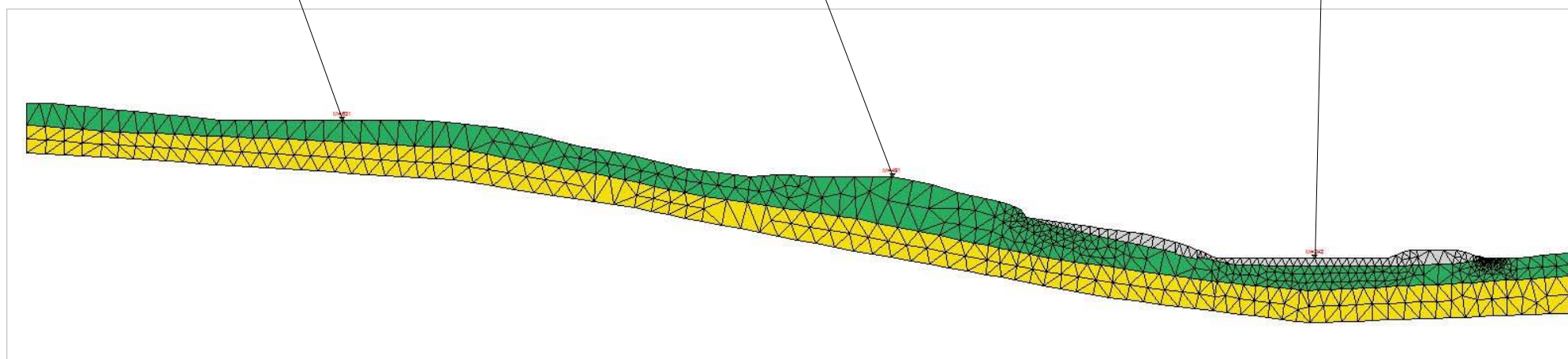
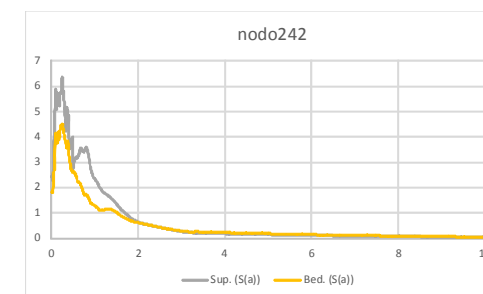
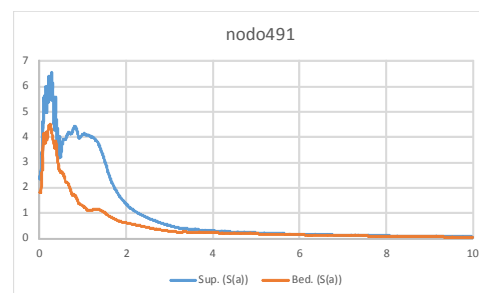
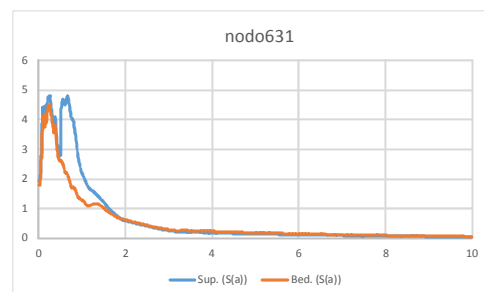
SEZIONE 7



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	Massa Rayleigh	Rigidità a Rayleigh	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		310000	0.39	19	0.1	0.1	113426.7	113426.7	242	576	curve_decadimento_
2	GM		789000	0.42	20	0.075	0.075	282128.4	282128.4	372	1027	Seed et al. (1986)
3	GC		602000	0.44	20	0.08	0.08	212699.3	212699.3	323	1000	Seed et al. (1986)
4	SFCO		1801000	0.35	21	0.015	0.015	680939.4	680939.4	564	1169	Vucetic & Dorby
5	SFALSceV		2055000	0.37	21	0.012	0.012	762955.1	762955.1	597	1327	Seed et al. (1986)

SEZIONE 7
ELABORAZIONE RSL2D

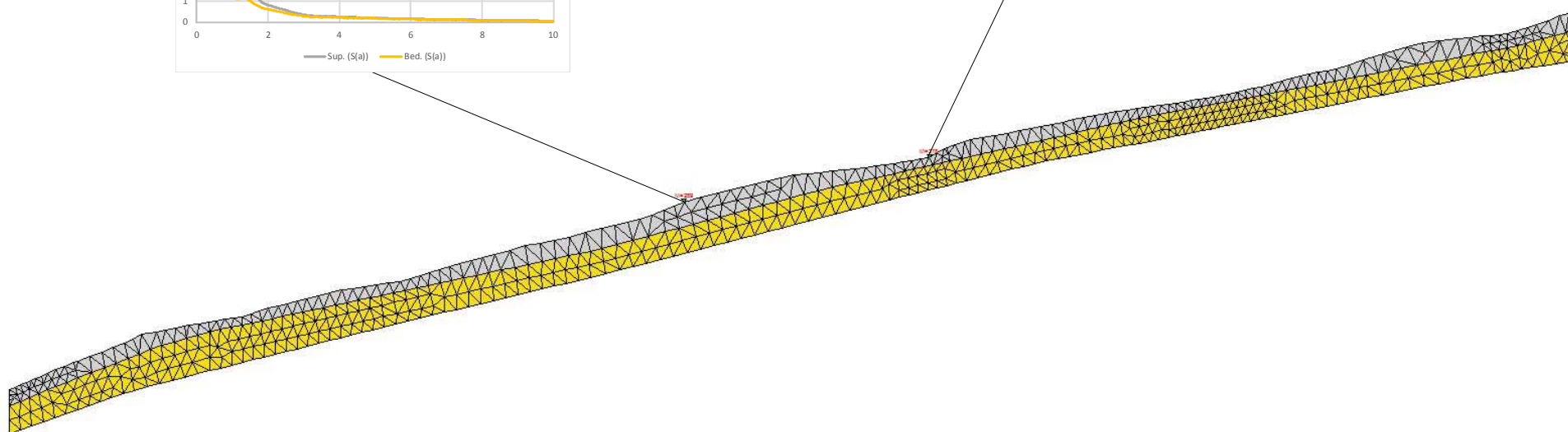
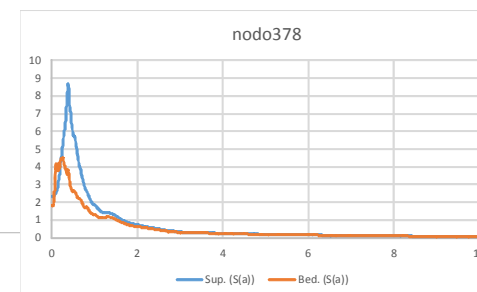
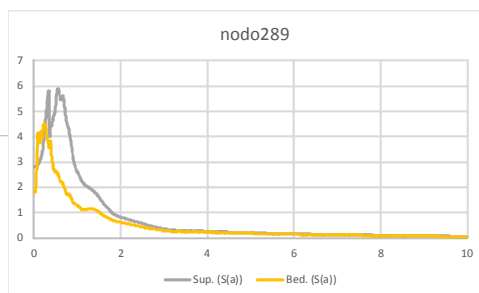
SEZIONE 8



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	Massa Rayleigh	Rigidità a Rayleigh	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		310000	0.39	19	0.1	0.1	113426.7	113426.7	242	576	curve_decadimento_
2	GM		789000	0.42	20	0.075	0.075	282128.4	282128.4	372	1027	Seed et al. (1986)
3	GC		602000	0.44	20	0.08	0.08	212699.3	212699.3	323	1000	Seed et al. (1986)
4	SFCO		1801000	0.35	21	0.015	0.015	680939.4	680939.4	564	1169	Vucetic & Dorby
5	SFALScev		2055000	0.37	21	0.012	0.012	762955.1	762955.1	597	1327	Seed et al. (1986)

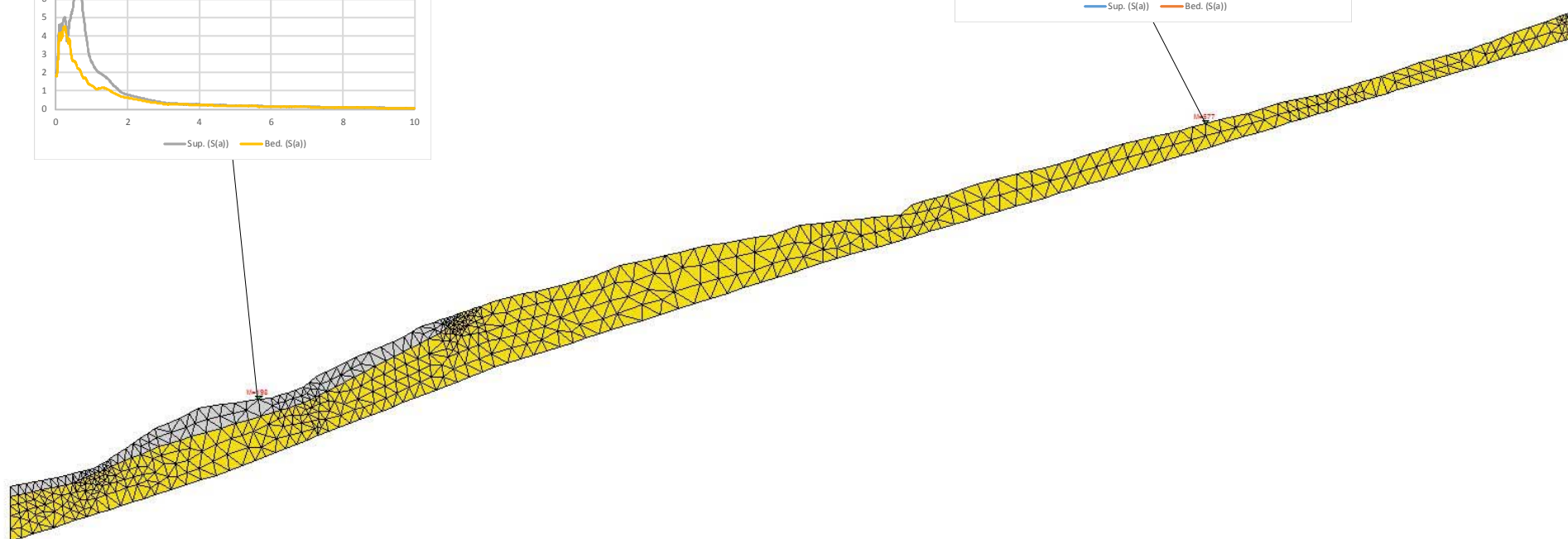
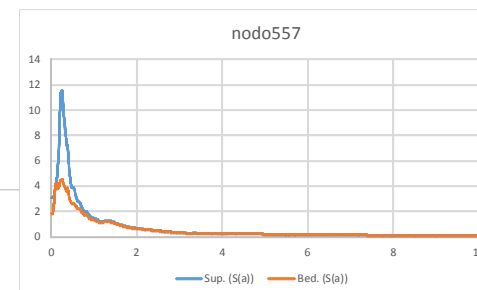
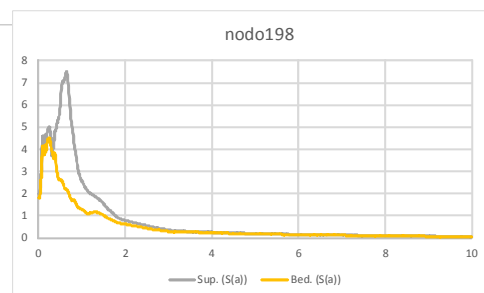
SEZIONE 8
ELABORAZIONE RSL2D

SEZIONE 9



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	Massa Rayleigh	Rigidità a Rayleigh	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		310000	0.39	19	0.1	0.1	113426.7	113426.7	242	576	curve_decadimento_
2	GM		789000	0.42	20	0.075	0.075	282128.4	282128.4	372	1027	Seed et al. (1986)
3	GC		602000	0.44	20	0.08	0.08	212699.3	212699.3	323	1000	Seed et al. (1986)
4	SFCO		1801000	0.35	21	0.015	0.015	680939.4	680939.4	564	1169	Vucetic & Dorby
5	SFALScev		2055000	0.37	21	0.012	0.012	762955.1	762955.1	597	1327	Seed et al. (1986)

SEZIONE 10



#	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Peso specifico [kN/m³]	Massa Rayleigh	Rigidità a Rayleigh	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di Compressione VP	Proprietà dinamiche
1	fr		310000	0.39	19	0.1	0.1	113426.7	113426.7	242	576	curve_decadimento_
2	GM		789000	0.42	20	0.075	0.075	282128.4	282128.4	372	1027	Seed et al. (1986)
3	GC		602000	0.44	20	0.08	0.08	212699.3	212699.3	323	1000	Seed et al. (1986)
4	SFCO		1801000	0.35	21	0.015	0.015	680939.4	680939.4	564	1169	Vucetic & Dorby
5	SFALSceV		2055000	0.37	21	0.012	0.012	762955.1	762955.1	597	1327	Seed et al. (1986)