



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 E ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA

Regione Emilia-Romagna
Comune di Sestola



Regione	Soggetto realizzatore	Data
	<p>RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)</p> <p>MANDATARIO: Dott. Geol. Giorgio Masotti</p> <p>MANDANTI: Dott. Geol. Alberto Fiori Dott. Geol. Franco Sasso</p> <p>COLLABORATORI: Dott. Geol. Roberto Saloni, Dott. Geol. Laura Guadagnini</p>	<p>SETTEMBRE 2013</p> <p>FASCICOLO 1</p> <p>RELAZIONE TECNICA</p>

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario	Mandanti	
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	3
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	3
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	9
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	17
4.1	Indagini a rifrazione (Onde P).....	18
4.2	Indagini MASW	21
4.3	Indagini HVSR.....	22
4.4	Indagini penetrometriche.....	24
5	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	25
6	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	28
7	ELABORATI CARTOGRAFICI	35
7.1	Carta delle indagini	35
7.2	Carta geologica tecnica per la microzonazione sismica	35
7.3	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)	36
7.4	Carta di microzonazione sismica (livello 2).....	37
7.5	Carta delle frequenze.....	39
7.6	Carta delle velocità (Vs).....	39
8	BIBLIOGRAFIA.....	41

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Zonazione sismogenetica ZS9.....	3
Figura 2: Dettagli eventi nelle zone sismogenetiche 912 e 913	4
Figura 3: Massime intensità macrosismiche della Regione Emilia-Romagna.....	4
Figura 4: Storia sismica di Sestola (da INGV - DBMI11).....	5
Figura 5: Diagramma storia sismica del Comune di Sestola.....	5
Figura 6: Geometria delle 9 zone sismogenetiche proposte (contorni neri e sismicità storica dall'anno 1000).....	6
Figura 7: Intensità massima ed altre informazioni macrosismiche per il Comune di Sestola.....	6
Figura 8: Valori di I _{max} MCS del Comune di Sestola (43).....	7
Figura 9: Valori di riferimento dell'accelerazione su suolo rigido per il Comune di Sestola	7
Figura 10: Spettro di risposta normalizzato (TR = 475 anni, smorzamento = 5%) per Sestola	8
Figura 11: Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003.....	8
Figura 12: Estratto schema tettonico Appennino Settentrionale	9
Figura 13: Distribuzione delle unità appartenenti alle unità liguri, subliguri, Modino-Ventasso, Porretta e epiliguri	10
Figura 14: Distribuzione delle Unità Toscane.....	11
Figura 15: Carta Geologica schematica estratta dal progetto CARG.....	1
Figura 16: Tabella indagini reperite dalla bibliografia.....	17
Figura 17: Tabella con indicazione delle indagini effettuate.....	18
Figura 18: Principali strutture tettoniche.....	25
Figura 19: Centro abitato di Rovinaccia da consolidare (Scheda 8 PTCP).....	27
Figura 20: Centro abitato di Castellaro ricompreso nelle aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato (Scheda 7 PTCP).....	27
Figura 21: Aree di studio MS di 2° Livello	32

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario	Mandanti	
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

Figura 22: Tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (secondo livello di approfondimento) (punto A2.1 – DAL 112/2007) per substrato marino caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s	33
Figura 23: Tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (secondo livello di approfondimento) (punto A2.1 – DAL 112/2007) per substrato marino caratterizzato da $V_s \leq 800$ m/s	34
Figura 24: Tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (secondo livello di approfondimento) (punto A2.1 – DAL 112/2007) per substrato marino affiorante caratterizzato da $V_s < 800$ m/s.....	34

TAVOLE ALLEGATE

- Tavole da 1.1 a 1.6 - Carta delle indagini;
- Tavole da 2.1 a 2.6 - Carta geologico-tecnica;
- Tavole da 3.1 a 3.6 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - Livello 1;
- Tavole da 4.1 a 4.5 - Carta di microzonazione sismica - Livello 2 - Fa.P.G.A.;
- Tavole da 5.1 a 5.5 - Carta di microzonazione sismica - Livello 2 - Fa.IS_{0,1-0,5 s};
- Tavole da 6.1 a 6.5 - Carta di microzonazione sismica - Livello 2 - Fa.IS_{0,5-1,0 s};
- Tavole da 7.1 a 7.5 - Carta delle frequenze naturali dei terreni;
- Tavole da 8.1 a 8.5 - Carta delle velocità delle onde di taglio;
- Tavola 9 – Sezioni Geologiche

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario	Mandatanti	
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

1 INTRODUZIONE

Il presente studio di microzonazione sismica del territorio comunale di Sestola fa riferimento ai criteri previsti, per gli studi di microzonazione sismica, dalla DGR 1302/2012 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti locali", con i riferimenti tecnici per quanto concerne l'elaborazione e la redazione degli elaborati contenuti negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome (ICMS) e nella Delibera di Giunta Regionale n° 112/2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Lo scopo del lavoro consiste, in sintesi, nella definizione delle condizioni di pericolosità sismica del Comune di Sestola, effettuando la microzonazione sismica del territorio ed individuando, per settori omogenei, attraverso metodi semplificati, l'amplificazione sismica attesa.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La valutazione del rischio sismico di un territorio prevede, inizialmente, la verifica della sua collocazione nell'ambito della zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata ZS9 (C.Meletti e G.Valensise, 2004) (Figura 1). Tale zonazione si basa sull'analisi cinematica degli elementi geologici cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Nell'ambito di tale documento, a differenza di quanto contenuto nelle precedenti zonazioni, le zone sorgenti sono state ridisegnate in riferimento alle sorgenti sismogenetiche, sismicità storica e strumentale, ricomprendendo cautelativamente le aree circostanti sulle quali si possono sviluppare effetti di propagazione della pericolosità sismica.

Il territorio nazionale risulta suddiviso in 42 zone-sorgente. Il territorio comunale di Sestola si colloca, prevalentemente, all'interno della Zona sismogenetica 913 denominata "Appennino Emiliano-Romagnolo" che costituisce una fascia di transizione nella quale convivono meccanismi di fagliazione diversi, essenzialmente compressivi a Nord-Ovest e distensivi a Sud-Est.

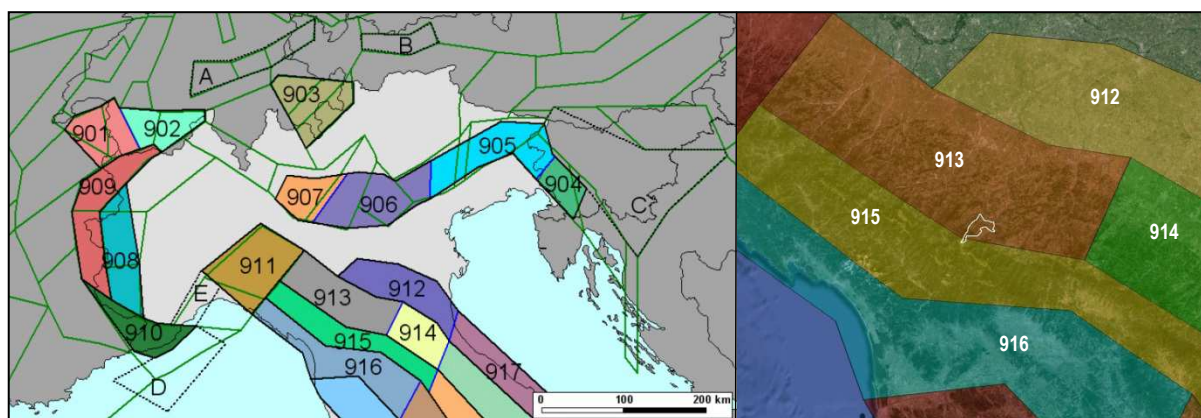


Figura 1: Zonazione sismogenetica ZS9

Una porzione meridionale del territorio, di limitata estensione, risulta collocarsi all'interno della Zona sismogenetica 915 denominata "Garfagnana - Mugello" che racchiude faglie e sistemi di faglie legati all'estensione appenninica e

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario	Mandatanti	
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

ricomprendezone a sismicità elevata come Garfagnana, Lunigiana, Mugello e Val Tiberina. Il regime degli stress prevalenti è, quindi, di tipo distensivo con meccanismi di faglie dirette longitudinali alla catena che mostrano una buona continuità.

In Figura 2 è riportata la tabella, per le zone sismogenetiche 913 e 915, con i dati di riferimento pubblicati dal gruppo di lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (marzo 2004) in termini di numero di eventi per classi di magnitudo, magnitudo massima, classi di profondità e profondità efficace.

Zona	Numero eventi Md>2	Numero eventi Md>2	Numero eventi Md>2	Magnitudo massima Md	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
913	767	362	100	4.8	12-20	13
915	614	346	65	4.2	8-12	8

Figura 2: Dettagli eventi nelle zone sismogenetiche 912 e 913

La magnitudo è un parametro importante nella valutazione del rischio sismico in quanto collegata al possibile livello di danneggiamento atteso in un territorio misurando direttamente gli effetti di un terremoto sulle costruzioni, sull'uomo e sull'ambiente e classificandoli in dodici gradi di intensità attraverso la scala Mercalli.

In Figura 3 viene riportata la cartografia delle massime intensità macrosismiche osservate nella Regione Emilia-Romagna e valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA (da D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise), da cui si evince che il comune di Sestolarcade in un settore con valori di I_{max} pari a 8.

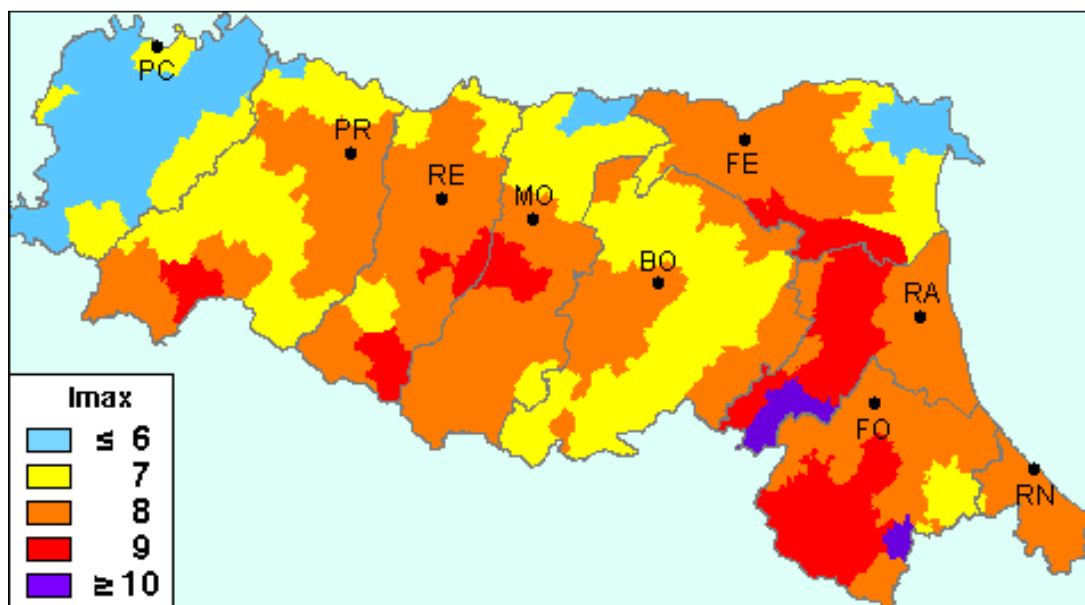


Figura 3: Massime intensità macrosismiche della Regione Emilia-Romagna

In Figura 4 e in Figura 5 è riportata la storia sismica di Sestola. Si individuano 30 episodi sismici principali con risentimenti che raggiungono una intensità macrosismica massima di 6-7.

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)
--	--	---

Seismichistory of Sestola [44.229, 10.771]					
Total number of earthquakes: 30					
Effects					
Is	Data e ora	località	Np	Io	Mw
6-7	1740 03 06 05:15	Garfagnana	31	7	5.24 ±0.35
3	1887 02 23 05:21:50	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
3	1891 06 07 01:06:14	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.86 ±0.06
4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
3-4	1899 06 26 23:17:22	Valle del Bisenzio	138	7	5.06 ±0.15
3	1902 03 05 07:06	Garfagnana	83	7	4.96 ±0.17
3	1903 07 27 03:46	LUNIGIANA	79	7-8	5.25 ±0.17
F	1904 02 25 18:47:50	Reggiano	62	6	5.05 ±0.18
3	1904 06 10 11:15:28	Frignano	102	6	5.03 ±0.18
4	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
4	1908 06 02 22:30	FRIGNANO	18	4-5	4.52 ±0.25
4	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
4	1913 02 13 16:39:50	Appennino tosco-emiliano	27	5	4.54 ±0.25
5-6	1914 10 27 09:22:36	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
4	1919 06 29 15:06:12	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
6-7	1920 09 07 05:55:40	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
2	1923 06 28 15:11:30	FORMIGINE	22	6	4.88 ±0.24
2	1957 08 27 11:54:40	ZOCCA	58	5	4.65 ±0.21
3	1971 07 15 01:33:23	Parmense	229	8	5.64 ±0.09
NF	1971 09 11 23:18:12	Correggio	15	5	4.23 ±0.31
3	1983 11 09 16:29:52	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
4	1985 01 23 10:10:18	Garfagnana	73	6	4.65 ±0.15
NF	1987 05 02 20:43:53	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
4	1988 02 08 11:24:46	Garfagnana	75	6	4.53 ±0.13
4-5	1995 08 24 17:27:34	Appennino bolognese	56	6	4.48 ±0.09
3-4	1995 10 10 06:54:23	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
4-5	1997 12 24 17:53:10	Garfagnana	98	5	4.36 ±0.09
3-4	1999 07 07 17:16:13	Frignano	32	5	4.70 ±0.09
5	2000 10 03 01:12:37	Appennino tosco-emiliano	62	5	4.27 ±0.09
3-4	2003 09 14 21:42:53	Appennino bolognese	133	6	5.29 ±0.09

Figura 4: Storia sismica di Sestola (da INGV - DBMI11)

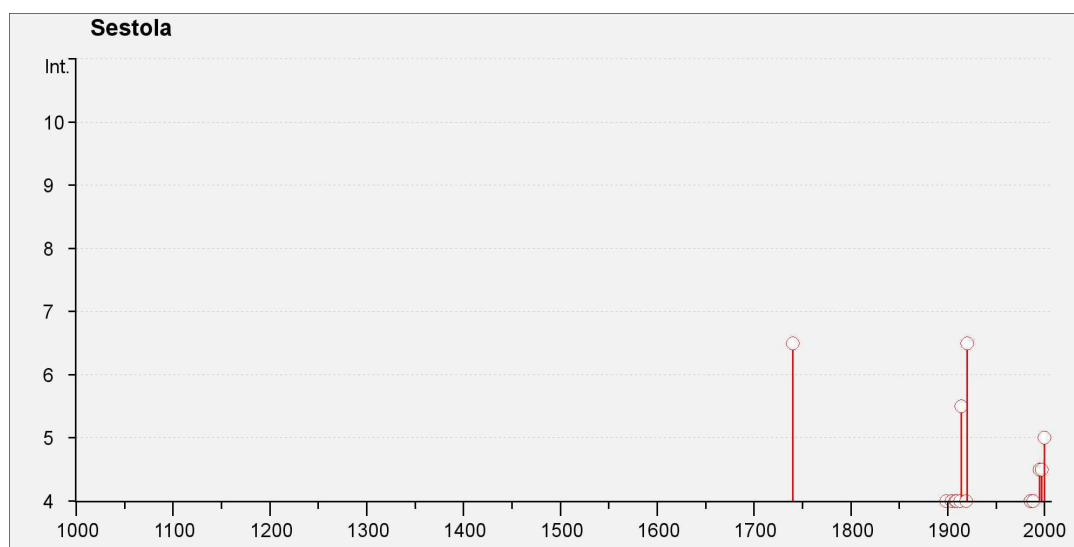


Figura 5: Diagramma storia sismica del Comune di Sestola

Da tali dati risulta evidente come nel Comune di Sestola i risentimenti maggiori siano legati alla sismicità delle aree toscane limitrofe.

Lo studio effettuato dalla Regione Emilia-Romagna, Regione Toscana e Università di Siena nel 2013 "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana", ha ridefinito le intensità massime

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario	Mandatanti	
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

attese per tutti i comuni della Regione Emilia Romagna, integrando i dati macrosismici esistenti provenienti dal catalogo DBMI11 (Locati et alii, 2011, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>) con le informazioni derivate dalle conoscenze del quadro tettonico attuale. A seguito delle indagini condotte, gli Autori individuano 9 zone sismogenetiche (Figura 6).

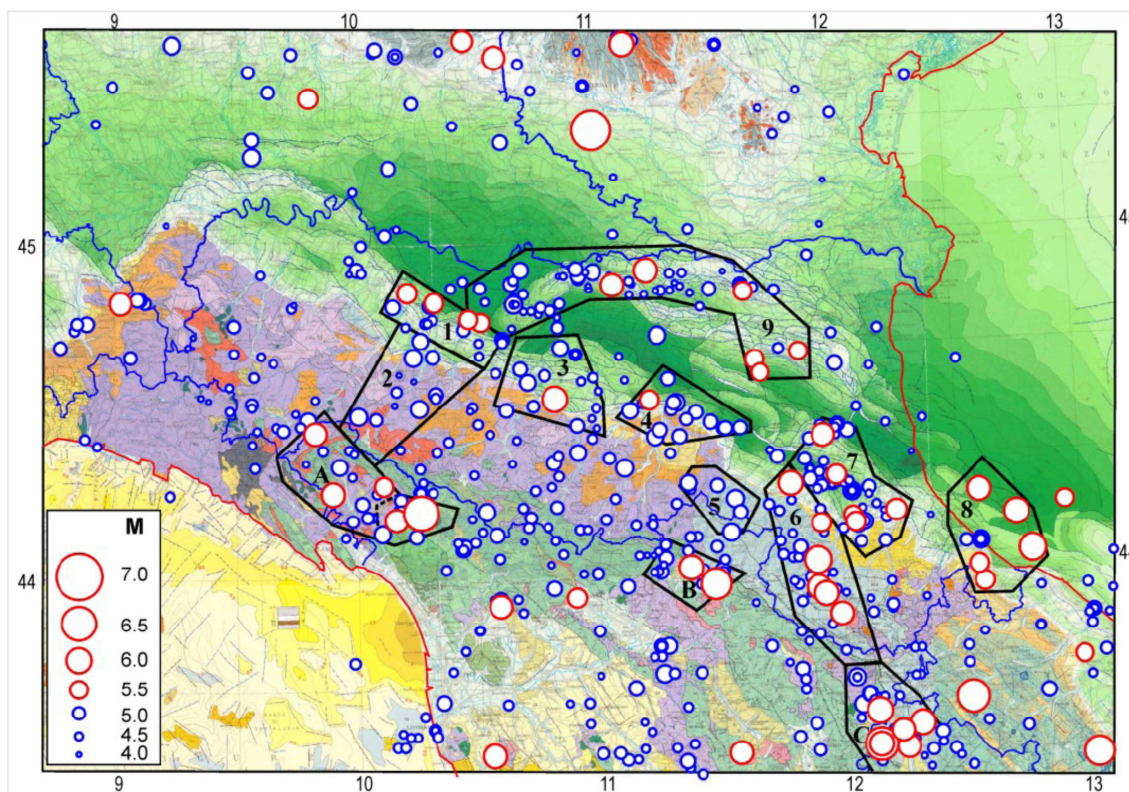


Figura 6: Geometria delle 9 zone sismogenetiche proposte (contorni neri e sismicità storica dall'anno 1000).

In rosso i terremoti con $M \geq 5.5$. 1) Parma-Reggio Emilia, 2) Appennino Parmense, 3) Modenese, 4) Bolognese, 5) Sillaro, 6) Appennino romagnolo, 7) Forlivese, 8) Riminese, 9) Pieghe Ferraresi. Le lettere A, B e C indicano le zone sismiche toscane (rispettivamente Lunigiana-Garfagnana, Mugello e Alta Val Tiberina (da "Assetto e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana", Regione Emilia-Romagna, Regione Toscana, Università di Siena, 2013)

Il risultato di quest'analisi è stato riferito alle 9 province dell'Emilia-Romagna, proponendo per ogni comune un valore di I_{max} confrontato con i valori di $I_{max}(a)$ suggeriti da Molin et alii (1996), (b) ricavati dal DBMI11, (c) proposti da altri autori.

Per il Comune di Sestola si è ottenuto un valore di I_{max} di 7-8 come riportato in Figura 7.

MODENA		Intensità massima				Numero di risentimenti da DBMI11					
N	Comune	NP	MO	DB	AA	Anno	$9 \leq I \leq 10$	$8 \leq I \leq 9$	$7 \leq I \leq 8$	$6 \leq I \leq 7$	$5 \leq I \leq 6$
43	Sestola	7-8	8	6-7		1740-1920					

Figura 7: Intensità massima ed altre informazioni macrosismiche per il Comune di Sestola

NP=intensità massima proposta; **MO**=intensità massima proposta da Molin et alii (1996); **DB**=Intensità massima ricavata dal catalogo DBMI11 (Locati et alii, 2011); **AA**=massima intensità suggerita da altri lavori (**G** = Giudoboni et alii, 2005; **M**=Magri e Molin, 1986) o da scosse riportate dal catalogo CPT111 (**C**=Rovida et alii, 2011);

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandatanti Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

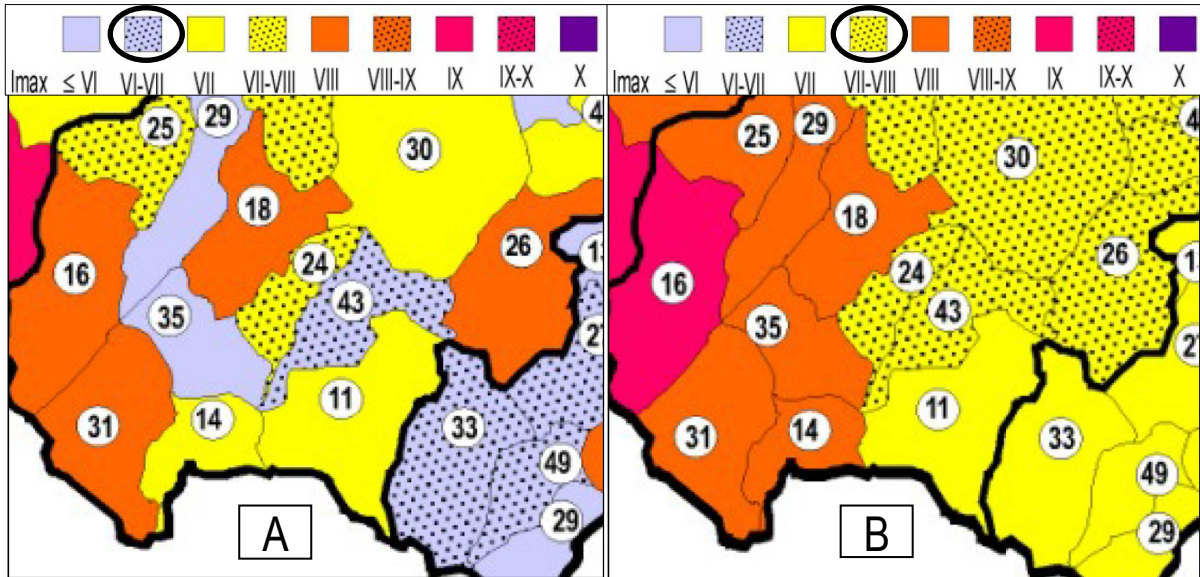


Figura 8: Valori di I_{max} MCS del Comune di Sestola (43)

A=Valori desunti dal Catalogo di dati macrosismici DBMI11;

B=Valori proposti nello studio "Aspetto e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana", Regione Emilia-Romagna, Regione Toscana, Università di Siena, 2013.

La pericolosità sismica di un territorio consiste nella valutazione dello scuotimento del suolo atteso con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo temporale, ovvero della probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Con l'ordinanza PCM 3274/2003 (GU n.108 dell'8 maggio 2003), sono state definite le mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa (PGA) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) su suolo rigido e pianeggiante, valutata su una griglia di calcolo che ha una densità di 20 punti per grado corrispondente, quindi, a circa un punto ogni 5 km.

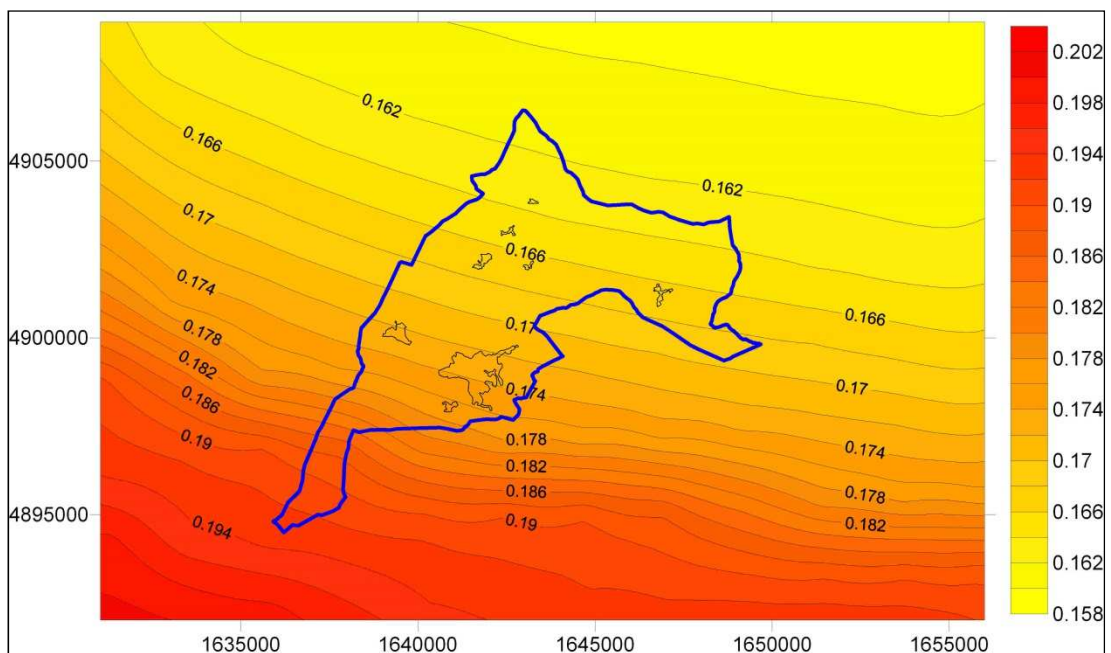


Figura 9: Valori di riferimento dell'accelerazione su suolo rigido per il Comune di Sestola

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario	Mandatanti	
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

I valori di accelerazione di picco su suolo rigido (a_g) attesi sul territorio comunale di Sestola sono compresi tra 0,162 e 0,192 g con la distribuzione in fasce riportata nella Figura 9. Risulta evidente che i valori maggiori di accelerazione si registrano nella porzione meridionale, collocata a ridosso dell'area toscana caratterizzata da una maggiore sismicità in termini di numero di eventi e di magnitudo.

Il valore della a_g di riferimento riportato nell'allegato A4 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n° 112/2007, corrisponde, per il comune di Sestola, a 0,177g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Lo spettro di risposta di riferimento al bedrock sismico o suolo A è visualizzato nella seguente figura.

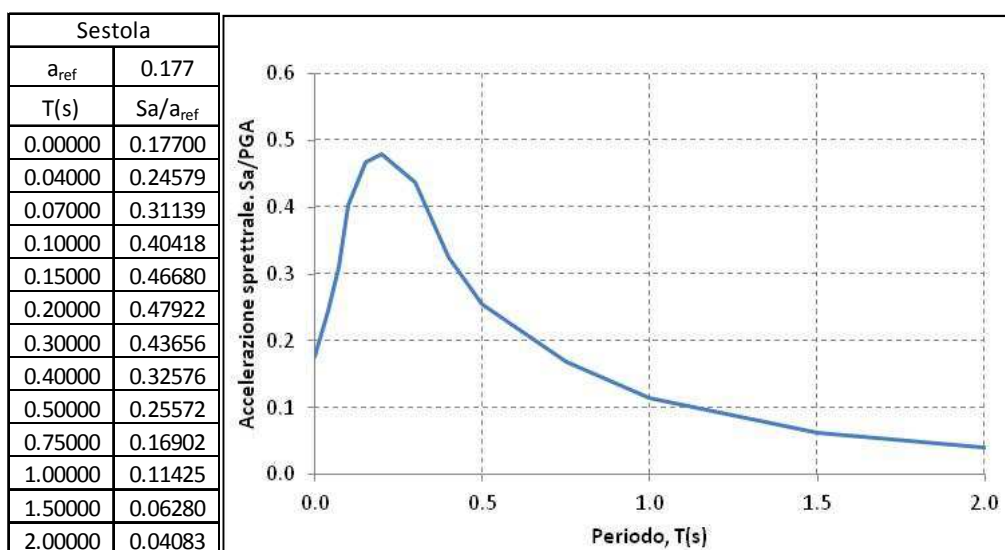


Figura 10: Spettro di risposta normalizzato (TR = 475 anni, smorzamento = 5%) per Sestola

Il comune di Sestola appartiene alla zona 3 a sismicità bassa così come definito in base alla pericolosità sismica dall'Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003 (Allegato 1, punto 3 "prima applicazione") (Figura 11).

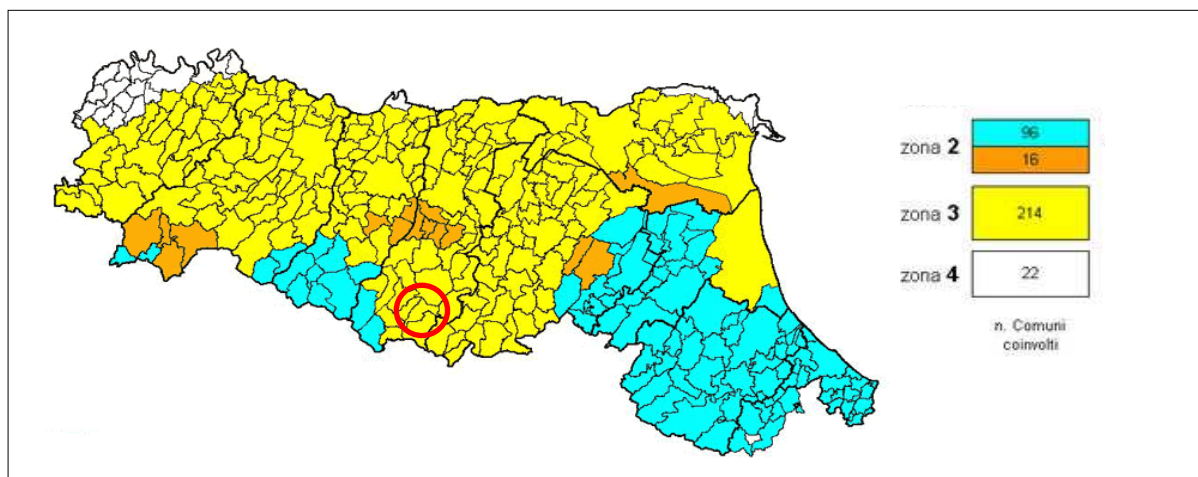


Figura 11: Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003

Mandatario	Mandatanti	
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Il territorio del Comune di Sestola è ubicato sull'Appennino modenese estendendosi in direzione Sud-Nord dal Monte Cimone, collocato lungo il confine meridionale, al Torrente Scoltenna che delimita il confine settentrionale del territorio.

Dal punto di vista geologico, fa parte dell'Appennino settentrionale, una catena a thrusts che deriva dalla deformazione di differenti domini paleogeografici meso-cenozoici: il Dominio Ligure, i cui sedimenti sono stati depositi su crosta oceanica, il Dominio Subligure, sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente alla zona oceanica, il Dominio Tosco-umbro di pertinenza adriatico-padana. Quest'ultimo ha prodotto diversi elementi strutturali tra cui la Falda Toscana, le unità metamorfiche toscane, le Unità Modino e Cervarola e le unità Umbro-marchigiane. Ai domini citati si deve aggiungere il Dominio Epiligure, formato da sedimenti depositi a partire dall'eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate (Figura 12).

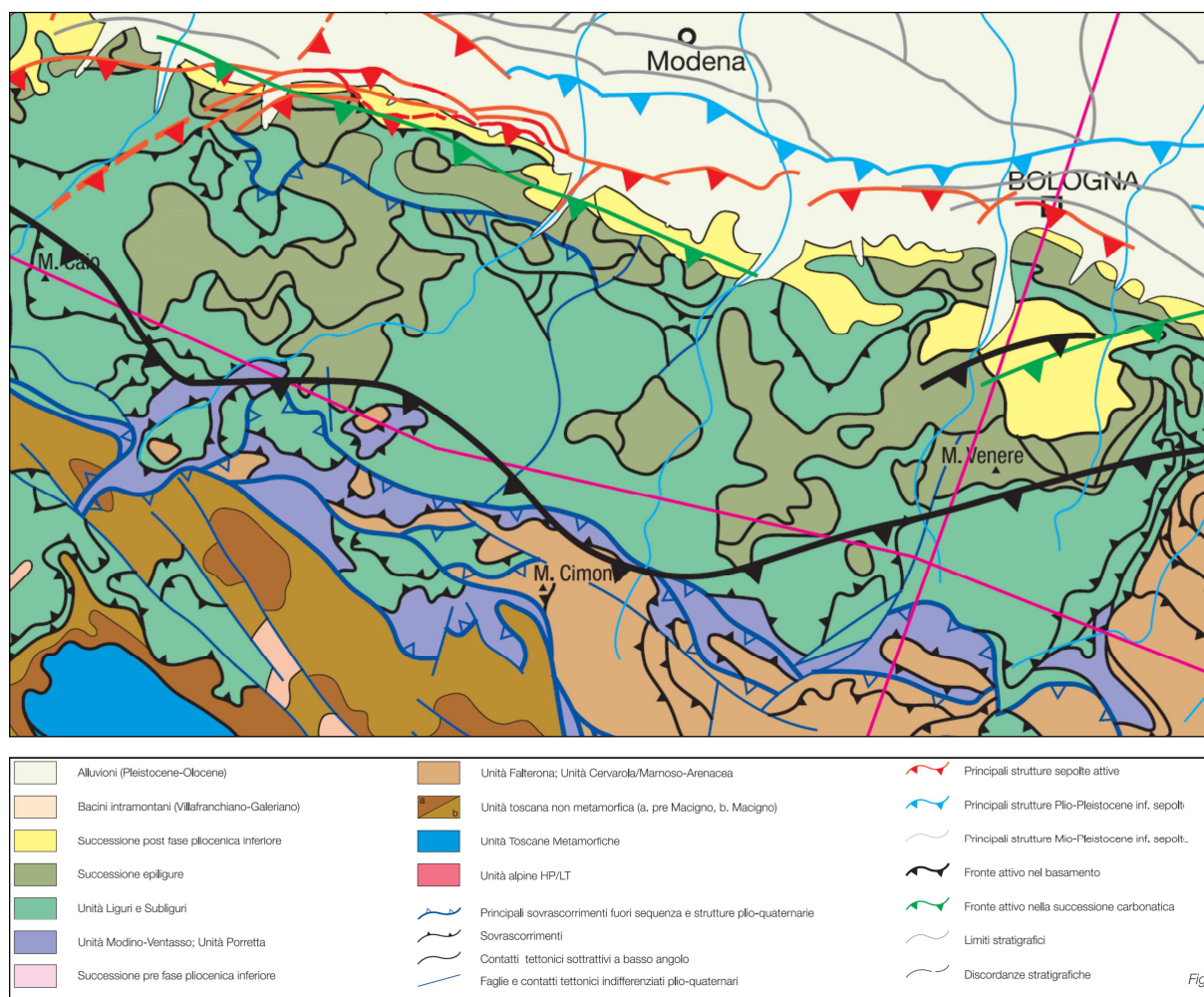


Figura 12: Estratto schema tettonico Appennino Settentrionale

In corrispondenza delle porzioni centro-settentrionale e meridionale del territorio affiorano le unità alloctone costituite da successioni pelagiche deposte su crosta oceanica e di transizione (Liguri), da successioni pelagiche formatesi su crosta continentale assottigliata ai margini della placca dell'Adria tra il Cretaceo superiore e il Miocene inferiore (Subliguri e Unità Sestola-Vidiciatico) e dalle successioni di thrust-top basin (Successione Epiligure, Successione Modino-Ventasso,

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario	Mandatanti	
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

Successione di Porretta) - Figura 13. Queste ultime si sono deposte in discordanza sulle Unità Liguri, Subliguri e Sestola-Vidiciatico durante la migrazione verso est terminata nella parte alta del Pliocene inferiore.

L'insieme di queste unità è sovrascorso sulle unità toscane e umbro-marchigiano-romagnola dell'Appennino emiliano-romagnolo da Ovest verso Est prevalentemente nell'ambito delle fasi tettoniche mioceniche e infrapliocenica.

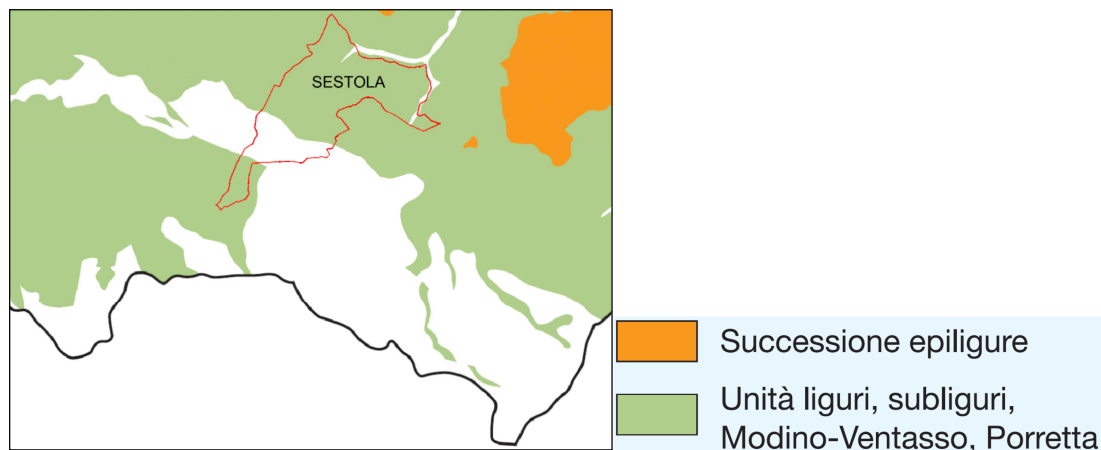


Figura 13: Distribuzione delle unità appartenenti alle unità liguri, subliguri, Modino-Ventasso, Porretta e epiliguri

Alla Successione Modino-Ventasso appartiene la Formazione delle Argille Variegate con Calcari (AVC), che affiora in corrispondenza del capoluogo e della frazione di Roncoscaglia, costituita prevalentemente da argille, localmente marnose, che hanno subito intense deformazioni, essendo state ripetutamente piegate, fratturate e fagliate. Per questo motivo esse si ritrovano in affioramento in modo estremamente caotico e disordinato, con l'aspetto di brandelli di stratificazione e di miscugli di rocce diverse.

Tale substrato è responsabile delle caratteristiche morfologiche di questo settore centrale del territorio in cui sono presenti versanti a debole pendenza, con fenomeni gravitativi attivi e quiescenti ed estese coperture detritiche di versante.

Si distingue morfologicamente l'area denominata "Rupe di Sestola", costituita da arenarie torbiditiche attribuite alle Arenarie di Monte Modino (MOD), alla cui sommità si trova il Castello di Sestola.

A Nord le principali litologie affioranti appartengono, invece, alle successioni liguri prevalentemente torbiditiche ("Formazione di Monghidoro" e "Formazione di Monte Venere") e argillitiche ("Argille a Palombini", "Arenarie di Scabiazza", "Argille variegata di Grizzana Morandi"). I versanti presentano morfologicamente, anche in questo caso, pendenze deboli e forme dolcemente ondulate. Risultano caratterizzati dalla presenza di estesi movimenti di franosi, quiescenti e attivi, con frequenti fenomeni di soliflusso, di ruscellamento diffuso e di erosione concentrata.

Nel settore Nord-orientale, in corrispondenza dei centri abitati di Castellaro, Rovinaccia, P.teTole e Casine S. Antonio, sono censiti numerosi fenomeni gravitativi anche molto rilevanti come quelli che interessano la frazione di Rovinaccia, ricompresa all'interno di un centro abitato dichiarato da consolidare.

Nel settore Nord-occidentale, invece, in relazione alla presenza di lembi di ofioliti giurassiche, all'interno della Formazione delle Argille a Palombini, si ritrovano rilievi isolati come quello su cui sorge l'abitato di Vesale.

Nel settore immediatamente a Sud dell'allineamento Sestola-Roncoscaglia affiorano i terreni che rappresentano il riempimento dell'avanfossa del Dominio Toscano (Figura 14), il cui tetto è costituito dalla superficie di sovrascorrimento dell'insieme delle unità liguri, subliguri ed epiliguri.

Si tratta della formazione geologica denominata Arenarie del Monte Cervarola costituita dalla ritmica alternanza di strati di arenaria e di strati di argilla, spesso circa 3000 metri, caratterizzata da una stratificazione molto regolare in cui si possono

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario	Mandatanti	
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

facilmente riconoscere le geometrie che hanno assunto gli strati nel corso delle deformazioni subite nell'ambito dei processi di formazione dell'Appennino.

Da un punto di vista morfologico il paesaggio si modifica radicalmente con la presenza di pendii boscati piuttosto ripidi in cui si registrano isolati fenomeni di instabilità.

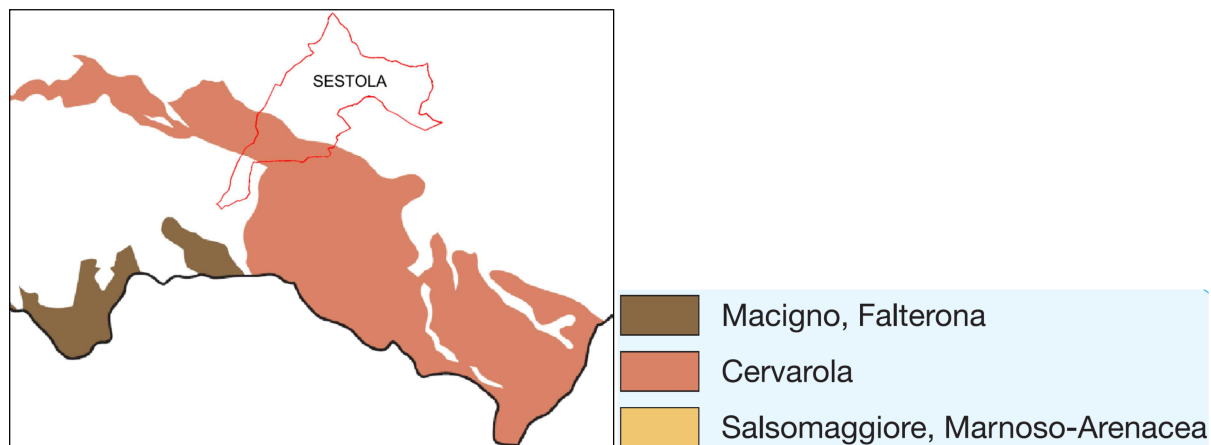


Figura 14: Distribuzione delle Unità Toscane

Nella zona meridionale del territorio affiorano terreni attribuibili all'Unità Modino-Ventasso, in prevalenza torbiditici, costituiti dalle Arenarie di Monte Modino e, in misura minore, da terreni argillosi appartenenti alla Formazione delle Argille di Fiumalbo, delle Argille Variegata con Calcari e delle Marne di Marmoreto.

In questo settore le coperture quaternarie risultano poco sviluppate, con presenza di depositi morenici di origine glaciale e periglaciale, depositi detritici di origine gravitativa di versante in s.l., depositi eluvio-colluviali e di falda, oltre a depositi di origine palustre localizzati nelle depressioni glaciali. I fenomeni di instabilità sono piuttosto isolati e riconducibili alla tipologie di frana complessa e/o di scivolamento in blocco.

Le unità litostratigrafiche che formano la fascia dell'alto appennino modenese che risultano affioranti nel territorio comunale di Sestola, sono di seguito riassunte:

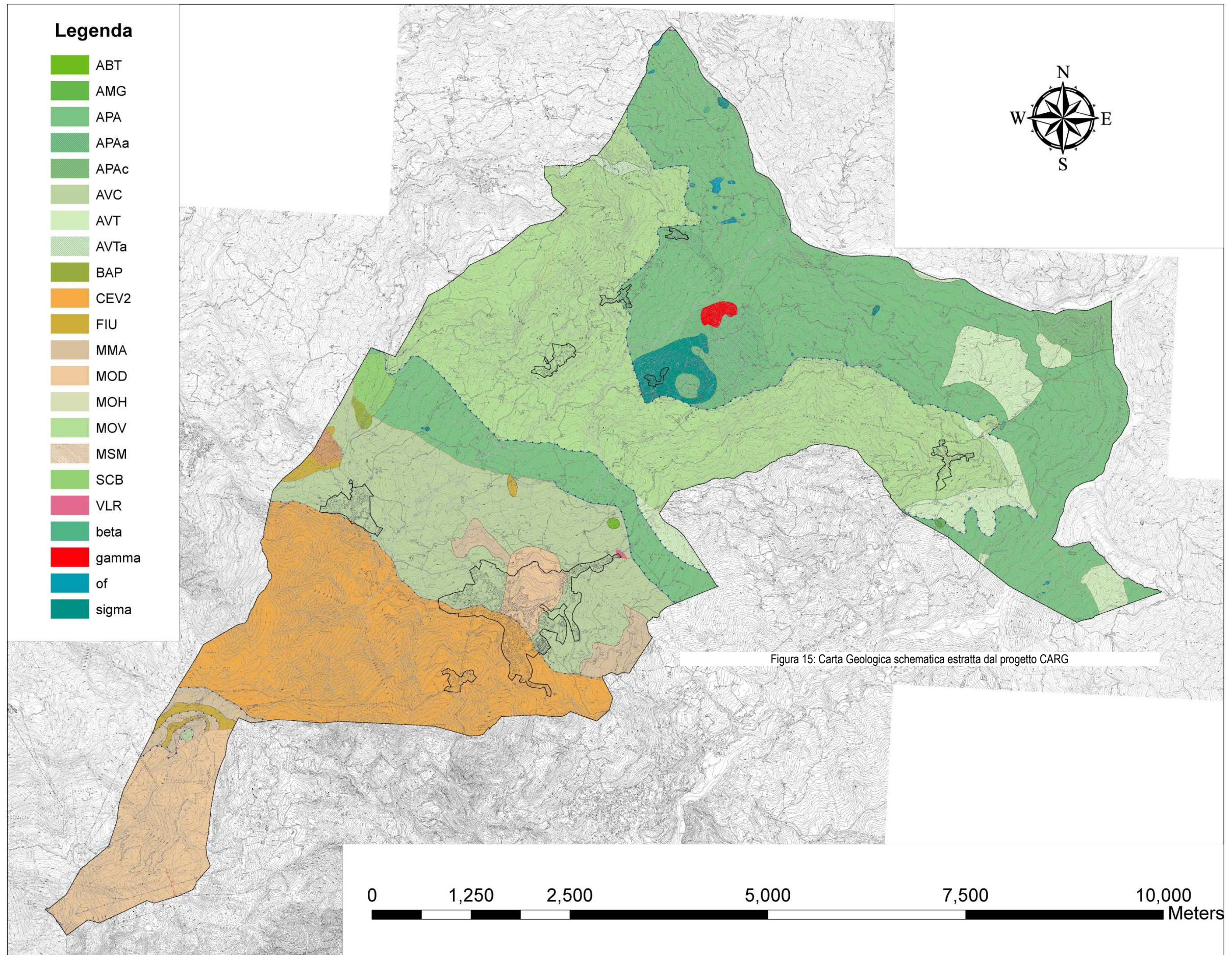
- **Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano**
 - AES8 - Subintema di Ravenna
 - AES8a - Unità di Modena
- **Unità liguri**
 - MOH - Formazione di Monghidoro
 - MOV - Formazione di Monte Venere
 - AVT - Argille variegata di Grizzana Morandi
 - AVTa - Argille variegata di Grizzana Morandi - litozonaargillitica
 - SCB - Arenarie di Scabiazza
 - APA - Argille a palombini
 - APAa - Argille a palombini - litozonaargillitica
 - APAc - Argille a Palombini - litofacies calcarea
- **Unità toscane**
 - CEV2 - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Fellicarolo
 - MOD - Arenarie del Monte Modino

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario	Mandanti	
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

- **MSM - Marne del Monte San Michele**
- **VLR - Arenarie di Vallorsara**
- **MMA - Marne di Marmoreto**
- **FIU - Argille di Fiumalbo**
- **BAP - Breccie argillose poligeniche**
- **ABT - Formazione dell'Abetina Reale**
- **AVC - Argilliti variegata con calcari**
- **Unità incertaesedis**
 - **AMG - Arenarie di Monte Gabba**

Di seguito (Figura 15) si riporta una carta geologica schematica nella quale sono indicate le principali unità geologiche desunte dalla Carta Geologica Regione Emilia Romagna - progetto CARG.



RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)
--	--	---

La descrizione dei tipi litologici delle successioni presenti nel territorio è riportata di seguito:

Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano

AES8 - Subsistema di Ravenna

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.

(Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni)).

AES8a - Unità di Modena

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).

Unità liguri

MOH - Formazione di Monghidoro

Torbiditi arenaceo-pelitici in strati spessi, raramente molto spessi, con rapporto A/P generalmente intorno a 2/1 cui si intercalano intervalli metrici di strati sottili e medi con rapporto A/P circa 1/2. Le arenarie sono gradate con base a granulometria da media a grossolana, talora microconglomeratica, localmente poco cementate, di colore grigio scuro ma generalmente marroni o giallastre per alterazione ed ossidazione dei minerali ferri; passano ad argilliti più o meno siltose di colore nerastro. Nella parte bassa della formazione sono presenti rari strati sottili calcareo-marnosi o calcarei con abbondanti tracce di fucoidi. Localmente distinte: la litofacies arenacea (MOHa), caratterizzata da A/P >> 1; la litofacies pelitico-arenacea (MOHb), caratterizzata da strati sottili pelitico-arenacei con rapporto A/P < 1; la litofacies pelitica (MOHc) con A/P < 1/10. Torbiditi di piana bacinale. Limite inferiore graduale su MOV. La potenza geometrica è di qualche centinaio di metri. (Maastrichtiano sup. - Paleocene sup.)

MOV - Formazione di Monte Venere

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi fino a banchi di oltre 15 m, 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 di oltre 900 m. (Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.)

AVT - Argille variegata di Grizzana Morandi

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scure o nere manganesifere, 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. (Cenomaniano sup.? - Santoniano sup.?)

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. Potenza geometrica di pochi metri. (Cenomaniano sup.? - Santoniano sup.?)

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

<p>Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)</p>	<p>Mandanti</p>	<p>Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)</p>
		<p>Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)</p>

SCB - Arenarie di Scabiazza

Torbiditi arenaceo-pelitiche con arenarie da molto sottili a medie, mal strutturate e poco cementate, talora gradate, con granulometria da fine a finissima, di colore grigio, grigio-scuro o grigio-verdastre (beige o rossastro se alterate) in strati molto sottili e sottili, e argille o argille marnose verdastre o grigio scuro molto sporche; rapporto A/P < 1 o uguale a 1. Presenza saltuaria di calcilutiti marnose verdi o biancastre e marne calcaree grigio-chiare in strati da sottili a spessi e argilliti varicolorate. Presenti localmente intercalazioni lenticolari metriche di brecce sedimentarie poligeniche (bp) e livelli di marne scheggiose grigio-chiare (SCBms - litofacies marnoso-siltosa). E' stata localmente distinta una litofacies arenaceo-pelitica (SCBb). Ambiente deposizionale di piana bacinale con frequenti apporti torbiditici. Potenza geometrica affiorante che può raggiungere alcune centinaia di metri. (*Turoniano sup.? - Campaniano inf.*)

APA - Argille a palombini

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/Calcarea quasi sempre > 1. Frequenti intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini (talora manganesifere) 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 "boudinatis". Nei Fogli 219-236 all'interno della formazione sono talora stati cartografati lembi di ofioliti (of) giurassiche, spesso distinte in: arenarie ofiolitiche (ao), brecce ofiolitiche (bo), brecce poligeniche a elementi magmatici, calcarei e diasprigni: (bp1). 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. (*Barremiano – Turoniano ?*)

APAA - Argille a palombini - litozonaargillitica

Argilliti grigie e a luoghi verdognole, con fissilità spesso molto evidente e in qualche caso silicizzate; sono alternate a calcilutiti grigie in strati medi e spessi con subordinati pacchi di strati sottili di alternanze arenaceo-pelitiche giallastre e nocciola. La litozona può essere caratterizzata da diagenesi spinta fino al limite dell'anchimetamorfismo. Potenza non bene valutabile, stimata in oltre 200 m. (*Barremiano - Turoniano?*)

APAc - Argille a Palombini - litofacies calcarea

Caratterizzata da un rapporto C/A > 1. (*Barremiano - Turoniano?*)

Of. - Ofioliti

beta – Basalti

gamma - Gabbri

sigma – Serpentine

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

<p>Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)</p>	<p>Mandanti</p>	<p>Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)</p>
		<p>Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)</p>

Unità toscane

CEV2 - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Fellicarolo

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. Contatto inferiore non affiorante. Potenza parziale di oltre 1000 m. (*Burdigaliano*)

MOD - Arenarie del Monte Modino

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. (*Chattiano p.p. – Aquitaniano*)

MSM - Marne del Monte San Michele

Marne grigie, giallastre all'alterazione, a stratificazione spesso mal distinguibile, scheggiose, con diffusi arricchimenti in silice. A luoghi intercalazioni di siltiti e arenarie fini, talora glauconitiche, in strati da sottili a medi. La formazione risulta notevolmente tettonizzata, frequentemente interessata da fratture. Contatto inferiore non affiorante. Potenza parziale di 150 m circa. (*Aquitano - Burdigaliano*)

VLR - Arenarie di Vallorsara

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a medi, raramente spessi, con arenarie fini e finissime grigie, o siltiti, passanti a marnegrigiastre. 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 con cui l'unità nell'area del Foglio 236 e' anche eteropica. Potenza parziale massima di 200 m circa. (*Chattiano p.p. – Aquitaniano*)

MMA - Marne di Marmoreto

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 basearenacea molto fine e tetto marnoso. Contatto inferiore discordante su FIU e su AVC. Deposito di scarpata. Nell'area del Foglio 236 interdigitazione con BAP. Spessore massimo di circa 100 m. (*Rupeliano p.p. - Chattiano p.p.*)

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 siltite arenite finissime e fini, grigio-verdastre, o di straterellicalcarenitico-marnosi nella parte bassa. Nella parte alta argilliti marnose grigio-cenere con intercalazioni di siltiti e arenite fini in strati sottili. Localmente è stato distinto un membro prevalentemente arenaceo (FIU1). Depositi pelagici e pelagici e torbiditici fini distali. Contatto stratigrafico discordante sulle successioni sottostanti o tettonizzato. Spessore massimo 200-300 m. (*Bartoniano - Rupeliano*)

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

<p>Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)</p>	<p>Mandanti</p>	<p>Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)</p>
		<p>Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)</p>

BAP - Breccie argillose poligeniche

Breccie 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. (Cretaceo inf. - Oligocene)

ABT - Formazione dell'Abetina Reale

Torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessi a 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 media spessi grigio-bluastri. Locali intercalazioni di breccie 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. (Campaniano sup. - Paleocene inf.?)

AVC - Argilliti variegata con calcari

Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a moltospessi, 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 arenarie fini gradate. Breccie 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. Potenza fino a circa 300 m. (Hauteriviano - Cenomaniano inf. (Localmente Eocene))

Unità incertaesedis

AMG - Arenarie di Monte Gabba

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. Potenza parziale di 150 m circa. (Cenomaniano? - Turoniano?)

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La prima fase del lavoro ha comportato la raccolta delle indagini geognostiche e geofisiche precedentemente eseguite, per diverse finalità, sul territorio comunale. La ricerca è stata effettuata presso gli Uffici Tecnici Comunali, liberi professionisti e Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna.

La ricerca bibliografica ha consentito l'implementazione di una banca dati contenente 717 indagini. Tipologia e numerosità delle indagini disponibili sono indicate in Figura 16.

Prove geofisiche	n°	Sondaggi	n°	Prove penetrometriche	n°
Prove MASW	38	Sondaggi a carotaggio continuo	68	Prove penetrometriche dinamiche leggere	154
Indagine sismica a rifrazione	32	Sondaggi a distruzione di nucleo	11	Prove penetrometriche dinamiche pesanti	371
Re.Mi.	1	Trincee e/o pozzetti esplorativi	6		
HVSR	36				

Figura 16: Tabella indagini reperite dalla bibliografia

In una fase successiva, sulla base della distribuzione territoriale delle indagini esistenti in bibliografia e delle previsioni degli strumenti urbanistici del Comune di Sestola, sono state individuate 30 aree destinate a studi di approfondimento al fine di

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

ottenere, al loro interno, la ricostruzione della geometria delle unità presenti, la definizione degli spessori delle coperture e delle principali unità litotecniche, la ricostruzione delle geometrie degli eventuali corpi interessati da fenomeni gravitativi, la valutazione delle frequenze di vibrazione naturale dei terreni. Nell'ambito di ciascuna area, quindi, sono stati effettuati uno stendimento sismico a rifrazione a onde P, una prova con metodo MASW (Multichannel Acquisition Surf Wave), una acquisizione di microtremori con metodo HVSr, una prova penetrometrica dinamica leggera. Nella tabella di Figura 17 viene riportato l'elenco delle prove geognostiche eseguite. I risultati forniti dalle prove condotte, unitamente alla perimetrazione delle aree scelte, sono presentati nei fascicoli n°2.1 (Indagini sismiche MASW), n°2.2 (Indagini sismiche a rifrazione) n°2.3 (Indagini sismiche HVSr) n°2.4 (Prove penetrometriche dinamiche leggere).

Prove geofisiche	n°	Prove penetrometriche	n°
Prove MASW	30	Prove penetrometriche dinamiche leggere	30
Sismica a rifrazione	30		
HVSr	43		

Figura 17: Tabella con indicazione delle indagini effettuate

4.1 Indagini a rifrazione (Onde P).

Le indagini di sismica a rifrazione hanno consentito di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio).

Condizione necessaria per la significatività di uno studio di sismica a rifrazione è che la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda λ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde ω , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r .

La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il metodo per analizzare i dati di rifrazione consiste nel costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le

<p>Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)</p>	<p>Mandanti</p>	<p>Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)</p>	<p>Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)</p>
---	------------------------	--	--

posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

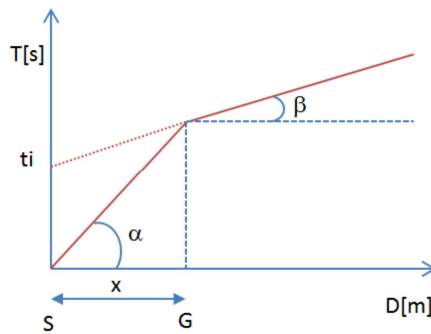
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

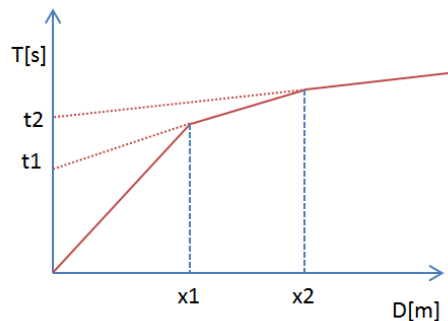
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno dei segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.



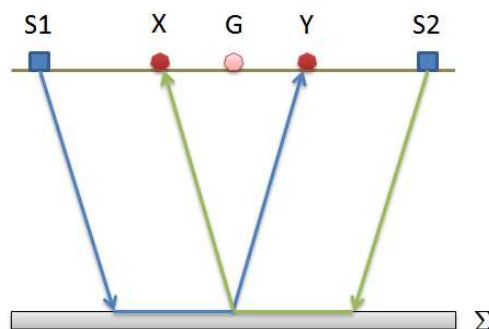
Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)} V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1 \sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1 V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)} \sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1 V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

<p>Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)</p>	<p>Mandanti</p> <p>Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)</p>	<p>Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)</p>
---	---	--

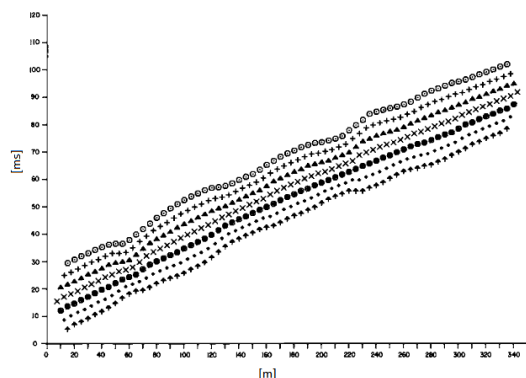
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici necessari per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

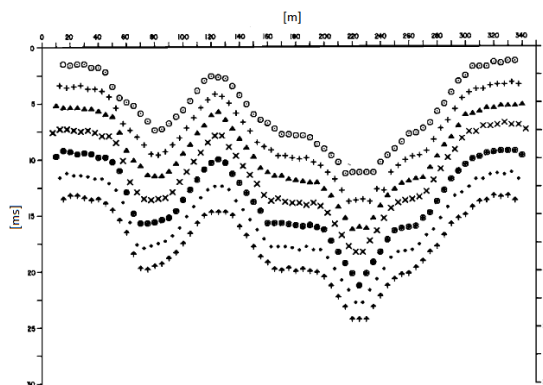
Il calcolo della funzione T_v viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazioni pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

<p>Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)</p>	<p>Mandanti</p> <p>Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)</p>	<p>Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)</p>
---	---	--

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G. La morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Operativamente, ciò che viene eseguito in campagna è una disposizione lungo una retta di trasduttori velocimetrici (geofoni) lungo la sezione che si desidera investigare. In funzione della risoluzione e delle profondità ricercate, quindi, si dispongono i punti di produzione dell'energia elastica che viene generata con l'utilizzo di una mazza battente da Kg. 9 su di un piattello di alluminio per gli stendimenti aventi una lunghezza limitata, mentre per gli stendimenti più lunghi l'energia viene generata mediante l'utilizzo di un fucile sismico funzionante con cartucce cal. 8 industriale KILN.

L'elaborato finale consiste nella ricostruzione di un profilo sismo-stratigrafico lungo l'allineamento geofonico di investigazione con identificazione degli spessori di ogni sismostrato attraversato dalle onde elastiche determinate dall'energizzazione.

4.2 Indagini MASW

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

In base all'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente, non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è uno strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale

<i>RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)</i>		
Mandatario <i>Dott. Geol. Giorgio Masotti</i> <i>Via di Mezzo, 90</i> <i>41058 Vignola (MO)</i>	Mandanti	<i>Dott. Geol. Alberto Fiori</i> <i>Via Radici in Piano, 371</i> <i>41041 Formigine (MO)</i>
		<i>Dott. Geol. Franco Sasso</i> <i>Via Stadio, 2</i> <i>41029 Sestola (MO)</i>

relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità (k) - frequenza (f) è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

Con riferimento al modello geotecnico sintetico determinato con le indagini in sito, viene tracciata una curva di dispersione teorica che lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda x v$$

In seguito, i parametri del modello geotecnico preliminare vengono modificati al fine di ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale. Questa fase, definita come processo di inversione, consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi caratterizzati da valori di rigidità differente.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. Per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Le indagini MASW sono state eseguite disponendo sul terreno 24 sensori velocimetrici (geofoni), posti ad intervallo costante, collegati ad un sismografo mediante un cavo multipolare. Dopo l'allestimento del dispositivo di ricezione si sono generate artificialmente le energizzazioni in corrispondenza di un punto prestabilito lungo il profilo. Nello stesso istante di partenza della vibrazione viene trasmesso al sismografo il comando di avvio della registrazione (trigger). Da questo istante inizia l'acquisizione digitale, con campionamento ad intervallo costante e predeterminato, dei segnali ricevuti dai sensori.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 2048 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS.

I dati principali delle indagini geofisiche sono stati riassunti in schede appositamente predisposte con l'indicazione dell'ubicazione, delle coordinate UTM WGS84 32N e del Valore Vs30, unitamente ai dati di registrazione, alle specifiche di elaborazione, alla documentazione fotografica dello stendimento, al grafico della registrazione, alla curva di dispersione e all'andamento delle velocità delle onde di taglio (Vs).

4.3 Indagini HVSR

L'analisi dei rapporti spettrali, nota anche come metodo HVSR, viene effettuata a partire dall'acquisizione delle vibrazioni sismiche ambientali denominate anche rumore sismico.

Il rumore sismico, presente ovunque sulla superficie terrestre, risulta generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che dall'attività dinamica terrestre.

Il rumore, convenzionalmente suddiviso in microsisma (frequenze < 1Hz, sorgenti naturali lontane) e microtremore (frequenze > 1Hz, sorgenti antropiche locali) è dovuto sia ad onde di volume (onde P e onde S) sia ad onde superficiali in proporzione

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

<p>Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)</p>	<p>Mandanti</p>	<p>Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)</p>
		<p>Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)</p>

variabile. Il microsisma è prevalentemente costituito da onde di Rayleigh mentre il microtremore, oltre alle onde di volume, è formato dalla sovrapposizione sia di onde di Love sia di onde di Rayleigh.

I metodi che si basano sull'acquisizione del rumore sismico si definiscono "passivi" in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio nella sismica attiva. Nel tragitto dalla sorgente "s" al sito "x" le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamento per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che, se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica di "raytracing", è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale e, in particolare, alla struttura locale prossima al sensore. Questa informazione è "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

La tecnica maggiormente utilizzata per lo studio dei microtremori è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e verticale, conosciuta come HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). In breve, la metodologia dei rapporti spettrali H/V permette di valutare la variazione di ellitticità dell'onda di Rayleigh in funzione della frequenza, consentendo di ricavare la frequenza fondamentale di un sito. Tale parametro risulta essere legato alla presenza di una superficie di discontinuità con un sufficiente contrasto di impedenza sismica.

Le registrazioni del rumore sismico ambientale sono state effettuate mediante tromografo digitale della Micromed S.p.A. "Tromino®", che permette sia l'acquisizione digitale in alta risoluzione in modo passivo e non intrusivo sia il pre-processing dei dati.

Tale strumento è costituito da tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali (Nord-Sud, Est-Ovest e in senso verticale) con autobloccaggio in fase di non acquisizione.

Le principali note tecniche di questo tromografo digitale sono di seguito indicate:

NOTE TECNICHE

Numero di canali: 3+1 analogici
Amplificatori: tutti canali con input differenziali
Rumore: < 0.5 µV r.m.s. @128 Hz sampling
Impedenza dell'input: 106 Ohm
Range di frequenze: DC - 360 Hz
Frequenza di campionamento: 16384 Hz per canale
Frequenze di sovracampionamento: 32x, 64x, 128x
Conversione A/D: equivalente a 24 bit
Massimo input analogico: 51.2 mV (781 nV/digit)
Accoppiamento col terreno: su punte e cuscinetto reologico
Sensori: 3 velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione autobloccaggio quando non in acquisizione

I risultati sono stati elaborati attraverso software "Geopsy.org package, release 2.4.2, win 32" e software Grilla. In sintesi, il segnale dei velocimetri è acquisito in ciascun sito per un tempo t (20 min), e digitalizzato a 24 bit.

Per le registrazioni significative è stata operata una verifica dell'attendibilità del picco H/V secondo i criteri Sesame, 2005 e definita la classe di qualità della prova utilizzando il metodo di D.Albarelo et alii, 2011 che prevede le seguenti tre classi:

Classe A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola.

1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (stazionarietà);
2. le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo (isotropia);
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (assenza di disturbi);

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)
--	--	---

4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (plausibilità fisica);
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (robustezza statistica);
6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (durata);

Classe B: curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE citata per la Classe A;

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non utilizzabile

1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura;
2. misura di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse;

Per le sole Classi A e B si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia:

Tipo 1. Presenta almeno un picco "chiaro" secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza

Tipo 2. Non presenta picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza.

I dati principali delle indagini geofisiche eseguite sono stati riassunti in schede appositamente realizzate e contenenti le seguenti informazioni: ubicazione, coordinate UTM WGS84 32N, dati di registrazione, specifiche di elaborazione, documentazione fotografica dello stendimento, grafico del rapporto H/V con individuazione della frequenza fondamentale, classe di qualità della registrazione e analisi secondo i criteri SESAME, 2005.

4.4 Indagini penetrometriche

Le indagini penetrometriche di tipo dinamico sono state realizzate utilizzando unpenetrometro Pagani DPM 3020 motorizzato avente le caratteristiche tecniche di seguito elencate.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM3020 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	30	Kg
Altezza di caduta libera	0,20	m
Peso sistema di battuta	15,25	Kg
Diametro punta conica	35,68	mm
Area di base punta	10	cm ²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste per metro	2,4	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80	m
Avanzamento punta	0,10	m
Numero colpi per punta	N(10)	
Coeff. Correlazione	0,783	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	60	°

Tutte le indagini non hanno rilevato la presenza di una falda idrica superficiale e sono state spinte fino all'avvenuto raggiungimento del limite strumentale. I dati principali delle indagini penetrometriche eseguite sono stati riassunti in schede appositamente realizzate e contenenti le seguenti informazioni: ubicazione, data di esecuzione, grafico del numero di colpi penetrazione punta e grafico dell'Rpd (Mpa).

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

<p>Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)</p>	<p>Mandanti</p>	<p>Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)</p>	<p>Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)</p>
---	------------------------	--	--

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il territorio di Sestola è caratterizzato, nel settore meridionale, dalla presenza delle successioni di avanfossa oligo-Mioceniche del Dominio Toscano, in cui si distingue la successione del Monte Cervarola con le unità torbiditiche delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro del Torrente Fellicarolo – (CEV2) e delle Arenarie del Monte Modino (MOD). In tale settore si evidenzia la presenza di un rilievo sviluppato con versanti a pendenza elevata e dorsali rocciose ad andamento Sud Ovest-Nord Est. Le coperture quaternarie risultano poco sviluppate, localizzate prevalentemente a Sud con la presenza di depositi morenici di origine glaciale e periglaciale, depositi detritici di origine gravitativa di versante in s.l., depositi eluvio-colluviali e di falda, oltre a depositi di origine palustre presenti nelle depressioni glaciali. I fenomeni di instabilità sono piuttosto isolati e riconducibili alla tipologie di frana complessa e/o di scivolamento in blocco. In termini sismici si tratta di un substrato geologico rigido costituito da una alternanza di torbiditi siltitico-pelitiche.

Il contatto tra le formazioni toscane e le formazioni liguri affioranti più a Nord è di tipo tettonico. Si riscontra l'esistenza di faglie di importanza anche regionale. Nell'ambito della Successione Toscana si individuano importanti linee di sovrascorrimento, di cui una è localizzata immediatamente a Sud dei centri abitati di Sestola e Roncoscaglia, come riportato nella cartografia della carta sismo-tettonica della Regione Emilia-Romagna a cura del Servizio Geologico sismico e dei Suoli della RER, di cui in Figura 18 viene riportato un estratto. All'interno dello stesso documento cartografico sono individuate anche le principali strutture tettoniche neogeniche senza evidenze di recente attività.

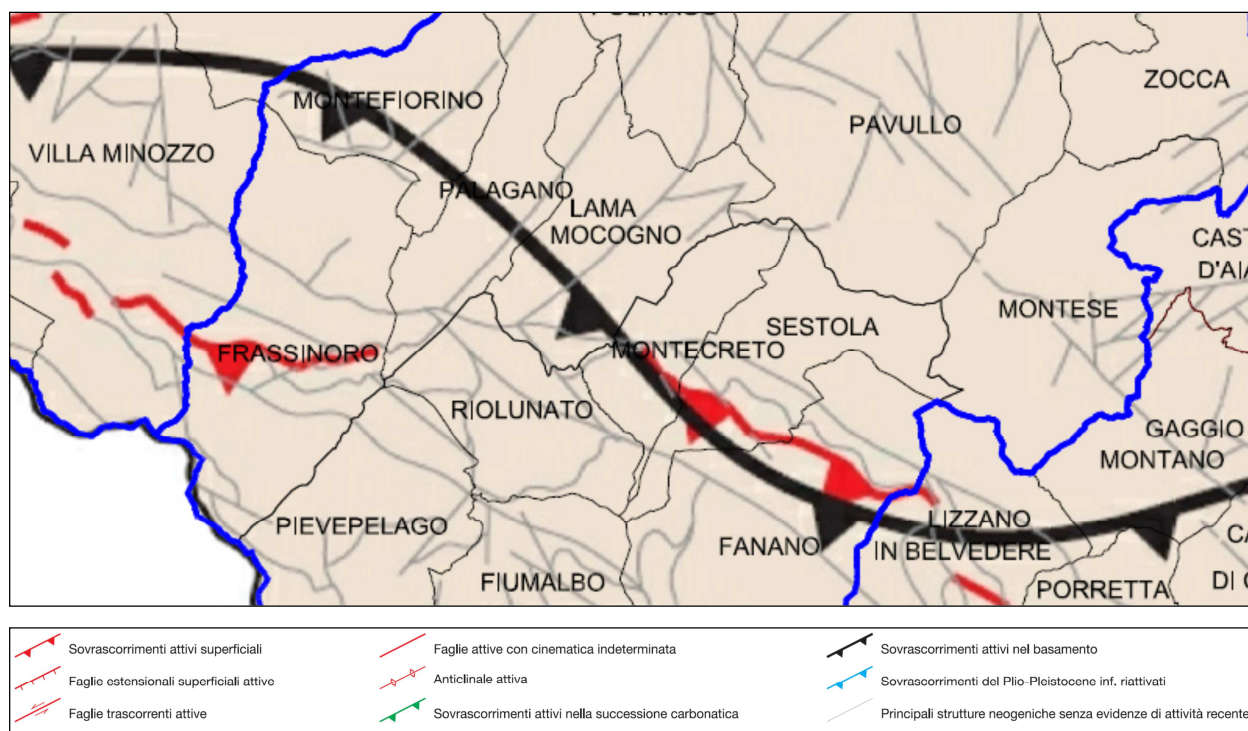


Figura 18: Principali strutture tettoniche

A Nord del settore descritto si estende una fascia con andamento Nord Ovest-Sud Est caratterizzata dalla presenza di un substrato argillitico appartenente alla Successione Toscana (Argilliti Variegate con Calcari (AVC)), su cui si collocano il centro abitato di Sestola e la frazione di Roncoscaglia, e, in subordine, dei terreni marnosi della Formazione delle Marne di Marmoreto (MMA). In questa porzione di territorio le morfologie sono in gran parte condizionate dalla presenza di estesi corpi di frana e di

<i>RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)</i>		
Mandatario <i>Dott. Geol. Giorgio Masotti</i> <i>Via di Mezzo, 90</i> <i>41058 Vignola (MO)</i>	Mandanti	<i>Dott. Geol. Alberto Fiori</i> <i>Via Radici in Piano, 371</i> <i>41041 Formigine (MO)</i>
		<i>Dott. Geol. Franco Sasso</i> <i>Via Stadio, 2</i> <i>41029 Sestola (MO)</i>

detrito di versante e dal prevalente substrato argilloso. Si osservano morfologie blande, con pendenze prevalentemente inferiori ai 15° e presenza di contropendenze diffuse.

Lungo il versante orientale che discende sino al Torrente Leo, nella fascia di quota compresa tra 1.000 e 750 m s.l.m., si evidenziano estese coperture detritiche di versante e movimenti gravitativi prevalentemente quiescenti (solo alcuni risultano in atto) che in passato hanno determinato danni alla viabilità locale e ad alcuni edifici. Si segnalano, infatti, danni nel centro di Sestola negli anni 1979 e 1993, a Nord della dorsale su cui corre Via Tintoria, in località Le Gonde, e lungo Via del Passerino sino alla località C.Ronco. A ridosso dei versanti su cui affiorano le rocce arenacee prevalgono movimenti franosi per scivolamento in blocco, mentre nelle porzioni basali si rinvengono soprattutto frane per colamento di fango. Le coperture presentano spessori, come evidenziato dai numerosi sondaggi desunti da bibliografia, che, procedendo da monte verso valle, variano da 5 a 20 m e sono costituite in prevalenza da litotipi eterogenei ed eterometrici, più o meno caotici, immersi in matrice limosa ed argillosa.

Sul versante occidentale che discende sino al Rio Vesale, l'abitato di Sestola risulta ricompreso su una vasta copertura detritica avente spessori in alcuni casi superiori ai 20 metri e tipologicamente simili alle coperture descritte in precedenza.

A Nord Ovest si osservano estesi fenomeni gravitativi quiescenti riconducibili a frane complesse, in cui si combinano differenti tipologie di movimento, che interessano solo parzialmente la frazione di Roncoscaglia, collocata prevalentemente su una copertura detritica che anche in questo caso può raggiungere i 20 metri di spessore.

In termini sismici il substrato geologico di tale settore, sulla base dei dati raccolti e di quelli desumibili dalle prove effettuate, risulta caratterizzato da velocità delle onde di taglio inferiori a 800 m/s ed è stato classificato, quindi, come "non rigido".

Nella porzione settentrionale, a Nord dei centri abitati di Sestola e Roncoscaglia, le principali litologie affioranti appartengono alle successioni liguri prevalentemente torbiditiche ("Formazione di Monte Venere") e argillitiche ("Argille a Palombini", "Argille variegata di Grizzana Morandi" e "Arenarie di Scabiazza"), con versanti che morfologicamente presentano pendenze più deboli e forme dolcemente ondulate nei quali si assiste alla presenza di estesi movimenti di franosi, quiescenti e attivi, con frequenti fenomeni di soliflusso, di ruscellamento diffuso e di erosione concentrata e depositi di versante in s.l..

Le forme di instabilità sono prevalentemente da ascrivere a meccanismi che derivano dalla combinazione di due o più tipologie di movimento, e quindi da inserire nella categoria delle frane complesse.

Fenomeni gravitativi rilevanti, in quanto direttamente interferenti con centri abitati, sono presenti lungo la strada Provinciale n° 30, dove si individua la frazione di Rovinaccia, ricompresa all'interno di un centro abitato dichiarato da consolidare ai sensi del Regio Decreto 1 Giugno 1933 n. 42. In Figura 19 viene riportato un estratto della scheda n. 8 del PTCP, con la zonizzazione delle aree a diverso grado di pericolosità siglate A, B e C.

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario

Dott. Geol. Giorgio Masotti
Via di Mezzo, 90
41058 Vignola (MO)

Mandanti

Dott. Geol. Alberto Fiori
Via Radici in Piano, 371
41041 Formigine (MO)

Dott. Geol. Franco Sasso
Via Stadio, 2
41029 Sestola (MO)

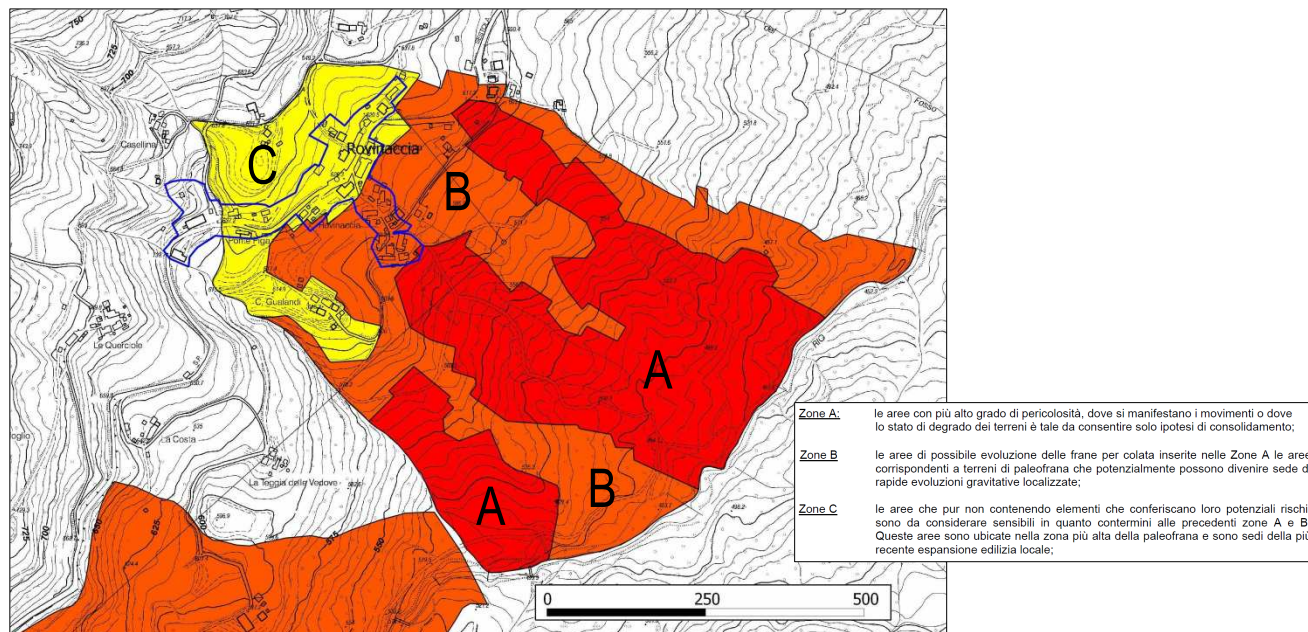


Figura 19: Centro abitato di Rovinaccia da consolidare (Scheda 8 PTCP)

La Frazione di Castellaro viene parzialmente ricompresa all'interno di un'area a rischio idrogeologico elevato e molto elevato, secondo la perimetrazione riportata in Figura 20, in cui si distinguono le zone caratterizzate da instabilità o ad elevata probabilità di coinvolgimento (Zona 1) e le zone potenzialmente instabili (Zona 2).

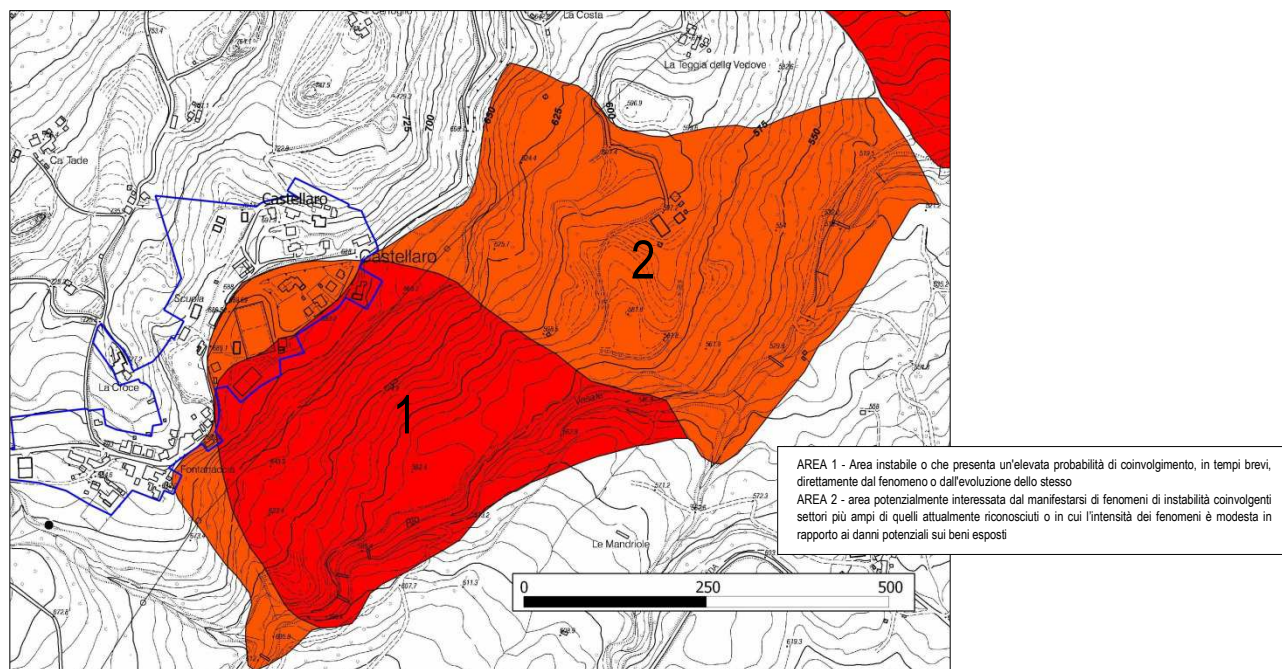


Figura 20: Centro abitato di Castellaro ricompreso nelle aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato (Scheda 7 PTCP)

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

<p>Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)</p>	<p>Mandanti</p>	<p>Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)</p>
		<p>Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)</p>

In questo settore del Territorio Comunale sono presenti, inoltre, lembi di ofioliti giurassiche all'interno della Formazione delle Argille a Palombini, spesso distinte in basalti, serpentiniti e oficalciti, che formano, come nella frazione di Vesale, rilievi morfologicamente più accentuati che ben si individuano nell'ambito del paesaggio circostante.

Il substrato geologico è rappresentato prevalentemente, in termini sismici, da terreni non rigidi (velocità delle onde di taglio inferiori a 800 m/s) costituiti da argille intensamente tettonizzate (Argille a Palombini) e da alternanze di livelli lapidei e livelli pelitici (Formazione di Monte Venere). Per i materiali ofiolitici è stato considerato un substrato rigido di natura lapidea.

6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Lo studio di microzonazione sismica del Comune di Sestola è stato effettuato facendo riferimento ai seguenti strumenti legislativi ed indirizzi:

- **"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"** approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome (ICMS)- 2008;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3907/2010, e s.m.i.;
- Delibera di Giunta Regionale n° 112/2007 **"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"**;
- Decreto n.8422 del 10 Dicembre 2010 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile;
- Giugno, 2012 Microzonazione sismica **"Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica"**, versione 2.0 – Commissione tecnica per la microzonazione sismica;
- DGR 1302/2012 **"Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti locali"**;

Per l'esecuzione dello studio si è preliminarmente prodotta la Carta geologico-tecnica dell'intero territorio Comunale, all'interno della quale sono riportate le informazioni geologiche di base per la definizione del modello di sottosuolo funzionali alla realizzazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS (livello 1).

La base di partenza è rappresentata dalla Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo in scala 1:10.000, Edizione 2011, del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, sulla base della quale sono state individuate e suddivise le unità geologico-litotecniche, in riferimento alla tipologia del substrato geologico (rigido e non rigido) ed alle caratteristiche litologiche delle coperture presenti con spessori superiori ai 3 metri.

Per quanto concerne il substrato geologico sono state effettuate, sulla base dei dati ottenuti dalle indagini raccolte e da quelle eseguite, le associazioni riportate nella tabella seguente:

Substrato Geologico	Tipologia	Unità/Formazione
LP – Lapideo	rigido	Ofioliti in s.l.
ALS – Alternanza di litotipi stratificato	rigido	Arenarie di Valleorsara (VLR), Arenarie di Montegabba (AMG), Formazione dell'Abetina Reale (ABT), Arenarie di Monte Modino (MOD), Arenarie di Monte Cervarola (CEV2)
NR – Substrato geologico non rigido	non rigido	Argilliti Variegate con calcari (AVC), Argille Variegate di Grizzana Morandi (AVT-AVTa), Marne di Marmoreto (MMA), Argille di Fiumalbo (FIU), Breccie argillose poligeniche (BAP), Argille a Palombini (APA)
NRS – Substrato geologico non rigido stratificato	non rigido	Marne di Monte San Michele (MSM), Arenarie di Scabiazza (SCB), Formazione di Monte Venere (MOV), Formazione di Monghidoro (MOH)

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)
		Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

Per quanto riguarda le coperture, i perimetri fanno riferimento a quelli della carta geologica, parzialmente e localmente modificati sulla base dei dati geognostici pregressi e di nuova acquisizione. A tale proposito si sottolinea l'inadeguatezza delle litologie ammesse dagli standard di rappresentazione, che ricomprendono esclusivamente tipi litologici legati ad ambienti alluvionali, ma non descrivono in maniera adeguata i depositi delle coperture in un contesto appenninico.

All'interno della cartografia geologico tecnica sono state riportate, inoltre, le zone caratterizzate da instabilità di versante, distinguendo la tipologia del movimento e lo stato di attività (attiva o quiescente), le forme di superficie individuate (conoidi alluvionali, orli di scarpata morfologica e creste), e gli elementi tettonico strutturali.

Per una definizione più dettagliata dei rapporti litostratigrafici e dell'assetto tettonico del territorio Comunale di Sestola si può fare riferimento alle sezioni geologiche riportate nella tavola 9. La sezione 1 è stata ripresa dalla cartografia CARG e rielaborata, mentre la 2 e la 3 sono state direttamente elaborate nel corso del presente studio.

A partire dagli elementi contenuti nella Carta geologica tecnica, si è costruita la **carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS (livello 1)**, che descrive localmente il territorio individuando e delimitando le zone a comportamento equivalente in situazioni di sollecitazione sismica, descrivendo, conseguentemente, le condizioni di pericolosità sismica del territorio.

In tale cartografia sono state individuate le seguenti classi di zone:

- Zone stabili;
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;
- Zone suscettibili di instabilità;
- Forme di superficie e sepolte

Tali elementi sono stati integrati con l'individuazione delle zone soggette ad amplificazione per effetto della topografia individuando i versanti con inclinazione > 15° e dislivello superiore a 30 metri (secondo i contenuti del punto A2.2 della DAL 112/2007 e del punto 2.3.4 degli ICMS) a partire dal Modello DTM a maglie 5 x 5 metri fornito dal Servizio Geologico Regionale. Sono state riportate, inoltre, le tracce delle sezioni topografiche che individuano le aree di attenzione rispetto alle amplificazioni topografiche.

Nelle **zone stabili**, corrispondenti a settori del territorio in cui non si prevedono modifiche sostanziali del segnale sismico di basi escludono, quindi, effetti di amplificazione locale; sono rappresentate dalle zone caratterizzate da substrato geologico rigido affiorante e, in riferimento alla carta geologico tecnica, corrispondono a substrato lapideo (LP) e substrato costituito da alternanza di litotipi stratificato (ALS).

In tali zone si ritiene necessario che le nuove previsioni urbanistiche sviluppino indagini specifiche per caratterizzare le Vs: se $V_{s30} > 800$ m/s, non viene prevista l'esecuzione di ulteriori indagini e non è necessario uno studio di microzonazione sismica; se $V_{s30} < 800$ m/s si dovrà invece prevedere la valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche e l'esecuzione di uno studio di microzonazione sismica di secondo livello.

Le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** ricomprendono le aree con specifiche caratteristiche stratigrafiche, in presenza di substrato affiorante e coperture tali da indurre effetti locali con amplificazione del moto sismico. Sono state distinte 10 zone differenti.

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)
--	--	---

ZONA 1 e 2

Le zone 1 e 2 corrispondono ad aree con substrato subaffiorante, rispettivamente non stratificato e stratificato, caratterizzato da $V_s < 800$ m/sec.

Studi richiesti: indagini per caratterizzare le V_s ; se $V_{s30} > 800$ m/sn non sono previste ulteriori indagini; se $V_{s30} < 800$ m/sè prevista la valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche;

Microzonazione sismica: non richiesta nel primo caso, secondo livello di approfondimento nel secondo caso.

Effetti attesi: amplificazione stratigrafica;

Studi richiesti: Valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche litologiche;

Microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

ZONA 3

La zona 3 corrisponde ai settori del territorio caratterizzati da coperture di ambiente palustre litologicamente costituiti da limi e depositi organici con spessori variabili tra 3 e 10 metri con valori di V_{sh} pari a 120 m/s.

Effetti attesi: amplificazione stratigrafica, densificazione, cedimenti;

Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, stima dei cedimenti, densificazione in presenza di materiali a caratteristiche geotecniche scadenti;

Microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

terzo livello di approfondimento per stima cedimenti – densificazione;

ZONA 4

La zona 4 corrisponde ai settori del territorio caratterizzati da coperture di ambiente eolico litologicamente costituiti da sabbie fini e limi pedogenizzati su paleo superfici con spessori variabili tra 3 e 10 metri con valori di V_{sh} pari a 170 m/s.

Effetti attesi: amplificazione litostratigrafia, cedimenti, densificazione, liquefazione;

Studi richiesti: valutazione amplificazione, stima dei cedimenti densificazione in presenza di materiali a caratteristiche geotecniche scadenti, verifica di suscettività alla liquefazione;

Microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

terzo livello di approfondimento per stima cedimenti – densificazione;

ZONA 5

La zona 5 corrisponde ai settori del territorio caratterizzati da coperture di origine glaciale e periglaciale litologicamente costituiti da terreni detritici con clasti eterogenei ed eterometrici immersi in matrice limo-sabbiosa e limo-argillosa con spessori variabili tra 3 e 10 metri e valori medi di V_{sh} pari a 350 m/s.

Effetti attesi: amplificazione litostratigrafia;

Studi richiesti: valutazione amplificazione;

Microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

ZONA 6

La zona 6 corrisponde ai settori del territorio caratterizzati da depositi terrazzati di origine fluviale costituiti da materiale detritico generalmente non consolidato (ghiaie, sabbie e limi) con spessori variabili tra 3 e 15 metri con valori di V_{sh} variabili da 350 a 400 m/s.

Effetti attesi: amplificazione litostratigrafia;

Studi richiesti: valutazione amplificazione;

Microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

ZONA 7

La zona 7 corrisponde ai settori del territorio caratterizzati da depositi di origine gravitativa costituiti da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici immersi in matrice prevalentemente limosa con spessori variabili tra 3 e 20 metri con valori di V_{sh} medi di 300 m/s.

Effetti attesi: amplificazione litostratigrafia;

Studi richiesti: valutazione amplificazione;

Microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)
--	--	---

ZONA 8

La zona 8 corrisponde ai settori del territorio caratterizzati da depositi di origine gravitativa costituiti da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici immersi in matrice prevalentemente argillosa con spessori variabili tra 3 e 20 metri con valori di Vsh variabili da 300 m/s.

Effetti attesi: amplificazione litostratigrafia;

Studi richiesti: valutazione amplificazione;

Microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

ZONA 9

La zona 9 corrisponde ai settori del territorio caratterizzati da depositi di origine gravitativa costituiti da litotipi prevalentemente limosi con spessori variabili tra 3 e 10 metri con valori di Vsh variabili da 300 m/s.

Effetti attesi: amplificazione litostratigrafia;

Studi richiesti: valutazione amplificazione;

Microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

ZONA 10

La zona 10 corrisponde ai settori del territorio caratterizzati da depositi di origine gravitativa costituiti da litotipi prevalentemente argillosi con spessori variabili tra 3 e 10 metri con valori di Vsh variabili da 300 m/s

Effetti attesi: amplificazione litostratigrafia;

Studi richiesti: valutazione amplificazione;

Microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

Le **zone suscettibili di instabilità** individuano i depositi di frana, distinguendo i dissesti quiescenti e attivi. In riferimento alla instabilità di versante gli effetti attesi sono amplificazione stratigrafica e instabilità del versante. Gli studi richiesti sono: valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, valutazione del grado di stabilità del versante con metodo pseudostatico o dinamico e stima degli spostamenti. In termini di microzonazione sismica viene previsto un terzo livello di approfondimento.

Nella cartografia delle microzone omogenee in prospettiva sismica sono inoltre riportate le forme di superficie ascrivibili a conoidi alluvionali, orli di scarpata e creste. Per le conoidi alluvionali gli effetti attesi sono l'amplificazione stratigrafica per caratteristiche litologiche e variabilità laterale della morfologia del substrato, densificazione, cedimenti differenziali, liquefazione. Gli studi richiesti vanno dalla valutazione della risposta sismica locale considerando le condizioni litostratigrafiche e variabilità laterale della morfologia del substrato roccioso, stima della densificazione e cedimenti, valutazione suscettività alla liquefazione, con approfondimenti di terzo livello.

Nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate e/o creste possono svilupparsi effetti di amplificazione per caratteristiche topografiche. Si dovrà, quindi, verificare anche gli effetti della topografia secondo quanto previsto al punto 2.5, linee guida ICMS parte II volume 1, o a quanto previsto al punto A2.2 dell'allegato A2 della DAL 112/2007.

Un ulteriore elemento inserito in cartografia riguarda le zone soggette ad amplificazione per effetti della topografia su versanti con pendenza > di 15°. In questo caso viene richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione topografico e indagini per caratterizzare le Vs; se $V_{s30} > 800$ m/s è richiesta la sola valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche topografiche; se $V_{s30} < 800$ m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto sia alle caratteristiche stratigrafiche che a quelle topografiche.

La cartografia riporta, inoltre, i punti di misura di rumore ambientale ed il valore della frequenza fondamentale di vibrazione dei terreni.

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)
		Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

La fase successiva dello studio ha comportato l'individuazione delle aree all'interno delle quali eseguire lo studio di microzonazione sismica di secondo livello, estendendo le analisi al centro abitato di Sestola, alle frazioni e al polo funzionale Cimone.

In Figura 21 viene riportata la perimetrazione di tali aree che formano una superficie complessiva di circa 24 km², il 46% dell'intera estensione territoriale Comunale.

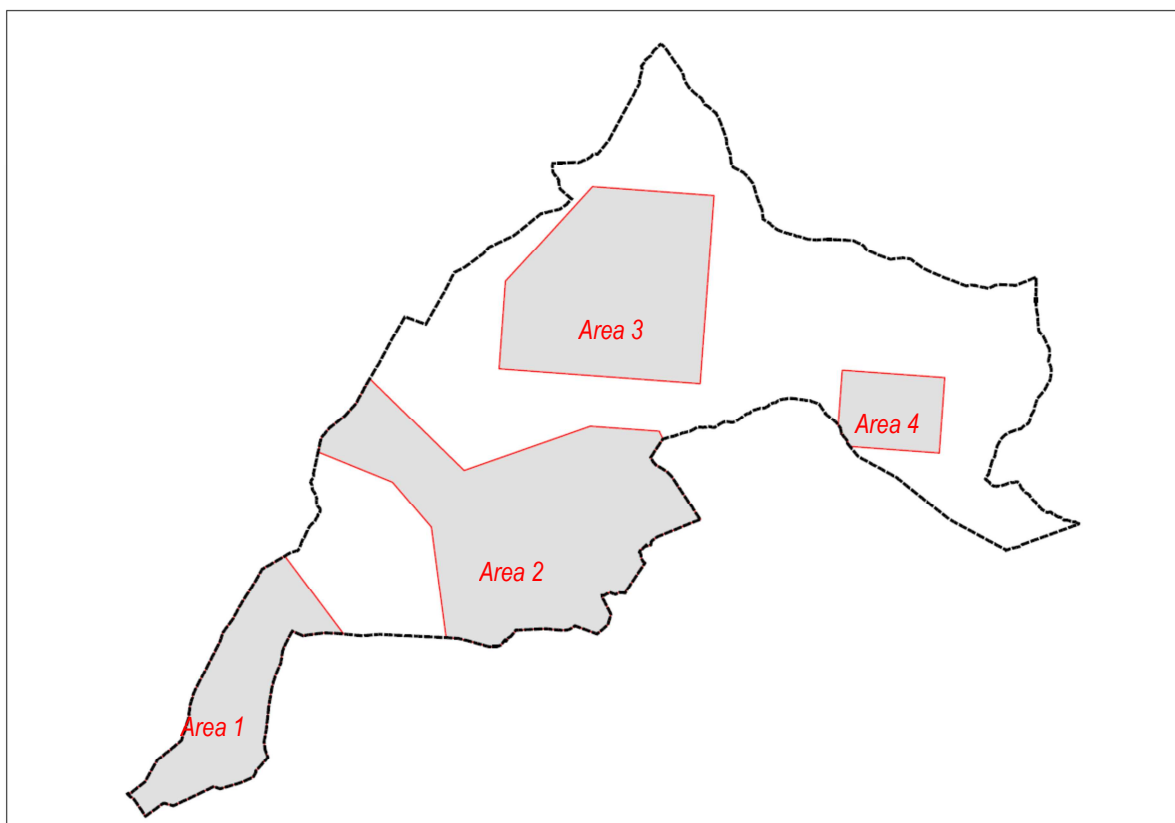


Figura 21: Aree di studio MS di 2° Livello

Area 1 – Polo funzionale Cimone

Area 2 – Centri abitati di Sestola e Roncoscaglia

Area 3 – Centri abitati di Castellaro, Rovinaccia, P.te Tole, Casine S. Antonio e Vesale

Area 4 – Rocchetta Sandri

Ciascuna area individua una porzione di territorio a comportamento sismico equivalente. Ad ognuna di queste aree sono stati attribuiti indici quantitativi che definiscono, in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche, l'amplificazione sismica attesa ($T_r = 475$ anni; $\zeta = 5\%$) in termini di fattore di amplificazione della P.G.A. e dell'intensità spettrale negli intervalli di periodo compresi tra 0,1 - 0,5 s, e 0,5 - 1,0 s.

I fattori di amplificazione sono stati stimati in base agli abachi regionali contenuti nell'Allegato A2 del DAL 112/2007, che meglio si adattano al contesto geo-morfologico del territorio in esame, basandosi su tipologia del substrato geologico, spessore delle coperture, parametri V_{S30} e V_{SH} .

In particolare, nel caso di substrato marino caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s si sono utilizzate le tabelle di seguito riportate.

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario

Dott. Geol. Giorgio Masotti
Via di Mezzo, 90
41058 Vignola (MO)

Mandanti

Dott. Geol. Alberto Fiori
Via Radici in Piano, 371
41041 Formigine (MO)

Dott. Geol. Franco Sasso
Via Stadio, 2
41029 Sestola (MO)

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

Figura 22: Tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (secondo livello di approfondimento) (punto A2.1 – DAL 112/2007) per substrato marino caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)
		Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

Nel caso di substrato marino caratterizzato da $V_s \leq 800$ m/s si sono utilizzate le tabelle di seguito riportate.

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Figura 23: Tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (secondo livello di approfondimento) (punto A2.1 – DAL 112/2007) per substrato marino caratterizzato da $V_s \leq 800$ m/s

Nel caso di substrato marino affiorante caratterizzato da $V_s \leq 800$ m/s si sono utilizzate le tabelle di seguito riportate.

F.A. P.G.A.

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_o < 0.5s$

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_o < 1.0s$

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0

Figura 24: Tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (secondo livello di approfondimento) (punto A2.1 – DAL 112/2007) per substrato marino affiorante caratterizzato da $V_s < 800$ m/s

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

I valori dei fattori di amplificazione FA.PGA, FA.IS_{0,1-0,5s}, FAIS_{0,5-1,0s}, riferiti alle microzone individuate, sono visualizzati nella legenda delle seguenti tavole:

Tavole da 4.1 a 4.5 - Carta di microzonazione sismica - Livello 2 - Fa.P.G.A.;

Tavole da 5.1 a 5.5 - Carta di microzonazione sismica - Livello 2 - Fa.IS_{0,1-0,5 s};

Tavole da 6.1 a 6.5 - Carta di microzonazione sismica - Livello 2 - Fa.IS_{0,5-1,0 s};

Le microzone sono suddivise in:

- zone stabili;
- zone stabili suscettibili di amplificazione locali;
- zone suscettibili di instabilità.

Dette zone sono campite in colori diversi in riferimento agli standard di rappresentazione.

7 ELABORATI CARTOGRAFICI

7.1 Carta delle indagini

Tale cartografia (tavole da 1.1 a 1.6) riporta localizzazione e tipologia delle indagini di natura geotecnica e geofisica, preesistenti e di nuova esecuzione, incluse nel database allegato allo studio. Sono state utilizzate simbologie e campiture previste dagli Standard di rappresentazione della Commissione tecnica per la Microzonazione sismica.

Si rileva che il maggior numero di informazioni interessa i centri abitati di Sestola e Roncoscaglia, mentre la densità diminuisce sensibilmente in corrispondenza delle altre frazioni.

7.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

Le tavole da 2.1 a 2.6 riportano gli aspetti geologico tecnici dell'intero territorio Comunale. Partendo dal settore meridionale, nella fascia compresa tra il crinale del Monte Cimoncino a quote di 1996 m s.l.m. e la località Passo del Lupo, il substrato geologico è rappresentato dalle Arenarie del Monte Modino, con la presenza di dorsali rocciose ad andamento prevalente Sud Ovest-Nord Est, sui cui fianchi si sviluppano coperture detritiche ricollegabili a frane quiescenti a depositi di versante in s.l.. Si rinvencono, inoltre, depositi detritici di origine glaciale e periglaciale e depositi lacustri all'interno delle depressioni di origine analoga.

Come accennato in precedenza, l'ammasso roccioso risulta strutturalmente ordinato e costituito da alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici con livelli lapidei prevalenti (rapporto L/P > 3), con comportamento rigido in termini sismici e velocità delle onde di taglio >800 m/s. Le coperture detritiche, con spessori compresi tra 3 e 10 metri, presentano mediamente valori di V_{SH} pari a 350 m/s, mentre i depositi lacustri con spessori fino a 5 metri registrano valori di V_{SH} di circa 120 m/s.

Immediatamente a Nord di tale settore affiorano terreni della Successione Toscana rappresentati dalla formazione delle Argilliti Variegate con Calcari (AVC) (che forma la base del sovrascorrimento delle Arenarie del Monte Modino) e i depositi pre-torbiditici delle Marne di Marmoreto (MMA) e delle Argille di Fiumalbo (FIU). Sono presenti coperture detritiche rappresentate da depositi di versante in s.l. che possono raggiungere anche i 10 metri di spessore e valori di V_{SH} di circa 260 m/s, mentre il substrato geologico affiorante risulta non rigido con valori di V_{S30} di 450-500 m/s.

Nell'area settentrionale affiorano i depositi torbiditici della Arenarie del Monte Cervarola (CEV2), substrato da considerare rigido in termini sismici, sui quali le coperture quaternarie risultano presenti solo localmente, ma possono, in zone particolari come quella di Pian del Falco, superare i 10 metri di spessore. I valori di V_{SH} medi sono pari a circa 260 m/s.

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)
		Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

Nel settore di territorio che ricomprende i centri abitati di Sestola e Roncoscaglia il substrato geologico non rigido è rappresentato dalle Argilliti Variegate con Calcarei (AVC). Nel Centro abitato di Sestola sono presenti estese coperture detritiche, in parte derivanti dal disfacimento dei depositi arenacei torbiditici delle Arenarie del Monte Cervarola e del Monte Modino, che costituiscono l'ossatura del centro storico ed il substrato della sella che separa, in senso trasversale, il versante orientale che discende al Torrente Leo da quello orientale verso il Rio Vesale.

Lungo i versanti sono presenti numerosi fenomeni gravitativi, attivi e quiescenti, ed estese e potenti coperture detritiche di versante che raggiungono spessori fino a 20 metri. Sono costituite, in prevalenza, da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici immersi in matrice prevalentemente limosa e argillosa con valori di V_{sh} medi di 300 m/s.

Una situazione analoga si riscontra nel centro abitato di Roncoscaglia dove sono presenti rilevanti coperture detritiche. Frane quiescenti complesse circondano l'abitato lungo il versante che arriva al Rio Vesale. Il substrato affiorante presenta valori di V_{S30} pari mediamente a 530 m/s.

La rimanente parte del territorio, che include le frazioni di Castellaro, Rovinaccia, Casine Sant'Antonio, Vesale e Rocchetta Sandri, appartiene al Dominio Ligure. Sono presenti terreni prevalentemente argillosi, essenzialmente rappresentati dalle argilliti della Formazione delle Argille a Palombini (APA) e da alternanze di livelli lapidei e pelitici della Formazione di Monte Venere (MOH).

Si tratta di un substrato non rigido che presenta velocità delle onde di taglio < 800 m/s e valori di V_{S30} medi di circa 500 m/s. Le coperture quaternarie sono rappresentate in prevalenza da depositi di frana attiva e/o quiescente e depositi di versante in senso lato costituiti da litotipi prevalentemente argillosi con spessori variabili tra 3 e 10 metri e valori di V_{SH} medi di circa da 300 m/s.

Si sottolinea la presenza di fenomeni gravitativi di una certa rilevanza interferenti direttamente con i centri abitati di Castellaro e Rovinaccia. Gli strumenti di pianificazione provinciali collocano parte dell'abitato di Castellaro all'interno di una zona a rischio idrogeologico elevato e identificano Rovinaccia come abitato da consolidare.

Si distinguono affioramenti ofiolitici, da considerare substrato lapideo rigido, che formano zone morfologicamente più rilevate. In corrispondenza di una di queste zone si è sviluppato il centro abitato di Vesale, circondato da depositi detritici di versante e coperture eluvio-colluviali con spessori che raggiungono anche i 10 metri, e velocità V_{SH} di circa 250 m/s.

7.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)

Le tavole da 3.1 a 3.6 riportano la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) estesa all'intero territorio Comunale in scala 1:5.000. Vengono individuate zone a comportamento equivalente, classificate in (a) zone stabili, (b) zone stabili suscettibili di amplificazione locali, (c) zone suscettibili di instabilità.

(a) zone stabili: individuano settori del territorio in cui si prevedono trascurabili effetti di amplificazione locale del moto sismico, ricomprendendo le zone caratterizzate da substrato rigido;

(b) zone stabili suscettibili di amplificazione locali: individuano 10 zone differenti in termini di origine, natura litologica e spessore delle coperture secondo quanto riportato nel paragrafo 6;

(c) zone suscettibili di instabilità: sono distinte in instabilità di versante attiva e instabilità di versante quiescente.

La cartografia descritta riporta, inoltre, le zone in cui si possono prevedere fenomeni di amplificazione del moto sismico di natura topografica, individuando le forme legate a conoidi alluvionali, creste, orli di scarpata, creste rocciose e versanti con pendenza $>$ di 15° .

Nella zona meridionale del territorio si individuano zone stabili in corrispondenza delle dorsali rocciose in cui affiorano le Arenarie del Monte Modino. In corrispondenza di tali aree, dovranno, comunque, essere approfonditi gli aspetti relativi ad effetti di

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)
		Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

amplificazione di natura topografica. Le zone stabili suscettibili di amplificazione di natura stratigrafica comprendono le coperture quaternarie di origine glaciale e periglaciale (Zona 5), gravitativa (Zona 7) e palustre (Zona 3). Una porzione limitata del territorio, localizzata in prossimità della località Passo del Lupo, è caratterizzata da un substrato affiorante non rigido in termini sismici. Tale zona è stata ricompresa all'interno della zona 1.

Immediatamente a Nord di questo settore è presente una estesa area stabile, caratterizzata da substrato rigido stratificato, corrispondente alla zona di affioramento delle Arenarie del Monte Cervarola, su cui si riscontrano isolate coperture quaternarie che, nella zona di Pian del Falco (Zona 8), possono raggiungere spessori significativi.

All'interno del settore comprendente gli abitati di Sestola e Roncoscaglia si individuano zone suscettibili di instabilità e ampie zone stabili suscettibili di amplificazione di natura stratigrafica (Zona 7 e 8) legate alla presenza di coperture detritiche molto estese con spessori variabili sino ad un massimo di circa 20 metri.

Nella porzione rimanente del territorio comunale la natura del substrato geologico, prevalentemente argillitico, influenza in maniera significativa l'individuazione delle microzone omogenee, portando ad una netta distinzione fra zone suscettibili di instabilità, zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da substrato non rigido affiorante stratificato e non stratificato (Zona 1 e 2), e zone stabili con coperture quaternarie prevalentemente di origine gravitativa e litologicamente limose ed argillose (Zona 9 e 10).

Con estensioni più modeste si rilevano, inoltre, zone stabili suscettibili di amplificazioni locali in corrispondenza di depositi di natura eolica (Zona 4), ubicati a monte della frazione di Castellaro, e depositi fluviali (Zona 6) presenti nel settore settentrionale lungo il corso del Torrente Scoltenna e dei suoi affluenti in destra orografica.

7.4 Carta di microzonazione sismica (livello 2)

- Tavole da 4.1 a 4.5 - Fattori di amplificazione PGA

- Tavole da 5.1 a 5.5 - Fattori di amplificazione $FA_{IS_{0,1 < T < 0,5}}$

- Tavole da 6.1 a 6.5 - Fattori di amplificazione $FA_{IS_{0,5 < T < 1,0}}$

La variabilità dei valori dei fattori di amplificazione della PGA e della IS ottenuti per le diverse microzone individuate sul territorio, secondo la procedura riportata nel paragrafo 6, evidenziano un comportamento di risposta sismica caratterizzato, nel complesso, da una certa variabilità, essendo legato ai differenti gradi di rigidità del substrato geologico, alla tipologia ed allo spessore delle coperture presenti.

Nelle zone con presenza di creste e/o scarpate e di versanti con pendenza maggiore di 15°, sono stati determinati i fattori di amplificazione $FA_{0,1-0,5s}$ per effetto della topografia (Tavole da 5.1 a 5.5). Questi fattori di amplificazione sono visualizzati con campiture puntinate. Il valore del coefficiente di amplificazione è stato stimato tramite le procedure previste al punto 3.3 e relativi abachi, delle Linee Guida degli ICMS.

Nel settore denominato Area 1 "Polo Funzionale Cimone" (Tav. 4.1), si registrano valori del fattore di amplificazione F.A.PGA, in corrispondenza delle coperture detritiche di origine gravitativa, compresi tra 1.1-1.2 e 1.3-1.4, mentre valori più elevati, variabili da 1.5 a 1.6, sono stati stimati nelle aree con depositi di origine lacustre. Fattori di amplificazione maggiori (tra 1.7-1.8 e 1.9-2.0) si hanno in prossimità della località Passo del Lupo, nelle zone caratterizzate da coltri detritiche con spessori fino a 15 metri e substrato rigido delle Arenarie di Monte Modino. Per quanto riguarda i fattori di amplificazione dell'intensità spettrale di Housner, i risultati riportati nelle tavole 5.1 e 6.1 evidenziano valori di amplificazione sostanzialmente contenuti tra 1.1 e 1.2 negli intervalli dei periodi considerati ad esclusione della zona a Ovest di Passo del Lupo in cui l'FA tra 0,1 e 0,5 s assume valori più elevati e

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)		
Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Mandanti	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)
		Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

pari a 1.7-1.8. Sono stati determinati i fattori di amplificazione topografica $Fa_{(0.1-0.5s)}$ lungo le dorsali rocciose individuate ottenendo valori variabili da 1.1 a 1.5 (tavola 5.1).

Nell'area 2 "Centri abitati di Sestola e Roncoscaglia" (Tav. 4.2 e 4.3), ed in particolare nella zona di Sestola, i risultati ottenuti confermano un significativo campo di variabilità del Fattore FA.PGA, in funzione sia della tipologia di substrato che dello spessore dei depositi detritici. In particolare, sulla base dei numerosi dati geognostici disponibili, si è proposta una zonizzazione dell'area in funzione dello spessore di copertura al substrato suddividendola in classi di spessore di valore rispettivamente compreso tra 3-5, 5-10, 10-15 e 15-20 metri e, sulla base della velocità delle onde di taglio e della rigidità del substrato presente, si è individuato da tabella il fattore di amplificazione corrispondente.

In generale, a partire dalla zona di sella del centro storico, si registrano valori di FA.PGA crescenti procedendo da monte verso valle. Tali valori passano da 1.5 sino a 2.0. Valori mediamente più bassi si riscontrano in corrispondenza delle porzioni basali dei versanti. Valori elevati di amplificazione FA.PGA compresi tra 1.9 e 2.0 sono stati stimati nella frazione di Pian del Falco, in ragione delle potenti coperture detritiche presenti.

Nella frazione di Roncoscaglia, la presenza, anche in questo caso, di coperture detritiche di spessore differente, conduce a stime di fattori di amplificazione FA.PGA molto variabili con valori compresi fra 1.5 a 1.8.

Per quanto concerne i fattori di amplificazione dell'intensità spettrale di Housner nei centri abitati di Sestola e Roncoscaglia, dai risultati riportati nelle tavole 5.2, 5.3, 6.2 e 6.3 risulta evidente che i fattori di amplificazione maggiori si registrano nel periodo di intervallo compreso tra 0,1 e 0,5 s raggiungendo anche valori di 2 mostrando come il contenuto energetico del terremoto si manifesti soprattutto nei confronti delle "normali" costruzioni.

Si evidenziano fattori di amplificazione di natura topografica che raggiungono valori di 1.3 in prossimità della località "il Castello", riconducibili alla presenza di scarpate rocciose e settori nel versante a monte dell'allineamento Sestola-Roncoscaglia, per la presenza di dorsali rocciose, con valori di Fa variabili da 1-1 a 1.4 (Tav. 5.2 e 5.3).

Nell'area 3, in corrispondenza dei centri abitati di Castellaro, Rovinaccia, P.te Tole, Casine S. Antonio e Rocchetta Sandri (tav. 4.4 e 4.5), le ampie zone suscettibili di instabilità sono alternate, lungo i versanti, a settori in cui, in relazione allo spessore delle coperture detritiche ed al substrato considerato non rigido in termini sismici, si sono stimati valori di FA.PGA nel complesso contenuti e variabili da 1.3 a 1.6. Fa eccezione il settore a Nord Ovest del centro abitato di Castellaro in località Serra di Mezzo, caratterizzato dalla presenza di depositi eolici, in cui il fattore di amplificazione può raggiungere il valore di 2, a seguito delle basse velocità V_s che caratterizzano tali materiali.

Differente risulta la situazione nella frazione di Vesale, in cui la presenza diffusa di un substrato rigido di natura ofiolitica determina, in concomitanza con la presenza di spessori di coperture superiori a 5 metri, un incremento dei fattori di amplificazione FA.PGA con valori che ricadono nell'intervallo 1.7-1.8 e 1.9-2.0. Per quanto riguarda i fattori di amplificazione dell'intensità spettrale di Housner, i risultati riportati nelle tavole 5.4, 5.5, 6.4 e 6.5 evidenziano, per le frazioni del Comune analizzate, variazioni contenute del FA nell'ambito dei periodi considerati. Per le frazioni di Castellaro, Rovinaccia, P.te Tole e Casine S. Antonio si registrano valori compresi tra 1.3 e 1.4 per tutti i periodi mentre valori più elevati e pari a 1.5-1.6 nell'intervallo tra 0,1 – 0,5 s si riscontrano nelle frazioni di Vesale e Rocchetta Sandri.

Da segnalare la presenza di effetti di amplificazione topografica in località "Il Monte" con valori del fattore di amplificazione che rimane contenuto assumendo valori massimi di 1.2 (tav. 5.5).

<p>Mandatario Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)</p>	<p>Mandanti</p>	<p>Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)</p>	<p>Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)</p>
---	------------------------	--	--

7.5 Carta delle frequenze

Nel contesto delle indagini effettuate e reperite in bibliografia, particolare interesse rivestono le informazioni fornite da acquisizione di microtremori con stazione singola (HVSR). I dati ottenuti consentono, infatti, di definire le modalità di vibrazione del terreno ed individuare sia la frequenza di risonanza (F_0) che l'ampiezza (A_0) del rapporto spettrale.

In relazione alla situazione rilevata, sono state individuate le seguenti classi di Frequenza/Ampiezza:

Frequenze Hz	Ampiezza A
$2 < F_0 < 8$	$A_0 < 3$
$2 < F_0 < 8$	$A_0 > 3$
$F_0 > 8$	$A_0 < 3$
$F_0 > 8$	$A_0 > 3$

Tali associazioni sono state riportate nella "Carte delle Frequenze Naturali del Terreno" (Tavole da 7.1 a 7.5) in cui i valori di frequenza sono identificati attraverso una serie di simboli con colori e dimensioni differenti. Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

In generale, i risultati ottenuti mostrano, per le differenti situazioni analizzate, comportamenti abbastanza variabili. Nel centro abitato di Sestola e Pian del Falco prevalgono valori di frequenza fondamentale compresi tra 2 e 8 Hz, con ampiezze variabili, che nel complesso descrivono abbastanza bene la situazione stratigrafica locale con la presenza di spessori di coperture detritiche del substrato molto spesso elevati. Nella frazione di Roncoscaglia si registrano valori di ampiezze quasi sempre inferiori a 3 e valori molto variabili della frequenza F_0 .

Differenti sono le caratteristiche di risposta delle Unità del Dominio Ligure, all'interno del quale spesso non si rilevano contrasti di impedenza significativi e i valori di F_0 sono caratterizzati da un'estrema variabilità, mentre le ampiezze risultano costantemente inferiori a 3.

7.6 Carta delle velocità (V_s)

Nella Tav. da 8.1 a 8.5 sono riportati in forma sintetica i risultati delle indagini geofisiche effettuate e disponibili in bibliografia, specificando, in particolare, il valore di VS30 o quello di VSH e il relativo spessore di calcolo.

Vignola, Settembre 2013

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

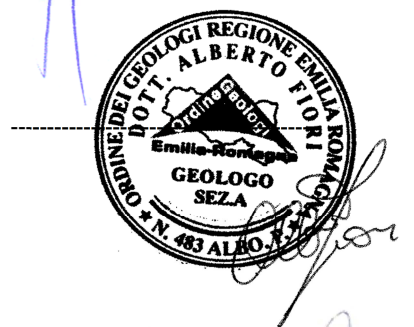
Mandatario	Mandanti	
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

Raggruppamento temporaneo di professionisti

Dott. Geol. Giorgio Masotti



Dott. Geol. Alberto Fiori



Dott. Geol. Franco Sasso



Recapito del Tecnico Mandatario:

Dott. Geol. Giorgio Masotti
Via di Mezzo, 90
41058 Vignola (MO)
Tel. 059.761644 – Fax: 059.779111
Cell: 348.3803823
e-mail: giorgio.masotti@geo-xpert.com
e-mail PEC: g.masotti@pec.it

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI (R.T.P.)

Mandatario	Mandanti
Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	Dott. Geol. Alberto Fiori Via Radici in Piano, 371 41041 Formigine (MO)
	Dott. Geol. Franco Sasso Via Stadio, 2 41029 Sestola (MO)

8 BIBLIOGRAFIA

NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 236 PAVULLO NEL FRIGNANO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di F.PANINI, G.BETTELLI, M.PIZZIOLLO.

NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 235 PIEVEPELAGO. ISPRA SGI Entrealizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G.PLESI.

DGR1051/2011. Deliberazione della Giunta Regionale n. 1051/18/07/2011, "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm.". Boll.Uff. Reg. Emilia-Romagna n. 120 del 02/08/2011.

DGR1302/2012 Deliberazione della giunta Regionale n. 1302 del Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli enti locali.

GRUPPO DI LAVORO MS,2008. "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Conferenza delle Regioni e delle province Autonome – Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd;

DAL 112/2007. Deliberazione dell'assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.112 oggetto n° 3121 del 2/5/2007: Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". Boll. Uff. Reg. Emilia-Romagna n.64 del 17/05/2007;

AA.VV. (2013) – "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino tosco-emiliano-romagnolo e della Val Padana". Regione Emilia Romagna, Regione Toscana, Università di Siena, Bologna, Aprile 2013, 1 Vol., pp 168.

AA.VV. (2011) – "Sismotettonica dell'Appennino settentrionale". Regione Toscana, Università di Siena, Firenze, Marzo 2011, 1 Vol., pp 85;

BOCCALETTI M. – MARTELLI L. – AA.VV. (2004) – Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna. scala 1:250.000 - S.E.L.C.A. Firenze 2004;

FERRONI CERRINA A. et alii, 2002 - Carta geologico strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo, scala 1:250.000. S.E.L.C.A., Firenze 2002;

MELETTI C. E VALENSISE G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'OPCM 3274 del 20 marzo 2003". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici;

OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". G.U. n. 155,08/05/2003, suppl. ord. N. 72.

AA.VV. (1970-1980) – Rapporti ed indagini geognostiche sul territorio di Sestola. Documenti inediti.

FERRARI F., 2009 - Relazione geologica – Analisi di risposta sismica locale e zonizzazione sismica degli ambiti inseriti in POC. Sestola, Dicembre 2009;