

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
Dott. Geol. LORENZO DEL MASCHIO

Via Camogli 59 - 41125 Modena
Tel 347/4128277 - Fax 059/394816
e-mail delmaschio.l@alice.it
PEC delmaschio.l@epap.sicurezzapostale.it

COMUNE DI LAMA MOCOGNO
PROVINCIA DI MODENA

OGGETTO:

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI LAMA MOCOGNO

-RELAZIONE ILLUSTRATIVA-

OTTOBRE 2013

Dott. Geol Lorenzo Del Maschio



INDICE GENERALE

1. INTRODUZIONE	1
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	3
2.1. Inquadramento sismotettonico	3
2.2. Attività tettonica	3
2.3. Pericolosità sismica di base	4
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	18
3.1 Inquadramento geologico	18
3.2 Inquadramento geomorfologico	27
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	30
4.1 Dati Geotecnici	30
4.2 Dati Geofisici	30
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	33
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	35
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	36
7.1 Premessa	36
7.2 Metodologie di elaborazione	36
7.3 Risultati	38
8. ELABORATI CARTOGRAFICI	40
8.1 Carta delle indagini	40
8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica	41
8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni	42
8.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)	43
8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)	51
8.6 Carta di microzonazione sismica (livello 2 o 3)	52
8.7 Commenti finali e criticità	57
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	59
10. BIBLIOGRAFIA	60

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro, redatto ai fini della valutazione delle condizioni di sicurezza del territorio comunale di Lama Mocogno (MO), è finalizzato alla riduzione del rischio sismico del territorio urbanizzato, di futuro sviluppo e delle fasce interessate dalle principali infrastrutture, per le valutazioni di pianificazione urbanistica.

Le analisi sono state eseguite in ottemperanza ai dettati delle leggi nazionali e regionali e alla Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n. 1302 (DGR 1302/2012), OPCM 4007/2012, "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Il Comune di Lama Mocogno appartiene alla fascia del medio-alto Appennino Modenese, presenta un'estensione di 63,80 kmq, con quote che variano da un minimo di 450 m s.l.m. ad un massimo di 1617 m s.l.m.. La popolazione è pari a 2877 abitanti al 31-12-2011. Il territorio comunale confina, dal punto di vista amministrativo, con i Comuni di Montecreto, Riolunato, Palagano, Polinago e Pavullo nel Frignano, tutti comuni della Provincia di Modena.

E' un territorio montano interessato da diffusi fenomeni di dissesto idrogeologico ed instabilità, con aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato, ed abitati da consolidare o da trasferire. Dal punto di vista della classificazione sismica, il territorio comunale rientra nella zona "3" (a bassa sismicità).

L'assetto insediativo presenta numerosi agglomerati urbani diversamente articolati dal punto di vista territoriale tra centro capoluogo, frazioni e altre località. I principali insediamenti sono: Lama Mocogno, Montecenere, Mocogno, Barigazzo, Piane di Mocogno, La Santona, Borra, Selva dei Pini, Pianorso, Vaglio, Valdalbero Montecerreto, Pian della Valle e Sassostorno.

Nello specifico l'analisi di microzonazione sismica è stata realizzata con il contributo di cui all'OPCM 4007/2012 ed è stata sviluppata sotto il coordinamento del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, Dr. Luca Martelli e Dr. Raffaele Pignone.

Le valutazioni di fattibilità, per le possibilità di sviluppo urbanistico del territorio comunale, sono state effettuate in funzione sia delle condizioni geologiche, strutturali e delle tipologie dei processi morfogenetici riscontrati, sia in funzione delle pericolosità sismica di base e locale delle aree di interesse.

L'analisi della pericolosità sismica dell'area del comune di Lama Mocogno è stata sviluppata mediante due differenti step di lavoro:

- il primo step ha previsto la realizzazione di un approfondimento sismico di primo livello, utile per l'individuazione degli ambiti suscettibili di effetti locali in caso di eventi sismici su tutto il territorio comunale;
- il secondo step ha previsto la realizzazione di un approfondimento sismico di secondo livello, o microzonazione sismica semplificata, necessaria, per le aree sopra individuate, per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso

al suolo, sulla base delle indicazioni contenute nelle disposizioni regionali e nazionali, ovvero la DAL 112/2007 e "I.C.M.S." del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008). Quest'ultimo livello è stato realizzato su tutto il territorio urbanizzato e di futuro sviluppo.

Le aree considerate urbane e/o urbanizzabili dallo strumento urbanistico dei territori sopra elencati sono schematicamente riassunte nel seguente elenco:

LOCALITA'
<i>LAMA MOCOGNO - CAPOLUOGO</i>
<i>MONTECENERE</i>
<i>MOCOGNO</i>
<i>BARIGAZZO</i>
<i>PIANE DI MOCOGNO</i>
<i>LA SANTONA BORRA E SELVA DEI PINI</i>
<i>VAGLIO VALDALBERO e PIAN DELLA VALLE</i>
<i>CADIGNANO PIANORSO E MONTECERRETO</i>
<i>SASSOSTORNO</i>

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

2.1 Inquadramento Sismotettonico

L'orogenesi appenninica, non ancora conclusa allo stato attuale, che interessa il territorio comunale, si è sviluppata inizialmente attraverso la fase toscana e poi quella ligure; solo nel lembo orientale del territorio compaiono affioramenti appartenenti alla successione epiligure che, in parte, suturano le deformazioni della fase ligure.

Partendo dalla fase toscana i complessi presenti sul territorio possono essere suddivisi in due unità tettoniche, distribuite secondo fasce ad andamento appenninico. Partendo dalle posizioni geografiche più meridionali sono rispettivamente individuate da: Unità tettonica del M. Cervarola e dall' Unità Tettonica Modino.

La prima è costituita dagli affioramenti ben visibili della successione del Monte Cervarola lungo il corso del torrente Scoltenna mentre la seconda si trovano geograficamente sopra alla prima lungo i versanti che da Barigazzo degradano verso lo Scoltenna sempre nel settore meridionale del confine comunale.

Quest'ultima unità, formata dalle Argilliti variegati con calcari, formazione dell'Abetina Reale, Breccie argillose poligeniche, Argille di Fiumalbo, Marne di Marmoreto e dalle Arenarie di Vallorsara presenta rapporti sono strutturalmente molto complessi e non riconducibili a geometrie definite.

I complessi riconoscibili della fase ligure appartengono all' Unità Tettonica Monghidoro e Unità Tettonica Caio

L'Unità Tettonica Monghidoro si rinviene nella quasi totalità del territorio comunale ad eccezione del lembo meridionale, sopra descritto, e di quello orientale. L'unità presenta a livello megastrutturale una alternanza di fianchi dritti e rovesciati, senza poter stabilire ad oggi se tale strutturazione è l'effetto di una o più fasi tettoniche.

Sull'Unità tettonica Monghidoro si rinvencono in discordanza angolare i termini più antichi dell'Unità Caio.

Successivamente alla fase ligure, a partire dall'Eocene, si registra la fase epiligure, con la messa in posto della formazione di Loiano. Il contatto tra l'unità tettonica Monghidoro e quella della Successione Epiligure è ben visibile nei pressi dell'abitato di Montecenere.

2.2 Attività tettonica

L'attività sismica nell'area in oggetto è prevalentemente correlata alla fascia deformativa del Fronte di Accavallamento del Basamento e deformazioni delle pieghe appenniniche che si estendono in direttrice ovest nord-ovest - est sud-est. Una sensibile influenza sulla sismicità nel territorio dell'alto e medio appennino modenese, è connessa

all'attività sismogenetica della zona della Garfagnana nella quale si sono verificati epicentri sismici con $M > 5,5 - 6$.

Nel territorio di Lama la sismicità è principalmente connessa all'attività dei processi deformativi che interessano le strutture superficiali nei primi 15 km del sottosuolo, prevalentemente collegate a meccanismi focali compressivi e trascorrenti

Gli ipocentri generati a media profondità (15 - 25 km) e profondi di (25 - ≥ 35 km) sono rappresentati in percentuale relativa decisamente inferiore rispetto i primi.

2.3 Pericolosità sismica di base

Allo stato attuale la normativa di riferimento in materia sismica risulta essere il D.M. 14 gennaio 2008 recante "norme tecniche per le costruzioni", entrata in vigore a partire dal 1 luglio 2009.

La classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna introdotta ai sensi del punto 3 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003, prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in quattro zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione (a_g).

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone" all'allegato 1.A" sono individuate quattro zone sismiche orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s secondo lo schema seguente. I valori di accelerazione delle quattro zone sismiche sono maggiormente specificati rispetto all' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 secondo la schema di seguito proposto (tabella 2.1):

Tabella 2.1: Valori di accelerazione al suolo a_g

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g) - OPCM 3519	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g) - OPCM 3274
1	$0.25 < a_g \leq 0.35 g$	$0.35 g$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25 g$	$0.25 g$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15 g$	$0.15 g$
4	$\leq 0.05 g$	$0.05 g$

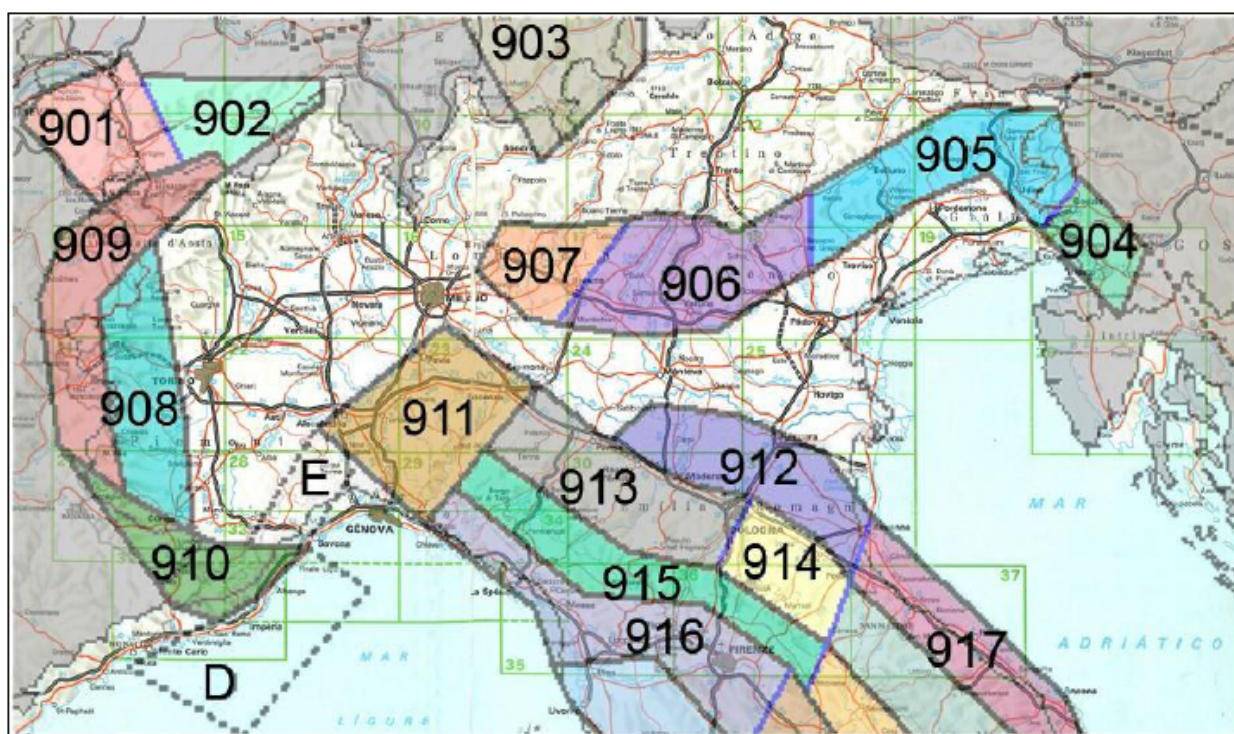
Di seguito si riportano le classificazioni della sismicità del comune interessato dagli interventi in base alle vecchie normative e ovviamente anche in base alla nuova e vigente classificazione proposta dall'OPCM 3274/2003 e s.m.i (tabella 2.2).

Tabella 2.2: Classificazione della sismicità del comune e valore dell'accelerazione al suolo a_g

Comune	Classificazione sismica (Decreti fino al 1984)	Classificazione sismica OPCM 3274/2003	a_g
Lama Mocogno	n.c.	3	0.15 g

I parametri di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, a_g , relativi all'area di pertinenza del settore di territorio in esame, in base alla griglia dell'NTC 14/01/2008, sono congruenti con quelli delle classificazioni sopra esposte.

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgenti a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da INGV, attribuisce il territorio in oggetto alla zona sismogenetica 913 (Meletti e Valensise, 2004) <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>.



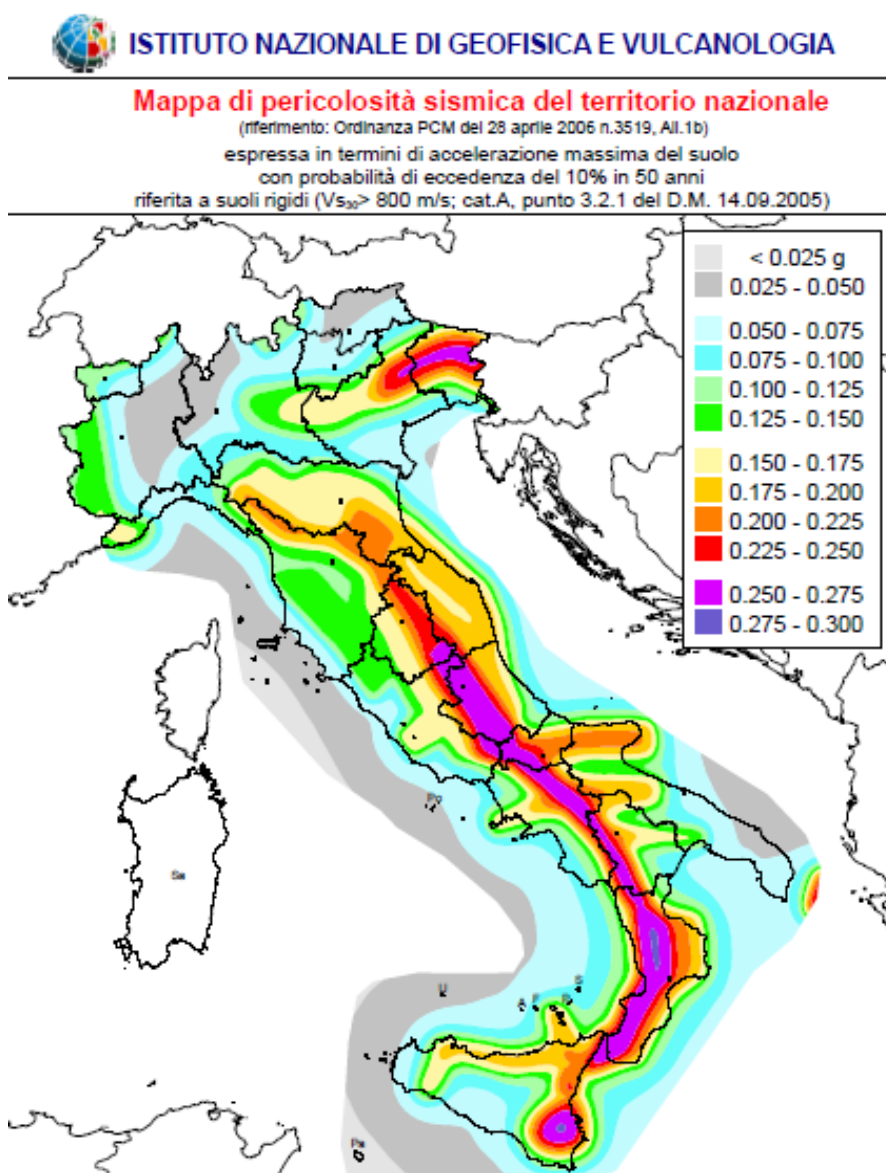
Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

Una stima della pericolosità sismica dell'area è data dalla mappa redatta dall'INGV nel 2006 (OPCM3519/2006), disponibile nel sito web <http://zonesismiche.mi.ingv.it>.

I valori di a_g , attribuiscono, alle fasce territoriali a cui appartiene il territorio di Lama Mocogno, valori dell'accelerazione di picco a_g attesa su suolo di riferimento (categoria di suolo A delle NTC 2008) per un periodo di ritorno di 475 anni (parametro ritenuto indicativo e di riferimento per la pericolosità sismica a scala nazionale) compresi tra:

$$a_g = 0,150 \div 0,175 \text{ g}$$

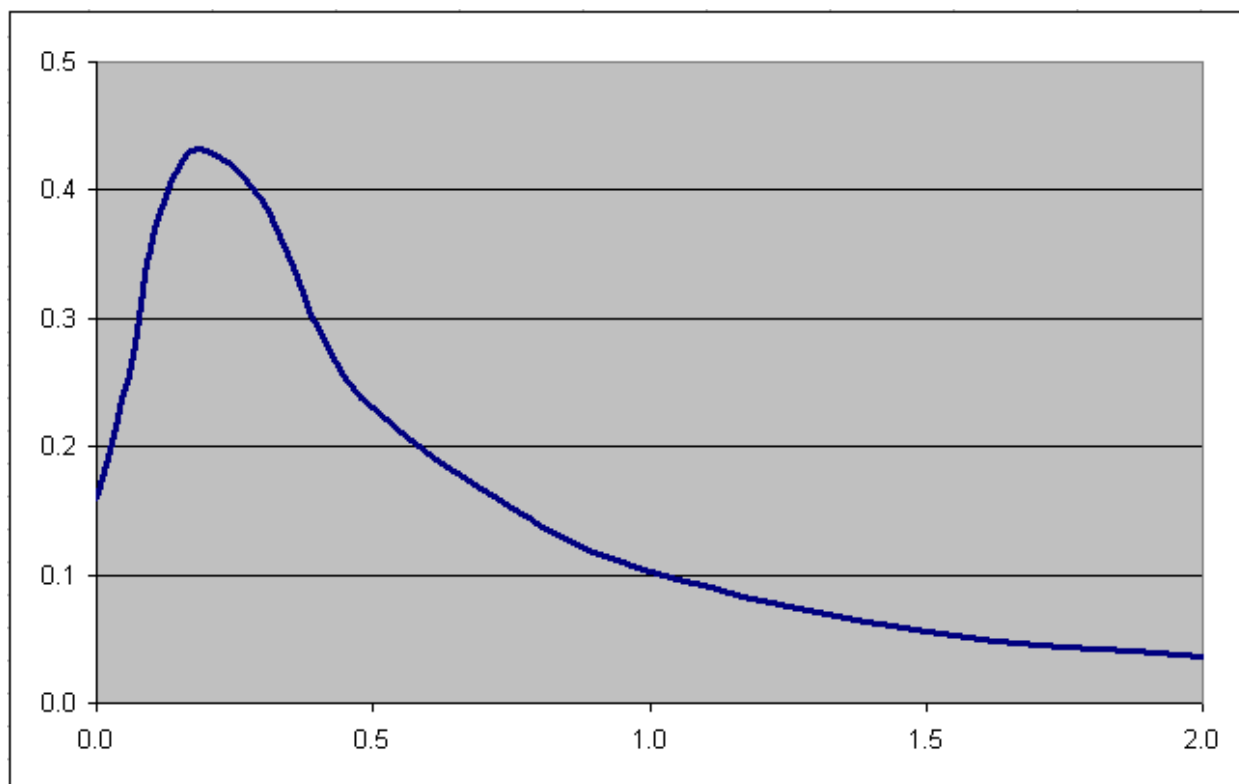
per un'eccedenza dell'evento del 10 % in 50 anni.



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 Lama Mocogno, a:

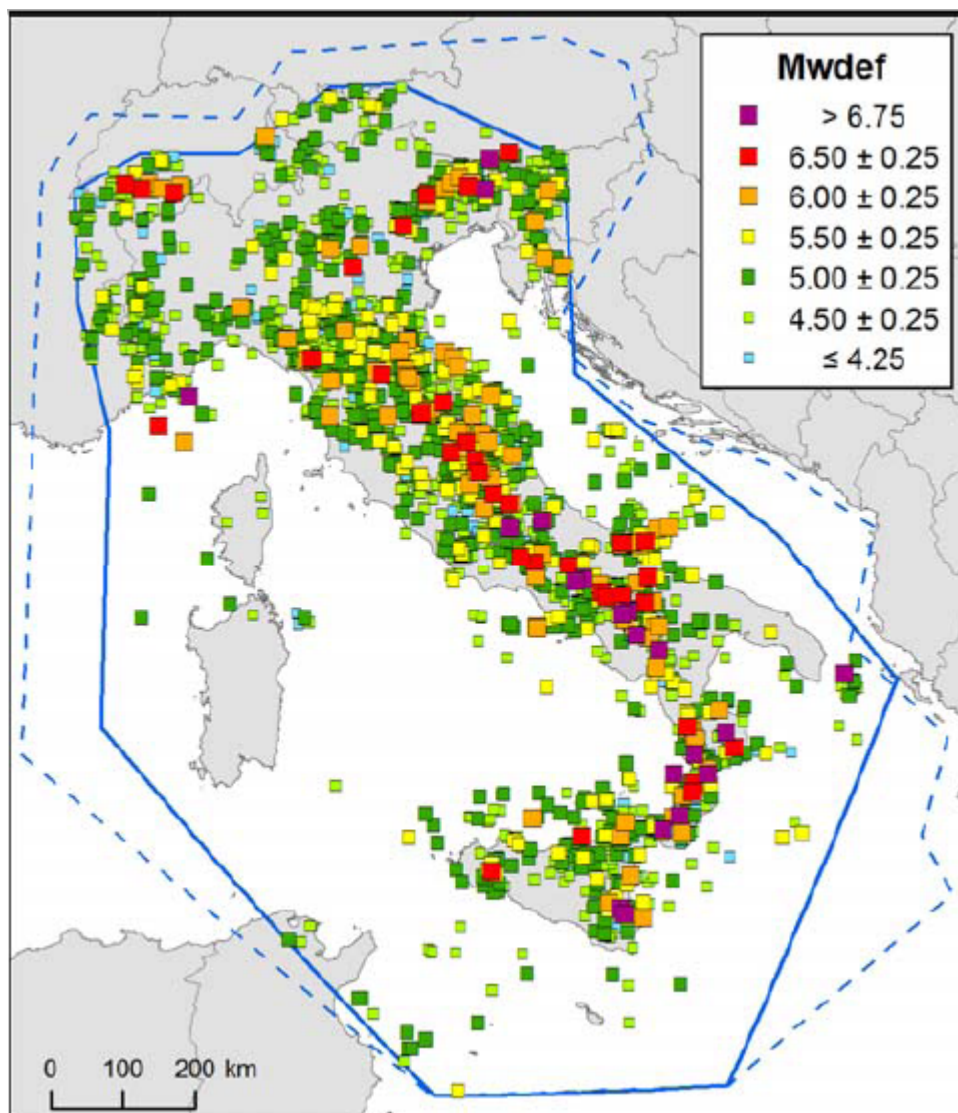
$a_{gref} = 0,161g$

Lo spettro di risposta di riferimento del bedrock sismico o suolo A nel comune di Lama Mocogno (MO), che presenta il valore di a_g pari a $0,161g$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, è visualizzato nella seguente figura.



In riferimento a tale spettro, in funzione dei valori di velocità delle onde S che competono alle unità litostratigrafiche che costituiscono le varie parti del territorio comunale, sono state determinate le amplificazioni in superficie, attraverso valori dei fattori di Amplificazione (F.A.), secondo i parametri esposti nelle tabelle dell'Allegato A2 della D.A.L. 112/2007.

Per quanto riguarda la sismicità storica del comune, il Catalogo Parametrico dei terremoti italiani CPTI11 (A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>) documenta eventi massimi sismici all' 8° grado della Scala Mercalli - Cancani – Sieberg, con intensità compresa tra $M = 5,5 - 6$.



A tal proposito si riportano i dati storici del comune di Lama Mocogno e dei comuni limitrofi.

Nella tabella 2.3 sono riportati i dati storici del comune di Lama Mocogno, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di Lama Mocogno (Lama) [44.308, 10.731]



Numero di eventi: 20

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
3	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15
NF	1903 07 27 03:46	LUNIGIANA	79	7-8 5.25 ±0.17
4	1904 02 25 18:47	Reggiano	62	6 5.05 ±0.18
3	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	1913 02 13 16:39	Appennino tosco-emiliano	27	5 4.54 ±0.25
NF	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10 6.29 ±0.09
8	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09
3	1923 06 28 15:11	FORMIGINE	22	6 4.88 ±0.24
5	1930 05 24 22:02	FIUMALBO	43	5 4.81 ±0.17
NF	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
4	1985 01 23 10:10	Garfagnana	73	6 4.65 ±0.15
3	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
3-4	1988 02 08 11:24	Garfagnana	75	6 4.53 ±0.13
4-5	1995 08 24 17:27	Appennino bolognese	56	6 4.48 ±0.09
3-4	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09
4-5	1997 12 24 17:53	Garfagnana	98	5 4.36 ±0.09
3-4	1999 07 07 17:16	Frignano	32	5 4.70 ±0.09
NF	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09
4-5	2000 10 03 01:12	Appennino tosco-emiliano	62	5 4.27 ±0.09

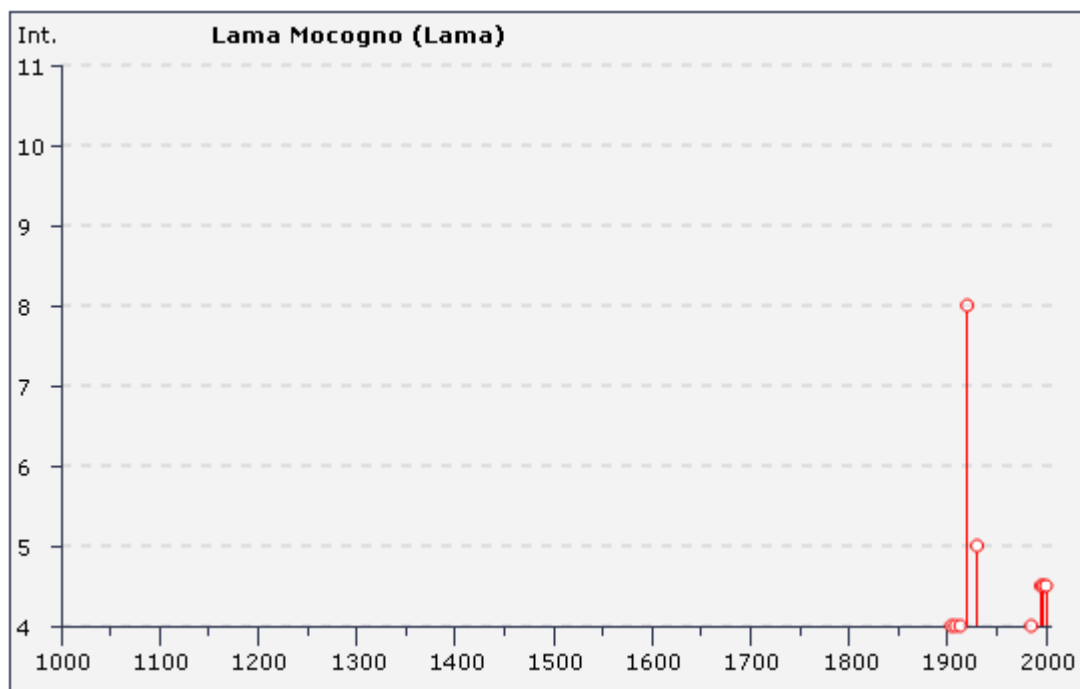


Tabella 2.3: Storia sismica del comune di Lama Mocogno (MO).

Nella tabella 2.4 sono riportati i dati storici del comune di Pavullo nel Frignano, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di Pavullo nel Frignano [44.334, 10.834]



Numero di eventi: 40

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
3	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15
F	1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8 5.43 ±0.08
4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09
5	1901 10 30 14:49	Salò	190	8 5.70 ±0.10
6	1904 06 10 11:15	Frignano	102	6 5.03 ±0.18
4-5	1908 06 02 22:30	FRIGNANO	18	4-5 4.52 ±0.25
NF	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8 5.37 ±0.10
4	1913 02 13 16:39	Appennino tosco-emiliano	27	5 4.54 ±0.25
5	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7 5.76 ±0.09
3	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6 5.02 ±0.22
3	1916 05 17 12:49	Alto Adriatico	132	5.95 ±0.14
4	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10 6.29 ±0.09
6	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09
4	1923 06 28 15:11	FORMIGINE	22	6 4.88 ±0.24
2-3	1928 06 13 08:00	CARPI	35	6 4.78 ±0.23
3-4	1929 04 19 04:15	Bolognese	82	
2	1930 10 30 07:13	SENIGALLIA	263	8 5.81 ±0.09
2	1931 06 10 17:01	Modenese	14	4 4.42 ±0.22
3	1936 10 18 03:10	BOSCO CANSIGLIO	267	9 6.12 ±0.09
7	1937 12 10 18:03	APP. MODENESE	28	6 5.17 ±0.25
4	1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7 5.08 ±0.16
3	1951 05 15 22:54	LODIGIANO	154	6-7 5.39 ±0.14

2	1956 04 26 03:00	Appennino tosco-emiliano	75	6 4.77 $\pm$ 0.14
3	1957 08 27 11:54	ZOCCA	58	5 4.65 $\pm$ 0.21
3	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8 5.64 $\pm$ 0.09
4	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 $\pm$ 0.09
4	1985 01 23 10:10	Garfagnana	73	6 4.65 $\pm$ 0.15
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 $\pm$ 0.10
NF	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 $\pm$ 0.09
NF	1987 05 08 11:10	Bassa modenese	17	6 4.57 $\pm$ 0.23
3-4	1988 02 08 11:24	Garfagnana	75	6 4.53 $\pm$ 0.13
NF	1992 04 17 11:59	Monteveglia	56	4-5 4.32 $\pm$ 0.18
4-5	1995 08 24 17:27	Appennino bolognese	56	6 4.48 $\pm$ 0.09
1-2	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 $\pm$ 0.09
4-5	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7 5.41 $\pm$ 0.09
4-5	1997 12 24 17:53	Garfagnana	98	5 4.36 $\pm$ 0.09
5-6	1999 07 07 17:16	Frignano	32	5 4.70 $\pm$ 0.09
NF	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6 4.43 $\pm$ 0.09
4	2000 10 03 01:12	Appennino tosco-emiliano	62	5 4.27 $\pm$ 0.09
3	2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	133	6 5.29 $\pm$ 0.09

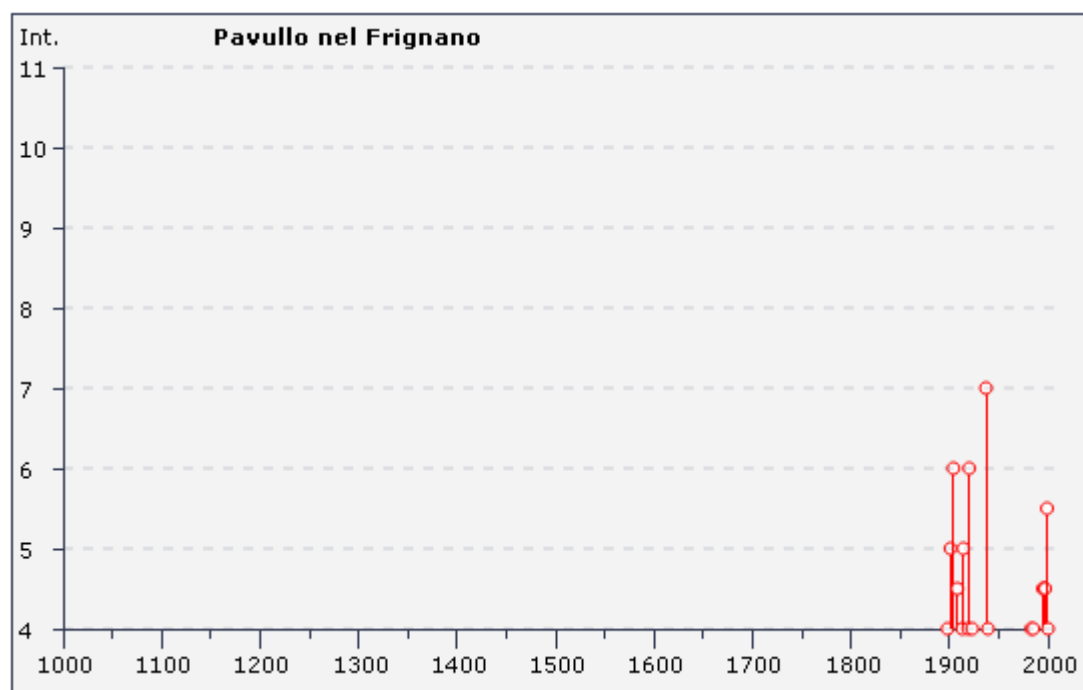


Tabella 2.4: Storia sismica del comune di Pavullo nel Frignano (MO).

Nella tabella 2.5 sono riportati i dati storici del comune di Polinago, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di Polinago [44.344, 10.723]



Numero di eventi: 8

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
7-8	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09
4	1957 08 27 11:54	ZOCCA	58	5 4.65 ±0.21
2-3	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10
4	1988 02 08 11:24	Garfagnana	75	6 4.53 ±0.13
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09
2-3	1997 12 24 17:53	Garfagnana	98	5 4.36 ±0.09
5-6	2000 10 03 01:12	Appennino tosco-emiliano	62	5 4.27 ±0.09

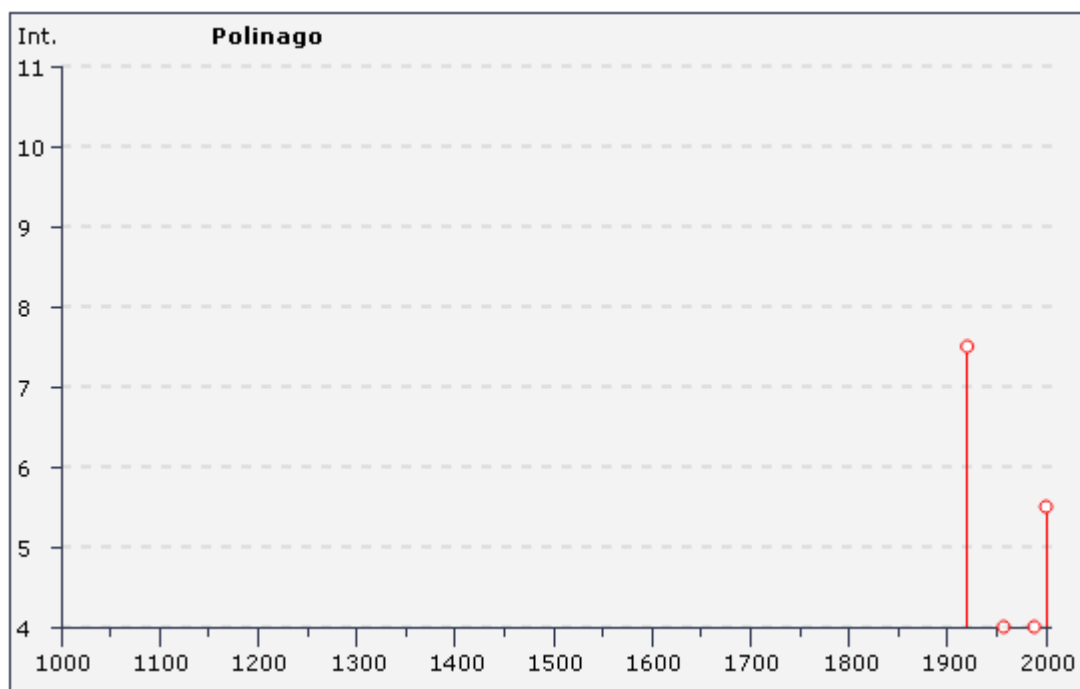


Tabella 2.5: Storia sismica del comune di Polinago (MO).

Nella tabella 2.6 sono riportati i dati storici del comune di Palagano, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di Palagano [44.322, 10.647]



Numero di eventi: 8

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
4	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
NF	1987 05 08 11:10	Bassa modenese	17	6	4.57 ±0.23
2-3	1988 02 08 11:24	Garfagnana	75	6	4.53 ±0.13
2-3	1997 12 24 17:53	Garfagnana	98	5	4.36 ±0.09
NF	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6	5.29 ±0.09
3	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6	4.43 ±0.09
4-5	2000 10 03 01:12	Appennino tosco-emiliano	62	5	4.27 ±0.09

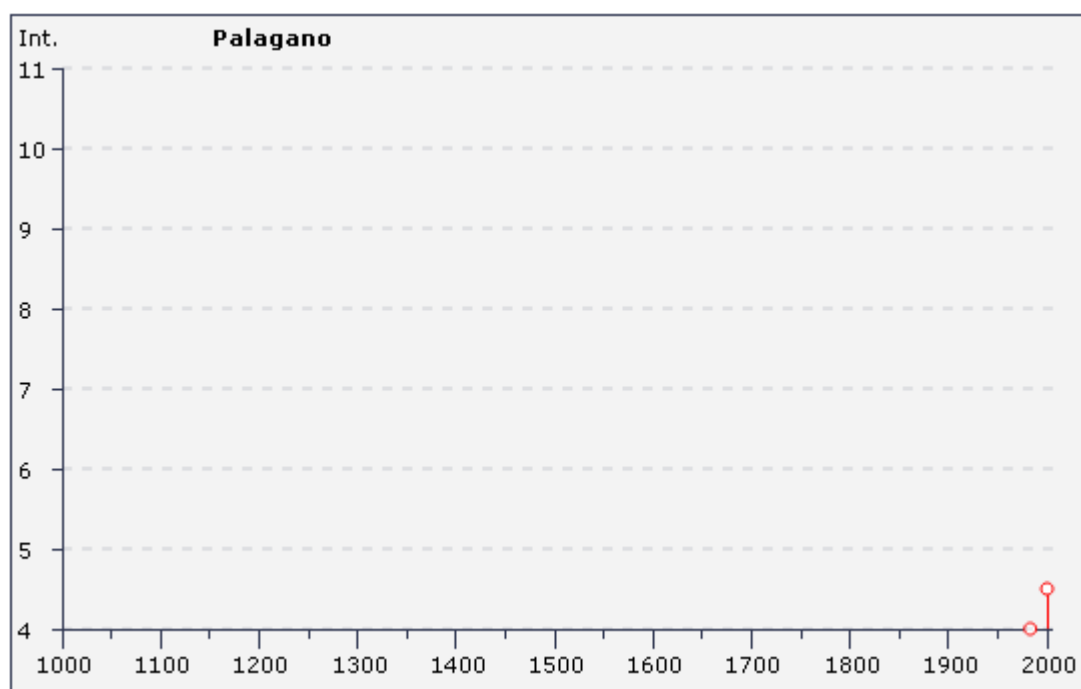


Tabella 2.6: Storia sismica del comune di Palagano (MO).

Nella tabella 2.7 sono riportati i dati storici del comune di Riolunato, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di Riolunato [44.230, 10.652]



Numero di eventi: 15

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
6	1740 03 06 05:15	GARFAGNANA	31	7 5.24 ±0.35	
3-4	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15	
5	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09	
6	1904 06 10 11:15	Frignano	102	6 5.03 ±0.18	
4	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7 5.15 ±0.14	
3	1923 06 28 15:11	FORMIGINE	22	6 4.88 ±0.24	
3	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8 5.64 ±0.09	
3	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09	
NF	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09	
NF	1987 05 08 11:10	Bassa modenese	17	6 4.57 ±0.23	
6	1988 02 08 11:24	Garfagnana	75	6 4.53 ±0.13	
4-5	1995 08 24 17:27	Appennino bolognese	56	6 4.48 ±0.09	
3-4	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09	
5	1997 12 24 17:53	Garfagnana	98	5 4.36 ±0.09	
4	2000 10 03 01:12	Appennino tosco-emiliano	62	5 4.27 ±0.09	

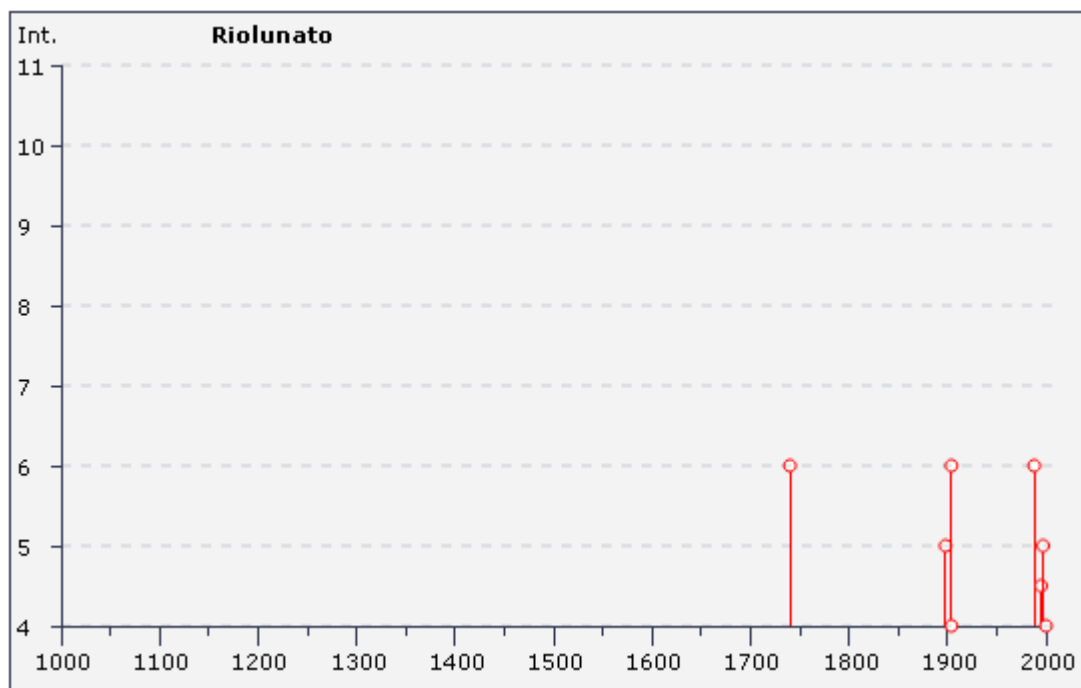


Tabella 2.7: Storia sismica del comune di Palagano (MO).

Nella tabella 2.8 sono riportati i dati storici del comune di Montecreto, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di Montecreto [44.248, 10.718]



Numero di eventi: 13

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
7-8	1501 06 05 10:00	Appennino modenese	20	9 5.98 ±0.32
6-7	1740 03 06 05:15	GARFAGNANA	31	7 5.24 ±0.35
5	1904 06 10 11:15	Frignano	102	6 5.03 ±0.18
4	1908 06 02 22:30	FRIGNANO	18	4-5 4.52 ±0.25
7	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09
3	1957 08 27 11:54	ZOCCA	58	5 4.65 ±0.21
3	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
4	1985 01 23 10:10	Garfagnana	73	6 4.65 ±0.15
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10
NF	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
NF	1987 05 08 11:10	Bassa modenese	17	6 4.57 ±0.23
4-5	1995 08 24 17:27	Appennino bolognese	56	6 4.48 ±0.09
4	1999 07 07 17:16	Frignano	32	5 4.70 ±0.09

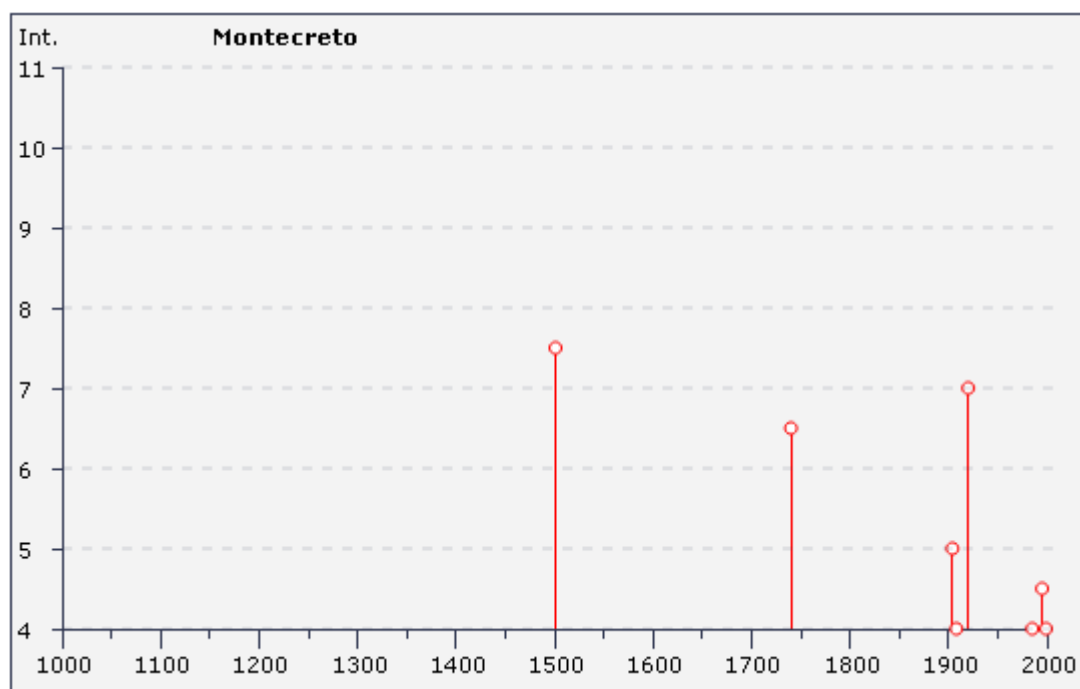


Tabella 2.8: Storia sismica del comune di Montecreto (MO).

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 Inquadramento geologico

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

- fase ligure: corrisponde alla chiusura dell'Oceano ligure; ha coinvolto i domini liguri interni ed esterni ed il dominio subligure a partire dal Cretaceo superiore sino all'Eocene medio, in seguito al quale inizia la sedimentazione epiligure dei bacini episuturali;
- fase subligure: dall'Oligocene superiore si assiste alla collisione delle zolle continentali europea e adriatica, con la messa in posto dei domini liguri e subliguri già tettonizzati e della successione epiligure, in fase di sedimentazione, sul dominio tosko-umbro-marchigiano.

L'assetto geologico, stratigrafico e strutturale del territorio comunale di Lama Mocogno rientra nel più complessivo ambito del versante emiliano sud-orientale dell'Appennino settentrionale, facente parte dell'edificio a falde appenninico. Tale settore risulta contraddistinto da una spiccata complessità geologica, derivante soprattutto da estesi affioramenti di successioni a dominante argillosa ("argille scagliose" o "complesso caotico" dei vecchi Autori), costituenti l'originaria base stratigrafica dei flysch liguri cretacei ed olocenici, intensamente deformate dalla tettonica attiva (tettoniti).

L'intero territorio comunale appartiene al foglio 236 "PAVULLO NEL FRIGNANO" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, ad eccezione del lembo meridionale ricadente nel foglio 235 "PIEVEPELAGO" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

Per le informazioni di seguito sinteticamente riportate si vedano soprattutto le note illustrative del foglio CARG 236 Pavullo nel Frignano (G. Bettelli et alii; 2002) e di quello CARG 235 Pievepelago (G. Plesi et alii; 2002).

Il territorio è geologicamente attribuibile alle Unità Liguridi Esterne (Bettelli et alii), contraddistinte dall'assenza di testimonianze del substrato oceanico sul quale si sono depositate e successivamente scollate durante la fase orogenica appenninica.

Isolate testimonianze, incluse tettonicamente e per fenomeni sedimentari, del sopracitato substrato sono rappresentate da locali masse ofiolitiche, presenti in piccola parte nel settore meridionale del territorio.

I processi tettonici che hanno coinvolto l'appennino settentrionale hanno scomposto i vari domini paleogeografici impilando e giustapponendo gli stessi in modo complesso, nel periodo che va dal Cretaceo all'attuale, sviluppandosi in due fasi. La prima di queste ha prodotto pieghe isoclinali compresse nelle liguridi interne, che sono state ulteriormente ripiegate nella seconda fase che ha ancor più raccorciato le preesistenti

strutture. Le fasi liguridi hanno determinato la chiusura del preesistente oceano ligure e con l'impilamento delle successioni dei Domini Liguri si sono generati vari bacini marini minori nei quali si sono depositate le successioni delle sequenze epiliguri.

Le formazioni liguri mostrano una deformazione interna molto maggiore rispetto quanto osservabile nelle litozone della sovrastante Successione Epiligure; in particolare la formazione delle Argille Varicolori risulta particolarmente deformata al punto che, probabilmente per il comportamento duttile dei litotipi argilloso - marnosi che la compongono, la stratificazione risulta quasi completamente cancellata.

Le strutture compressive e la superficie di sovrascorrimento della coltre alloctona, risultano dislocate da faglie disgiuntive subverticali con direzione sia appenninica che antiappenninica. L'età di queste strutture è dunque almeno successiva al Pliocene inferiore.

Tali strutture disgiuntive si presentano spesso come zone di intensa fatturazione, talora senza rigetti importanti alla scala cartografica. I rigetti riconoscibili lungo tali superfici presentano sia componente verticale che orizzontale.

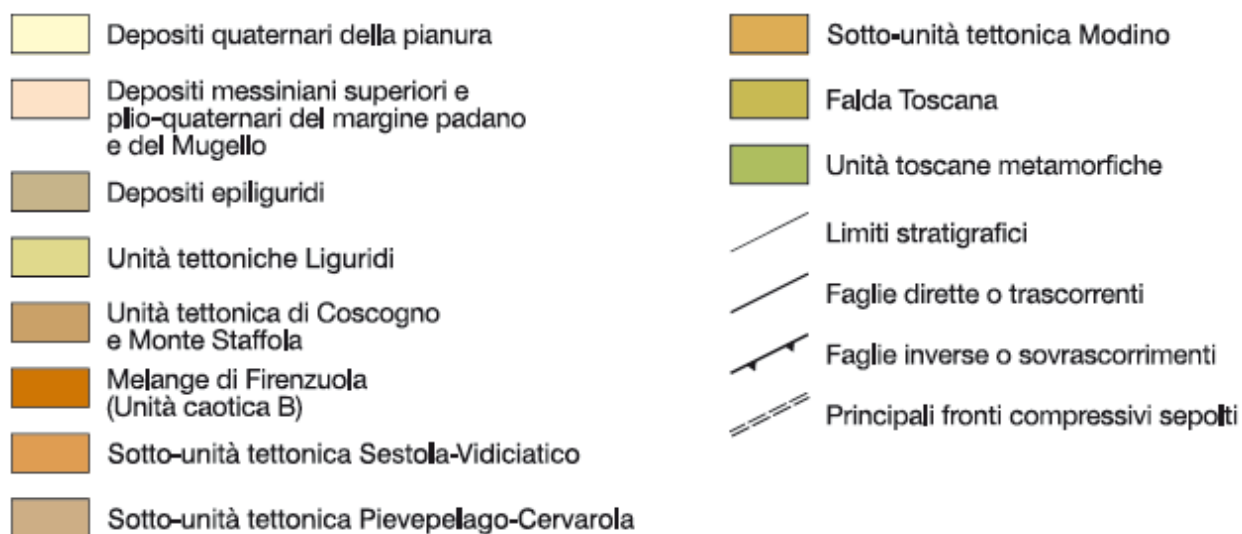
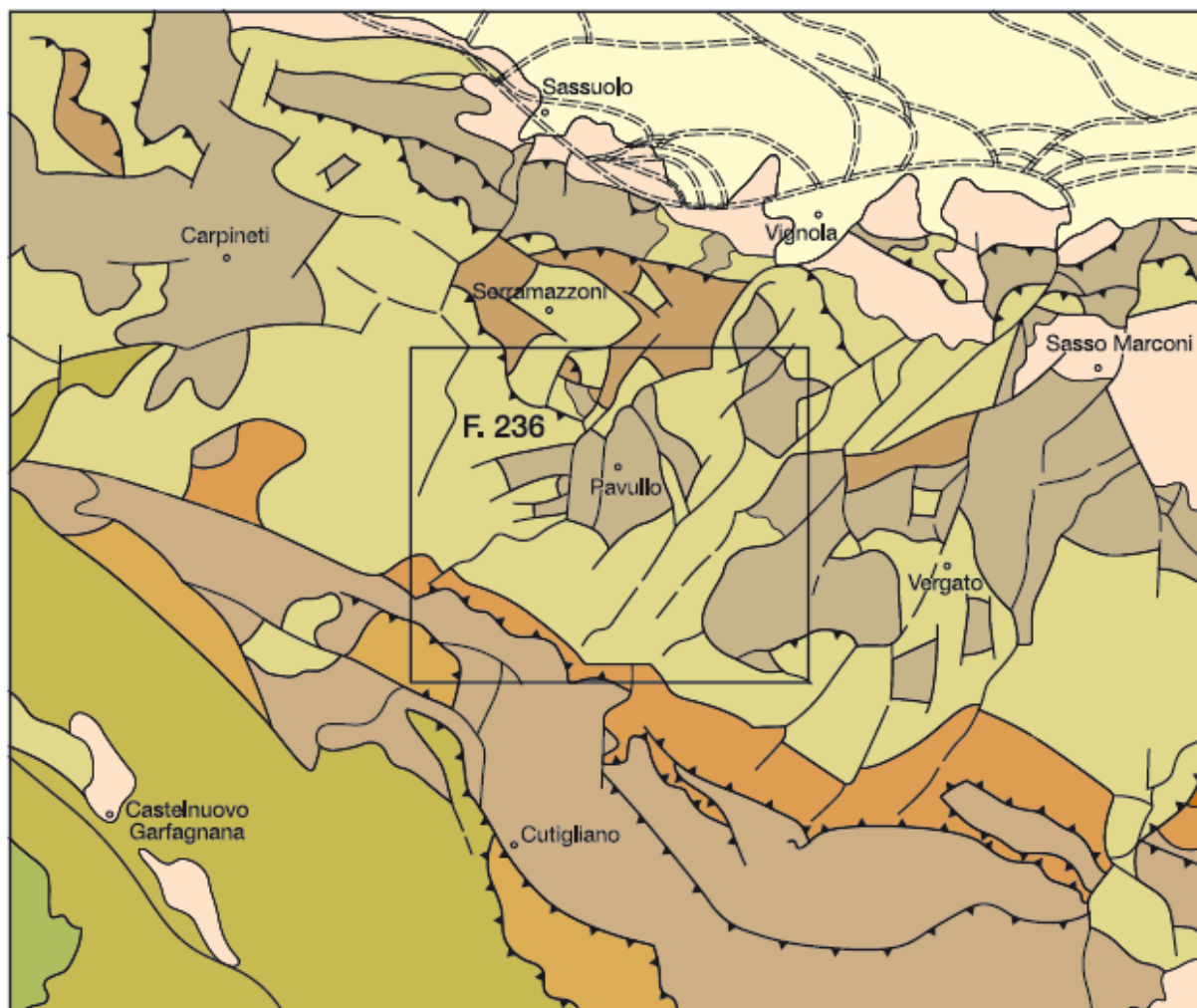
Queste strutture recenti hanno decisamente influenzato anche le geometrie del reticolo idrografico.

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

- o Unità Quaternarie continentali;
- o Successione Epiligure;
- o Liguridi;
 - Successioni della Val Rossena e della Val Tresinaro;
 - Formazione Pre Flysch ad Elmintoidi;
- o Successione Toscana;
 - Unità Modino/ Sotto unità Ventasso

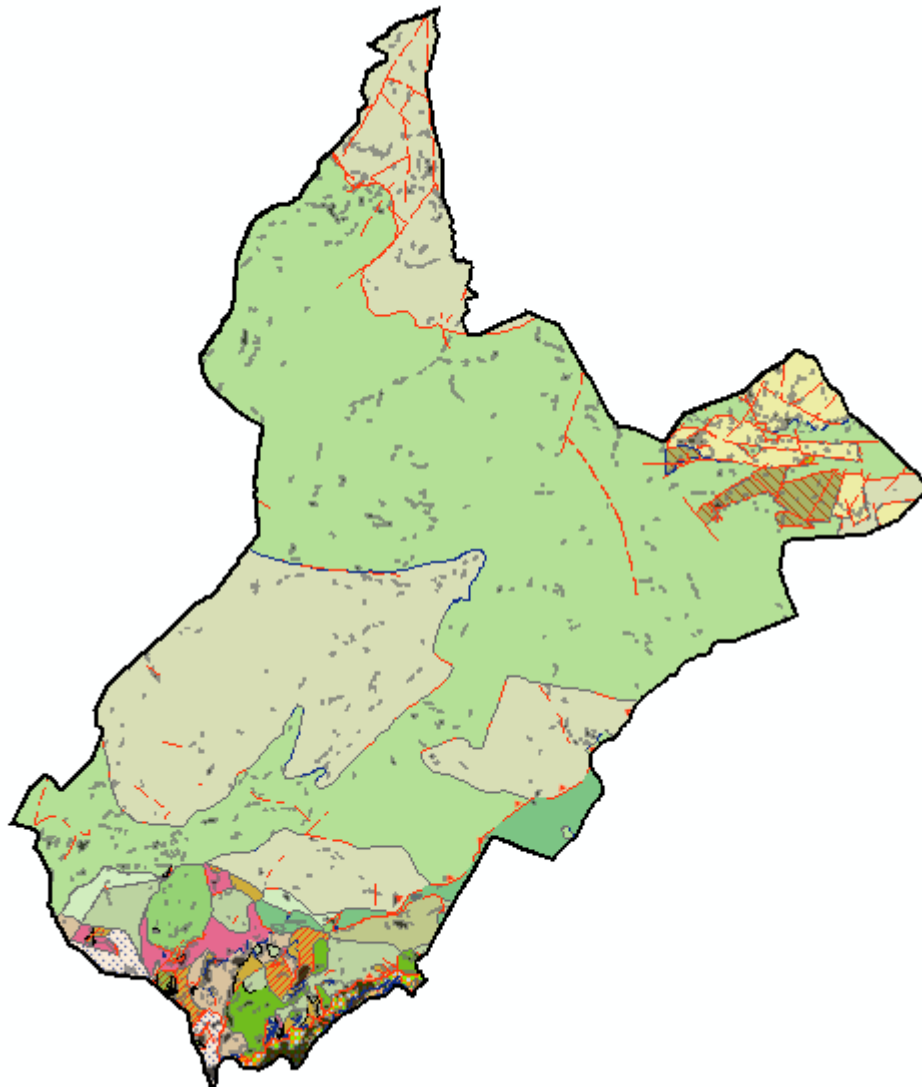
Quanto sopra descritto si può riscontrare nello schema geologico semplificato di cui sotto:

SCHEMA GEOLOGICO SEMPLIFICATO scala 1:800 000



Le formazioni affioranti, riportate nella carta geologica semplificata del comune di Lama Mocogno, appartengono al Dominio palogeografico Ligure (colore tonalità di verde) ed alla Successione Epiligure (colore tonalità di giallo) in misura ridotta nella parte nord-orientale del territorio ed al Dominio Toscano (colore tonalità di rosa e arancio/verde) in misura ridotta nella parte sud-orientale.

Le formazioni appartenenti al Dominio Ligure, note con il termine di "Flysch ad Elmintoidi", sono qui rappresentati dalla Successione di Monte Venere - Monghidoro (Cretacico sup. – Paleocene), e costituiscono la stragrande maggioranza dell'intero territorio comunale; tali formazioni sono costituite prevalentemente da litologie calcareo-marnose ed arenaceo-pelitiche ed hanno, dal punto di vista geotecnico, la connotazione di "rocce deboli".



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

Si riportano di seguito la descrizione delle unità litostratigrafiche:

UNITÀ QUATERNARIE CONTINENTALI

SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8) (Olocene età radiometrica della base: 14.000-11.000 anni)

Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali.

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

Depositi ghiaiosi sabbiosi medio fini – limoso sabbiosi; corrisponde al primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive.

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

SUCCESSIONE EPILIGURE

FORMAZIONE DI LOIANO (LOI) (Luteziano Sup - Bartoniano)

Arenarie arcosiche, da fini a molto grossolane, a luoghi microconglomeratiche, in genere scarsamente cementate, con subordinati conglomerati, in strati medi e banchi frequentemente amalgamati, di colore biancastro o grigio chiaro (marrone chiaro se alterate); A/P sempre >1.

- MEMBRO DI RIO GIORDANO (LOI1) (Luteziano sup - Bartoniano)

Argille marnoso-siltose verdastre, grigio scure o localmente rossastre a stratificazione indistinta con sottili intercalazioni di arenarie fini grigio-marroni. Il rapporto A/P è generalmente << 1.

LIGURIDI

Flysch e formazioni post-Flysch

FORMAZIONE DI MONGHIDORO (MOH) (Maastrichtiano sup. – Paleocene sup.)

Torbiditi arenaceo-pelitiche 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.

FORMAZIONE DI MONTE VENERE (MOV) (Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.)

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi.

FLYSCH DI MONTE CAIO (CAO) (Campaniano sup. - Maastrichtiano)

Torbiditi calcareo-marnose, grigio-scure, in strati da medi a molto spessi con una base arenitica media o fine passante a marna; a tetto intervalli sottili e medi di argilla nerastra fissile. Si alternano a pacchi di torbiditi arenaceo-pelitiche da sottili a medie e a torbiditi calcareo-pelitiche chiare in strati medi.

Formazioni pre-Flysch

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

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scure o nere mangesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi.

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

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcare quasi sempre >1.

All'interno della formazione sono talora presenti lembi di brecce poligeniche a elementi magmatici, calcarei e diasprigni: (**bp1**), basalti (**β**), serpentiniti (**Σ**), lembi di rocce granitoidi (**Gr**).

ARENARIE DI SCABIAZZA (SCB) (Turoniano sup.? A: Campaniano inf.)

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.

SUCCESSIONE TOSCANA

Successione Cervarola

ARENARIE DI MONTE CERVAROLA (CEV) (Burdigaliano)

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

- MEMBRO DEL TORRENTE SCOLTENNA (CEV5)

Torbiditi sottili siltitico-pelitiche con intercalati strati, spessi 15-20 cm, di colore bianco sporco-giallo, ad abbondante componente carbonatica. Nella parte bassa sono presenti due livelli vulcanoclastici di spessore decimetrico. In prossimità del contatto con il membro sottostante sono presenti strati pluridecimetrici con base a grana arenitica medio-grossolana.

- MEMBRO DEL RIO BECCO (CEV4)

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

MEMBRO DEL RIO CARNALE (CEV3)

CEV3b - litofacies pelitico-arenacea

Torbiditi sottili siltitico-marnose con rapporto A/P<<1, cui si intercalano nella parte alta intervalli di torbiditi relativamente più spesse (fino a 1 m) e grossolane.

FORMAZIONE DI SERPIANO (SRP) (Aquitano)

Torbiditi arenacei a grana fine in strati di potenza media e interstrati pelitico marnosi relativamente spessi passanti in basso a torbiditi di grana siltitica in strati sottili. Liste

di selce nera. Deposito di margine di bacino torbido. Passaggio graduale alle Marne di Civago, dove affioranti.

MEMBRO DI CASTELLINO (SRP2)

Arenarie torbido-argillose a grana fine o molto fine in strati sottili e medi intercalati a siltiti e peliti argillose relativamente spesse con A/P<1.

Succezione Modino

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

Torbido-argillose arenaceo-argillose in strati da sottili a medi, raramente spessi, con arenarie fini e finissime grigie, o siltiti, passanti a marne grigiastre. Rapporto A/P generalmente <1. Intercalazione di intervalli relativamente spessi di torbido-argillose argillose-marnose grigio-rosate.

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

Marne, marne siltose e marne calcaree, grigie, a stratificazione mal visibile con rare intercalazioni di siltiti ed arenarie fini grigio-chiare, giallastre per alterazione, anche di origine vulcanoclastica. Nella parte basale è talora presente un livello spesso pochi metri costituito da torbido-argillose a base arenacea molto fine e tetto argillose.

ARGILLE DI FIUMALBO (FIU) (Bartoliano-Rupeliano)

Argille, argilliti e argilliti-marnose grigio-scure, verdastre e rosse con stratificazione poco evidente, con intercalazioni di sottili strati gradati di siltiti e areniti finissime e fini, grigio-verdastre, o di straterelli calcarenitico-marnosi nella parte bassa. Nella parte alta argilliti marnose grigio-cenere con intercalazioni di siltiti e areniti fini in strati sottili.

- Membro del M. Sassolera (FIU1) (Priaboniano - Rupeliano)

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

Rapporto A/P stimato >>1.

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

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

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

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 medi a spessi grigio-bluastrì.

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

Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Argilliti brune o verdine più raramente varicolori intercalate a strati siltoso-calcarei o arenarie fini gradate. Breccie argillitico-calcaree a prevalenti clasti di calcari tipo palombini. Rapporto A/C >1.

Le Unità geologiche, sopra descritte, nella Carta geologica tecnica sono state raggruppate secondo la seguente legenda sotto riportata:

Substrato geologico rigido o non rigido		
	LP	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	NR	Substrato geologico non rigido
	SF	Substrato geologico rigido molto fratturato
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
	NRS	Substrato geologico non rigido, stratificato

3.2 Inquadramento geomorfologico

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

La geomorfologia dell'area in oggetto è condizionata dalle unità stratigrafico deposizionali affioranti; in particolare, come messo in evidenza nel paragrafo relativo alla geologia, il territorio nella sua quasi totalità è caratterizzato dalla presenza, di unità litologiche prevalentemente calcareo-marnose e arenaceo-pelitiche, quindi a componente litoide prevalente.

La morfologia è caratterizzata da forme e processi peculiari, quali accentuata acclività dei versanti, ripidi crinali, orli di scarpata. Questi ultimi sono suddivisi, in orli aventi scarpate comprese tra 10 e 20 m e maggiori di 20 m. In particolare, gli orli più significativi sono presenti nell'area centrale del territorio in prossimità del monte Sassolera e lungo il torrente Scoltenna. Gli orli summenzionati sono identificabili come forme strutturali, poligeniche, modellate a partire dal Pleistocene medio, ad opera di processi di degradazione selettiva legate all'erosione fluviale dello Scoltenna.

Dove invece prevalgono le componenti marnose e pelitiche dei flysch terziari si determinano i numerosi fenomeni di instabilità che caratterizzano l'intero territorio comunale occupando più del 30% della superficie complessiva. Dall'osservazione della carta del dissesto per frana, sovrapposta alla carta litologica risulta evidente come la quasi totalità dei fenomeni franosi (colate e scivolamenti di terra, in maggior numero) abbia dimensioni piuttosto ragguardevoli, con notevoli spessori di materiale in gioco.

I fenomeni di dissesto sul territorio comunale, possono essere:

- frane per crollo e scivolamento di blocchi: come facilmente intuibile, questo fenomeno determina la caduta libera, il movimento per salti e balzi ed il rotolamento di frammenti di roccia staccatisi dai versanti; sul territorio sono presenti alcuni esempi di frane di questo tipo in prossimità del massiccio del Sassolera;
- frane per scivolamento: si tratta di movimenti in massa che comportano uno spostamento per taglio lungo una o più superfici di scorrimento, oppure entro un livello sufficientemente sottile; i movimenti possono essere rotazionali o traslativi; è possibile individuare frane per scivolamento attive e quiescenti;
- frane per colata: il fenomeno è caratterizzato da movimenti di materiali sciolti entro la massa spostata, tali per cui la forma assunta dal materiale in movimento o la distribuzione apparente delle velocità e degli spostamenti è assimilabile a quelle dei fluidi viscosi; anche in questo caso si possono individuare frane attive e quiescenti;
- frane complesse: determinate dalla combinazione di frane per colata e scivolamento;
- contropendenze: in terreni interessati da movimenti di massa, quali frane per colata e soliflusso, è possibile individuare dei tratti di versante in contropendenza e con avvallamenti, rispetto all'andamento generale. Questo si determina per l'accumulo gravitativo di materiali detritici, messi in posto per soliflusso e per frana;
- orli di scarpata di degradazione: in corrispondenza di fenomeni di frana è possibile individuare un orlo di scarpata, corrispondente alla scarpata principale presente in

coronamento; spesso tali orli, soprattutto per frane quiescenti, risultano oblitterati dalla rivegetazione del versante, pertanto la loro individuazione è risultata spesso incerta.

I corsi d'acqua presenti risultano prevalentemente impostati su dislocazioni di carattere tettonico, sia per quanto riguarda i corsi d'acqua principali, il torrente Scoltenna e Rossenna, sia per i corsi d'acqua minori (torrente Mocogno).

Tali elementi idrografici determinano processi di erosione lineare, soprattutto in occasione di eventi meteorici rilevanti. L'alveo dei corsi d'acqua appare spesso incassato entro vallecicole a V, e possono determinare orli di scarpata fluviale, attuali o non attuali. L'evolversi dei fenomeni di erosione fluviale determina l'approfondimento dell'alveo, con conseguente erosione dei versanti circostanti e la conseguente attivazione di fenomeni di degradazione gravitativa e di frana. Questo fenomeno è facilitato dal substrato presente: in presenza di rocce prevalentemente argilloso-marnose tali fenomeni risulteranno infatti più marcati.

Oltre agli orli di scarpata fluviale, le forme più tipicamente legate alla presenza di un corso d'acqua sono rappresentate dai terrazzi fluviali. Detti depositi sono organizzati in cicli sedimentari costituiti da ghiaie sabbiose alla base che passano a sabbie limose e quindi a limi sabbiosi verso l'alto. I depositi terrazzati in narrativa sono riferibili al sistema AES8 ,unità AES8a, di età Romana - Attuale. Non sono stati riconosciuti depositi alluvionali più antichi. La causa di ciò è probabilmente correlata all'elevato grado di erodibilità del substrato, dovuta alla natura prevalentemente argilloso-marnosa e all'intensa fatturazione, che ha impedito la conservazione dei terrazzi più antichi di solito a quote maggiori.

Si segnalano, infine, alcune conoidi torrentizie attribuibili ai corsi d'acqua minori, come ad esempio alla confluenza tra il fosso Grosso ed il torrente Scoltenna. Tutte le forme geomorfologiche sono state riportate nella tavola 8.2: "Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica".

Le forme geomorfologiche sono state raggruppate in due macro categorie di cui si riporta sotto le legende e nello specifico sono:

- Forme di instabilità di versante
- Forme di superficie e sepolte

Figura 1.1.2-5 Legenda della Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica: instabilità di versante

Instabilità di versante	1 - crollo o ribaltamento	2 - scorrimento	3 - colata	4 - complessa	5 - non definito
1 - attiva					
2 - quiescente					
3 - inattiva					
4 - non definita					

Figura 1.1.2-7 Legenda della Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica: forme di superficie e sepolte

Forme di superficie e sepolte	
	Conoide alluvionale.
	Falda detritica.
	Area con cavità sepolte.
	Orlo di scarpata morfologica (10-20m)
	Orlo di scarpata morfologica (>20m)
	Orlo di terrazzo fluviale (10-20m)
	Orlo di terrazzo fluviale (>20m)
	Cresta
	Scarpata sepolta
	Valle sepolta stretta ($C \geq 0.25$)*
	Valle sepolta larga ($C < 0.25$)*
	Picco isolato
	Cavità isolata o sinkhole

* $C=H/L$ con H profondità della valle e L semilarghezza della stessa

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 Dati Geotecnici

Al fine di caratterizzare dal punto di vista litotecnico i terreni di copertura ed il substrato geologico è stato necessario reperire tutte le informazioni di carattere geologico in possesso all'amministrazione comunale; a tal proposito è opportuno sottolineare come la banca dati del comune sia piuttosto ricca di informazioni con una buona diffusione areale su tutto il territorio comunale.

Sulla base del materiale fornito dall'amministrazione, è stata effettuata una selezione dei documenti tenendo conto dell'attendibilità del dato.

Sono state considerate pertanto indagini sismiche, i carotaggi di tipo continuo ed indagini penetrometriche, meglio se direttamente correlabili a sondaggi realizzati in prossimità.

In sintesi tra le indagini esistenti sono stati selezionati complessivamente:

- 1 sondaggio stratigrafico meccanico a carotaggio continuo;
- 5 prove penetrometriche statiche meccaniche CPT;
- 15 prove penetrometriche dinamiche leggere (DPL);
- 50 prove penetrometriche dinamiche pesanti e superpesanti (DPH e DPSH - SCPT);

Le prove geognostiche, di cui sopra sono servite, per individuare lo spessore delle coltri dei terreni di copertura e quindi stabilire la profondità del substrato geologico. Dai dati emersi dalle indagini geognostiche e dalle indagini geofisiche esiste una disparità tra il substrato geologico in senso stretto ed il bedrock sismico definito dalla velocità delle onde S maggiori di 800 m/s.

Come si può vedere dalle prove sopra selezionate mancano prove di laboratorio di caratterizzazione dei parametri dinamici, e quindi sismici, dei materiali.

4.2 Dati Geofisici

Dal punto di vista geofisico le prove che sono state sia reperite che effettuate sono prove di sismica di superficie e quindi indirette, in quanto non si è provveduto ad effettuare misure dirette della velocità delle onde S in fori di sondaggio.

Le prove reperite e ritenute valide sono prove sia di sismica attiva (quindi con generazione di sorgente sismica artificiale) che di sismica passiva (quindi con analisi naturale del rumore ambientale). Le prove inoltre sono state effettuate sia a stazione singola che in stendimento lineare ("array sismico").

In sintesi tra le indagini esistenti sono stati selezionati complessivamente:

- 9 prospezioni sismiche a rifrazione attiva con metodo MASW in onde Rayleigh (array sismico con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 4 prospezioni sismiche a rifrazione passiva con metodo ReMi (array sismico con geofoni verticali);
- 16 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Tali indagini pregresse sono state integrate con nuove indagini geofisiche di superficie. Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio V_s delle unità litotecniche che costituiscono i primi 100 m del sottosuolo e definire gli spessori e variazioni laterali, delle coperture detritiche ed orizzonti di roccia detensionata/fratturata, sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione con metodo sia attive che passive, sia in array che a stazione singola.

Le nuove indagini sono state eseguite quasi sempre congiuntamente, al fine di meglio caratterizzare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio V_s con la profondità e di ridurre l'incertezza interpretativa che deriva dalle analisi di sismica di superficie.

E' infatti abbastanza noto dalla sismica classica che le indagini di tipo passivo caratterizzano meglio il dato in profondità, in quanto sono più performanti a basse frequenze mentre le indagini di tipo attivo risultano performanti alle alte frequenze e quindi caratterizzano gli strati più superficiali del terreno ma il loro potere penetrante decresce abbastanza rapidamente con la profondità. L'analisi congiunta con entrambe le tecniche rappresenta la soluzione ottimale in quanto consente di ottenere informazioni sia superficiali che in profondità sugli strati di terreno investigati e quindi di meglio caratterizzarli dal punto di vista del comportamento sismico.

Nello specifico le nuove indagini hanno consistito nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HVSr e nella definizione del profilo di V_s mediante analisi di tipo MASW - HoliSurface. I dati ottenuti dalla curva HVSr forniscono utili indicazioni soprattutto per quanto riguarda le frequenze di risonanza e sui fattori di amplificazione sismica dei suoli durante un terremoto mentre attraverso la tecnica HoliSurface è stato possibile definire l'andamento delle V_s con la profondità e quindi la definizione delle V_s ai fini della determinazione dei fattori di amplificazione.

Dette indagini, che saranno in maggior dettaglio di seguito elencate, sono state distribuite sul territorio sia in funzione delle finalità di caratterizzazione sismica dell'urbanizzato che degli ambiti suscettibili di urbanizzazione che delle principali infrastrutture; oltre a ciò sono state effettuate verticali di acquisizione delle V_s anche in altri siti al fine di individuare i valori di V_s di alcuni tipi di roccia in condizioni di substrato litologico affiorante.

Tutte le registrazioni sono state effettuate con Gemini2®PASI Srl, che è un registratore disegnato specificatamente per le acquisizioni del rumore sismico. Si tratta di un strumento portatile tutto in uno nel quale è integrata una terna di geofoni con frequenza

di risonanza pari a **2Hz** (accuratamente accoppiati meccanicamente ed elettricamente) ed un acquisitore dati 24 bit reali appositamente progettato. Collegato al computer tramite l'interfaccia USB, Gemini consente la memorizzazione e la successiva analisi dei dati direttamente sul vostro PC tramite il software dedicato in dotazione.

In sintesi le nuove indagini realizzate sono state complessivamente:

- 34 prospezioni simiche a rifrazione attiva con metodo MASW - HoliSurface in onde Rayleigh (array sismico con geofoni tridimensionali con analisi della componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh);
- 57 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

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

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

La conformazione locale del territorio comunale può essere suddiviso in tre macrodomini: la Successione Toscana, il Dominio Ligure e la Successione Epiligure, come peraltro più dettagliatamente descritto nel Cap.3 della medesima relazione.

La quasi totalità del territorio comunale è caratterizzato da formazioni appartenenti alla successione Ligure. Tali formazioni autoctone, costituite da torbiditi arenaceo-pelitiche, e calcareo-marnose, rappresentano il materiale lapideo stratificato, la cui stratificazione è influente sulle caratteristiche rocciose dell'ammasso.

Le unità litologiche di cui sopra, che denotano sensibile variabilità laterale, all'interno della stessa formazione, del grado di rigidità e sono caratterizzate da alternanze di livelli lapidei e livelli pelitici. Queste ultime sono in contatto con la parte basale della successione Epiligure, nel lembo orientale del territorio comunale, caratterizzate da areniti e sabbie che si differenziano per il basso grado di cementazione.

La fascia meridionale è caratterizzata per la quasi totalità dalle formazioni pre-flysch del Dominio Ligure, caratterizzate da litotipi a prevalente componente argillosa (Argille intensamente tettonizzate e argilliti) e subordinatamente da alternanze arenitiche - arenitico pelitiche, con rapporto arenaria/pelite da minore a molto minore di 1. Queste ultime si trovano in contatto con la successione Toscana, costituita sul territorio dalla successione del Cervarola, affiorante in tutti i suoi membri lungo il corso del torrente Scoltenna, e quella del Modino, caratterizzata da alternanze arenaceo-pelitiche e da litotipi prettamente argillosi.

Sulla base del modello del sottosuolo sopra descritto, si determina che la morfologia del territorio risulta caratterizzata nella sua quasi totalità torbiditi arenaceo-pelitiche, e calcareo-marnose. Su queste ultime si rinvencono i depositi detritici, a prevalente componente limo-sabbiosa-argillosa, che costituiscono i fenomeni franosi di notevoli dimensioni assai diffusi lungo tali pendii. La maggior parte di tali fenomeni risente di movimenti continui da far sì che i pendii in oggetto siano sempre in uno stato attivo.

Infine nelle aree di fondovalle sono presenti depositi alluvionali, costituiti prevalentemente da ghiaie alle base e ghiaie sabbiose nella parte più alta, che si arricchiscono anche in componenti limoso sabbiose ghiaiose.

Quanto sopra descritto ed i rispettivi rapporti stratigrafici e l'assetto tettonico delle unità e formazioni che costituiscono il sottosuolo del territorio comunale di Lama Mocogno, nei settori sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo, sono visualizzati anche nelle sezioni geologiche realizzate e riportate nella cartografia.

6. INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

Per quanto riguarda le interpretazioni del centro abitato di Lama Mocogno e delle frazioni più importanti dell'intero territorio comunale è possibile affermare, sia sulla base delle indagini pregresse che di quelle nuove realizzate ad hoc per lo studio in essere ci sia una buona corrispondenza con la situazione reale.

Per quanto riguarda le situazioni sulle borgate sparse e sul territorio rurale lo studio di microzonazione di I livello si è basato su banche dati pregresse, in quanto non sono state realizzate indagini ad hoc in queste aree; pertanto in queste aree (comunque di poco interesse dal punto di vista delle nuove espansioni urbanistiche) il modello desunto potrebbe essere affinato con indagini mirate sul sito in esame.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1. Premessa

Lo studio di microzonazione sismica di I e II livello per il comune di Lama Mocogno è stato realizzato secondo le seguenti fasi:

La definizione di **primo livello**, è stata effettuata sull'intero territorio comunale ed ha prodotto l'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

La definizione di primo livello consente quindi di definire gli ambiti in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari.

La definizione di **secondo livello**, è stata effettuata sulle aree urbane, aree suscettibili di trasformazione urbanistica e tratti delle principali reti infrastrutturali ed ha prodotto, in queste aree, i valori dei fattori di amplificazione del moto sismico al suolo.

7.2 Metodologie di elaborazione

Le elaborazioni dei dati geofisici sono state effettuate con il seguente software:

WinMasw - HoliSurface 3.0®Eliosoft

Le indagini geofisiche sono state realizzate nel seguente modo:

- Indagini geofisiche passive a stazione singola (HVSR)

Le indagini a stazione singola, con acquisizione di microtremori ambientali, sono state eseguite utilizzando un acquisitore **Gemini2®PASI Srl**, che è un registratore disegnato specificatamente per le acquisizioni del rumore sismico. Si tratta di un strumento portatile nel quale è integrata una terna di geofoni con frequenza di risonanza pari a **2Hz** (accuratamente accoppiati meccanicamente ed elettricamente) ed un acquisitore dati 24 bit reali appositamente progettato.

L'acquisizione è stata effettuata campionando il segnale a 200 Hz, ricampionato in fase di elaborazione a 128 Hz per una durata di circa 20 - 30 minuti.

Tali dati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) secondo le specifiche dei criteri SESAME 2005, che rappresentano i criteri del progetto Europeo sviluppato ad hoc per le misure ambientali di microtremore.

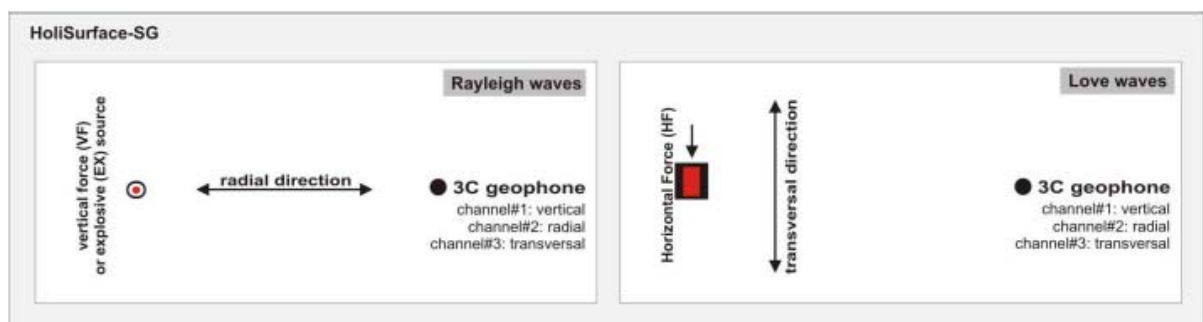
- Indagini geofisiche attive con metodo MASW - HoliSurface in onde Rayleigh

Le prospezioni sismiche sono state sempre eseguite con un acquisitore **Gemini2®PASI Srl**. Il termine *HoliSurface®* proviene dall'unione dei termini “*Holistic*” e “*Surface*”. Questo esprime il fatto che lo scopo del metodo/software è quello di analizzare la propagazione delle onde di superficie in modo completo, cioè olistico.

L'acquisizione è stata effettuata campionando il segnale a 1000 Hz, per una durata di circa 5 secondi. Lo strumento è stato fatto variare lungo distanze prefissate dello stendimento (35/40/45/50 m) per la lunghezza totale dello distendimento, in funzione delle possibilità operative, pari a 35 - 60 m, previa energizzazione con mazza da 10 kg su piastra metallica.

La differenza sostanziale del metodo è che in questo caso si utilizza un unico geofono a tre componenti (in quanto si tratta di un geofono con 3 sensori orientati in tre direzioni spaziali ortogonali) la cui orientazione è però fondamentale. Il punto determinante è che la seconda traccia del file di output deve rappresentare la componente *radiale* (cioè la direzione che rappresenta l'asse che unisce sorgente e geofono).

Inoltre è stato necessario orientare il NS dello strumento in assetto radiale rispetto alla sorgente (il NS è cioè in asse con la sorgente). Nella figura sottostante si riporta un esempio di acquisizione del dato in campagna:



7.3 Risultati

I risultati ottenuti vengono qui sinteticamente descritti per i due livelli di microzonazione sismica realizzati per il comune di Lama Mocogno (I e II livello di microzonazione). Nel successivo capitolo (“Elaborati cartografici”) i risultati saranno dettagliati e spiegati per ogni singolo prodotto realizzato all’interno dello studio.

- I LIVELLO DI MICROZONAZIONE

Il I livello di microzonazione è stato realizzato su tutto il territorio comunale.

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, nelle quali sono da effettuarsi approfondimenti di indagini ed analisi per la microzonazione sismica di livello superiore ed i livelli di approfondimento che competono alle condizioni di pericolosità di detti ambiti.

Dall’analisi dei dati emerge immediatamente che i macrodomini geologici che costituiscono la totalità del territorio comunale (la successione Epiligure, Ligure e Toscana) si possono schematizzare in due grandi famiglie a comportamento sismico differente: la successione Ligure rappresenta nella quasi totalità delle situazioni il cosiddetto “bedrock sismico”, caratterizzata da velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio prossime e superiori agli 800 m/s nei primi 30 ÷ 40 m del sottosuolo, le restanti invece sono contraddistinte da velocità decisamente più basse (dai 350 ai 550/600 m/s) e pertanto sono soggetti ad amplificazioni più marcate del moto sismico. La profondità del substrato geologico individuata mediante le analisi realizzate, passa da superficiale a sub/superficiale per i primi ad una profondità media stimata di 10-25 m qualora sono stati riscontrate delle coperture detritiche sovrastanti.

Al comportamento del substrato geologico vanno esclusi tutti i fenomeni franosi che sono caratterizzati da comportamenti ben differenti e che richiedono il più alto livello di approfondimento di microzonazione sismica, in quanto possono essere soggetti non solo a fenomeni di amplificazione.

- II LIVELLO DI MICROZONAZIONE

Il II livello di microzonazione è stato realizzato sulle aree urbanizzate, aree suscettibili di trasformazione urbanistica e i tratti delle principali reti infrastrutturali; a tal proposito sono state individuate delle finestre di dettaglio nelle quali si è provveduto a realizzare le indagini.

Dall’analisi dei dati ottenuti e sulla base delle risultanze del I livello è stato possibile quantificare i fattori amplificativi dei materiali geologici e dei terreni di copertura. Tali fattori sono tre per ogni area individuata, in termini sia accelerazione al suolo (PGA) che

di Intensità di Housner (IS suddivisa in due distinti periodi T di riferimento) secondo l'approccio proposto dalla Regione Emilia-Romagna.

Il secondo livello evidenzia che i fattori amplificativi del materiale geologico appartenente alla successione Ligure sono piuttosto eterogenei (da 1,1 a 2,0 per la PGA; da 1,0 a 2,8 per l'intensità di Housner); questa ampia variabilità è determinata dalla presenza di coperture detritiche e depositi franosi di notevole spessore.

Allo studio di III livello ricadono tutti i fenomeni franosi che sono stati rilevati e mappati.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 Carta delle indagini

Sulla base del materiale fornito dall'amministrazione e reperito presso gli uffici tecnici sono state selezionate complessivamente:

- 1 sondaggio stratigrafico meccanico a carotaggio continuo;
- 5 prove penetrometriche statiche meccaniche CPT;
- 15 prove penetrometriche dinamiche leggere (DPL);
- 50 prove penetrometriche dinamiche pesanti e superpesanti (DPH e DPSH - SCPT);
- 9 prospezioni simiche a rifrazione attiva con metodo MASW in onde Rayleigh (array sismico con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 4 prospezioni simiche a rifrazione passiva con metodo ReMi (array sismico con geofoni verticali);
- 16 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Tali indagini pregresse sono state integrate con nuove indagini geofisiche di superficie; nello specifico sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione con metodo sia attive che passive, sia in array che a stazione singola.

Le nuove indagini sono state eseguite quasi sempre congiuntamente, al fine di meglio caratterizzare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio Vs con la profondità e di ridurre l'incertezza interpretativa che deriva dalle analisi di sismica di superficie.

Nello specifico le nuove indagini hanno consistito nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HVSr e nella definizione del profilo di Vs mediante analisi di tipo MASW - HoliSurface.

In sintesi le nuove indagini realizzate sono state complessivamente:

- 34 prospezioni simiche a rifrazione attiva con metodo MASW - HoliSurface in onde Rayleigh (array sismico con geofoni tridimensionali con analisi della componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh);
- 57 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Le indagini sono state distinte in pregresse e nuove, sulla base tipologica e profondità raggiunta. L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000.

8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

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

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

La conformazione regionale del territorio comunale è rappresentata nella quasi totalità della superficie dalle formazioni appartenenti alla Successione Ligure; rimangono esclusi il settore orientale e meridionale che appartengono rispettivamente alla Successione Epiligure e a quella Toscana, come peraltro più dettagliatamente descritto nel Cap.3 della medesima relazione.

La quasi totalità del territorio comunale è caratterizzato da formazioni appartenenti alla successione Ligure. Tali formazioni autoctone costituite da alternanze di arenarie e peliti, calcari e marne costituiscono il materiale lapideo stratificato, la cui stratificazione è influente sulle caratteristiche rocciose dell'ammasso.

Nell'area più orientale, nei pressi della frazione di Montecenere le unità litologiche sono costituite principalmente da areniti e sabbie che si differenziano per il basso grado di cementazione; tali litologie costituiscono la parte basale della successione Epiligure, e vanno a suturare i contatti delle formazioni Flyschoidi Liguri.

La fascia meridionale è caratterizzata per la quasi totalità dalle formazioni pre-flysch del Dominio Ligure, caratterizzate da litotipi a prevalente componente argillosa (Argille intensamente tettonizzate e argilliti) e subordinatamente da alternanze arenitiche - arenitico pelitiche, con rapporto arenaria/pelite da minore a molto minore di 1. Queste ultime si trovano in contatto con la successione Toscana, costituita sul territorio dalla successione del Cervarola, affiorante in tutti i suoi membri lungo il corso del torrente Scoltenna, e quella del Modino, caratterizzata da alternanze arenaceo-pelitiche e da litotipi prettamente argillosi.

Nello specifico le unità geologiche sono state raggruppate secondo le specifiche proposte. Le categorie individuate di substrato geologico rigido e non rigido ricadono nelle diciture:

- Lapideo massiccio e stratificato;
- Alternanze di litotipi stratificati;
- Substrato geologico non rigido stratificato e non stratificato.

Per quanto riguarda gli elementi tettonico-strutturali sono state rappresentate faglie dirette e inverse non attive.

Sono state rappresentate tutte le forme di instabilità riscontrate e rilevate.

Infine sono stati cartografati terreni di copertura (con spessori > 3m) suddivisi sulla base granulometrica e con riportato l'ambiente genetico deposizionale; in particolare sono stati riscontrati ambienti di versante e fluvio-lacustre con granulometrie che variano dal materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi dei depositi eluvio-colluviali alle sabbie fini, limi e limi argillosi dei depositi eolici.

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

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

L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000.

8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni

La carta delle frequenze naturali dei terreni è stata ottenuta mediante indagini di rumori ambientale (microtremori) a stazione singola con tecnica HVSr.

I dati ottenuti dalle elaborazioni di tali indagini, attraverso l'analisi dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e la componente verticale dello strumento, consentono infatti di definire le modalità di vibrazione del terreno ed individuare sia la frequenza di risonanza fondamentale (valore f_0) che l'ampiezza (A) dei rapporti spettrali in corrispondenza delle frequenze individuate.

Bisogna infatti considerare che sussiste una correlazione diretta (anche se non lineare) tra i fenomeni di "risonanza" e l'amplificazione del moto del suolo in concomitanza di sollecitazione sismica (effetti di sito).

Tutto il territorio indagato è stato suddiviso in base a classi di frequenza (nell'intervallo 0,1-20,0 Hz):

- $f_0 \leq 1$ Hz (spessori attesi ≥ 100 m),
- $1 \text{ Hz} < f_0 \leq 2$ Hz (spessori attesi fra 100 e 30 m),
- $2 \text{ Hz} < f_0 \leq 8$ Hz (spessori attesi fra 30 e 10 m),
- $f_0 > 8$ Hz (spessori attesi < 10 m)

Inoltre sono state individuate le zone caratterizzate da alti contrasti di impedenza alla base delle coperture (ampiezza HVSR > 3) e bassi contrasti di impedenza (ampiezza HVSR < 3).

In generale, tuttavia, si evince che quello che determina le amplificazioni sono gli spessori variabili delle coperture detritiche sui membri arenaceo-pelitici e calcareo-marnosi delle formazioni della Successione Ligure.

Le misure realizzate su questi litotipi non indicano marcate amplificazioni dal punto di vista sismico e mostrano frequenza di risonanza superiori a $f_0 = 10 - 20$ Hz con ampiezze comprese tra 1,5 e 6,0, evidenziando contenuti in alta frequenza di scarsa influenza per la pianificazione territoriale e per le varie tipologie costruttive oggi esistenti.

Per quanto riguarda sia i terreni di copertura che i depositi gravitativi è stato riscontrato che le condizioni di eterogeneità sono ben evidenti, infatti in funzione dello spessore delle coltri si riscontrano frequenze comprese tra 2,0 - 5,0 - 7,0 Hz ed ampiezze comprese tra 2,0 ÷ 4,5.

Analogo comportamento evidenziano anche i depositi di versante con spessori maggiori di 3 ÷ 4 m che mostrano frequenze generalmente comprese tra 4,5 - 8,5 Hz ed ampiezze pari a 3,5 - 7,5

Infine non sono stati caratterizzati, data lo scarso interesse urbanistico delle aree nelle quali ricadono, i depositi alluvionali del sistema AES8.

L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000.

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

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1) è costruita sulla base degli elementi individuati e già riportati nella Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica. L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000.

In funzione delle informazioni rappresentate, la legenda è distinta nelle seguenti parti:

- zone stabili;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;
- zone suscettibili di instabilità;
- forme di superficie e sepolte;
- tracce di sezione topografica.

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. Delle Regioni e Province Autonome e gli Standard MS (v. 2.0), sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, nelle quali sono da effettuarsi approfondimenti di indagini ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento che competono alle condizioni di pericolosità di detti ambiti.

Nell'individuazione e delimitazione delle aree in oggetto oltre alle documentazioni bibliografiche già ampiamente descritte sono state utilizzate nuove verticali di indagine geofisica di tipo lineare e ad antenna singola.

Di seguito si riporta una descrizione delle microzone omogenee in prospettiva sismica con gli schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi:

- Zone stabili

- Lapideo/Lapideo stratificato (LP/LPS)



Materiale lapideo stratificato e non (in cui la stratificazione non influenza in maniera significativa le caratteristiche di resistenza dell'ammasso).

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

Serpentiniti e calcari a lucine.

- Alternanza di litotipi stratificati (ALS)



Torbiditi arenaceo-pelitiche e calcareo-marnose, stratificate.

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

FORMAZIONE DI MONGHIDORO (MOH)

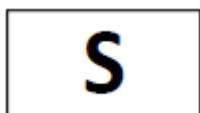
Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati spessi, raramente molto spessi, con rapporto A/P generalmente intorno a 2/1 cui si intercalano intervalli metrici di strati sottili e medi con rapporto A/P circa 1/2.

FORMAZIONE DI MONTE VENERE (MOV)

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona 1 (Substrato geologico non rigido stratificato NRS)



Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con livelli lapidei prevalenti: rapporto $L/P > 3$.

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

ARENARIE DEL MONTE CERVAROLA - MEMBRO DEL RIO BECCO (CEV₄)

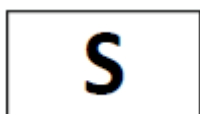
Torbiditi a grana arenitica grossolana, talvolta conglomeratica, di spessore da decimetrico a plurimetrico, passanti verso l'alto ad intervalli più fini, fino ad un tetto siltitico spesso pochi centimetri e raramente associato ad un intervallo marnoso. Agli strati grossolani si intercalano intervalli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

ARGILLE DI FIUMALBO - Membro del M. Sassolera (FIU₁)

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

Rapporto A/P stimato $>>1$.

- Zona 2 (Substrato geologico non rigido stratificato NRS)



Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

FLYSCH DI MONTE CAIO (CAO)

Torbiditi calcareo-marnose, grigio-scuri, in strati da medi a molto spessi con una base arenitica media o fine passante a marna; a tetto intervalli sottili e medi di argilla nerastra fissile. Si alternano a pacchi di torbiditi arenaceo-pelitiche da sottili a medie e a torbiditi calcareo-pelitiche chiare in strati medi.

ARENARIE DEL MONTE CERVAROLA - MEMBRO DEL RIO CARNALE (CEV₃)

Torbiditi sottili siltitico-marnose con rapporto $A/P < 1$, cui si intercalano nella parte alta intervalli di torbiditi relativamente più spesse (fino a 1 m) e grossolane.

FORMAZIONE DI SERPIANO - MEMBRO DI CASTELLINO (SRP₂)

Arenarie torbiditiche a grana fine o molto fine in strati sottili e medi intercalati a siltiti e peliti marnose relativamente spesse con $A/P < 1$.

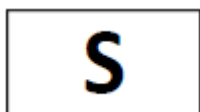
ARENARIE DI VALLORSARA (VLR)

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a medi, raramente spessi, con arenarie fini e finissime grigie, o siltiti, passanti a marne grigiastre. Rapporto A/P generalmente < 1 . Intercalazione di intervalli relativamente spessi di torbiditi pelitico-marnose grigio-rosate.

ABT - FORMAZIONE DELL'ABETINA REALE (ABT)

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 medi a spessi grigio-bluastrì.

- Zona 3 (Substrato geologico non rigido stratificato NRS)



Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con livelli pelitici prevalenti: rapporto $L/P < 1/3$.

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

FORMAZIONE DI LOIANO - MEMBRO DI RIO GIORDANO (LOI₁)

Argille marnoso-siltose verdastre, grigio scure o localmente rossastre a stratificazione indistinta con sottili intercalazioni di arenarie fini grigio-marroni.

ARENARIE DI SCABIAZZA (SCB)

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 scure 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.

ARENARIE DEL MONTE CERVAROLA - MEMBRO DEL TORRENTE SCOLTENNA (CEV₅)

Torbiditi sottili siltitico-pelitiche con intercalati strati, spessi 15-20 cm, di colore bianco sporco-giallo, ad abbondante componente carbonatica. Nella parte bassa sono presenti due livelli vulcanoclastici di

spessore decimetrico. In prossimità del contatto con il membro sottostante sono presenti strati pluridecimetrici con base a grana arenitica medio-grossolana.

ARGILLE DI FIUMALBO (FIU)

Argille, argilliti e argilliti-marnose grigio-scure, verdastre e rosse con stratificazione poco evidente, con intercalazioni di sottili strati gradati di siltiti e areniti finissime e fini, grigio-verdastre, o di straterelli calcarenitico-marnosi nella parte bassa. Nella parte alta argilliti marnose grigio-cenere con intercalazioni di siltiti e areniti fini in strati sottili.

- Zona 4 (Substrato geologico non rigido NR)



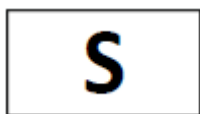
Sabbie e Areniti stratificate con eventuale rara presenza di livelli pelitici, poco cementate.

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

FORMAZIONE DI LOIANO (LOI)

Arenarie arcosiche, da fini a molto grossolane, a luoghi microconglomeratiche, in genere scarsamente cementate, con subordinati conglomerati, in strati medi e banchi frequentemente amalgamati, di colore biancastro o grigio chiaro.

- Zona 5 (Substrato geologico non rigido stratificato NRS)



Argille, argille marnose e argille siltose strutturalmente ordinate, stratificate, con eventuale rara presenza di livelli arenitici

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

MARNE DI MARMORETO (MMA)

Marne, marne siltose e marne calcaree, grigie, a stratificazione mal visibile con rare intercalazioni di siltiti ed arenarie fini grigio-chiare, giallastre per alterazione, anche di origine vulcanoclastica. Nella parte basale è talora presente un livello spesso pochi metri costituito da torbiditi a base arenacea molto fine e tetto marnoso.

- Zona 6 (Substrato geologico non rigido NR)



Argille a struttura primaria caotica (debris flow e mud flow) - unità costituite in prevalenza da argille con a luoghi subordinati inclusi lapidei che determinano una tessitura clastica,

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

BRECCE ARGILLOSE POLIGENICHE (BAP)

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

- Zona 7 (Substrato geologico non rigido NR)



Argille intensamente tettonizzate, argilliti - unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate.

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

ARGILLE VARIEGATE DI GRIZZANA MORANDI (AVT)

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scuere e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scuere o nere manganesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi.

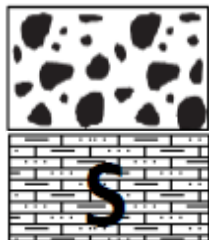
ARGILLE A PALOMBINI (APA)

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;

ARGILLITI VARIEGATE CON CALCARI (AVC)

Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Argilliti brune o verdine più raramente varicolori intercalate a strati siltoso-calcarei o arenarie fini gradate. Brecce argillitico-calcaree a prevalenti clasti di calcari tipo palombini. Rapporto A/C >1.

- Zona 8 (GW)

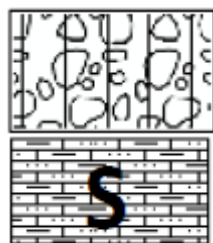


3-5 m

Substrato geologico rigido

Depositi alluvionali recenti

- Zona 9 (GM)

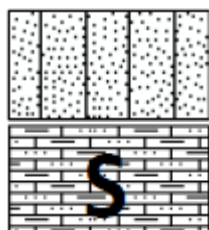


5-10 m

Substrato geologico rigido

Depositi alluvionali terrazzati con terrazzi del I ordine

- Zona 10 (SM)



10-25 m

Substrato geologico stratificato rigido

Coltre di materiale detritico su versante, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi.

- Zona 11 (ML)

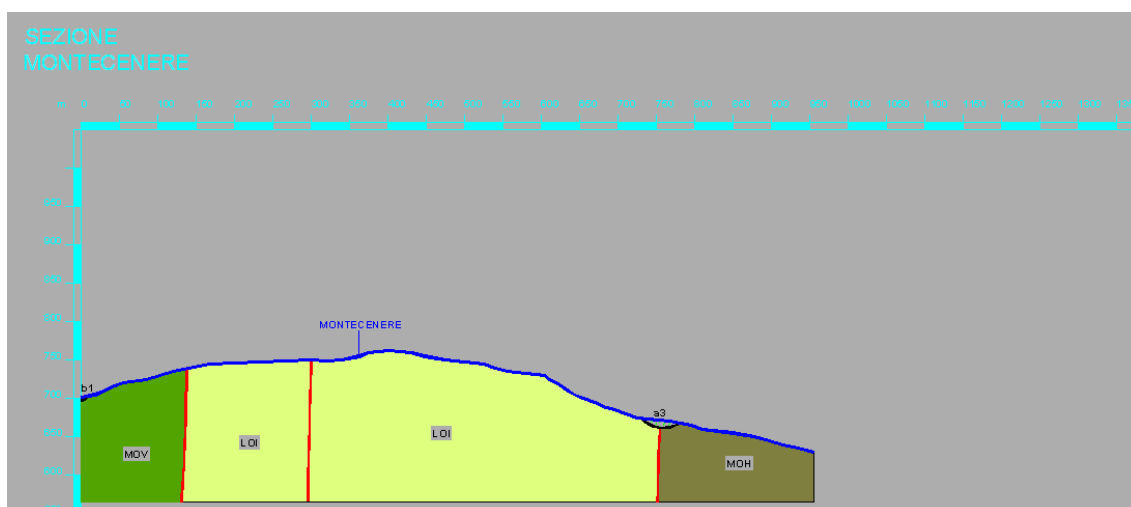
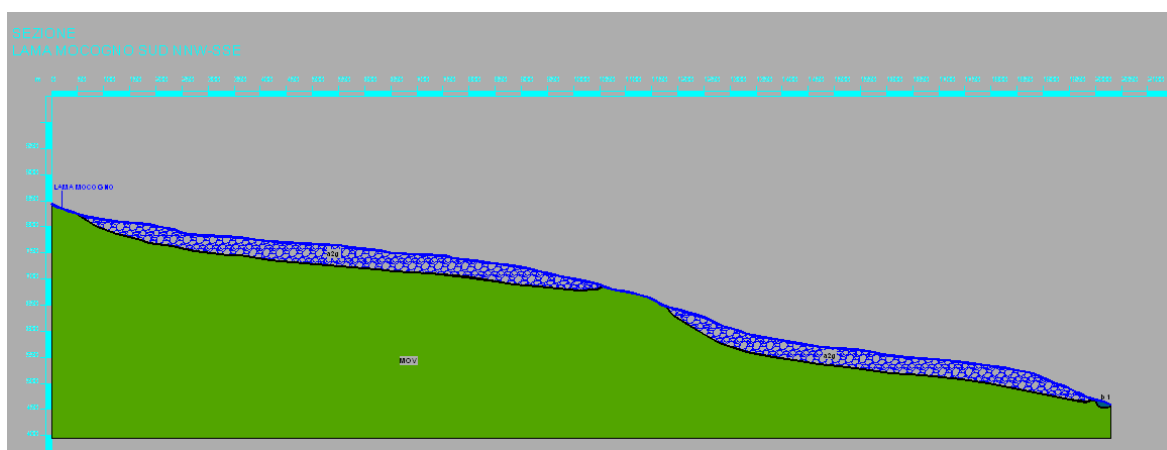
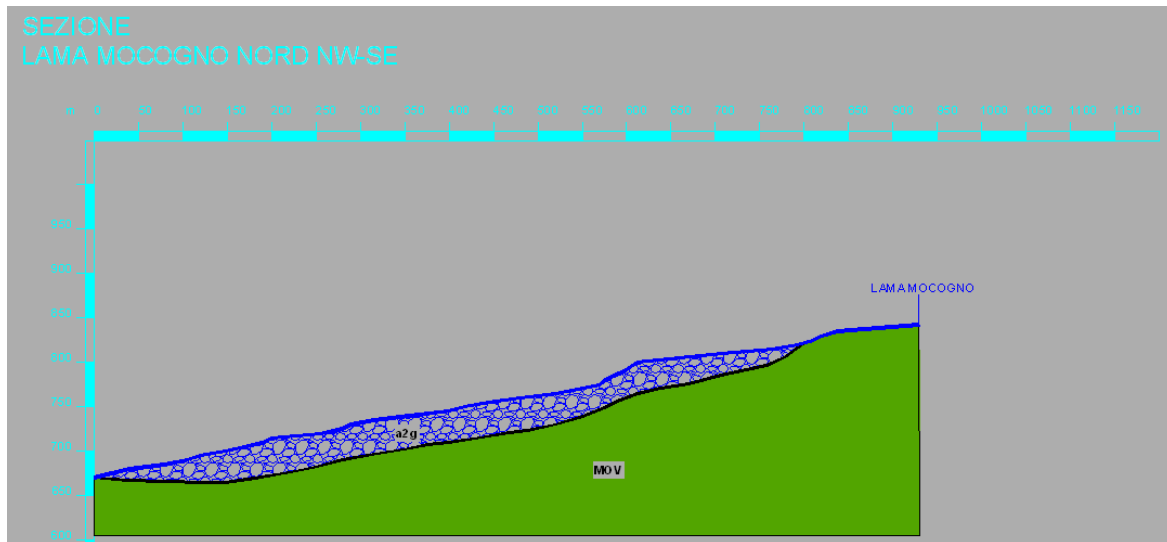


5-15 m

Substrato geologico stratificato rigido

Sabbie fini, limi e limi argillosi, in genere notevolmente pedogenizzati.

Si riportano anche le tre sezioni litotecniche dell'area di Lama Mocogno e Montecenere, che potranno essere utilizzate per la modellazione numerica per gli studi di terzo livello.



Zone suscettibili di instabilità

Tra le zone suscettibili di instabilità, nel territorio comunale sono state individuate le seguenti:

- Zone legate a instabilità di versante: sono stati individuati i depositi in frana, distinguendo i dissesti attivi, quelli quiescenti;

Forme di superficie e sepolte

Le forme di superficie e sepolte che possono essere utili negli studi di microzonazione qui individuati sono:

- Conoidi alluvionali
- Falda detritica

Sono inoltre individuate tutti quegli elementi che possono determinare amplificazione topografica quali scarpate terrazzi e creste.

Le tracce di amplificazione topografica sono riportate in carta ed identificate da un numero progressivo. Queste tracce interessano solo aree urbanizzate ed urbanizzabili.

8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

La carta delle velocità delle onde di taglio (Vs), rappresenta la sintesi delle velocità delle onde di taglio con indicazione per ogni punto di misura di:

- del tipo di prova geofisica che è stata effettuata;
- della profondità del substrato H (in m) e di V_{SH} (in m/s) *nelle aree in cui $H < 50$ m*;
- di V_{s30} (in m/s) *nelle aree in cui $H > 50$ m*.

I valori di Vs sono stati calcolati in base a dati acquisiti con indagini sismiche di superficie sia di tipo attivo che passivo opportunamente combinate tra di loro per meglio definire il profilo, con la profondità, di velocità delle onde S:

- 57 prospezioni sismiche a rifrazione attiva con metodo MASW - HoliSurface in onde Rayleigh (array sismico con geofoni tridimensionali con analisi della componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh);
- 96 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremiti con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

In riferimento ai valori di velocità Vs calcolati con la seconda delle metodologie sopra indicate e sull'interpretazione critica delle prove geognostiche disponibili, è stato

possibile estendere l'informazione sulla profondità H del substrato rigido avvalendosi della relazione che collega la frequenza di risonanza con la profondità del substrato rigido e la velocità media delle onde S ($F_0 = V_s/4H$).

In generale le elaborazioni delle acquisizioni effettuate hanno evidenziato quanto sotto riportato e suddiviso sulla base dei terreni di copertura e del substrato geologico:

- Terreni di copertura:

Accumuli di frana

$$V_s = 200/250 \div 300/350 \text{ m/s};$$

Depositi di versante sl

$$V_s = 150/200 \div 250/300 \text{ m/s};$$

Substrato geologico:

Formazioni Epiliguri:

Areniti poco cementate

$$V_s = 450 - 550 \text{ m/sec}$$

Formazioni Liguri:

Prevalentemente arenacee - pelitiche e calcareo - marnose

$$V_s = 650 - 800 / >800 \text{ m/s (bedrock sismico)}$$

Prevalentemente argillitiche - argillose

$$V_s = 400 - 500 \text{ m/sec}$$

Formazioni Toscane:

Prevalentemente argillitiche - argillose

$$V_s = 450 - 600 \text{ m/sec}$$

L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000

8.6 Carta di microzonazione sismica (livello 2 o 3)

Gli sviluppi delle aree oggetto di microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento individuano aree a comportamento sismico equivalente, attribuendo alle stesse indici quantitativi che definiscono in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche l'amplificazione sismica attesa ($T_r = 475$ anni; $\zeta = 5\%$).

La carta di microzonazione sismica assegna ad ognuna delle microzone individuate valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) calcolati mediante appositi abachi predisposti della Regione o dal Dipartimento di Protezione Civile Nazionale.

Nello specifico per il comune di Pavullo nel Frignano, trattandosi di comune del medio appennino modenese, gli abachi del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale, concepiti esclusivamente per le aree di pianura, non sono utilizzabili, pertanto i fattori di amplificazione sono stati stimati solo in base agli abachi messi a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna (v. Allegato A2 della DAL 112/2007).

Questi ultimi prevedono una serie di dati di ingresso che comprendono il contesto geologico di riferimento, lo spessore di copertura ed il tipo di substrato geologico ed i parametri V_{s30} e V_{sH} .

Il parametro scelto per quantificare l'amplificazione, come sopra ricordato, non corrisponde al parametro F_a o F_v degli ICMS 2008; a tal proposito sono stati individuati due parametri rappresentativi del moto di amplificazione del sisma al suolo.

Questi parametri sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati.

Nello specifico pertanto la carta di microzonazione sismica si compone, per ogni microzona individuata di tre fattori differenti sotto descritti:

F_x = Fattore di amplificazione della PGA (F_A PGA);

F_y = Fattore di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo di periodo T compreso tra 0,1-0,5 s (F_A IS 0,1-0,5 s);

F_z = Fattore di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo di periodo T compreso tra 0,5-1,0 s (F_A IS 0,5-1,0 s);

Le microzone individuate sono suddivise, nelle aree interessate dall'urbano e suscettibili di trasformazioni urbanistiche da:

- zone stabili: nelle quali non si ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento;

- zone stabili suscettibili di amplificazione locali: nelle quali sono attese amplificazione del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafia e morfologica locale; Le zone di questa categoria saranno caratterizzate numericamente dai valori di F_x , F_y e F_z , dedotti dagli abachi.

- zone suscettibili di instabilità: nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Inoltre nelle microzone con presenza di creste e/o scarpate e di versanti con pendenza sono stati determinati i fattori di amplificazione per effetti della topografia, visualizzati in campiture puntinate associate alla sigla F_t che individua il valore del coefficiente di amplificazione determinato con le procedure previste al punto 2.5.4.2 e relativi abachi, delle Linee Guida II degli ICMS. 2008.

In linea generale si può affermare che i valori dei fattori di amplificazione dell'accelerazione di picco al suolo (PGA) e dell'intensità di Housner (IS) individuati per le microzone, evidenziano comportamenti di risposta sismica sensibilmente differenziati in rapporto alle caratteristiche litologiche del substrato, ed al tipo di copertura e spessori che ad esso competono.

Dalle analisi condotte, si riscontra che

- Zone stabili



Materiale lapideo stratificato e non (in cui la stratificazione non influenza in maniera significativa le caratteristiche di resistenza dell'ammasso)

$$F_x = F_A.PGA = 1.0$$

$$F_y = F_A IS_{0,1-0,5} s = 1.0$$

$$F_z = F_A IS_{0,5-1,0} s = 1.0$$



Alternanza di litotipi (Torbiditi arenaceo-pelitiche e calcareo-marnose), stratificati.

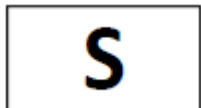
$$F_x = F_A.PGA = 1.0/1.2$$

$$F_y = F_A IS_{0,1-0,5} s = 1.0/1.3$$

$$F_z = F_A IS_{0,5-1,0} s = 1.0/1.3$$

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona 1 (Substrato geologico non rigido stratificato NRS)



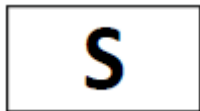
Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con livelli lapidei prevalenti: rapporto $L/P > 3$.

$$F_x = F_A.PGA = 1.4/1.8$$

$$F_y = F_A IS 0,1-0,5 s = 1.2/1.5$$

$$F_z = F_A IS 0,5-1,0 s = 1.0$$

- Zona 2 (Substrato geologico non rigido stratificato NRS)



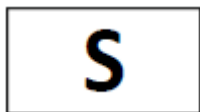
Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

$$F_x = F_A.PGA = 1.6/2.3$$

$$F_y = F_A IS 0,1-0,5 s = 1.3/2.2$$

$$F_z = F_A IS 0,5-1,0 s = 1.4/1.9$$

- Zona 3 (Substrato geologico non rigido stratificato NRS)



Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con livelli pelitici prevalenti: rapporto $L/P < 1/3$.

$$F_x = F_A.PGA = 2.0/2.3$$

$$F_y = F_A IS 0,1-0,5 s = 1.7/2.2$$

$$F_z = F_A IS 0,5-1,0 s = 1.4/1.9$$

- Zona 4 (Substrato geologico non rigido NR)



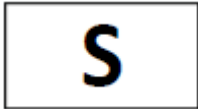
Sabbie e Areniti stratificate con eventuale rara presenza di livelli pelitici, poco cementate.

$$F_x = F_A.PGA = 1.7/2.3$$

$$F_y = F_A \text{ IS } 0,1-0,5 \text{ s} = 2.1/2.2$$

$$F_z = F_A \text{ IS } 0,5-1,0 \text{ s} = 1.9$$

- Zona 5 (Substrato geologico non rigido stratificato NRS)



Argille, argille marnose e argille siltose strutturalmente ordinate, stratificate, con eventuale rara presenza di livelli arenitici

$$F_x = F_A.PGA = 1.4/1.8$$

$$F_y = F_A \text{ IS } 0,1-0,5 \text{ s} = 1.2/1.5$$

$$F_z = F_A \text{ IS } 0,5-1,0 \text{ s} = 1.0$$

- Zona 6 (Substrato geologico non rigido NR)



Argille a struttura primaria caotica (debris flow e mud flow) - unità costituite in prevalenza da argille con a luoghi subordinati inclusi lapidei.

$$F_x = F_A.PGA = 2.0/2.3$$

$$F_y = F_A \text{ IS } 0,1-0,5 \text{ s} = 1.7/2.2$$

$$F_z = F_A \text{ IS } 0,5-1,0 \text{ s} = 1.4/1.6$$

- Zona 7 (Substrato geologico non rigido NR)



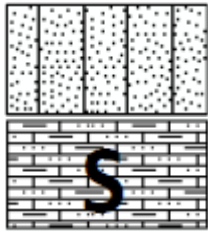
Argille intensamente tettonizzate, argilliti - unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate.

$$F_x = F_A.PGA = 2.0/2.5$$

$$F_y = F_A \text{ IS } 0,1-0,5 \text{ s} = 1.7/2.6$$

$$F_z = F_A \text{ IS } 0,5-1,0 \text{ s} = 1.4/1.9$$

- Zona 10 (SM)



10-25 m

Substrato geologico stratificato rigido

Coltre di materiale detritico su versante, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi elasti a spigoli vivi.

$$F_x = F_A \cdot P_G A = 1.7/2.0$$

$$F_y = F_A \text{ IS } 0,1-0,5 \text{ s} = 1.2/2.3$$

$$F_z = F_A \text{ IS } 0,5-1,0 \text{ s} = 1.4/2.3$$

- Zona 11 (ML)



5-15 m

Substrato geologico stratificato rigido

Sabbie fini, limi e limi argillosi, in genere notevolmente pedogenizzati.

$$F_x = F_A \cdot P_G A = 1.2/1.6$$

$$F_y = F_A \text{ IS } 0,1-0,5 \text{ s} = 1.2$$

$$F_z = F_A \text{ IS } 0,5-1,0 \text{ s} = 1.0$$

Le zone suscettibili di instabilità che ricadono nel territorio di Pavullo risultano essere quelle di versante e quelle legate a cedimenti differenziali.

8.7 Commenti finali e criticità

In linea generale si riscontra che i membri costituiti in prevalenza da alternanze di litotipi arenaceo - pelitici e calcareo - marnosi della successione Ligure denotano fattori di amplificazione corrispondenti a 1,0 - 1,2 per $F_A \cdot P_G A$. ed a 1,0 per $F_A \cdot \text{IS } 0,1 < T < 1,0 \text{ s}$.

Per quanto riguarda gli ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici a seconda della prevalenza del livello lapideo si evidenziano fattori di amplificazione mediamente compresi tra FA.PGA. = 1,2 - 2,3; FA.IS. $0,1 < T < 0,5$ s = 1,3 - 2,2; FA.IS. $0,5 < T < 1,0$ s = 1,4 - 1,9.

I valori più alti di amplificazione si riscontrano, in linea di massima, nelle formazioni ovviamente con i livelli pelitici prevalenti. Va comunque sottolineato, come localmente, l'alterazione superficiale di questo substrato geologico non rigido possa influenzare in maniera preponderante le condizioni di amplificazione locale.

Per quanto riguarda i litotipi prettamente argillosi o argillitici si riscontra che si passa da zone caratterizzate da FA.PGA. = 1,4 - 2,3; FA.IS. $0,1 < T < 0,5$ s = 1,2 - 2,6; FA.IS. $0,5 < T < 1,0$ s = 1,0 - 1,9.

Analogamente, come già evidenziato, si riscontrano valori da medio elevati ad elevati dei fattori di amplificazione caratterizzano gli accumuli di frana ed i depositi detritici in senso lato che evidenziano FA.PGA. = 1,7 - 2,0; FA.IS. $0,1 < T < 0,5$ s = 1,2 - 2,3; FA.IS. $0,5 < T < 1,0$ s = 1,4 - 2,3.

Anche per questa tipologia di forme, localmente, il grado di addensamento può influenzare in maniera preponderante le condizioni di amplificazione locale.

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

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

10. BIBLIOGRAFIA

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 235 PIEVEPELAGO. ISPRA SGI
Enti realizzatori Regione Emilia-Romagna SGSS, a cura di G. PLESI
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA 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.PIZZIOLO.
- DGR 1302/2012. Deliberazione della Giunta Regionale n. 1302 del 10/09/2012, “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all’OPCM 4007/2010 e ss.mm ”. Boll. Uff. Reg. Emilia-Romagna n. 195 del 26/09/2012.
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di), 2011 . BDMI11, la versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano,
- 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 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.
- 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’Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003 ”. Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- BOCCALETTI M. - MARTELLI L. - AA.VV. (2003) – Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze
- 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.
- BOSELLINI A- MUTTI E - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET