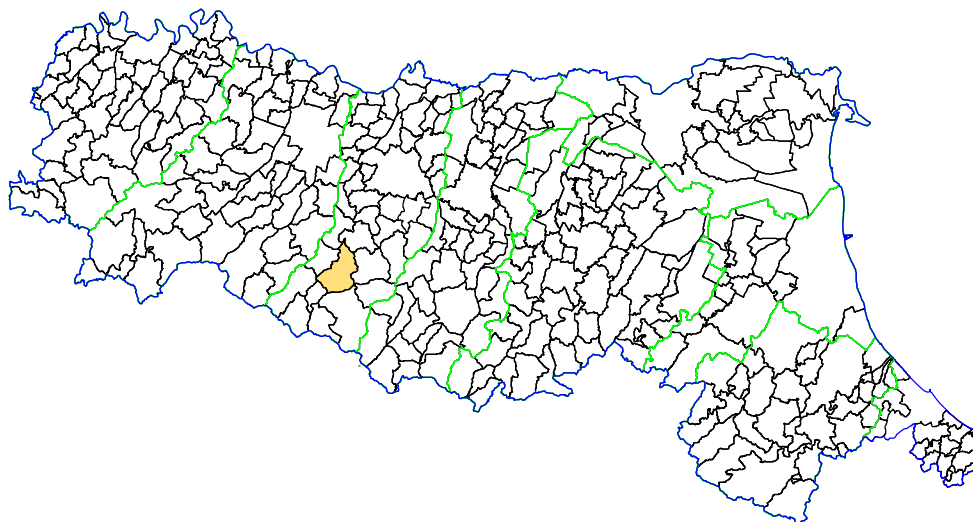


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Illustrativa

### Regione Emilia-Romagna Comune di Castelnovo ne' Monti



Soggetto realizzatore  
Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti  
Dott. Geol. Stefano Cavallini

Data  
febbraio 2016

**GEODES** s.r.l.

Via Michelangelo, 1 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)  
Tel: 059-536629 - Fax: 059-5331612  
e-mail: geodes.srl@tiscali.it  
PEC: geodes@pec.geodes-srl.it

Reg. Impr. Modena n° 02625920364  
Cap. Soc. 10.200 euro i.v.  
C. F. e P. IVA: 02625920364



*Stefano Cavallini*



---

## INDICE

1.	<b>INTRODUZIONE</b>	Pag. 2
1.1	RIFERIMENTI TECNICI - NORMATIVI	" 2
1.2	METODOLOGIA DI STUDIO	" 3
1.3	FORMATO DEI DATI	" 4
1.4	AREE INDAGATE	" 5
1.5	INDAGINI ESEGUITE	" 5
2.	<b>DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO</b>	" 6
2.1	CENNI DI SISMICITÀ	" 6
2.2	SISMOTETTONICA	" 11
2.3	NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO	" 20
3.	<b>ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA</b>	" 25
3.1	ASSETTO GEOLOGICO	" 25
3.2	ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DINAMICA GEOMORFOLOGICA	" 30
4.	<b>DATI GEOTECNICI E GEOFISICI E METODOLOGIE DI ELABORAZIONE</b>	" 34
4.1	DATI GEOTECNICI	" 34
4.2	DATI GEOFISICI	" 34
4.2.1	PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE (MASW)	" 35
4.2.2	ANALISI SISMICA PASSIVA DEI MICROTREMORI (HVSR)	" 38
5.	<b>MODELLO DEL SOTTOSUOLO</b>	" 42
6.	<b>INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE</b>	" 43
7.	<b>RISULTATI</b>	" 45
7.1	PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE (MASW)	" 45
7.2	ANALISI SISMICA PASSIVA DEI MICROTREMORI (HVSR)	" 47
8.	<b>ELABORATI CARTOGRAFICI</b>	" 48
-	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	" 64

---

# *Relazione Illustrativa*

## **1. INTRODUZIONE**

Per microzonazione sismica (MS) si intende la “valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo”.

La MS consiste quindi nella suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento; rappresenta uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico particolarmente efficace se realizzato e affiancato alla fase di pianificazione urbanistica.

Questo studio intende fornire un supporto sostanziale agli strumenti di pianificazione comunale per indirizzare le scelte urbanistiche verso quelle aree a minore pericolosità sismica.

Tenuto conto di quanto richiesto dalla DGR 1302/2012 e sulla base dello stato pianificatorio attuale, l'Amministrazione Comunale, ha indicato le aree urbanizzate e quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche dove realizzare la microzonazione sismica.

A corredo dello studio di MS è stata condotta l'analisi della Condizione Limite dell'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano (allegato al presente Studio), nel rispetto degli standard di rappresentazione e archiviazione informatici, di cui al Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile 27.4.2012, n° 1755.

### **1.1 RIFERIMENTI TECNICI - NORMATIVI**

I riferimenti tecnici per la realizzazione di questi studi e per l'elaborazione e la redazione degli elaborati richiesti sono costituiti da:

- ICMS 2008 - “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome 1 e successive modifiche e integrazioni.
- DAL 112/2007 Allegato A– “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”.
- DGR 1302/2012 “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all' OPCM 4007/2012 a favore degli Enti Locali.”

## 1.2 METODOLOGIA DI STUDIO

Gli studi di microzonazione sismica prevedono diverse fasi di realizzazione e differenti livelli di approfondimento.

Per il presente studio sono richiesti il primo e il secondo livello di approfondimento.

### PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Finalità:

- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica.
- Definire il tipo di effetti attesi.
- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario.
- Descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

### SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Finalità:

- Conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica.
- Suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità sismica.
- Conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello e indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

Nel rispetto della DGR 1302/2012 sono stati prodotti i seguenti elaborati a scala 1:5.000/10.000:

- 1) Carta delle Indagini.
- 2.1-2.2) Carta Geologica-Tecnica
- 3) Sezioni geologiche.
- 4) Carta delle frequenze naturali dei terreni.
- 5) Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).
- 6.1-6.2) Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).
- 7.1-7.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA P.G.A.
- 8.1-8.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.1-0.5 s
- 9.1-9.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.5-1 s

L'approccio metodologico che si è scelto, al fine di ottimizzare le risorse economiche disponibili e anche in funzione delle caratteristiche geologiche del territorio comunale di Castelnovo ne' Monti, è fondato sull'impiego concentrato delle risorse messe a disposizione per effettuare indagini geofisiche di buona qualità e ben estrapolabili, anziché disperderle in ulteriori punti di controllo litostratigrafico.

Questo approccio è stato possibile anche grazie alla possibilità di utilizzare due archivi di stratigrafie e prove geognostiche di repertorio, uno comunale, e l'altro regionale (Banca Dati del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna). Ovviamente tra le prove d'archivio non si sono considerate quelle eseguite con attrezzature fuori degli standard consolidati, o quelle non significative o in termini di profondità o per rappresentatività.

L'applicazione efficiente di questo metodo richiede infatti una conoscenza del sottosuolo per una profondità tale da garantire la definizione di un buon modello geologico.

L'attenta interpretazione della carta geologica ed un'accurata ricostruzione del sottosuolo hanno consentito di collocare le nuove indagini geofisiche in posizioni tali da permettere una ragionevole sicurezza nell'estrapolazione dei parametri ottenuti.

Un'analisi più approfondita di terzo livello è invece richiesta nelle aree in cui sono presenti particolari condizioni di pericolosità locale (pendii instabili o potenzialmente instabili) o laddove sono previsti opere e interventi di rilevante interesse pubblici (strutture di protezione civile, edifici pubblici...). Per questo tipo di analisi sono richieste indagini in sito e in laboratorio ed elaborazioni più approfondite e onerose, in termini di tempo e soprattutto di costi.

Le indagini di terzo livello possono essere demandate ad una fase di studio successiva alla presente in aree di particolare interesse che verranno scelte dall'Amministrazione Comunale.

### **1.3 FORMATO DEI DATI**

Tutti gli elaborati vengono forniti in versione cartacea e digitale (pdf).

I dati vengono inoltre forniti in formato vettoriale (shapefile) secondo quanto indicato nell'Allegato D della DGR 1302/2012 e nell'OPCM n. 3907/2010, e s.m.i., e decreto n. 8422 del 10 dicembre 2010 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile.

#### 1.4 AREE INDAGATE

In accordo con l'Amministrazione Comunale, in considerazione della distribuzione delle aree urbanizzate principali, sono state individuate le seguenti aree d'indagine:

- CASTELNUOVO MONTI - CAPOLUOGO
- FELINA
- CASALE
- CAMPOLUNGO
- CASINO
- GATTA
- MARO
- VILLABERZA
- GOMBIO
- SORAGGIO
- RONCROFFIO
- COSTA DÈ GRASSI
- CÀ DI SCATTOLA
- TERMINACCIO-MONTEDURO
- BONDOLO
- QUARQUA
- CROCE-BERZANA
- NOCE
- REGNOLA
- FRASCARO
- TAVERNELLE
- CARNOLA
- RIVOLVECCHIO
- FARIOLO –FELINA AMATA
- CÀ PERIZZI
- MONCHIO DI FELINA

Si tratta degli insediamenti principali presenti sul territorio comunale: oltre al capoluogo infatti sono indagate anche le frazioni principali. All'interno di questi macro-ambiti sono presenti sia le aree urbanizzate che quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche.

#### 1.5 INDAGINI ESISTENTI E DI NUOVA REALIZZAZIONE

A supporto del presente studio sono state consultate le seguenti indagini di repertorio:

- n° 8 Sondaggi a carotaggio continuo
- n° 8 prove penetrometriche statiche
- n° 3 Down Hole
- n° 2 ReMi
- n° 5 Masw
- n° 1 Sasw
- n° 17 Sismica Rifrazione
- n° 28 Hvsr

Ad integrazione delle indagini pregresse sono state realizzate le seguenti nuove indagini geofisiche:

- **n° 29 Masw**
- **n° 29 Hvsr**

## 2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 CENNI DI SISMICITÀ

Il catalogo delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile (D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996), evidenzia quanto riportato nella figura seguente:

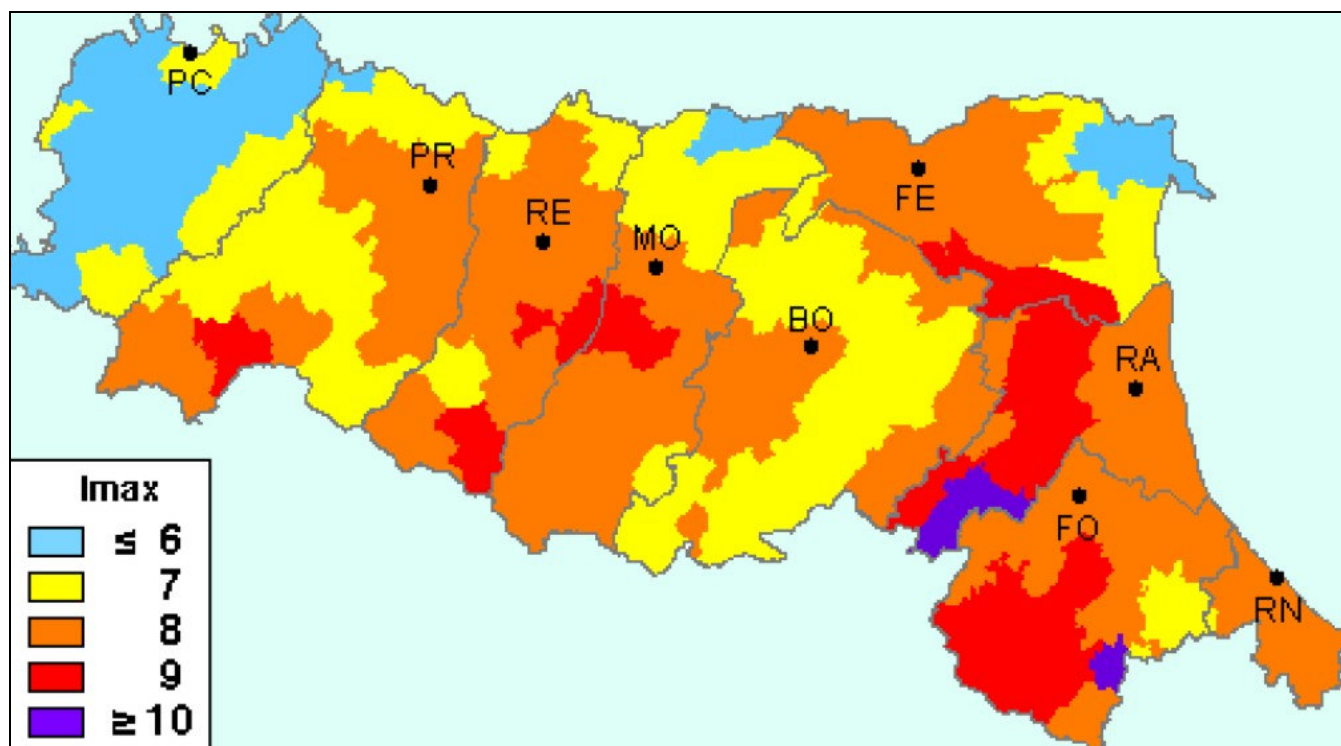


Figura 1 – Intensità Macrosismiche osservate nei comuni italiani – GNDT ING/SGA

L'intensità massima registrata nel Comune di Castelnuovo ne' Monti è del VII-VIII grado della scala MCS (scala Mercalli-Cancani-Sieberg), corrispondente ad una magnitudo compresa tra  $M = 5.0 - 5.6$  (scala Richter).

Le influenze connesse alla sismicità dell'area della Garfagnana sono correlate ad intensità comprese tra  $M = 5.6 - 6.48$ .

L'attività tellurica dell'area è nota e documentata dall'anno 1000, anche se la qualità e la quantità delle informazioni non sono omogenee e si manifesta sia con eventi singoli di media intensità, sia con sequenze sismiche estese nel tempo.

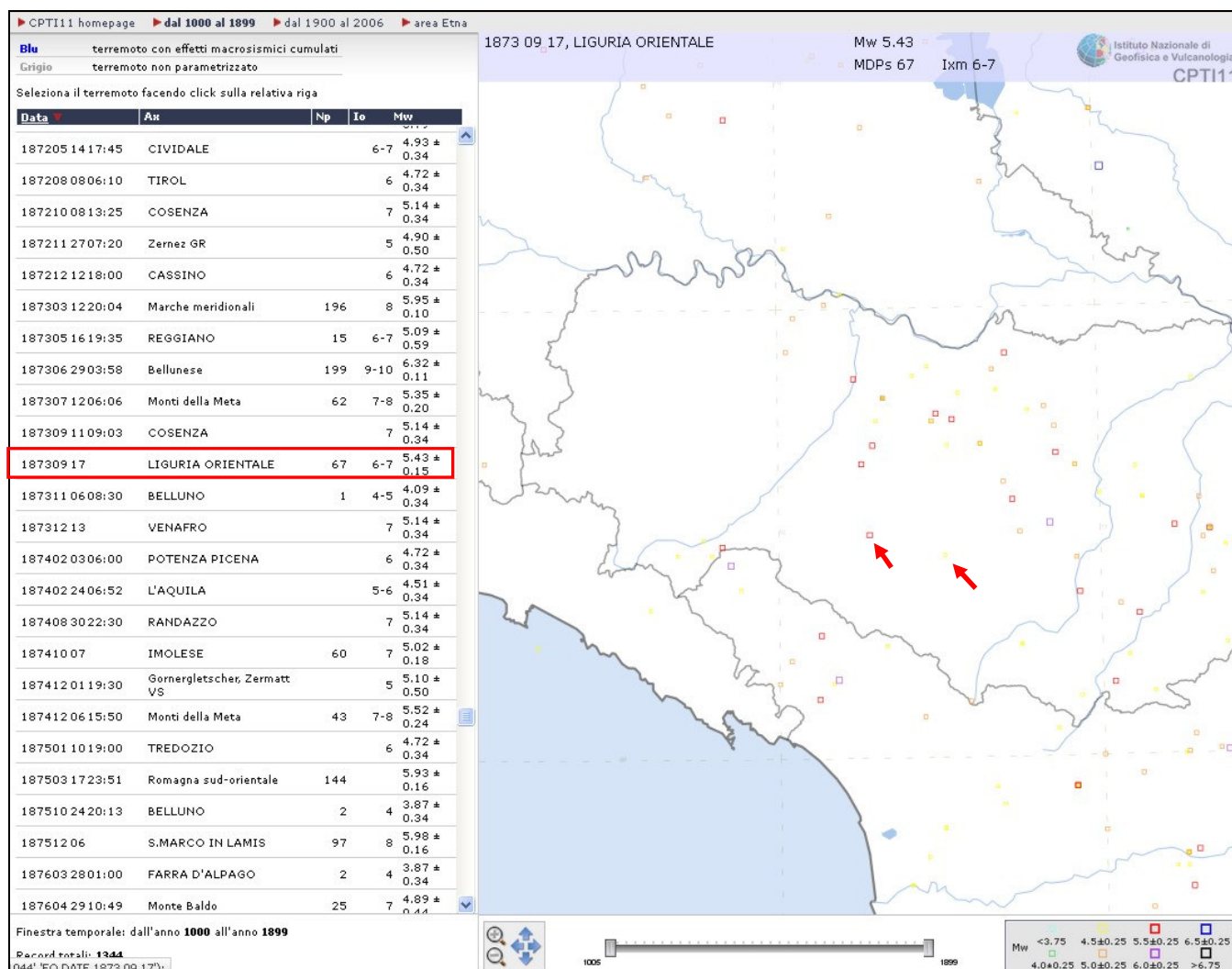
Le revisioni e ricollocazioni degli eventi storici e recenti, ma soprattutto l'attivazione di una rete sismica regionale integrata con quella nazionale, hanno permesso di distinguere, nell'ambito della regione, zone con differente regime sismico, vale a dire frequenza dei fenomeni, intensità e profondità focale.

Il confronto dei dati della sismicità strumentale con quelli storici evidenzia la stabilità nel tempo delle aree sismogenetiche.

Dal Catalogo parametrico CPTI11 dell'INGV si evince che storicamente i terremoti più forti entro una distanza di 30-40 km risultano:

periodo dal 1000 al 1899:

- Anno 1873 – Liguria Orientale – Mw 5.43
- Anno 1892 – Carpineti – Mw 4.72



**Figura 2** – Tratto da INGV CPTI11 (Catalogo parametrico dei terremoti italiani – 2011) – Dal 1000 al 1899.



Nel periodo dal 1900 al 2006, si segnalano:

- Anno 1920 – Garfagnana – Mw 6.48
- Anno 1909 – Carpineti – Mw 4.72

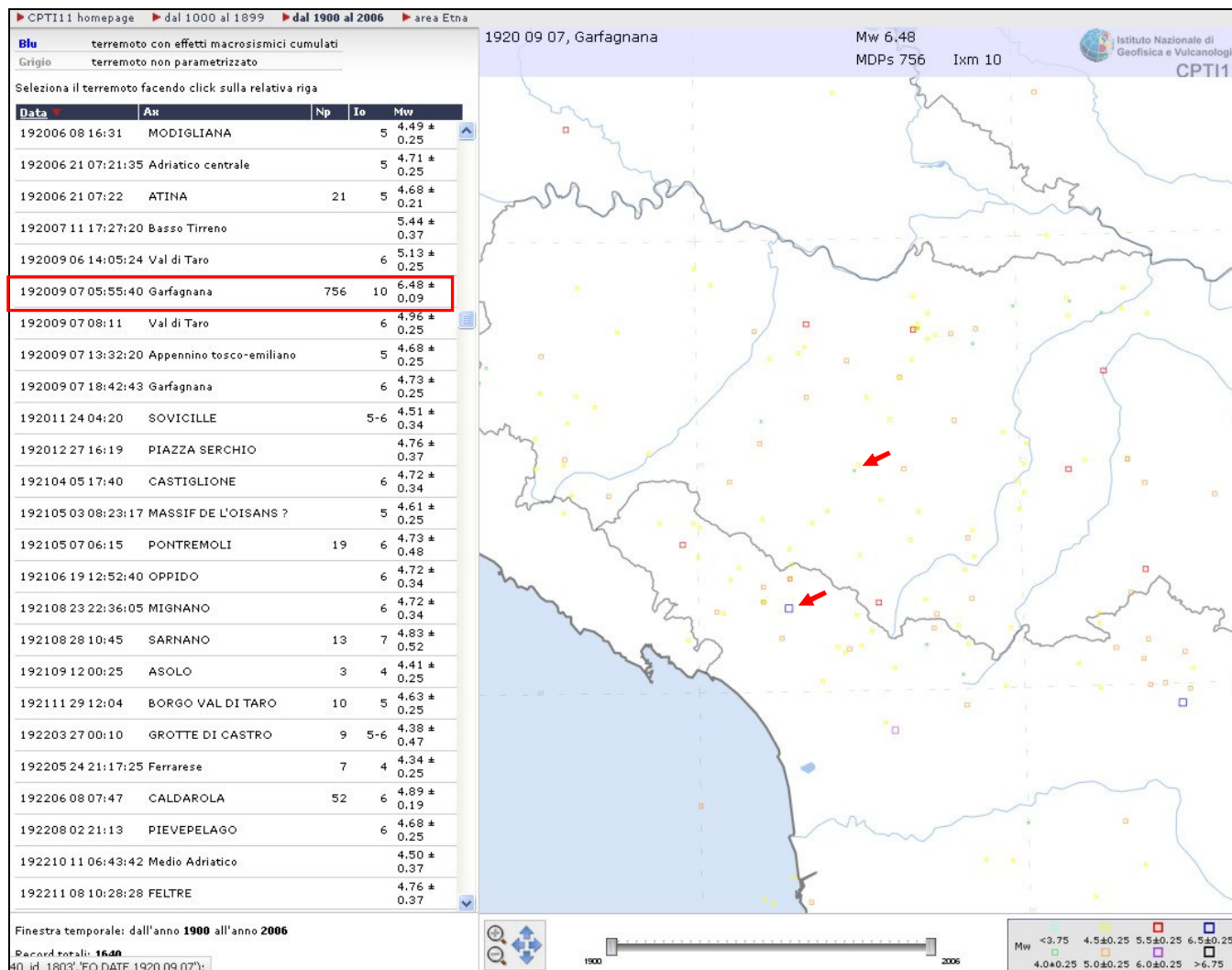


Figura 3 – Tratto da INGV CPTI11 (Catalogo parametrico dei terremoti italiani – 2011) – Dal 1900-2006

Nella Figura 4 successiva sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate:

Is: intensità al sito

Anno Me Gi: anno mese giorno dell'evento

AE: località

Io: l'intensità massima epicentrale in scala MCS

Mw: magnitudo momento

Dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano 2011 DBMI11 per la località Castelnuovo ne' Monti si ottiene il seguente elenco di eventi sismici:

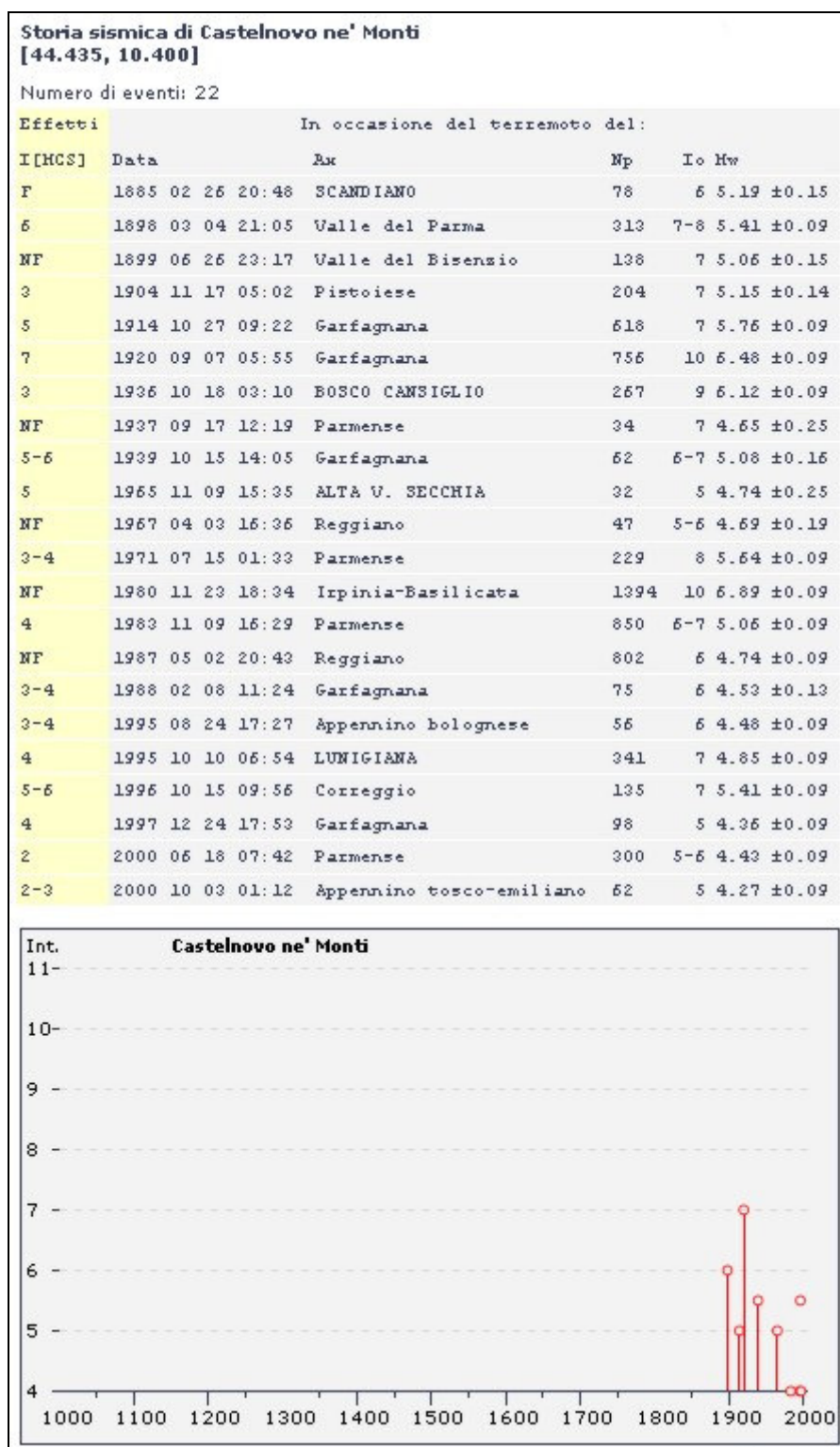


Figura 4 – Tratto da INGV DBMI11 (Database Macrosismico Italiano – 2011)

### 2.1.1 Frequenza di accadimento in Emilia Romagna

La frequenza con cui si sono verificati in passato i terremoti capaci di produrre danni significativi agli edifici consente di valutare con quale frequenza si manifesteranno in futuro, dal momento che questa presumibilmente non cambia.

Nella tabella sono riportati, per varie soglie di magnitudo, il numero di eventi per intervalli di tempo crescenti di 100 anni, partendo dall'ultimo secolo, registrati in Emilia Romagna.

CLASSI DI MAGNITUDO	INTERVALLO DI 100 ANNI		INTERVALLO DI 200 ANNI		INTERVALLO DI 300 ANNI		INTERVALLO DI 400 ANNI	
	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione
4.5 < Ma < 5.0	28	3,6	56	3,6	67	4,5	75	5,3
5.0 < Ma < 5.5	10	10,0	16	12,5	22	13,6	27	14,8
5.5 < Ma < 6.0	3	33,3	4	50,0	6	50,0	8	50,0
Ma > 6.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Tutte*	76	1,3	129	1,5	147	2,0	173	2,3

\* tutti gli eventi che hanno prodotto danni (intensità epicentrale massima osservata maggiore di V-VI grado MCS)

Come si può osservare le frequenze che si ottengono nei primi due intervalli, più attendibili perché andando indietro nel tempo il catalogo dei terremoti diventa più incompleto, è di un evento ogni 1.3-1.5 anni. Valori di magnitudo maggiori di 5.0,

che corrispondono ad intensità epicentrali di VII-VIII grado MCS indicano un evento ogni 10-12 anni, mentre terremoti con  $Ma > 5.5$  (VIII-IX grado MCS) si ripetono con una frequenza di un evento ogni 50 anni, che si mantiene costante indicando una buona completezza del catalogo.

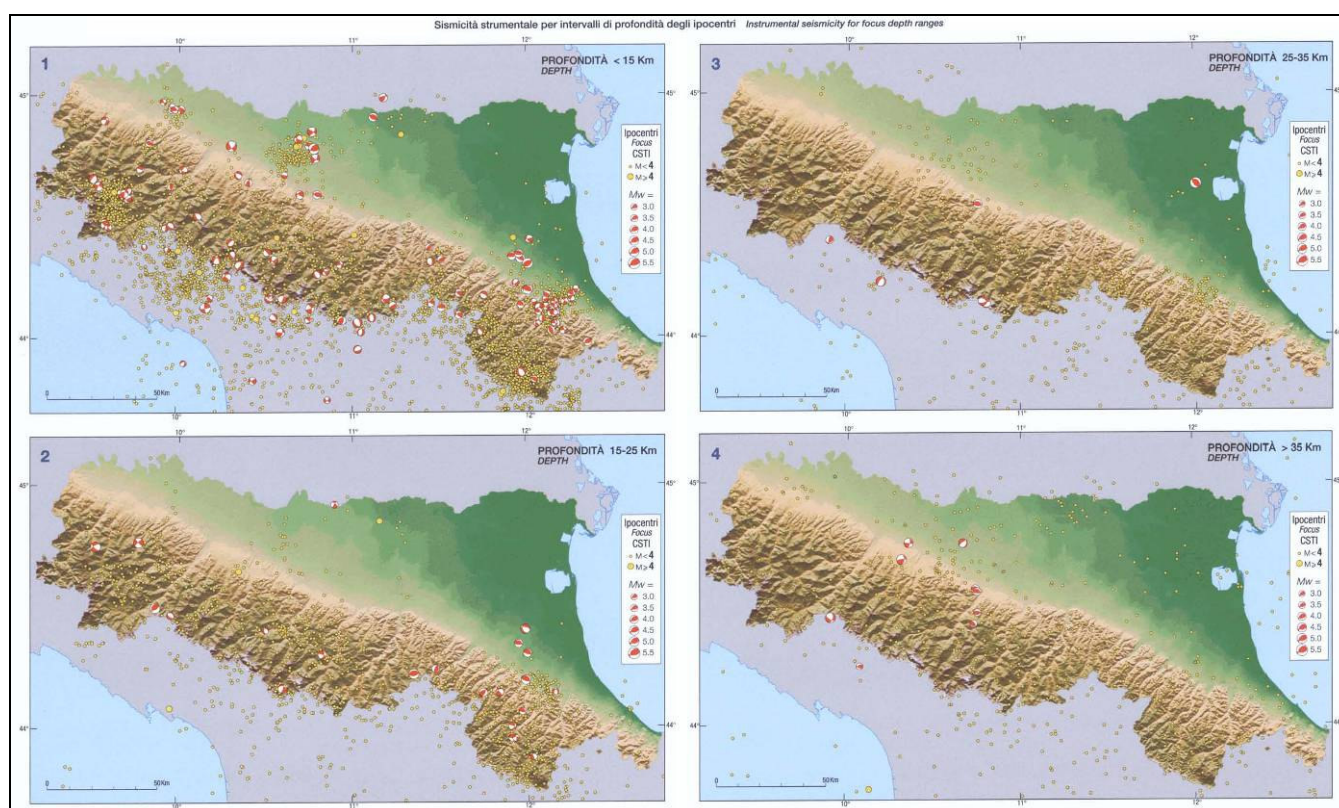


Figura 5 – Sismicità strumentale per intervalli di profondità degli ipocentri.

## 2.2 SISMOTETTONICA

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna. Dall'analisi della stessa si evince che l'area del Comune di Castelnovo ne' Monti è interessata da strutture sepolte che l'attraversano totalmente (sovrascorrimenti attivi con direzione circa W-E o NW-SE).

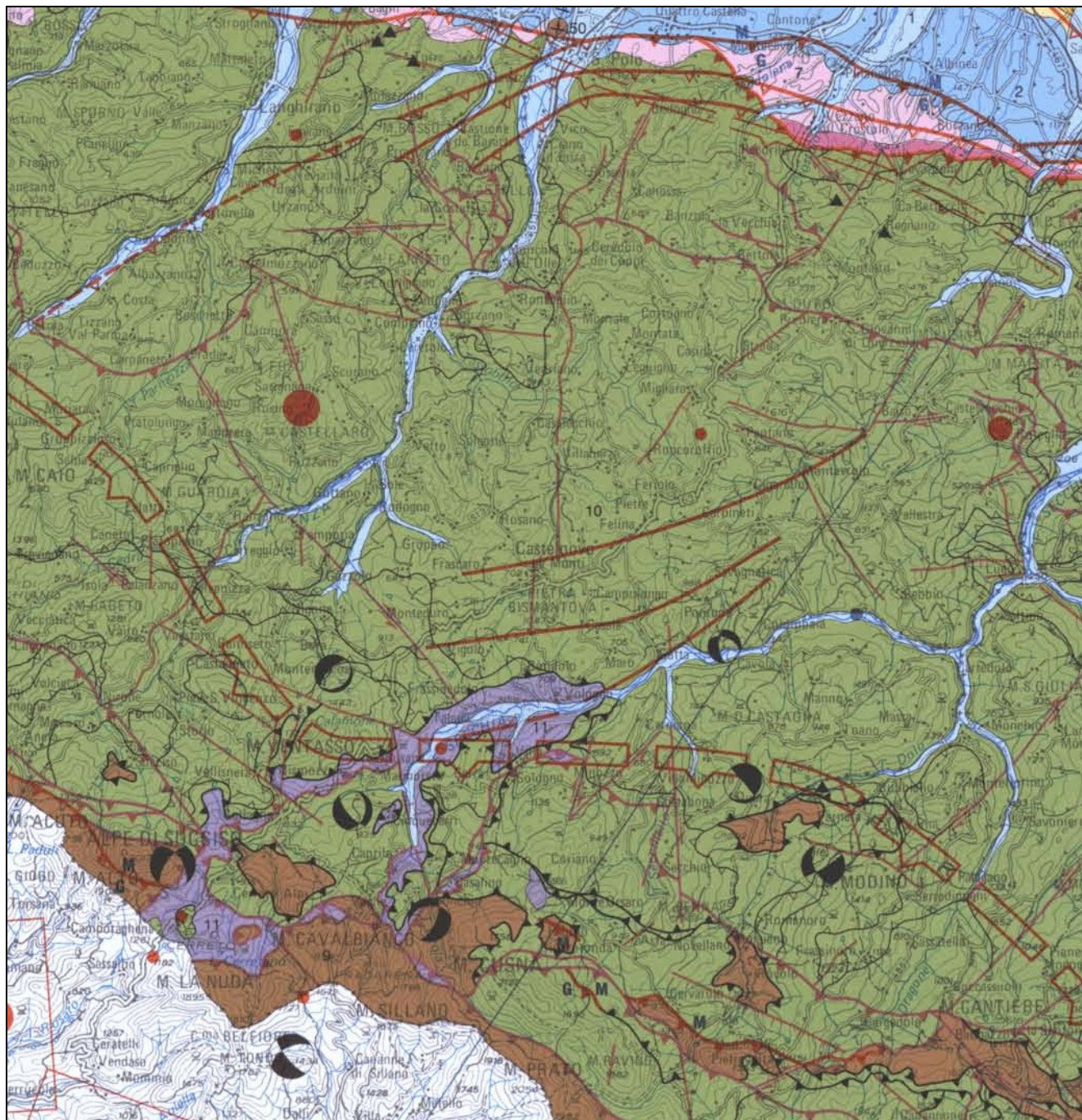
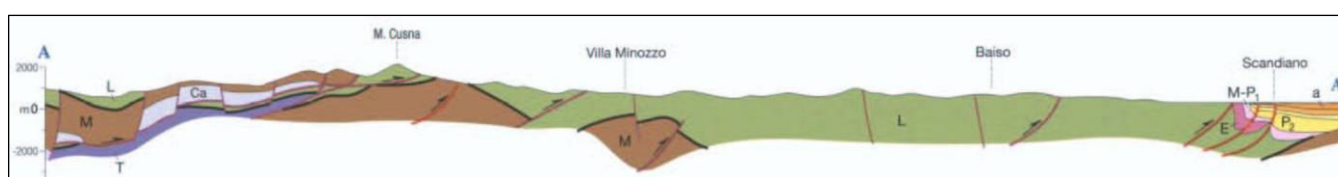
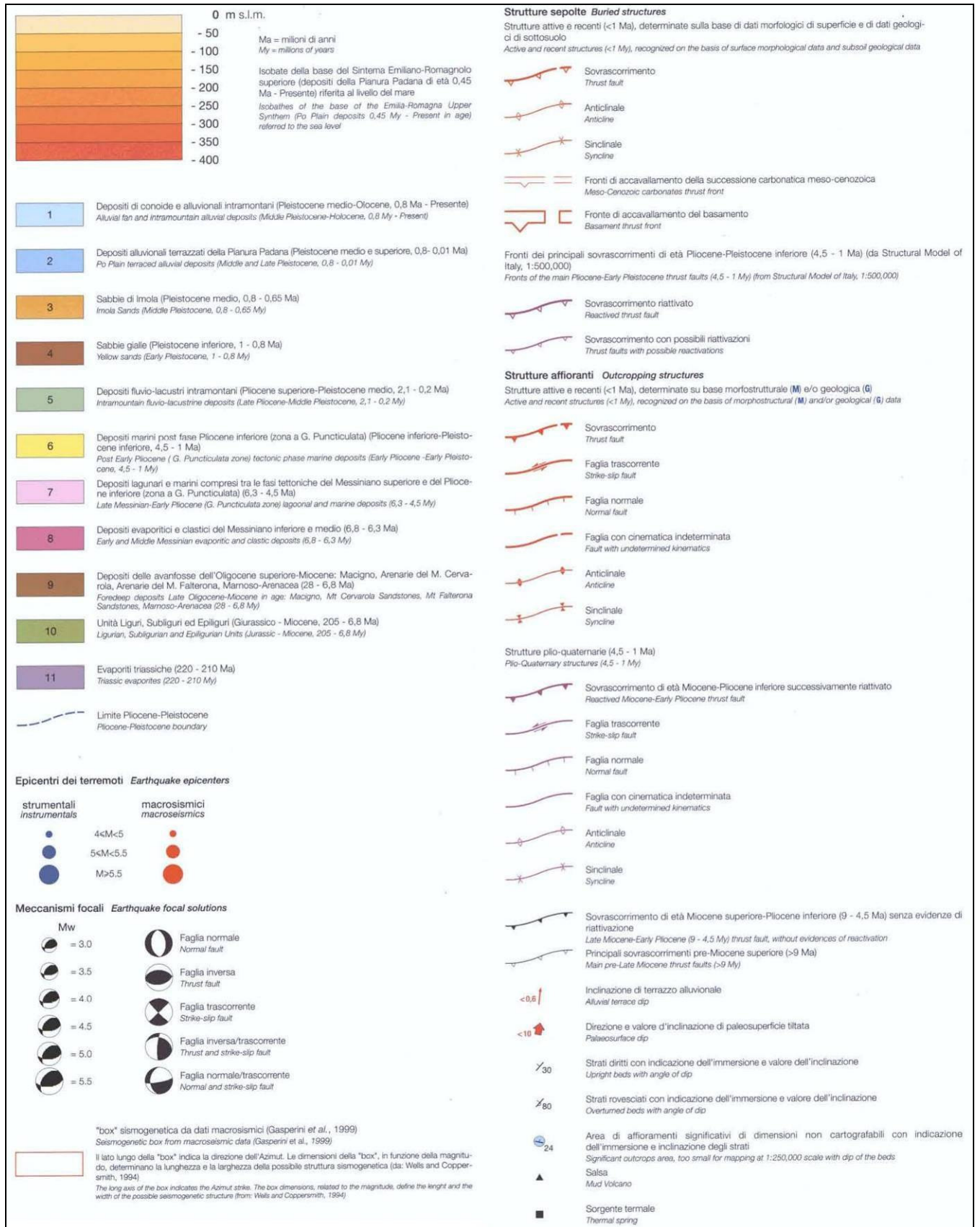


Figura 6 – Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna (RER – CNR, 2004)





Le disamine relative alle strutture profonde redatte nell'ambito dell'elaborazione della *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna (M. Boccaletti, L. Martelli; 2004)* indicano attività della linea del fronte di accavallamento della successione carbonatica meso – cenozoica, orientata ovest est circa secondo l'allineamento M.Ventasso – Villa Minozzo.

Nel medesimo elaborato è inoltre evidenziato un epicentro sismico tra Scurano e M. Castellaro con magnitudo:  $5 < M < 5,5$ .

L'attività sismica nell'area in oggetto è prevalentemente correlata alla fascia deformativa dei fronti di accavallamento delle pieghe pedeappenniniche che si estende in direttrice ovest nord ovest – est sud est.

Una sensibile influenza sulla sismicità nel territorio del medio Appennino reggiano è correlata all'attività sismogenetica della zona della Garfagnana.

Nel territorio in analisi 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, ed in percentuale relativa inferiore alle deformazioni compressive delle strutture medio profonde (15 ÷ 25 km) e profonde (25 ÷ > 35 km).

L'assetto strutturale delle unità litologiche che formano il territorio di Castelnovo ne' Monti è relativamente meno scompaginato rispetto ai comuni a sud ed a nord e le unità qui affioranti costituiscono la sinclinale Vetto – Carpineti - Casina che presenta asse orientato ovest – est con immersione ad est.

I termini che formano detta struttura, appartengono alla successione Epiligure: Formazione di Ranzano – Gruppo Bismantova.

Dal punto di vista strutturale, nella fascia dell'Appennino reggiano in oggetto, le principali linee tettoniche sono orientate in direzione appenninica (NW-SE) e sono prevalentemente rappresentate nel settore di territorio circa compreso tra il F.Secchia e l'allineamento Groppo – Rosano – Fariolo.

Detta conformazione rappresenta la parte attualmente affiorante del sistema di thrust che durante il Miocene ed il Pliocene ha permesso l'embriciamento dell'appennino.

Un altro importante sistema di linee tettoniche è quello trasversale a direttrice antiappenninica, localmente osservabile circa secondo l'allineamento La Croce – Roncaglio – Monchio dell'Olle e l'allineamento Frassinodolo – M.Duro – Temporia.

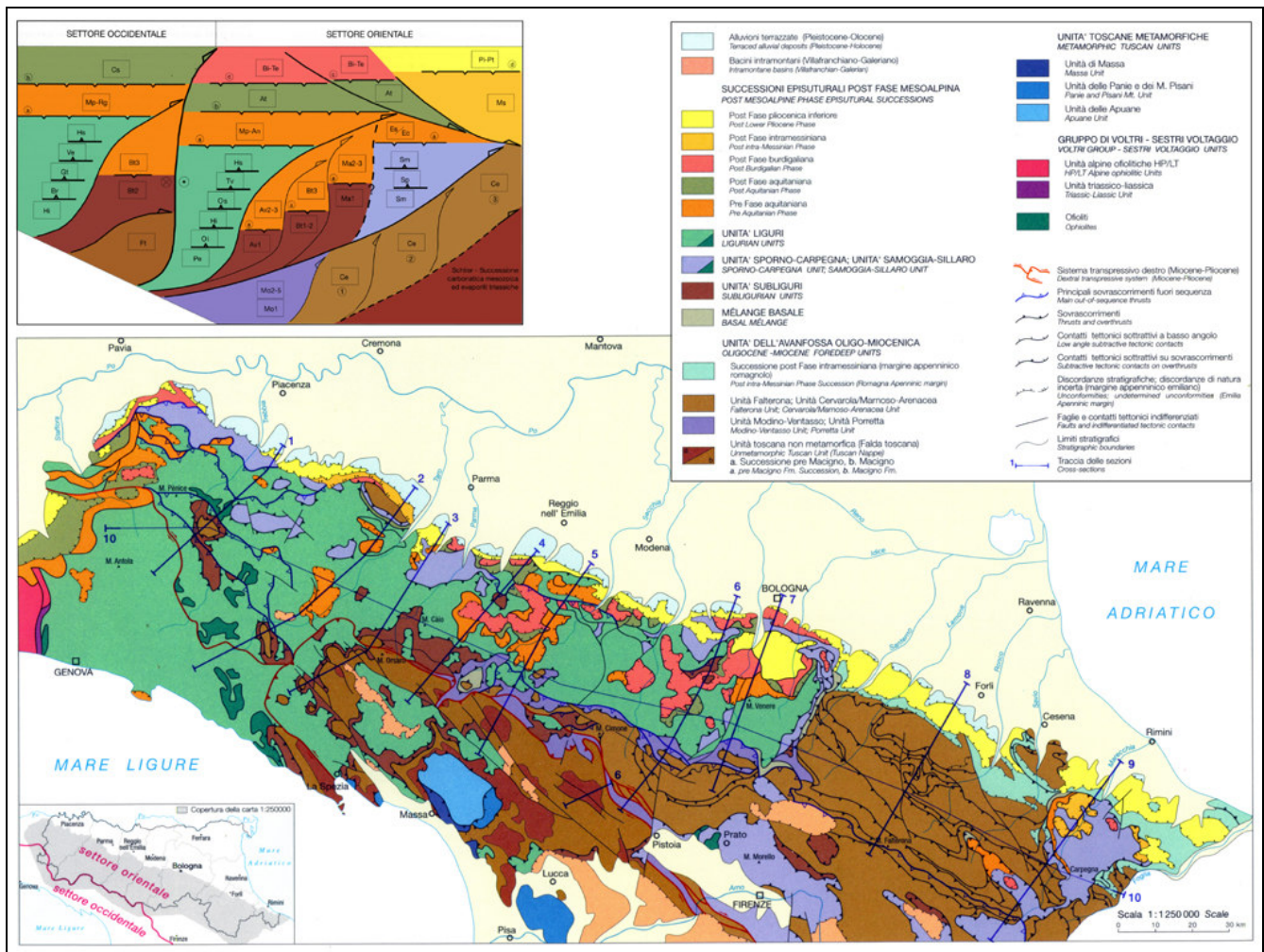


Figura 7 – Schema tettonico.

Al sistema dislocativo appenninico appartengono i principali elementi tettonici lineari che interessano il territorio di Castelnuovo ne' Monti:

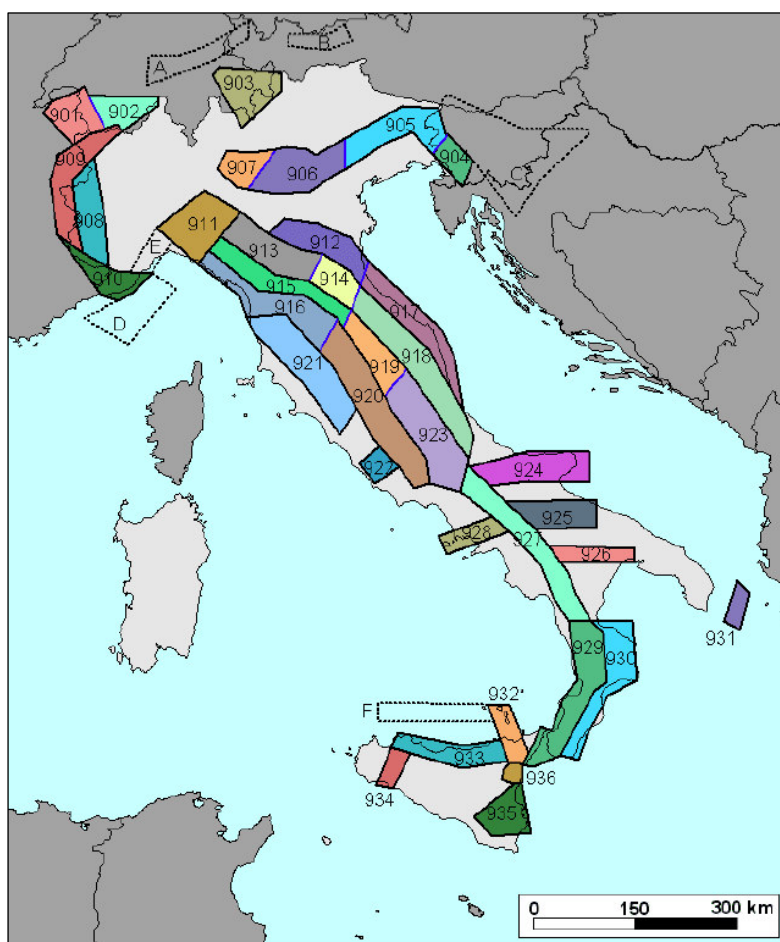
- *linea Frascaro – Felina – Cigarellò*: è costituita da una faglia estesa in direzione ovest sud ovest – est nord est ed interessa la fascia centrale dell'area comunale.
- *linea Vigolo – Casale – Savognatica*: si estende in direttrice sud ovest – est nord est, nella fascia centro meridionale del territorio comunale.
- *linea del Secchia*: si estende in direttrice ovest sud ovest – est nord est, assecondando l'andamento del Secchia tra Talada e La Gatta e successivamente a quest'ultima flette verso nord est in direzione di Savognatica.

Le linee tettoniche sopra descritte sono state interessate da processi deformativi in periodi pliocenico quaternari denotando quindi caratteri neotettonici.

### 2.2.1 Zonazione sismogenetica

È stata utilizzata la zonazione sismogenetica dell'INGV, chiamata ufficialmente ZS9. Rispetto alle zonazioni precedenti, in questo caso le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente.

La zonizzazione ZS9 risulta basata prevalentemente sulle informazioni di ZS4; recepisce le



informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 2.0 (Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy, 2001) e da altre compilazioni regionali di faglie attive; considera inoltre le indicazioni che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4, alcuni dei quali localizzati al di fuori delle zone sorgente in essa definite; supera il problema delle ridotte dimensioni delle zone sorgente e della conseguente limitatezza del campione di terremoti che ricade in ciascuna di esse.

La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il catalogo CPTI2, e fornisce inoltre una stima della "profondità efficace", cioè dell'intervallo di profondità nel quale è rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, e fornisce per ogni zona

**Figura 8** - Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

un meccanismo di fagliazione prevalente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione modulate sulla base dei coefficienti proposti da Bommer et al. (2003). La zonazione è costituita da 42 zone-sorgente, i limiti tra le zone sono neri e blu, i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche e geologico-strutturali, il colore blu invece definisce suddivisioni di zone con uno stesso stile deformativo ma con differenti caratteristiche della sismicità. Come ad es. distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata, ecc.



Le 42 zone-sorgente ZS9 vengono identificate da un numero che va da 901 a 936 o con una lettera da A a F.

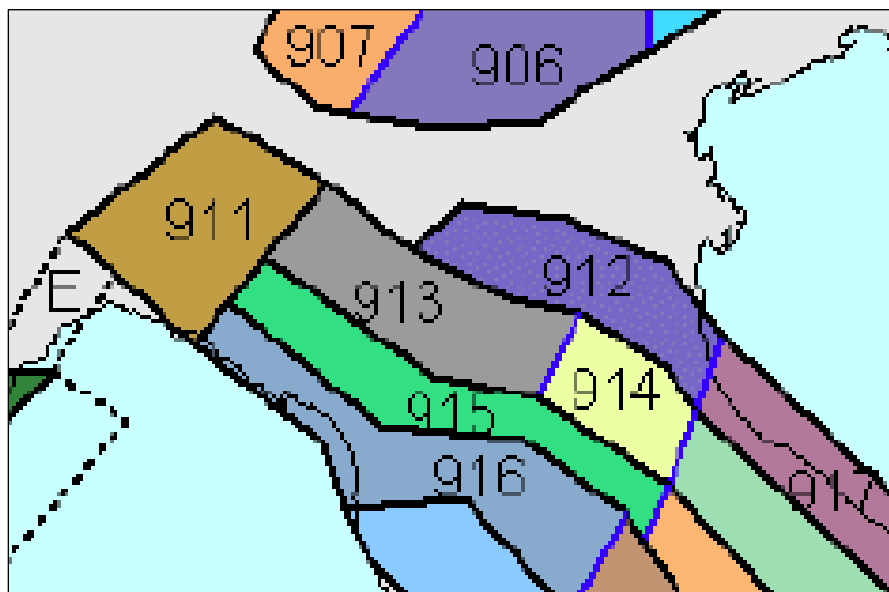


Figura 9 – Zoom sulla zonazione sismogenetica ZS9 dell'Emilia Romagna.

### **Sismicità delle zone sorgenti**

Il territorio del Comune di Castelnuovo ne' Monti si colloca sul fronte di accavallamento della successione carbonatica meso-cenozoica in sovrascorrimento verso NE. In passato sono stati risentiti gli effetti di numerosi terremoti dovuti ad una sismicità naturale localizzata nelle zone 913 e 915.

Le zone 913 e 915 sono quelle con un potenziale sismico tale da generare effetti non trascurabili nel territorio del Comune di, mentre le altre vengono considerate poco influenti per generando terremoti con magnitudo a volte anche elevata (ad es. la zona 912).

La zona 915 determina una sismicità riconducibile a sorgenti attivate da meccanismi focali distensivi (faglie dirette e trascorrenti distensive) con massimi storici che hanno raggiunto intensità del X° MCS (Magnitudo  $M_a=6-6.5$ ). In particolare il terremoto del 1920, con intensità epicentrale del IX-X° MCS ha determinato, in base alla ricostruzione macrosismica, intensità del VII° MCS a Castelnuovo ne' Monti.

Nella zona 913 si verificano terremoti prevalentemente compressivi che sono causa di una sensibile attività come documentato dagli eventi del bolognese, del reggiano e del parmense (anno 2000) risentiti nell'area in studio. Questi eventi sono riconducibili a sorgenti superficiali attivate da meccanismi focali per compressione (faglie inverse e trascorrenti compressive) se si escludono eventi la cui origine è ancora incerta. Fra questi figura il terremoto di Castelvetro del 1501 che avrebbe prodotto, in base alla ricostruzione macrosismica, effetti del IX° MCS. Se confermato, la fascia pedappenninica sarebbe quella potenzialmente più pericolosa per il territorio reggiano.

L'intera fascia è caratterizzata da terremoti che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori rispetto alla fascia esterna 912.

La fascia del fronte appenninico sepolto determina infatti una sismicità rappresentata da terremoti a intensità medio-bassa, ma con una discreta frequenza di accadimento.

Per quanto riguarda la sismicità storica si può osservare che meccanismi focali di terremoti a dinamica compressiva, con direzione di raccorciamento principale orientata all'incirca N-S o NNE-SSO e di magnitudo (secondo la scala di Richter) fino a 5-5,5, sono stati registrati con epicentri posti non lontani da Scandiano.

### **TERREMOTO DEL 20-29 MAGGIO 2012 (DA FONTE INGV)**

Si tratta di una sequenza sismica che ha interessato la regione padana nella bassa modenese ai confini con le provincie di Reggio Emilia, Mantova e Ferrara.

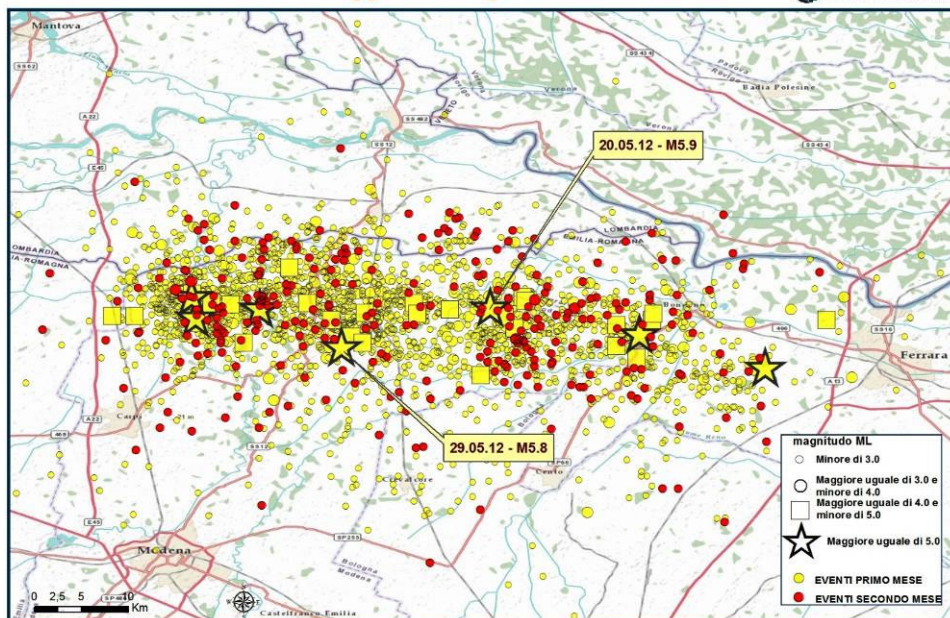
Le due scosse più forti si sono avute:

- il giorno 20 maggio 2012 alle ore 04:03 italiane, con magnitudo (MI) 5.9, localizzato dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV nel distretto sismico "Pianura\_padana\_emiliana". Le coordinate dell'ipocentro risultano: 44.89°N, 11.23°E in Comune di Mirandola con prof. ipocentro di 6.3 km.
- il giorno 29 maggio 2012 alle ore 09:00 italiane, con magnitudo 5.8 localizzato nel settore occidentale della fascia che si era attivata con l'evento del 20 maggio. Coordinate epicentro 44.851°N, 11.086°E - Profondità 10.2 km

Si tratta di un meccanismo compressivo con direzione di massima compressione nord-sud e piani di faglia orientati est-ovest. Il terremoto è avvenuto in una zona a medio-bassa pericolosità sismica, al confine settentrionale della zona in compressione della catena Appenninica, sede in passato di alcuni terremoti storici di magnitudo inferiore o pari a 6.

### **SEQUENZA SISMICA 20 maggio - 20 luglio**

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia



La sismicità si distribuisce lungo un'area allungata per circa 40 km in direzione est-ovest. I terremoti più forti della sequenza sono dovuti a un fenomeno di compressione attiva in direzione nord-sud, legato alla spinta dell'Appennino settentrionale verso nord, al di sopra della placca adriatica. L'estensione

della zona attiva, confrontata con la magnitudo degli eventi principali, suggerisce che ad essersi attivato sia un sistema di faglie complesso, e non una singola faglia.

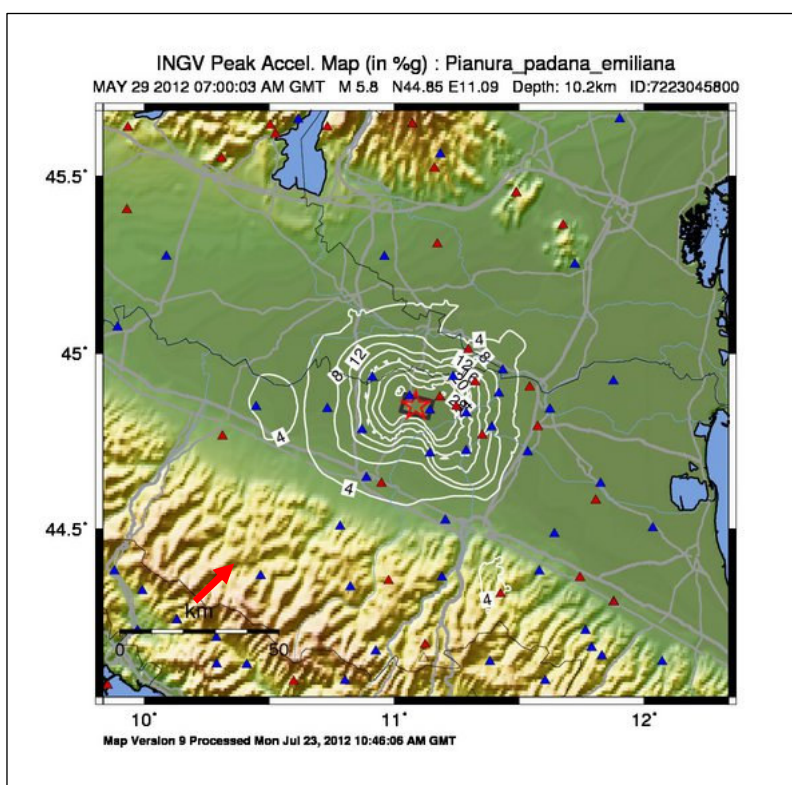
La sequenza sismica ha interessato la regione padana, già sede di terremoti rilevanti nei mesi



passati. In particolare, a gennaio 2012 la zona appenninica di Reggio Emilia e Parma fu colpita da terremoti di magnitudo 4.9 e 5.4, a distanza di pochissimi giorni. I due terremoti di gennaio, sebbene avvenuti a profondità molto diverse (30 e 60 km) rispetto ai 6-8 km di quelli in oggetto, sono anch'essi legati ai movimenti della stessa "microplacca adriatica", che negli ultimi mesi ha avuto un'attività piuttosto intensa.

Le informazioni storiche per l'area sismogenica attivatasi oggi, evidenziano un'attività non molto frequente, con alcuni terremoti significativi nelle aree adiacenti. In particolare, un evento

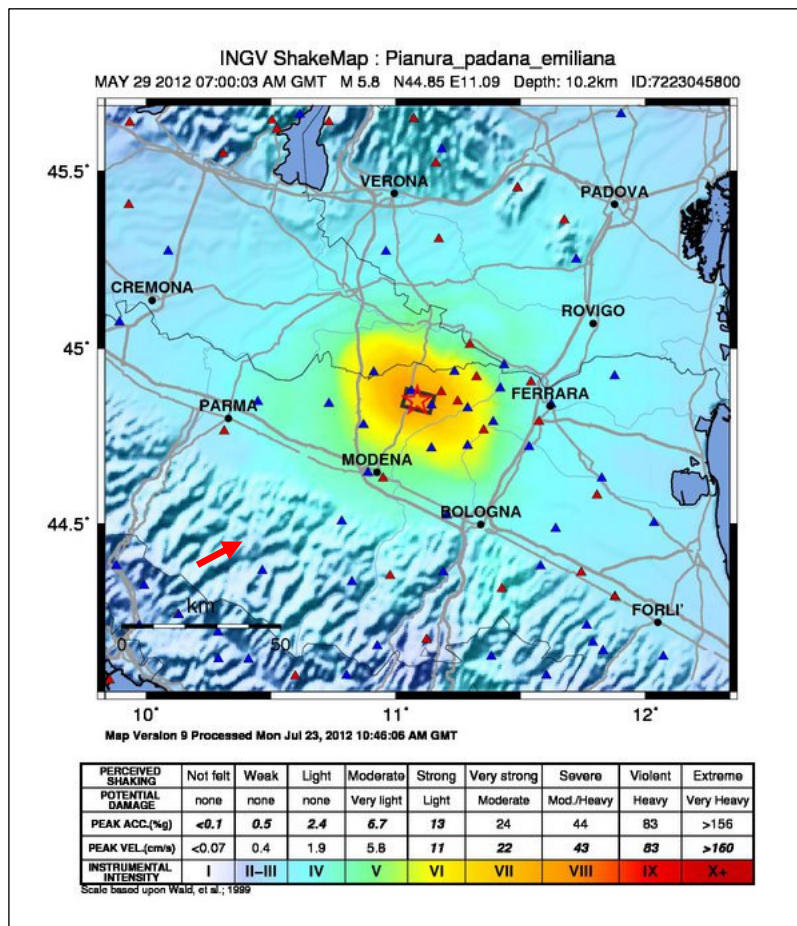
sismico che appare simile a quello odierno colpì Ferrara nel 1570, causando danni fino all'ottavo grado Mercalli (MCS). Un altro evento storico di interesse, studiato di recente, è quello avvenuto nel 1639 con epicentro nei pressi di Finale Emilia, ove produsse effetti del VII-VIII grado MCS.



Qui a fianco si riporta la mappa in cui vengono graficati gli andamenti dei picchi di accelerazione (in % di g) in attenuazione a partire dall'epicentro della scossa del 29-05-12 di M=5.8.

La freccia rossa indica circa l'abitato di Castelnuovo ne' Monti.

Questa rappresentazione raffigura invece con diverse tonalità di colore alcuni parametri (accelerazione di picco, velocità di picco) ed elementi valutativi/qualitativi di un evento tellurico (percezione dello scuotimento, danno potenziale, intensità strumentale).

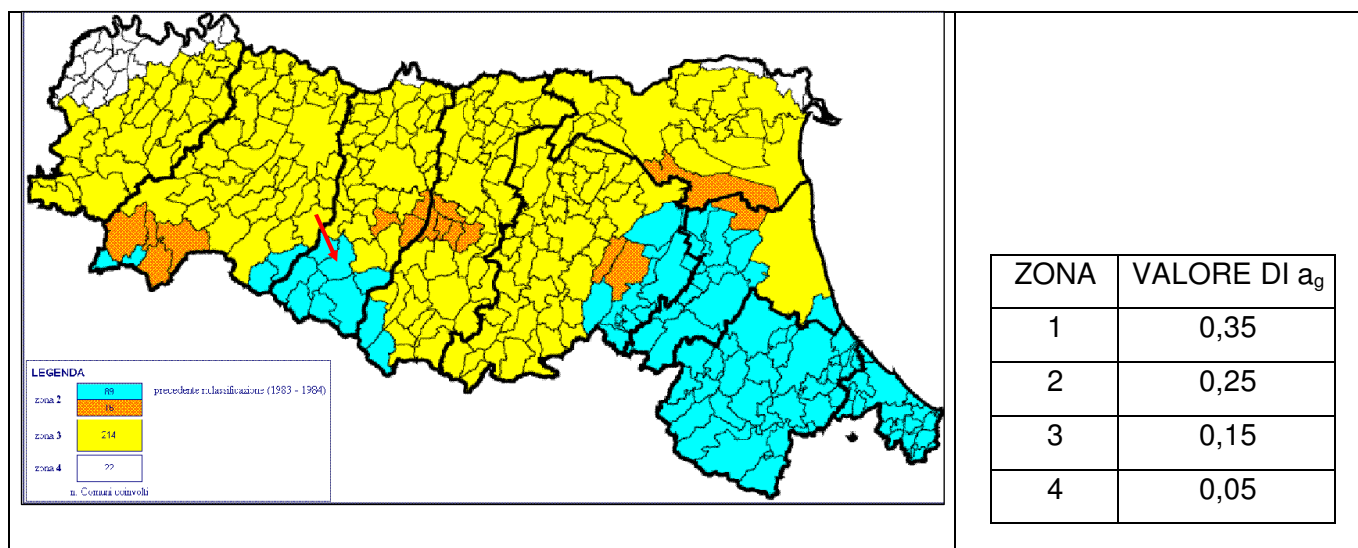


Nella figura è possibile valutare immediatamente come la sequenza sismica del 20-29 maggio 2012 abbia prodotto risentimenti non molto significativi nella zona in esame. Sulla base delle elaborazioni dell'INGV si stima in prima approssimazione un valore indicativo dell'intensità macrosismica intorno al II-III grado.

## 2.3 NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO

### Ordinanza P.C.M. 3274/2003

A seguito della nuova classificazione sismica (Ordinanza P.C.M. 3274 del 20/3/2003 e s.m), il territorio nazionale è diviso in quattro zone sismiche caratterizzate da differenti valori dell'accelerazione orizzontale massima (ag/g) su suolo di categoria A.

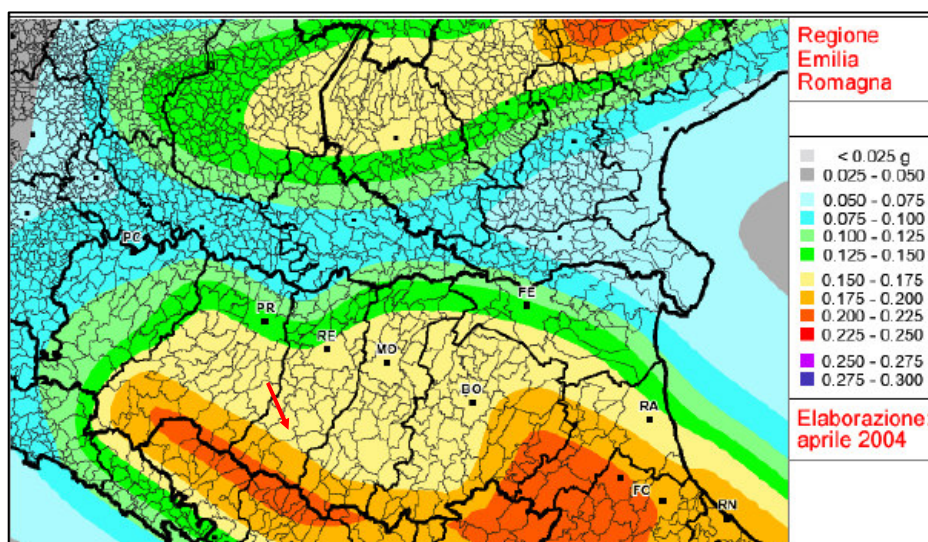


**Fig. 10** - Classificazione sismica attuale di riferimento - Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 All. 1.

Il Comune di Castelnuovo ne' Monti ricade in "zona sismica 2" a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A, riferita ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ed espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g, pari a  $a_g = 0,25g$ .

### Ordinanza P.C.M. 3519/2006

Successivamente, l'Ordinanza PCM 3519/2006 ha indicato i *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.*



**Fig. 11** - Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione Emilia-Romagna).

A tale ordinanza è allegata la *Mappa di Pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale* nella quale è possibile verificare che il territorio del Comune di Castelnuovo ne' Monti è compreso nell'area caratterizzata da **valori dell'accelerazione massima al suolo (amax)**, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A), **compresi tra 0,150 e 0,175** l'accelerazione di gravità **g**.

### **Del. Rer. 112/2007**

La RER ha poi approvato la Del. n. 112 del 02-05-2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.”; in All. A4 sono riportati i valori di accelerazione max, espressa sempre in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$ ), per ogni comune della Regione.

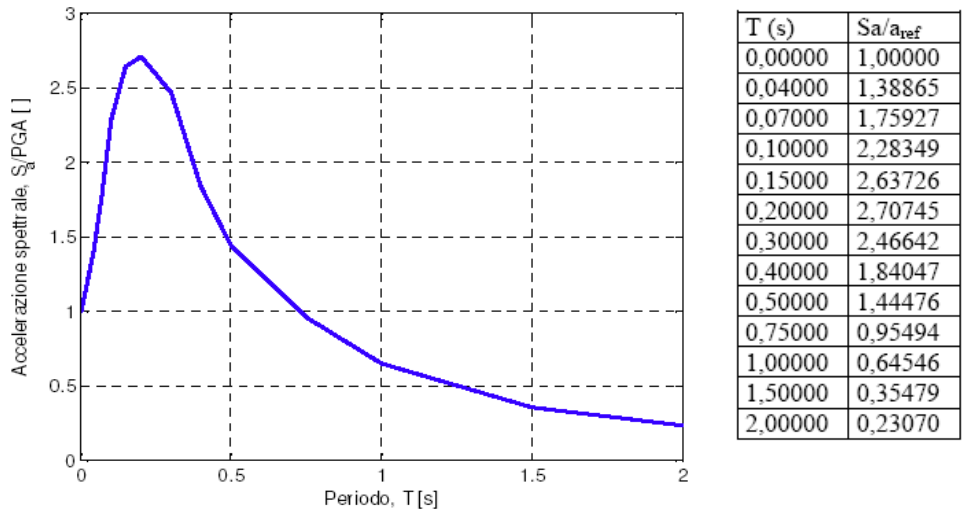
RE	Castellarano	0.161	Comune di Castelnuovo ne' Monti risulta $a_{refg}=0,165$
RE	Castelnuovo di Sotto	0.117	
<b>RE</b>	<b>Castelnuovo ne' Monti</b>	<b>0.165</b>	
RE	Cavriago	0.155	
RE	Collagna	0.197	
RE	Correggio	0.152	

### **Definizione del moto di riferimento**

La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di  $a_g$ . Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>) varia nell'intervallo  $0,150 \div 0,175$  g. Tali dati sono anche stati utilizzati anche dalla Regione Emilia Romagna nella redazione della Delibera dell'Assemblea Legislativa n° 112 - 2007 “ Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica” dove viene indicata una PGA corrispondente a 0,165 g per l'intero territorio comunale.

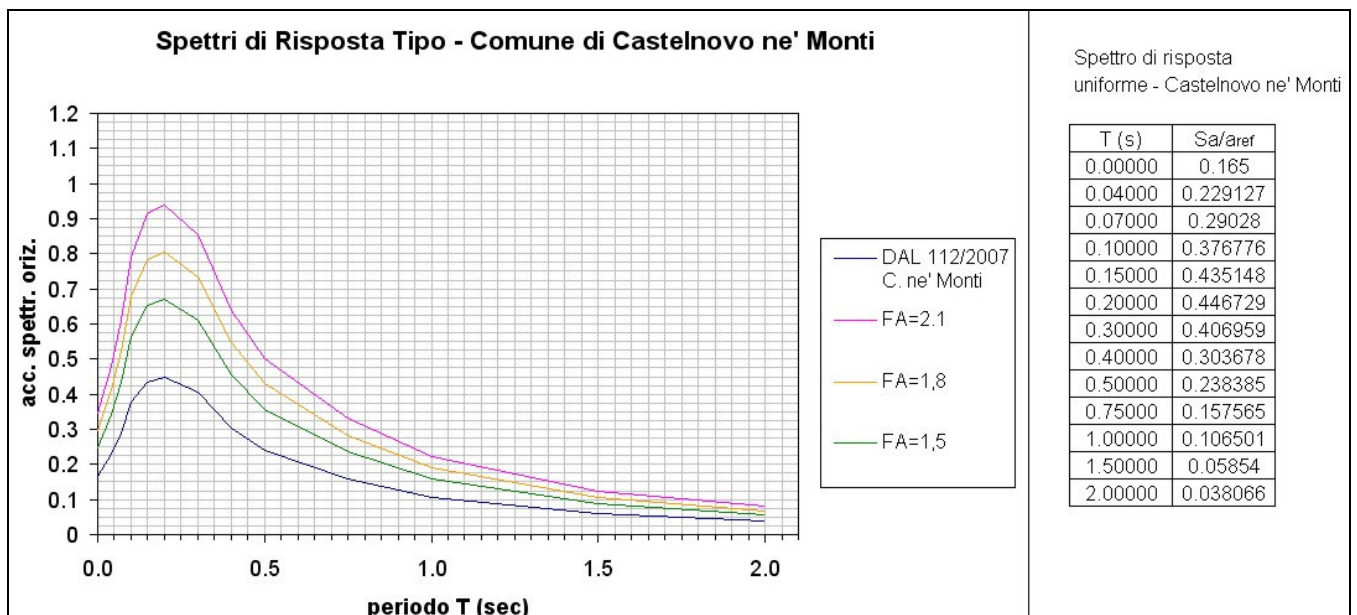
La RER fornisce lo spettro di risposta normalizzato, dal quale è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella seguente per il valore di  $a_{refg}$  di ogni comune (vedi sopra), lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna.

Lo spettro di risposta di riferimento del bedrock sismico o suolo A nel comune di Castelnuovo ne' Monti per il valore di  $a_g = 0,165g$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, è visualizzato nella seguente figura.



Spettro di risposta normalizzato ( $T_R = 475$  anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna, e valori che lo definiscono.

Nella prima colonna sono riportati i valori del periodo proprio T, espresso in secondi, nella seconda i valori di accelerazione spettrale normalizzata al valore di accelerazione massima orizzontale (PGA), espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (pari a  $9.81m/s^2$ ), al corrispondente periodo T.



Spettri di risposta a probabilità uniforme, pari al 10% di almeno una eccedenza in 50 anni per Castelnuovo ne' Monti. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera dell'assemblea legislativa ER – DAL112-2007, mentre con le altre linee sono riportati gli spettri elastici di risposta per alcune amplificazioni stratigrafiche riscontrate nelle aree indagate.

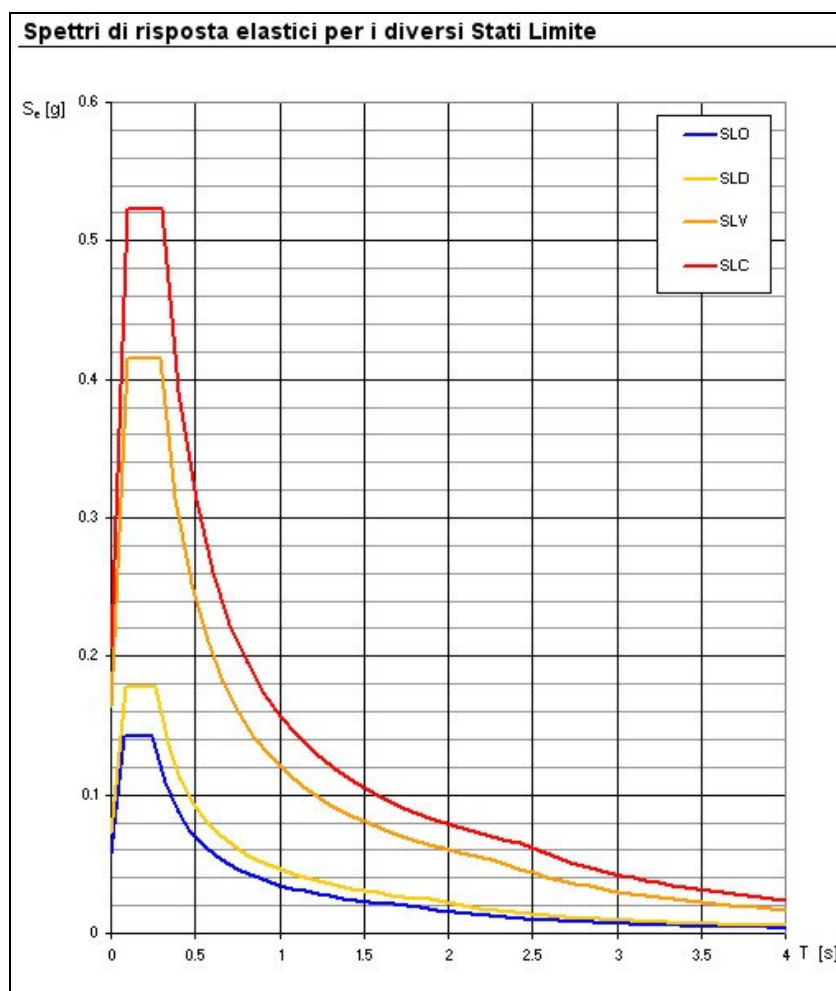
### DM 14/01/2008 – Azione Sismica di riferimento

Il D.M. 2008 richiede di definire lo spettro di risposta elastico in accelerazione per il sito in esame.

Tale spettro indica, per ciascuna frequenza, la risposta allo scuotimento massimo (da terremoto) di un oscillatore elastico smorzato semplice (struttura teorica tipo) con frequenza propria pari alla frequenza considerata.

Con  $T$  si intende il periodo fondamentale di risonanza dell'edificio (in secondi) e con  $a_g$  l'accelerazione massima di picco del sottosuolo (pga) in caso di terremoto ( $m/s^2$ ).

Di seguito si riportano, per i diversi stati limite, gli spettri elastici di risposta per Castelnuovo ne' Monti.



Per un immediato confronto con gli spettri della DAL 112/2007 si può paragonare lo spettro SLV del D.M 08 (la linea arancione) con la linea blu della DAL.

I due spettri mostrano una generale discreta congruenza ma con valori mediamente superiori per lo spettro regionale.



Il D.M. 14/01/2008 stabilisce che l'accelerazione orizzontale massima del sito di riferimento non è più riferita ad una classificazione comunale ma viene calcolata considerando le proprietà del sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (NTC , TAB.1 allegato "B" del D.M.).

Il suolo viene ancora suddiviso in 5 classi principali (A,B,C,D,E) più due categorie aggiuntive S1 e S2.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S_i}}} \text{ m/s}$$

$h_i$  = spessore dello strato i-esimo

$V_{S_i}$  = velocità onde S nello stato i-esimo

$N$  = numero strati considerati

Nei casi in cui la misura diretta della  $V_{s30}$  non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica  $N_{SPT30}$  nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $C_{u30}$  nei terreni prevalentemente a grana fina.

### **3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA**

#### **3.1 ASSETTO GEOLOGICO**

L'evoluzione geologica del territorio in esame va necessariamente inquadrata in un contesto regionale. L'Appennino è una catena a falde, originata dall'impilamento di terreni di diversa origine paleogeografica, in seguito alla collisione tra la zolla europea e la microplacca apula, connessa alla zolla africana. Tale chiusura è stata preceduta dalla chiusura di un'area oceanica (paleocene ligure), interposta tra le due zolle.

Le formazioni appartenenti all'unità tettonica della Falda Toscana affiorano diffusamente in corrispondenza del crinale appenninico, ricoprendo l'Autoctono Apuano con vergenza verso nord est.

Dette formazioni, a loro volta, si immergono al di sotto delle unità alloctone Sub-Liguridi e Liguridi, che contraddistinguono la parte media e medio - alta dell'appennino reggiano. Quest'ultimo è caratterizzato dall'affioramento di formazioni a prevalenza argillosa contenenti ofioliti ed estesi lembi di flysch calcarei ed arenacei fortemente tettonizzati.

Al di sopra delle Unità Liguri e Sub Liguri, affiora in modo discontinuo la serie Epiligure con assetto strutturale complesso e talvolta di difficile interpretazione.

Il territorio comunale di Castelnuovo né Monti, appartiene alla sinclinale di Vetto – Carpineti che si raccorda alle unità tettoniche tramite anticlinali strizzate e profondamente erose, al cui nucleo affiorano estesamente le formazioni argillose del substrato ligure.

Strutturalmente la fascia appenninica in oggetto è orientata in direzione appenninica (NW-SE), e sono ubicate in prevalenza immediatamente a sud ed a nord del Bacino Epiligure di Vetto – Carpineti.

Un altro importante sistema di linee tettoniche è quello trasversale alla direttrice generalmente nord est – sud ovest.

Al sistema dislocativo appenninico appartengono i principali elementi tettonici lineari che interessano il territorio comunale di Castelnuovo Né Monti:

- *linea del Secchia*, circa in corrispondenza del confine comunale meridionale di Castelnuovo Né Monti e quello settentrionale di Villa Minozzo;
- *linea della Val d'Enza* che contraddistingue la porzione mediana dell'omonima valle con orientamento NNE-SSW.

I domini paleogeografici coinvolti sono di seguito riportati, dal basso verso l'alto:

- *Dominio Toscano*, di pertinenza africana;

- *Dominio Ligure Esterno*, coincidente con l'area oceanica. Il Dominio Ligure è, inoltre, tradizionalmente diviso in Dominio ligure esterno e Dominio ligure interno, i cui caratteri rispecchiano la differente posizione all'interno del paleoceanico Ligure;
- *Dominio Epiligure*, formato da sedimenti depositi a partire dall'Eocene Medio sulle unità Liguri già deformate.
- *Depositi Quaternari*

### **STRATIGRAFIA DEL SUBSTRATO**

Vengono di seguito descritte le unità litostratigrafiche presenti nell'ambito comunale, a partire dai domini geometricamente inferiori, e, nell'ambito di questi ultimi, dai termini più antichi ai più recenti.

<b>DOMINIO TOSCANO</b>	
Il Dominio Toscano affiorante nel territorio comunale è rappresentato dalle cosiddette unità dei gessi della Val Secchia, deposte durante il Triassico Superiore, affiorante con uno spessore intorno ai 300 m sia in destra che in sinistra orografica del fiume Secchia formando i crinali individuati da M. Carù – M. Carafaggio – La Pianella – C. Perdale a sud, e la dorsale M. Rosso – M. Merlo – C. Castello.	
<b>Unità dei gessi della Val Secchia</b>	
<p><i>Formazione di</i> <i>Burano</i></p> <p><b>(EVS 2)</b></p> <p><b>(EVS 3)</b></p>	<p>Rappresenta la formazione più antica del versante appenninico settentrionale, litologicamente costituita da gessi saccaroidi grigio biancastri, talora rosati con grana medio, medio fine e fine con impurità argillose ed organiche; subordinatamente anidridi biancastre, dolomie calcaree compatte grigio scure e calcari dolomitici scuri, frequentemente cavernosi.</p> <p>La formazione, affiorante per probabile fenomeno diapirico, rappresenta il termine basale della successione Toscana e se ne possono distinguere due sottunità:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• : <u>Gessi di Sassalbo</u>: (EVS 2) alternanza di gessi di colore bianco e grigiastro in strati di potenza metrica, più o meno anidridizzati, e dolomie nere in strati da sottili a spessi</li> <li>• : <u>Calcare Cavernoso</u>: (EVS 3) brecce di origine tettonica e/o fratturate ad elementi dolomitici e cemento carbonatico</li> </ul>
<b>DOMINIO LIGURE ESTERNO – UNITA' ALLOCTONE</b>	
Le Liguridi sono rappresentate dalle cosiddette unità "pre-flysch" (Complessi di base), deposte prima delle classiche successioni torbiditiche calcareo-marnose o arenaceo-pelitiche del Cretacico terminale e del Paleocene, note come "Flysch ad Elmintoidi". Durante la fase ligure queste unità, prevalentemente argillose, sono state deformate in modo così intenso e pervasivo, da obliterare spesso l'originario ordine stratigrafico.	
<b>Formazioni pre-flysch ad Elmintoidi ed unità affini</b>	
<p><i>Caotico</i> <i>Indifferenziato</i> <b>(IND)</b></p>	<p>Si tratta di un complesso eterogeneo ed intensamente tettonizzato costituito da argille grigie e vari colore con inglobati blocchi ed ammassi anche di grandi dimensioni di: calcari silicei, flysch arenacei, calcari, basalti e serpentini a giacitura e distribuzione essenzialmente caotica.</p> <p>La formazione affiora essenzialmente nei versanti meridionali e settentrionali del fiume Secchia, rispettivamente tra C. Pradale – C. Salsa, ad est di Bondolo e a sud di Vologno, tra Maro – Montelazzo – Le Salde.</p> <p>La formazione si è deposta nel Cretacico</p>
<p><i>Argille</i> <i>a Palombini</i> <b>(APA)</b></p>	<p>Le Argille a Palombini, quando la stratificazione è preservata, sono costituite da un'alternanza di argille e strati di calcilutiti. Le argille sono di colore grigio scuro o nerastro, da massive a laminate e possono contenere singoli strati o pacchi di strati da molto sottili a sottili, di torbiditi arenaceo-pelitiche o pelitiche.</p> <p>Nella maggior parte dei casi, tuttavia, le Argille a Palombini sono molto deformate e appaiono come una massa argillosa indistinta, in cui gli originari strati di calcilutite sono ridotti a blocchi di varie forme e dimensioni più o meno allineati.</p> <p>Si tratta di torbiditi distali carbonatiche e subordinatamente arenacee, deposte in ambiente</p>

	<p>di piana abissale, al di sotto della profondità di compensazione dei carbonati, su un substrato non più conservato.</p> <p>La formazione affiora prevalentemente nella fascia occidentale centro meridionale, meridionale e limitatamente a nord ovest dell'area comunale. Si ipotizza, un'età Cretaceo inferiore-cenomaniana e turoniana.</p>
<i>Arenarie di Scabiazza (SCB)</i>	<p>Le Arenarie di Scabiazza sono costituite da torbiditi arenaceo-pelitiche, in strati da sottili (prevalenti) a medi, con rapporto arenaria/pelte molto variabile. Le porzioni arenacee sono formate da arenarie fini, con colore di alterazione marrone-rossiccio o nocciola, passanti a tetto a peliti grigio scure. Subordinate calcilutiti verdognole in strati da medi a spessi e marne calcaree biancastre in strati da medi a molto spessi.</p> <p>Sono interpretati come depositi distali di piana sottomarina posta al di sotto della superficie di compensazione dei carbonati, alimentata da apporti torbiditici silicoclastici.</p> <p>Affiorano essenzialmente nella zona occidentale e limitatamente nella'area centro meridionale e settentrionale del comuna. Limite transizionale verso le Argille varicolori di Cassio, a cui sono strettamente associate. Lo spessore è valutato in qualche centinaio di metri. L'età è compresa tra il Turoniano sup. e il Campaniano inf.</p>
<i>Argille varicolore di Grizzana Morandi (AVT)</i>	<p>Argilliti a focatura rosso violacee e grigio scure per intensa tettonizzazione, recanti patine manganesifere di alterazione. Presenti subordinati "boudinns" di siltiti grigio scure. Potenza geometrica variabile da pochi metri a un centinaio di metri.</p> <p>Contatti tettonizzati con la formazione di Monte Venere. Sedimentazione di ambiente pelagico con apporti torbiditici distali. La formazione affiora nella fascia ovest est meridionale del territorio comunale.</p> <p>L'età è compresa tra il Cenomaniano superiore e il Santoniano.</p>
<i>Argille varicolori di Cassio (AVV)</i>	<p>Formazione litologicamente eterogenea, costituita dall'alternanza ritmica di argille rosse, grigie, verdastre e nerastre, fissili, a stratificazione molto sottile o sottile. All'interno dei litotipi argillitici sono presenti frequenti intercalazioni di arenarie e microconglomerati di colore grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, di derivazione insubrica, torbiditi pelitico-arenacee a grana fine, in strati molto sottili o sottili.</p> <p>Presenza, con contatti di natura stratigrafica, di brecce a elementi carbonatici (calcilutiti biancastre silicee) in matrice argillosa nerastra, derivate da colate sottomarine di fango e detrito. La deformazione penetrativa è a scala mesoscopica.</p> <p>Affiorano nel settore occidentale e diffusamente in quello settentrionale del comune.</p> <p>L'ambiente deposizionale è quello di piana sottomarina posta al di sotto della profondità di compensazione dei carbonati, con apporti torbiditici distali alimentati da differenti aree sorgenti. La formazione è riferibile almeno al Santoniano-Campaniano.</p>
<i>Flysch di Monte Caio (CAO)</i>	<p>La formazione è costituita da strati piano paralleli, di potenza fino ad alcuni metri, di torbiditi calcareo marnose grigio scure, passanti ad argilliti scure. Sono frequenti contro impronte da corrente alla base degli strati. Tale formazione spicca nettamente come morfologia rispetto al caotico indifferenziato per effetto di erosione selettiva. Può altresì presentarsi con aspetti morfologici più dolci per effetto dalle vaste coltri detritiche ad assetto giaciturale a franappoggio. Affiorano nel settore sud del territorio comunale con età Cretacico superiore.</p>
<i>Flysch di Monte Cassio (MCS)</i>	<p>Marne calcaree grigio giallastre con base di areniti calcitiche in strati spessi e banchi. Subordinate intercalazioni di pacchi medi e sottili arenitico pelitici (A/P minore o uguale a 1).</p> <p>Potenza di circa un migliaio di metri. Contatti tettonizzati con Argille Varicolore di Monte Cassio. Sedimentazione torbiditica di piana bacinale. La formazione affiora diffusamente nel settore meridionale ed occidentale dell'area comunale, in quella centro orientale, e nelle fasce ovest della parte settentrionale del territorio.</p> <p>Età è compresa tra il Campaniano superiore ed il Maastrichtiano.</p>
<i>Monte Venere (MOV)</i>	<p>La formazione è formata da torbiditi calcareo marnose con porzione basale prevalentemente carbonatica passante verso l'alto a calcari marnosi e marne scheggiose a luoghi sormontate da argille siltose di colore nerastro a deposizione emipelagica. La formazione non presenta contatti stratigrafici al letto; affiora nella parte meridionale del territorio.</p> <p>Età è compresa tra il Cretacico ed il Paleocene.</p>

<b>DOMINIO EPIIGURE – UNITA' SEMIAUTOCTONA</b>	
<p>La Successione epiligure (Eocene medio-Messiniano inf.) è rappresentata da formazioni sedimentate in bacini impostati alla sommità delle unità liguri tettonizzate (bacini episuturali). La sedimentazione avviene, fino al Miocene inferiore, in un contesto ambientale di mare profondo, con depositi di colata e sedimenti torbidico-emipelagici; successivamente si imposta una sedimentazione di piattaforma, con apporti terrigeni extrabacinali e carbonatici intrabacinali.</p>	
<p><i>Marne di Monte Piano (MMP)</i></p>	<p>La formazione è costituita da argille marnose e marne argillose prevalentemente di colore rosso, rosato, grigio chiaro e subordinatamente di colore verdastro o verde chiaro.</p> <p>L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad un bacino marino poco profondo caratterizzato dalla decantazione di argille pelagiche e dall'arrivo di correnti di torbida diluite, con risedimentazione di materiale terrigeno fine e finissimo. Affiora a sud di Maro. L'età è Luteziana terminale-Priaboniana.</p>
<p><i>Formazione di Ranzano (RAN)</i></p>	<p>La formazione è litologicamente eterogenea. Sono stati distinti i seguenti membri:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>membro della Val Pessola</u>: (RAN2), costituito da litoareniti feldspatiche, con presenza di serpentiniti massive, in strati tabulari da medi a molto spessi e subordinati livelli conglomeratici a matrice sabbiosa, tabulari e lenticolari. Affiora sul versante settentrionale del rilievo di Monte.</li> </ul> <p>In posizione basale, ma raramente affiorante per l'estesa copertura quaternaria del fondovalle e dei depositi di conoide dell'area Colombaro-La Braglia, è presente una litofacies formata da banchi arenacei a grana grossolana e conglomeratici (RAN2a). L'età è Rupeliano inf.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>membro di Varano de' Melegari</u>: (RAN3) è costituito in prevalenza da alternanze arenaceo-pelitiche con rapporto arenaria/pelite &lt;1. Gli strati, da sottili a spessi, tabulari, sono costituiti da una base litarenitica fine o finissima, grigio verdastra, passante a pelite e a pelite marnosa grigio-verde. Le peliti, in alcuni casi, possono costituire quasi l'intero strato. Affiora nella porzione centrale e meridionale del rilievo di Monte.</li> </ul> <p>L'età è Rupeliano medio-superiore.</p> <p>L'ambiente deposizionale della formazione è complessivamente riferibile ad un sistema scarpata-bacino. L'età è Rupeliana.</p>
<p><i>Formazione di Antognola (ANT)</i></p>	<p>La Formazione è costituita da marne argillose grigie, talora con sfumature verdognole e con frequenti patine manganesifere; e si caratterizza per un alto contenuto in organismi planctonici calcarei. L'ambiente di sedimentazione è di scarpata, base scarpata ed emipelagico. Nel territorio se ne distinguono varie sottounità:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>formazione di Contignaco</u>: (ANT<sub>1</sub>) marne a contenuto siliceo, in strati da sottili medi di colore grigio verdognolo. Parzialmente suddivisa in membri eteropici di Carpineti ANT<sub>1a</sub> e Villaprara ANT<sub>1b</sub>. Età compresa tra Aquitaniano terminale e Burdigaliano.</li> <li>• <u>membro Arenaceo-Conglomeratico</u>: (ANT<sub>7</sub>) peliti e marne verdognole, locali sottili orizzonti vulcano clastici. Vi sono intercalati le brecce di Canossa ANT<sub>3</sub>, i membri di Fola ANT<sub>8a</sub> e latica ANT<sub>8</sub> e lo strato di Cà di Lama ANT<sub>7a</sub>. Affiorano diffusamente nel settore meridionale e centrale del comune. Età compresa tra Rupeliano terminale e Aquitaniano.</li> </ul>
<p><i>Formazione di Pantano (PAT)</i></p>	<p>La formazione è costituita da areniti, areniti marnose e peliti sabbiose a stratificazione difficilmente distinguibile a causa di bioturbazione, con locali ricche malacofaune di a Lamellibranchi, Gasteropodi e Coralli. Spessore di oltre 400 m, si possono distinguere nel territorio due membri:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>membro della Pietra di Bismantova</u>: biocalcareni e biocalcilutiti, spessore circa 100 m, sedimentazione piattaforma interna. Età Langhiano.</li> <li>• <u>membro di S.Maria</u>: areniti bioturbate intercalate da areniti in strati sottili e spessi. Spessore da poche decine ad oltre 100 m. Età Langhiano</li> </ul>
<p><i>Formazione di Cigarellino (CIG)</i></p>	<p>Rappresenta l'insieme di litosomi superiore del Gruppo di Bismantova, si tratta di un'unità di ambiente tra piattaforma esterna e scarpata. La formazione del Cigarellino è composta da peliti e peliti a frazione arenitica, grigie, in genere sottilmente stratificata ma localmente bioturbate. Età compresa tra il Langhiano ed il Serravalliano. Si distinguono nel territorio comunale di Castelnuovo Né Monti quattro differenti litofacies:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>litofacies Arenitica</u>: (CIG<sub>a</sub>) areniti e peliti in strati da sottili a spessi, gradati organizzati in gruppi di strati formanti litosomi lenticolari. Spessore variabile da plurimetrico a pluridecametrico.</li> <li>• <u>litofacies Caotica</u>: (CIG<sub>b</sub>) litosoma di materiale caotico intrabacinale a geometria lenticolare. Spessore di alcune decine di metri.</li> <li>• <u>Arenarie di Vetto</u>: (CIG<sub>3</sub>) areniti calcilutiche medio-grossolane, con clasti a</li> </ul>

	<p>componente calcarea e bioclasti, in strati medi e spessi. Spessore di circa 800 m, ambiente di sedimentazione da correnti di torbida.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Arenarie di Marola</u>: (CIG<sub>4</sub>) areniti medie, localmente grossolane, gradate, con clasti a componente calcarea e pelitica in strati generalmente piano-paralleli. Spessore massimo 200 m, sedimentazione da correnti di torbida e da locali colate di detrito.</li> </ul>
--	---

### DEPOSITI E COPERTURE QUATERNARIE

Nell'area in esame affiorano depositi superficiali privi di una formale connotazione stratigrafica. L'ordine con cui tali depositi sono elencati in legenda e di seguito descritti, riflette un suddivisione secondo la tipologia dei processi morfogenetici che li hanno generati.

<i>Depositi Pleistocenici</i>	<p>Sono rappresentati da superfici debolmente inclinate, a differente grado di conservazione, oppure costituiscono affioramenti in lembi residui tra loro correlabili. Sono generalmente formati da materiali limoso sabbioso ed argillosi inglobanti massi, blocchi e ciottoli.</p> <p>La messa in posto di tali depositi è attribuibile a sedimentazioni in un sistema morfoclimatico periglaciale, detti depositi sono largamente osservabili nelle aree circostanti la Pietra di Bismantova.</p>
<i>Depositi Olocenici</i>	<p>Sono rappresentati da superfici debolmente inclinate, a differente grado di conservazione, che formano ripiani blandamente inclinati, oppure costituiscono affioramenti in lembi residui tra loro correlabili. Sono generalmente formati da materiali limoso argilloso e sabbioso inglobanti massi, blocchi e ciottoli.</p> <p>La messa in posto di tali depositi è di incerta genesi, ma correlata a fenomeni di scorrimento in superficie delle acque, ruscellamento diffuso, nivazione, detti depositi sono osservabili nelle aree circostanti il capoluogo.</p>
<i>Depositi Fluviali</i>	<p>Sono presenti in corrispondenza degli alvei dei corsi d'acqua e delle aree esondabili in condizioni di piena ordinaria, con maggior sviluppo nel tratto tra il Ponte di Pianello e Ponte di Gatta e nelle aste dei torrenti Dorgola e Luccola e dei rii Sologno, Spirola, Atticola e Tassobbio. Sono costituiti da ghiaie e sabbie prevalenti, localmente blocchi e materiale fine.</p>
<i>Depositi Gravitativi</i>	<p>Presentano forme ed estensioni diverse e sono costituiti da materiali eterometrici non classati e non stratificati. Sono presenti nel settore collinare in corrispondenza di principali cambi di pendenza e/o nella fascia di raccordo tra versanti ed ambiti terrazzati sottostanti.</p> <p>Nel comune si possono osservare i depositi di maggior estensione in sponda settentrionale del Secchia secondo la fascia tra Bondolo e La Pietra di Bismantova, ad oriente di quest'ultima in direzione Casale-Campolungo, a settentrione di Monteduro e tra Maro ed il Secchia.</p>
<i>Depositi di versante e colluviali</i>	<p>Sono costituiti da materiali eterometrici con granulometria media e medio fine con dimensioni massima equivalente ai massi, immersi in una massa di fondo prevalentemente limosa e limoso argillosa. Ricoprono le formazioni pre-quaternarie e sono diffusamente osservabili in tutto il territorio comunale.</p>

### 3.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DINAMICA DEI VERSANTI

Il territorio comunale di Castelnuovo Né Monti, sito nella porzione centro-meridionale della Provincia di Reggio Emilia, è collocato nel contesto tra medio ed alto appennino.

Si estende per una superficie di circa 96,6 chilometri quadrati e confina a nord con i Comuni di Canossa e Casina, ad ovest con Vetto d'Enza, ad est con Carpineti, a sud con Villa Minozzo, Busana e Ramiseto.

Il capoluogo, Castelnuovo né Monti, è ubicato ad una quota di 690 m s.l.m. e dista 44 km da Reggio Emilia, che si raggiunge percorrendo in direzione nord la S.S. 63. La sua posizione baricentrica tra le valli del Secchia e dell'Enza, tra Reggio Emilia e il passo del Cerreto, hanno contribuito a rendere Castelnuovo la cittadina più popolosa dell'Appennino reggiano.

Il territorio presenta una morfologia prevalentemente montuosa, con quote altimetriche che variano dai 350 m s.l.m del fondovalle del torrente Tassobbio ai 1047 m della Pietra di Bismantova. Il sistema idrografico è assai articolato, infatti il territorio comunale ricade nei bacini idrografici del fiume Secchia (settore meridionale), del torrente Tassobbio (settore settentrionale), del torrente Tresinaro (limitato settore orientale), del torrente Atticola (settore occidentale). Il fiume Secchia costituisce il corso d'acqua principale e delimita il confine meridionale con il Comune di Villa Minozzo.

La via di comunicazione più importante è rappresentata dalla S.S. n° 63. Rivalta-P.sso del Cerreto, che attraversa tutto il territorio da nord-est a sud-ovest e collega il capoluogo con Reggio Emilia a nord e con la Provincia di Massa Carrara a sud. Le altre vie di comunicazioni principali sono la S.P. Castelnuovo Monti –S. Polo (ex S.S. 513), che rappresenta la via di collegamento con Vetto e la Val d'Enza, la S.P. 108 Bondolo – Carù, che collega il capoluogo con il Comune di Villaminozzo, la S.P. la S.P. 9 Felina – Civago, la S.P. 79 Fariolo – Trinità.

Il territorio in oggetto è stato interessato, in epoche passate, da azioni modellatrici che hanno inciso e profondamente modificato le originarie morfologie. Gli agenti modellanti di maggior influenza sono stati le acque di scorrimento e la gravità e non da ultimo l'uomo che, sia in periodi storici che attualmente, ha profondamente variato le forme naturali del territorio in analisi. Quest'ultimo, durante il Wurm era sito al di sotto del limite delle nevi persistenti (stimato prossimo circa a 1500 m slm) nella fascia a valle del margine dei ghiacciai che scendevano dal crinale appenninico (M.te Cusna e Alpe di Succiso). L'aspetto tipico del paesaggio era quindi in parte di prateria alpina ed in parte a vegetazione praticamente assente, caratteristico di ambiente morfoclimatico periglaciale.

I depositi caratteristici di detto ambito, ampiamente studiati (cfr. *Geomorfologia dell'area circostante la Pietra di Bismantova - Serv. Geol. It. vol. XCVII 1976*), sono attualmente rappresentati dai relitti di una estesa superficie topografica di glaciais, che si sviluppava radialmente a partire dalla Pietra di Bismantova. A questi sono attribuibili i depositi in prossimità di C. Pattino.

L'ubicazione di tali sedimenti, generalmente rilevabili attualmente in posizione di spartiacque, e le loro caratteristiche litologiche, li distinguono inequivocabilmente dai più recenti accumuli di frana, che si ubicano in settori di versante mediano o di fondovalle. Detti depositi sono inoltre costituiti da elementi litologici eterogenei immersi in una massa di fondo essenzialmente argillosa e non evidenziano strutture o assetti sedimentari significativi relativamente ai blocchi lapidei.

Si può quindi ricondurre l'aspetto del paesaggio wurmiano ad una ampia superficie topografica, con andamento regolare e blandamente degradante verso fasce di impluvio del paleoreticolo idrografico wurmiano, nel quale spiccavano la Pietra di Bismantova e dorsali rocciose che suddividevano in "microbacini" il territorio.

Successivamente al *Wurm* e durante l'*Olocene* antico, le condizioni climatiche sono progressivamente mutate dapprima boreali e poi atlantiche, con conseguente scioglimento dei ghiacci e formazione di corsi d'acqua sempre più imponenti. Questi ultimi hanno progressivamente inciso i depositi wurmiani, separando in lembi il glacis precedentemente formatosi che risultava sempre più terrazzato.

In relazione alla posizione morfologica dei lembi di detta superficie, in prossimità dell'attuale corso del F. Secchia, che è sopraelevata di circa 100 m rispetto al corso d'acqua, si evince che il fiume in narrativa ha sviluppato, nel settore di territorio in oggetto, un'incisione, dalle fasi terminali del *Wurm* ad oggi, corrispondente a circa un centinaio di metri.

Nell'*Olocene* antico, in condizioni climatiche diverse dalle attuali, si sono sviluppati imponenti fenomeni gravitativi, generati da fenomeni di rammollimento e plasticizzazione di litotipi essenzialmente argillosi - argilloso limosi, nelle zone di sorgenza per contatto.

Detti processi, influenzati con tutta probabilità anche da eventi sismici, ed al momento attuale totalmente o parzialmente stabilizzati, si rilevano generalmente al piede della Pietra di Bismantova.

Il territorio comunale è caratterizzato da un indice di dissesto abbastanza elevato, tanto che quasi il 28% della superficie del Comune è interessata da frane. Sono stati censiti oltre mille corpi franosi, per una superficie complessiva di oltre 27 km<sup>2</sup>. Di questi oltre il 60% risultano attivi (superficie interessata da frane attive e frane di crollo: circa 15 km<sup>2</sup>), i rimanenti sono frane quiescenti (superficie interessata da frane quiescenti: circa 12 km<sup>2</sup>). La distribuzione dei dissesti è disomogenea sul territorio, in particolare risultano particolarmente dissestate la porzione meridionale del Comune e l'estremo lembo settentrionale, tra il T. Tassobbio ed il Rio di Leguigno.

Le forme e processi evolutivi sia attivi che non in evoluzione sono e sono stati sensibilmente influenzati dalle erosioni di sponda e di fondo del F. Secchia che ha costituito livelli di base per i suoi affluenti, progressivamente approfonditisi negli ultimi 14.000 anni (dal pleistocene all'*Olocene*), determinando un'incisione localmente stimabile di circa 60-100 m.



Per quanto riguarda i processi naturali attivi più significativi, si possono distinguere:

- processi di tipo lineare
- processi di ruscellamento diffuso
- processi di soliflusso
- piccoli fenomeni franosi
- processi profondi

#### Processi di tipo lineare

Sono connessi con le precipitazioni meteoriche e risultano distribuiti uniformemente sul territorio comunale, modellando tutti i litotipi presenti con particolare intensità quelli marnosi, marnoso-argillosi. Le acque meteoriche determinano una rete di drenaggio composta da incisioni di varia profondità che possono evolvere in fossi o vallecole.

Le zone interessate da erosione attiva si contraddistinguono con assi di impluvi che tendono a progredire verso monte allargando le nicchie di degradazione che circoscrivono le vallecole. In queste, le scarpate in erosione attiva hanno altezze comprese per lo più tra 2-3 m e 30 m. Lungo dette superfici sono diffusamente presenti dissesti che generalmente coinvolgono i primi 1-3 m del sottosuolo.

#### Processi di ruscellamento diffuso

Le acque superficiali, prima di concentrarsi in zone di drenaggio preferenziale, scorrono diffusamente sul terreno. Ne consegue un dilavamento superficiale che determina una mobilitazione di detriti e suoli con accumulo al piede dei versanti.

Questa degradazione è diffusamente presente lungo i versanti del territorio comunale.

#### Processi di soliflusso

Si manifestano in coltri colluviali-eluviali e nella parte più superficiale delle formazioni marnose-argillose. La fratturazione prodotta dall'alternarsi di periodi piovosi e secchi agevola la penetrazione delle acque meteoriche determinando il rammollimento del terreno. Ne conseguono movimenti con profondità fino a 2-3 m con superfici di scivolamento piane o concave di neoformazione.

Il fenomeno è comune in zone a scarsa o assente copertura vegetale e frequentemente nelle aree a coltivazione agricola intensiva.

#### Piccoli fenomeni franosi

Sono generati da condizioni d'insieme analoghe a quelle che producono i soliflussi che però coinvolgono i terreni per spessori anche di 3-4 m. Tali processi sono di ridotte estensioni areali e sono diffusamente presenti nel territorio comunale nei terreni argillosi e marnosi e nelle alternanze arenacee-pelitiche con netta prevalenza delle peliti.

### Processi profondi

Comprendono tutti i dissesti (non attuali, quiescenti, attivi) che hanno superfici di movimento più profonde di 3-4 m; vengono distinti: in frane in blocco, frane di crollo, frane di colata.

Le frane in blocco e di crollo interessano i versanti costituiti da rocce compresse nelle unità gessoso anidritico calcaree e nelle formazioni arenacee ed arenaceo marnose con prevalenza di intercalazioni arenacee.

Tali processi sono indotti dalla presenza di discontinuità quali piani di strato, sistemi di frattura, fessurazioni tettoniche. In questi casi il tipo di frana è spesso condizionato dalla giacitura degli strati; infatti quando gli strati sono a reggipoggio, in genere si sviluppano franamenti con accumulo caotico i massi; mentre quando l'assetto è a franapoggio i movimenti avvengono lungo superfici preesistenti con traslazione in blocco di spesse unità rocciose per scivolamento.

Un fenomeno abbastanza diffuso è costituito dalla rimobilizzazione, mediante processi plastici, di materiali crollati o depositatisi su terreni marnoso argillosi. Queste evoluzioni del dissesto generano frane di tipo misto e/o complesse, composte da ammassi argillosi che inglobano pezzame litico di varie dimensioni.

Questi tipi di frane sono diffuse e gli esempi più imponenti si osservano nelle vallecicole comprese tra Montelazzo-marò-le Salde, dove la colata si estende circa dalla fascia 150 m a sud di marò sino al F. Secchia.

Analoghi processi si riscontrano ai fianchi del Rio tra Costa de Grassi e Garfagnolo, in sponda destra e sinistra del T. Dorgola, da Tavernelle a Pianello, a sud della Pietra di Bismantova, tra Bondolo-Pianello e da Ginepreto e C. Merlo, nel versante ad est-sud est della suddetta rupe, tra questa e la strada Casale – Campolungo, tra Ponte Roso-Monticelli-le Grotte-Quarqua.

I fenomeni descritti sono per lo più correlabili a sistemi morfoclimatici diversi da quello attuale ed oggi risultano essere sia non attivi che in evoluzione.

Per quanto riguarda i fenomeni franosi attivi questi sono generalmente soggetti a movimenti di tipo discontinuo nel tempo e con velocità variabile. Questi tipi di dissesto coinvolgono pendii con substrato argilloso marnoso e quelli dove sono presenti coperture di materiali sciolti.

Spesso detti fenomeni si innescano in prossimità di sorgenti di contatto e/o in zone di impluvio che favoriscono unitamente alle precipitazioni, forti saturazioni in acqua dei terreni.

## **4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI E METODOLOGIE DI ELABORAZIONE**

### **4.1 DATI GEOTECNICI**

Allo Scopo di supportare il presente Studio di Microzonazione Sismica con conoscenze stratigrafiche e geotecniche, è stata condotta una raccolta dei dati geognostici esistenti resi disponibili dall'Amministrazione.

La ricerca bibliografica ha comunque permesso di raccogliere:

- n° 42 Stratigrafie di Pozzi
- n° 5 Sondaggi a carotaggio continuo
- n° 75 prove penetrometriche statiche
- n° 8 ReMi
- n° 4 Masw

Ovviamente tra le prove d'archivio non si sono considerate quelle eseguite con attrezzature fuori degli standard consolidati, o quelle che non hanno superato i 10 metri di profondità.

Nel CD rom allegato al presente studio vengono riportati, in formato pdf, tutti i grafici e i tabulati delle indagini pregresse raccolte (Tav. 1 - Carta delle Indagini).

### **4.2 DATI GEOFISICI**

L'indagine bibliografica ha permesso di raccogliere alcune indagini geofisiche (n° 8 ReMi e n° 4 Masw).

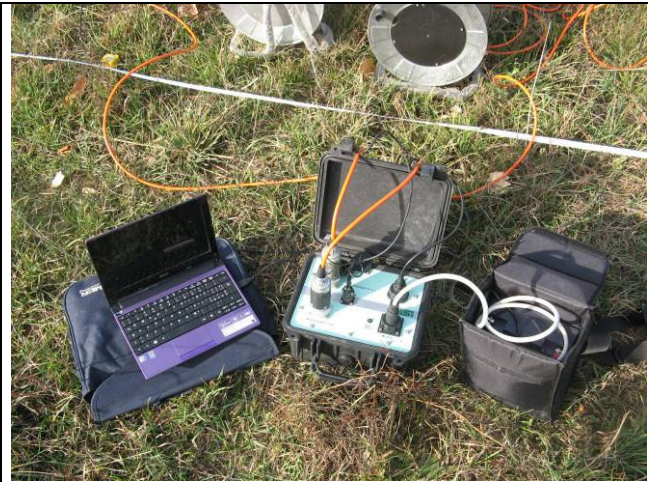
Al fine di acquisire la necessaria caratterizzazione del primo sottosuolo in termini di valori geofisici di velocità delle onde sismiche di taglio (Vs), sono state comunque realizzate le seguenti prove geofisiche negli insediamenti principali presenti sul territorio comunale:

- **n° 29 Masw**
- **- n° 29 Hvsr**

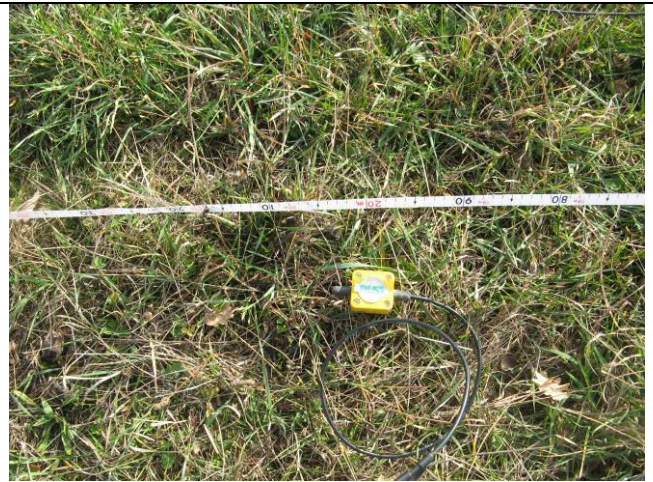
Le indagini sono state eseguite accoppiate e sono distribuite oltre che nel capoluogo anche nelle frazioni principali. All'interno di queste macro-aree sono presenti sia le aree urbanizzate che quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche. Questo ha permesso di caratterizzare, quanto più possibile, le situazioni stratigrafiche principali.

#### 4.2.1 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE (MASW) – ALLEGATO 1

Le indagini Masw sono state effettuate utilizzando un sismografo digitale a 24 canali PASI (mod. 16S-U), dotato di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz (spaziatura tra geofoni 2 m, 2s di acquisizione, offset minimi di 2-5-10 m).



Sismografo utilizzato.



Particolare dei geofoni utilizzati.

L'indagine, attraverso una serie di acquisizioni MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), è finalizzata alla caratterizzazione della risposta sismica dei vari siti in studio, attraverso la definizione del profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Nel loro insieme, le procedure adottate fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

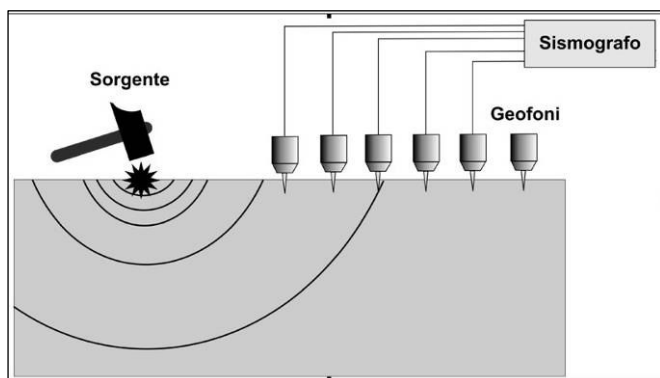
La tecnica non è invasiva e richiede una fonte di energizzazione (mazza battente).



Sistema di energizzazione-battuta.



Stendimento sismico



fase.

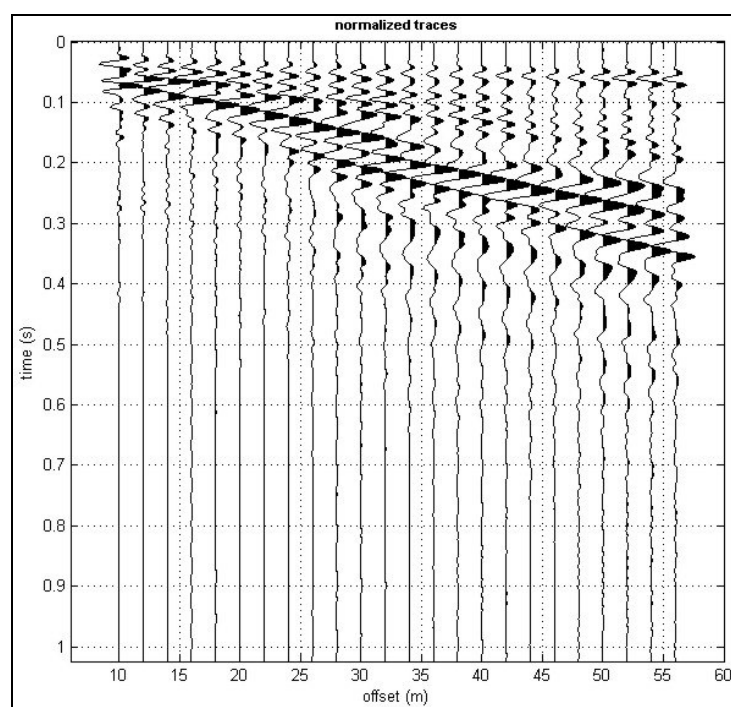
Le onde *Rayleigh*, che sono il risultato dell'interferenza fra le onde di pressione "P" e quelle di taglio "S", si trasmettono sulla superficie libera e, in un terreno stratificato, subiscono una sorta di dispersione con velocità di propagazione che dipende dalla frequenza.

Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità per cui hanno una maggior velocità di

### Elaborazione dati - Software

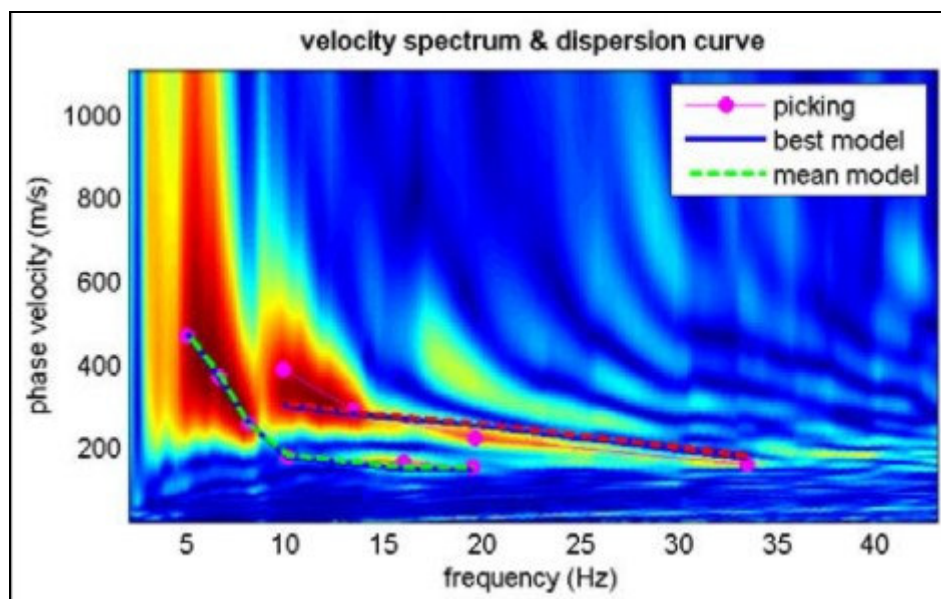
Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software *winMASW 4.8 Pro* ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)).

Per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (VS), i dati acquisiti sono stati elaborati tramite i seguenti passaggi: determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime.

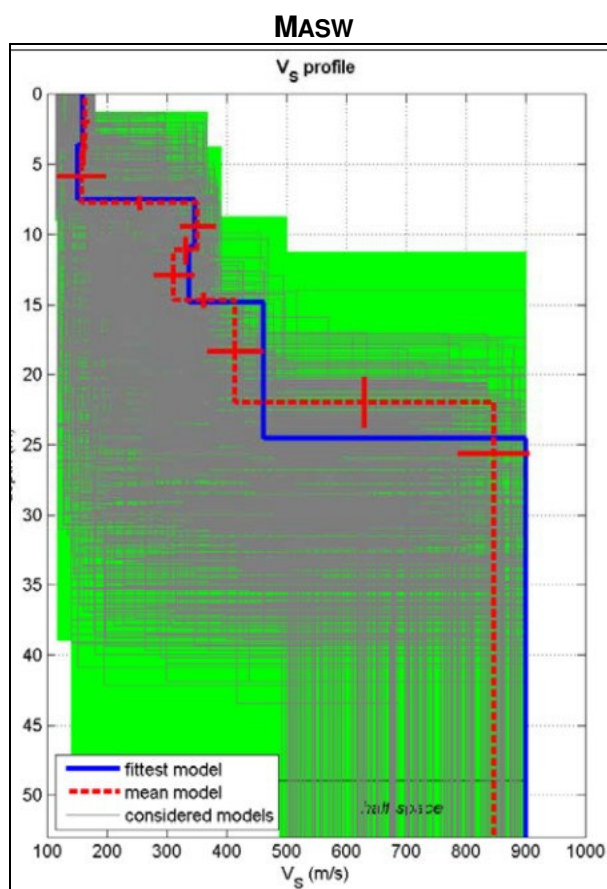


Esempio di Dataset utilizzato con le tracce in arrivo ai geofoni.

Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale viene identificata la curva di dispersione.



Di seguito si riporta il profilo verticale delle Vs (Allegato 1).



Tutti i risultati ottenuti ed i diagrammi di elaborazione delle Masw sono riportati nelle schede in All. 1.

#### 4.2.2 ANALISI SISMICA PASSIVA DEI MICROTREMORI CON TECNICA HVSR – ALLEGATO 2

Nelle aree di indagine sono state condotte acquisizioni con tecnica HVSR tramite registrazione con tromografo di rumore sismico ambientale di fondo (microtremore). L'indagine si pone come obiettivo preminente l'individuazione delle diverse frequenze di risonanza del terreno il tutto, nell'ottica di valutare eventuali fenomeni di amplificazione del moto sismico nel terreno d'indagine.

##### Strumentazione utilizzata

La registrazione di rumore sismico ambientale è stata effettuata tramite tromografo digitale *Tromino* della *Micromed s.p.a.*; tale strumento permette sia l'acquisizione digitale in alta risoluzione in modo passivo/non intrusivo che il pre-processing dei dati. Esso è costituito da tre velocimetri elettrodinamici ortogonali (N-S, E-W e UP-DOWN) autobloccanti in fase di non acquisizione.

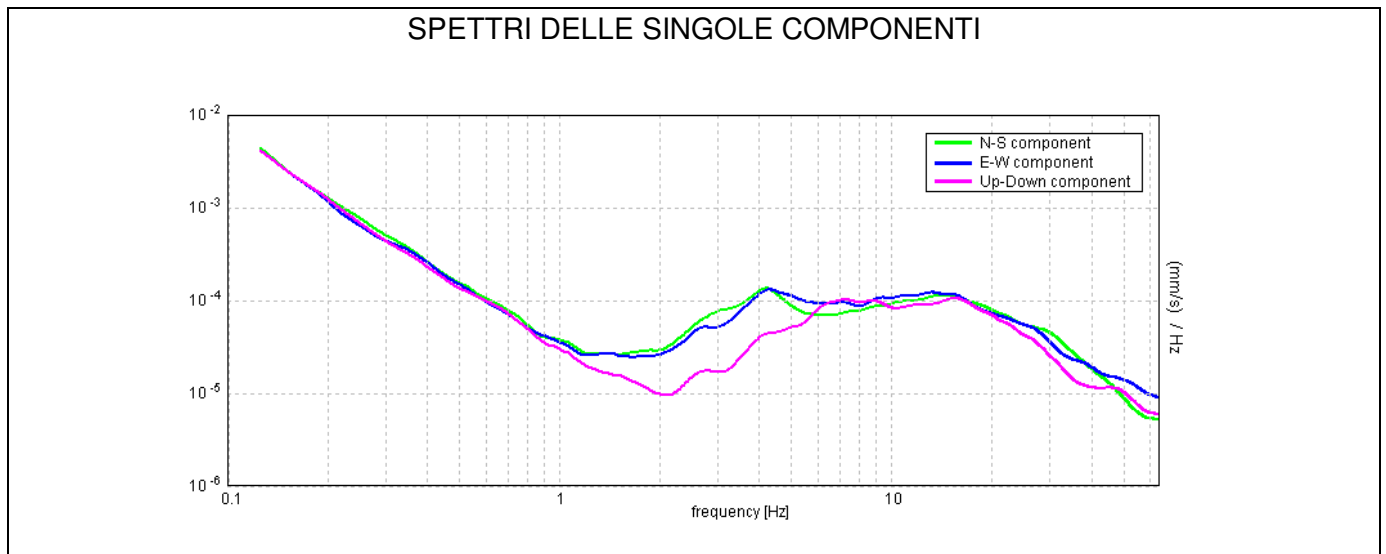
Qui di seguito vengono riportate le caratteristiche tecniche dello strumento impiegato.

SPECIFICHE TECNICHE	
<b>Costruttore:</b>	Micromed S.P.A. via Giordano 2 - 31020 - Mogliano Veneto (TV) - Italia tel. +39-041-5937000 fax +39-041-5937011 e mail: info@tromino.it support@tromino.it
<b>Apparato:</b>	TROMINO® sistema ultraportatile di acquisizione del rumore sismico
<b>Classificazione:</b>	- CISPR 11 - EN 55011 (appareati a radiofrequenza Industriale, Scientifici e Medicali (ISM) - Caratteristiche disturbi radio - Limiti e metodi di misura). Gruppo1 Classe B
<b>Conformità agli standard:</b>	EN 55011, IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-3.
<b>Alimentazione</b>	2 x 1.5 V <sub>DC</sub> AA, batterie alcaline
<b>Voltaggio Interno</b>	+3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica
<b>Potenza utilizzata</b>	75 mW (GPS inattivo), 450 mW (GPS attivo)
<b>Durata Batteria</b>	80 h in continuo. GPS inattivo
<b>Numero canali</b>	7 + 1 analogico
<b>Amplificatori</b>	tutti i canali con ingressi differenziali
<b>Rumore</b>	< 0.5 µV r.m.s. @ campionamento 128Hz
<b>Impedenza in ingresso</b>	10 <sup>6</sup> Ω
<b>Intervallo di frequenza</b>	DC - 360 Hz
<b>Frequenza campionamento</b>	16384 Hz per canale
<b>Frequenza sovracamp.</b>	32x, 64x, 128x
<b>Risoluzione A/D</b>	24 bit equivalenti
<b>Max ingresso analogico</b>	51.2 mV (781 mV/divigi)
<b>Display</b>	grafico, 128 x 64 pixel, retroilluminato
<b>Tastiera</b>	soft-touch, 4 tasti
<b>Orologio</b>	interno, permanente con data e allarme, può essere visualizzato durante l'acquisizione
<b>GPS</b>	12 canali con marcatempo (precisione 1 µs)
<b>Livellamento</b>	a bolla, alta precisione orizzontale, sensibilità 5" arco (0.083°)
<b>Connessioni</b>	Porta USB tipo B
<b>Registrazione dati</b>	memoria interna standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
<b>Dimensioni e peso</b>	10 x 14 x 7.7 (altezza) cm 1.1 kg Contenitore in alluminio
<b>Accoppiamento al terreno</b>	piedini o cuscino reologico
<b>Condizioni ambientali per l'uso</b>	temperatura - 10 / +70°C umidità 0-90% senza condensa
<b>Impermeabilità</b>	Indice di protezione IP → 65 (a prova di polvere e schizzi)
<b>Sensori</b>	3 velocimetri elettrodinamici ortogonali Auto-bloccanti quando non acquisiscono Correzione elettronica ed attraverso il software <i>Grilla</i> per la risposta in frequenza dei sensori
<b>Intervallo frequenza di lavoro</b>	0.1 - 256 Hz.

In ogni sito d'indagine sono state effettuate n° 2 acquisizioni da 16-20 min ciascuna.

Le registrazioni sono state effettuate su terreni mediamente compatti; a tal proposito si specifica che sono stati eliminati i primi centimetri di terreno pulendo e regolarizzando il piano di posa al fine di un corretto posizionamento/funzionamento dello strumento.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata tramite il software *Grilla vers. 6.1* in dotazione allo strumento; esso permette di definire gli spettri delle singole componenti (N-S, E-W e UP-DOWN), di effettuare le analisi H/V e di valutare eventualmente la VS30.

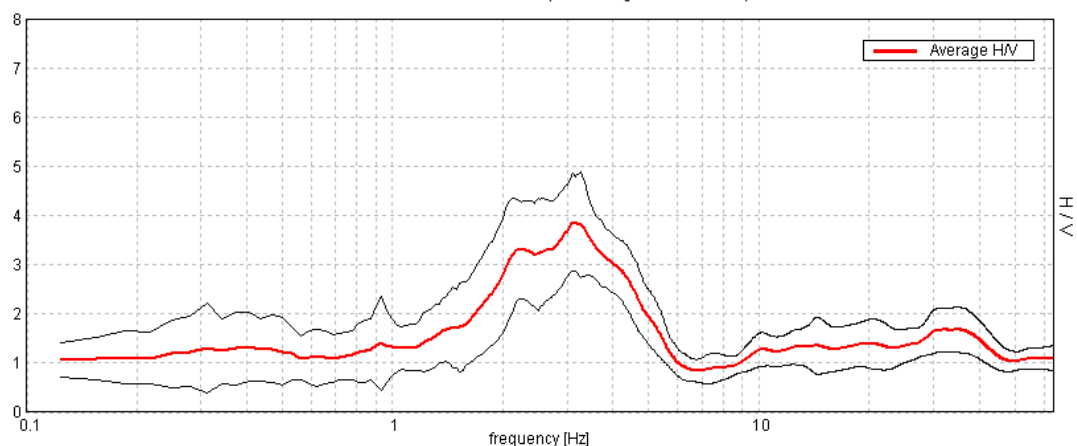


### Interpretazione dei dati

L'ipotesi alla base della metodologia di elaborazione è che essendo i microtremori causati prevalentemente dalle onde di Rayleigh, la componente verticale del moto non subisce fenomeni di amplificazione in corrispondenza di marcati contrasti di impedenza sismica, mentre detto fenomeno avviene per le componenti orizzontali, soprattutto in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza ( $F_0$ ) dei terreni indagati. Eseguendo quindi il rapporto tra gli spettri di frequenza orizzontale e verticale (H/V) si ottiene un grafico in cui si evidenziano le frequenze in cui si hanno i maggiori effetti di amplificazione locale.

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $3.13 \pm 0.13$  Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).





In fase di elaborazione dati, inoltre, è stata eseguita anche un'analisi H/V con una percentuale di *smoothing* inferiore ovvero pari all'1% in modo tale da individuare i vari picchi antropici e le loro frequenze; tale analisi conferma, sostanzialmente, che i picchi H/V alle frequenze individuate sono di natura stratigrafica.

Il software GRILLA permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, la serie di rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 secondi) per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto. Su ciascuna di queste finestre viene calcolato lo spettro di ampiezza del segnale nelle tre componenti. In questa fase è stata applicato un sistema di lisciamento (*smoothing*) triangolare del 10% adottato per la determinazione dello spettro.

Dopo un opportuno lisciamento, le ordinate spettrali del moto sul piano orizzontale, ottenute mediando opportunamente i valori ottenuti nelle due direzioni principali, sono state divise per quelle ottenute nella direzione verticale.

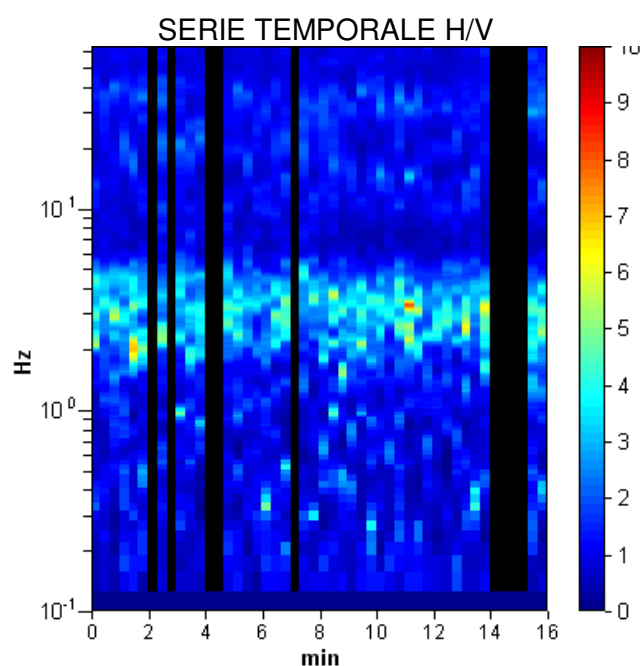
L'andamento dei rapporti spettrali è stato quindi ottenuto mediando i valori ottenuti per le diverse finestre temporali considerate. Per definire la qualità delle misure sono state anche valutate le variazioni temporali e azimutali dei rapporti spettrali nel corso della sessione di misura e fatta una stima del relativo intervallo di confidenza.

Di seguito sarà brevemente descritta la procedura di analisi seguita:

- Ciascuna delle tracce è suddivisa in segmenti o finestre di 20 secondi.
- In ogni finestra e per ciascuna delle tracce viene eseguita:
  - un'analisi preliminare: eliminazione di trend lineari (*detrend*) e *tapering* delle estremità.
  - la trasformata di Fourier (FFT)
  - il lisciamento degli spettri con finestra triangolare ampia una frazione della frequenza centrale (in questo lavoro generalmente il 10%).
- Le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali vengono mediate in modo geometrico, e vengono calcolati i rapporti HVSR ( $f$ ), in ciascuna finestra temporale.
- Si calcolano i rapporti HVSR medi ed il relativo intervallo di confidenza al 95%. Alla frequenza di risonanza viene associata una stima dell'incertezza sperimentale.

Lo spettro relativo alla componente orizzontale viene ottenuto effettuando la media (solitamente geometrica) delle due componenti spettrali del rumore sul piano orizzontale. La combinazione delle stime ottenute nelle diverse finestre temporali viene poi utilizzata per costruire la funzione H/V finale e stimare il relativo intervallo di confidenza. In particolare, la funzione H/V è ottenuta facendo la media dei valori delle funzioni H/V calcolate in ogni finestra temporale.

Per verificare se le misure sono state effettuate in condizioni ottimali per i fini geognostici (campo d'onde diffuso), oltre alla stima della curva H/V, risulta quindi utile valutare l'eventuale presenza di fenomeni direzionali (eterogeneità del campo di rumore) e la stabilità nel tempo della funzione H/V durante la misura (stazionarietà). In presenza di un campo di rumore diffuso il valore della funzione H/V non deve cambiare nel tempo o al variare della direzione. Al contrario, la presenza di sorgenti dominanti o il cattivo posizionamento dello strumento (basculamento) si manifesta come una variazione direzionale e/o temporale dei rapporti H/V.



Sperimentalmente, l'analisi di qualità della misura può essere effettuata confrontando le ampiezze spettrali medie del rumore misurato lungo le due componenti orizzontali, oppure calcolare diversi valori della funzione H/V di volta in volta proiettando lungo direzioni differenti le ampiezze spettrali ottenute sul piano orizzontale. La stazionarietà nel tempo, invece, può essere valutata rappresentando in funzione del tempo le funzioni H/V ottenute nelle diverse finestre temporali considerate.

## **5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO**

La “Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica” (Tav. 2) ha riportato tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche) derivate da informazioni esistenti desunte dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna e 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 per la definizione del modello di sottosuolo per l'intero territorio comunale e propedeutici per la definizione in chiave sismica degli effetti attesi al suolo.

La conformazione locale del territorio comunale può essere suddiviso in due macrodomini: il Dominio Ligure e la Successione Epiligure, come descritto nel Cap.3.

Buona parte del territorio comunale, compreso l'area del capoluogo, è caratterizzato da formazioni appartenenti alla successione Epiligure. Tali formazioni semiautoctone costituite da arenarie, areniti, marne e marne argilloso-siltose, brecce poligeniche e peliti arenacee costituiscono il materiale lapideo stratificato, la cui stratificazione è influente sulle caratteristiche rocciose dell'ammasso. Tali litologie rappresentano il substrato geologico più giovane presente nel territorio comunale.

Nella parte occidentale del territorio comunale, ad ovest del capoluogo ed in alcune altre zone, le unità litologiche sono costituite principalmente da 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. Sono poi presenti secondariamente alternanze calcareo marnose ed arenaceo pelitiche, del Dominio Ligure esterno con presenza di megatorbiditi arenaceo pelitiche, 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, caratterizzate da areniti e sabbie che si differenziano per il basso grado di cementazione.

Sulla base del modello del sottosuolo sopra descritto, si determina che la morfologia generale del territorio risulta caratterizzata da rilievi con formazioni arenacee prettamente lapidee circondati da formazioni argillose poco resistenti agli agenti del modellamento superficiale. In corrispondenza del limite tra queste due unità geologiche si riscontra spesso una marcata variazione della topografico, determinata dal raccordo tra pareti sub-verticali con pendii argillosi a pendenze inferiori e a morfologia ondulata. Lungo i pendii con abbondante matrice argillosa si rinvengono depositi detritici, a prevalente componente limo-argillosa, che costituiscono i fenomeni franosi di modeste dimensioni assai diffusi lungo tali pendii.

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

Quanto sopra descritto ed i rispettivi rapporti stratigrafici e l'assetto tettonico delle unità e formazioni che costituiscono il sottosuolo del territorio comunale di Castelnovo ne' Monti, sono visualizzati anche nelle sezioni geologiche realizzate e riportate nella cartografia.

## 6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

### LIMITAZIONI DELLO STUDIO

Occorre evidenziare che il presente studio è stato effettuato sui dati disponibili per il territorio in esame.

In particolare i dati stratigrafici, utilizzati per la costruzione del modello geologico e delle sezioni geologiche, derivano principalmente:

- dalle carte geologiche della Regione Emilia Romagna le quali seppur precise nel loro complesso sono realizzate con pochi affioramenti, distribuiti principalmente lungo le linee d'impluvio dei corsi d'acqua; generalmente è presente una spessa coltre di copertura che oblitera le informazione del paesaggio geologico;
- dalle stratigrafie di pozzi;
- nelle aree d'indagine, che comprendono il territorio urbanizzato e di futura urbanizzazione, sono presenti raramente sondaggi a carotaggio continuo; sono disponibili invece numerose prove penetrometriche;
- le prove geofisiche utilizzate esistenti e nuove, sono tutte di tipo indiretto di superficie e discretamente distribuite; sono presenti solo nell'area del capoluogo misure geofisiche di tipo dirette eseguite in foro di sondaggio (downhole);
- l'attribuzione dei parametri geofisici alle unità geologiche del sottosuolo e la determinazione della profondità del bedrock sono state effettuate su un numero di dati ritenuto sufficiente;

#### *Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi*

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici (da bibliografia)	<b>Bassa</b>	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	<b>Media</b>	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)

	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	<b>Media</b>	Da prove indirette (Masw, Hvsr) e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Il livello di attendibilità dello studio di microzonazione, in relazione alle informazioni utilizzate, è quindi da ritenersi **medio**.

I risultati della modellazione effettuata, che sono evidentemente condizionati dalla qualità delle informazioni stratigrafiche e sulle caratteristiche geotecniche e sismiche, non devono essere considerati come valori assoluti, ma solo come indicatori della possibilità che si manifestino fenomeni di amplificazione sismica.

Gli studi effettuati confermano il rischio di amplificazione sismica di tipo stratigrafico in tutto il territorio comunale.

Occorre quindi che per ogni intervento edilizio siano effettuate indagini geognostiche e geofisiche di approfondimento e specifiche valutazioni del rischio di amplificazione sismica.

## 7. RISULTATI

Ad integrazione delle indagini pregresse sono state realizzate le seguenti nuove indagini geofisiche:

- n° 29 Masw
- n° 29 Hvsr

### 7.1 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE -MASW

Tutte le indagini Masw hanno raggiunto il bedrock dell'area investigata e quindi hanno permesso di determinare parametri essenziali quali:

- VsH (m/s): velocità delle onde S nei depositi di copertura
- H (m): spessore dei depositi di copertura (profondità del bedrock)
- Vs30 (m/s): velocità delle onde S fino a 30 m di profondità
- Vs sub (m/s): velocità delle onde S nel substrato

Di seguito si riportano in forma schematica i risultati ottenuti.

**Tabella di sintesi delle prove geofisiche MASW di nuova realizzazione**

<i>Tipo e n° di prova</i>	<i>Località</i>	<i>H (m)</i>	<i>VsH (m/s)</i>	<i>Vs30 (m/s)</i>	<i>Vs sub (m/s)</i>
MASW 1	Gatta	5.4 (12.1)*	202 (308)	508	>800
MASW 2	Croce	8.1	237	451	<800
MASW 3	Maro	4.8	234	528	>800
MASW 4	Campolungo	10.2 (30.0)*	239 (378)	379	>800
MASW 5	Noce	6.4	380	720	>800
MASW 6	Casale	24.6	254	285	<800
MASW 7	Berzana	4.6 (9.5)*	169 (241)	426	>800
MASW 8	Bondolo	2.1 (15.5)*	200 (266)	377	>800
MASW 9	Carnola	7.8	200	374	<800
MASW 10	Costa dé Grassi	10.1	305	522	>800
MASW 11	Terminaccio	4.1 (11.5)*	227 (351)	610	>800

<b>Tipo e n° di prova</b>	<b>Località</b>	<b>H (m)</b>	<b>VsH (m/s)</b>	<b>Vs30 (m/s)</b>	<b>Vs sub (m/s)</b>
MASW 12	Monteduro	3 (13.1)*	165 (289)	418	>800
MASW 13	Regnola	2.5 (38.0)*	160 (439)	428	>800
MASW 14	Cà di Scattola	7.2	263	555	>800
MASW 15	Gombio	10.7	267	463	>800
MASW 16	Soraggio	4.3 (8.8)*	212 (298)	543	>800
MASW 17	Villa Berza	8.4	210	456	>800
MASW 18	Roncroffio	(22.0)*	254	312	>800
MASW 19	Castelnuovo 1	1.7 (14.6)*	99 (265)	408	>800
MASW 20	Castelnuovo 2	1.8 (6.1)*	209 (325)	718	>800
MASW 21	Tavernelle	11.0 (24.2)*	235 (347)	402	>800
MASW 22	Frascaro	12.6	201	294	<800
MASW 23	Casino	8.9 (25.0)*	147 (228)	259	>800
MASW 24	Quarqua	2.7 (16.4)*	119 (242)	337	>800
MASW 25	Felina	6.0	242	507	<800
MASW 26	Rivolvecchio	3.9 (19.7)*	178 (355)	439	>800
MASW 27	Feriolo	1.9 (33.1)*	226 (431)	422	>800
MASW 28	Cà Perizzi	2.6 (23.8)*	188 (402)	451	>800
MASW 29	Monchio di Felina	8.0	222	321	<800

H: prof. terreni di copertura, tra parentesi (19.7)\* la prof. del substrato alterato a media bassa velocità –  
VsH: velocità onde S dei terreni di copertura, tra parentesi (347) la velocità onde S comprensiva dei terreni di copertura più il substrato alterato a media bassa velocità

Vs30: velocità equivalente onde S nei 30 m - Vs sub: velocità onde S del substrato – FA: valori dei fattori di amplificazione stratigrafica (DAL 112/2007 RER).

## 7.2 ANALISI SISMICA PASSIVA DEI MICROTREMORI – HVSR

Le indagini hanno verificato:

- valore di  $f_0$  corrispondente al picco significativo a più bassa frequenza (fr. di risonanza fondamentale)
- valore di  $f_{1,2}$  corrispondente ad altri picchi significativi a più alta frequenza

Nel caso di spettri in cui sono stati individuati più di un picco di frequenza, quello più significativo è stato scelto in base ai seguenti parametri valutativi in ordine di importanza: - valore di frequenza in funzione alla tipologia edilizia ( $n^\circ$  piani), - ampiezza del picco, - bassa frequenza

**Tabella di sintesi delle prove geofisiche – HVSR**

<i>Tipo e n° di prova</i>	<i>Località</i>	<i>f0(hz)</i>	<i>Amp f1(n°)</i>	<i>f1(hz)</i>	<i>Amp f1 (n°)</i>
HVSR 1	Gatta	<b>10.50</b>	4.19	<b>7.0</b>	2.80
HVSR 2	Croce	<b>5.75</b>	4.05	<b>4.0</b>	3.00
HVSR 3	Maro	<b>8.53</b>	2.89	-	-
HVSR 4	Campolungo	<b>5.63</b>	4.54	<b>2.50</b>	2.80
HVSR 5	Noce	<b>6.75</b>	2.68	-	-
HVSR 6	Casale	<b>3.13</b>	3.85	-	-
HVSR 7	Berzana	<b>2.69</b>	2.20	-	-
HVSR 8	Bondolo	<b>4.03</b>	2.58	-	-
HVSR 9	Carnola	<b>4.91</b>	2.57	-	-
HVSR 10	Costa dé Grassi	<b>8.03</b>	2.25	-	-
HVSR 11	Terminaccio	<b>6.50</b>	3.10	-	-
HVSR 12	Monteduro	<b>14.94</b>	3.34	-	-
HVSR 13	Regnola	<b>11.56</b>	2.44	<b>2.50</b>	2.10
HVSR 14	Cà di Scattola	<b>7.50</b>	4.19	<b>11.00</b>	2.90
HVSR 15	Gombio	-	-	-	-
HVSR 16	Soraggio	<b>4.34</b>	2.14	<b>13.00</b>	2.30
HVSR 17	Villa Berza	<b>6.88</b>	6.04	-	-
HVSR 18	Roncroffio	<b>3.59</b>	3.97	-	-
HVSR 19	Castelnuovo 1	<b>12.13</b>	5.26	-	-
HVSR 20	Castelnuovo 2	<b>12.00</b>	3.00	-	-
HVSR 21	Tavernelle	<b>7.03</b>	3.76	<b>5.00</b>	3.30
HVSR 22	Frascaro	<b>3.63</b>	3.65		
HVSR 23	Casino	<b>4.06</b>	5.03	<b>6.00</b>	3.10
HVSR 24	Quarqu	<b>4.19</b>	2.29	<b>11.00</b>	2.00
HVSR 25	Felina	<b>13.00</b>	4.28	-	-
HVSR 26	Rivolvecchio	<b>2.20</b>	2.60	<b>8.75</b>	4.33
HVSR 27	Feriolo	-	-	-	-
HVSR 28	Cà Perizzi	<b>9.50</b>	3.00	<b>7.50</b>	2.20
HVSR 29	Monchio di Felina	<b>4.63</b>	2.80	<b>6.00</b>	2.30

f1: frequenza. di risonanza fondamentale – f2: altra freq. di risonanza secondaria - Amp.: ampiezza del picco di freq.



## **8. ELABORATI CARTOGRAFICI**

A corredo dello studio di microzonazione sismica sono state prodotte 9 tavole tematiche a scala 1:5.000/10.000:

- 1) Carta delle Indagini.
- 2.1-2.2) Carta Geologica-Tecnica
- 3) Sezioni geologiche.
- 4) Carta delle frequenze naturali dei terreni.
- 5) Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).
- 6.1-6.2) Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).
- 7.1-7.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA P.G.A.
- 8.1-8.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.1-0.5 s
- 9.1-9.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.5-1 s

### **CARTA DELLE INDAGINI – TAV 1**

Nella carta delle indagini sono riportate con opportuno simbolo grafico tutte le indagini geognostiche disponibili, reperite dalla bibliografia fornita dall'Amministrazione Comunale, e le nuove eseguite a corredo del presente studio.

Il sottosuolo del territorio comunale è stato indagato per svariati scopi (ricerche d'acqua, caratterizzazione geotecnica, sismica, eccetera) nei decenni precedenti. Tutto questo materiale conoscitivo è stato raccolto ed archiviato dal Comune di Castelnuovo ne' Monti, e dalla Regione Emilia-Romagna. Alcune delle prove di repertorio sono state eseguite con attrezzature fuori standard (fornendo quindi esiti inutilizzabili o non interpretabili), altre sono troppo superficiali per poter essere pienamente usate per gli scopi del presente lavoro. Le prove utilizzate in questo lavoro sono riconoscibili con sigla identificativa:

L'insieme delle conoscenze di sottosuolo di repertorio è stata utilizzata sia per orientare il programma e la localizzazione delle nuove indagini da effettuare, sia per stabilire la tipologia delle prove da realizzare. Infine l'archivio delle prove è stato utile nell'elaborazione dei modelli sismici e, soprattutto, nella loro estrapolazione territoriale.

Importante sottolineare che la distribuzione areale delle nuove prove geofisiche eseguite segue le necessità imposte dalla distribuzione geografica dei principali nuclei abitati, e dalla profondità e qualità del supposto "bedrock sismico".

In particolare sono documentate:

Indagini di repertorio:

- n° 8 Sondaggi a carotaggio continuo
- n° 8 prove penetrometriche statiche
- n° 3 Down Hole
- n° 2 ReMi
- n° 5 Masw
- n° 1 Sasw
- n° 17 Sismica Rifrazione
- n° 28 Hvsr

Indagini di nuova realizzazione:

- n° 29 Masw
- n° 29 Hvsr

I simboli adottati sono i seguenti.

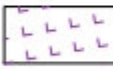
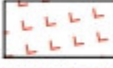

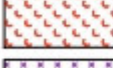
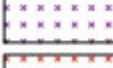


	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
	Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
	Prova penetrometrica dinamica pesante
	Prova sismica in foro di tipo DownHole
<b>SR</b> 	Profilo sismico a rifrazione
<b>RM</b> 	Prova REfractionMIcreotremors
	Stazione microtremore a stazione singola
<b>SW</b> 	SASW

## CARTA GEOLOGICO TECNICA – TAV 2.1/2.2

Nella Carta geologico tecnica sono rappresentati:

- i terreni copertura, prodotti dalla degradazione meteorica del substrato geologico le faglie e le forme del dissesto individuate dalla carta del PTCP della provincia di Reggio Emilia;
- i terreni e le rocce del substrato geologico, con in evidenza la natura litologica dei diversi substrati costituenti le aree indagate.

Di seguito la legenda della Carta Geologica-Tecnica.

Legenda	
<b>Terreni di copertura</b>	
<b>CLec</b>	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre da eluvi/colluvi
<b>CLfg</b>	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di deposito fluvio glaciale
<b>CLtf</b>	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di terrazzo fluviale
<b>CHec</b>	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse da eluvi/colluvi
<b>CHlc</b>	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse di ambiente lacustre
<b>CHfg</b>	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse di deposito fluvio glaciale
<b>CHfd</b>	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse di falda detritica
<b>Instabilità di versante</b>	
	Scorrimento – attiva
	Scorrimento – quiescente
	Colata – attiva
	Colata – quiescente
	Complessa – attiva
	Complessa – quiescente
<b>Forme di superficie e sepolte</b>	
	Falda detritica

### Terreni di copertura

I prodotti della degradazione meteorica delle Formazioni presenti nelle zone indagate possono sostanzialmente essere tutti indicati con le sigle:

- **CL**: argille inorganiche di media plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre.

Terreni di copertura derivanti dalla degradazione meteorica delle seguenti Unità: Formazione di Cigarellino, Formazione di Contignaco, Flysch di Monte Cassio, Marne di Monte Piano, Formazione di Pantano, Formazione di Ranzano, Arenarie di Scabiazza, Formazione di Cigarellino litofacies arenacea.

- **CH**: argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse.

Terreni di copertura derivanti dalla degradazione meteorica delle seguenti Unità: Argille Varicolori di Cassio, Argille a Palombini, Marne di Antognola, Formazione di Cigarellino litofacies caotica, Formazione di Ranzano litofacies pelitica.

- **ec**: Eluvi/Colluvi

### Substrato geologico

A seconda del contesto geologico e delle caratteristiche litostratigrafiche della formazioni, quest'ultime rientrano in diverse classi. Si tratta di formazioni per lo più fortemente eterogenee e pertanto con comportamento sismico anche differente.

Substrato geologico rigido o non rigido	
	Lapideo con amplificazione topografica
	Lapideo stratificato
	Substrato geologico non rigido
	Substrato geologico non rigido, stratificato
	Alternanza di litotipi stratificato con amplificazione topografica
	Alternanza di litotipi stratificato
	Substrato geologico rigido molto fratturato
	Substrato geologico rigido molto fratturato con amplificazione topografica

**LPS – Lapideo stratificato:** rocce dure stratificate prevalentemente calcaree ed arenacee e alternanza di litotipi. Flysch del Monte Cassio, Formazione di Pantano, Formazione di Ranzano litofacies arenacea, Formazione di Cigarellino litofacies arenacea

**NR – Non rigido:** terreni poco cementati, coesivi sovraconsolidati, coesivi sovraconsolidati stratificati, rocce tenere prevalentemente argillose e/o marnose, pelitico-arenacee o breccie argillose.

Argille Varicolori di Cassio, Marne di Antognola, Argille a Palombini, Formazione di Cigarellino, Breccie Argillose della Val Tiepido-Canossa, Breccie Argillose di Baiso, Breccie Ofiolitiche.

**NRS – Non rigido stratificato:**, rocce dure costituiti da alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici.

Arenarie di Scabiazza.

**ALS – Alternanza di litotipo stratificato:** rocce costituite da alternanze con livelli lapidei prevalenti e alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici.

Formazione di Pantano, Formazione di Ranzano.

L'area cartografata è stata limitata come estensione all'interno delle aree d'indagine concordate con il Comune di Castelnuovo ne' Monti ed è pertanto coincidente con la carta di primo livello delle MOPS (Microzone omogenee in prospettiva sismica).

### Note di rappresentazione grafica (concordate con il Dott. Martelli Luca del Servizio Geologico della RER):

- 1) In Legenda, seppur non previsti dagli Standard di rappresentazione, sono stati riportati anche i codici relativi agli ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura.
- 2) Vengono evidenziate, con un sovrassegno rigato nero, le aree soggette ad amplificazione topografica.

### SEZIONI GEOLOGICHE – TAV 3

Le zone indagate sono corredate da sezioni geologiche significative, in numero adeguato orientate sia trasversalmente sia longitudinalmente ai principali elementi geologici.

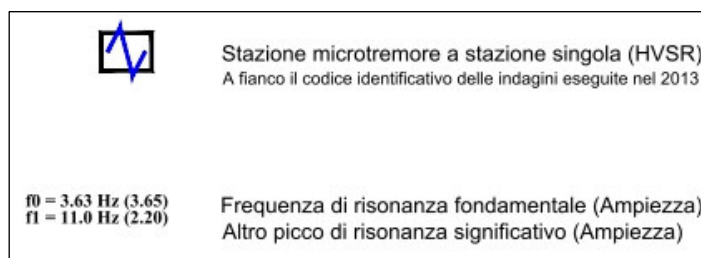
Le sezioni permettono di ben schematizzare, le caratteristiche morfometriche e il modello geologico-strutturale generale delle aree in studio, evidenziando gli assetti formazionali, i contatti tettonici tra le diverse Unità, i depositi superficiali principali.

Sono state rappresentate 7 sezioni geologiche per la rappresentazione strutturale del sottosuolo delle varie aree d'indagini del Comune di Castelnuovo ne' Monti. Vengono ricomprese nelle tracce tutte le frazioni principali e il capoluogo.

### CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI – TAV 4

Questa tavola deriva da indagini di sismica passiva. Sono riportati tutti i punti di misura (29 stazioni microtremore a stazione singola- HVSR sulle vibrazioni ambientali), con associato il risultato della prova:

- valore di  $f_0$  corrispondente al picco significativo
- valore di  $f_{1-2}$  corrispondente ad altri picchi significativi
- indicazione dell'assenza di picchi.



Come già detto, nel caso di spettri in cui sono stati individuati più di un picco di frequenza, quello più significativo è stato scelto in base ai seguenti parametri valutativi in ordine di importanza:

- valore di frequenza in funzione alla tipologia edilizia (n° piani)
- ampiezza del picco
- bassa frequenza

Considerando 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), risulta evidente l'utilità di detta tipologia di indagine per individuare, come previsto dal primo livello di approfondimento degli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, le aree a maggior rischio di doppia risonanza in relazione alla tipologia edilizia.

Dall'analisi dei risultati ottenuti, in generale si osserva che:

- n° 7 Hvsr presentano picchi principali ad alta frequenza (>9Hz compresi tra 9-15Hz)
- n° 15 Hvsr presentano picchi principali a media frequenza (4÷8 Hz)
- n° 5 Hvsr presenta picco principale a bassa frequenza (2÷4 Hz)
- n° 2 Hvsr non presentano picchi significativi

I risultati possono essere distinti sulla base di alti o bassi contrasti di impedenza alla base delle coperture grazie alla quantificazione numerica dell'ampiezza massima della curva HVSR.

Indicativamente si possono individuare due classi (non distinte sulla carta):

2÷4 (basso-medio contrasto di impedenza)

4÷6 (medio-alto contrasto di impedenza)

Non si è ritenuto opportuno creare classi di frequenza o aree omogenee di ugual frequenza ma si sono mantenuti i valori puntuali delle indagini.

Generalmente i picchi non presentano ampiezze nette e/o elevate (da 2 a 4); solo in alcuni casi il picco si presenta netto e ad ampiezza elevata (4-6 - abitati di Gatta, Croce, Campolungo, Cà di Scattola, Villa Berza, Castelnuovo ne' Monti, Casino, Felina).

Dall'osservazione dei dati ottenuti si consiglia, in fase di studio esecutivo di ogni singola area d'intervento edilizio, di eseguire indagini HVSR d'approfondimento al fine di meglio individuare e dettagliare possibili frequenze di risonanza del terreno di fondazione potenzialmente interferenti con il modo fondamentale di vibrare delle strutture in elevazione (valori generalmente e indicativamente compresi tra 2 hz (capannoni e/o fabbricati alti 4-5 piani) e 12 hz (fabbricati bassi di 1 piano)).

## CARTA DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO S ( $V_s$ ) – TAV 5

Nella carta delle velocità sono indicate con opportuno simbolo grafico le seguenti indagini geofisiche:

- 29 MASW di nuova realizzazione;

Trattandosi di aree di collina/montagna caratterizzate dalla presenza di depositi di copertura e di spessori anche ampi di alterazione posti a tetto del bedrock sismico, il parametro discriminante è senz'altro il valore di  $V_sH$ .





Per ogni punto di misura si riportano i seguenti valori:

$V_sH$  (m/s): velocità delle onde S nei depositi di copertura e negli spessori di substrato alterato e detensionato

H (m): spessore dei depositi di copertura (profondità del bedrock)

$V_{s30}$  (m/s): velocità delle onde S fino a 30 m di profondità

$V_{s\ sub}$  (m/s): velocità delle onde S nel substrato

	Prova sismica in foro di tipo DownHole
	SASW
	MASW A fianco il codice identificativo delle indagini eseguite nel 2013
	Prova REfractionMicrotremors
$V_{s30} = 259$ m/s	Velocità delle onde S fino a 30 m di profondità
H = 25 m	Spessore dei depositi di copertura (profondità del bedrock)
$V_{sH} = 228$ m/s	Velocità delle onde S nei depositi di copertura
$V_{s\ sub} = >800$ m/s	Velocità delle onde S nel substrato

Dall'analisi dei risultati ottenuti, in generale si osserva che:

- le  $V_{s30}$  ricadono in un range molto ampio compreso tra 259 m/s (Casino)÷720 m/s (Noce);
- la gran parte delle indagini forniscono valori compresi tra 300-500 m/s;
- i valori delle velocità del substrato ( $V_s$  sub) posso essere considerate tipiche di substrato sismico rigido (800÷1200 m/s);
- gli spessori considerati di “copertura” sono variabili e compresi tra 1.7-24.6 m, mediamente però tra 4-10 m;
- le velocità medie delle coperture ( $V_sH$ ) sono comprese tra 100-305 m/s.

È opportuno evidenziare che in talune situazioni sono stati rilevati elevati spessori di terreni di substrato alterato, fratturato e/o detensionato, caratterizzati da medio-basse velocità delle onde S (300-500 m/s).

Data l'importanza dello spessore delle coperture (H) e anche del substrato alterato, in riferimento all'amplificazione del moto sismico, questo fattore andrà meglio dettagliato per ogni singolo intervento edilizio con indagini geofisiche di approfondimento.

#### **CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) – TAV. 6.1/6.2**

Il moto sismico di un determinato territorio è direttamente influenzato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Alcuni depositi e forme morfologiche possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni d'instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione. Queste modificazioni dovute alle caratteristiche locali sono comunemente definite “effetti locali”.

Esiste ormai un generale accordo su quali depositi e forme del paesaggio possono, durante o a seguito di un terremoto, determinare amplificazioni del moto sismico in superficie o concorrere a modificare in maniera permanente l'assetto del territorio causando cedimenti, franamenti e rotture del terreno.

Le conoscenze territoriali oggi disponibili, soprattutto grazie alle carte geologiche, alle banche dati geognostiche, alle carte topografiche e ai modelli digitali del terreno, permettono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

La Carta delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS); è il documento fondamentale del primo livello di approfondimento.

Le microzone presenti nella Carta sono classificate in tre categorie:

a) **zone stabili**, nelle quali non si ipotizzano effetti locali significativi di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento; il moto sismico non viene modificato (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive); sono le zone dove è affiorante il bedrock sismico con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa 15°-20°).

In queste zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;

b) **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico/topografico locale.

In tre aree indagate può essere presente l'effetto di amplificazione topografica.

Per l'amplificazione: litostratigrafica vengono distinte diverse zone sulla base degli spessori dei terreni di copertura e della natura.

Per le zone di questa categoria sono definiti numericamente dei valori dei fattori di amplificazione delle accelerazioni FA e delle velocità FV; in tali zone sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s < 800$  m/s) con spessori superiori ai 5 m; le litologie alle quali si assimilano quelle presenti sul territorio sono:

- riporto antropico;
- terreni a comportamento granulare: ghiaia, ghiaia/sabbiosa-sabbia/ghiaiosa, sabbia, sabbia/limosa-limo/sabbioso;
- terreni a comportamento coesivo: limo, limo/argilloso-argilla/limosa e argilla;
- deposito alluvionale a granulometria mista o indistinta;
- detrito di versante (su pendio con acclività  $< 15^\circ$ - $20^\circ$ ) a granulometria mista o indistinta;
- coltre di substrato alterato o intensamente fratturato;
- substrato caratterizzato da  $V < 800$  m/s;

c) **zone suscettibili di instabilità**, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Le zone identificano quattro categorie di effetti deformativi:

- instabilità di versante distinte per tipo di frana (crollo o ribaltamento; scorrimento, colata, frana complessa) e per attività (attiva, quiescente, inattiva);
- liquefazione; aree con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi, nelle quali la superficie della falda freatica e delle eventuali falde in pressione si trova a profondità inferiori di 15 m dal piano campagna;



- cedimenti differenziali: area di contatto stratigrafico o tettonico di litotipo con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse;
- faglie attive e capaci: distinte per tipo di faglia (diretta, inversa, trascorrente) e per tratto accertato o tratto inferito;
- forme di superficie: orlo di scarpata morfologica (10 – 20 m, > 20 m); orlo di terrazzo fluviale (10 – 20 m, > 20 m); picco isolato; cresta; conoide alluvionale; falda detritica;
- forme/elementi sepolti: scarpata; valle (valle stretta  $c > 0.25$ , valle larga  $c < 0.25$ ; dove “c” è il coefficiente di forma  $c = h/l$ , h lo spessore della coltre alluvionale e l la sua semiampiezza); area con cavità sepolte.

Nelle aree in studio il principale e unico tipo di instabilità atteso risulta:

- *instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili.*

In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Vengono distinte diverse tipologie di fenomeni gravitativi:

- frane per colata
- frane per scivolamento
- frane complesse

e due condizioni di attività:

- attiva
- quiescente

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è uno dei più efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e, quindi, di prevenzione e riduzione del rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica e agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili.

La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica è stata realizzata secondo le procedure indicate negli *“Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”* (D.A.L. 112/2007).

I dati di base disponibili utilizzati sono:

- Carta geologica tecnica (Tavv. 2);
- Sezioni geologiche (Tav. 3);
- legenda della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 per il territorio provinciale di Reggio Emilia (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);

- banca dati della Carta geologica di pianura 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- indagini geognostiche esistenti;
- indagini sismiche nuove realizzate per il presente studio

Dalla cartografie tematiche e dalle indagini sopra citate sono stati individuate i seguenti dati:

1. Tipo, spessore e natura dei terreni di copertura;
2. Tipo e natura del substrato geologico;
3. Forme del dissesto: frane attive, frane quiescenti e falde detritiche;
4. Sovrascorrimenti e faglie; sono stati rappresentati i principali limiti tettonici, in quanto è possibile che questi mettano a contatto litologie con caratteristiche meccaniche molto diverse e che, all'intorno di questi contatti, si possano verificare, oltre all'amplificazione, anche cedimenti differenziali.


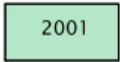
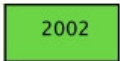

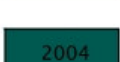

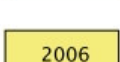




Nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, utilizzando come area d'indagine il territorio urbanizzato e quello di futura urbanizzazione, sono state individuate, sulla base delle caratteristiche della copertura e del substrato geologico, **2 zone stabili e 10 zone stabili suscettibili di amplificazione locale:**

#### **ZONE STABILI**

1011	Substrato lapideo
1041	Alternanza di litotipi

Queste zone comprendono le aree caratterizzate da substrato geologico lapideo e lapideo stratificato ( $V_{s_{sub}} > 800$  m/s) affiorante o subaffiorante (<3m).

**ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	
	Zona 0 – Substrato rigido molto fratturato
	Zona 1 – Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido ( $V_s \text{ sub} < 800 \text{ m/s}$ ) sub-affiorante
	Zona 2 – Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido ( $V_s \text{ sub} < 800 \text{ m/s}$ ) situato a profondità comprese tra 3 + 10 m dal p.c..
	Zona 3 – Aree caratterizzate da substrato geologico ( $V_s \text{ sub} > 800 \text{ m/s}$ ) situato a profondità comprese tra 3 + 10 m dal p.c..
	Zona 4 – Aree caratterizzate da substrato geologico ( $V_s \text{ sub} > 800 \text{ m/s}$ ) situato a profondità comprese tra 10 + 15 m dal p.c..
	Zona 5 – Aree caratterizzate da substrato geologico ( $V_s \text{ sub} > 800 \text{ m/s}$ ) situato a profondità comprese tra 15 + 25 m dal p.c..
	Zona 6 – Aree caratterizzate da substrato geologico ( $V_s \text{ sub} > 800 \text{ m/s}$ ) situato a profondità comprese tra 20 + 30 m dal p.c..
	Zona 7 – Aree caratterizzate da substrato non rigido ( $V_s \text{ sub} < 800 \text{ m/s}$ ) situato a profondità comprese tra 10 + 15 m dal p.c..
	Zona 8 – Aree caratterizzate da substrato lapideo affiorante e con amplificazione topografica.
	Zona 9 – Aree caratterizzate da substrato lapideo affiorante molto fratturato e con amplificazione topografica.
	Zona 10 – Aree caratterizzate da substrato affiorante costituito da alternanze di litotipi e con amplificazione topografica

Si tratta di zone caratterizzate da substrato rigido ma molto fratturato, zone con substrato non rigido ( $V_{s\text{sub}} < 800 \text{ m/s}$ ) subsaffiorante, zone con substrato non rigido o rigido posto a profondità variabili tra 3-20 m con a tetto depositi di versante e/o livelli di substrato alterato e fratturato caratterizzato da velocità delle onde vs medio-basse (200-500 m/s).

**ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ**

Zone suscettibili di instabilità	
	Instabilità di versante: Attiva
	Instabilità di versante: Quiescente

Nelle stesse aree d'indagine sono state inoltre individuate tutte le **zone suscettibili d'instabilità e le forme di superficie:**

- Instabilità di versante: Attiva;
- Instabilità di versante: Quiescente;

**Note di rappresentazione grafica (concordate con il Dott. Martelli Luca della RER)**

- 1) Vengono evidenziate, con un sovrassegno rigato nero, le aree soggette ad amplificazione topografica.
- 2) Le aree soggette ad amplificazione topografica sono codificate con codice 20xy.

## CARTE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA – TAV. 7-8-9

Nelle carte della microzonazione sismica di 2° livello, viene quantificato il parametro FA di amplificazione stratigrafica.

Il metodo utilizzato è quello suggerito nella DAL 112/2007 RER, Allegato A2, di cui "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

In particolare sono stati utilizzati i parametri relativi alla zona definita come APPENNINO e MARGINE APPENNINO PADANO.

Oltre al parametro FA di amplificazione stratigrafica è necessario considerare il fattore  $S_T$  di amplificazione topografica.

### Fattore di amplificazione topografica

Nel presente studio si assume la presenza di amplificazione topografica nelle seguenti condizioni:

- 1) lungo versante con acclività media superiore a 22° per dislivelli di almeno 30 m.
- 2) in corrispondenza di configurazioni geometriche bi-tridimensionali (creste, dorsali allungate, cucuzzoli) di altezza superiori a 30 m

Queste due condizioni sono presenti in n°3 aree in studio (aree di dorsale con pendenze dei versanti intorno a 22-23°):

- Maro
- Rivolvecchio
- Regnola



Con la DAL 112/2007 RER il coefficiente topografico  $S_T$  viene così calcolato:

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

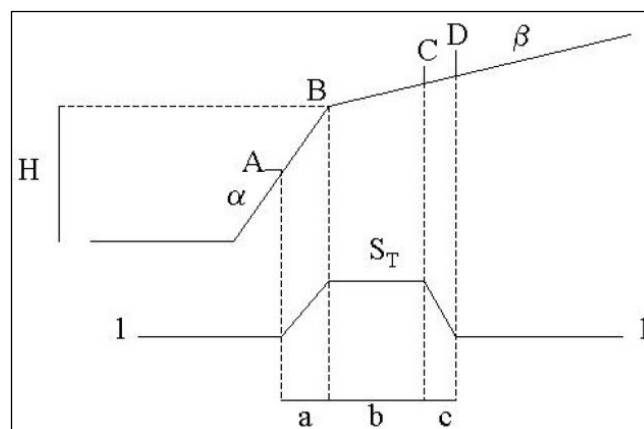
b: valore minimo tra  $20\alpha$  e  $(H+10)/4$

$\alpha$  e  $\beta$  sono i gradienti della parte più ripida e meno ripida

$S_T = 1$  in A ( $a=H/3$ )

$S_T = 1$  in D ( $c=H/4$ )

$S_T$  valore compreso tra  $1 \div 1.4$



In tutte e tre le località  $S_T$  viene valutato pari a circa 1.05.

### **Fattore di amplificazione stratigrafica**

Per quanto riguarda la Delibera regionale, essa propone la definizione delle amplificazioni locali sulla base delle tabelle allegate in appendice al documento e riferite a grandi situazioni morfologico-stratigrafiche (“secondo livello” di analisi). I valori medi delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri – Vs30 (per gli ambiti di pianura e pedecollina), oppure le velocità medie delle coperture – VsH (per la collina) sono stati calcolati tramite le prove geognostiche e geofisiche eseguite e di repertorio. Le Vs sono state implementate nelle tabelle regionali per la stima delle amplificazioni assumendo i valori relativi ai diversi contesti, ottenendo i relativi coefficiente di amplificazione F.A.

Le variabili, ricavabili dalle tabelle, utilizzate per la stima dell'amplificazione locale sono:

- F.A. P.G.A. rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido ( $a_{max,r}$ ) e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito ( $a_{max,s}$ ) alla frequenza  $f$ . Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento  $D$  e dal rapporto tra l'impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito.
- F.A. S.I. - Intensità spettrale di Housner indicatore della pericolosità sismica, è definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità, nel nostro caso per i due intervalli di frequenze, rispettivamente da  $0.1 < T_0 < 0.5$  s e da  $0.5 < T_0 < 1$  s.

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate con utilizzo di abachi e formule (approfondimento di secondo livello) è stata possibile in quanto l'assetto geologico è stato considerato assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

Per l'utilizzo degli abachi e delle tabelle è stato determinato lo spessore  $H$  della copertura, o la profondità del substrato rigido, e il profilo di Vs nell'intervallo di spessore  $H$ .

L'amplificazione litostratigrafica è stata quindi quantificata in termini di parametri di:

- FA pga, FA 0,1-0,5s, FA 0,5-1s, (Allegato A2 degli indirizzi regionali)

L'amplificazione litostratigrafica non è stata incrementata, in quanto non presente, con i fattori di amplificazione per cause topografiche (Allegato A2, punto A2.2, degli indirizzi regionali).

Si sottolinea che la scelta degli abachi per la stima dell'amplificazione non è dipesa dalle sole caratteristiche litologiche e morfologiche delle aree ma è stata attentamente valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, in particolare della profondità del substrato rigido. Sono state tenute in debita considerazione sia la Carta delle MOPS che la Carta delle frequenze naturali dei terreni.

L'analisi congiunta dei valori puntuali dei fattori di amplificazione e delle conoscenze geologiche e litostratigrafiche delle aree studiate, ha permesso una valutazione areale dell'andamento dei fattori stessi con conseguente individuazione di diverse zone con ranges di valori crescenti.

Lo studio ha permesso di individuare 2 “contesti geologici” differenti:

- APPENNINO con substrato marino caratterizzato da  $V_s \geq 800$  m/s
- APPENNINO con substrato marino caratterizzato da  $V_s < 800$  m/s

Sono stati quindi utilizzati i parametri relativi ai diversi contesti definiti.

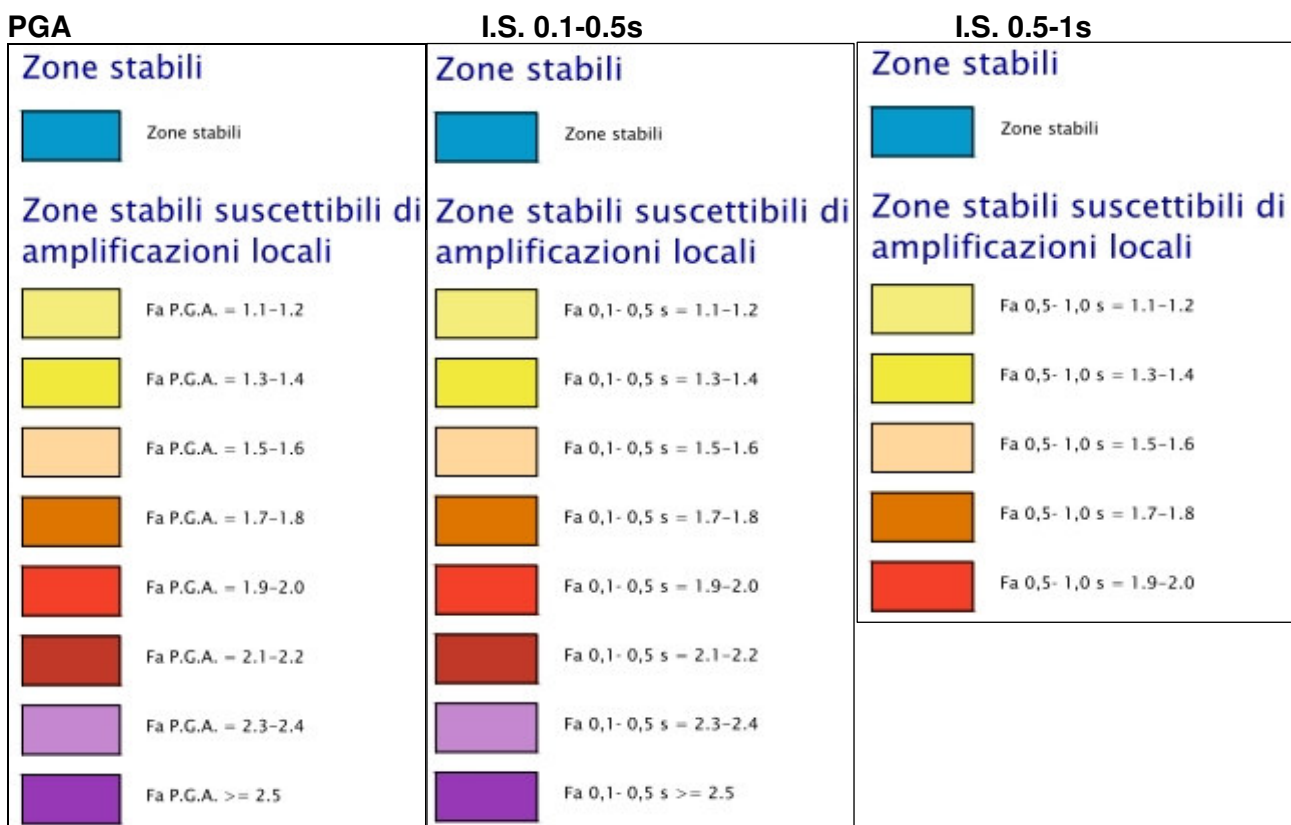
Le zone sono individuate in ordine crescente di pericolosità sismica:

Di seguito la legenda della carta che individua le 9 microzone distinte per range di valori di FA ( $FA_{pga}$ , FA 0.1-0.5 s, FA 0.5-1 s).

L'amplificazione litostratigrafica è stata quindi quantificata in termini di parametri di:

- FA pga, FA 0,1-0,5s, FA 0,5-1s, (Allegato A2 degli indirizzi regionali)

Di seguito la legenda delle carte di microzonazione sismica di 2° livello con i diversi valori di FA ( $FA_{pga}$ , FA 0.1-0.5 s, FA 0.5-1 s).



Completano la carta di microzonazione sismica le zone suscettibili di instabilità.



Di seguito si riportano le tabelle di calcolo per le diverse situazioni presenti nell'area in studio.

**- DAL 112/2007 RER -  
Appennino – Substrato con  $V_s \geq 800$  m/s**

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

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$										
$V_{SH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$										
$V_{SH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

**- DAL 112/2007 RER -  
Appennino – Substrato con  $V_s < 800$  m/s**

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

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$										
$V_{SH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$										
$V_{SH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Note di rappresentazione grafica (concordate con il Dott. Martelli Luca della RER)

- 1) Il valore di FA, nelle aree soggette ad amplificazione topografica, è il risultato del prodotto dei fattori di amplificazione stratigrafica e topografica stessa.

Lo studio di Microzonazione Sismica, attraverso i risultati ottenuti con le indagini geofisiche di nuova realizzazione (n° 29 Masw e n° 29 Hvsr), ha permesso una quantificazione numerica degli effetti di amplificazione nelle diverse zone individuate (zone stabili suscettibili di amplificazioni locali).

Il territorio studiato è stato suddiviso in zone a diversa pericolosità sismica locale e viene fornito, per le aree indagate direttamente con prove geofisiche, una stima qualitativa e quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti.

Per quanto riguarda aree instabili e potenzialmente instabili sarà facoltà dell'Amministrazione Comunale individuare aree di interesse prioritario e pianificare studi specifici di 3° livello, le cui verifiche andranno estese in un opportuno intorno d'influenza geodinamica delle aree potenzialmente instabili.

Le Cartografie prodotte, zonizzando il territorio in base alla sua pericolosità sismica, risultano necessarie per un'analisi del rischio sismico. Questo studio deve trovare opportuna collocazione nei settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza ed essere utile supporto di base per la fase della progettazione.

Gli studi di dettaglio potranno poi concorrere all'aggiornamento e approfondimento della cartografia con la quale in questo lavoro si suddivide il territorio in ambiti omogenei e in cui il fattore di amplificazione sismica dei terreni è stato necessariamente mediato.

Lo studio di microzonazione sismica dovrà rientrare fra gli elaborati del Quadro Conoscitivo che sono parte integrante del Piano Strutturale. Questo studio infatti rappresenta il primo passo per una conoscenza e consapevolezza del territorio e permetterà di calibrare ed indirizzare i futuri processi pianificatori; si tratta di un tassello basilare di un progetto di sicurezza territoriale a cui un PSC per sua natura non può prescindere.

Febbraio 2016

Dott. Geol. Stefano Cavallini

Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti



**BIBLIOGRAFIA**

AA.VV. a cura della Società Geologica Italiana, 1994. Appennino Ligure-Emiliano, Guide Geologiche Regionali. BE-MA Editrice.

AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padana Veneta.-Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI

Boccaletti M., Bovini M., Corti G., Gasperini P., Martelli L., Piccardi L., Severi P., Vannucchi G. (2004) – Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna. RER, SGSS, CNR, IGG Firenze S.E.L.C.A. Firenze.

Borsellini A. - Mutti E. – Ricci Lucchi F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET

C.N.R. (1979) - Carte preliminari di suscettibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma

C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - Pubblic. N° 361 ESA Editrice - Roma.

DAL 111/2007. 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. <http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regioneemiliaromagna.it/geologia/>

D.M 14/01/2008 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008: Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni. Ministero delle Infrastrutture. G.U n. 29 del 4/2/2008 – Serie Generale, Suppl. Ord. N. 30

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

ENI (1972) - Acque dolci sotterranee - ENI

Ferrari G - Postpischl D.(1981) - Le scale macrosismiche C.N.R. P.F. Geodinamica. Pubbl. N° 387. Ist. Topografia, geodesia e geofisica Mineraria, Univ. MO

Gasperi G., Bettelli G., Panini F. e Pizziolo M. (1999) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 219 "Sassuolo"*. Servizio Geologico nazionale - Regione Emilia-Romagna.

Gasperi G., Bettelli G., Panini F. e Pizziolo M. (1999) – *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 219 "Sassuolo"*. Servizio Geologico, Sismico e dei suoli - Regione Emilia-Romagna.

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.

<http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/>

[http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15833](http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833)

Indagine Geologico Geotecnica e Geofisica – Variante di “Ponte Rosso” - 2009 – Studio Geologico Centrogeo.

Locati M., R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

Meletti C. e Valensise G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: “Gruppo di Lavoro MPS (2004).

Molin D., Stucchi M., Valensise G. con la collaborazione di C. Meletti, S. Mirena, G. Monachesi, G. Morelli, L. Peruzza, A. Zerga - Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile.

NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 218-235

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.

PSC Comune di Castelnovo ne' Monti, Analisi Geologico Ambientale - Anno 2003 – Studio Geologico Centrogeo

PTPC Provincia di Reggio Emilia 2009

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.

Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998) - *Riserve idriche sotterranee della regione Emilia-Romagna*. S.EL.CA. (Firenze), 120 pp.

Regione Emilia-Romagna – Provincia di Reggio Emilia (2004) – *Carta inventario del dissesto. Relazione tecnico-illustrativa e cartografia. Edizione 2003.*

Relazione Geologica Nido d'Infanzia Polo Scolastico Via F.lli Cervi – Castelnovo ne' Monti – 2009 – Geolog

Rovida A., 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>. DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11

Scandone et Alii (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.