



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



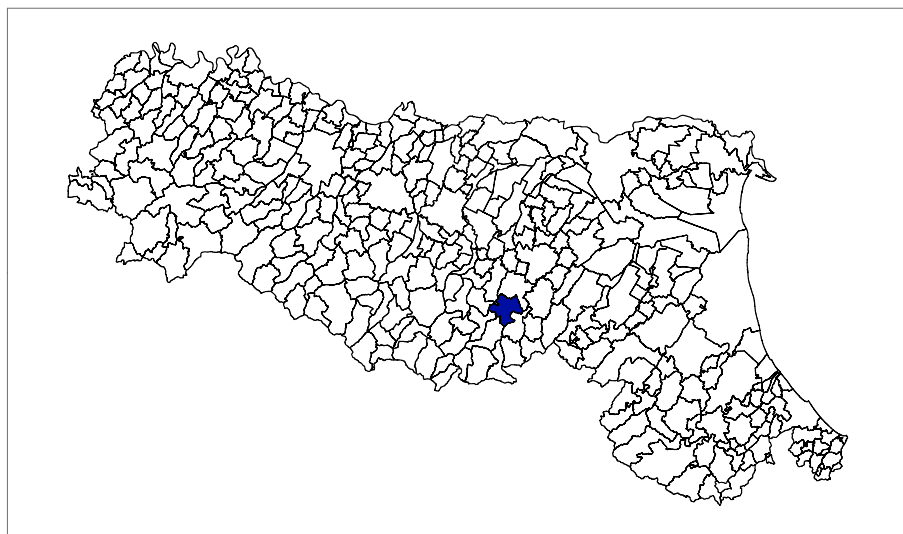
CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Analisi geologico tecnica e microzonazione sismica del territorio di Marzabotto

Regione Emilia-Romagna Piano Strutturale Comunale in Forma Associata dei Comuni di Marzabotto e Vergato



<p>Regione Emilia Romagna</p> <p><i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 4007/2012.</i></p> <p><i>Coordinamento della Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico</i> Luca Martelli</p>	<p>Soggetto realizzatore Studio Geologico CENTROGEO</p> <p><i>Progetto:</i> Gian Pietro Mazzetti</p> <p><i>Collaboratori:</i> Stefano Gilli, Andrea Arbizzi, Mauro Mazzetti</p> <p><i>Elaborazioni GIS:</i> Studio Benaglia</p>	<p>Comune di Marzabotto</p> <p><i>Sindaco:</i> Romano Franchi</p> <p><i>Assessore all'Urbanistica:</i> Valerio Bignami</p> <p><i>Ufficio di Piano Associato:</i> Marco Teglia, Carmelina Cava, Giampaolo Zaccanti</p>
 <p>Provincia di Bologna</p>	<p>Professionisti Associati Corrado Ugoletti</p>	<p>Data Aprile 2014</p>

ANALISI GEOLOGICO TECNICA E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO DI MARZABOTTO

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	1
1.1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	3
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1. Caratteri sismici	6
2.2. Attività sismica.....	6
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	11
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	11
3.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	18
3.3. DEPOSITI CONTINENTALI.....	20
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	22
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	24
5.1. INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO.....	24
5.2. ATTIVITÀ TETTONICA.....	26
6. INTERPRETAZIONE ED INCERTEZZE /METODOLOGIA DI ELABORAZIONE E RISULTATI	28
6.1. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE PASSIVA RE.MI. / attiva MASW.....	28
6.2. MICROTREMORI CON LA TECNICA HVSR	30
7. ELABORATI CARTOGRAFICI	31
7.1. PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	31
7.1.1. CARTA DELLE INDAGINI	31
7.1.2. CARTA GEOLOGICO TECNICA.....	32
7.1.3. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEL TERRENO	34
7.1.4. MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA O DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI.....	35
7.2. SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	57
7.2.1. CARTA DELLE NUOVE INDAGINI.....	57
7.2.2. CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (VS)	57
7.2.3. CARTA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE – MICROZONAZIONE SISMICA	59
7.2.4. RISENTIMENTO SISMICO - PERIODO FONDAMENTALE DI VIBRAZIONE PER MACRO-TIPOLOGIE DI FABBRICATI.....	62
8. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNO DEGLI EVENTI PASSATI	63
9. INDIRIZZI NORMATIVI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO.....	64
10. BIBLIOGRAFIA.....	70
11. ALLEGATI.....	72

1. INTRODUZIONE

Nel contesto delle analisi per la valutazione del grado di sicurezza, di stabilità e pericolosità sismica del territorio Comunale di Marzabotto (BO), sono state sviluppate disamine di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica, della pericolosità sismica di base – azione sismica, finalizzati alla riduzione del rischio sismico del territorio urbanizzato, di previsto sviluppo e delle fasce interessate dalle principali infrastrutture, indirizzate alle valutazioni per le opzioni d’uso per la pianificazione urbanistica.

Le analisi sono state eseguite in ottemperanza ai dettati delle leggi nazionali, in riferimento al D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88; L.R. RER N° 20 del 24/03/2000, Disposizioni l’attuazione del P.S.A.I. del 06/12/2002, Variante in materia di Riduzione del Rischio Sismico PTCP di Bologna e relative NA, DPC n 4 del 14/01/2013, D.M. 14 - 01 – 2008, Delibera Assemblea Legislativa R.E.R. n° 112 del 02-05-2007, Delibera di Giunta Regionale dell’Emilia Romagna n. 1302 del 10/09/2012 (DGR 1302/2012), “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

L’analisi di microzonazione sismica è stata realizzata con il contributo di cui all’OPCM 4007/2012 ed è stata sviluppata in coordinamento con il *Servizio Geologico Sismico e dei Suoli*, Dr. Luca Martelli, Dr. Raffaele Pignone, della Regione Emilia Romagna, in collaborazione e coordinamento con *l’Ufficio di Piano – Settore Pianificazione Territoriale della Provincia di Bologna e Comunità Montana dell’Appennino Bolognese*.

Le valutazioni di fattibilità, per le possibilità d’uso urbanistico, sono state sviluppate in funzione delle condizioni geologico strutturali dei versanti, delle tipologie dei processi morfogenetici sia in atto che non attivi, dell’estensione degli ambiti territoriali sede dell’urbanizzato e di previsto sviluppo.

La definizione della pericolosità sismica dell’area del comune di Marzabotto è stata sviluppata mediante la realizzazione della carta di approfondimento sismico di primo livello, per l’individuazione degli ambiti suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e della carta di approfondimento sismico di secondo livello, o microzonazione sismica con metodo semplificato, per la definizione dei fattori di amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, sulla base delle indicazioni contenute nelle sopracitate DGR 1302/2012, DAL 112/2007 e “I.C.M.S.” del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Detti elaborati sono propedeutici alle elaborazioni di PSC e rappresentano uno strumento sostanziale per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a pericolosità sismica minore.

Le elaborazioni cartografiche eseguite sono pertanto relative agli ambiti di interesse per la pianificazione a scala comunale.

Le analisi sono state sviluppate in base a rilevamenti ed indagini direttamente effettuati, che hanno integrato ed approfondito le disamine territoriali precedentemente eseguite nel contesto degli studi per il P.T.C.P. di Bologna relativamente alla cartografia redatta per la

variante in materia di riduzione del rischio sismico: Carta delle Aree Suscettibili di Effetti Locali (Tav.2c-IV, Tav. 2c-V, 2c-II).

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Marzabotto (BO)** ed in coordinamento con *OIKOS Ricerche srl*, Via Galliera, Bologna.

L'analisi di microzonazione sismica, realizzata con il contributo di cui all'OPCM 4007/2012, è stata sviluppata in coordinamento con *il Servizio Geologico, Sismico e dei suoli, Dr. Luca Martelli, della Regione Emilia Romagna.*

Le rilevazioni in sito ed elaborazioni sono state effettuate da Dr. A. Arbizzi, M. Mazzetti, Dr. Stefano Gilli, Dr. G.P. Mazzetti, dello studio geologico *Centrogeo Survey*, Correggio R.E.

Le elaborazioni cartografiche sono state eseguite dal Geom. Corrado Ugoletti, *Studio Associato Benaglia*, Reggio Emilia.

1.1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il territorio comunale di Marzabotto si sviluppa su una superficie di circa 74,5 kmq.

Il limite settentrionale si estende, in direttrice ovest – est, dalle pendici nord occidentali del Monte del Poggio e settentrionali del Monte Torrenera, seguendo successivamente in corrispondenza delle località di Poggio Calvane e Belvedere, ove flette in direzione sud est sino a raggiungere l’asta fluviale del Rio Dossone e seguire la stessa sino alla confluenza con il corso del Fiume Reno.

Da qui, il confine comunale prosegue verso nord est lungo l’alveo di detto fiume sino alla confluenza tra quest’ultimo e il Torrente Setta.

Quest ultimo delimita il confine orientale del Comune di Marzabotto e procede in direzione sud verso la località di Lama di Setta, in corrispondenza della quale flette in direzione est e successivamente sud, sovrapponendosi inizialmente al corso del Rio Carbonaro ed assumendo poi, andamento irregolare tra le località le Fosse, Casarole di Sotto sino alla S.P. 59 in prossimità dell’abitato di Cà Nova.

Da tale località, il limite meridionale del territorio comunale, da est verso ovest, procede irregolarmente tra le località Cà de Berti e Ronzano di sopra, oltrepassando la stretta vallecchia del Rio Stavaccio; in corrispondenza di Ronzano di sopra, il confine devia rapidamente verso sud ovest in direzione di Valdiana e quindi a sud in direzione delle pendici orientali del Monte Sole. Successivamente, il limite si dirige a sud est, verso il toponimo di Cerpiane, transitando a nord di Cà di Germino e Le Murazze, ove incontra il corso del Torrente Setta, che segue in direzione sud ovest, sino a lambire l’abitato di Rioveggio.

Successivamente a Rioveggio, il confine comunale si indirizza, verso nord ovest, sino alle pendici occidentali del Monte Termine, in corrispondenza del quale flette in direttrice nord, su crinali secondari, oltrepassando la località Cà di Sotto; in prossimità di tale abitato, il limite si orienta ad ovest, seguendo il corso del Fiume Reno sino a Pioppe di Salvaro ed oltrepassata la stessa si orienta in direttrice nord ovest, risalendo l’alveo del Rio Cornacchio sino al toponimo denominato Spirito. A nord di questo si riscontra un andamento discretamente irregolare, sviluppantesi in direzione ovest – nord ovest sino a Monte Radicchio e, quindi, Strada Vallarma, ove il limite del territorio comunale flette in direttrice nord, transitando progressivamente tra le località di Vaglie di Sotto e Torre Bianca e raggiungendo le pendici occidentali del Monte Castellaccio; da qui, si dirige ad est, sovrapponendosi circa al corso del Rio delle Versallane sino alla località di Molino Mazzagatti.

Da quest’ultima il confine risale verso nord, seguendo l’alveo del Rio dei Baloni e, successivamente, verso nord ovest, quello del Rio Alessandri sino ai toponimi di Cà de Magnani e Cà di Bove; successivamente assume direttrice nord est alle pendici del Monte Tramonto sino a Poggio Castellarso e poi devia in modo netto a nord verso Pra Marzano (ad est dell’abitato di Borra). Da qui, assume andamento spiccatamente irregolare, con direttrice media sud ovest – nord est, transitando in corrispondenza delle località Bottega e Pianelli, raggiungendo le pendici nord occidentali del suddetto Monte del Poggio e quindi il limite settentrionale del territorio comunale.

Il Comune di Marzabotto (BO) ricade nelle tavole 237 NE MARZABOTTO, 237 NO SAVIGNO, 237 SO VERGATO, appartenente al F° BOLOGNA N° 87.

La zona in analisi ricade nelle sezioni della Carta Tecnica Regione Emilia Romagna:

MONTEPASTORE N° 237020

SASSO MARCONI OVEST N° 237030

BADOLO N° 237040

VEDEGHETO N° 237060

MARZABOTTO N° 237070

VADO N° 237080

RIOVEGGIO N° 237110

Il territorio comunale ha geometria sub romboidale con lato maggiore al confine orientale, ed è delimitato

•dai meridiani

- 669.500 ad ovest
- 682.000 ad est

•dai paralleli

- 4906000 a sud
- 4917000 a nord.

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi tra 100/150 e 700/720 m slm; le quote relative minori, tra 100/150 m slm, contraddistinguono la fascia di fondovalle F. Reno mentre quelle che caratterizzano i principali rilievi corrispondono i 711 ÷ 694 m slm di M. Luminasio e M. Radicchio nella zona centro occidentale; equivalgono a 668 ÷ 632 ÷ 613 m slm a Monte Sole – M. Caprara – M. Abele nel settore centro meridionale; si attestano a 708 m sml in corrispondenza della cima a nord di Medelena nella zona nord occidentale; equivalgono a 457 – 427 m slm a M. Giovine – M. Baco nel settore nord orientale.

Tali quote collocano il territorio in esame nella fascia collinare, e del medio appennino bolognese, con altitudini medie comprese tra 200/300 ÷ 600/700 m slm,

Analizzando l'andamento delle curve di livello si osserva che i terreni hanno altimetria minore nella fascia centrale del territorio estesa sud nord, che asseconda l'andamento del F. Reno, mediamente compresa circa tra 100 e 170 m e presenta morfologie a blanda pendenza; a tale settore appartengono il capoluogo con quote medie di 130 e 170 m slm ed i principali insediamenti urbanizzati Lama di Reno, Pian di Venola, Sibano, Pioppe di Salvaro, che si attestano rispettivamente a quote medie di 110/115/145 m slm, 140/150 m slm, 145/170 m slm, 150/170 m slm; analoghe caratteristiche contraddistinguono fascia al confine orientale in corrispondenza della confluenza del T. Setta al F. Reno nella zona di Sirano, con quote medie 135/150 m slm.

Il territorio di Marzabotto è costituito da un'estesa placca formata la litozone prevalentemente arenacee ad assetto sinforme.

La presenza di tipi rocciosi a diverso grado di erodibilità, unitamente agli assetti strutturali, ha determinato aspetti del passaggio a pronunciata differenziazione, caratterizzati da morfologie discretamente vivaci nei settori occidentali e meridionali, costituiti da tipi

rocciosi competenti, che, per processi erosivi di tipo selettivo, hanno determinato forme che disegnano il territorio con aspetti rupestri, con presenza di pendii con acclività di $40^\circ \div 50^\circ$ omogeneamente diffusi in tutta l' area comunale. Tali versanti prevalgono tendenzialmente nei settori occidentale, centro orientale, sud orientale, dove i rilievi sono principalmente costituiti da litotipi arenacei e nelle zone settentrionali da formazioni arenaceo-conglomeratico arenacee.

Detti aspetti oltre al grado di erodibilità delle rocce, del loro assetto strutturale e presenza di faglie, conseguono ai processi di incisione che si sono sviluppati successivamente al *Wurm*, durante il quale il territorio a cui appartiene Marzabotto, in funzione delle quote medie 400/600/700 m slm, era caratterizzato da ambiente morfoclimatico periglaciale.

Le zone contraddistinte da assetti a bassa acclività, correlate in prevalenza di depositi alluvionali, si riscontrano nel settore centrale nella fascia allungata sud nord costituita dall'asta e depositi alluvionali del F. Reno. Sono inoltre presenti zone del territorio nelle quali le modeste pendenze sono correlabili ad una minore competenza dei termini litologici affioranti come nella fascia centro orientale dove sono presenti litozone prevalentemente marnose – marnoso argillose.

Analoghe morfologie a bassa acclività contraddistinguono il settore occidentale centrale ai lati del T. Venola, e meridionale orientale, tra Rodella – Alareda – Albergana – Rivabella – Cancola, correlate alla prevalente presenza di depositi eluvio – colluviali e di accumuli di frana quiescente ed in evoluzione.

Le rimanenti aree a bassa pendenza, riconducibili alla presenza di litozone a grado di consistenza relativo inferiore ed alla presenza di accumuli di frana quiescenti o attivi, che presentano maggior estensione, si osservano nella fascia centrale orientale estesa ovest est circa tra Ronzano – Teggia – Pariano – Monzale, e nella zona centrale occidentale estesa ovest est con andamento assecondante l' asta del T. Venola.

Sono inoltre rilevabili zone a bassa acclività connesse alla presenza di depositi di versante eluvio – colluviali nel settore sud occidentale tra Pioppe di Salvaro – Sibiano – Trabbo e zona centro meridionale in destra del F. Reno, Albareta – Campidello – Sperticano, nell'area settentrionale orientale, ad est del sopracitato fiume, tra Lama di Reno – M. Giovine – Stanzano ed al bordo orientale tra C. Bergomini e Sibano.

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

2.1. Caratteri sismici

La riclassificazione sismica del territorio nazionale OPCM 3274/2003, attribuisce il comune di Marzabotto alla zona 3 con grado di sismicità, riferito alla previgente normativa sismica, equivalente agli ambiti con S6.

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

Nell'ambito territoriale a cui appartiene Marzabotto, il *Catalogo Parametrico dei terremoti italiani CPTI11* (A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>) documenta eventi sismici giungenti al 6° grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg, con magnitudo compresa tra $M = 5,5 \div 6$.

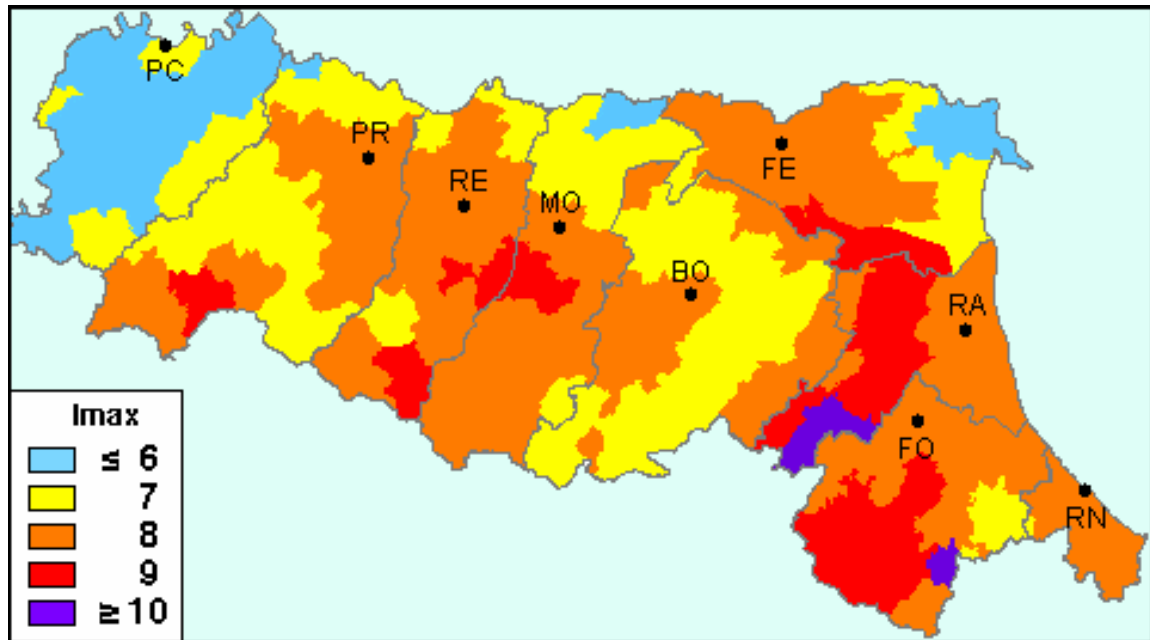
La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. attribuisce il territorio in oggetto alla zona sismogenetica 913 (Meletti e Valensise, 2004; <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>).

In base alle indicazioni delle NTC di cui al D.M. 14/01/08, nell'area in esame, per strutture di classe 2 (vita nominale $V_n = 50$ anni, coefficiente d'uso $C_u = 1$), per le quali è prevista una probabilità di eccedenza dell'evento sismico corrispondente al 10% in 50 anni, risultano i seguenti coefficienti sismici:

T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c (s)
475	0.161	2.512	0.296

2.2. Attività sismica

Nell'ambito territoriale a cui appartiene Marzabotto il *Catalogo Parametrico dei terremoti di area italiana NT4.1* (Camassi e Stucchi, 2004) documenta eventi sismici giungenti all'8° grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg, con magnitudo compresa tra: $M = 5,4 \div 5,8$.



Una stima della pericolosità sismica dell'area è data dalla mappa redatta dall'INGV nel 2004, disponibile nel sito web <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

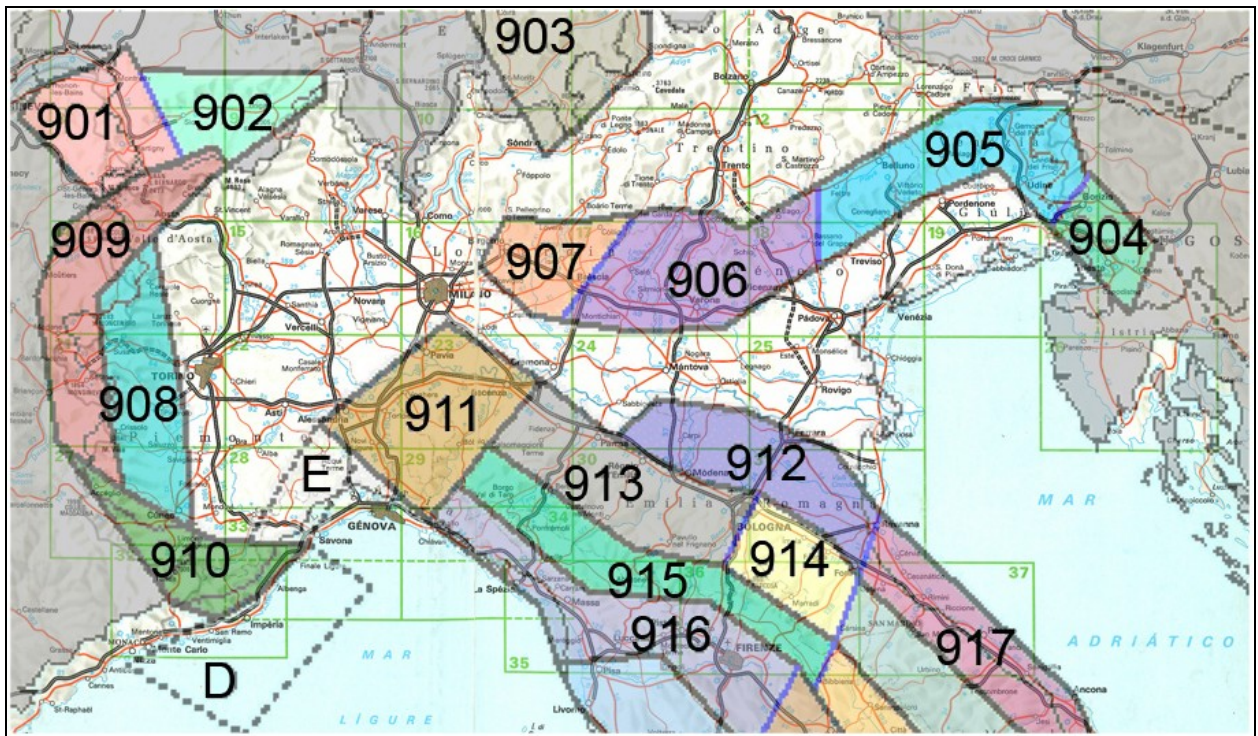
I valori di a_g elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS (2004) pubblicati in Appendici della Protezione Civile, INGV Milano – Roma dello 08-09/2006, attribuiscono, alle fasce territoriali al quale appartiene il territorio di Marzabotto, BO, valori dell'accelerazione di picco a_g attesa su suolo di riferimento (categoria di suolo A delle NTC 2008) per un periodo di ritorno di 475 anni (parametro ritenuto indicativo e di riferimento per la pericolosità sismica a scala nazionale) compresi tra:

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

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

Il valore della a_g di riferimento riportato nell'allegato A4 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n° 112/2007, corrisponde, per il comune di Marzabotto, a:

$$a_{gref} = 0,161 \text{ g}$$

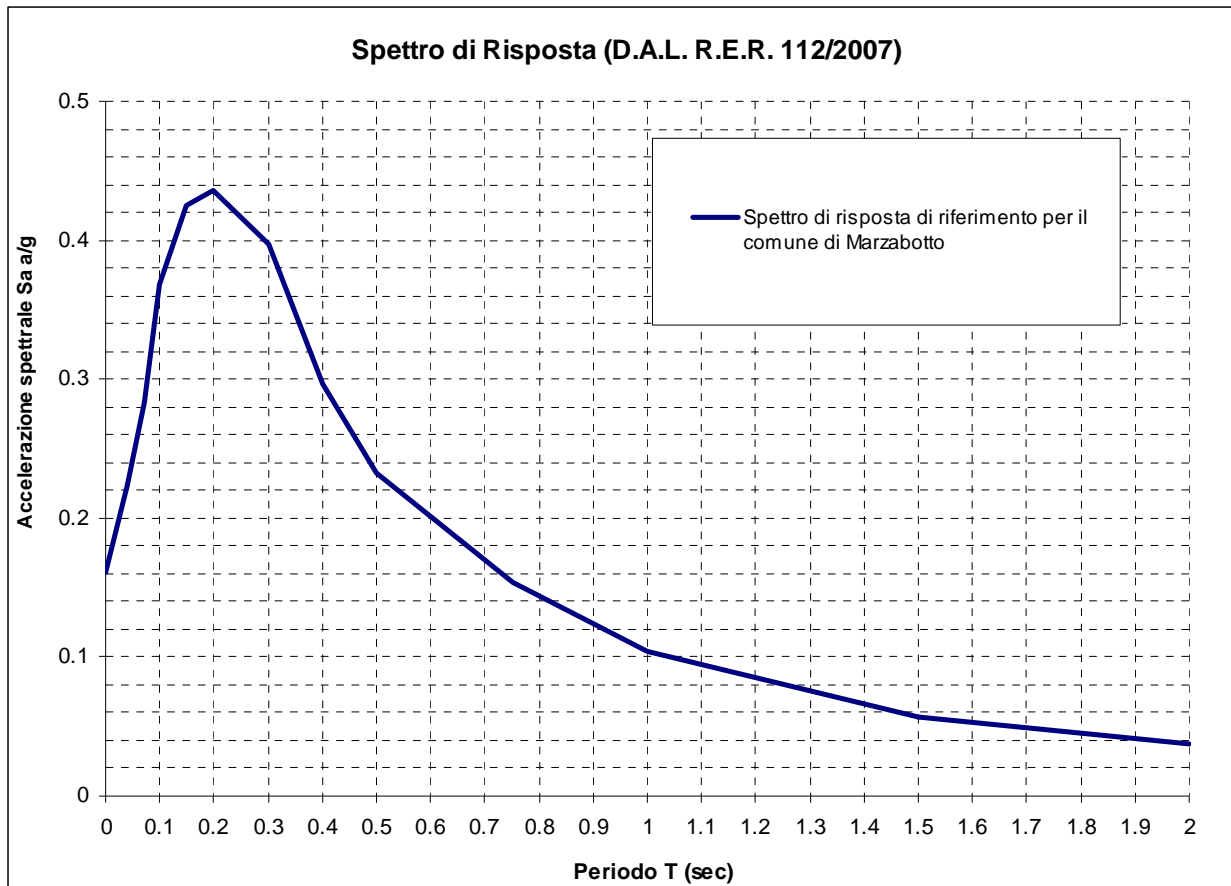


Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

Lo spettro di risposta di riferimento del bedrock sismico o suolo A nel comune di Marzabotto (MO), per il valore di

$$a_g = 0,161g$$

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, è visualizzato nella seguente figura.

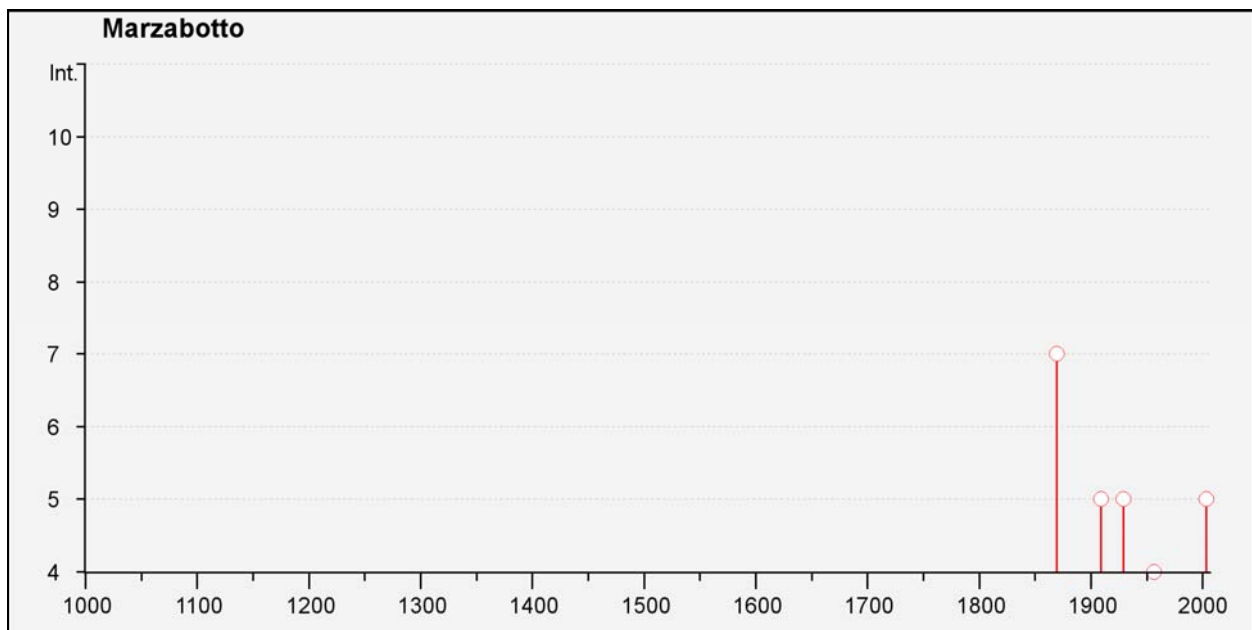


In riferimento a tale spettro, in funzione dei valori di VHS che competono alle unità litostratigrafiche che costituiscono le varie parti del territorio comunale, sono stati determinate le amplificazioni in superficie, in funzione dei valori dei fattori di amplificazione, di intensità sismica: FA. IS. secondo i parametri esposti nelle tabelle dell'Allegato A2.1.2 della D.A.L. 112/2007.

Nelle zone nelle quali sono previsti approfondimenti di microzonazione di III livello in rapporto a quanto previsto nella DAL 112/2007 art. 4.2 sono da definire i fattori di amplificazione in base agli accelerogrammi disponibili per il territorio di Marzabotto, da determinare mediante elaborazioni con codice di calcolo.

Storia sismica di Marzabotto
Numero di eventi: 7

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
7	1869 06 25 13:58	Media valle del Reno	18	7-8	5.42 ±0.48
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
5	1929 04 20 01:09	Bolognese	109	7	5.34 ±0.13
4	1956 04 26 03:00	Appennino tosco-emiliano	75	6	4.77 ±0.14
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
NF	1992 04 17 11:59	Monteveglia	56	4-5	4.32 ±0.18
5	2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	133	6	5.29 ±0.09



Dove: Io ed Mw = Intensità e Momento sismico epicentrale; I[MCS] = Intensità sismica percepita
 D=Danno di entità non precisabile (indicativamente I[MCS]>6)
 F=avvertito (presumibilmente senza danni)NF=non avvertito NR=non segnalato

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Marzabotto (BO) appartiene al foglio 237 SASSO MARCONI della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

Le complessità ed articolazioni del quadro geologico del territorio appenninico Bolognese sono, in prima approssimazione, comunque riconducibili ad alcuni elementi principali di condivisa interpretazione nella documentazione scientifica in materia.

Per le descrizioni dei modelli di seguito sinteticamente riportati si vedano le note illustrative del foglio CARG 237 Sasso Marconi (*F. Panini, G. Bettelli et alii*; 2002).

Il territorio in analisi appartiene al versante padano dell'Appennino Settentrionale, nel quale l'assetto geologico e morfologico è determinato soprattutto dalla sovrapposizione di falde tettoniche.

L'area comunale e le zone ad essa circostanti sono geologicamente attribuibili essenzialmente alle Unità alloctone, Liguri e Subliguri (*Bettelli et alii*), alla Successione Epiligure (*Ricci Lucchi e Ori* 1985; *Bettelli et alii*, 1989) (*Decandia e Elter*, 1972; *Elter e Marroni*, 1992) ed alla Successione Neogenico-Quaternaria del Margine Appenninico Padano.

Le Unità Liguri esterne che sovrascorrono e si giustappongono alle Unità Subliguri, che a loro volta hanno sovrascorso la Falda Toscana, sono contraddistinte dall'assenza di testimonianze del substrato oceanico sul quale si sono depositate e successivamente scollate durante la fase orogenica appenninica. In tale complesso si rinvencono isolate testimonianze, incluse tettonicamente e per fenomeni sedimentari, del sopracitato substrato che sono rappresentate da locali masse costituite da gabbri, graniti, brecce poligeniche, lembi basaltici o ofiolitici non presenti in territorio di Marzabotto ma osservabili nelle zone adiacenti: Grizzana Morandi – Vergato.

I processi tettonici che hanno coinvolto l'appennino settentrionale hanno scomposto i vari domini paleogeografici impilando e giustapponendo gli stessi in modo complesso, nel periodo che va dal Cretaceo all'attuale, sviluppandosi in due fasi. La prima di queste ultime ha prodotto pieghe isoclinali compresse nelle liguridi interne, che sono state ulteriormente ripiegate nella seconda fase che ha ancor più riaccurciato le preesistenti strutture. Le fasi liguridi hanno determinato la chiusura del preesistente oceano ligure e con l'impilamento delle successioni dei domini liguri si sono generati bacini marini minori nei quali si sono depositate le successioni delle sequenze epiligruri.

Le unità litologiche liguri mostrano una deformazione interna molto maggiore rispetto a quanto osservabile nelle formazioni della sovrastante successione epiligrure. In particolare la litozona delle Argille Varicolori presenta un grado di deformazione al punto che, probabilmente per il comportamento duttile dei litotipi argilloso – marnosi che la compongono, la stratificazione risulta quasi completamente cancellata.

I complessi rapporti tettonici e le ridotte dimensioni degli affioramenti di litozone delle subliguri inglobati nelle unità liguri, in localizzate zone sono individuati come melanges tettonici (*Bettelli et alii*; 1989a).

Le successioni epiliguri che sovrastano e sigillano, in modo non continuo, le unità liguri, si sono deposte in corrispondenza di aree relativamente più basse, nelle quali processi tettonici ne hanno obliterato i rapporti della originaria sovrapposizione stratigrafica per tettonica disgiuntiva neogenica quaternaria.

Tali processi hanno costituito una complessa struttura a sinclinali ed anticlinali, più o meno asimmetriche, ad asse appenninico con faglie inverse embricate in direzione settentrionale, che formano la cerniera di saldatura tra la catena appenninica e la regione delle pieghe e thrust sepolti della Pianura Padana, denominata: Lineamento Frontale Appenninico.

Dette azioni tettoniche nelle fasce più settentrionali hanno coinvolto anche i depositi quaternari continentali pleistocenici.

Le strutture compressive e le superfici di sovrascorrimento della coltre alloctona, Successione Epiligure e del Margine Appenninico, sono dislocate da faglie disgiuntive subverticali con direzione sia appenninica che antiappenninica. L'età di queste ultime è dunque almeno post -Pliocene inferiore.

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

Dette linee recenti hanno decisamente influenzato anche le geometria del reticolo idrografico.

Nel territorio di Marzabotto tali processi deformativi hanno determinato, per la placca prevalentemente arenacea della Successione Epiligure, un assetto a brachisinclinale con asse ovest - est con immersione orientale.

Le unità litostratigrafiche che costituiscono la fascia del medio appennino bolognese al quale appartiene il territorio di Marzabotto, sono attribuite, dall'alto in basso in senso stratigrafico, a:

- **Depositi Quaternari Continentali**
- **Successione Neogenica- Quaternaria del margine appenninico padano**
- **Successione Epiligure**
- **Dominio ligure**
 - **Successioni della Val Rossenna**
 - **Formazione Pre Flysch ad Elmintoidi**

Le unità litostratigrafiche presenti nel territorio Comunale di Marzabotto sono schematicamente riassunte, dall'alto verso il basso in senso stratigrafico, come di seguito esposto:

SUCCESSIONE NEOGENICA – QUATERNARIA DEL MARGINE APPENNINICO PADANO

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

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

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

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

SUBSINTEMA DI VILLA VERUCCHIO (AES7) *(Pleistocene sup)*

Depositi prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi in ambiente intravallivo e allo sbocco dei corsi d'acqua in pianura; lateralmente limi prevalenti con subordinate ghiaie e sabbie.

FORMAZIONE DI MONTE ADONE – MEMBRO DELLE GANZOLE (ADO2) *(Piacenziano – Calabriano?)*

Arenarie fini e subordinate peliti sabbiose bioturbate, in strati da medi a molto spessi a geometria tabulare, cuneiforme e concava.

FORMAZIONE DI MONTE ADONE – MEMBRO DI MONTE DELLE FORMICHE (ADO1) *(Piacenziano – Calabriano?)*

Arenarie e subordinati conglomerati a stratificazione da media a molto spessa.

FORMAZIONE DI MONTERUMICI – MEMBRO DI CA' DI MAZZA (RUM2) *(Zancleano)*

Argille, spesso sabbiose e sabbie in strati da sottili a molto spessi, con intercalazioni di ghiaie e conglomerati in strati spessi e molto spessi.

FORMAZIONE DI MONTERUMICI – MEMBRO DI SCASCOLI (RUM1) *(Zancleano)*

Conglomerati in strati spessi e molto spessi, fino a banchi, a geometria tabulare e lenticolare, in genere mal definiti.

SUCCESSIONE EPILOGURE**FORMAZIONE DEL TERMINA (TER)** *(Serravalliano sommitale – Messiniano inf)*

Marne e marne argillose grigio scure a stratificazione spesso indistinta; subordinate arenarie fini, bioturbate e locali starti millimetrici di argille bituminose con resti di pesci.

LENTE ARENACEO-PELITICA(TERap) *(Serravalliano sommitale – Messiniano inf)*

Corpo lenticolare costituito da arenarie risedimentate passanti a peliti marnose in strati da sottili a medi.

FORMAZIONE DI CIGARELLO (CIG) *(Langhiano p.p. – Serravalliano)*

Marne siltose-sabbiose, talora argillose, sottilmente stratificate, bioturbate e fossilifere, grigie, grigio scure o beige se alterate.

MEMBRO DI MONTE LUMINASIO (CIG2) *(Langhiano– Serravalliano)*

Arenarie fini e medie, localmente biocalcareni e litoareniti grossolane e microconglomeratiche, alternate a peliti siltose grigie, in strati tabulari da sottili a molto spessi.

MEMBRO DI MONTALTO NUOVO (CIG1) *(Langhiano inf)*

Alternanze di arenarie finissime bioturbate e peliti marnose-sabbiose, in strati da sottilissimi a spessi.

FORMAZIONE DI PANTANO (PAT) *(Burdigaliano sup – Langhiano inf)*

Areniti siltose fini e finissime, grigie, alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare a stratificazione mal distinguibile per bioturbazione.

MEMBRO DI CALVENZANO (PAT3) *(Burdigaliano sup – Langhiano inf)*

Areniti ibride da medie a fini, localmente grossolane in strati da medi a molto spessi, alternate ad arenarie siltose e siltiti marnose grigiastre.

FORMAZIONE DI CONTIGNACO (CTG) *(Acquitano – Burdigaliano inf)*

Marne siltose, siltiti o arenarie risedimentate fini, a contenuto siliceo, in strati sottili e medi, di colore grigio – verdognolo con patine manganesifere di alterazione.

BRECCIE ARGILLOSE DELLA VAL TIEPIDO - CANOSSA (MVT) *(Acquitano)*

Breccie argillose poligeniche a matrice argillosa prevalentemente grigia, con clasti eterometrici di calcilutiti, calcari marnosi, marne, siltiti e arenarie, a stratificazione mal distinguibile.

FORMAZIONE DI ANTOGNOLA (ANT) *(Chattiano – Burdigaliano Inf?)*

Marne e marne argillose, grigio- verdognole, a luoghi siltose, con rara presenza di sottili strati arenacei a grana fine.

MEMBRO DI ANCONELLA (ANT4) (*Chattiano? – Burdigalliano Inf?*)

Areniti arcosiche grigio-giallastre da molto grossolane a fini, risedimentate, con subordinate peliti nerastre e marne argillose grigio verdi; stratificazione tabulare da media a molto spessa o massiva per amalgamazione.

MEMBRO DI ANCONELLA – LITOFACIES ARENACEO PELITICA (ANT4a) (*Chattiano? – Burdigalliano Inf?*)

Litozona arenaceo-pelitica con strati da medi a molto spessi, tabulari.

FORMAZIONE DI RANZANO - MEMBRO DI ALBERGANA (RAN4) (*Rupeliano medio -sup.*)

Alternanze pelitico-arenacee in strati generalmente da molto sottili a medi costituiti da feldspatoareniti fini passanti a peliti grigie.

LITOZONA PELITICA (RAN4a) (*Rupeliano medio -sup.*)

Peliti grigio scure.

MARNE DI MONTEPIANO (MMP) (*Bartoniano – Rupeliano inf.*)

Argille marnose e marne rosse, rosate, grigio chiaro e verdognole, recanti sottili strati di arenarie fini, silititi nerastre e calcari marnosi.

FORMAZIONE DI LOIANO (LOI) (*Luteziano Terminale – Priaboniano*)

Arenarie arcosiche risedimentate da fini a molto grossolane, di colore grigio-biancastre, a luoghi micorconglomeratiche in strati da medi a spessi, gradati, talora amalgamati, con peliti scure e rare breccie e conglomerati.

LITOZONA ARENACEO PELITICA (LOIap) (*Luteziano Terminale – Priaboniano*)

Alternanze arenaceo-pelitiche.

MEMBRO DI RIO GIORDANO (LOI1) (*Luteziano sommitale*)

Argille marnoso-siltose verdastre, grigio scure o localmente rossastre, a stratificazione mal distinta.

BRECCIE ARGILLOSE DI BAISO (BAI) (*Luteziano sup. – Bartoniano*)

Breccie sedimentarie poligeniche a prevalente matrice argillosa grigia, recanti inclusi eterometrici ed eteogenei di varie unità liguri.

MEMBRO DI PIAN DI SETTA (BAI2) (*Luteziano sup. – Bartoniano*)

Breccie poligeniche a matrice argillosa grigia recante clasti eterometrici di calcilutiti grigio chiare e arenarie fini; materiale in prevalenza proveniente da APA, presenza di inclusi metrici di LOI1 o MMP.

MEMBRO DELLA VAL FOSSA (BAI1) (*Luteziano sup. – Bartoniano*)

Breccie poligeniche a matrice argillosa grigio scura e nerastra con clasti eterometrici di peliti, calcilutiti e arenarie; materiale in prevalenza proveniente da AVV, SCB e AVS.

DOMINIO LIGURE

SUCCESIONE DELLA VAL ROSSENA

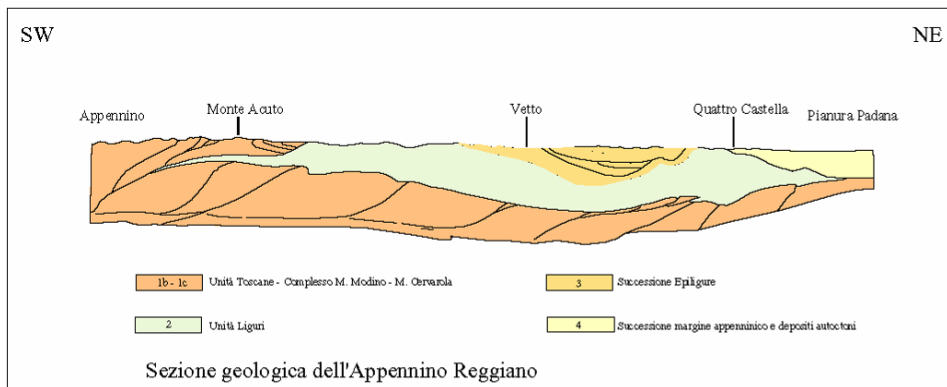
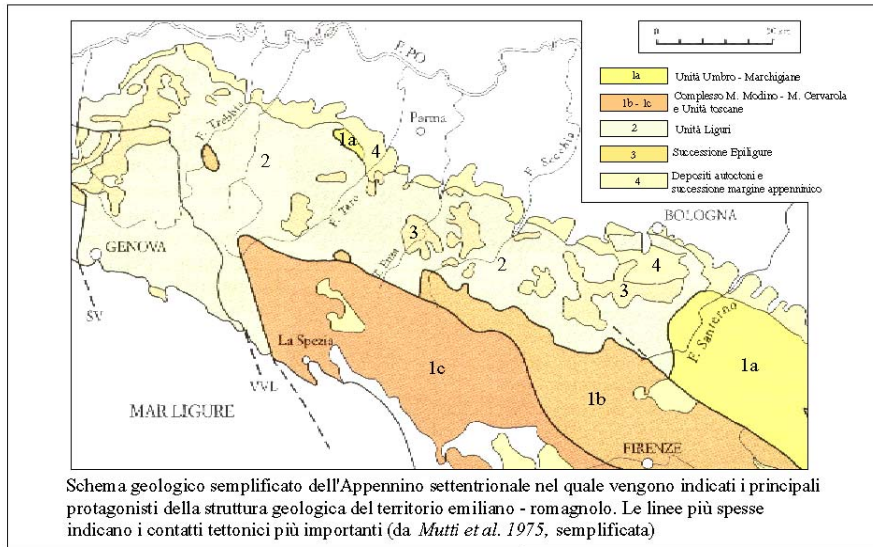
FORMAZIONE DI MONTE VENERE (MOV) (*Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.*)

Alternanze torbiditiche calcareo- marnose ea base finemente detritica e di colore grigio chiaro con a tetto intervalli di cottili e medi livelli di argilliti scure o nerastre.

FORMAZIONI PRE-FLYSCH AD ELMINTOIDI

ARGILLE VARICOLORI DI CASSIO (AVV) (*Cenomaniano – Campaniano sup.*)

Argille e argilliti rosse, rosate, nerastre e verdi fissili, sottilmente stratificate, spesso caotiche per intensa tettonizzazione, con subordinate intercalazioni di arenarie risedimentate, calcilutiti silicee e marne calcaree.



UNITÀ CRONOSTRATIGRAFICHE	ETÀ Ma	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA Ma
QUATERNARIO CONTINENTALE		
SUPER SISTEMA EMILIANO ROMAGNOLO		
SISTEMA EMILIANO ROMAGNOLO SUPERIORE		
SISTEMA EMILIANO ROMAGNOLO INFERIORE		
QUATERNARIO MARINO		
SUPER SISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO		
SUB SISTEMA QUATERNARIO MARINO 3		
SUB SISTEMA QUATERNARIO MARINO 3		
SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2		
SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1		
P2		
PLIOCENE MEDIO SUPERIORE		
PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE		
PLIOCENE INFERIORE		
PLIOCENE INFERIORE MIOCENE		

Da: G. Di Dio, 1998
parz. Mod.

ANNI	PERIODI GEOLOGICI	PERIODI STORICI	CIVILTÀ E CULTURE	
1.200	POSTGLACIALE	ALTO MEDIEVO	Età Condoviniana (1.200) Età Garofoliana (1.000-1.100) Età Romano-Lombarda (1.000-1.100) Età Romano-Bizantina (1.000-1.100)	
475		ETA ROMANA	Impero (475-500) Età Aureliana Età Antonina Età Traiana Età Augustea e Claudia	
150		ETA DEL FERRO	Neolitico (118-27) Chalcolitico (1.200-1.000) Chalcolitico (1.000-1.200) Bronzo (1.000-1.200) Protobronzo (1.100-1.000) Chalcolitico (1.000-1.200) Chalcolitico (1.000-1.200)	
1.000		ETÀ DEL RAME	Chalcolitico (1.000-1.200) Chalcolitico (1.000-1.200)	
2.000		ENEOLITICO	Chalcolitico (1.000-1.200) Chalcolitico (1.000-1.200)	
3.000		NEOLITICO	Chalcolitico (1.000-1.200) Chalcolitico (1.000-1.200)	
5.000		PREISTORICO	PALEOLITICO	5. Neolitico (1.000-1.200) 6. Mesolitico (1.000-1.200) 7. Paleolitico (1.000-1.200)
11.200			PALEOLITICO SUPERIORE (I)	Maddaleniano (11.200-10.000) Gravettiano (11.200-10.000) Perigordiano (11.200-10.000) Chalcolitico (11.200-10.000)
14.000			PALEOLITICO SUPERIORE (II)	Madrassiano Aurignaziano Chalcolitico (14.000-12.000)
18.000			PALEOLITICO SUPERIORE (III)	Chalcolitico (18.000-16.000) Chalcolitico (18.000-16.000) Chalcolitico (18.000-16.000)
24.000	PALEOLITICO SUPERIORE (IV)		Chalcolitico (24.000-22.000) Chalcolitico (24.000-22.000)	
30.000	PALEOLITICO SUPERIORE (V)		Chalcolitico (30.000-28.000) Chalcolitico (30.000-28.000)	
40.000	PALEOLITICO SUPERIORE (VI)		Chalcolitico (40.000-38.000) Chalcolitico (40.000-38.000)	
50.000	PALEOLITICO SUPERIORE (VII)		Chalcolitico (50.000-48.000) Chalcolitico (50.000-48.000)	
70.000	PALEOLITICO SUPERIORE (VIII)		Chalcolitico (70.000-68.000) Chalcolitico (70.000-68.000)	
100.000	PALEOLITICO SUPERIORE (IX)		Chalcolitico (100.000-98.000) Chalcolitico (100.000-98.000)	
150.000	PALEOLITICO SUPERIORE (X)	Chalcolitico (150.000-148.000) Chalcolitico (150.000-148.000)		

Da: AA.VV. Prov. RE, 1989

SCALA GEO-CRONOMETRICA IN MA			SCALA CRONOSTRATIGRAFICA	
EPOCHES		STANDARD AGE		
0	PLEISTOCENE	1.7 CALABRIANO		
5	PUC. CENE	2.6 PIACENZIANO	4.2 TABIARIANO	5.2 MESSINIANO
10	MIOCENE	6.6 TORTONIANO		
15		11.5 SERRAVALLIANO	15.5 LANGHIANO	16.5 BURDIGALIANO
20	22.5 AQUITANIANO	24		
25	OLIGOCENE	32 CATTIANO		
30		37 RUPELIANO	40 PRIABONIANO	
35	44 BARTONIANO	49 LUTEZIANO		
40	53.5 THANETIANO	60 DANIANO		
45	65	65		

DATAZIONE IN MA	UNITA' DELLA SCALA STANDARD			ALTRE UNITA'	UNITA' LOCALI E NOMI ABBANDONATI		
	PERIODI	EPOCHES	ETA'				
0	QUATERNARIO	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO	(RECENTE)		
1.8	NEOGENE	PLEISTOCENE	TIRRENIANO	CRIDONIANO			
5			MILAZIANO				
5			SICILIANO				
5			EMILIANO				
5	NEOGENE	PLIOCENE	CALABRIANO	SANTERAMO	YLLA-FRANCIANO		
5			PIACENZIANO		(TABIARIANO)		
5			ZANCLEANO		(ANDALUSIANO)		
5			MESSINIANO	PONTICO			
5			TORTONIANO	PANONICO	SARMAZIANO	(ELVEZIANO)	
24	PALEOGENE	MIOCENE	SERRAVALLIANO				
24			LANGHIANO				
24			BURDIGALIANO				
24			AQUITANIANO				
37			OLIGOCENE	CATTIANO	LATTORIANO	(TORGIANO)	
37				RUPELIANO		(LUDIANO)	
37				PRIABONIANO		(LUDIANO)	
53.5			PALEOGENE	EOCENE	LUTEZIANO	BIARRITZIANO	
53.5					YPRESIANO	ELUSIANO	(ILDERIANO)
53.5					THANETIANO		(ESPARMIANO)
53.5	MONTIANO				(ILANDIANO)		
53.5	DANIANO						
65	CRETACICO	MIOCENE	MAASTRICHTIANO				
65			CAMPANIANO				
65			SANTONIANO				
65			CONIACIANO				
65			TURONIANO				
65			CENOMANIANO				
65			ALBIANO				
65			APTIANO				
65			BARREMIANO				
65			HAUTERIVIANO				
96	GIURASSICO	MIOCENE	VALANGINIANO				
96			BERRIASIANO				
96			PORTLANDIANO				
96			KIMMERIDGIANO				
96			OXFORDIANO				
96			DOGGER				
96			CALLOVIANO				
96			BATHONIANO				
96			BAJOCIANO				
96			ALENIANO				
143	TRIASSICO	MIOCENE	TOARCIANO				
143			PLIENS-BACHIANO				
143			SINE-MURIANO				
143			METTANGIANO				
143			RETICO				
143			MORICO				
143			CARNICO				
143			LADINICO				
143			ANISICO				
143			SCITICO				
212	PERMIANO	MIOCENE	TATARIANO				
212			KAZANIANO				
212			KUNGURIANO				
212			ARTINSKIANO				
212			SARMAZIANO				
212			ORENBURGIANO				
212			GZELIANO				
212			MOSCOVIANO				
212			BASHKIRIANO				
212			SERPUKHOVIANO				
247	CARBONIFERO	MIOCENE	VISEANO				
247			TOURNAISIANO				
247			FAMENIANO				
247			FRASIANO				
247			GIVETIANO				
247			EIFELIANO				
247			EMSIANO				
247			SIEGENIANO				
247			GEDINNIANO				
247			PRIDOLIANO				
289	DEVONIANO	MIOCENE	LUDLOVIANO				
289			WENLOCKIANO				
289			LLANDOVERIANO				
289			VALENTIANO				
289			ASHGILLIANO				
289			CARADOCIANO				
289			LLANDELIANO				
289			LLANVIRNIANO				
289			ARENIGIANO				
289			SKIDDAVIANO				
367	SILURIANO	MIOCENE	TREMADOCIANO				
367			STURBIANO				
367			FAMENIANO				
367			FRASIANO				
367			GIVETIANO				
367			EIFELIANO				
367			EMSIANO				
367			SIEGENIANO				
367			GEDINNIANO				
367			PRIDOLIANO				
416	ORDOVICIANO	MIOCENE	LUDLOVIANO				
416			WENLOCKIANO				
416			LLANDOVERIANO				
416			VALENTIANO				
416			ASHGILLIANO				
416			CARADOCIANO				
416			LLANDELIANO				
416			LLANVIRNIANO				
416			ARENIGIANO				
416			SKIDDAVIANO				
446	CAMBRIANO	MIOCENE	TREMADOCIANO				
446			STURBIANO				
446			FAMENIANO				
446			FRASIANO				
446			GIVETIANO				
446			EIFELIANO				
446			EMSIANO				
446			SIEGENIANO				
446			GEDINNIANO				
446			PRIDOLIANO				
509	CAMBRIANO	MIOCENE	LUDLOVIANO				
509			WENLOCKIANO				
509			LLANDOVERIANO				
509			VALENTIANO				
509			ASHGILLIANO				
509			CARADOCIANO				
509			LLANDELIANO				
509			LLANVIRNIANO				
509			ARENIGIANO				
509			SKIDDAVIANO				
575	CAMBRIANO	MIOCENE	TREMADOCIANO				
575			STURBIANO				
575			FAMENIANO				
575			FRASIANO				
575			GIVETIANO				
575			EIFELIANO				
575			EMSIANO				
575			SIEGENIANO				
575			GEDINNIANO				
575			PRIDOLIANO				

Da: P.R. Vail, 1977
parz. mod.

3.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio di Marzabotto appartiene alle fascia collinare e del medio appennino e ricade nel bacino idrogeografico del F. Reno

Da un punto di vista geomorfologico e della geologia del quaternario in generale, sono state riconosciute e descritte, per le zone del crinale e sub crinale appenninico, forme e depositi attribuibili alle glaciazioni pleistoceniche; per le zone del medio appennino ed alta collina sono state individuate forme e processi correlati ad ambiente periglaciale (*Panizza e Mantovani, 1974, conca di Pavullo; A. Colombetti, placca di Zocca - Castel d'Aiano, 1975; G.P. Mazzetti, 1978, sinclinale di Carpineti*).

A detta fascia seguono nelle aree più prossime alla pianura litozone costituite da sedimenti marini marginali del Quaternario antico-medio e depositi fluviali terrazzati del Quaternario medio-recente, continentale, (Sintema Emiliano Romagnolo Superiore, rappresentato nel territorio di Marzabotto dai Subsintemi AES8-8a - AES 7).

Il tipo di drenaggio che si rileva a scala territoriale nel settore di appennino in esame denota un elevato grado di influenza dei sistemi di frattura e delle caratteristiche litotecniche, come indicano i percorsi del F. Reno e T. Setta tra Sibano e Marzabotto, Lama di Reno e Casetta, tra Lama di Setta - Monzale e nei pressi di Sirano, che incidono litotipi arenacei più resistenti all'erosione delle adiacenti litozone marnose - marnoso argillose.

Il territorio di Marzabotto, per quanto riguarda le fasce morfostrutturali dell'Appennino appartiene alle strutture del medio appennino costituito dalle Unità Liguri e Successioni Epiluguri ed in subordine alla fascia delle strutture marginali (*Marchetti, Papani, et alii; G.S.U.E.G.; 1978*).

La prima di dette fasce presenta un assetto strutturale complicato e scompaginato. Si osservano infatti sinclinali più o meno asimmetriche, talvolta coricate e/o rovesciate con vergenze a N-NE, che si raccordano ad anticlinali strizzate e profondamente erose.

Analoghe condizioni sono presenti anche nella seconda unità strutturale nella quale si riscontrano inoltre importanti linee di faglia subverticali che hanno sollevato le formazioni liguri, sulle quali si sono deposte in discordanza le unità marine del margine dell'avanfossa appenninica padana, formazioni di Monterumici e Monte Adone, che in genere presentano assetti a sinclinali ed anticlinali più o meno asimmetriche, con assi a direzione appenninica, che costituiscono il Lineamento Frontale Pedappenninico.

Le morfologie della zona in oggetto presentano aspetti diversi in funzione sia delle caratteristiche litomeccaniche che degli assetti strutturali. Si osserva infatti una netta prevalenza di versanti contraddistinti da pendenze tra $20^\circ \div 40^\circ$ e non di rado tra 40° e 60° , costituiti da formazioni prevalentemente arenacee arenitiche e marnoso - siltoso sabbiose, correlate sia all'assetto strutturale che al minor grado di erodibilità delle stesse, rispetto alle litozone marnoso argillose - argillitico argillose. Queste ultime caratterizzano i settori centrale occidentale e centro orientale nei quali le pendenze sono generalmente compresse tra 10 e 20° e minori di 10° in corrispondenza del fondovalle del T. Venola nella zona occidentale.

Analoghe caratteristiche di bassa acclività si riscontrano nell'areale meridionale centrale a sud di M. Caprara, nel quale le minori pendenze: $10/20^\circ$, sono collegate oltre che alla natura

litologica delle rocce affioranti, al grado di fratturazione delle litozone arenacee correlato alla presenza della Linea della Val di Setta.

In relazione alle paleoforme del territorio, sono individuabili lembi di superfici terrazzate in tratti di versante abbastanza ben conservati a blanda inclinazione, minore di $8^\circ \div 10^\circ$, attualmente in posizioni morfologiche più rilevate rispetto alle aree ad esse latistanti, che costituiscono zone ad altopiano topograficamente tra loro correlabili, delimitate da scarpate di incisione di 50 – 75 – 100 m. Dette entità di terrazzamento indicano un accentuata fase di erosione/sollevamento recente: fine Pleistocene sup. – Olocene.

Nell'unità territoriale in esame la paleosuperficie di maggior estensione si osserva ad ovest del Comune di Marzabotto nell'area tra Tolè e Montepastore, dove il ripiano morfologico è terrazzato di 100 m.

Nel territorio di Marzabotto dette superfici evidenziano modeste estensioni areali e quelle più significative, presenti nella zona centro settentrionale, si osservano alla piana a sud di Medelena, a La Costa, tra Lago di Montarsio – Montebello, tra Gabinello – Casigno di Venola – il Covo, nella parte centro meridionale occidentale tra Faggiolo e Colleguarda, in prossimità di Aravecchia, nel settore orientale in corrispondenza di Teggia, di Colulla di Sotto, San Martino, nella zona di M. Abele – M. Caprara – M. Sole.

Di dette morfologie quelle che attestano alle quote relative più elevate 500-650 m slm, in funzione delle loro conformazioni, sono probabilmente riconducibili a processi correlabili a sistemi morfoclimatici periglaciali (Wurm).

Altre forme ereditarie nel territorio sono rappresentate da depositi alluvionali antichi terrazzati (AES7) riscontrabili nelle fasce latistanti il F. Reno nel settore centrale ad a nord est in prossimità di Sirano; sono inoltre presenti depositi alluvionali recenti (AES8-8a) nella zona ai lati del F. Reno e T. Setta, depositi alluvionali in evoluzione e parzialmente stabilizzati in corrispondenza dell'asta di detti assi idrici.

Le degradazioni più recenti, correlate ad ambiente temperato, sono articolate in processi di versante, quali, incisioni fluvio - torrentizie, dissesti superficiali, processi di frana; di questi ultimi quelli di maggior estensione e spessore si rilevano nella zona occidentale meridionale estesa ovest est che asseconda l'andamento del T. Venola; altre fasce di territorio con analoghi accumuli, con dimensioni relative minori, si riscontrano nel settore centro orientale settentrionale tra l'allineamento Ronzano di Sotto – Allocco di Sopra e l'allineamento Panico – Case Murate. Condizioni simili si evidenziano nel settore meridionale orientale compreso tra l'allineamento M. Castellino – M. Caprara – M. Sole e la Serra – Albergana - Aravecchia – Steccola – Cà di Cò – Albareda – Rodella – M. Castellino.

Le azioni erosive di maggior intensità delle acque incanalate si sviluppano in corrispondenza dell'asta del F. Reno e del T. Setta che sono delimitati da depositi alluvionali terrazzati con altezze di incisione di $5 \div 10$ m; un'intesa attività di incisione è esercitata anche dal T. Venola, che si estende in una fascia di territorio costituita da rocce prevalentemente argillose.

Le forme e processi che caratterizzano il territorio, derivando da cambiamenti di condizioni climatiche più o meno dissimili da quelle attuali, oggi possono essere attive o non attive. Ciò assume un'importanza fondamentale nella pianificazione territoriale in quanto il

tipo di dinamica delle forme in atto dei versanti determinano la possibilità o meno di valutare l'edificabilità di aree stimando, in linea di massima, l'incidenza economica degli interventi di messa in sicurezza.

Nell'area comunale di Marzabotto, in prevalenza costituito da litozone arenacee ed arenitiche, i depositi per accumulo di frana, attive e quiescenti, non sono molto diffusi come denota l'indice di franosità territoriale corrispondente all'11%.

Tali processi prevalentemente di tipo complesso e di colata, sono localizzati in corrispondenza delle unità litologiche sostanzialmente argillose – argilloso marnose e marnose – marnoso argillose, che formano le fasce estese ovest est, centro occidentale e centro orientale ed il settore meridionale centrale e sud del M. Caprara.

Gli accumuli in evoluzione di maggior estensione si riscontano in sponda meridionale, del T. Venola, nel settore orientale tra Case Murate – La Collina – Collinaccia – Cà Bianca – T. Setta, nella fascia centro orientale tra M. Santa Barbara – Tre Forche – Poggio Conovella – Colulla di Sopra – Valdiana – Ronzano di Sotto – Ignano - Avendola; nella zona meridionale i corpi di frana di maggior estensione si rilevano tra Rivabella – Podella – Il Poggio – Monte Caprara – M. Castellino – Cà di Cò – San Martino - Concola – Pian del Prete; di importanza non secondaria sono i corpi franosi attivi e quiescenti tra Albergana – Casa Ella – Famaticcia – Cadotto.

Sono inoltre presenti accumuli e processi attivi di minore estensione areale e spessore che si localizzano all'intorno delle zone sopra descritte e che si sviluppano essenzialmente nelle stesse tipologie di substrato, argille marnose – marnoso argillose.

3.3. DEPOSITI CONTINENTALI

I depositi continentali sono diversamente distribuiti sul territorio comunale in funzione delle conformazioni morfologiche e quote altimetriche dello stesso e sono rappresentati da depositi di versante eluvio colluviali ed SL, depositi alluvionali, accumuli di frana.

Nella zona occidentale settentrionale i depositi di versante sono scarsamente diffusi e costituiscono coltri di discreta estensione, con spessore 4-7-10 m, che generano superfici ad altopiano tra loro morfologicamente ed altimetricamente correlabili. Nel settore nord orientale detti depositi, siti a quote relative inferiori rispetto alle aree ad ovest, presentano una maggior estensione e diffusione relativa. Analoghe condizioni di maggior presenza si riscontrano nelle zone meridionali.

Nella fascia centrale del territorio estesa sud sudovest – nord nordest, che asseconda l'andamento del F. Reno, alla quale appartengono il capoluogo ed i principali insediamenti urbanizzati del comune, sono diffusamente presenti depositi alluvionali terrazzati di terzo e quarto ordine, separati da orli di scarpata con altezze di 10 – 15 m, che nelle zone a sud di Marzabotto, negli ordini superiori (AES7), sono sopraelevati di 50 – 100 m, confermando il rapido approfondimento delle incisioni fluviali negli ultimi 12 – 15.000 anni.

Tali profondità di erosione presentano un elevato grado di corrispondenza che quelle di terrazzamento (100/120 m) di depositi wrumiani riscontrati in altre zone dell'appennino, Val di Secchia (G.P. Mazzetti, 1978, 2006) Val D' Enza (M.Cremaschi, M.Bernini, C.Tellini, 1980).

Analoghe condizioni si riscontrano al bordo orientale dell'area comunale, in sponda occidentale del T. Setta, dove nella zona di Sirano i depositi alluvionali di ordine superiore, con spessori relativi minori: 4/6 m, denotano entità di terrazzamento relative inferiori corrispondenti a 25 – 35 m.

I depositi alluvionali in narrativa sono organizzati in cicli sedimentari costituiti da ghiaie sabbiose – ghiaie embriciate alla base, che passano a sabbie limose e quindi a limi sabbiosi verso l'alto. Tali corpi sedimentari nel settore di fondovalle del F. Reno costituiscono terrazzi con spessori mediamente compresi tra 6/7 e 10/14 m.

Nel settore centro meridionale occidentale, Pian di Venola, sono presenti depositi di conoide alluvionale del T. Venola.

L'attuale alveo del F. Reno è caratterizzato da depositi alluvionali recenti che costituiscono, ai lati del canale fluviale, aree che sono soggette ad inondazione in occasione di piene ordinaria e/o straordinaria, tempi di ritorno di 20 anni.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

In riferimento all'analisi delle caratteristiche litotecniche territoriali è stata effettuata una raccolta dati mediante un censimento delle indagini geognostiche e geofisiche realizzate per varie finalità nel territorio oggetto di studio, presso le Amministrazioni Pubbliche Locali: Ufficio Tecnico Comunale, Autorità di Bacino del Reno, Comunità Montana dell'Appennino Bolognese, Settore Pianificazione Territoriale della Provincia di Bologna.

In considerazione del contesto geo-litologico in primo luogo sono state considerate, oltre ad un limitato numero di indagini sismiche, i sondaggi di tipo continuo ed alcune indagini penetrometriche qualora direttamente correlabili a sondaggi realizzati in prossimità.

Successivamente è stata effettuata una selezione di dette documentazioni in base alla valutazione dell'attendibilità del dato.

In sintesi tra le indagini esistenti sono stati selezionati complessivamente:

- 4 sondaggi meccanici (SM);
- 27 prove penetrometriche statiche (CPT);
- 8 prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH);
- 20 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM);
- 1 profilo sismico a rifrazione attiva, ad antenna monodimensionale, con metodo MASW (MW);
- 3 verticali di misura di sismica passiva con tecnica a stazione singola HVSR (H);

In riferimento alla caratterizzazione degli ambiti urbanizzati e quelli di prevedibile nuovo sviluppo e delle principali reti infrastrutturali, preventivamente selezionati in accordo con l'Amministrazione Comunale, e con riferimento agli elaborati della variante per la riduzione del rischio sismico della Provincia di Bologna – Settore Pianificazione Territoriale, Autorità di Bacino del Reno, per i quali risulta necessario effettuare gli approfondimenti sismici prescritti dai testi di indirizzo riportati in premessa, sono state realizzate le seguenti ulteriori indagini:

- 34 misure di sismica a rifrazione passiva/attiva con antenna monodimensionale con metodo integrato Re.Mi/MASW;
- 77 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R. tutte validate, 34 delle quali in accoppiamento con le prospezioni Re.Mi/MASW e 43 in singolo punto di rilevazione.

Dette prospezioni sono state articolate in due fasi temporali distinte, nella prima di queste, oltre ad investigare gli ambiti sede dell'urbanizzato a di prevedibile nuova urbanizzazione, sono stati anche esaminati tipi litologici non direttamente interessati dalle sopra descritte destinazioni, ma in siti con presenza di roccia affiorante, per caratterizzare unità rocciose di substrato non presenti direttamente o coperte da sensibili spessori di depositi detritici, negli ambiti urbanizzati e di nuovo insediamento.

Nella seconda fase, sviluppata con prospezioni sismiche passive a stazione singola (H.V.S.R.), e prospezioni a rifrazione passiva/attiva con antenna monodimensionale (Re.Mi/MASW), sono stati esaminati e verificati i siti, per un'analisi di maggior dettaglio, in

zone ad incerta classificazione o di dubbia delimitazione delle unità litotecniche, fasce con presenza di substrato intensamente fratturato.

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in appositi elaborati cartografici in scala 1:10.000 e scala 1:5000 (Tav. 1.0, Tav.1.5) il primo comprensiva dell'intero territorio comunale, il secondo delle zone di interesse degli sviluppi di microzonazione.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

5.1. INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

Le caratteristiche che contraddistinguono i terreni affioranti sono la diversità di assetto, stile e comportamento tettonico.

Le unità stratigrafiche presenti nel territorio a cui appartiene l'area comunale di Marzabotto, costituiscono una placca prevalentemente arenaceo - arenitica ad assetto sinforme, formata principalmente dalle Unità Epiliguri e, subordinatamente dalla Successione Neogenica-Quaternaria del Margine Appenninico Padano, riscontrabile a nord, dalle Unità Sub Liguri presenti ad ovest nord del confine comunale, dalle Unità Liguri, nei territori immediatamente a sud sud est del confine meridionale del comune

Dette unità tettoniche, differenziate durante la fase ligure, che ne ha causato lo scollamento delle successioni stratigrafiche ad esse sottostanti (formazioni pre-flysch) e la giustapposizione tettonica alle stesse, sono distribuite secondo fasce ad andamento appenninico.

I complessi tettonici liguri presenti nella zona, che soggiacciono il ciclo Pliocenico e la Successione Epiligure, sono suddivisibili nelle tre unità stratigrafiche strutturali: Unità Tettonica Cassio, Unità Tettonica Monghidoro, Unità Tettonica Leo.

Quest'ultima, non presente nel territorio di Marzabotto, affiora circa 4 ÷ 5 Km a sud ovest ed ovest in comune di Vergato, in corrispondenza della fascia di faglie transpressive che costituisce la Linea di Vergato (*F. Panini, 2002*), che in sponda orientale del F. Reno, giustappone la Formazione di Pantano alle Argille a Palombini; detta unità non presente come sopra indicato nell'area di Marzabotto, affiora 4-5 km a sud ovest.

L'Unità Tettonica Cassio, Sub unità del Panaro, non affiorante nel territorio di Marzabotto, è rappresentata dalle formazioni pre-flysch e si rinviene 7 ÷ 8 km a nord ovest del comune; è costituita dalle Unità Monghidoro e Samoggia che mediante il sistema di faglie trascorrenti inverse della linea S. Prospero – Rio Gavignano, si giustappone in direzione sud est all'Unità Tettonica di Coscongno, mentre in verso nord ovest sovrascorrono parzialmente l'Unità Tettonica Samoggia.

L' Unità Monghidoro, rinvenibile immediatamente a meridione del confine sud est di Marzabotto, è rappresentata dalle formazioni della Successione della Val Rossena, che mediante la Linea di Roveggio sono a contatto con le formazioni epiliguri; tale linea ha determinato un pronunciato innalzamento al quale è conseguita la completa erosione delle epiliguri sino all'allineamento Rioveggio – Monzuno – Loiano.

I depositi epiliguri nel territorio di Marzabotto praticamente sigillano completamente il substrato ligure e costituiscono una placca, prevalentemente arenacea ad assetto sinforme, scomposta da sistemi di faglie inverse e sovrascorrimenti, faglie subverticali ed a prevalente componente trasversale.

Le faglie inverse e sovrascorrimenti hanno direttrice sia appenninica che antiappenninica; le prime sono individuabili a nord i Riola, tra Vergato e Cereglio, tra

Marzabotto e Lama di Reno; le antiappenniniche si rilevano ad est di Vergato, tra M. Venere/Monzuno e Rioveggio.

Le faglie sub verticali assumono prevalentemente direttrice appenninica tra Vergato e Marzabotto, ed in percentuale relativa inferiore orientamento antiappenninico tra l'allineamento Vergato – Monteverene e l'allineamento Riola – Rocca di Rottofreno / Castel d'Aiano – Monte Ombraro; analoghe direzioni sono osservabili nel settore orientale del territorio circa in corrispondenza del T. Setta e tra quest'ultimo e Marzabotto.

I sistemi trascorrenti hanno orientamento prevalentemente antiappenninico e quelli principali assecondano l'andamento del F. Reno tra Riola – Vergato – Pioppe di Salvarano; più a settentrione, tra Marzabotto e Lama di Reno, le faglie sono orientate sud ovest nord est ed analoga direttrice tali trascorrenti assumono tra il Pian di Setta – Rioveggio – Quercia e successivamente a quest'ultima proseguono in verso nord est in direzione di Allocco dove detta zona di faglia è intersecata dalla trascorrente delle Linea della Val di Setta che si estende in direttrice nord nord ovest verso Sasso Marconi.

Nella zona al bordo settentrionale orientale di Marzabotto ed immediatamente a nord ovest dello stesso, mediante faglie sub verticali distensive, le Successioni Epiliguri sono sostituite dalla Successione Neogenico Quaternaria del Margine Padano, le cui formazioni costituiscono una sinclinale asimmetrica con asse antiappenninico.

L'assetto strutturale della zona in esame deriva da una serie di pulsazioni (o crisi) orogenetiche che dal Cretacico sup - Eocene ad oggi, hanno contribuito alla formazione della catena appenninica. Tale attività è stata presente anche durante le fasi deposizionali epiliguri come indicano le irregolarità, discontinuità e variazioni di spessore dei membri e formazioni sottiacenti il Gruppo di Bismantova, la presenza di depositi di debris flow all'interno della Formazione di Antognola e la discordanza tra quest'ultima con il sovrastante Gruppo di Bismantova, le variazioni laterali di tale gruppo.

I sollevamenti crostali avvenuti in epoche plio-quaternarie nel territorio comunale sono correlati all'attività del Lineamento Frontale Appenninico costituito da una complessa struttura a superfici di thrust e faglie inverse embricate vergenti a nord, che in pratica corrispondono al limite tra l'appennino e la pianura.

Gli innalzamenti, ed in generale gli spostamenti crostali avvenuti recentemente (Pliocene e Quaternario) nell'area in oggetto, sono individuabili mediante elementi neotettonici lineari (faglie) a sviluppo prevalentemente rettilineo.

L'attribuzione di faglie al periodo plio - quaternario è data da una serie di indicazioni quali "freschezza" degli indizi geomorfologici: scarpate, intense fratturazioni o uncinatura di strati, tratti vallivi rettilinei, gomiti e catture fluviali, franosità accentuate ed allineate, contropendenze, dislocazione di depositi quaternari ecc.

Sono di seguito descritte le principali faglie alle quali sono stati attribuiti caratteri neotettonici (*P.F.G.S.N. 1983*) e faglie e sovrascorrimenti sepolti classificati attivi o riattivatisi (*M. Boccaletti, L. Martelli; 2004*) riconosciute nell'area comunale.

Linee con caratteri neotettonici

1. Faglia a componente prevalentemente trascorrente, orientata sud nord, circa estesa da Oreglia a Molinello, assecondante l'andamento del F. Reno, immediatamente a sud ovest del confine comunale di Marzabotto, evidenziata da due gomiti ed andamento rettilineo dell'asta fluviale tra le sopra indicate località.
2. Faglia orientata sud ovest – nord est tra Gardelletta e Nuzzano – Allocco, assecondante il tratto del T. Setta al bordo orientale del confine comunale di Marzabotto, evidenziata dall'andamento rettilineo dell'asta torrentizia e due gomiti della stessa tra le località sopra citate.

Sovrascorrimenti attivi sepolti

3. Fronte di Accavallamento del Basamento sovrascorrimento orientato ovest sud ovest – est nord est, compreso tra la Linea del Reno e Linea di Sperticano, rinvenibile tra Marzabotto e Lama di Reno, nella zona nord orientale del territorio comunale, e che si prolunga in direttrice est.
A meridione, zone a sud di Riola – M. Venere, si rinviene la fascia principale di detto fronte con analogo andamento WSW-ENE.
4. Fronti di Accavallamento della Successione Carbonatica Meso-Cenozoica, sovrascorrimento di importanza regionale orientato ovest sudovest – est nord est nella zona orientale settentrionale dell'area comunale, rinvenibile circa tra M. Santa Barbara – M. Adone e che si estende in direzione est nord est.

Faglie mio-plioceniche successivamente riattive

5. Faglie dirette ad andamento ovest sud ovest – est nord est, tra Marzabotto e Lama di Reno correlabili alla fascia di faglie tra la Linea del Reno e Linea di Luminasio.
6. Faglie a componente prevalentemente trascorrente orientata ovest sud ovest – est nord est, tra Pian di Venola – Marzabotto – Ghisola.
7. Faglia orientata ovest sud ovest – est nord est, a nord dell'allineamento M. Santa Barbara – Lama di Setta.
8. Faglia prevalentemente trascorrente orientata ovest nord ovest – est sud est, tra M. Torrenera – Stanzano.
9. Faglia diretta orientata ovest nord ovest – est sud est a nord del confine comunale, con andamento sub parallelo all'allineamento Fontana – S. Andrea.

5.2. ATTIVITÀ TETTONICA

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, presente nel sottosuolo del settore nord del territorio comunale.

Sono inoltre individuate faglie del Pliocene – Miocene inferiore riattivate, quali le lineazioni orientate ovest sud ovest – est nord est nella zona settentrionale orientale del comune nella zona compresa tra La Linea di Luminasio e Linea di Sperticano, circa tra Lama di Reno – Sirano, tra Pian di Venola – Lama di Setta.

Altre faglie riattivate, orientate sud ovest nord est, sono individuate in prossimità del confine sud orientale tra Quercia e versante sud orientale di M. Sole, ad oriente di detta faglia è identificata una linea con caratteri neotettonici, con andamento sub parallelo a quella precedente, assecondante il tratto di T. Setta tra Gardelletta ed Allocco.

Altre faglie riattivate orientate ovest nord ovest – est sud est, sono individuate a nord del confine settentrionale comunale nel settore di transizione tra La Successione Epiligure e la Successione Neogenico Quaternaria del Margine Padano.

La carta sismotettonica R.E.R. evidenzia epicentri sismici con magnitudo: $5 < M < 5,5$ circa 7/8 km a sud ovest del capoluogo; tra Calvenzano e il Poggio, 8/9 km a nord di Marzabotto in prossimità Renzano, 12 km ad ovest di Sperticano/Marzabotto, a sud di Livergnano.

Sono inoltre indicati epicentri con $4 < M < 5$, in prossimità di Tolè, 12/13 km ad ovest del capoluogo.

L'attività sismica nell'area in oggetto è prevalentemente correlata alla fascia deformativa del Fronte del Basamento e del Fronte di Accavallamento della Successione Carbonatica ed alle deformazioni del Lineamento del Fronte Appenninico, che si estendono in direttrice ovest nord ovest – est sud est.

Un'influenza non trascurabile sulla sismicità nel territorio dell'appennino bolognese - modenese, è correlata all'attività sismogenetica delle zone del Mugello e della Garfagnana nelle quali si sono verificati epicentri sismici con $M_w > 5,5 - 6$.

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 a componenti compressive e trascorrenti ed in subordine distensive.

I fuochi generati a media profondità (15 ÷ 25 km) e profondi di (25 ÷ >35 km) sono rappresentati in percentuale relativa sensibilmente inferiore.

6. INTERPRETAZIONE ED INCERTEZZE /METODOLOGIA DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio Vs, delle unità litotecniche che costituiscono i primi 40 ÷ 60/80 m del sottosuolo, sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione con metodo integrato attivo/passivo Multichannel Analysis Surface Waves - Refraction Microtremor Linear Array (MASW / ReMi), mediante stendimenti ad antenna monodimensionale con lunghezza di 46 - 69 m, integrate da verticali puntuali a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Queste ultime sono state sempre eseguite congiuntamente alle prospezioni MASW-Re.Mi. Sono state inoltre effettuate verticali HVSr anche singolarmente in aree dove informazioni geognostiche o acquisizioni delle onde sismiche di taglio con altri metodi che fornivano già informazioni relative alle Vs del substrato roccioso e, per le indagini geognostiche affidabili, informazioni sugli spessori della prima unità litotecnica.

Dette indagini, eseguite in numero di 34 Re.Mi./MASW e 27 HVSr, di seguito in maggior dettaglio elencate, sono state distribuite sul territorio sia in funzione delle analisi con finalità caratterizzazione sismica delle aree urbanizzate che degli ambiti suscettibili di urbanizzazione e delle principali infrastrutture; oltre a ciò sono state effettuate verticali di acquisizione delle Vs anche in altri siti al fine di individuare i valori di Vs di alcuni tipi di roccia in condizioni di substrato litologico rigido affiorante.

6.1. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE PASSIVA RE.MI. / attiva MASW

Le prospezioni sono state eseguite con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 2 - 3 m per una lunghezza totale di stendimento, in funzione delle possibilità operative, di 46 - 69 m.

Nella procedura del "metodo attivo" le onde superficiali sono generate mediante una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e sono registrate da uno stendimento lineare costituito ricevitori posti a distanza variabile.

Il procedimento del "metodo passivo" presenta caratteristiche geometriche dello stendimento uguali a quelle del sistema attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (microtremore) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche esaminano bande spettrali differenti: il metodo attivo consente di acquisire in modo dettagliato una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo (fino a circa 10-20 m di profondità); il metodo passivo permette di determinare e definire una curva di dispersione nelle bande di frequenza tra 2 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi.

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 40-70/100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento e del grado di rigidità dei terreni.

Nell'esecuzione della prova MASW (attiva) è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza di 6 e 10 m dal primo geofono ("Optimum Field Parameters of an MASW Survey", Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).

Per l'acquisizione dei microtremori ambientali (Re.Mi) sono state effettuate venti registrazioni della durata di 30 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare, tramite un opportuno software, una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p - f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico p - f . Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

In tale spettro mediato si evidenziano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di superficie (che hanno carattere dispersivo), da quelle riconducibili ad altri modi e tipi (onde di superficie di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

In funzione di quanto esposto è stato effettuato un "picking", attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* (p o $1/velocità$ di fase) ottenendo una "curva di dispersione".

Quest'ultima è visualizzata su un diagramma in cui appare anche la curva di dispersione calcolata in base ad un modello di Vs che è modificabile in sede di elaborazione. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di dispersione calcolata è adattata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

I risultati ottenuti ed i relativi diagrammi di elaborazione sono visualizzati nelle allegate schede "indagine MASW-Re.Mi.", riportanti lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

Tale procedura consente di ottenere uno spettro nella banda di frequenza compresa tra i suddetti valori (2-40 Hz) e permette la ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio fino a circa 40-80 m di profondità.

L'elaborazione del segnale, consiste nell'analisi dell'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico p - f . Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

Il modello di Vs è modificabile in sede di elaborazione, variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, adottando la curva di dispersione calcolata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

I risultati ottenuti ed i relativi diagrammi di elaborazione sono visualizzati nelle alleghe schede “indagine Re.Mi./MASW”, riportanti lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

6.2. MICROTREMORI CON LA TECNICA HVSR

Le indagini a stazione singola effettuate in totali 77 punti del territorio comunale, con acquisizione di microtremori ambientali, sono state eseguite utilizzando un sismometro GeoBox-SARA ad elevata dinamica (24 bits) attrezzato con geofono tridirezionale da 4,5 Hz di frequenza propria ed un sismometro TROMINO con analoghe caratteristiche.

Le acquisizioni sono state effettuate campionando il segnale a 200 Hz per una durata di circa 30 ÷ 40 minuti.

Tali dati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) utilizzando il programma *Grilla*.

L'elaborazione HVSR dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nelle alleghe schede “Indagine HVSR” in cui la linea rossa continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee nere più sottili rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata.

7. ELABORATI CARTOGRAFICI

7.1. PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

7.1.1. CARTA DELLE INDAGINI

In funzione dell'analisi delle caratteristiche litotecniche territoriali e della risposta alla sollecitazione sismica delle unità geo-litologiche le indagini geognostiche e geofisiche sia precedentemente eseguite che di nuova realizzazione sono state georeferenziate in appositi elaborati.

Di questi ultimi la tav. QC 10.1° in scala 1:10.000 è comprensiva dell'intero territorio comunale, la tav. 1.5a riporta le indagini delle zone di interesse degli sviluppi di microzonazione in scala 1:5.000.

Le indagini visualizzate nell'elaborato di analisi territoriale sono costituite da:

- Dati preesistenti
 - 4 sondaggi meccanici (SM);
 - 27 prove penetrometriche statiche (CPT);
 - 8 prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH);
 - 1 profilo sismico a rifrazione attiva, ad antenna monodimensionale, con metodo MASW (MW);
 - 3 verticali di misura di sismica passiva con tecnica a stazione singola HVSR (H);

- Dati nuova esecuzione
 - 34 misure di sismica a rifrazione passiva/attiva con antenna monodimensionale con metodo integrato Re.Mi/MASW;
 - 77 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R. tutte validate, 34 delle quali in accoppiamento con le prospezioni Re.Mi/MASW 43 in singolo punto di rilevazione.

Le prospezioni di nuova esecuzione sono state articolate in due fasi temporali distinte, nella prima di queste, oltre ad investigare gli ambiti sede dell'urbanizzato a di prevedibile nuova urbanizzazione, sono stati anche esaminati tipi litologici non direttamente interessati dalle sopra descritte destinazioni, ma in siti con presenza di roccia affiorante, per caratterizzare unità rocciose di substrato non presenti direttamente o coperte da depositi detritici, negli ambiti urbanizzati e di nuovo insediamento.

Nella seconda fase, sviluppata con prospezioni sismiche passive a stazione singola (H.V.S.R.), e prospezioni a rifrazione passiva/attiva con antenna monodimensionale (Re.Mi/MASW), sono stati esaminati e verificati i siti, per un'analisi di maggior dettaglio, in zone di incerta classificazione o di dubbia delimitazione delle unità litotecniche, fasce con presenza di substrato intensamente fratturato.

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, secondo quanto previsto dagli standard di rappresentazione, sono state georeferenziate in appositi elaborati cartografici in scala 1:10.000 e scala 1:5000 (Tav. 1.0, Tav.1.5) il primo comprensivo dell'intero territorio comunale, il secondo delle zone di interesse degli sviluppi di microzonazione.

7.1.2. CARTA GEOLOGICO TECNICA

Tale elaborato, realizzato alla scala 1:10.000, derivato dalla cartografia geologica, rilevata alla scala 1:10.000, che costituisce la base per i fogli CARG 1:50.000 e dalla cartografia delle aree suscettibili di effetti locali: Tav 2C IV - V del P.T.C.P. della Provincia di Bologna, evidenziando le condizioni del dissesto del territorio, è stato redatto integrando le sopra citate cartografie con i dati dei processi di dissesto acquisiti dal Servizio geologico e sismico R.E.R. aggiornati fine 2013, con rilievi diretti e con i dati ottenuti dalle indagini e prospezioni direttamente effettuate nella zona.

A scala regionale l'areale a cui appartiene il territorio di Marzabotto è suddivisibile in tre domini principali: Dominio Ligure, Successione Epiligure, Successione Neogenica Quaternaria del Margine Appenninico.

L'area comunale è costituita esclusivamente dalle Successioni Epiliguri con netta prevalenza delle formazioni della fase Post Burdigaliana; le formazioni della fase Pre Burdigaliana costituiscono il settore sud orientale in destra F. Reno e la fascia centro meridionale estesa ovest est che asseconda l'andamento del T. Venola, nelle quali sono prevalentemente presenti le frane ed i processi dissesto del territorio di Marzabotto, correlate alla natura litologica argilloso/argillitica – argilloso marnosa – marnosa/marnoso argillosa di dette formazioni.

Analoghe caratteristiche litotecniche contraddistinguono le fascia orientale centrale estesa ovest est circa tra l'allineamento M. Abele – M. Santa Barbara e l'allineamento Poggio Canovella – Pian di Mazzola – Monzale – Cà Murate, nella quale la Successione Epiligure Post Burdigaliana è rappresentata da litozone marnoso argillose – marnose (TER) a basso grado di resistenza all'erosione come testimonia la diffusa presenza di processi di frana per colamento lento e di tipo complesso, sia attive che quiescenti.

Gli accumuli gravitativi di maggior estensione e spessore si rinvergono nel settore orientale in sponda occidentale del Rio Sant'Andrea, tra quest'ultimo e M. Castellina ed in sponda meridionale del T. Venola, tra il medesimo e Casalecchio di Sopra/Vaglie di Sopra, circa 1.5 km più ad est di dette località si rilevano tra La Teggia – Belvedere – Terre Rosse – Valmara e tra quest'ultima – M. Milano – “Mandriolo”, sono diffusamente presenti estesi e spessi accumuli di frana complessa attivi.

Simili caratteristiche contraddistinguono la fascia orientale centro settentrionale tra Case Murate – La Collina – Collinaccia – Ca Bianca, la zona tra Poggio Canovella – Cà di Marino – Ignano - Aravecchia – Ronzano di Sotto – Rio di Quilio; sono inoltre diffusamente presenti frane di colata di considerevole dimensione nel settore di territorio compreso tra quelli precedentemente descritti e circa tra Belvedere – Cà di Gigli – Collinaccia – Tre Forche – Pian di Mazzola – Cà di Cò – Poggio Canovella – Teggia – La Volta.

Analoghe caratteristiche con diffusa presenza di accumuli di frana per colata e di tipo complesso, sia attivi che quiescenti, contraddistinguono la fascia meridionale estesa sud nord assecondante l'andamento dei rii Casiglia e Cavallaccia circa tra M. Caprara e Rivabella, e la fascia ovest est che si estende concordemente all'andamento del Rio Albareda – Castellino da M. Caprara ad Albaredo.

Le campiture rappresentate da depositi di versante sl, eluvio – colluviali, sono presenti in modo diffuso nel settore meridionale del territorio comunale sia in destra che sinistra del F. Reno; nella parte settentrionale tali depositi sono rappresentati in percentuale nettamente inferiore e ad eccezione della zona medio orientale tra Lama di Reno - M. Giovine – Stanzano di Sotto – C. Brolo e la fascia tra Rio Casola e Sirano, dove le superfici rivestite dai depositi di versante sono di ampia estensione. Le aree nel settore nord occidentale che sono coperte da detti depositi generalmente presentano modesta estensione ed hanno morfologie blandamente acclivi che costituiscono ripiani, a zone, tra loro correlabili ed i rapporto alle loro quote, altezze di incisione e conformazioni sono con tutta probabilità correlabili ad ambiente di tipo periglaciale.

La minor conservazione di totali depositi nella parte nord occidentale del territorio comunale indica un probabile maggior sollevamento relativo di detta zona, rispetto ai settori meridionali, nella fase post wurmiana.

Le coperture detritiche presenti nel territorio di Marzabotto, hanno spessori variabili, mediamente compresi tra 2/3 e 5/7 m per quanto riguarda i depositi eluvio colluviali, tra 5/10 sino a 20 ÷ 30 m, relativamente agli accumuli per processi di frana.

In funzione dello spessore dei depositi nelle elaborazioni si è considerata la condizione di sub strato affiorante nei casi in cui i corpi delle coperture presentano spessori inferiori a 3 m.

La fascia centrale del territorio comunale estesa sud nord, con andamento assecondante quello del F. Reno, è costituita da depositi alluvionali terrazzati di diversi ordini ed in subordine da depositi di conoide alluvionale nella zona di Pian di Venola e con modeste dimensioni nell' area di Sibano.

Tali corpi sedimentari sono formati in prevalenza da ghiaie alla base e ghiaie sabbiose nelle parti più alte, che si arricchiscono in componenti limoso sabbioso ghiaiose – limi nei terrazzi di ordine superiore: AES7 – AES8.

Detti depositi presentano spessori mediamente compresi tra 6/7 e 10/12 ed in funzione delle loro componenti granulometriche, prevalentemente ghiaiose e con matrice limosa nei terrazzi meno recenti, denotano in pratica l'assenza di condizioni di pericolosità di liquefazione.

L'andamento "sub meandriforme" del F. Reno circa tra Sibano e Marzabotto unitamente al pronunciato allargamento della sua sezione trasversale occupata dai depositi alluvionali terrazzati, indicano una maggior difficoltà al deflusso alla pianura in periodi passati correlabile, oltre alla minor erodibilità delle litozone a settentrione di Marzabotto, ad un probabile più accentuato sollevamento relativo delle fasce di territorio a nord del confine comunale, in accordo con la modesta presenza dei depositi di versante sl in tale zona..

Analoghi depositi, di estensione relativa inferiore sono presenti nella fascia nord orientale del territorio, in corrispondenza del T. Setta, nella quale gli spessori sono generalmente compresi tra 2 e 5/6 m.

I rapporti stratigrafici e l'assetto tettonico delle unità e formazioni che costituiscono il sottosuolo del territorio comunale di Marzabotto, nei settori sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo, sono visualizzati nelle allegate sezioni geologiche.

7.1.3. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEL TERRENO

I settori di territorio di Marzabotto di interesse per la pianificazione urbanistica sono stati oggetto di una estesa campagna di prospezioni geofisiche che ha permesso di determinare le caratteristiche dinamiche e meccaniche dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo.

A tale finalità sono state effettuate:

- 37 prospezioni geofisiche a rifrazione passiva/attiva, con antenna monodimensionale, (ReMi/MASW) con lunghezza di stendimento di 46 - 69 m,
- 77 Verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori (HVSr)

Tali indagini geofisiche unitamente a quelle precedentemente effettuate da AA/VV, 1 profilo sismico a rifrazione attiva con metodo MASW, 3 verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori HVSr, indagini geognostiche, anche se prevalentemente localizzate in corrispondenza delle zone urbanizzate, in funzione della variabilità dei litotipi che contraddistingue il sottosuolo dei siti di indagine esaminati, hanno consentito di individuare le caratteristiche dinamiche e litomeccaniche generali degli orizzonti che costituiscono le coperture detritiche e le zone con presenza di substrato roccioso detensionato, le proprietà del substrato.

Nel contesto delle indagini effettuate, relativamente alle analisi di approfondimento di primo livello, sono risultate significativamente efficienti le verticali con acquisizione di microtremori con stazione singola: HVSr direttamente eseguite. I dati ottenuti dalle elaborazioni di queste ultime consentono infatti di definire le modalità di vibrazione del terreno ed individuare sia la frequenza di risonanza (F_0) che l'ampiezza (A) dei rapporti spettrali in corrispondenza delle frequenze.

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 con comportamento sismico omogeneo - equivalente.

Per meglio evidenziare possibili congruenze tra i risultati, i valori Frequenza/Ampiezza rilevati sono stati associati, in termini di frequenza di ampiezza del picco HVSr, nelle seguenti classi:

Frequenze Hz	Ampiezze A
$0,5 < F_0 < 1$	
$1 < F_0 < 2$	
$2 < F_0 \leq 3$	
$3 < F_0 \leq 5$	$2,0 < A < 3,0$
$5 < F_0 \leq 10$	$3,0 < A \leq 5,0$
$8 < F_0 \leq 15$	$A \geq 5$
$15 < F_0 \leq 19$	
$F_0 \geq 9$	

Dette associazioni sono state riportate nella “Carte delle Frequenze Naturali del Terreno” (Tav 1.6); le misure sono state identificate attraverso una serie di simboli con colori e dimensioni differenti. Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

Mediante questa indicizzazione dei risultati è stato possibile valutare la distribuzione delle classi di frequenza e ampiezza sul territorio ed effettuare alcune considerazioni qualitative sull’area oggetto di studio.

In generale le formazioni presenti nel territorio non mostrano un comportamento di risposta sismica del tutto omogeneo. Per le medesime formazioni coesistono valori di frequenza ed ampiezza spesso sensibilmente differenti. Questi risultati rispecchiano le caratteristiche meccaniche delle formazioni esaminate che, oltre ad essere tettonizzate ed alterate, sono spesso interessate dalla presenza di fenomeni gravitativi sia superficiali che profondi, e gradi di fatturazione diversi.

Generalmente le formazioni della Successione Epiligure, sia arenitiche che arenaceo pelitiche – marnoso siltose (PAT – ANT4 - CIG 2 e 1 – CIG – LOI) che marnoso argillose – argillose (TER – MVT) che quelle della Successione Neogenica arenacei (AD01 – RUM 1), indicano medi risentimenti dal punto di vista sismico, evidenziati da frequenze di risonanza comprese prevalentemente tra 5 e 10 Hz ed ampiezze tra 2,0 e 4. Si distinguono dal comportamento sopra descritto i depositi alluvionali terrazzati, che sebbene anch’essi non evidenzino territorialmente risposte sismiche omogenee, denotano a zone, in rapporto al substrato locale, modi di risposta simili; le frequenze di risonanza sono generalmente comprese tra 4/5 e 7/10 Hz, con locali valori tendenzialmente inferiori tra 2 e 3 Hz nella zona dove coprono la Formazione di Monte Adone; più differenziati sono i valori delle ampiezze che evidenziano picchi con $A = 4/5/7 \div 8/9$ con un massimo di 15 per i terrazzi sede del capoluogo, picchi con $A = 4/5$ con un massimo di 9 nei depositi alluvionali e di conoide alluvionale di Pian di Venola, picchi con $A = 4/4.5$ nei terrazzi di Lama di Reno; analoghe ampiezze di 4 si riscontrano ad Allocco di Sopra e Panico.

Le ampiezze relative maggiori ed omogenee che contraddistinguono l’area sede del capoluogo indicano possibili risentimenti sismici medio elevati per tale zona.

7.1.4. MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA O DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. Delle Regioni e Province Autonome, DGR. ER. 1302/2012, e DAL 112/2007, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, nelle quali sono da effettuarsi approfondimenti di indagini ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento che competono alle condizioni di pericolosità di detti ambiti.

Nell’individuazione e delimitazione delle aree in narrativa oltre alle documentazioni territoriali sono state utilizzate verticali di indagine geofisica ad antenna mono lineare (metodo integrato Re.Mi/MASW) che puntuali a stazione singola (HVSr) direttamente

eseguite, per una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da substrato con $V_s > 800$ m/sec nei primi 30 m del sottosuolo.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) tav. 1.3, elaborata in base alle informazioni sopra descritte, costituisce pertanto una zonazione di primo livello di approfondimento di tipo avanzato.

Al fine di individuare le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica sono stati utilizzati gli elaborati cartografici, prospezioni geognostiche e geofisiche effettuate, integrando dette documentazioni con valutazioni redatte con criterio topografico.

Nel contesto delle analisi territoriali sono inoltre state utilizzate le documentazioni della Regione Emilia Romagna, in particolare le carte topografiche di dettaglio, il modello digitale del terreno e la banca dati geologica del territorio comunale, aggiornamento dei processi di frana, rese disponibili in formato digitale dal *Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli*.

Oltre a ciò si è fatto riferimento alle elaborazioni individuanti i differenti scenari di pericolosità sismica locale e degli effetti locali attesi, di primo livello di zonazione sismica, redatti nell'ambito della variante materia di riduzione del rischio sismico, Tav. 2C F° V - IV PTCP della Provincia di Bologna.

Per la delimitazione delle aree a diverse caratteristiche litotecniche si è utilizzata la carta geologica Regione Emilia Romagna in scala 1:10000, aggiornata al 2013 per quanto riguarda i processi di frana (*Servizio Geologico Sismico e dei Suoli RER.*), individuante le zone soggette a processi in atto e non in evoluzione, le prospezioni geofisiche con metodo sismico implementate dalle indagini geognostiche precedentemente effettuate. Queste ultime hanno evidenziato presenze di coperture e di orizzonti costituiti da depositi - roccia intensamente frantumata / detensionata, con spessori variabili tra $5 \div 8$ e $10 \div 15$ m che hanno comportato localizzate modifiche dei limiti delle coperture e delle zone indicanti presenza di substrato roccioso affiorante / sub-affiorante, visualizzate nelle carte geologiche CARG.ER e delle aree suscettibili di effetti locali del PTCP Bologna.

Le disamine delle caratteristiche litotecniche sono state integrate dall'analisi d'insieme delle caratteristiche di fragilità dei depositi e di rigidità delle formazioni litologiche, grado di fratturazione di queste ultime, le condizioni di acclività dei versanti.

L'attribuzione delle proprietà del substrato alle classi con diversa velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m del sottosuolo e del relativo contrasto di impedenza, si è attuata in riferimento alle verticali sismiche, direttamente eseguite nel contesto del presente studio e con riferimento ad indagini precedentemente effettuate dallo scrivente e da AA.VV., che hanno esaminato le formazioni affioranti nell'Appennino Bolognese e Modenese, rapportandole alla caratterizzazione litologico - meccanica e grado di fratturazione delle medesime unità litotecniche ed alla carta delle aree suscettibili di effetti locali redatta nel contesto delle analisi di riduzione del rischio sismico del PTCP BO.

Le sopradescritte disamine e documentazioni hanno consentito di individuare ambiti litotecnici contraddistinti da diverse caratteristiche meccaniche e di rigidità, definendo i tipi di risposta sismica dei siti con metodo semplificato (Allegato A2 -DAL 112/2007).

In funzione di quanto esposto nel territorio di Marzabotto, sono stati individuati tipi litologici di substrato contraddistinti da velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio maggiore di 800 m/sec nei primi 30 ÷ 40 m del sottosuolo e le litozone del substrato caratterizzate da $V_s < 800$ m/sec nei primi 30 m del piano campagna.

Per la redazione “Carta delle aree suscettibili di effetti locali” (MOPS), prevista come elaborato fondamentale al primo livello di approfondimento, sono state ulteriormente approfondite le analisi delle condizioni locali delle porzioni di territorio urbanizzato o suscettibili di trasformazione urbanistiche, al fine di classificare tali aree nelle categorie previste nell'allegato C della D.G.R. 1302/2013, suddividendole in:

Zone stabili

Zone suscettibili di amplificazione locali

Zone suscettibili di instabilità

- **Zone stabili:** appartengono a questa classe tutte le aree nelle quali i tipi litologici presenti e le loro condizioni stratigrafiche, di fratturazione, morfologia sub pianeggiante con acclività minore di 15°, tipi e spessori delle coperture / roccia detensionata, indicano caratteristiche di insieme che denotano grado molto basso – assenza ed in pratica trascurabilità dei possibili effetti di amplificazione locale, zona S di legenda.
- **Zone suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche, morfologiche locali, variazioni stratigrafiche laterali di scarsa rilevanza, in presenza di substrato affiorante e coperture tali da indurre effetti locali, zone da 1 a 12 e conoide alluvionale di legenda, secondo quanto indicato dai testi di riferimento riportati in premessa, in particolare dall'allegato 1 della D.A.L. 112/2007.
- **zone suscettibili di instabilità,** sono rappresentate dalle aree nelle quali oltre ai fenomeni di amplificazione sono attese deformazioni permanenti dei terreni, alle quali appartengono i depositi di frana attivi FR1, quiescenti: FR2 di legenda, aree con presenza di substrato rigido molto fratturato di cedimenti differenziali o instabilità differenti, zone con pendenza del versante maggiore di 50°, zone potenzialmente instabili perimetrate come aree a rischio idrogeologico molto elevato. Ai fini delle analisi di microzonazione sismica in tali zone lo strumento urbanistico comunale dovrà richiedere approfondimenti di terzo livello.

Le delimitazioni delle zone, esposte nella legenda della tav.1.3, sono così articolate:

ZONE STABILI

Classe 1 - Aree in cui non sono attesi effetti locali; zona S (1-2-3);

studi richiesti: indagini per caratterizzare V_s ; in caso $V_s > 800$ m/s, nessuna ulteriore indagine; in caso $V_{s_{30}} < 800$ m/s, valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche;

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

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Classe 2 - Aree con substrato subaffiorante con $V_s < 800$ m/sec o $V_s > 800$ potenziamente soggette ad amplificazione topografica: zone 1-2-3-4-5-9;

effetti attesi: amplificazione per effetti della stratigrafia o topografia;

studi richiesti: Valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche litologiche e topografiche;

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

**Classe 3 - Aree con presenza di depositi alluvionali: zone 6-7-10-
di conoide: zona 11;**

effetti attesi: amplificazione litostratigrafia stratigrafica, cedimenti, densificazione;

studi richiesti: valutazione amplificazione, stima dei cedimenti densificazione in presenza di materiali a caratteristiche geotecniche scadenti, stima dei cedimenti ed eventuale verifica di suscettività alla liquefazione qualora presenti strati sabbiosi saturi con spessore maggiore di 1 m;

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento in assenza di strati sabbiosi scarsamente addensati, in presenza di questi ultimi terzo livello di approfondimento per stima cedimenti – densificazione ed eventuale liquefazione; in presenza di valli strette e spessori non costanti dei depositi alluvionali approfondimenti di terzo livello.

Classe 4 - Aree stabili con presenza di depositi detritici: zona 8;

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, cedimenti, densificazione;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, in presenza di strati compressibili stima dei cedimenti - densificazione;

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento in assenza di livelli compressibili, in presenza di questi ultimi terzo livello di approfondimento per stima dei cedimenti- densificazione; terzo livello di approfondimento in presenza di depositi con spessori variabili lateralmente.

Classe 5 - Aree suscettibili di amplificazione per effetti della topografia (versanti con acclività $> 15^\circ$);

effetti attesi: amplificazione stratigrafica e per effetti della topografia, instabilità dei versanti;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione topografico e indagini per caratterizzare V_s ; in caso $V_{s_{30}} > 800$ m/s è richiesta la sola valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche topografiche (come classe 1); in caso $V_{s_{30}} < 800$ m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto sia alle caratteristiche litologiche che a quelle topografiche (come classi 2-4);

microzonazione sismica: come classe S e classe 2, classe 4, in funzione del tipo di roccia o depositi presenti, valutazione del coefficiente di amplificazione per effetti della topografia.

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

Classe 6 - Aree potenzialmente instabili e non stabili con presenza corpi di frana: zone FR1-FR2;

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, instabilità dei versanti;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, valutazione del grado di stabilità del versante con metodo pseudostatico o dinamico;

microzonazione sismica: terzo livello di approfondimento.

Classe 7 - Aree potenzialmente instabili interessate da deformazioni correlabili ad elevato grado di fratturazione dei depositi di substrato; zone suscettibili di cedimenti differenziali, instabilità differenti, aree con presenza di substrato molto fratturato: Z0, zone con pendenza dei versanti superiore a 50°, zone potenzialmente instabili perimetrare come aree a rischio idrogeologico molto elevato; effetti attesi: amplificazione stratigrafica, cedimenti differenziali, potenziale instabilità dei versanti;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto a variazione laterale e verticale del grado di rigidità delle rocce e per effetti della topografia, stime dei cedimenti, stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche con metodo pseudostatico o dinamico;

microzonazione sismica: terzo livello di approfondimento.

Nelle aree di cui alle classi 1-2-3-4-6 prossime ai bordi superiori di scarpate o poste a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche (5) lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia secondo quanto previsto al punto 2.5, linee guida ICMS parte II volume 1, o a quanto previsto a punto A2.2 dell'allegato A2 della DAL 112/2007.

Nella classe 1, nel caso in cui risulti $V_{s_{30}} < 800$ m/s, nelle successive fasi di pianificazione dovranno prioritariamente essere determinati gli spessori delle coperture e la profondità del substrato. Nel caso in cui lo spessore della copertura o la profondità del substrato sia uguale o superiore a 3 m è richiesta la valutazione dell'amplificazione sismica.

In questo caso, se l'unità litotecnica di copertura è orizzontale e con spessore a variabilità laterale molto modesta, per la microzonazione sismica è sufficiente il secondo livello di approfondimento; nel caso in cui lo spessore delle coperture non sia costante ed il substrato non orizzontale o sia a pronunciato grado di variabilità laterale in profondità, per la microzonazione sismica è richiesto il terzo livello di approfondimento.

Il terzo livello di approfondimento è comunque richiesto nelle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico e nelle aree individuate nelle carte della Variante in materia di riduzione del rischio sismico del PTCP. BO, come:

- Aree soggette a cedimenti;
- Aree soggette ad instabilità differenti;
- Aree stabili e potenzialmente instabili;

qualora si prevedano interventi sul territorio con cambi di destinazione d'uso in zone appartenenti a tali classi.

I modelli geologico strutturali rappresentativi degli assetti che contraddistinguono le aree oggetto di microzonazione sismica (sviluppi in scala 1:5.000) sono visualizzati nella tavola sezioni geologiche (tav. 1.1.1a).

Il modello litologico stratigrafico e del risentimento sismico che caratterizza le zone a comportamento sismico equivalente, visualizzate nella tav. (1.3 MOPS), definito in funzione della profondità del substrato roccioso, sia a comportamento rigido che a comportamento non rigido, dello spessore e stato di addensamento dei materiali delle coperture, è schematicamente riassunto nelle colonne litostratigrafiche di seguito allegate.

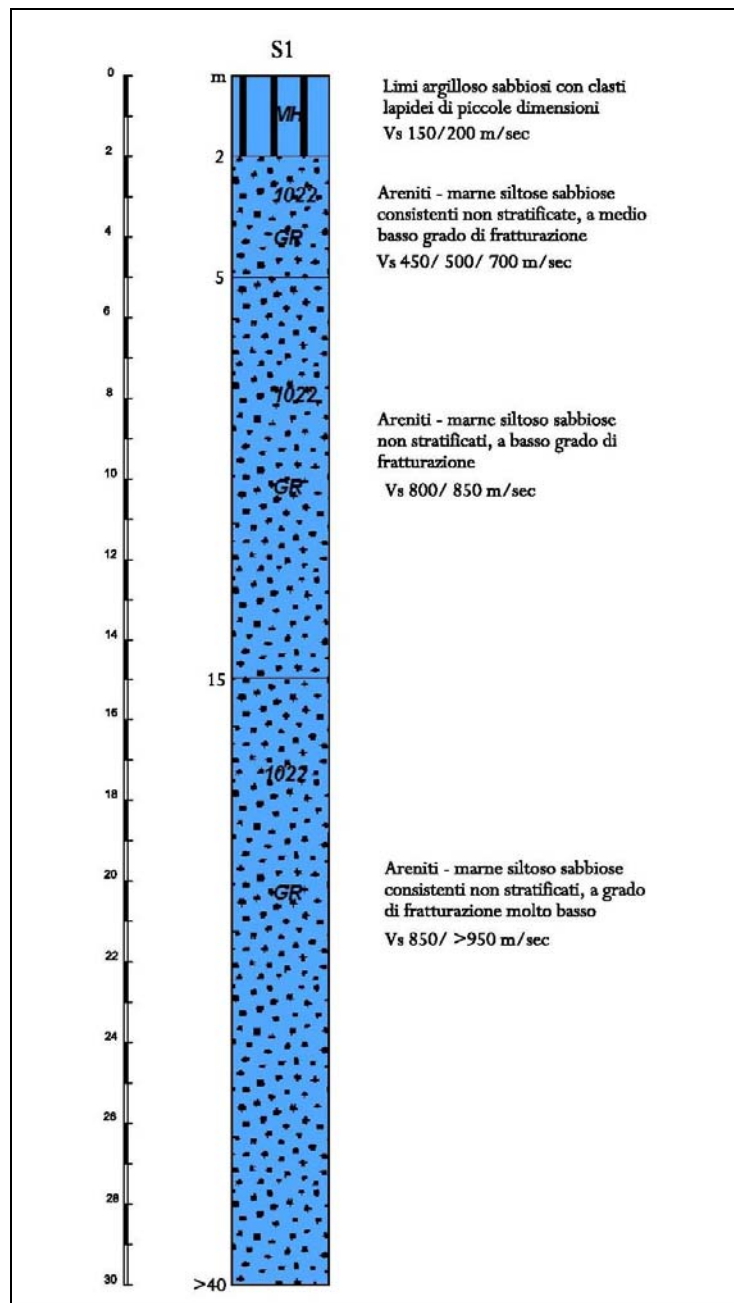
Le colonne litostratigrafico-sismiche evidenziano generalmente risentimenti sismici inferiori, di grado molto basso - basso nelle litozone prevalentemente arenitico - arenacee - conglomeratiche; effetti di grado medio basso - basso, caratterizzano le unità litotecniche ad alternanze arenaceo pelitiche - calcareo marnose, marnoso siltose; le litozone principalmente argilloso - argillitiche denotano un risentimento sismico di medio grado e nel territorio di Marzabotto indicano effetti dell'azione sismica inferiori rispetto alle analoghe unità presenti nei territori adiacenti più ad occidente.

Le alternanze pelitico arenacee prevalentemente pelitiche evidenziano, risentimenti di intensità media - medio elevata.

Nelle aree nelle quali i depositi alluvionali di conoide alluvionale, assumono gli spessori maggiori (8-15 m) e per le zone con presenza di depositi di versante con spessori di 5/10 m, si riscontrano i risentimenti sismici di intensità relativa maggiori, da medi a medio elevati.

Le intensità dell'amplificazione sismica maggiori si rilevano nelle litozone ad intenso grado di fratturazione e nelle aree dove sono presenti accumuli di frana quiescenti o attivi con spessori maggiori di 10 ÷ 15 m.

Le caratteristiche dei tipi litologici presenti nel territorio di Marzabotto, principalmente arenacei - arenitici - marnoso siltoso sabbiosi, indicano un tipo di risentimento sismico prevalentemente di grado medio basso. Fanno eccezione la fascia centrale, estesa sud nord, e quella al bordo orientale nelle quali si rinvencono coltri alluvionali di significativo spessore (8 - 12 m) su substrato a comportamento rigido, con effetti dell'amplificazione medi - medio elevati. Equivalenti risentimenti sono attesi nella fascia occidentale centro meridionale, estesa con andamento sub parallelo al T.Venola con diffusa presenza di depositi di versante ed accumuli di frana, e nella fascia centrale orientale, circa estesa secondo l'allineamento Marzabotto - Lansa di nella quale sono presenti litozone marnoso argillose - marnose.



1022 - Depositi eluvio colluviali, di modesto spessore, costituiti da limi argilloso sabbioso argillosi con clasti lapidei di piccola dimensione, su substrato arenitico - marnoso siltoso sabbioso non stratificato, a comportamento rigido: $V_s > 800$ m/sec

Effetti attesi: assenza di potenziali effetti locali.

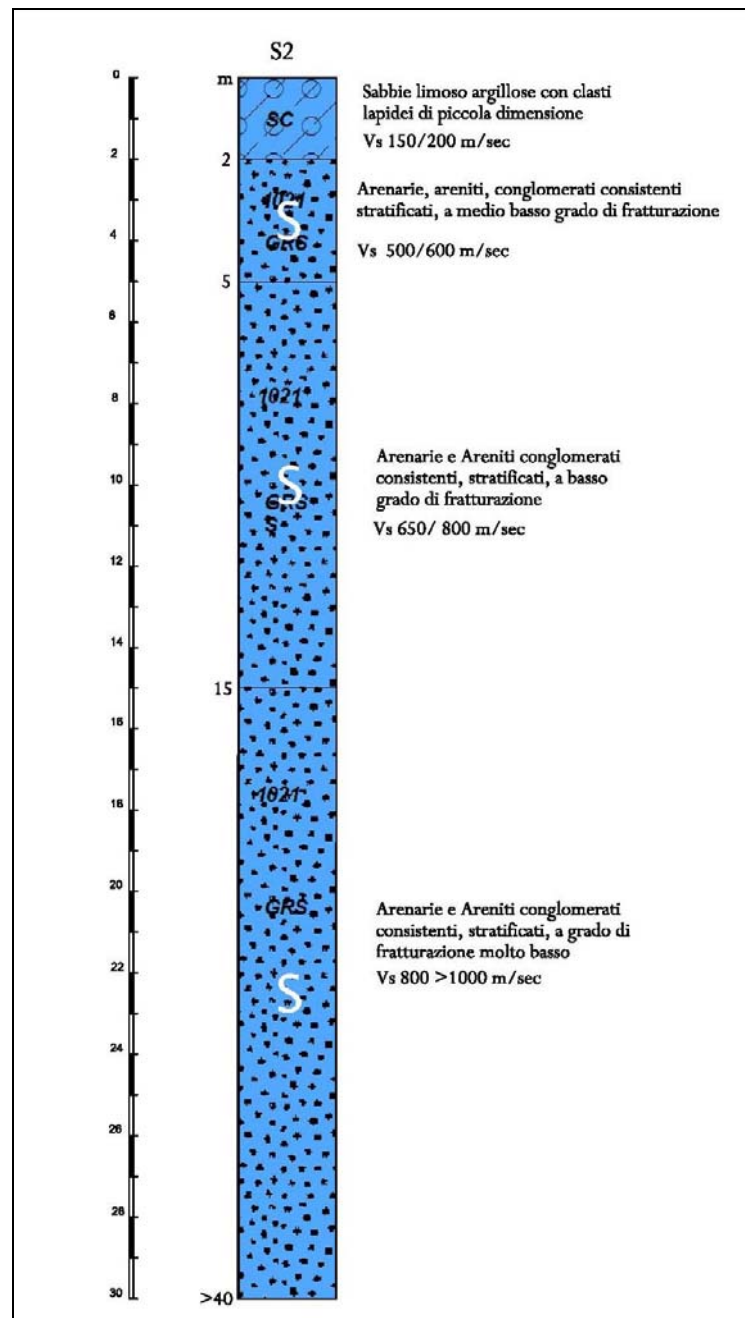
Studi richiesti: indagini per caratterizzazione del V_{s30} .

Microzonazione sismica: Se $V_{s30} > 800$ m/sec nessun ulteriore approfondimento; se $V_{s30} < 800$ m/sec approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1-1,04**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1 - 1,04**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1 - 1,04**



1021 - Depositi eluvio colluviali, di modesto spessore, sabbioso limoso argilloso con clasti litici di piccola dimensione, su substrato arenaceo - arenitico - conglomerato, stratificato, consistente, a comportamento rigido: Vs > 800 m/sec

Effetti attesi: assenza di potenziali effetti locali.

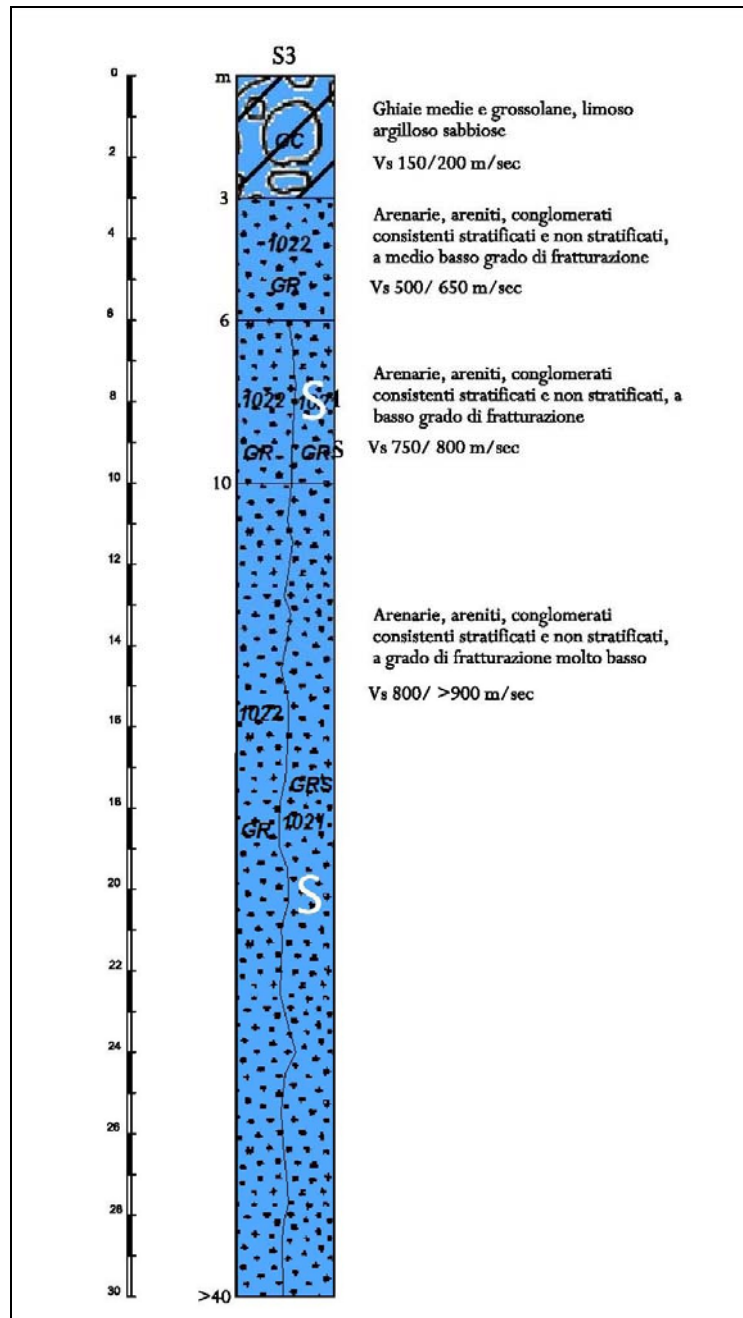
Studi richiesti: indagini per caratterizzazione del Vs30.

Microzonazione sismica: Se Vs30 > 800 m/sec nessun ulteriore approfondimento; se Vs30 < 800 m/sec approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1-1,04**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1 - 1,04**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1 - 1,04**



1021 – 1022 - Depositi alluvionali limoso argilloso sabbiosi, di modesto spessore, su substrato arenaceo - arenitico - conglomeratico, stratificato e non stratificato consistente, a comportamento rigido: Vs > 800 m/sec

Effetti attesi: assenza di potenziali effetti locali.

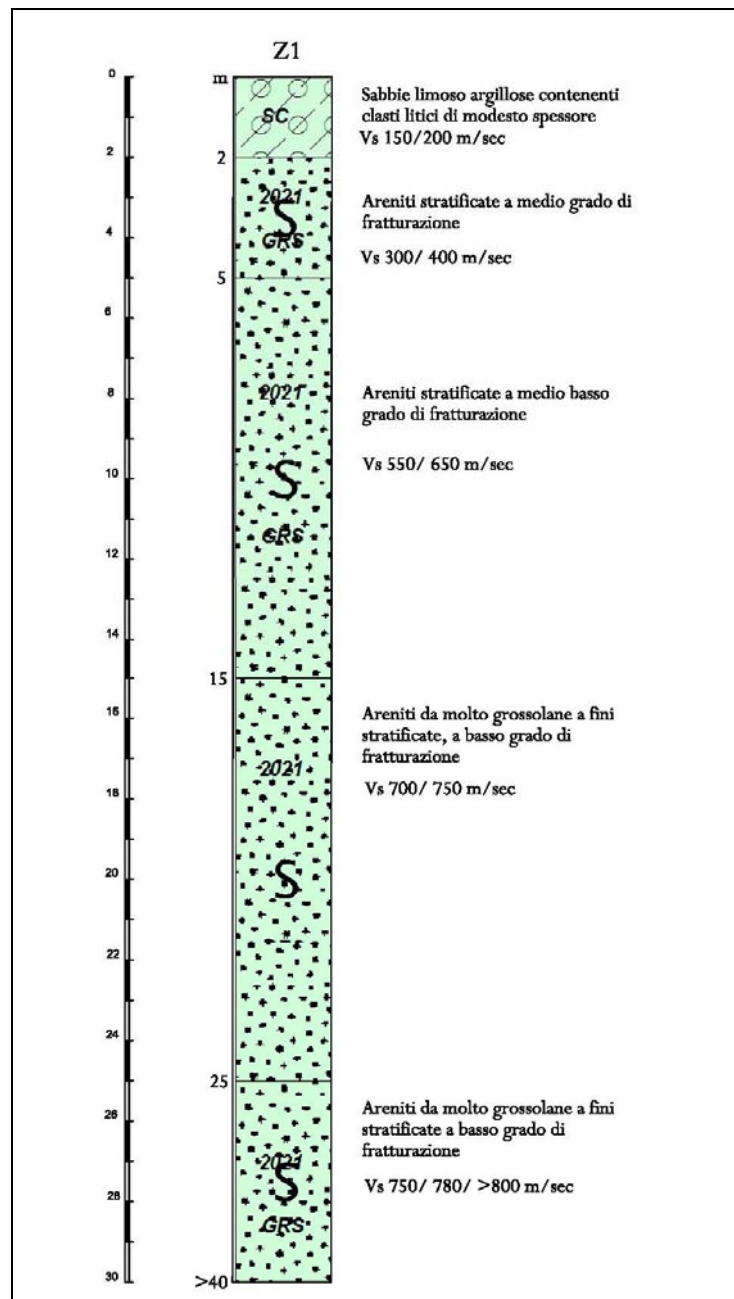
Studi richiesti: indagini per caratterizzazione del Vs30.

Microzonazione sismica: Se Vs30>800 m/sec nessun ulteriore approfondimento; se Vs30<800 m/sec approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1-1,04**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1 - 1,04**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1 - 1,04**



2021 - Depositi eluvio - colluviali sabbioso limosi ed eolici limosi, di modesto spessore, su substrato arenitico stratificato, consistente, a comportamento, non rigido: $V_s < 800$ m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

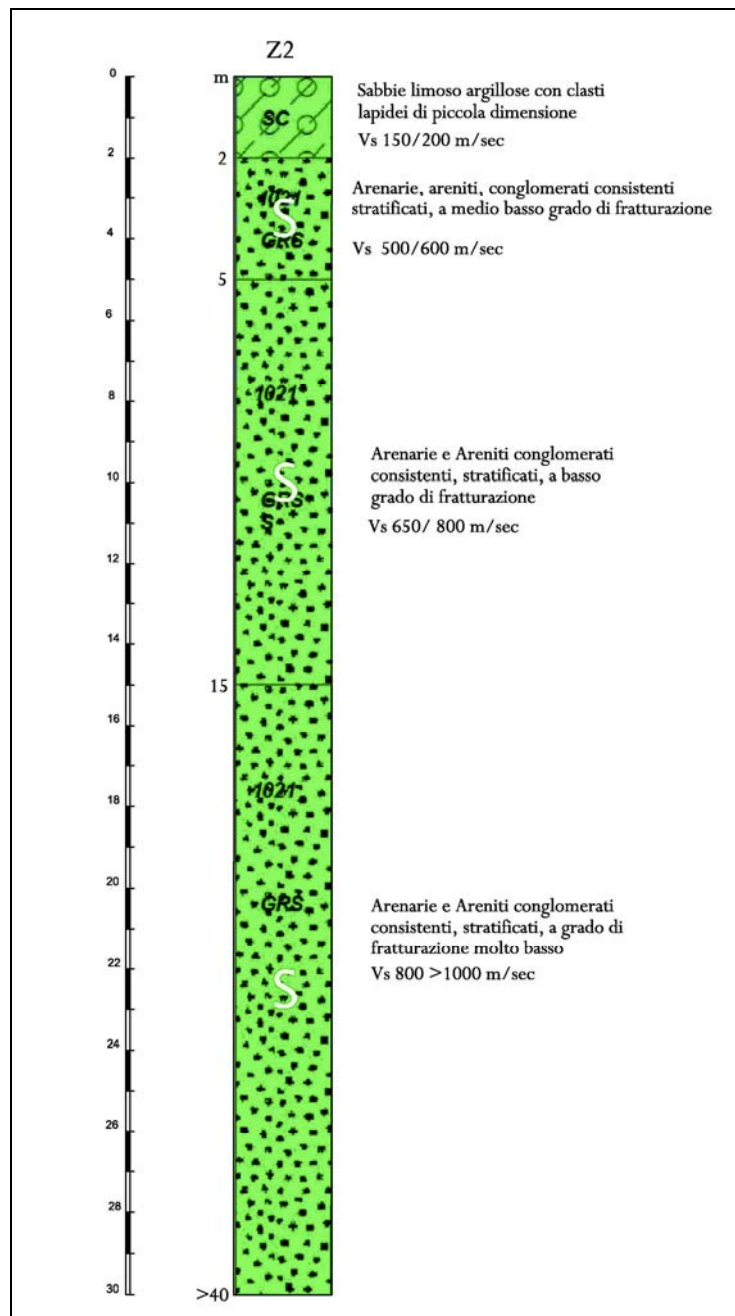
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,05-1,2**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,05 - 1,2**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1 - 1,04**



2081 - Depositi eluvio colluviali, di modesto spessore, sabbioso limoso argilloso con clasti litici di piccola dimensione, su substrato arenaceo - arenitico - conglomerato, stratificato, consistente, a comportamento rigido: Vs > 800 m/sec

Effetti attesi: potenziale amplificazione per caratteristiche topografiche.

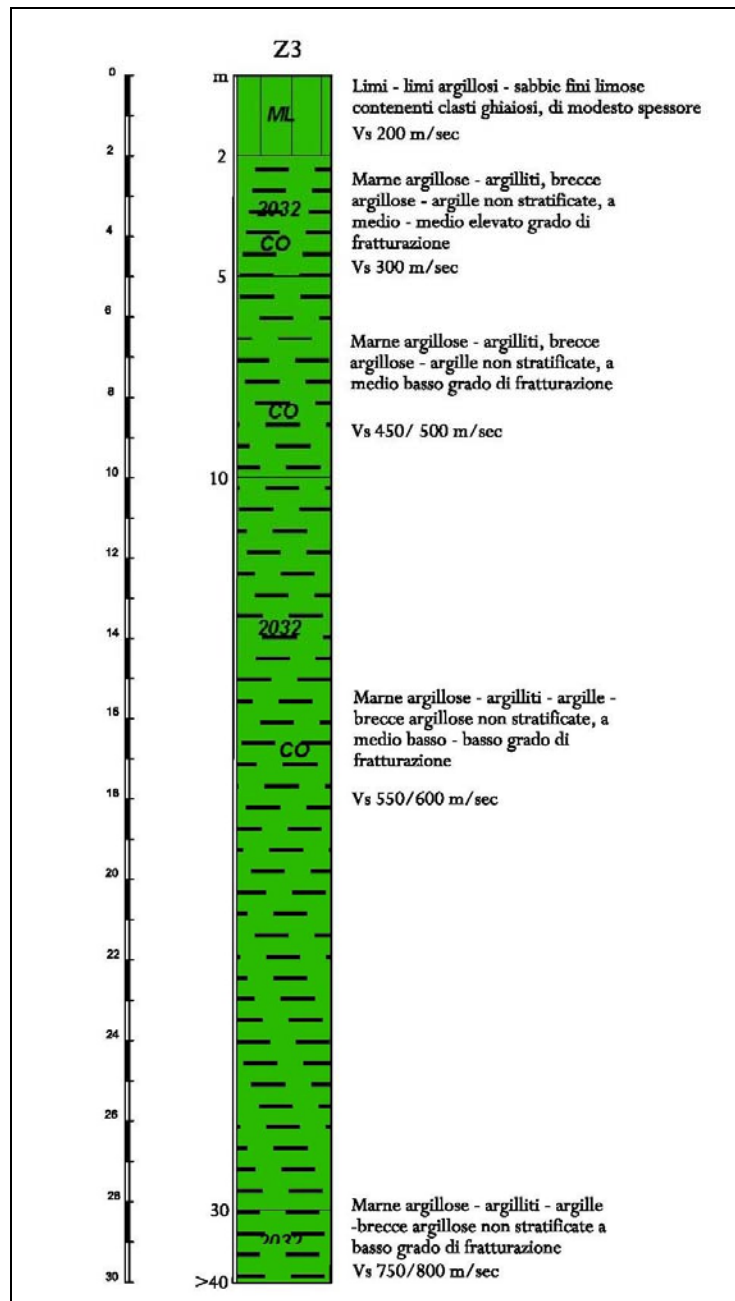
Studi richiesti: indagini per caratterizzazione del Vs30, determinazione dell'amplificazione per caratteristiche topografiche.

Microzonazione sismica: se Vs30 < 800 m/sec approfondimenti di II° livello; valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: 1-1,4

FA.IS 0,1-0,5 sec: 1 - 1,4

FA.IS 0,5-1,0 sec: 1 - 1,4



2032 - Depositi eluvio - colluviali, di modesto spessore, su substrato argilloso marnoso - argillitico - argilloso, a breccie argillose, non stratificato, a medio elevata consistenza, a comportamento non rigido: Vs < 600 - 750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

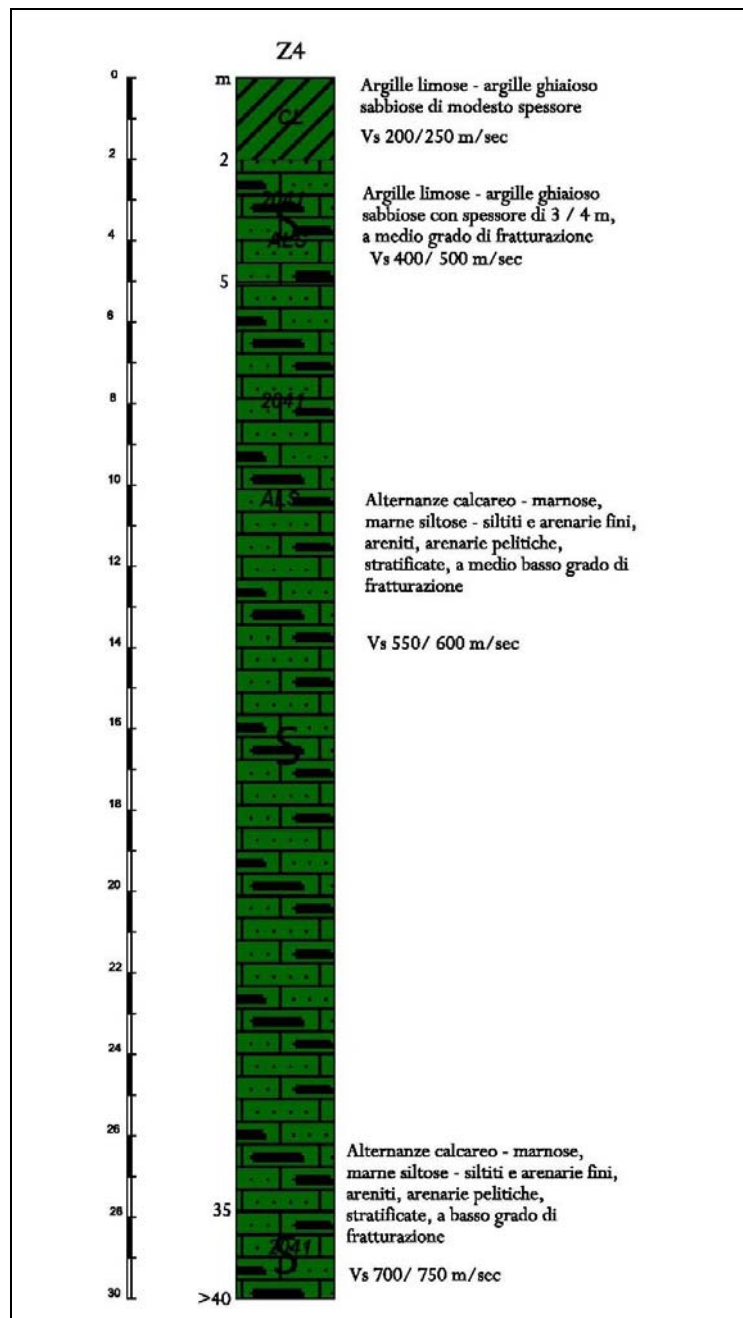
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,5-1,8**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,5 - 1,7**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1,1 - 1,4**



2041 - Depositi eluvio - colluviali contenenti clasti ghiaiosi, con spessore di 2 / 3 m, su substrato marnoso - marnoso siltoso, arenitico, arenaceo pelitico stratificato, mediamente fratturato da -2/-3 a – 5 m, seguito da materiali a medio elevata consistenza, a comportamento non rigido: Vs < 600/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

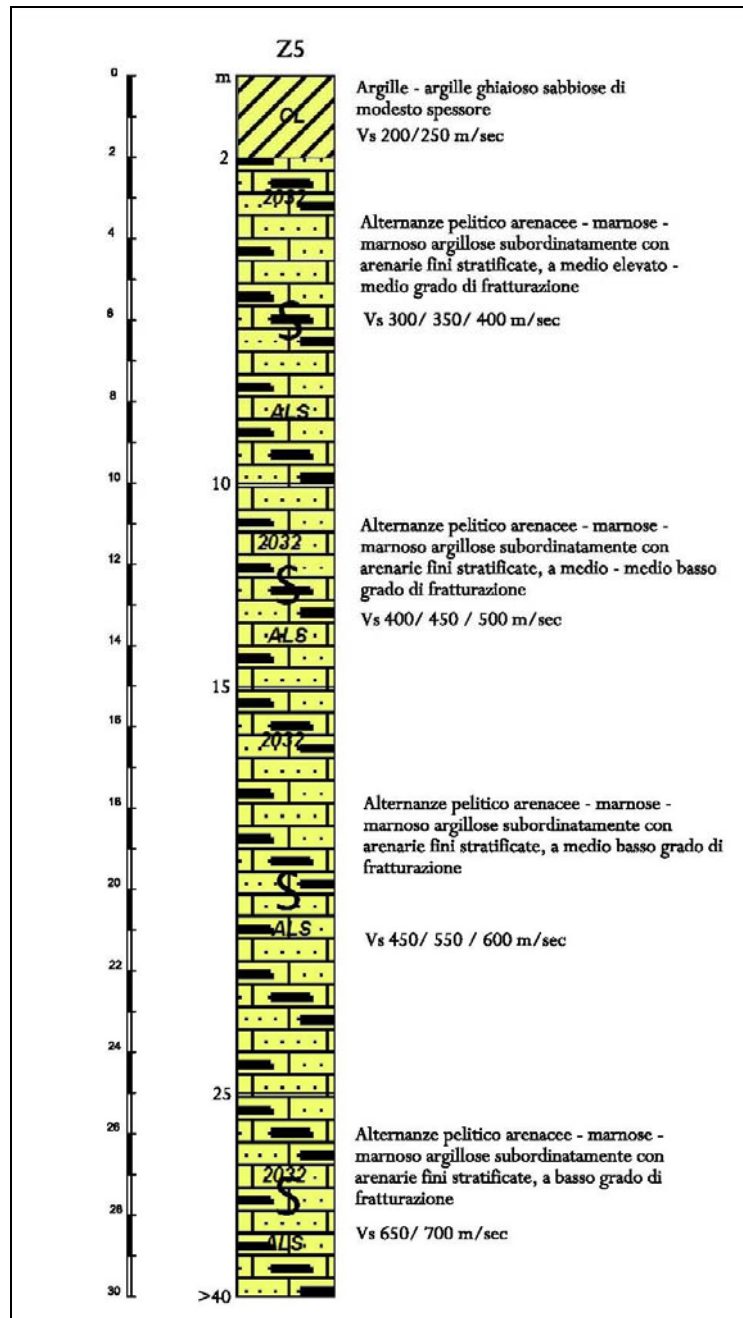
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,2-1,4**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,1 - 1,2**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1 - 1,04**



2033 - Depositi eluvio - colluviali argilloso limoso sabbiosi contenenti clasti ghiaiosi, di modesto spessore, su substrato pelitico arenaceo - marnoso - marnoso argilloso, stratificato, a medio medio elevata fratturazione sino a 10 m pc, seguito da materiali a medio elevata consistenza, a comportamento non rigido: Vs < 550/700 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

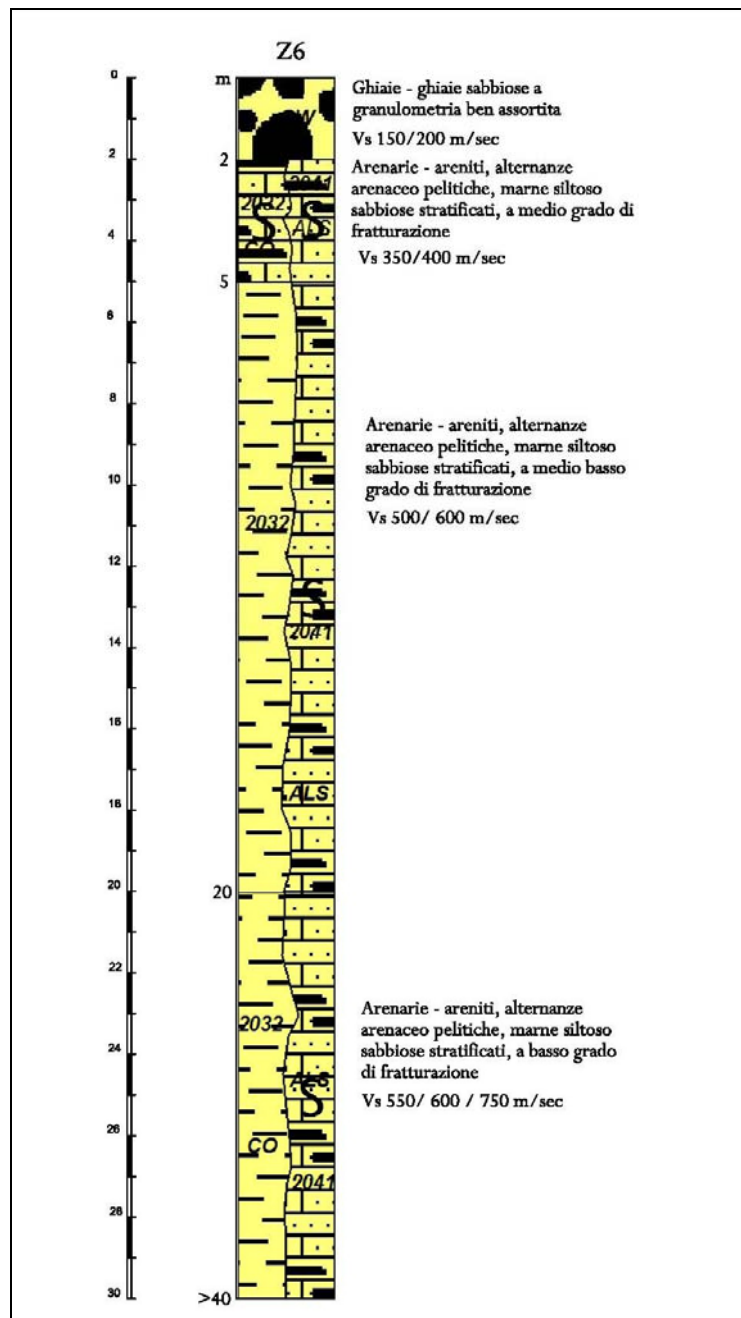
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,5-1,8**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,5 - 1,7**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1,3 - 1,4**



2052 - Depositi alluvionali ghiaiosi - ghiaioso sabbiosi a granulometria ben assortita, di modesto spessore, su substrato arenitico arenaceo pelitico stratificato o coesivo sovraconsolidato, a medio elevata consistenza, a comportamento non rigido: Vs < 600/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

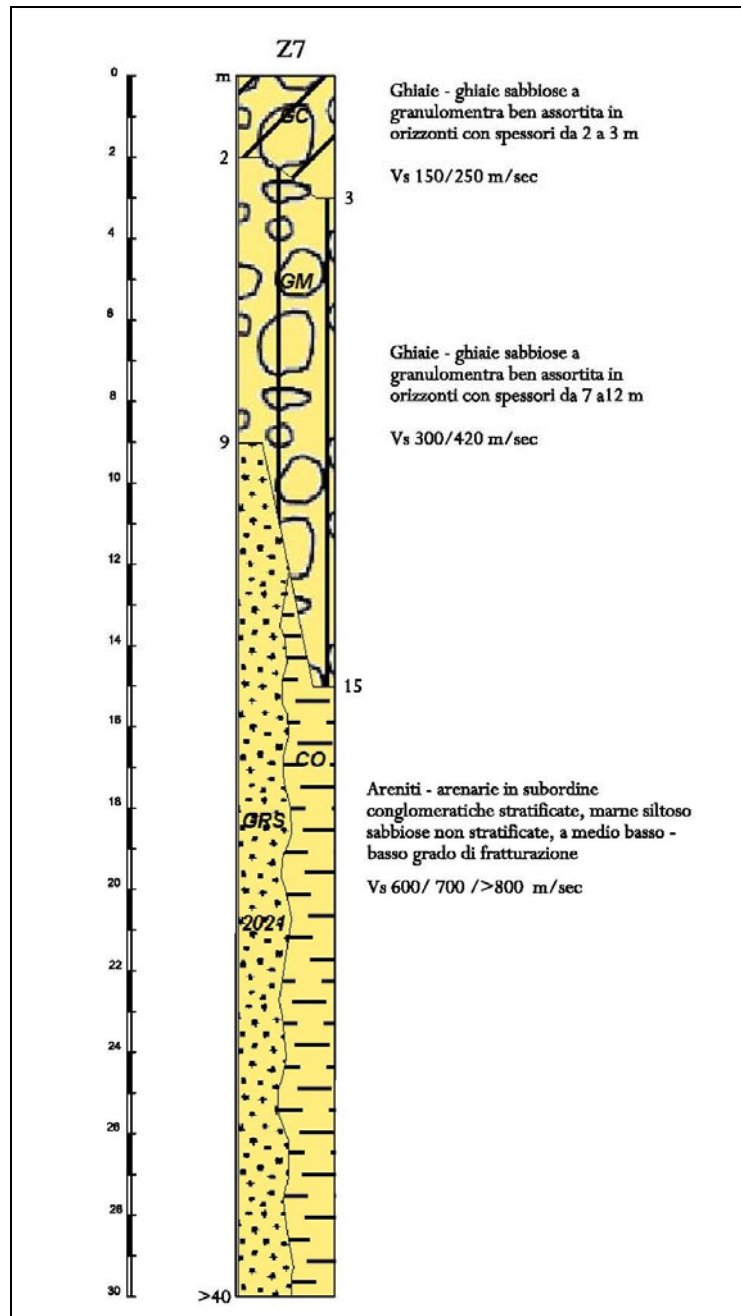
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: 1,2-1,4

FA.IS 0,1-0,5 sec: 1 - 1,2

FA.IS 0,5-1,0 sec: 1 - 1,1



2053 - Depositi alluvionali ghiaiosi - ghiaioso sabbiosi a granulomentra ben assortita, con spessori di 8/9 - 14/15 m, su substrato arenitico - arenaceo pelitico talora conglomeratico stratificato o marnoso siltoso sabbioso non stratificato, a medio elevata - elevata consistenza, a comportamento non rigido: Vs < 600/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

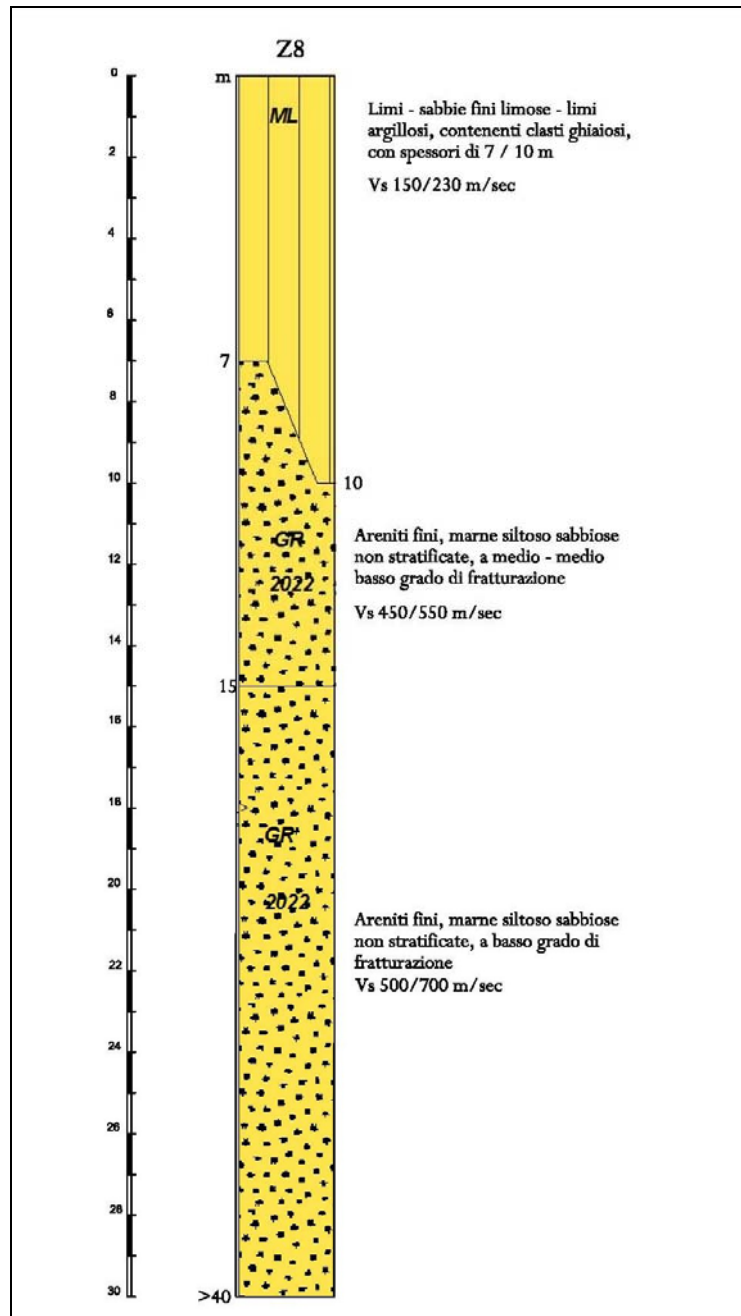
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,3-1,6**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1 - 1,5**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1 - 1,4**



Depositi di versante eterometrici, limosi - limoso argillosi - sabbioso fini limosi con presenza di clasti ghiaiosi, con spessori di 7/10 m, su substrato arenitico - marnoso siltoso sabbioso, non stratificato, a medio elevata consistenza, a comportamento non rigido: Vs < 500/700 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

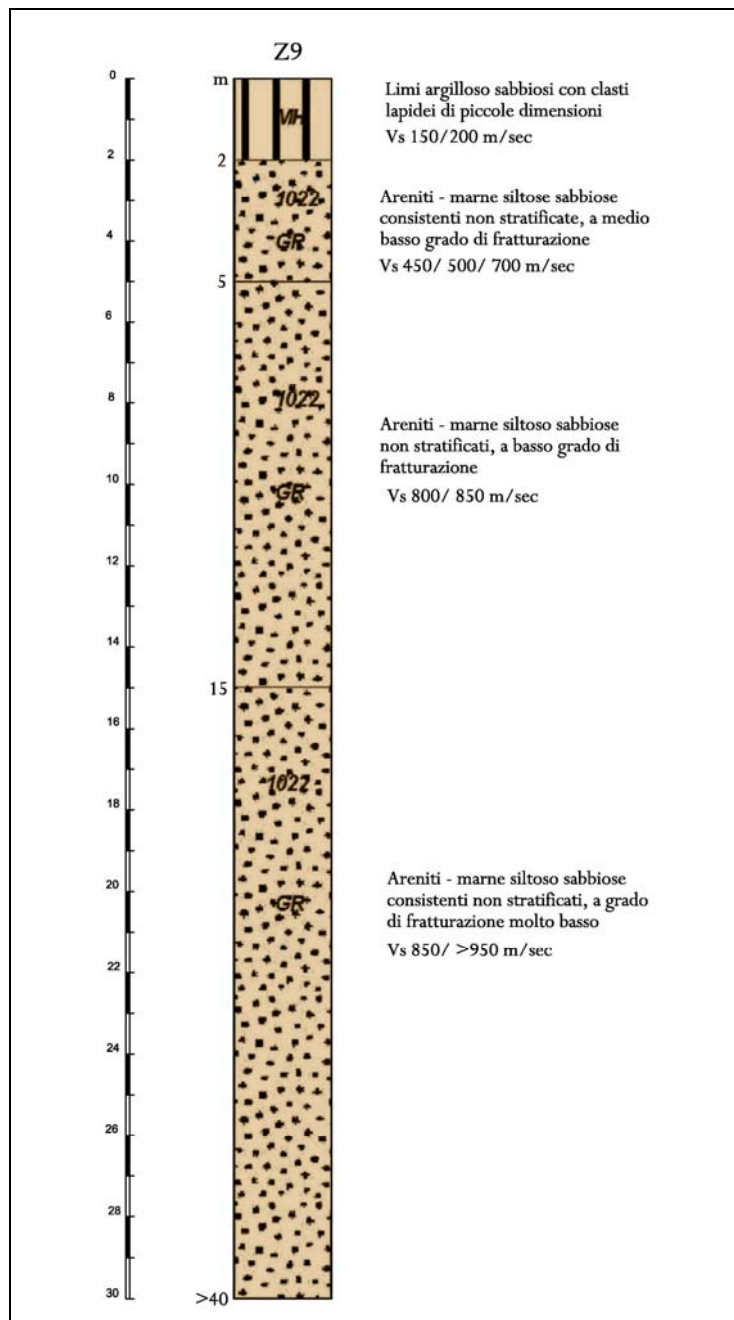
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,4 - 1,7**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,4 - 1,6**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1,4 - 1,5**



2082 - Depositi eluvio colluviali, di modesto spessore, costituiti da limi argilloso sabbioso argillosi con clasti lapidei di piccola dimensione, su substrato arenitico - marnoso siltoso sabbioso non stratificato, a comportamento rigido: Vs > 800 m/sec

Effetti attesi: potenziale amplificazione per caratteristiche della topografia.

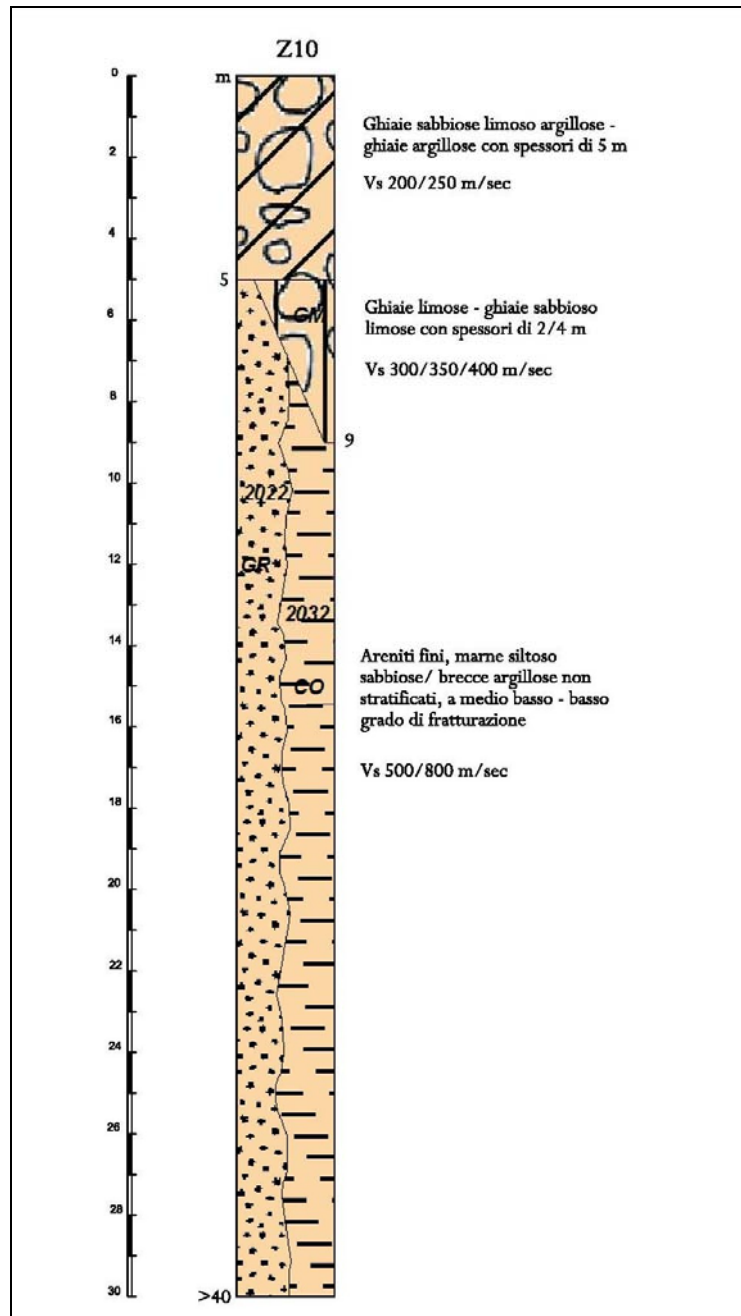
Studi richiesti: indagini per caratterizzazione del Vs30, determinazione dell'amplificazione per caratteristiche topografiche.

Microzonazione sismica: se Vs30 < 800 m/sec approfondimenti di II° livello; valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: 1-1,4

FA.IS 0,1-0,5 sec: 1 - 1,4

FA.IS 0,5-1,0 sec: 1 - 1,4



2060 - Depositi alluvionali ghiaioso limoso sabbiosi, con spessori tra 5 e 9 m su substrato arenitico - marnoso siltoso, a brecce argillose, a medio - medio elevata consistenza, non stratificato, a comportamento non rigido: Vs < 550/800 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

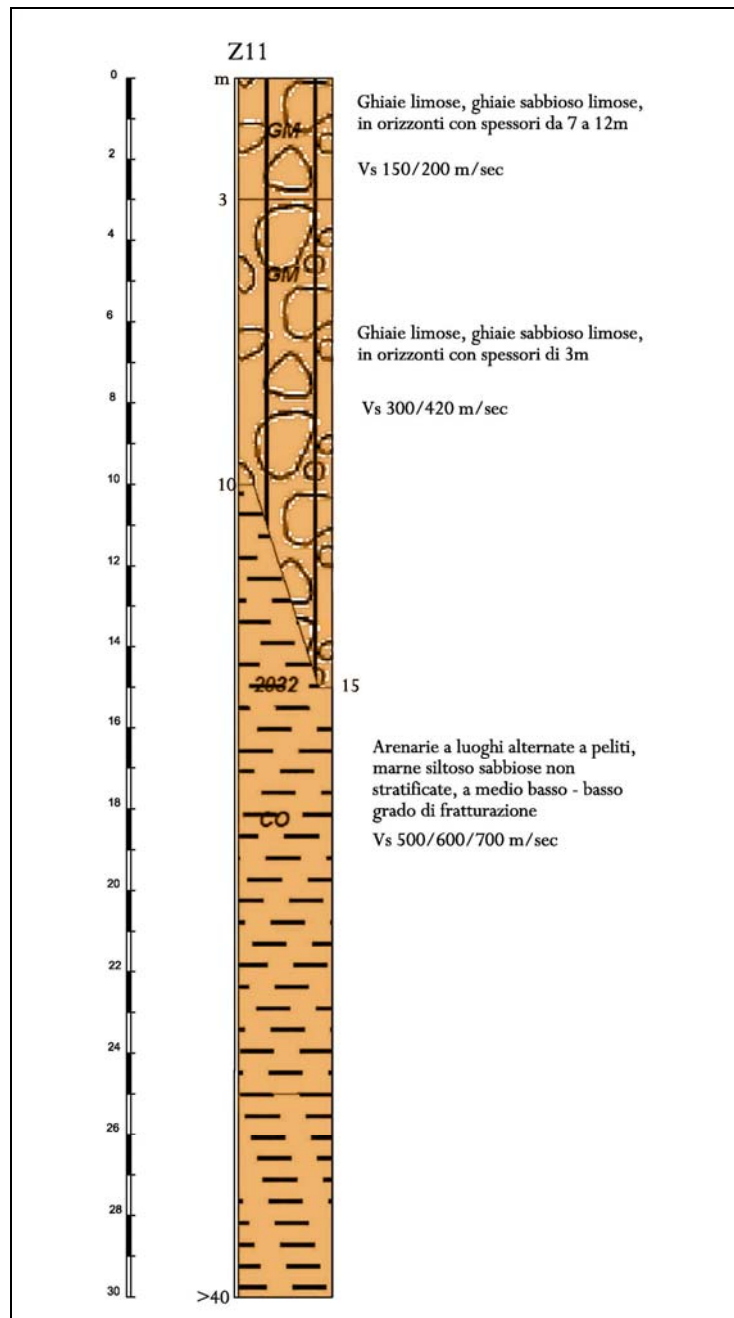
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,3-1,5**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1 - 1,2**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1 - 1,2**



2069 - Depositi di conoide alluvionale ghiaioso sabbioso limosi - ghiaioso limosi, con spessori di 10/15 m, su substrato marnoso siltoso sabbioso non stratificato, a luoghi arenaceo pelitico, a media medio elevata consistenza, a comportamento non rigido: Vs < 550/700 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

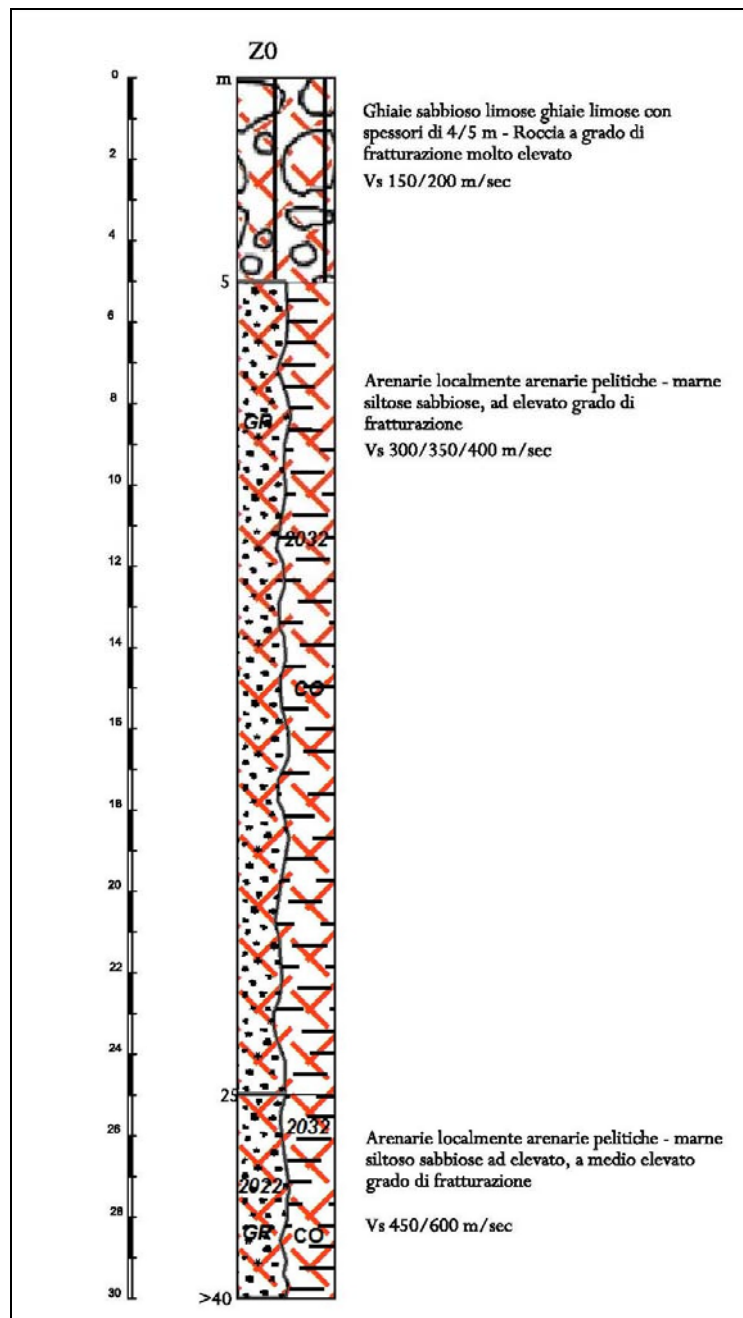
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,5 - 1,8**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,2 - 1,6**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1 - 1,4**



2099 - Depositi alluvionali - depositi di versante, ghiaioso sabbioso limosi, su substrato arenaceo - arenaceo pelitico - marnoso siltoso sabbioso, non stratificato, a grado di fratturazione molto elevato nei primi 5 m pc e successivamente grado di fratturazione elevato - medio elevato, a comportamento non rigido: Vs < 400/600 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litologico stratigrafiche e variazione laterale del grado di rigidità.

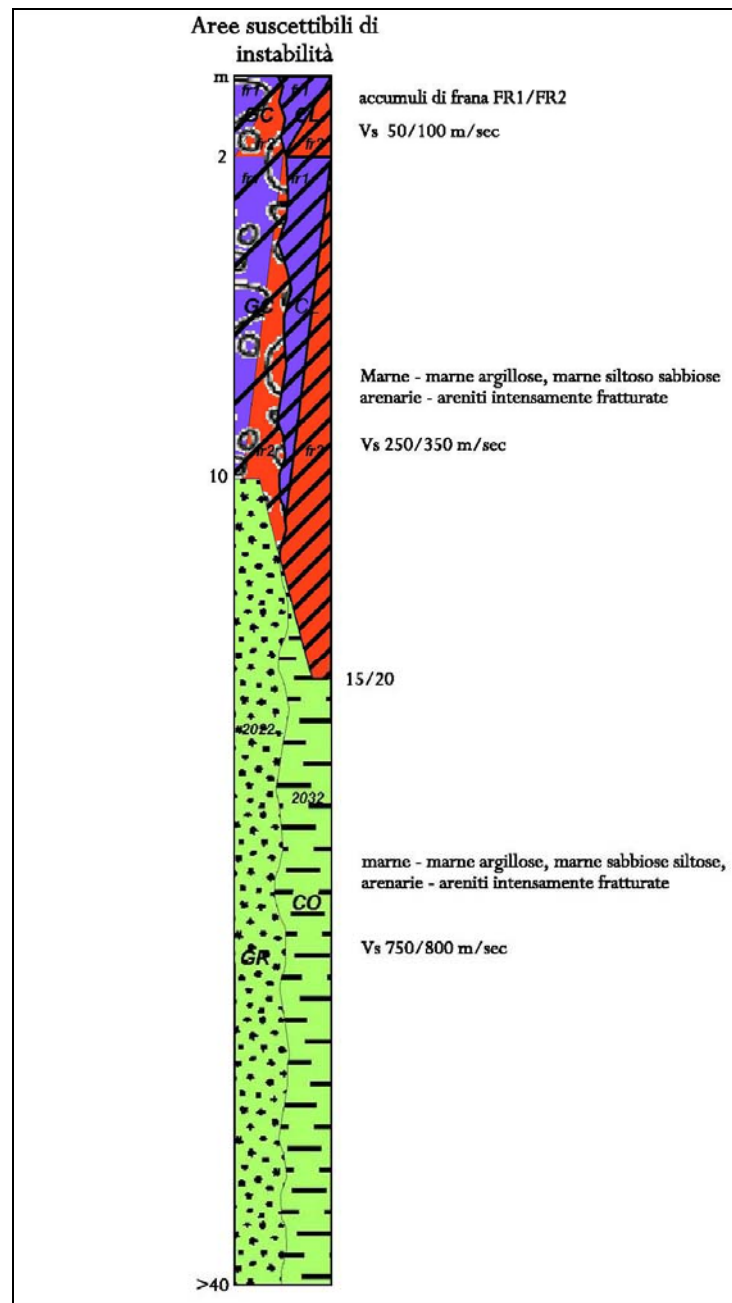
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione litostratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello; nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,9-2,1**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,9 - 2,3**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **2 - 2,3**



30xy - Accumuli di frana attivi e quiescenti con spessori di 10/ 15 / 20 m su substrato marnoso siltoso sabbioso, marnoso argilloso, arenaceo - arenitico, non stratificato consistente, a comportamento non rigido, Vs = 700/800 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litologico stratigrafiche e variazione laterale del grado di rigidità, instabilità .

Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione litostratigrafico, valutazione del grado di stabilità in condizioni statiche e dinamiche con metodo pseudostatico o dinamico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello; nei casi di pendenza $\geq 15^\circ$ valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,8-2,0**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,7 - 1,9**

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1,4 - 1,5**

7.2. SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo livello di approfondimento prevede la conferma e l'eventuale ridefinizione dei limiti delle aree oggetto di microzonazione sismica individuate dalla carta MOPS, effettuando la suddivisione in dettaglio del territorio in funzione di un indice quantitativo che definisce, in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche, l'amplificazione sismica attesa ($T_r = 475$ anni; $\zeta = 5\%$).

Contestualmente alla classificazione del territorio, con analisi di risposta sismica semplificata di secondo livello, tale elaborazione definisce le aree nelle quali sono necessari gli approfondimenti di terzo livello indicando le disamine da effettuare.

7.2.1. CARTA DELLE NUOVE INDAGINI

Detto elaborato visualizza esclusivamente l'ubicazione delle nuove verticali di indagine geofisica: Re.Mi./MASW, HVSR, effettuate per la microzonazione delle aree urbanizzate e di possibile nuovo insediamento.

La simbologia e caratteristiche degli elementi riportati in carta relativi ai punti di indagine, sono conformi allo standard di rappresentazione e archiviazione informatica previste nell'allegato della Commissione Tecnica per il monitoraggio degli Studi di Microzonazione Sismica (Art. 5, comma 7 dell'OPCM 13/11/2010, n°3907) versione 2.0 del Giugno 2012.

La carta ubicazione nuove indagini (1.5, scala 1:5000) identifica i perimetri delle aree oggetto di microzonazione sismica, visualizzando le verticali di indagine effettuate nelle stesse per l'individuazione dei fattori di amplificazione che competono all'area esaminata.

7.2.2. CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (VS)

La carta delle velocità delle onde di taglio, (V_s), (Tav. 1.6, scala 1:5000), visualizza i perimetri delle aree oggetto di microzonazione e riporta in corrispondenza dei punti di indagine i valori VSH m/sec ed il valore H_m che competono all'orizzonte litotecnico che determina il principale contrasto di impedenza che condiziona il moto sismico del sito esaminato. Quest'ultimo è stato definito in funzione o della presenza del bedrock sismico con $V_s > 800$ m/sec o di pronunciata variazione dei valori di V_s tra il primo e secondo sismostato, rapportati anche allo spessore e continuità verticale dei valori di V_s che caratterizzano la seconda unità litotecnica.

Sono riportati oltre ai valori di V_s descritti i valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti i primi 1.5 m pc. costituiti dal suolo e/o litotipi alterati - detensionati.

I valori di V_s sono stati calcolati in base a dati acquisiti con indagini:

- Refraction Microtremor: Re.Mi./ Multichannel Analysis Surface Waves: MASW ;

- Horizontal to Vertical Spectral Ratio: HVSR, in rapporto a prove DP o sondaggi meccanici prossimi, prospezioni Re.Mi/MASW coincidenti o prossime.

In riferimento ai valori di velocità V_s calcolati con la prima delle metodologie sopra indicate ed all'analisi critica delle prove CPT, DPSH e sondaggi meccanici disponibili, dalla rilevazione in spaccati di sezioni naturali dei versanti tra loro correlabili, è stato possibile estendere l'informazione sulla profondità H del substrato rigido avvalendosi della relazione che collega la frequenza di risonanza con la profondità del substrato rigido e la velocità media delle onde S ($F_0 = V_s/4H$).

Ai valori di F_0 determinati mediante la campagna di misure a stazione singola è stato attribuito un intervallo di valori e velocità nel quale probabilmente ricadono H e V_sH .

In generale le elaborazioni delle acquisizioni effettuate hanno evidenziato:

Terreni di copertura:

- Depositi di versante sl (a3, a4, d6)
 $V_s = 230 \div 260$ m/sec;
- Accumuli di frana (a2b, a2d, a2g, a2d) ÷ spessori 8/10 ÷ 15 m
 $V_s = 200/250 \div 300/350$ m/sec
- Depositi alluvionali – coniodi alluvionali;
 $V_s = 250/300 \div 400/450$ m/sec

Unità Marine di Transizione:

- Prevalentemente arenaceo conglomeratiche
 $V_s = 500 \div 650/750$ m/sec
- Prevalentemente arenaceo conglomeratiche fratturate
 $V_s = 450$ m/sec

Formazioni Epiliguri:

- Prevalentemente marnose – siltoso – sabbiose - pelitico – arenacee
 $V_s = 500/550 \div 600/650$ m/sec
- Prevalentemente arenaceo pelitiche – arenacee - arenitiche
 $V_s = 600/700 \div 750/>800$ m/sec
- Prevalentemente marnose – marnoso pelitiche - argillitiche
 $V_s = 450 \div 600$ m/sec

Rocce fratturate - detensionate

- Prevalentemente arenacee – arenaceo pelitiche - arenitiche
 $V_s = 300/350 \div 450$ m/sec
- Prevalentemente marnose pelitico siltose - sabbiose
 $V_s = 300/350 \div 400$ m/sec

7.2.3. CARTA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE – MICROZONAZIONE SISMICA

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

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) calcolati mediante appositi abachi predisposti della Regione Emilia Romagna. Nel caso della MS del comune di Marzabotto trattandosi di comune appenninico, gli abachi del DPC, concepiti per le aree di pianura, non sono utilizzabili, pertanto i fattori di amplificazione sono stati stimati solo in base agli abachi regionali (v. Allegato A2 della DAL 112/2007). Questi ultimi prevedono una serie di dati di ingresso che comprendono il contesto geo-morfologico di riferimento, lo spessore di copertura ed il tipo di substrato geologico ed (in base al tipo di abaco utilizzato) i parametri VS_{30} e VsH .

Le caratteristiche delle successioni litotecniche e dei valori di Vs che competono alle stesse, compendiate dai relativi valori dei fattori di amplificazione FA.PGA., FA.IS. 0.1 – 0.5 sec, FAIS 0.5 – 1.0 sec, riferiti alle microzone individuate, sono visualizzate nelle allegate tavole.

Le microzone sono suddivise in

- zone stabili
- zone stabili suscettibili di amplificazione locale
- zone suscettibili di instabilità

Dette zone sono campite in colori diversi e differenti simbologie.

Nelle microzone con presenza di creste e/o scarpate e di versanti con pendenza maggiore di 15° , sono stati determinati i fattori di amplificazione per effetti della topografia, con le procedure previste al punto 2.5.4.2 e relativi abachi, delle Linee Guida II degli ICMS; tali parametri sono stati utilizzati come moltiplicatore del fattore di amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche visualizzando nelle carte dei fattori di amplificazione il valore che congloba detti parametri.

I valori dei fattori di amplificazione di PGA ed IS individuati che competono alle microzone determinate, evidenziano comportamenti di risposta sismica differenziati in rapporto alle caratteristiche litologiche, tipo di coperture e spessori di loro pertinenza, grado di fratturazione del substrato.

Tale diversità si rimarca anche in funzione del grado di rigidità che contraddistingue il substrato sul quale giacciono le coperture detritiche quaternarie: depositi di versante sl, ed eluvio – colluviali, detriti di falda, e denotano accentuate differenze in concomitanza degli accumuli di frana con spessori maggiori: $8 \div 10$ m e depositi di versante con potenze di $6 \div 8$ m.

In linea generale si riscontra che i membri costituiti in prevalenza da arenarie, torbiditi arenacee – arenaceo pelitiche della Successione Epiligure (CIG2 - PAT – ANT4 - LOI), e principalmente arenacee – arenaceo conglomeratiche della successione Neogenica

Quaternaria (AD01 – RUM1), denotano fattori di amplificazione corrispondenti a $FA.PGA = 1.0$; $FA.IS = 1,0$ per $0,1 < T < 0,5$ sec; $FA.IS = 1,0$ per $0,5 < T < 1,0$ sec.

Analoghe risposte sismiche evidenziano le zone dove i depositi alluvionali presentano ridotti spessori $h < 3/4$ e coprono un substrato prevalentemente arenaceo a basso grado di fratturazione con spessori $d < 4/5$ m, che mostrano $FA.PGA = 1.0$; $FA.IS = 1,0$ per $0.1 < T < 0.5$ sec.; $FA.IS = 1,0$ per $0.5 < T < 1.0$ sec.

Le litozone della Successione Epiligure che si arricchiscono in intercalazioni pelitico siltose o in componenti marnoso siltose evidenziano risentimenti sismici diversi ed assumono fattori di amplificazione $FA.PGA = 1.3 \div 1.5$; $FA.IS = 1,3 \div 1,5/1,6$ per $0.1 < T < 0.5$ sec; $FA.IS = 1,0/1,1 \div 1,3/1,5$ per $0.5 < T < 1.0$ sec.

Si differenziano nel comportamento sismico le formazioni prevalentemente marnoso argillose, brecce argillose, marnoso argillose che evidenziano $FA.PGA = 1.7 \div 1.8$; $FA.IS = 1.7/1.8$ per $0.1 < T < 0.5$ sec; $FA.IS = 1.1 \div 1.4$ per $0.5 < T < 1.0$ sec.

Le principali differenze del risentimento sismico nel territorio urbanizzato di Marzabotto sono correlate alla presenza e spessore dei depositi alluvionali che mostrano fattori di amplificazione sensibilmente diversificati corrispondenti ad $FA.PGA = 1.2 \div 1.6/1.7$; $FA.IS = 1.2 \div 1.5$ per $0.1 < T < 0.5$ sec; $FA.IS = 1.0 \div 1.4$ per $0.5 < T < 1.0$ sec.

Risentimenti sismici maggiori denotano i depositi di versante che mostrano $FA.PGA = 1.7 \div 2$; $FA.IS = 1.5 \div 1.7/1.9$ per $0.1 < T < 0.5$ sec; $FA.IS = 1.1/1.2 \div 1.4/1.5$ per $0.1 < T < 0.5$ sec.

Simili comportamenti di risposta sismica presentano gli accumuli di frana generalmente contraddistinti da $FA.PGA = 1.8 \div 2.0$; $FA.IS = 1.7 \div 1.9$ per $0.1 < T < 0.5$ sec; $FA.IS = 1.4 \div 1.5$ per $0.5 < T < 1.0$ sec.

I risentimenti sismici che inducono i fattori di amplificazione più elevati caratterizzano le zone interessate da deformazioni che hanno indotto medio elevati – elevati gradi di fratturazione, nelle quali $FA.PGA = 1.9 \div 2.0$; $FA.IS = 2.1 \div 2.2$ per $0.1 < T < 0.5$ sec; $FA.IS = 1.6 \div 1.9/2$ per $0.5 < T < 1.0$ sec.

Le elaborazioni di microzonazione sismica evidenziano generalmente risentimenti sismici trascurabili relativamente ai fattori di amplificazione dell'accelerazione di gravità, nei settori urbanizzati nei quali è praticamente affiorante il substrato rigido, quali le fasce settentrionali occidentali del capoluogo, la zona centrale allungata sud nord di Panico, il settore orientale di Sirano, quelli nord occidentali di Lama di Reno, Gardelletta ed occidentale settentrionale di Allocco di Sopra, nei quali $FA.PGA = 1.0$. I settori sud occidentali e centrali del capoluogo, occidentali di Sirano, sud occidentale di Gardelletta, fascia sud occidentale di Lama di Reno sono contraddistinti da fattori di amplificazione medio bassi $FA.PGA = 1.2 \div 1.4$; fattori di amplificazione medi $FA.PGA = 1.5 \div 1.6$ caratterizzano la zona centro orientale meridionale del capoluogo, centrale – centro orientale di Lama di Reno, sud orientale di Gardelletta, settentrionale di Sperticano, la prevalente area di Pioppe di Salvaro, centrale meridionale di Allocco di Sopra, centro sud orientale di Pian di Venola.

I fattori di amplificazione medio elevati – elevati; $FA.PGA = 1.7 \div 2$, si riscontrano nella fascia centro settentrionale del capoluogo, settentrionale ed occidentale di Pian di

Venola, occidentale di Sirano, la prevalente area di Sibano e Sperticano, centrale di Panico e Gardelletta, orientale di Allocco di Sopra, centro settentrionale occidentale di Lama di Reno.

Risentimenti sismici simili si riscontrano relativamente ai fattori di amplificazione dell'intensità sismica nell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec. che denotano amplificazioni praticamente trascurabili nel settore occidentale del capoluogo, nord occidentale - occidentale di Lama di Reno, Allocco di Sopra, Gardelletta, centrale di Panico e centro orientale di Sirano, centro settentrionale di Sperticano nei quali $FA.IS = 1.0$ per $0.1 < T < 0.5$ sec; amplificazioni di intensità basse $FA.IS$ $0.1 < T < 0.5$ sec = 1.2, si riscontrano nel settore centrale sud orientale di Pian di Venola, fascia orientale di Sirano sud orientale di Gardelletta.

La parte sud orientale e fasce ad est della ferrovia nella zona settentrionale del capoluogo, quella centro orientale di Lama di Reno, centrale di Sirano, prevalente area di Pioppe di Salvaro e di Sperticano, centro orientale di Allocco di Sopra, centro settentrionale occidentale di Gardelletta, costituiscono aree interessate da medi valori dei fattori di amplificazione $FA.IS = 1.5$ per $0.1 < T < 0.5$.

Le zone interessate dai fattori di amplificazione di intensità medio elevati $FA.IS = 1.7/1.8 \div 2.1$ per $0.1 < T < 0.5$ sec, si rinvencono nella fascia settentrionale centrale del capoluogo ad ovest della ferrovia, settentrionale ed occidentale di Pian di Venola, occidentale di Sirano, centrale di Panico, maggior area di Sibano, fasce settentrionali - settentrionali occidentali di Lama di Reno ed Allocco di Sopra, Centrale di Gardelletta, Centro occidentale meridionale di Sperticano.

I valori dei fattori di amplificazione di intensità sismica nell'intervallo $0.5 < T < 1.0$ sec, indicano distribuzioni simili a quelle del campo precedentemente descritto, evidenziano valori di intensità praticamente trascurabili $FA.IS = 1.0$ per $0.5 < T < 1.0$ sec per la prevalente parte del Capoluogo, di Lama di Reno, di Gardelletta, Pioppe di Salvarano, Allocco di Sopra; analoghe caratteristiche evidenziano il settore centrale meridionale orientale di Pian di Venola, orientale di Sirano, centrale di Panico, settentrionale di Sperticano, con $FA.IS = 1.0$ per $0.5 < T < 1.0$ sec; amplificazioni di bassa intensità $FA.IS = 1.1$ per $0.5 < T < 1.0$ sec., contraddistinguono la parte orientale di Sibano e sud occidentale di Pian di Venola.

Valori medi di amplificazione $FA.IS = 1.4/1.5$ per $0.5 < T < 1.0$ sec caratterizzano la parte settentrionale di Pian di Venola, settentrionale del capoluogo, centrale - centro occidentale di Sirano - Lama di Reno e sud orientale di quest'ultima, occidentale di Sibano, centrale e centro meridionale di Sperticano, occidentale ed orientale di Panico, centro settentrionale di Pioppe di Salvaro, centro orientale di Allocco di Sopra.

Gli areali con valori medio elevati - elevati dei fattori di amplificazione di intensità sismica $FA.IS = 1.9 \div 2$ per $0.5 < T < 1.0$ sec. generalmente caratterizzano fasce correlate ad intensa fraturazione rinvenibili nelle zone nord di Lama di Reno, centrale di Gardelletta, centrale occidentale di Sibano, orientale e nord occidentale di Allocco di Sopra, centrale sud nord di Sirano, centrale ovest est di Panico, centro settentrionale del capoluogo; nella zona settentrionale di Pian di Venola tali valori maggiori sono correlabili a presenza di substrato intensamente fratturato.

7.2.4. RISENTIMENTO SISMICO - PERIODO FONDAMENTALE DI VIBRAZIONE PER MACRO-TIPOLOGIE DI FABBRICATI

- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,1 - 0,3 sec (ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie prevalenti nel settore "civile" realizzate con qualsiasi tipologia costruttiva, aventi max 3/4 piani)¹
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,3 - 0,5 sec. (ricadono in questo intervallo la più comuni strutture a telaio in cls a 4/6 piani, e per estensione anche le prefabbricate tipiche del settore produttivo-manifatturiero commerciale/industriale aventi altezza sottotrave inferiore a sette metri).
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,5 -1,0 sec (ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie a torre tipicamente realizzate a telaio in cls, fabbricati di oltre 6 piani e produttivi con altezza sotto trave maggiore di 8 m, e per estensione magazzini verticali e manufatti alti e stretti quali silos, torri di acquedotto, ecc.)

Per i fabbricati che presentano periodo di vibrazione superiore a 1,0 sec sono da sviluppare approfondimenti mediante analisi di dettaglio della risposta sismica locale.

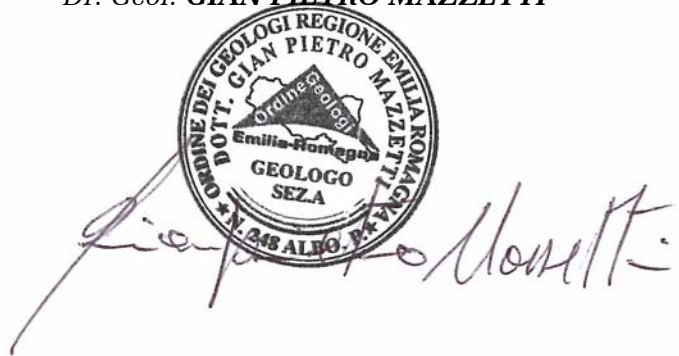
¹ Si fa riferimento al metodo di Analisi lineare statica previsto dalle vigenti NTC 2008 punto 7.3.3.2

8. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNO DEGLI EVENTI PASSATI

Per gli eventi passati non è stato possibile reperire attendibili affidabili informazioni sulle tipologie e distribuzioni dei danni e pertanto non effettuabile il confronto con le analisi e valutazioni di microzonazione sviluppate.

Da queste ultime si evince che gli effetti dello scuotimento si sono manifestati principalmente con amplificazioni per effetti della stratigrafia. Detti risentimenti in rapporto ai dati forniti dalle verticali a stazione singola HVSR, che in presenza dei depositi alluvionali latitanti il F.Reno evidenziano ampiezze generalmente di 4 – 6 e non di rado tra 6 e 10, si possono manifestare con effetti più accentuati nelle fasce dei terrazzi alluvionali del sopracitato fiume.

Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI



9. INDIRIZZI NORMATIVI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

- ART. 1 - Definizione e finalità della Microzonazione Sismica

1. La Microzonazione Sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e dei conseguenti possibili effetti locali del sisma sulle costruzioni e sui versanti. Essa costituisce un supporto fondamentale per tutti gli strumenti di pianificazione urbanistica comunale e per le relative Norme tecniche di attuazione/Regolamenti urbanistici edilizi, al fine di indirizzare le scelte insediative verso le aree a minore pericolosità sismica e/o all'utilizzo di tipologie edilizie a minor vulnerabilità rispetto ai possibili effetti locali.

2. Gli studi di primo livello di approfondimento sono stati realizzati per l'intero territorio comunale. Il secondo livello di approfondimento è stato realizzato nei seguenti Sviluppi in scala 1:5.000 e con riguardo al complesso del territorio insediato/consolidato **Capoluogo di Marzabotto e dei centri e località insediate: Sirano, Panico, Piani di Venola, Allocco di Sopra, Pioppe di Salvaro, Siabiano, Medelana, Gardelletta, Sperticano, Lama di Seta, Lama di Reno**, comprese le porzioni suscettibili di nuova edificazione, e delle reti infrastrutturali principali, come indicato sullo strumento urbanistico generale, in conformità e coerenza con quanto stabilito dal PTCP BO 2013 e dalla D.A.L.112/2007 – DGR. 2193/2015.²

3. Gli studi di Microzonazione Sismica concorrono alla definizione delle scelte di Piano rappresentando un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale preventiva; forniscono indicazioni sui limiti e condizioni della pianificazione comunale ai fini della riduzione del rischio sismico nell'attuazione delle previsioni urbanistico-edilizie.

- ART. 2 - Elaborati di riferimento

1. Sono elaborati di Quadro Conoscitivo gli studi sulla risposta sismica locale con approccio semplificato e microzonazione sismica, come di seguito identificati:

Relazione illustrativa

e le seguenti cartografie:

PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (SCALA 1:10.000)

Carta delle indagini pregresse e nuove; Carta lito-morfologica corredata da sezioni geologiche significative; MOPS - Carta delle aree suscettibili di effetti locali, in scala 1:10.000; Carta delle Frequenze naturali dei terreni (f_0) in scala

² D.A.L. 112/2007: deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2 maggio 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"*. Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna n. 64 del 17 maggio 2007; sono stati inoltre applicati i criteri tecnici di cui all'OPCM 4007/2012, Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n.1302/2012 "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).

1:5.000.

In particolare la suddetta *MOPS o Carta delle aree suscettibili di effetti locali* delimita le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica come: zone stabili, zone stabili suscettibili di amplificazione locali; zone suscettibili di instabilità. Sono altresì riportate forme di superficie, forme ed elementi sepolti ed elementi morfologici che possono amplificare localmente il moto sismico.

SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (SCALA 1:5.000)

Carta delle nuove indagini; Carta delle Velocità equivalente onde di taglio (VsH e Vs30); Carta dei Fattori di amplificazione della P.G.A.; Carta dei Fattori di amplificazione-Microzonazione sismica (MS).

In particolare la suddetta *Carta dei Fattori di amplificazione-Microzonazione sismica (MS)*, redatta con riguardo ai soli Sviluppi dei centri e delle località elencate al precedente art. 1 punto 2, individua le aree (microzone) a comportamento sismico equivalente definendo, in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche locali, l'amplificazione sismica attesa.

Le microzone sono caratterizzate come: zone stabili, zone stabili suscettibili di amplificazione locali; zone suscettibili di instabilità per varie condizioni (frane, intensa fatturazione, aree a rischio idrogeologico molto elevato, elementi e/o forme e cavità sepolte, erosione canalizzata, depositi antropici, cave - ex cave).

I valori dei fattori di amplificazione individuati per le microzone (F.A. PGA ed F.A. IS ed FT compresi negli intervalli 0.1-0.5 sec e 0.5-1 sec) evidenziano comportamenti di risposta sismica sensibilmente differenziati in rapporto al contesto geo-morfologico di riferimento, allo spessore di copertura ed al tipo di substrato geologico localmente individuati.

In cartografia sono altresì compresi gli effetti indotti dagli elementi morfologici quali creste e/o scarpate e versanti con pendenza maggiore di 15°, in quanto costituiscono, per areali definiti, fattori di amplificazione locale per effetti della topografia.

2. La cartografia di Piano è costituita:

- dalla *Carta dei fattori di amplificazione - Microzonazione sismica II° livello*, in scala 1:5.000, significativa per il territorio comunale entro gli sviluppi, che evidenzia le parti in cui sono prescritti approfondimenti di terzo livello e in cui sono indicati i fattori di amplificazione;
- dalla *MOPS o Carta delle aree suscettibili di effetti locali*, in scala 1:10.000, significativa per tutto il territorio comunale non interessato dagli sviluppi di cui sopra, che evidenzia le parti in cui sono prescritti approfondimenti di secondo e di terzo livello.

- ART. 3 - Riduzione del rischio sismico: disposizioni generali

1. Le cartografie di riferimento per l'applicazione delle presenti norme nella pianificazione urbanistica e regolamentare, sono quelle descritte al precedente art. 2 comma 2. Le cartografie distinguono sull'intero territorio comunale differenti aree sulla base degli effetti locali attesi in caso di evento sismico, individuando le parti in cui sono prescritti approfondimenti di secondo livello, di terzo livello e gli studi che devono essere effettuati, come dettagliato ai seguenti articoli 4, 5 e 6. Nel territorio

interno agli Sviluppi la microzonazione sismica ha già realizzato il secondo livello di approfondimento.

Su dette carte di Piano sono altresì evidenziati gli areali interessati da frane attive, le aree a rischio idrogeologico molto elevato e gli abitati da consolidare o da trasferire, di cui all'Art. 15 PSAI.

Il terzo livello di approfondimento è sempre e comunque prescritto per la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico, indipendentemente dalla zona/area nel quale l'intervento edilizio ricade.

2. Nelle aree che non sono state interessate da indagini di secondo livello, nel caso in cui lo spessore della copertura o la profondità del substrato sia uguale o superiore a 3 m è richiesta la valutazione del risentimento sismico locale. In questo caso, se l'unità litotecnica di copertura è orizzontale e con spessore costante, per la microzonazione sismica è ritenuto sufficiente il secondo livello di approfondimento; nel caso in cui lo spessore di copertura non sia orizzontale o sia fortemente variabile, è richiesto il terzo livello di approfondimento (vedi DGR 1302/2012 All.C; DAL 112/2007 Art.4.2; DGR 2193/2015 Art 4.2).
3. Costituisce riferimento per la progettazione attuativa ed esecutiva anche la tavola "Carta delle frequenze naturali dei terreni (f_0).
4. In relazione all'applicazione delle presenti norme, restano ferme tutte le disposizioni condizionanti la trasformazione d'uso dei suoli di cui al presente Piano, o definite da Piani sovraordinati.

-

ART. 4 – Riduzione del rischio sismico: MOPS – CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI, scala 1/10.000 - TERRITORIO NON COMPRESO NEGLI SVILUPPI

1. La cartografia individua le aree in funzione degli effetti attesi e dei conseguenti studi e livelli di approfondimento richiesti:

Aree in cui non sono attesi effetti locali

studi richiesti: indagini per caratterizzare V_s ; in caso $V_s \geq 800$ m/s, nessuna ulteriore indagine; in caso $V_s < 800$ m/s, valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche;

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

- Aree con substrato subaffiorante con $V_s < 800$ m/sec

effetti attesi: amplificazione stratigrafica;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche litologiche;

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento.

Aree stabili con presenza di depositi alluvionali, palustri e conoidi

effetti attesi: amplificazione litostratigrafia, cedimenti, densificazione;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche litologiche;

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento .

Aree con presenza di depositi detritici di versante aventi pendenza < 15°

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, densificazione;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche;

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento.

Aree suscettibili di amplificazione per caratteristiche topografiche

effetti attesi: amplificazione stratigrafica e per effetti della topografia che possano indurre instabilità dei versanti;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione topografico e indagini per caratterizzare Vs; in caso Vs \geq 800 m/s è richiesta la sola valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche topografiche; in caso Vs < 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto sia alle caratteristiche litologiche che a quelle topografiche;

La valutazione dell'amplificazione topografica deve essere effettuata anche nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o poste a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche.

Microzonazione sismica: secondo o terzo livello di approfondimento, in funzione delle condizioni geomorfologiche locali interessate; valutazione del coefficiente di amplificazione per effetti della topografia.

2. Nelle zone suscettibili di instabilità, che sono costituite dall'insieme delle aree

- potenzialmente instabili con presenza di corpi di frana o depositi detritici di versante aventi pendenza \geq 15°
- potenzialmente instabili interessate da deformazioni legate a zone con presenza di substrato roccioso fratturato:
- a rischio idrogeologico molto elevato (EX PS267 – Articolo 15 PSAI)
- caratterizzate da zone carsificate: doline, cavità sepolte;
- caratterizzate da forme e/o elementi sepolti, zona valli strette, zone di ex cava, depositi antropici;
- caratterizzazione da depositi alluvionali attuali e subattuali (terrazzi: b-b₁);
- caratterizzazione da erosione canalizzata: attiva.

sono sempre prescritti approfondimenti di Microzonazione Sismica di terzo livello e gli studi, come di seguito indicato :

Aree potenzialmente instabili con presenza di corpi di frana o depositi detritici di versante aventi pendenza \geq 15°:

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, instabilità dei versanti;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, valutazione del grado di stabilità del versante con metodo pseudostatico o dinamico.

Aree potenzialmente instabili interessate da deformazioni legate a presenza di substrato fratturato:

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, cedimenti differenziali, potenziale

instabilità dei versanti;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto a variazione laterale e verticale del grado di rigidità delle rocce, stima dei cedimenti, valutazione del grado di stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche con metodo pseudostatico o dinamico.

Aree caratterizzate da depositi alluvionali o conoidi torrentizie, attuali e subattuali:

effetti attesi: amplificazione stratigrafica instabilità per erosione, potenziale densificazione, potenziale liquefazione;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, valutazione del grado di stabilità con metodo pseudostatico o dinamico, stima dei cedimenti, densificazione, pericolosità di liquefazione.

Aree caratterizzate da forme erosive canalizzate in evoluzione:

effetti attesi: amplificazione stratigrafica e instabilità dei versanti;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto a caratteristiche litologiche e stratigrafiche, valutazione del grado di stabilità dei versanti con metodo pseudostatico o dinamico.

Aree caratterizzate da zone carsificate: doline, cavità sepolte:

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, cedimenti, instabilità di versante ed al fondo;

studi richiesti: la valutazione deve tenere conto della presenza delle cavità e delle forme sepolte o ipogee che possono determinare effetti e cedimenti differenziali, instabilità;

Aree caratterizzate da forme e/o elementi sepolti, zona valli strette e Aree caratterizzate da riporti antropici, aree di cava ed ex cava:

effetti attesi: amplificazione stratigrafica per caratteristiche litologiche e variabilità laterale della morfologia del substrato, densificazione, cedimenti differenziali;

studi richiesti: la valutazione deve tenere conto delle condizioni litostratigrafiche e della variabilità della morfologia del substrato roccioso, stima della densificazione e cedimenti.

- ART. 5 - Riduzione del rischio sismico: CARTA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE - MICROZONAZIONE SISMICA II° LIVELLO, SCALA 1/5.000 - TERRITORIO ENTRO GLI SVILUPPI

1. Nel territorio interno agli Sviluppi gli studi di microzonazione sismica hanno già realizzato il secondo livello di approfondimento; in cartografia sono quindi evidenziate le porzioni di territorio in cui sono prescritti gli approfondimenti di terzo livello. Sono inoltre evidenziate le parti di territorio in cui sono richiesti approfondimenti per verifiche di stabilità, per densificazione o cedimenti.
2. Al fine di limitare gli effetti di un sisma, la pianificazione attuativa e le Norme Tecniche di Attuazione/Regolamenti Urbanistici Edilizi devono garantire che gli interventi edilizi realizzino la minor interferenza tra Fattori di amplificazione (a) e Periodo di vibrazione dei fabbricati (b), avendo considerazione a quanto segue:
 - a. Fattori di amplificazione stratigrafica

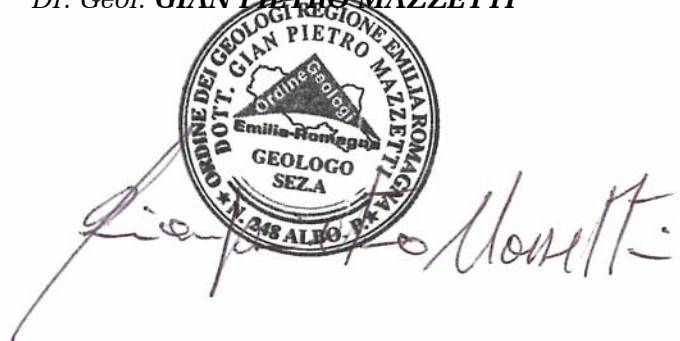
- La cartografia delimita zone per classi di valori stimati di amplificazione stratigrafica del moto sismico secondo l'incremento progressivo dell'azione.
 - Il territorio è pertanto suddiviso in zone in cui i valori di amplificazione (P.G.A. e Intensità di Housner IS ed FT nei periodi compresi tra 0,1-0,5sec e tra 0,5-1sec) riportati nella legenda della cartografia, sono suddivisi in classi ad intervalli di 0.1.
- b. Periodo fondamentale di vibrazione per macro-tipologie di fabbricati :**
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,1 - 0,3 sec. (ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie prevalenti nel settore "civile" realizzate con qualsiasi tipologia costruttiva, aventi max 3 ÷ 4 piani)³
 - Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,3 - 0,5 sec (ricadono in questo intervallo le più comuni strutture a telaio in cls aventi 4-6 piani, e per estensione anche le prefabbricate tipiche del settore produttivo-manifatturiero commerciale/industriale aventi altezza sottotrave inferiore a otto metri).
 - Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,5 -1,0 sec (ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie a torre tipicamente realizzate a telaio in cls aventi oltre 5/6 piani, e per estensione magazzini verticali e manufatti alti e stretti quali silos, torri dell'acquedotto, ecc.)

Per i fabbricati che presentano periodo di vibrazione superiore a 1,0 sec sono da sviluppare approfondimenti mediante analisi di dettaglio della risposta sismica locale.

- ART. 6 - Riduzione del rischio sismico: frequenze naturali dei terreni

1. La "Carta delle frequenze naturali dei terreni (f_0)" del quadro conoscitivo, individua differenti classi di frequenza naturale dei terreni che costituiscono il riferimento per la Pianificazione Attuativa e per le Norme tecniche di attuazione/Regolamenti urbanistici edilizi, al fine di evitare, in caso di sisma, il fenomeno di doppia risonanza.
2. Nella generalità dei casi in cui siano da sviluppare verifiche di stabilità, devono essere *considerati come valori minimi* i valori dei fattori di amplificazione (P.G.A.) riportati sulla "Carta dei Fattori di amplificazione-Microzonazione sismica (MS)" tav. 1.8/1-2-3. Tali valori potranno essere rideterminati con analisi di risposta sismica locale.

Dr. Geol. **GIAN PIETRO MAZZETTI**



³ Si fa riferimento al metodo di Analisi lineare statica previsto dalle vigenti NTC 2008 punto 7.3.3.2

10. BIBLIOGRAFIA

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 237 SASSO MARCONI. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di F.PANINI, G.BETTTELLI, M.PIZZIOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 220 CASALECCHIO DI RENO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di L.MARTELLI, A.BENINI, M.T.DE NARDO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2005) alla scala 1:50.000, foglio 219 SASSUOLO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G. GASPERI, F.PANINI, G.BETTTELLI, M.PIZZIOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 236 PAVULLO NEL FRIGNANO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di F.PANINI, G.BETTTELLI, M.PIZZIOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 235 PIEVEPELAGO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G.PLESI.
- DGR1302/2012. Deliberazione della Giunta Regionale n. 1302/18/07/2012, “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.
<http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/>
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – REGIONE TOSCANA – UNIVERSITA’ DI SIENA 1240, AA.VV., 2013, Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell’appennino Tosco – Emiliano – Romagnolo e Val Padana. Centro Stampa – Regione Emilia Romagna.
- MANICARDI A. – MAZZETTI G.P. – GILLI S. (2013) Geological characters and strumental seismic response of litho units between ridge and Apennine foothills: areas of the Municipaleties of Montese, Zocca, Guiglia, Marano s/P NATURAL HAZARD – E3. Sismic hazard: state of the art and open issues – Pubblicato sul sito <http://www.geoitalia2013.it/>
- LOCATI M., CAMASSI R. E STUCCHI M. (a cura di), 2011. BDMI11, *la versione 2011 del Database Microsismico Italiano*. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.inqv.it/DBMI11>
- 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://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833
- 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.regioneemilia-romagna.it/geologia/>
- AGIU, 2005: Apetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Linee Guida, Associazione Geotecnica Italiana, Pàtron Editore.
- MELETTI C. E VALENSISE G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: “Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003”. Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- BOCCALETTI M. – MARTELLI L. – AA.VV. (2003) – Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze.
- OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003: “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”. G.U. n. 155, 08/05/2003, suppl. ord. N. 72.
- L.MARTELLI, A.MANICARDI, G.P. MAZZETTI, C. UGOLETTI. (2009). PTCP MODENA Carte Della Sicurezza Del Territorio, Riduzione Del Rischio Sismico, Carta Delle Aree Suscettibili Di Effetti Locali.
- A. CAMPISI, M. GUERRA, F. MANENTI, L. MARTELLI, G. P. MAZZETTI (2007) PTCP DI REGGIO EMILIA: Rappresentazione Della Pericolosità Sismica Locale A Scala Provinciale E Indirizzi Per La Pianificazione Comunale, 26° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Novembre
- G.P. MAZZETTI (2006), Evoluzione Geologica Del Territorio Reggiano, pp. 8-20 in “Una Provincia allo Specchio: Reggio Emilia”; Telesio Editrice, Carnate, Milano.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione Della Pericolosità Sismica Di Castelnuovo Ne’ Monti, Convegno Nazionale, Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida, C.N.R., Roma.
- G.P. MAZZETTI (1990). Studio geologico per il p.r.g. Di Villa Minozzo (RE). Secondo Seminario Cartografia Geologica, Regione Emilia Romagna, Poster Section. Mem. Carta Geologica d’Italia - Vol. XLVI, Servizio Geologico Nazionale, Poligrafico dello Stato.
- MAZZETTI G.P. – NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model through geoelectric prospecting, Atti 4th European Congress in Regional Geoscientific Cartography; R.E.R. Ind. Graf. Labanti e Nanni – BO.
- DI DIO G. ET ALII (1998) - Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna S.E.L.C.A. Firenze
- SCANDONE P. ET ALII (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.
- BOSELLINI A- MUTTI E - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET
- AGIP (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain. Italy - C.N.R.
- BOSELLINI A. (1981) - The emile fault. A jurassic fracture zone that evolved into a Cretaceous Paleogene sinistral wrench fault. Boll. Soc. Geol. It.
- 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
- AA.VV. (1990-2012) – Rapporti ed indagini geognostiche sul territorio di Marzabotto BO. Documenti inediti.
- PANIZZA M. – MANTOVANI F. 1974 – Geomorfologia del territorio di Pavullo nel Frignano (Appennino Modenese). Atti Soc. Nat. Mat. Di Modena, 99.
- C.N.R. (1979) - Carte preliminari di scuotibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma
- IST. GEOL. UNIV. MO (1978) - Metodologie e primi risultati di neotettonica nel modenese e territori limitrofi. Mem. Soc. Geol. It.
- VANDENBERG J. & WONDERS A.A.H. (1976) - Paleomagnetic evidence of large fault displacement around the Po-Basin. Technophysics.
- ENI (1972) - Acque dolci sotterranee - ENI
- AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padana Veneta.-Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI
- LOSACCO U. (1949) - La glaciazione quaternaria dell’Appennino Settentrionale. Riv geografia It, 56 (2)

- A. COLOMBETTI 1975 – Cenni geomorfologici del territorio di Zocca – Castel d'Aiano (Appennino Modenese - Bolognese)
L'ateneo parmense – Acta Naturalia.
- G.P. MAZZETTI, 1978 – Geomorfologia della Sinclinale di Carpineti, Tesi non pubblicata, UNIVERSITA di Ferrara.
- M. PANIZZA ET ALI 1978 - Geomorfologia Dell'area Circostante La Pietra Di Bismantova; Servizio Geologico d'Italia, vol. XCVII,
C.N.R.

11. ALLEGATI

ELABORATI DEL QUADRO CONOSCITIVO ALLEGATI AL DOCUMENTO PRELIMINARE DEL PSC

Microzonazione sismica:

- QC.1.0a.N/E Marzabotto – Carta delle indagini nord-est (1:10.000)
- QC.1.0a.N/O Marzabotto – Carta delle indagini nord ovest (1:10.000)
- QC.1.0a.S Marzabotto – Carta delle indagini sud (1:10.000)
- QC.10.1a.N/E Marzabotto – Carta geologica nord-est (1:10.000)
- QC.10.1a.N/O Marzabotto – Carta geologica nord-ovest (1:10.000)
- QC.10.1a.S Marzabotto – Carta geologica sud (1:10.000)
- QC.10.2a.N/E Marzabotto – Carta geologico tecnica nord-est (1:10.000)
- QC.10.2a.N/O Marzabotto – Carta geologico tecnica nord-ovest (1:10.000)
- QC.10.2a.S Marzabotto – Carta geologico tecnica sud (1:10.000)
- QC.10.3a Marzabotto – Carta MOPS (1:5.000)
- 1.1.1a Marzabotto - Sezioni geologiche (1:5.000)
- 1.5a Marzabotto - Nuove indagini (1:5.000)
- 1.6a Marzabotto - Frequenze naturali dei terreni (1:5.000)
- 1.7a Marzabotto - Velocità delle onde di taglio (Vs) (1:5.000)
- 1.8.1a Marzabotto - Fattori di amplificazione: accelerazione di gravità: PGA (1:5.000)
- 1.8.2a Marzabotto - IS $0.1 < T < 0.5$ sec (1:5.000)
- 1.8.3a Marzabotto IS $0.5 < T < 1.0$ sec (1:5.000)

Allegati.

Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

Indagini geofisiche di nuova esecuzione