PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

RegioneEmilia-Romagna

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

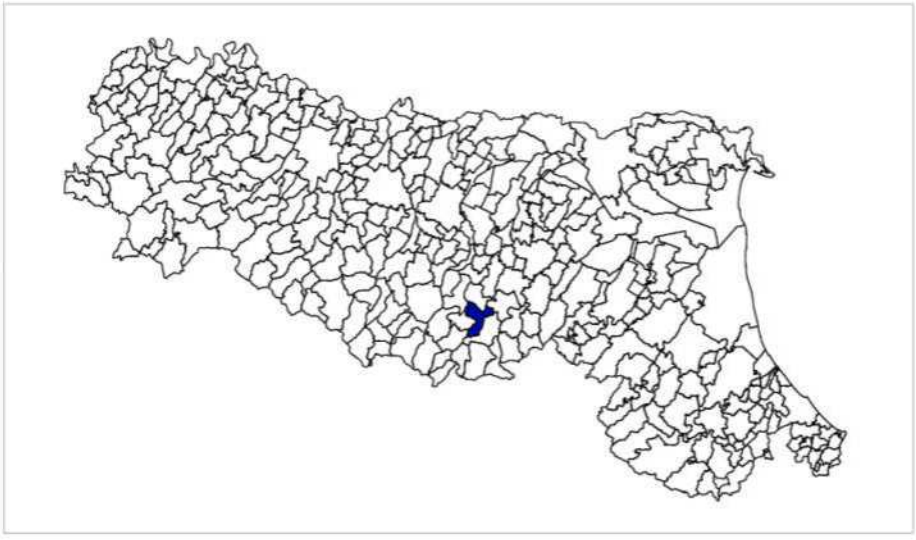
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Analisi geologico tecnica e microzonazione sismica del territorio di Vergato

Relazione tecnica

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



Regione Emilia Romagna *Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 4007/2012. Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico* ***Luca Martelli***	Soggetto realizzatore Studio Geologico CENTROGEO *Progetto:* **Gian Pietro Mazzetti** *Collaboratori:* **Stefano Gilli, Andrea Arbizzi, Mauro Mazzetti** *ELaborazioni GIS:* Studio Benaglia Professionisti Associati **Corrado Ugoletti**	Comune di Marzabotto *Sindaco:* Massimo Gnudi *Assessore all'Urbanistica:* Pier Antonio Gozzoli Ufficio di Piano Associato: Katia Lenzi Giovanni Facciorusso Giampaolo Zaccanti
Provincia di Bologna		Data Gennaio 2016

REGIONE EMILIA ROMAGNA PROVINCIA DI BOLOGNA

COMUNI DI MARZABOTTO E VERGATO

PSC IN FORMA ASSOCIATA

SICUREZZE DEL TERRITORIO

ANALISI GEOLOGICO TECNICA E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO DI VERGATO

INDICE

1. INTRODUZIONE 1
   1.1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO 3
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ 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 GEOMORFOLOGICO 18
   3.2. DEPOSITI CONTINENTALI 20
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI 22
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO 24
   5.1. INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO 24
   5.2. ATTIVITÀ TETTONICA 27
6. INTERPRETAZIONE ED INCERTEZZE / METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI 29
   6.1. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE PASSIVA RE.MI. 29
   6.2. MICROTREMORI CON LA TECNICA HVSR 31
7. ELABORATI CARTOGRAFICI 32
   7.1. PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO 32
      7.1.1. CARTA GEOLOGICO TECNICA 32
      7.1.2. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEL TERRENO 34
      7.1.3. MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA O DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI 36
   7.2. SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO 61
      7.2.1. CARTA DELLE NUOVE INDAGINI 61
      7.2.2. CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (VS) 61
      7.2.3. CARTA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE – MICROZONAZIONE SISMICA 63
   7.3. Risentimenti sismici - Periodo fondamentale di vibrazione per macro-tipologie di fabbricati : 66
8. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNO DEGLI EVENTI PASSATI 67
9. INDIRIZZI NORMATIVI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO 68
10. BIBLIOGRAFIA 74
11. ALLEGATI 76

1. INTRODUZIONE

Nel contesto delle analisi per la valutazione del grado di sicurezza, di stabilità e pericolosità sismica del territorio Comunale di Vergato (BO), é stata redatta una disamina di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica, della pericolosità sismica di base – azione sismica con metodo semplificato, finalizzati alla riduzione del rischio sismico del territorio urbanizzato, di previsto sviluppo e delle fasce interessate dalle principali infrastrutture, indirizzata alle valutazioni delle 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 d'Attuazione del P.S.A.I. del 06/12/2002, Variante in materia della 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, Autorità di Bacino del Reno, Comunità Montana dell'Appennino Bolognese.*

Le valutazioni di fattibilità, per le possibilità d'uso urbanistico, sono state effettuate 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 possibile previsto sviluppo.

La determinazione della pericolosità sismica dell'area del Comune di Vergato 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 semplificata, per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, sulla base delle indicazioni contenute nelle sopra citate 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 all'elaborazione del PSC e rappresentano uno strumento fondamentale di indirizzo per le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità sismica.

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

Le disamine sono state sviluppate in base a rilevamenti ed indagini direttamente effettuati che hanno integrato ed approfondito quelle precedentemente eseguite nel contesto degli studi per il P.T.C.P. di Bologna relativamente alla cartografia 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 Vergato (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 Vergato si sviluppa su una superficie di circa 74,5kmq.

Il limite settentrionale del territorio comunale si estende, in direttrice ovest – est, da Finanza a M.no del Notaro alla strada per Tolè- strada Madonna del Rodiano, dirigendosi poi a sud assecondando il Fosso dei Bastadini e quindi dopo aver seguito un tratto di Strada dello Stradello si dirige a sud verso Zoncara e successivamente segue il tracciato del Rio del Merlo – Rio delle Rovine sino all' affluenza al Rio Croara, dirigendosi successivamente a nord verso Cà di Minare ed allineandosi poi al Fosso della Malta sino a strada Malta. Da quest' ultima si dirige a sud est verso M. Radicchio dal quale giunge alla strada per Menfollè e successivamente si orienta a sud in direzione di Sanguineda ed attestandosi sull' asta del Rio Cornecchio la segue sino alla confluenza con il F. Reno. Il confine segue in direzione sud – sud ovest il percorso di detto fiume sino a Madonna del Bosco e da questa si estende in desra Reno per una fascia che asseconda l'asta fluviale sino al Fosso Fabiani. Da quest' utimo riprende a seguire il tracciato fluviale in direzione sud dal capoluogo sino a Malpasso a sud del quale passa in destra Reno seguendo il Rio Secco sino a Chiaso dal quale si orienta ad ovest raggiungendo l' asta del F. Reno seguendola sino a Riola all' affluenza a detto fiume del Rio Correcchio – Rio Sassone e seguendoli in direzione nord sino a Sassone. Successivamente si estende verso nord congiungendosi al Fosso Nadia sino alla sua confluenza con il T. Aneva che viene assecondato sino a Cà Giuseppe - Mottaruglio. Da questi ultimi si dirige a nord verso Castellaro – Campo Murato dal quale si orienta a nord ovest verso il T. Vergatello e dopo averlo seguito per un breve tratto si dirige a nord ovest a Rocca di Roffreno. Prosegue poi a nord verso Strada sino alle pendici occidentali di M. Pigna intercettando Strada Santa Lucia e seguendola sino a Le Coste dalla quale flette ad ovest in direzione di Aia Vecchia sino al Fosso dei Prati che è seguito sino al Rio della Ghiaia e si allinea allo stesso sino a C. Ghiaia dalla quale asseconda la Strada Manzali sino a Trada - Santa Croce per dirigersi poi a nord verso Finanza.

Il Comune di Vergato (BO) ricade nelle tavole 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:

CEREGLIO N° 237050
VEDEGHETO N° 237060
CASTEL D'AIANO N° 237090
VERGATO N° 237100
RIOLA N° 237130
MONTEACUTO RAGAZZA N° 237140

Il territorio comunale ha geometria sub trapezoidale con lati maggiori ai confini occidentale ed orientale, e base maggiore a quello settentrionale.

L'area comunale è delimitata:

- dai meridiani:
  - 662.080 ad ovest
  - 672.420 ad est
- dai paralleli
  - 4899430 a sud
  - 4912160 a nord.

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi tra 100/150 e 700/900 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 corrispondenti ai 883 ÷ 808 ÷ 792 m slm di M. Pigna, M. Croce e M. Mantino nella zona nord occidentale; 760 ÷ 645 m slm di Monte Pero e M. Poggio nel settore centro-settentrionale; 695 m slm in corrispondenza del M. Radicchio nella zona nord orientale; 716 m. slm nella zona a nord di Palazzaccio nel settore meridionale.

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 minori altimetrie nella fascia centrale del territorio estesa sud nord, che asseconda l'andamento del F. Reno, nella quale le quote sono mediamente comprese circa tra 120 e 250 m e presentano assetto morfologico a blanda pendenza; a tale settore appartengono il capoluogo ed alcuni insediamenti con quote medie di 190 e 210 m slm. Gli altri areali urbanizzati sono ubicati nella zona nord-occidentale del comune, Cereglio e Tolè, con quote che si attestano rispettivamente ad altitudini medie di 640-650 e 670-680 m slm, e Riola, sita all'estremità meridionale in sinistra fondovalle Reno, con quote medie di 250-280 m slm.

Il territorio di Vergato appartiene ad una placca formata la litozone prevalentemente arenacee nella zona settentrionale ed all'estremità sud occidentale, è altresì costituito da litozone principalmente argillitiche - argillose nel settore centro meridionale e orientale; tali litotipi si rinvengono anche all' estremità nord occidentale ed in una parte del territorio settentrionale centrale Tra Cereglio –M. Cornudo – M. Croce.

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 meridionali occidentali (zona di Soprasasso), centro-settentrionali, nord-orientali e nord-occidentali, formati da tipi rocciosi competenti, che per processi erosivi di tipo selettivo, hanno determinato forme di incisione che disegnano il territorio con aspetti rupestri con diffusa presenza di versanti con acclività di 40° ÷ 50° omogeneamente distribuiti in tali zone dell' territorio. Detti versanti prevalgono tendenzialmente nelle aree settentrionali (da ovest ad est) e meridionale, nelle quali i rilievi sono principalmente costituiti da formazioni arenacee e calcaree, zona di Soprasasso, e nelle zone settentrionali arenacee conglomeratico arenacee: area tra M. Pero, M. Radicchio, M. Croce, M. Sette Croci.

Detti aspetti oltre al grado di erodibilità delle rocce e dal loro assetto strutturale e presenza di faglie conseguono ai processi di incisione che si sono sviluppati successivamente

al *Wurm* durante il quale il territorio di Vergato, in funzione delle quote medie 450/650 /750 m slm, era caratterizzato da ambiente morfoclimatico periglaciale.

Le zone contraddistinte da morfologie a bassa acclività, correlate prevalentemente alla presenza di depositi alluvionali, si riscontrano nel settore centrale nella fascia allungata sud nord costituita dall'asta e depositi alluvionali del F. Reno. Sono inoltre riscontrabili 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.

Morfologie a bassa acclività si rilevano o nella parte settentrionale, dove costituiscono zone ad altopiano come tra Tolè – Palazzetto delle Suore – Bortolani, o ripiani morfologici di estensione relativa inferiore che generalmente sono perimetrati, non completamente, da versanti ad acclività medio elevata: 20° ÷ 40°. Tali superfici sono osservabili tra Ca Giardino – Le Coste, Praticcioli – Locare del Bello – Caponara – Le Coste, a nord di Cereglio tra Pradanera ed il crinale ad ovest di Grotta la Sponga.

Quest'ultima presenta una morfologia sub ellittica allungata ovest est per 1,4/1,5 km, con asse circa sub parallelo alla sP. Valle del Lavello e nel settore ad oriente di detta sP. è ascrivibile ad un avvallamento doliforme.

Le rimanenti aree a bassa pendenza, correlate a litozone con grado di consistenza relativo inferiore e ad accumuli di frana quiescenti o attivi, di maggior estensione, si osservano nella fascia centrale meridionale estesa ovest est circa tra Canovetta – Pieve di Rottofreno, e più ad est nella zona tra Prunarolo e Cà Berti, a sud ovest tra Colombacciaro – la Serra e La Ghiara/Monzane.

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

2.1. CARATTERI SISMICI

La riclassificazione sismica del territorio nazionale OPCM 3274/2003, attribuisce il comune di Vergato 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, ag, relativi all'area di pertinenza del settore di territorio in esame, in base alla griglia dell'NTC 14/01/2008, sono congruenti con quelli delle classificazioni sopra esposte.

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

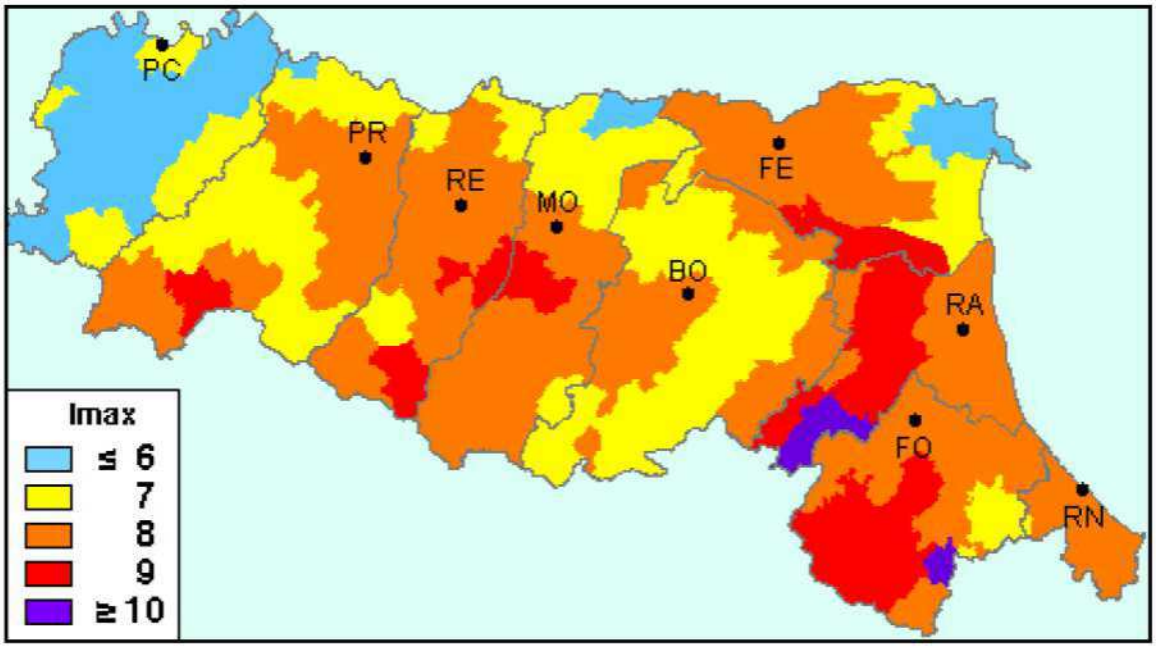
La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. attribuisce il territorio in oggetto alla zona sismogenetica 913 (*Meletti e Valensise*, 2004; http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf).

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 Vn = 50 anni, coefficiente d'uso Cu = 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	0.160	2.536	0.296

2.2. ATTIVITÀ SISMICA

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



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

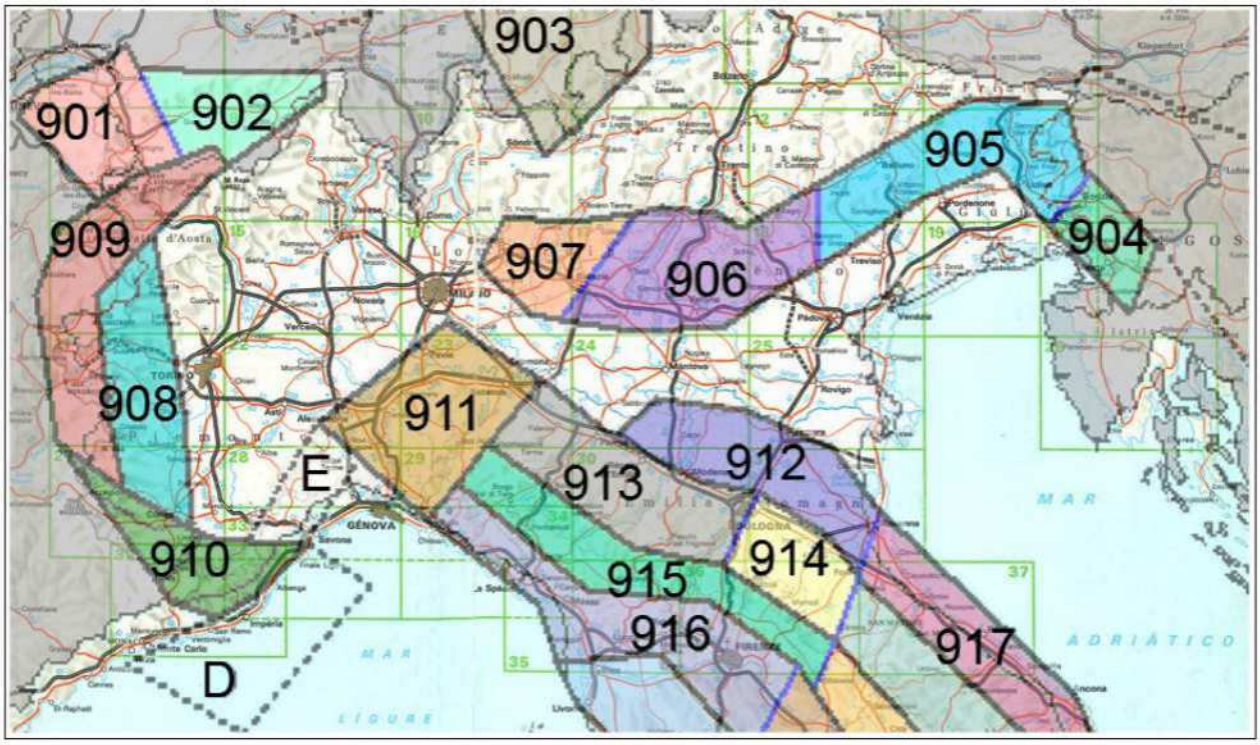
I valori di a_g elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS (2004) pubblicati in Appendici della Protezione Civile, INGV Milano – Roma dello 08-09/2006, attribuiscono, alle fasce territoriali a cui appartiene il territorio di Vergato, BO, valori dell'accelerazione di picco ag attesa su suolo di riferimento (categoria 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 ag di riferimento riportato nell'allegato A4 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n° 112/2007, corrisponde, per il comune di Vergato, a:

$$\boldsymbol{a_{gref} = 0{,}160g}$$

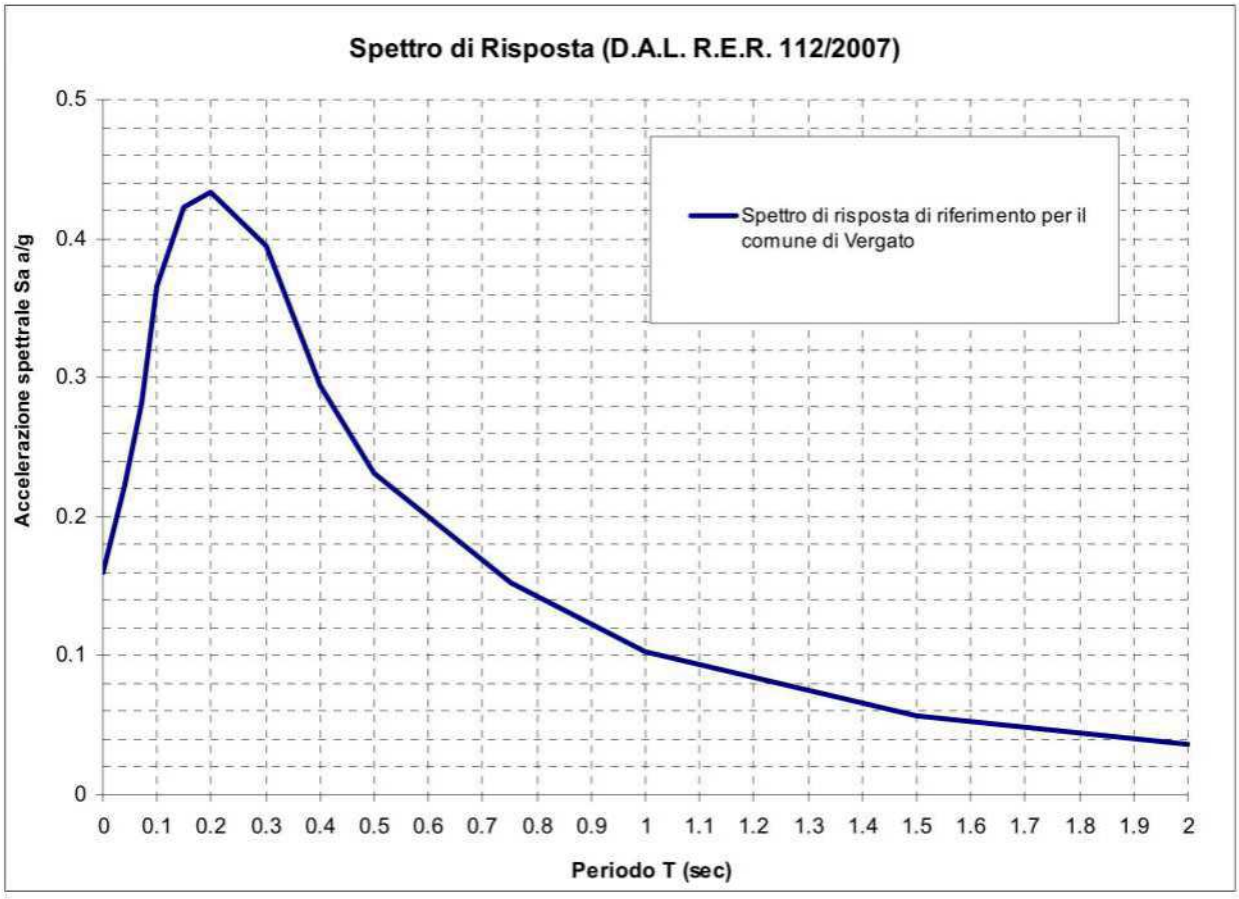


Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

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

$$a_g = 0{,}160g$$

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



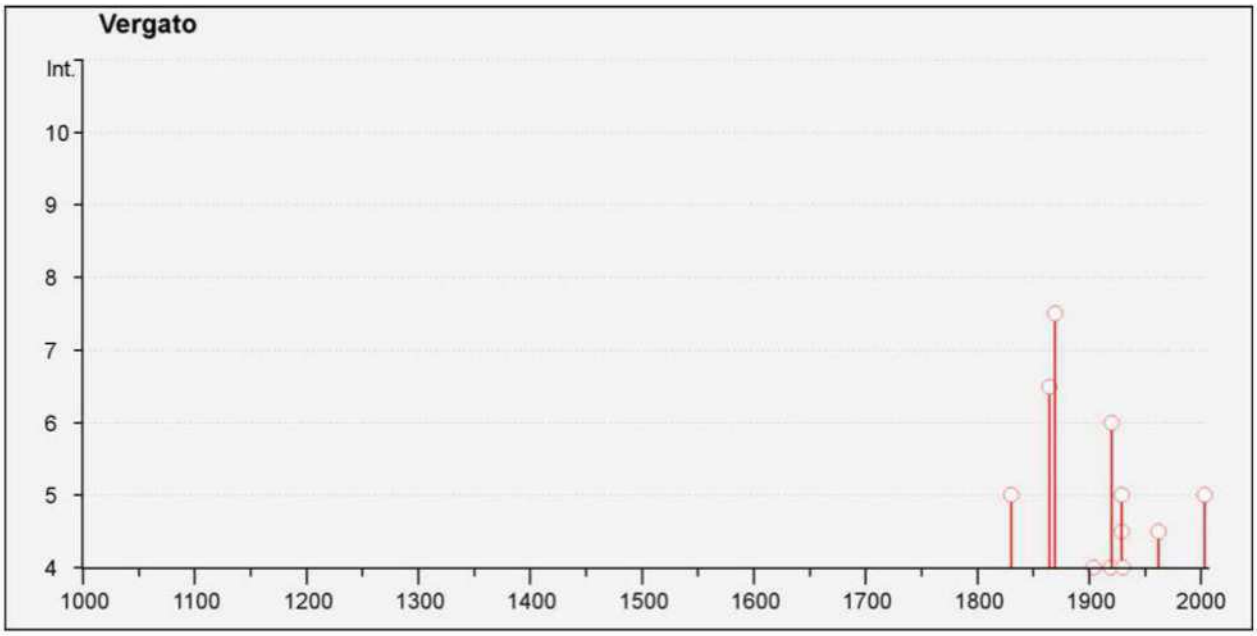
In riferimento a tale spettro, in funzione dei valori di VHS che competono alle unità litostratigrafiche che costituiscono le varie parti del territorio comunale, sono stati determinate le amplificazioni in superficie, in funzione dei valori dei fattori di amplificazione, di intensità sismica: FA IS, 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 nelle DAL 112/2007 art. 4.2 sono da definire i fattori di amplificazione in base agli accelerogrammi disponibili per il territorio di Vergato, da determinare mediante elaborazioni con codice di calcolo.

Storia sismica di Vergato
Numero di eventi: 31

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	**Data**	**Ax**	**Np**	**Io**	**Mw**
5	1830 01 26 04:30	Appennino bolognese	11	5-6	4.74 ±0.65
6-7	1864 03 15	ZOCCA	13	6-7	4.90 ±0.71
7-8	1869 06 25 13:58	Media valle del Reno	18	7-8	5.42 ±0.48
3	1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8	5.43 ±0.08
F	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
4	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
NF	1908 06 02 22:30	FRIGNANO	18	4-5	4.52 ±0.25
NF	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8	5.37 ±0.10

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	**Data**	**Ax**	**Np**	**Io**	**Mw**
NF	1911 02 19 07:18	Romagna meridionale	181	7	5.28 ±0.11
2-3	1911 09 13 22:29	Chianti	115	7	5.19 ±0.14
3	1913 02 13 16:39	Appennino tosco-emiliano	27	5	4.54 ±0.25
NF	1913 07 21 22:35	VALLE DEL LAMONE	43	5-6	4.78 ±0.19
3	1916 05 17 12:49	Alto Adriatico	132		5.95 ±0.14
4	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
6	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
4-5	1929 04 10 05:43	Bolognese	87	7	5.03 ±0.13
5	1929 04 19 04:15	Bolognese	82		
5	1929 05 11 19:22	Bolognese	64		
4	1930 05 24 22:02	FIUMALBO	43	5	4.81 ±0.17
2	1931 09 05 01:25	Mugello	28	6	4.80 ±0.22
3	1931 12 15 03:31	Mugello	26	6	4.85 ±0.24
3	1937 12 10 18:03	APP. MODENESE	28	6	5.17 ±0.25
4-5	1962 05 11 01:05	Appennino tosco-emiliano	7	4-5	4.42 ±0.25
2-3	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
NF	1992 04 17 11:59	Monteveglio	56	4-5	4.32 ±0.18
2	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
3	1999 07 07 17:16	Frignano	32	5	4.70 ±0.09
NF	2000 05 10 16:52	Emilia Romagna	151	5-6	4.86 ±0.09
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

Il territorio comunale di Vergato (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 alle Unità Alloctone, Liguri e Subliguri (*Bettelli et alii*), alla Successione Epiligure (*Ricci Lucchi e Ori* 1985; *Battelli et ali*, 1989) (*Decandia e Elter*, 1972; *Elter e Marroni*, 1992) e più a settentrione 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 rinvengono 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, presenti in piccoli areali nella zona meridionale del territorio di Vergato ad est di Cà di Sasso, sud di Castelnuovo, tra Torricella – Cà Nova – Prati, sud di Ranfamone, sud ovest di Le Crete.

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 liguri interne, che sono state ulteriormente ripiegate nelle seconda fase cha ha ancor più raccorciato le preesistenti strutture. Le fasi liguri hanno determinato la chiusura del preesistente oceano ligure e con l'impilamento delle successioni dei Domini Liguri si sono generati vari bacini marini minori nei quali si sono depositate le successioni delle sequenze epiliguri.

Gli orizzonti litologici liguri mostrano una deformazione interna molto maggiore rispetto a quanto osservabile nelle formazioni della sovrastante Successione Epiligure. 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 le unità liguri, si sono deposte in corrispondenza di aree relativamente abbassate, ed i processi tettonici ne hanno obliterato i rapporti della originaria sovrapposizione stratigrafica per tettonica disgiuntiva neogenico 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.

Detti processi tettonici nelle fasce più settentrionali coinvolgono 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 linee 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.

Queste faglie recenti hanno decisamente influenzato anche le geometria del reticolo idrografico.

A nord est del territorio di Vergato, in comune 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 Vergato, 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 Vergato 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 EPILIGURE

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 beiges se alterate.

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

Arenarie fini e medie, localmente biocalcareniti 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) *(Acquitaniano – 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.

BRECCE ARGILLOSE DELLA VAL TIEPIDO - CANOSSA (MVT) *(Acquitaniano)*

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

FORMAZIONE DI ANTOGNOLA (ANT) *(Chattiano – Burdigalliano 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-arenaceee 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 brecce 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.

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

Brecce 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)*

Brecce 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)*

Brecce 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

SUCCESSIONE DELLA VAL ROSSENNA

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.

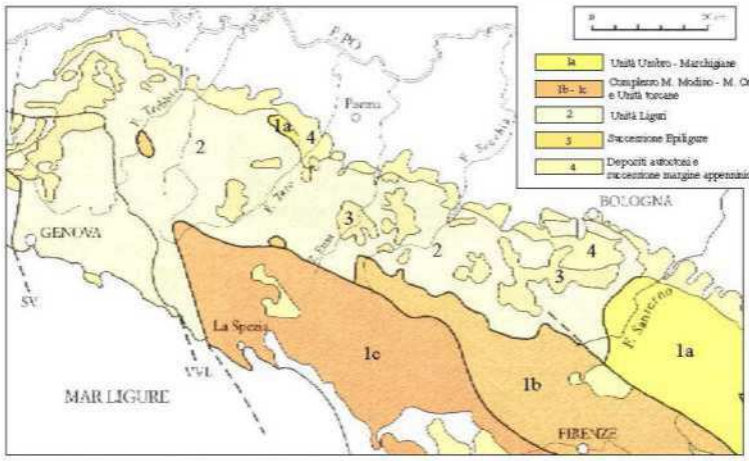
FORMAZIONI PRE-FLYSCH AD ELMINTOIDI

ARENARIE DI SCABIAZZA (SCB) *(Turoniano sup.? – Campaniano inf.)*

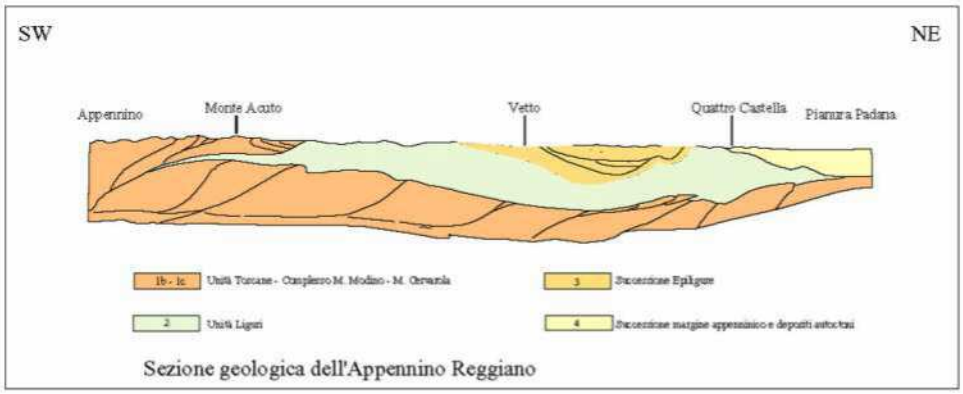
Alternanze torbiditiche arenaceo-pelitiche e pelitico arenacee in strati da molto sottili a sottili , costituite da arenarie fini e finissime passanti ad argille mornoso siltose grigio scure; subordinata presenza di calcilutiti verdognole e marne calcaree grigio chiare.

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

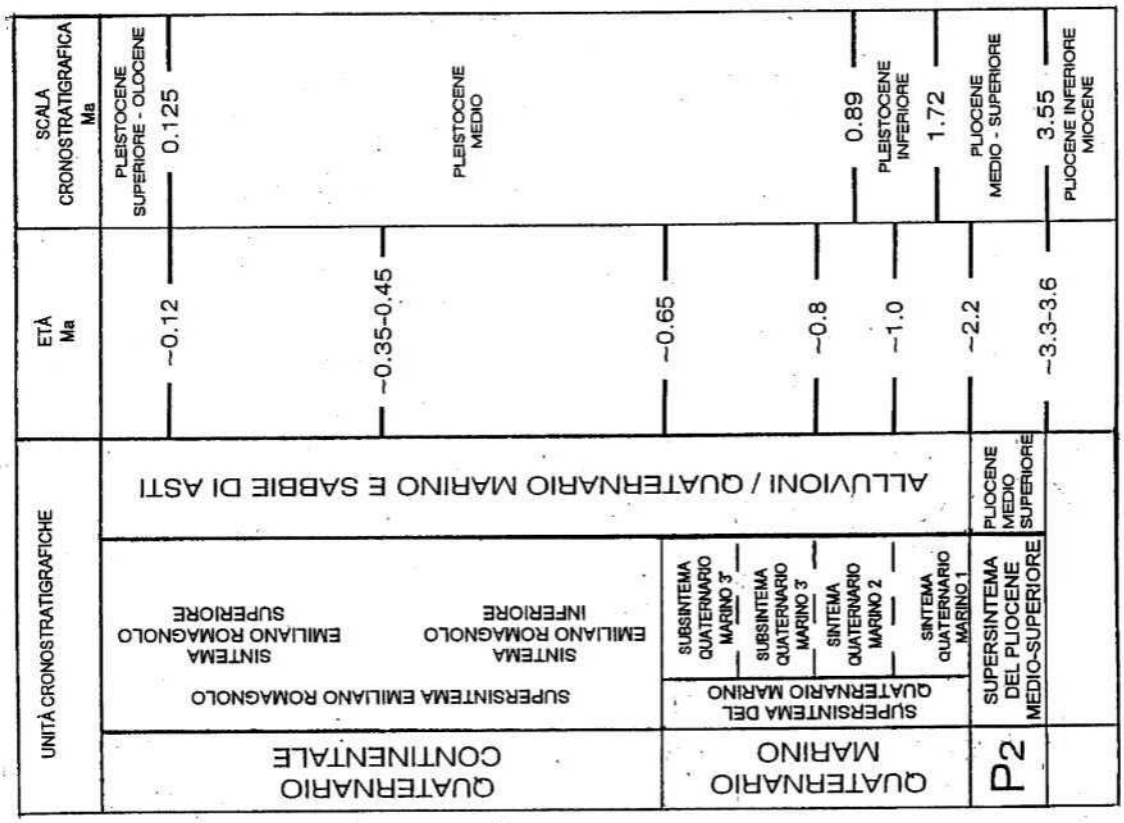
Argille e argilliti rosse, rosate, nerastre e verdi fissili, sottilmente stratificate, spesso caotiche per intensa tettonizzazione, con subordinate intercalazioni di arenarie risedimentate, calilutiti silicee e marne calcaree.



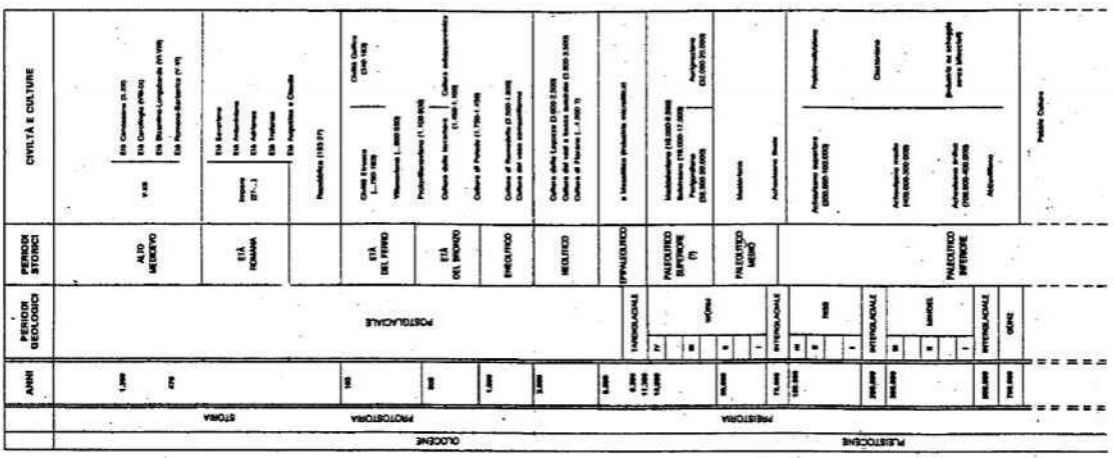
Schema geologico semplificato dell'Appennino settentrionale nel quale vengono indicati i principali protagonisti della struttura geologica del territorio emiliano - romagnolo. Le linee più spesse indicano i contatti tettonici più importanti (da *Mutti et al. 1975,* semplificata)



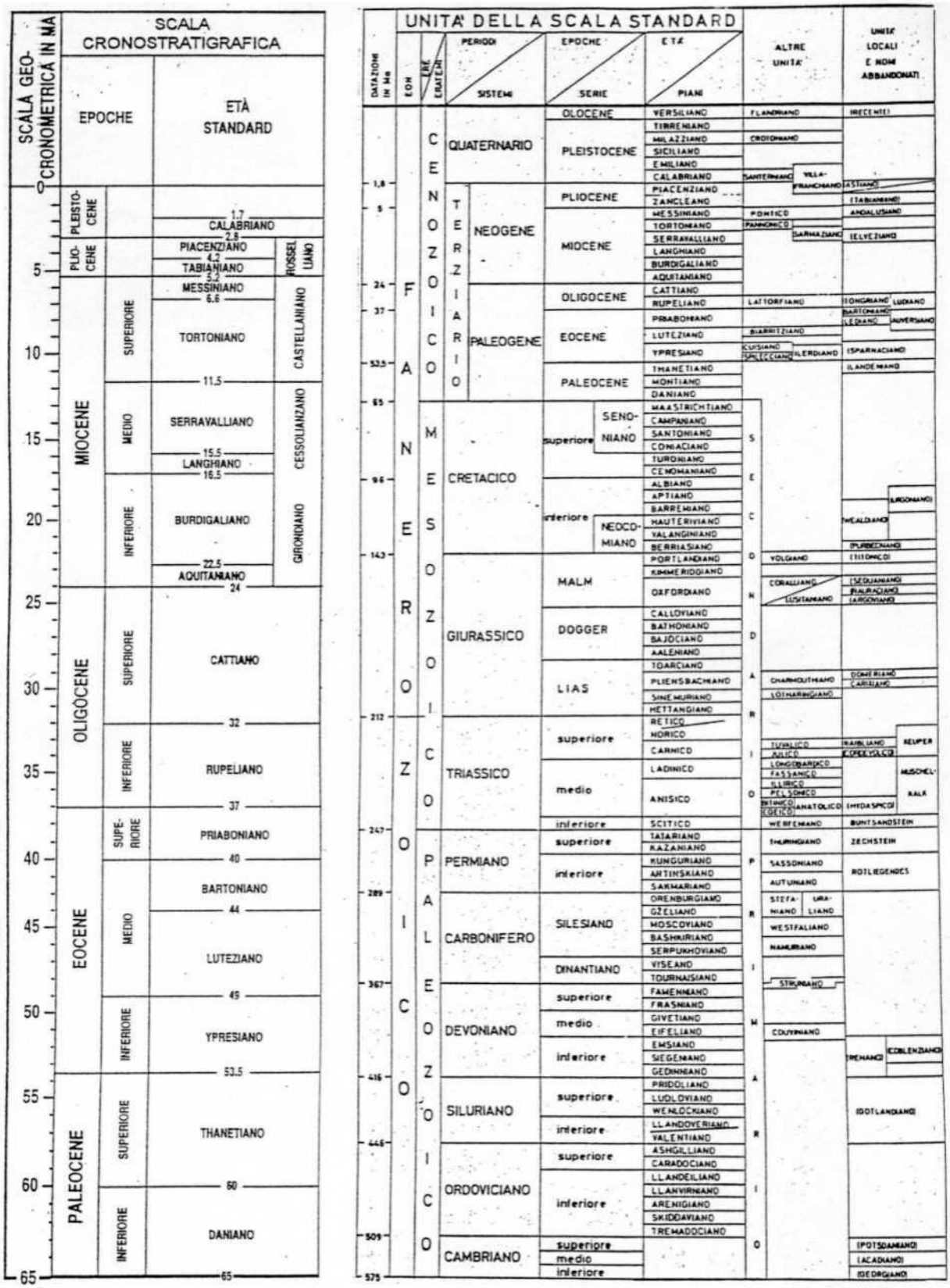
Sezione geologica dell'Appennino Reggiano



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



Da: AA.VV. Prov. RE, 1989



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

3.1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio di Vergato appartiene alla fascia del medio appennino e ricade prevalentemente 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 sono state individuate forme e processi correlati ad ambiente periglaciale (*Panizza e Mantovani*, 1974, Conca di Pavullo; *A. Colombetti*, Zocca – Castel d'Aiano 1975; *G.P. Mazzetti* 1978, Sinclinale di Carpineti). A queste 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, (AES8a – e limitati brandelli a nord di Camugnone AES7).

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 tra Calvenzano – Pioppe di Salvaro/Sibiano – Pian di Venola/Marzabotto – Lama di Reno, che tra Salvaro/Sibiano e Pian di Venola incide litotipi arenacei più resistenti all'erosione delle adiacenti litozone marnose – marnoso argillose. Analoghe caratteristiche 12 km a nord est evidenzia anche il T. Setta tra Gardelletta – Allocco – Sirano.

Il territorio di Vergato, per quanto riguarda le fasce morfostrutturali dell'Appennino appartiene alle strutture del medio appennino costituito dalle Unità Liguri e Successioni Epiliguri (*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, Successione Neogenica Quaternaria, 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° ÷ 40° nelle zone settentrionali orientali e centro settentrionali occidentali e sud occidentali, costituite da formazioni prevalentemente arenacee arenacee e marnoso - siltose, correlate al loro minor grado di erodibilità rispetto alle litozone argillitico argillose. Queste ultime caratterizzano i settori centrale occidentale e meridionale orientale, nei quali le pendenze sono generalmente compresse tra 10 e 20° e minori di 10° in corrispondenza dell'assetto di fondovalle F. Reno e T. Aneva.

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° ÷ 10°, attualmente in posizioni morfologiche più rilevate rispetto alle zone 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 tra Tolè e Montepastore dove costituisce un ripiano morfologico terrazzato di 100 m.

Altro areale con simili caratteristiche morfologico è osservabile 0.8-1.0 km a sud est tra le Coste – Locare della Scuola – Caprara. Una superficie con equivalenti conformazioni è presente a settentrione di Cereglio nella fascia sub ellittica allungata in senso ovest–est sub parallela alla s.P. Valle del Lavino circa da Pradaneva al crinale ad est di Grotta della Sponga, che in rapporto alla morfologia dei versanti che la perimetrano e dei depositi che ne rivestono il fondo, è correlabile, almeno per la parte più orientale, a processi di dissoluzione carsica di tipo superficiale che si sviluppano in rocce calcaree impure (*Cvijic*, 1960; *M.Panizza*, 1968 B).

Le sopracitate morfologie, con quote di 650/670 m slm e in 690/720 m slm, in funzione delle loro conformazione, sono probabilmente riconducibili a processi correlabili a sistemi morfoclimatici periglaciali (Wurm).

Altre forme ereditarie nel territorio sono rappresentate da depositi alluvionali terrazzati (AES7) riscontrabili in limitati brandelli a nord ovest di Camugnone in destra del F. Reno; sono inoltre presenti depositi alluvionali recenti (AES8-8a) nella zona ai lati del F. Reno e torrente Aneva e Vergatello, depositi alluvionali in evoluzione e parzialmente stabilizzati in corrispondenza dell'asta dei fiumi.

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 nelle zone meridionali centrali orientali, fascia centrale ovest est assecondante l'andamento del T.Vergatello, nel settore tra la sponda settentrionale di quest'ultimo e l'allineamento M. Sette Croci – Cereglio – Susano – Marmocchio, ai fianchi del versante sud orientale di M. Pero, tra località Palazzina capoluogo – Lisernia – F. Reno, ai lati del Rio Groaro nel settore centrale orientale, nell'areale circa compreso tra Cerè di sopra – Cogni di Sotto – Cà Nova – Grotta la Sponga – Lo Spicchio – il crinale di strada del Monte – Castello – Rio delle Rovine – I Pianazzi; analoga zona, con diffusa presenza di corpi di frana, si rinviene nel settore nord occidentale tra Selvatica – Strada Valgrossa – Cimitero di Tolè – Selva – Cà de Toni – confine comunale nord ovest ed ovest nord – Rio della Ghiaia.

Gli accumuli più imponenti tra quelli presenti nelle sopra descritte aree sono rappresentati dalla frana quiescente complessa tra Ceradella – Roncaglia e Cà dei Berti/Rio Grande, zona settentrionale centrale, che si sviluppa per una lunghezza di circa 1.6/1.7 km e nella parte frontale assume spessori maggiori di 15/20 m; la frana quiescente complessa, con prevalenza di movimenti per colata, nel settore centrale occidentale circa tra Canovetta – Pieve di Rottofreno – Fosso della Chiese che si estende in direzione ovest est per una lunghezza di 1.8 km e nella zona frontale dell'accumulo assume spessori non inferiori a 15 m;

significativi sono in tale zona gli accumuli che si sviluppano in sponda settentrionale del Fosso Lamazzetto, tra M.no Della Pieve e Monte Sette Croci e più ad est tra Cà di Ca – Monzone e Rio Dozzone – Fosso Lamazzetto che si estendono per lunghezze di 1.0/1.1 km e nelle parti frontali assumono spessori di 10/15 m.

Simili imponenti accumuli sia quiescenti che attivi, sono presenti nel versante ad est della strada Castelnuovo – sino al settore sud del capoluogo, in sponda sinistra del F. Reno, sino a Riola ed in sponda destra di detto fiume tra Cà de Bombi e Molinaccio/Cà Siberia; diffusi corpi di frana sia attivi che quiescenti di colata e complessi di significativa estensione, lunghezze di 0.7/1.0 km e larghezze di 0.1/0.2 km, caratterizzano il versante in sponda meridionale del T. Aneva tra lo stesso e la strada per Castelnuovo.

Le azioni erosive di maggior intensità delle acque incanalate si sviluppano in corrispondenza dell'asta dei T. Aneva e Vergatello, F. Reno. Quest'ultimo ed i tratto terminale dei sopracitati torrenti sono delimitati da depositi alluvionali terrazzati con altezze di incisione di 5 ÷ 10 m; l'intesa attività di incisione è correlata alla presenza di rocce prevalentemente argillose.

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.

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 importanza fondamentale nella pianificazione territoriale in quanto la dinamica e le 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 Vergato la presenza di litozone prevalentemente argilloso argillitiche nel settore meridionale orientale centrale e settentrionale ha generato i depositi per accumulo di frana, attivi e quiescenti, sensibilmente diffusi come denota l'indice di franosità territoriale corrispondente al 24 %.

3.2. DEPOSITI CONTINENTALI

I depositi continentali sono diversamente distribuiti sul territorio comunale in funzione delle conformazioni morfologiche e quote altimetriche dello stesso.

Questi ultimi, come descritto nel precedente paragrafo sono quelli prevalentemente diffusi nel territorio comunale.

I depositi di versante sl sono principalmente presenti nelle aree costituite da litozone arenaceo – arenitiche che formano il settore sud occidentale e le zone settentrionali centro occidentali e settentrionali. In queste ultime dette coperture si localizzano prevalentemente in aree che formano vallecole sospese o rivestono fianchi di versanti; analoghe caratteristiche denotano i depositi del versante tra la Piastra – Susano Spezzona di Sopra e versante a nord del crinale Lo Spiccio – Via Monte – M. Pero correlabili a detriti di falda non attivi.

Caratteristiche diverse evidenziano i depositi di versante presenti nel settore occidentale settentrionale che occupano posizioni altimetriche più elevate 700 m a Locare della Scuola – Caponare e La Croce – Montina, che costituiscono ripiani a pendenza molto bassa tra loro correlabili, compresi tra i rilievi che descrivono morfologie sub elettriche, probabilmente correlabili a processi di dissoluzione carsica superficiale.

La paleosuperficie tra Tolè – Palazzetto della Suora – Case Bortolani – Monte Postaro/Pianella, nella quale sono diffusamente presenti depositi eolici pedogenizzati a pseudoglay, costituisce un altopiano attualmente sopraelevati 80/100 m rispetto all'incisione del Rio della Ghiaia presente 1 km a nord ovest e di circa 300 m rispetto al principale asse idrico presente ad ovest – nord ovest: T. Samoggia.

Tali profondità di erosione indicano un elevato grado di corrispondenza con quelle sviluppatesi nella fase post wurmiana per le prime e post rissiana per le seconde, riscontrate in altre zone dell'appennino Val di Secchia – Val d'Enza (*G.P. Mazzetti*, 1978, 2006; *M. Cremaschi, C. Tellini, M. Bernini*, 1980).

Nella fascia sud orientale – orientale – nord orientale del territorio estesa sud sudovest – nord nordest ed il settore centrale orientale nel tratto di confluenza del T. Vergatello al F. Reno, al quale appartiene il capoluogo, sono diffusamente presenti depositi alluvionali terrazzati, separati da orli di scarpata con altezze di 10 – 15 m. Tali sedimenti nella zona centro settentrionale, tra Camugnone e Pioppe di Salvaro, sono rappresentati da locali brandelli (AES7) sopraelevati di 90 – 60 – 75 m rispetto all' alveo del F. Reno; quanto esposto conferma il rapido approfondimento delle incisioni fluviali che negli ultimi 12 – 15.000 anni.

I depositi alluvionali relativamente più recenti (AES8) b3 e >b3, costituiscono le fasce adiacenti al F. Reno e T. Vergatello sopraelevate di 5/10 ÷ 15 m rispetto all'alveo del F. Reno e mediamente di 5 m in quello del T. Vergatello.

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 10/12 m.

L'attuale alveo del F. Reno è caratterizzato da depositi alluvionali recenti che costituiscono superfici terrazzate per altezza di 2 – 4 m ai lati del canale fluviale, 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 carotaggi 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:

- 8 sondaggi meccanici (SM);
- 23 prove penetrometriche statiche (CPT);
- 42 prove penetrometriche dinamiche super pesante (DPSH);
- 19 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM);
- 2 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:

- 29 misure di sismica a rifrazione passiva/attiva con antenna monodimensionale con metodo integrato Re.Mi/MASW;
- 50 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R. tutte validate, 29 delle quali in accoppiamento con le prospezioni Re.Mi/MASW e 21 in singolo punto di rilevazione.

Dette prospezioni sono state articolate in due fasi temporali distinte, nella prima di queste, oltre ad investigare gli areali urbanizzati e 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 (HVSR), e prospezioni a rifrazione passiva/attiva con antenna monodimensionale (Re.Mi/MASW), i siti sono stati esaminati e verificati, 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 10:0-10000 e 1:5.000 (Tav. 1.0 – 1.5) relativi sia a tutto il territorio che alle aree di interesse degli sviluppi.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

5.1. INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

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

Le unità stratigrafiche presenti nella parte settentrionale – settentrionale orientale del territorio di Vergato appartengono alla placca prevalentemente arenitica ad assetto sinforme formata dalle Unità Epiliguri che si sviluppa in modo accentuato a nord ovest in territorio di Marzabotto.

Analoghe caratteristiche contraddistinguono la fascia al bordo occidentale meridionale appartenenti alla placca arenacea di Villa d'Aiano – Zocca.

Il settore centro meridionale occidentale è costituito dalle litozone prevalentemente argilloso – argillitiche delle Unità Liguri; nel settore nord occidentale: Tolè – Ca Bortolani, si rinvengono le argilliti ed argille ed alternanze arenaceo pelitiche dell'unità di Coscogno.

Dette unità tettoniche, differenziatesi durante la fase ligure, che ne ha causato lo scollamento dalle 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, che soggiacciono il ciclo pliocenico e la Successione Epiligure, presenti nella zona, sono suddivisibili nelle quattro unità stratigrafiche strutturali: Unità Tettonica Coscogno, Unità Tettonica Cassio, Unità Tettonica Monghidoro, Unità Tettonica Leo.

L'Unità Monghidoro non presente nel territorio di Vergato, affiora circa 12 Km ad est in comune di Rioveggio corrispondenza della fascia di faglie transpessive che costituisce la Linea di Vergato (*F. Panini, 2002*), che in corrispondenza del T. Setta giustappone le formazioni di Montevenere e di Monghidoro alla Successione Epiligure.

L'Unità Tettonica Leo affiora nella parte meridionale orientale del territorio di Vergato, in corrispondenza della fascia di faglie prevalentemente trascorrenti che costituisce la linea di Vergato che giustappone le Argille a Palombini alla Formazione di Pantano.

L'Unità Tettonica Cassio, Sub Unità del Panaro, non affiorante nel territorio di Vergato, rinvenibile immediatamente a nord del confine settentrionale occidentale, è rappresentata dalle formazioni pre-flysch costituite dalle Argille a Palombini ed Arenarie di Scabiazza, che mediante il sistema di faglie trascorrenti inverse della linea Tolè – M. Bonsara – Lavino, sono giustapposte in direzione sud est all'Unità Tettonica di Coscongno, mentre in verso nord ovest sovrascorrono parzialmente l'Unità Tettonica Samoggia.

I depositi della Successione Epiligure che, costituiscono la fascia meridionale occidentale e la parte centro settentrionale e settentrionale orientale, non sigillano completamente il substrato ligure ed aumentano di estensione in direzione nord ovest dove costituiscono la placca arenacea di Marzabotto, analoga condizione si riscontra in direttrice ovest – sud ovest dove generano la placca arenacea di Villa d'Aiano – Zocca.

Detta successione è 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/Monticino e Cereglio/Vergato, tra Venola – Lama di Reno – M. Giovine; a detti sovrascorrimenti si associano le faglie appenniniche subverticali distensive tardive localizzate prevalentemente nella fascia ad andamento WNW – ESE circa compresa tra l'allineamento M. Croce – M. Pero – Vergato – Grizzana Morandi – Monteacuto – Valle, e l'allineamento M. Mosca – Camugnone – M. Pezza – Montorio e più a settentrione tra Monzale – Colleguarda – M. Termine – Rioveggio – Lama Grande e M. Castellaccio – Pian di Venola – M. Abele – Murazze - Querceto.

Le faglie antiappenniniche si rilevano principalmente secondo la fascia estesa sud est – nord ovest circa compresa tra l'allineamento Riola – Serra di Gatto – Surano – Monzone e l'allineamento Marano – Castel d'Aiano; nella fascia sud est – nord ovest estesa secondo l'allineamento il Poggio – M. Cornudo – Bortolami.

Analoghe faglie sub verticali antiappenniniche si riscontrano ad ovest dell'allineamento Sibano – Lama di Reno – M. Baco, al confine orientale del confine di Marzabotto in corrispondenza del T. Setta circa da Monte Mario a M. Rumici; nel settore nord ovest circa secondo l'allineamento Tolè – Vedegheto.

I sistemi trascorrenti hanno orientamento prevalentemente antiappenninico, sud ovest – nord est, e quelli principali assecondano l'andamento del F. Reno tra Riola – Vergato – Cà Venzano – Pioppe di Salvaro – Pian di Venola e più a settentrione tra Sassatello – C. Bergamini e Lama di Reno; analoghe direttrici assumono le faglie trascorrenti tra Pian di Setta – Rioveggio – Quercia e successivamente a quest'ultima proseguono in verso nord est in direzione Allocco dove detta 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 occidentale di Vergato le faglie trascorrenti costituiscono una fascia orientata sud ovest – nord est circa compreso tra l'allineamento Tolè – Montepastore e l'allineamento Savigno - Zocca.

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 soggiacenti 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 trhust e faglie inverse embriciate 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 é data da una serie di indicazioni quali "freschezza" degli indizi geomorfologici: scarpate, intense fratturazioni o uncinatura di strati, tratti vallivi rettilinei, 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 indizi di caratteri neotettonici

1. Faglia a componente prevalentemente trascorrente, orientata sud nord, circa estesa da Oreglia a Molinello, assecondante l'andamento del F. Reno, circa coincidente con il confine comunale orientale di Vergato, evidenziata da due gomiti ed andamento rettilineo dell'asta fluviale tra le sopra indicate località, assecondante l'andamento della linea di Vergato.
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 Vergato, evidenziata dall'andamento rettilineo dell'asta torrentizia e due gomiti della stessa tra le località sopra citate.
3. Faglia trascorrente orientata sud nord circa secondo l'allineamento Rocca Pitigliano – Rocca di Roffeno – Ca Briosi (Tolè) – Goccia – Savigno, evidenziata da selle, gomiti fluvio - torrentizi, andamento rettilineo del T. Samoggia da Goccia a Savigno.

Sovrascorrimenti attivi sepolti

4. 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 Vergato e Lama di Reno, nella zona a nord est del territorio di Vergato, in Comune di Marzabotto, e che si prolunga in direttrice est.
   A meridione, zone a sud dell'allineamento M. Belvedere – Marano – Monteacuto - Loiano, si rinviene la fascia principale di detto fronte con analogo andamento WSW-ENE.
5. Fronti di Accavallamento della Successione Carbonatica Meso-Cenozoica: sovrascorrimento di importanza regionale orientato ovest sud ovest – est nord est, presente nel sottosuolo della zona orientale settentrionale dell'area comunale di Marzabotto, rinvenibile circa tra M. Santa Barbara – M. Del Frate e che si estende in direzione est nord est.

Faglie mio-plioceniche successivamente riattivate

6. Faglie dirette ad andamento ovest nord ovest – est sud est da Cà Masina a Casetto, trasversali rispetto alle principali linee trascorrenti.
7. Faglia diretta orientata sud est – nord ovest circa da Oreglia di Sotto a Serreto – Cà Masina, assecondante la linea S. Riola - Zocca.
8. Faglia trascorrente a direttrice sud est – nord ovest da Capriglia a Castellaro corrispondente alla linea di Calvenzano .

9. Faglia trascorrente orientata sud ovest – nord est circa da nord di Tolè – M. Nonascoso – Poggio di S. Chierlo, compresa tra la linea Tolè – M. Bonsara – Lavino e Linea S. Prospero – Rio Gavignano.
10. Faglia diretta a direzione sud ovest – nord est, adiacente al confine comunale nord orientale di Vergato, estesa da Trebbo a Sassatello – C. Bergamini, corrispondente alla parte settentrionale orientale della linea del Reno.
11. Faglia trascorrente orientata sud sud ovest – est nord est da Pian di Setta a Quercia – sud di M. Sole, corrispondente alla linea di Rioveggio.

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 nell' area compresa tra La Linea di Luminasio e Linea di Sperticano, circa tra Lama di Reno – Sirano e Pian di Venola – Lama di Setta.

Altra faglia riattivatasi, orientata sud ovest nord est ed ovest est, è individuata nel settore centrale meridionale a sud del capoluogo da Casetto a Pieve a Rocca Roffreno, che è identificata come linea con caratteri neotettonici; l'adiacente faglia riattivata, orientata SW – NE si estende circa da Rocca Roffreno a Carboncina.

Altre faglie riattivate orientate ovest – est, sono individuate in corrispondenza del tratto del T. Reno tra Campidello e Cà Gualdi, le trascorrenti a direttrice sud ovest nord est al bordo occidentale settentrionale dell'area comunale, da Cà Briossi a Vedrizia – M. Nonascoso – Gavignano.

La carta sismotettonica R.E.R. evidenzia epicentri sismici con $5<M<5,5$ 4 km a nord del capoluogo, in prossimità di Calvenzano M $\geq 5,5$ 8 km a sud di Riola in prossimità di Castel di Casio.

Sono inoltre indicati epicentri con $4<M<5$, in prossimità di Tolè.

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 / METODOLOGIE 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 velocità delle onde Vs del substrato roccioso e, per le indagini geognostiche, affidabili informazioni sugli spessori della prima unità litotecnica.

Dette indagini, eseguite in numero 29 con antenna monodimensionale e 50 con stazione singola, di seguito elencate in maggior dettaglio, sono state distribuite sul territorio in funzione delle analisi con finalità di caratterizzazione sismica delle aree urbanizzate, 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 propagazione delle onde sismiche di taglio di alcuni tipi di roccia in condizioni di substrato litologico affiorante.

6.1. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE PASSIVA RE.MI.

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 da 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 rigidezza 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.

Tale spettro mediato evidenzia 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 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 allegate 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 50 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 eseguite 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 allegate 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 GEOLOGICO TECNICA

Tale elaborato, realizzato alla scala 1:10.000 (Tav.1.2), 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, evidenzianti le condizioni del dissesto del territorio, è stato redatto integrando le sopra citate cartografie 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 Vergato è suddivisibile in tre domini principali: Dominio Ligure, Successione Epiligure, Successione Neogenica Quaternaria del Margine Appenninico.

L'area comunale è costituta dalle Successioni Liguri nel settore centro meridionale orientale, da affioramenti di limitata estensione dalle Unità Subliguri nella zona settentrionale, dalla Successioni Epiliguri nella parte settentrionale orientale – centro settentrionale ed occidentale meridionale, con tendenziale prevalenza delle epiliguri.

Il settore centrale esteso ovest est tra il crinale M. Pigna – M. Sette Croci – M. Pero ed il T. Vergatello, è prevalentemente costituito da litozone a brecce argillose, nelle quali in funzione della natura litologica si sono diffusamente sviluppati processi di frana.

Analoghe caratteristiche di diffusa presenza di processi di dissesto contraddistinguono la fascia al confine nord occidentale e l'area settentrionale occidentale compresa tra M. Pero – M. Mosca – M. Croce – M. Mantino, nelle quali si riscontrano principalmente litozone a sottili alternanze arenaceo pelitiche con arricchimenti in marne argillose e sequenze di litotipi intensamente tettonizzati prevalentemente argillitici.

Il settore centro meridionale orientale, che presenta l'indice di franosità relativo maggiore del territorio comunale, è costituito in netta prevalenza delle litozone argillitiche ed argillose delle Formazioni Pre Flysch delle Unità Liguri.

Gli accumuli gravitativi di maggior estensione e spessore si rinvengono nel settore nord occidentale in sponda settentrionale del fosso dei Monzati tra Ca Frollina e M.no delle Suore, in destra del Rio della Ghiaia tra lo stesso e Pianellini – Lamizzi – La Civetta – Ca Bentini, nella zona settentrionale occidentale tra Fosso dei Contadini/strada Molino del Balone – Basabue – Torre – Cà Selvatica – Ca Farinelli.

Simili caratteristiche con presenza di imponenti accumuli di frana quiescente si rinvengono nella zona settentrionale centrale tra Cogni di Sotto – M.no Spugne – Strada Monte – M. Castello Rio delle Rovine – Fronte del Merlo.

La maggior diffusione di processi di dissesto si rinviene nella parte centro meridionale orientale, a sud del T. Vergatello, dove si riscontrano gli accumuli di frana di maggior dimensione classificati in evoluzione quali quelli tra Ca dei Coni – Berleda e Serra del Gatto – Cà dell'Anitra, il versante a sud ed est della strada di Castelnuovo ed a nord della stessa tra gli

allineamenti Ca Nova – Serra di Gatto – Polzano e l'allineamento Cà Pescar – Castelnuovo – Casone – Ca del Fabbro.

Le campiture rappresentate da depositi di versante sl, eluvio – colluviali sono presenti nella zona settentrionale del territorio comunale tra Tolè e Palazzetto delle Suore, e nella piana tra Lacore della Scuola – Caponara e nella fascia estesa con andamento sub parallelo alle Sp Valli del Lavino.

Detti depositi nella zona di Tolè costituiscono un altipiano e nelle zone più a sud: Locore della Scuola – sP. Valle del Laviano, formano superfici che in rapporto alle loro quote ed altezze di incisione, conformazioni, sono con tutta probabilità correlabili ad ambiente di tipo periglaciale.

La minor conservazione di equivalenti depositi nei territori ad oriente indica un probabile maggior sollevamento relativo di questi ultimi zone nella fase post wurmiana.

Le coperture detritiche presenti nel territorio comunale, hanno spessori variabili mediamente compresi tra 2/3 e 5/7 m per quanto riguarda i depositi eluvio colluviali, di 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 orientale del territorio comunale, estesa sud nord con andamento assecondante quello del F. Reno, è costituita da depositi alluvionali terrazzati di diversi ordini.

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 Vergato, 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 Vergato e ad un probabile più accentuato sollevamento relativo delle fasce di territorio a nord del confine comunale di detto comune: zona tra Marzabotto e Sasso Marconi.

Analoghi depositi, di estensione relativa inferiore sono presenti fascia centrale del territorio, in corrispondenza del T. Vergatello, nel quale gli spessori sono generalmente compresi tra 2 e 5 m.

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

7.1.2. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEL TERRENO

I settori di territorio di Vergato 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:

- 29 prospezioni geofisiche a rifrazione passiva/attiva, con antenna monodimensionale, (ReMi/MASW) con lunghezza di stendimento di 46 - 69 m;
- 50 Verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori (HVSR).

Tali indagini geofisiche unitamente a quelle precedentemente effettuate da AA/VV, 2 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 formano 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
$0,5<F_0<1$	
$1<F_0<2$	
$2 < F_0 \leq 3$	$A<2$
$3 < F_0 \leq 5$	$2,0 < A < 3,0$
$5 < F_0 \leq 10$	$3,0 < A \leq 5,0$
$10 < F_0 \leq 15$	
$15 < F_0 \leq 19$	

Dette associazioni sono state riportate nella "Carte delle Frequenze Naturali del Terreno" Tav. 1.6; le misure sono state identificate tramite 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 mostrano un comportamento di risposta sismica non del tutto omogeneo. Per le medesime formazioni coesistono valori di frequenza ed ampiezza spesso notevolmente 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 Post Budigalina (PAT) sostanzialmente arenitiche, indicano medi – medio bassi risentimenti dal punto di vista sismico evidenziati da frequenze di risonanza f_0 = 3/5 Hz con ampiezze A = 2.5/3.5 e localmente A = 6/9.

Analoghe risposte sismiche denotano anche le arenarie epiliguri post burdigaliane (LOI) con valori medi compresi tra f_0 = 3/5 Hz, A = 3: simili risentimenti evidenziano le litozone marnoso siltose – marnose ed argillitiche (CTG-ANT-MVT) delle sopra indicate successioni, contraddistinte da valori medi f_0 = 3/3.5 Hz, A = 3/3.4.

Le formazioni arenaceo pelitiche ed argillitiche dell'Unità Subligure di Cosogno (ARB-AVN) denotano prevalentemente medio bassi – medi risentimenti evidenziati da f_0 = 1.5/2 Hz ed A = 2/3.

Le alternanze areaceo pelitiche e calcareo marnose liguri dell'Unità Monghidoro (MOH-MOV) indicano gradi di risentimento sismico medi – medio elevati con valori medi f_0 = 8-11 Hz ed A = 3.5/4.

Le litozone prevalentemente argillitico – argillose liguri dell'unità LEO (APA-AVT-AVTa) evidenziano generalmente medio bassi – medi risentimenti sismici con valori di solito compresi tra f_0 = 2 – 2.5 Hz, A = 2/2.5.

Le zone nelle quali sono presenti coperture detritiche, indipendentemente dal tipo di substrato litologico, evidenziano in genere grado di risentimento sismico medi – medio elevati con f_0 = 4/6/13 Hz ed A = 2/3/4; le aree con presenza di frane indicano risentimenti medi – medio elevati, tendenzialmente maggiori negli accumuli di scivolamento – complesso, contraddistinti da f_0= 3.5/4/6 Hz ed A = 3/3.5; tali valori appaiono leggermente inferiori per le frane di scivolamento in blocco e colata caratterizzate da f_0=2.2/3 Hz ed A = 2/3.

Gli areali con presenza di depositi alluvionali (AES8/8a) indicano generalmente medio bassi – medi risentimenti sismici: f_0 = 2/3/4 Hz ed A = 2/2.5 con eccezione del settore di terrazzo meridionale centrale nello sviluppo Riola, nella zona prossima all'asse ferroviario, con substrato arenaceo pelitico nella quale si è riscontrato f_0 = 8 Hz ed A = 2.

Le ampiezze relative maggiori: 3/5 si rinvengono nelle zone arenaceo pelitiche – calcareo marnose di Riola e marnoso siltose, marnose, argillose di Cereglio; simili ampiezze, con valori

leggermente inferiori 2/3 ÷3/5, denotano le litozone argillitiche – arenaceo pelitiche affioranti nell'area di Tolè.

Le zone prevalentemente argillitico argillose evidenziano in genere ampiezze inferiori ad A = 2/3.

7.1.3. 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 di tipo lineare ed antenna monodimensionale (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 Vs > 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 a della Regione Emilia Romagna, in particolare le carte topografiche di dettaglio, il modello digitale del terreno e la banca dati geologica del territorio comunale, carta delle frane, resi 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, 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 fratturata / detensionata, con spessori variabili tra 5 ÷ 8 e 10 ÷ 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 nelle 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 rigidezza 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 rigidezza, definendo i tipi di risposta sismica dei siti con metodo semplificato (Allegato A2 –DAL 112/2007).

In funzione di quanto esposto nel territorio di Vergato, 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 Vs < 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 del presente studio 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 subpianeggiante 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 10 (e conoide alluvionale di legenda) secondo quanto indicato dai testi di riferimento indicati 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 di legenda, quiescenti: FR2, aree con presenza di substrato rigido molto fratturato: Z0, fasce interessate da deformazioni connesse a faglie: suscettibili di cedimenti differenziali, 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 di 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);**

studi richiesti: indagini per caratterizzare Vs; in caso Vs > 800m/s, nessuna ulteriore indagine; in caso Vs_{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 Vs < 800 m/sec: zone 1-2-3-4-5;**

effetti attesi: amplificazione per effetti della stratigrafica;

studi richiesti: Valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche litologico stratigrafiche;

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

Classe 3 - **Aree con presenza di depositi alluvionali: zone 6-7-11; conoidi: zona 12;**

effetti attesi: amplificazione per effetti litologico stratigrafici, cedimenti, per densificazione, addensamento di sottili strati limoso sabbiosi;

studi richiesti: valutazione amplificazione, stima dei cedimenti addensamento in presenza di materiali a caratteristiche geotecniche scadenti;

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 – addensamento; in presenza di valli strette e spessori non costanti dei depositi alluvionali, terzo livello di approfondimento.

Classe 4 - **Aree con presenza di depositi detritici: zone 8-10; eolici zona 9**;

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, cedimenti, densificazione, spostamenti;

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 per verifica dell' amplificazione litostratigrafica, al riscontro di strati compressibili e/o presenza di depositi con spessori variabili lateralmente, terzo livello di approfondimento per stima dei cedimenti, densificazione.

Classe 5 - **Aree suscettibili di amplificazione per effetti della topografia (versanti con acclività >15°)**;
effetti attesi: amplificazione stratigrafica e per effetti della topografia, instabilità dei versanti;
studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione topografico e indagini per caratterizzare Vs; in caso Vs_{30} > 800 m/s è richiesta la sola valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche topografiche (come classe 1); in caso Vs_{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 1 ÷ 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.

7 - **Aree potenzialmente instabili interessate da deformazioni legate a faglia: zone suscettibili di cedimenti differenziali, aree con presenza di substrato molto fratturato: ZO; zone con pendenza dei versanti superiore a 50°, zone potenzialmente instabili perimetrate 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 rigidezza 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 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 Vs_{30}<800 m/s, in fase di pianificazione comunale 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 costante, per la microzonazione sismica è sufficiente il secondo livello di approfondimento; nel caso in cui lo spessore delle coperture non sia orizzontale o sia a pronunciato grado di variabilità laterale, 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, nelle aree individuate nelle Tav 2C IV-V: carte aree suscettibili di effetti locali della variante in materia di riduzione del rischio sismico del PTCP. BO, come:

- Aree soggette a cedimenti;
- Aree stabili e potenzialmente instabili;

qualora si prevedano interventi sul territorio e/o 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. 1.1.1b).

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 relativi inferiori, di grado molto basso - basso nelle litozone prevalentemente arenitico – arenacee; effetti di grado medio basso – basso, caratterizzano le unità litotecniche ad alternanze arenaceo pelitiche – calcareo marnose, marnoso siltose/siltoso arenacee; le litozone principalmente argilloso – argillitiche denotano un risentimento sismico di medio grado e nel territorio di Vergato indicano effetti dell'azione sismica inferiori rispetto alle analoghe unità presenti nei territori adiacenti più ad ovest.

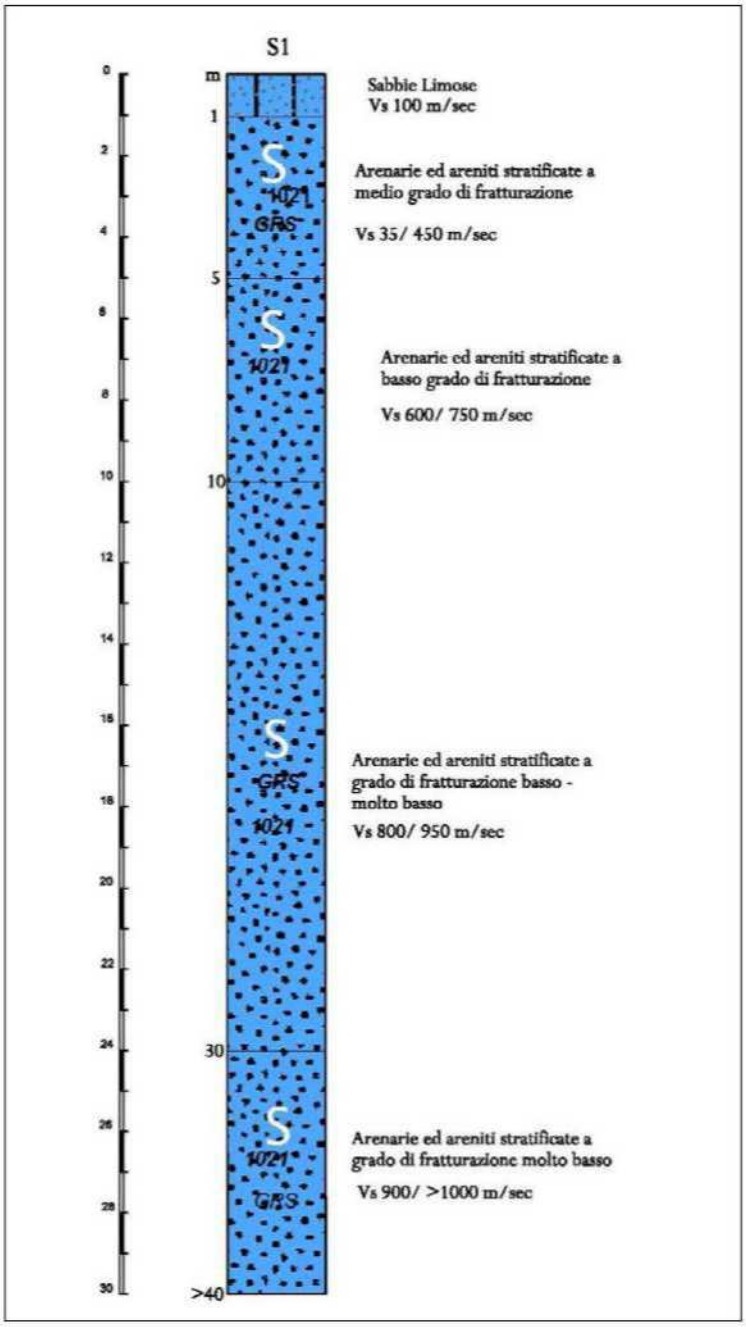
Le alternanze pelitico arenacee prevalentemente pelitiche e litozone a brecce argillose evidenziano, risentimenti di intensità media – medio elevata.

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, che raggiungono grado medio elevato – elevato nei depositi limosi – limoso sabbioso eolici.

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 litotipi presenti nel territorio di Vergato, principalmente costituiti da argilliti – argille – marne argillose, indicano risentimenti sismici prevalentemente di grado medio. Fanno eccezione le fasce centro settentrionale orientale formate da rocce prevalentemente arenitiche con effetti di risposta sismica di bassa intensità.

Nelle aree dove sono presenti depositi alluvionali, di conoide alluvionale e depositi di versante, generalmente si riscontrano risentimenti sismici di intensità relativa maggiore di grado medio elevato – medio, ed assumono grado medio elevato in presenza dei depositi eolici limosi – limoso sabbioso argillosi.



Depositi eluviali sabbioso limosi, di spessore molto basso, su substrato arenaceo - arenitico stratificato, consistente, a comportamento rigido, Vs > 750/800 m/sec

Effetti attesi: assenza di potenziali effetti locali.

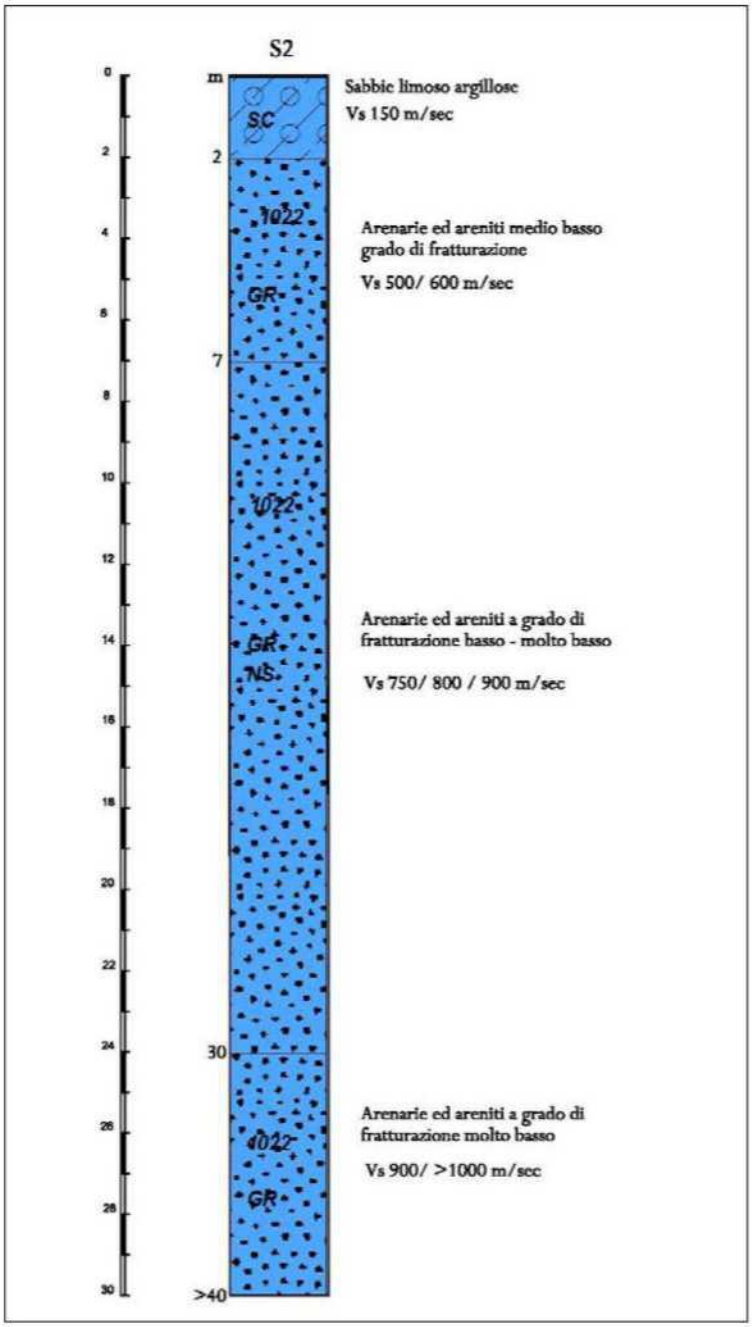
Studi richiesti: indagini per caratterizzazione del Vs30.

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

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

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

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



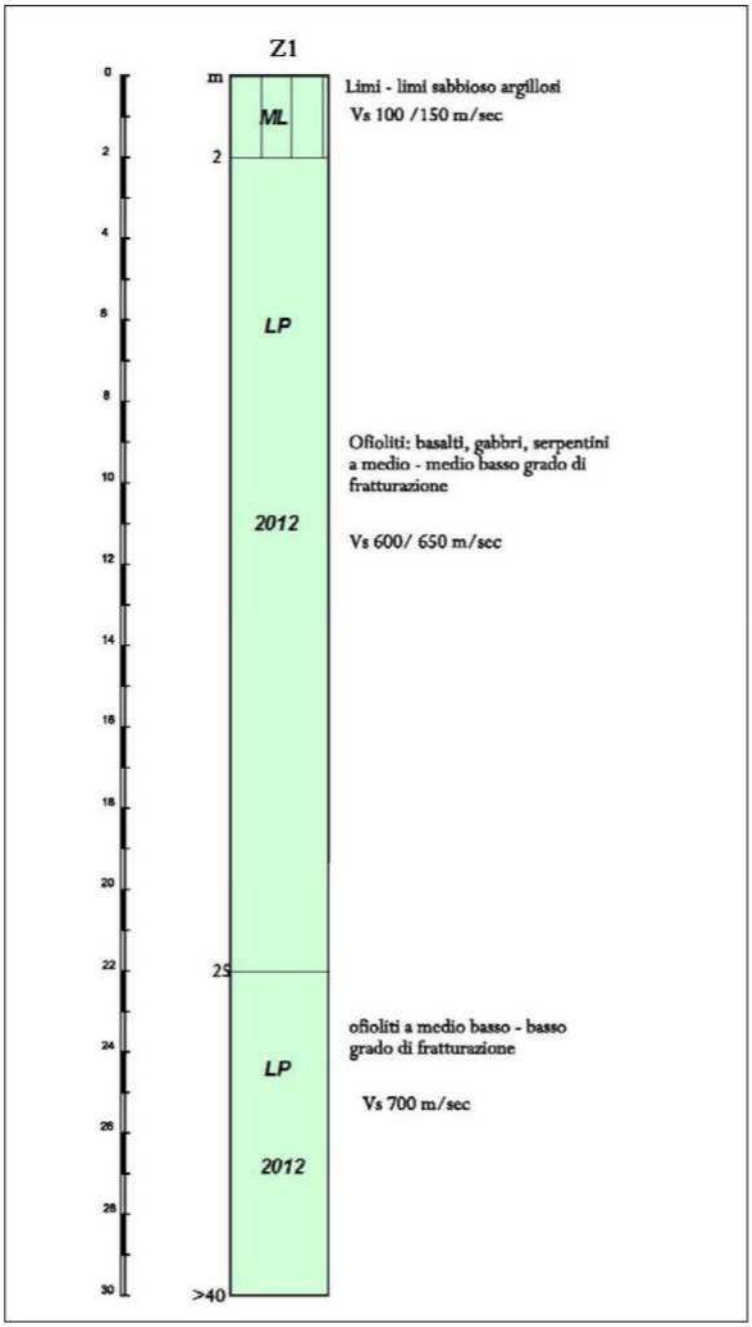
Depositi eluvio colluviali, sabbioso limoso argillosi, di modesto spessore, su substrato arenaceo - arenitico non stratificato, consistente, a comportamento rigido, con Vs > 750/800/900 m/sec

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 ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1-1,05**
FA.IS 0,1-0,5 sec: **1 - 1,04**
FA.IS 0,5-1,0 sec: **1 - 1,04**



Depositi eluvio colluviali, limosi - limoso argilloso sabbiosi, di modesto spessore, su substrato ofiolitico: basalti - gabbri - serpentini, non stratificati, consistenti, a comportamento non rigido, con Vs < 600/700 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

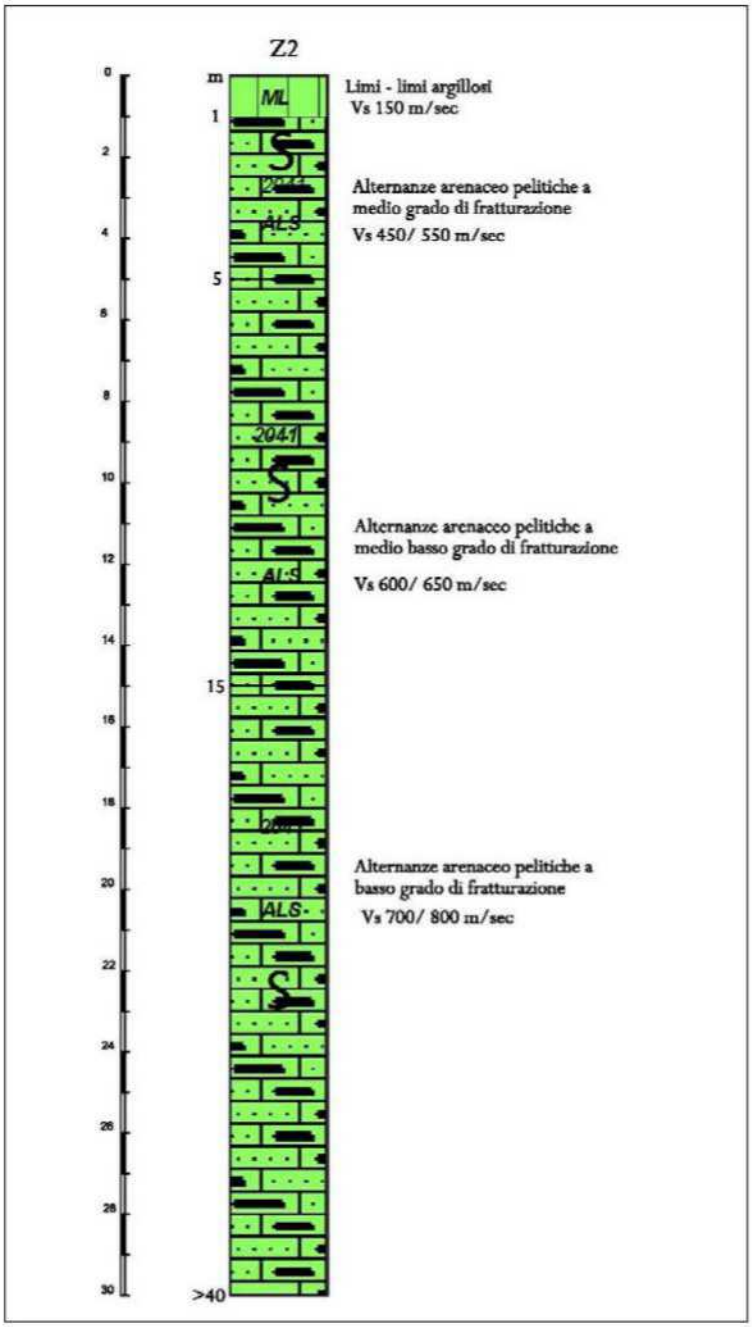
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

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

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

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



Depositi eluviali, limoso argillosi, di spessore molto basso, su substrato ad alternanze arenaceo pelitiche, consistenti, a comportamento non rigido con Vs < 600/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

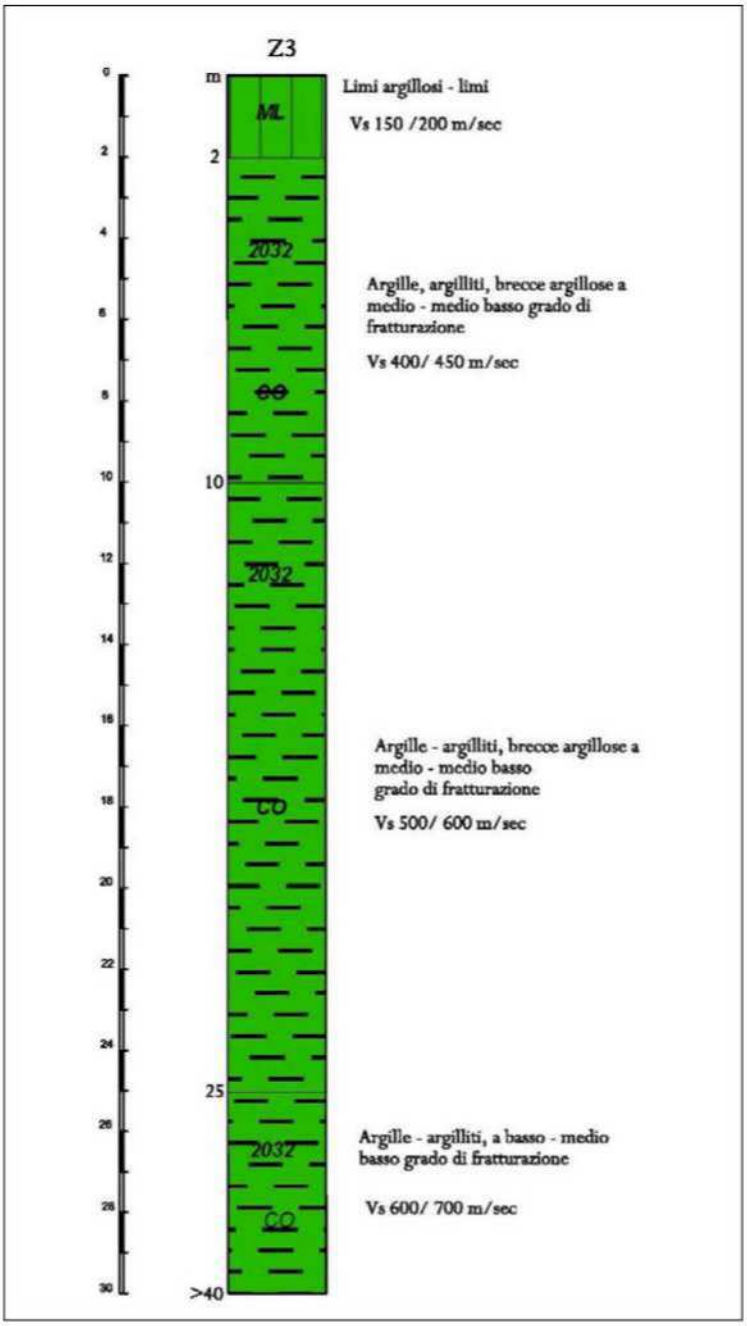
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,4-1,6**

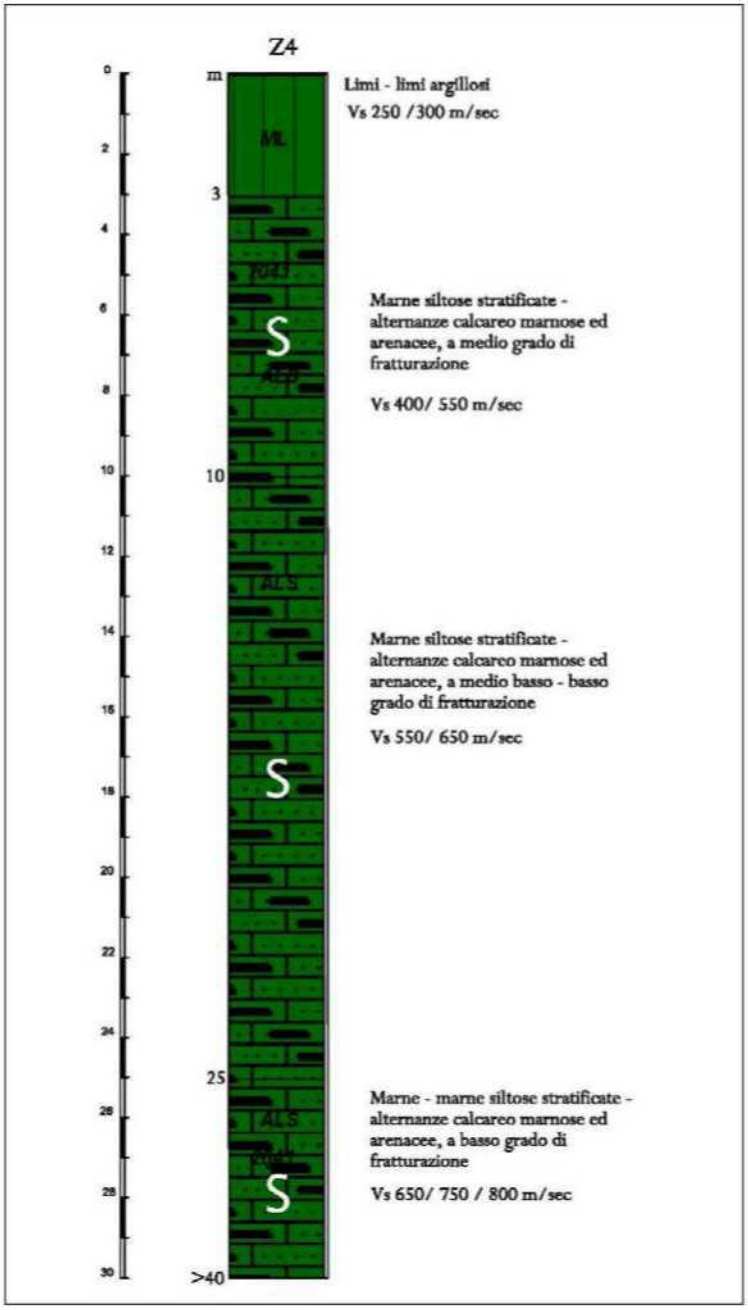
FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,5 - 1,7**

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



Depositi eluvio colluviali, di modesto spessore, su substrato argilloso - argillitico - a brecce argillose non stratificato, a medio elevato grado di consistenza, a comportamento non rigido, con Vs < 600/700 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 ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,4-1,7**
FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,4 - 1,8**
FA.IS 0,5-1,0 sec: **1,3 - 1,7**



Depositi eluvio colluviali, limoso argillosi, di modesto spessore, su substrato arenaceo - arenitico stratificato, consistente, a comportamento non rigido/rigido, con Vs ≥ 750/800 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

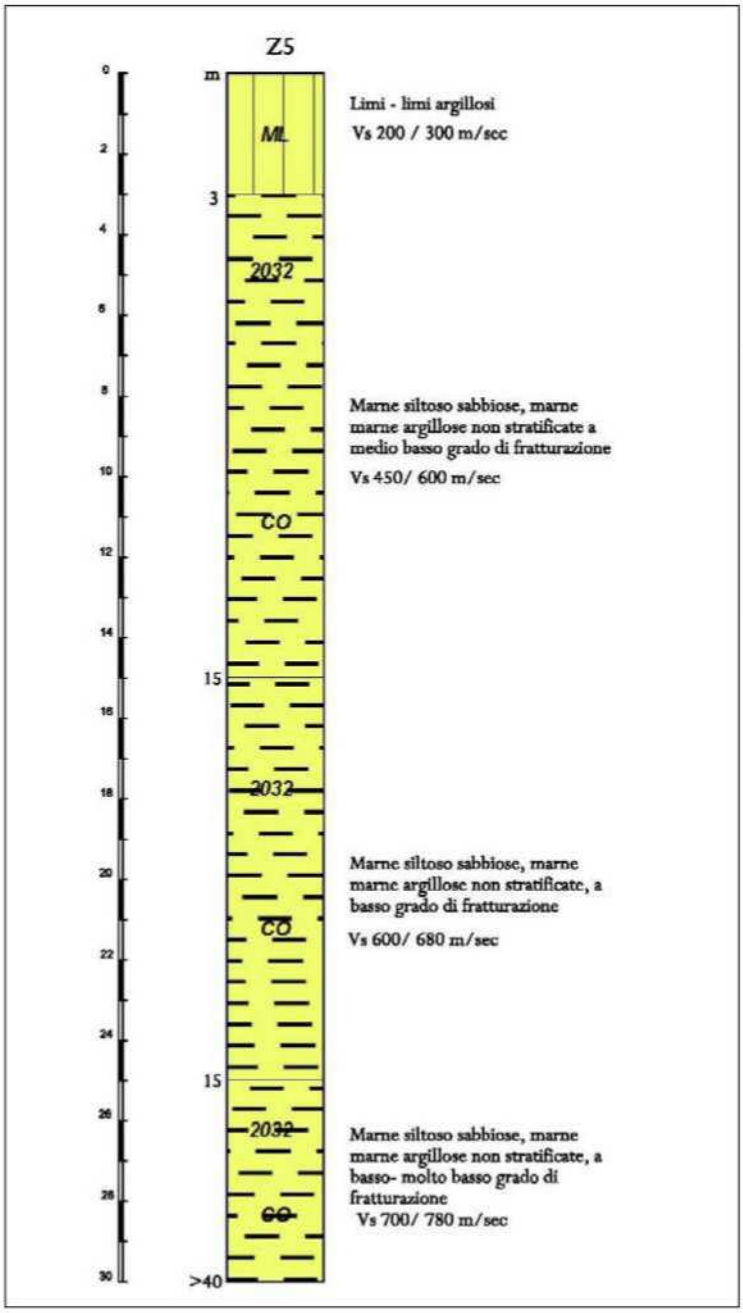
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

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

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

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



Depositi eluvio colluviali, limosi - limoso argillosi, di modesto spessore, su substrato marnoso siltoso sabbioso - marnoso argilloso, non stratificato, consistente, a comportamento non rigido, con Vs < 600/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

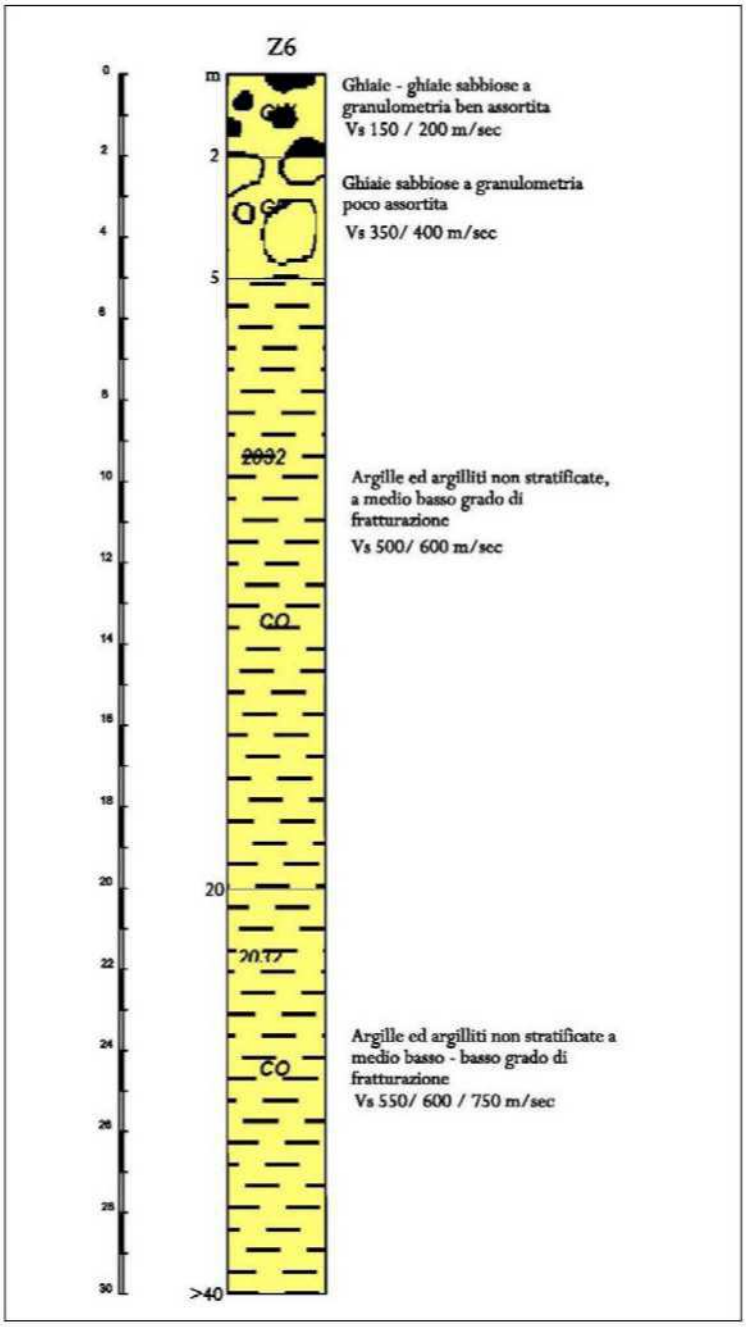
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,2-1,5**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,2 - 1,4**

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



Depositi alluvionali ghiaiosi – ghiaioso sabbiosi a granulometria ben assortita, con spessore da 2 a 5 m, su substrato marnoso siltoso sabbioso - marnoso argilloso, non stratificato, consistente, a comportamento non rigido, con Vs < 600/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

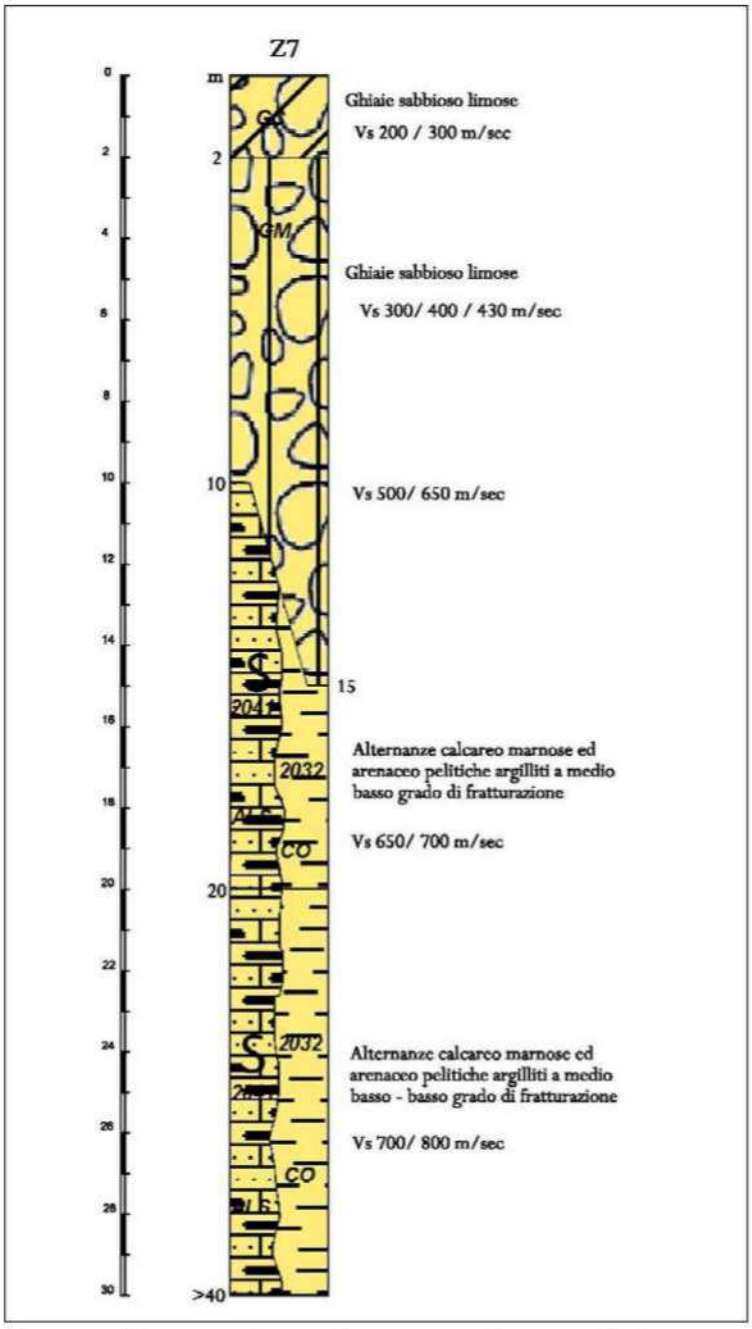
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

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

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

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



Depositi alluvionali ghiaiosi - ghiaioso sabbioso limosi, su substrato ad alternanze calcareo marnose ed arenaceo pelitiche, argillitico - argilloso, consistenti, a comportamento non rigido, con Vs < 650/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

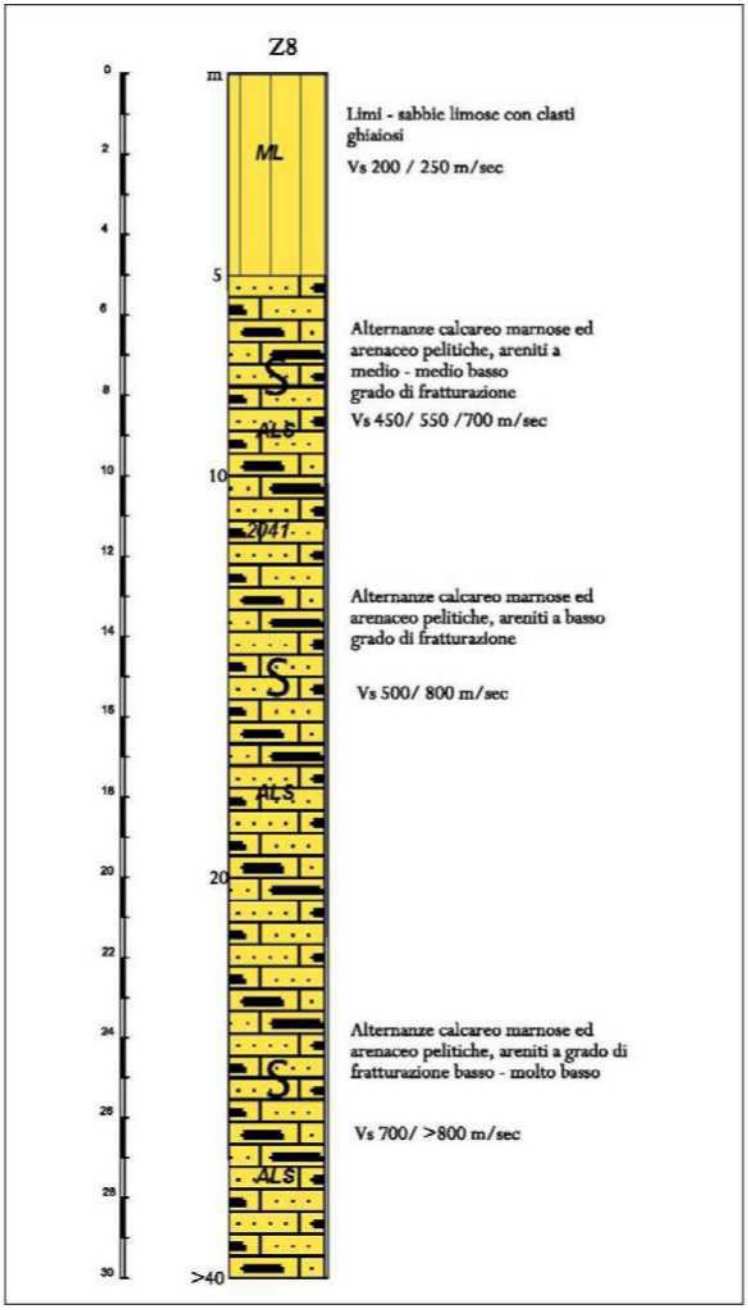
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,3-1,7**

FA.IS 0,1-0,5 sec: **1,4 - 1,7**

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



Depositi di versante eluvio - colluviali, limoso sabbioso argillosi, con spessori di 5 m, su substrato ad alternanze calcareo marnose, arenaceo pelitiche, arenitico non stratificato, consistente, a comportamento non rigido, Vs < 600/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

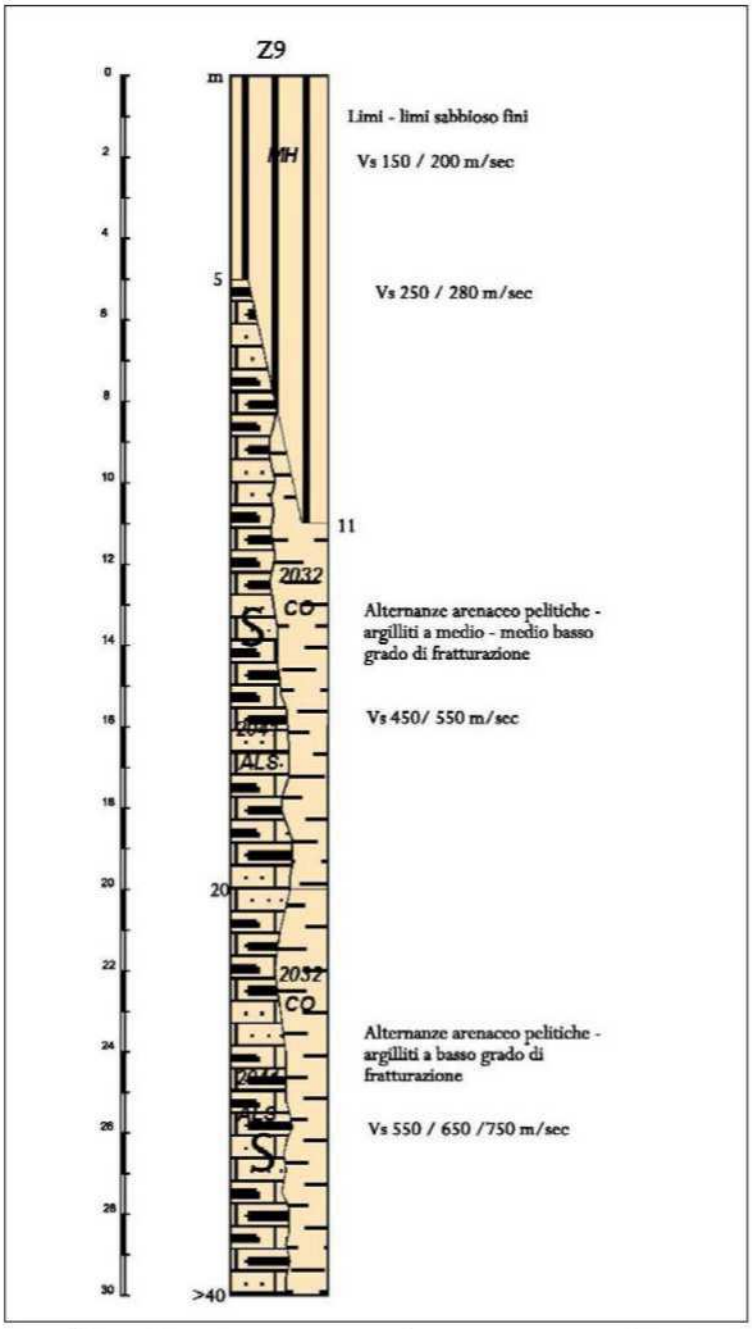
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,3 - 1,7**

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

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



Depositi eolici limosi - sabbioso limosi con spessori da 5 a 11 m, su substrato ad alternanze arenaceo pelitiche - argillitiche, consistenti, a comportamento non rigido,Vs < 550/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

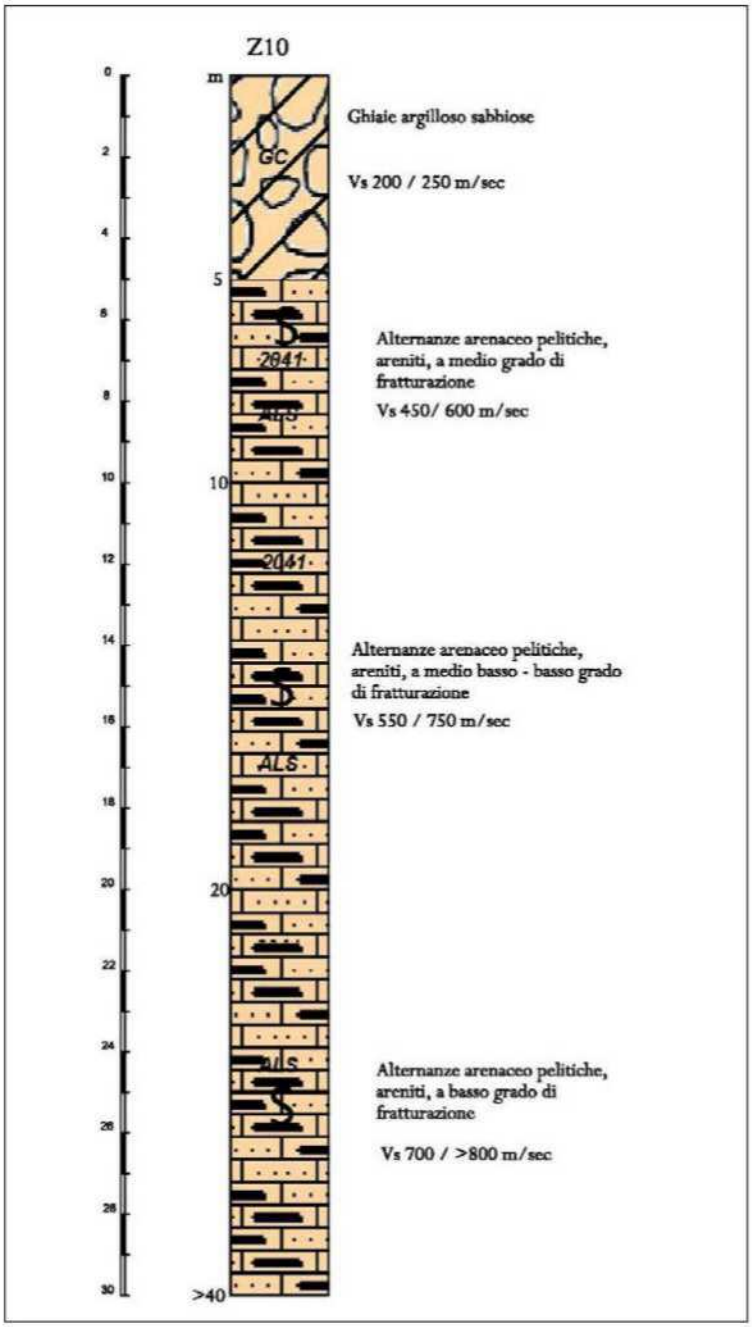
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,7-1,9**

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

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1,4 - 1,7**



Depositi di versante ghiaioso sabbioso limosi, con spessori di 5 m, su substrato ad alternanze arenaceo pelitiche - arenitiche, consistenti, a comportamento non rigido, Vs < 600/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

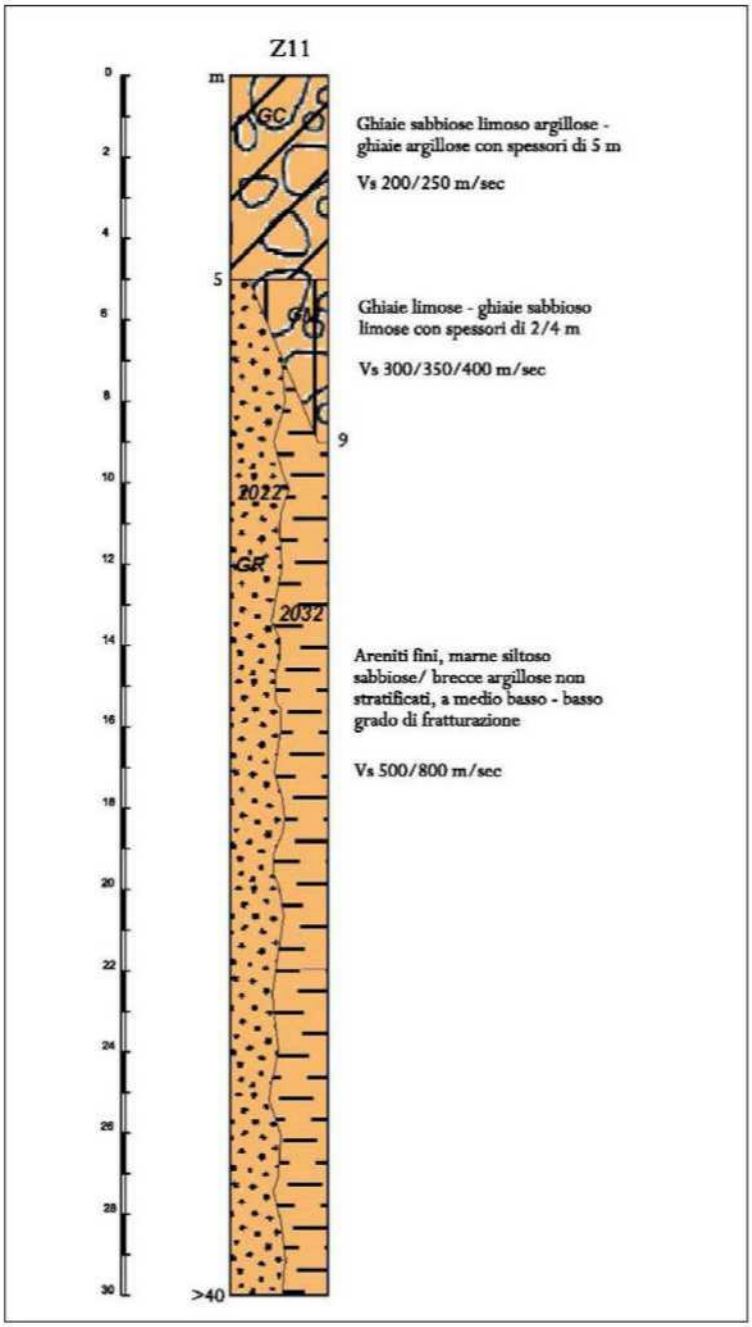
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

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

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

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



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.

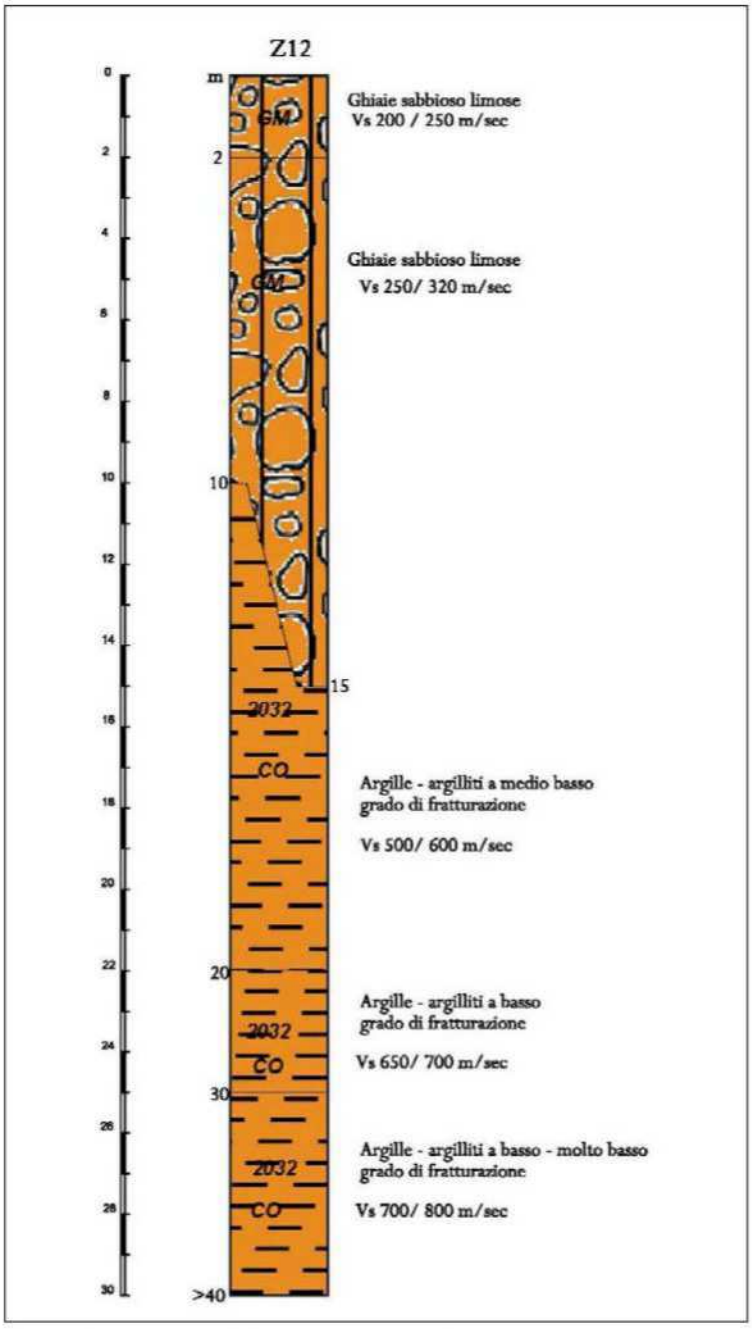
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

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

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

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



Depositi di conoide alluvionale ghiaioso sabbiosi - ghiaioso sabbioso limosi, su substrato argillitico, consistente, a comportamento non rigido,con Vs < 650/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

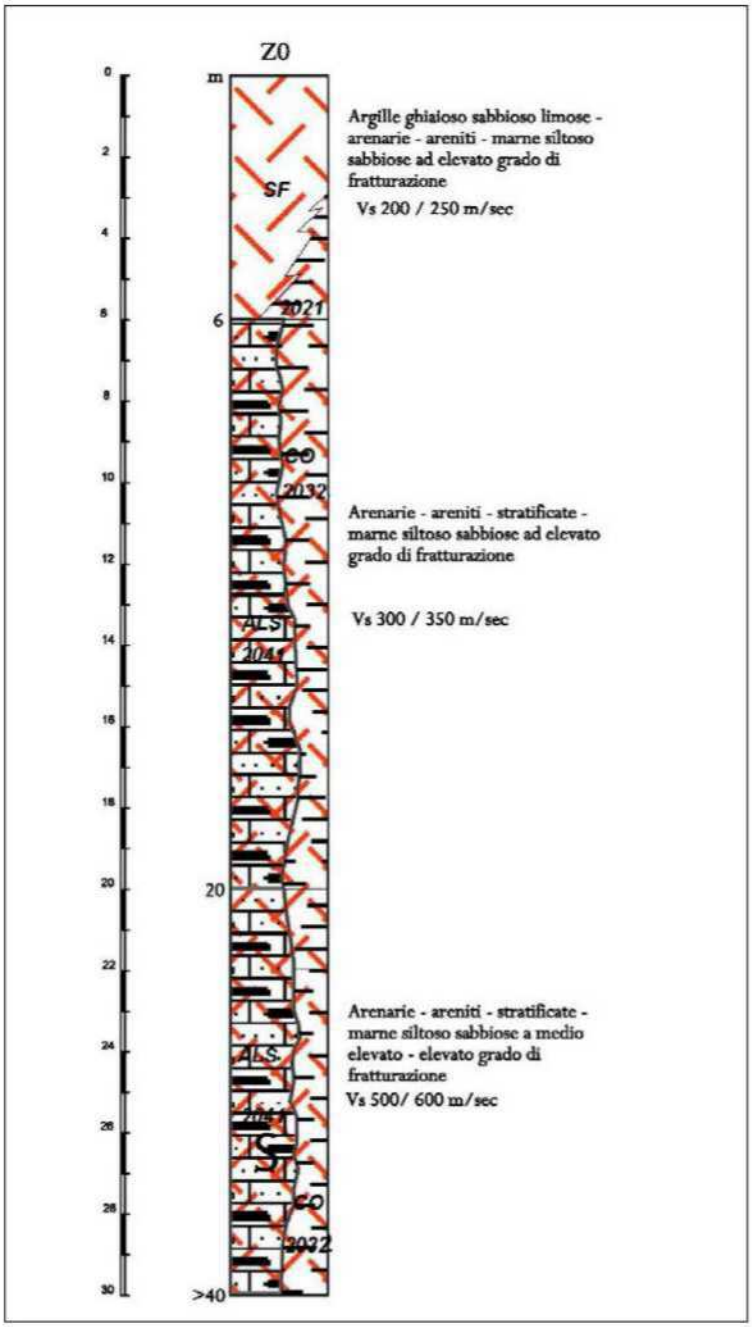
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,6 - 1,8**

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

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



Depositi di versante argilloso ghiaioso sabbioso limosi, con spessori da 2 a 6 m, su substrato arenaceo - arenitico, marnoso siltoso sabbioso, intensamente fratturato, a comportamento non rigido,con Vs < 300/500 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.

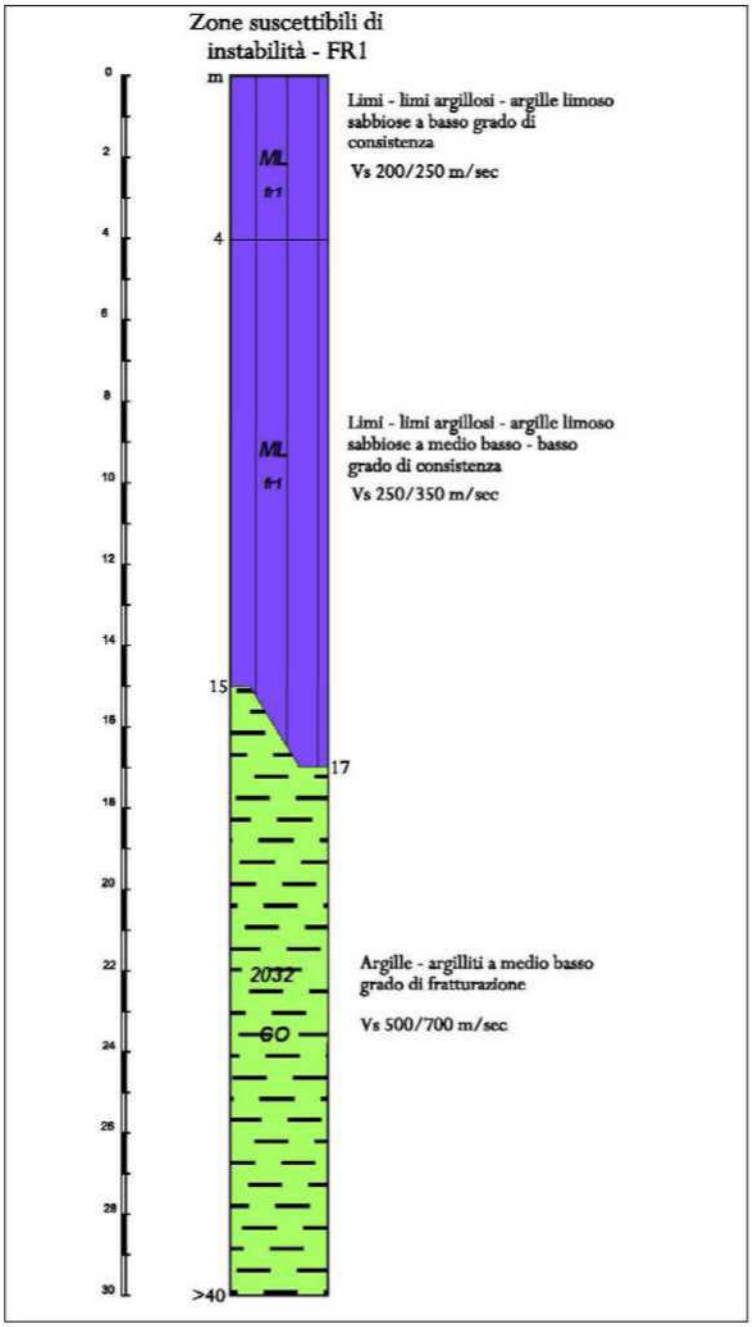
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello, nei casi di pendenza ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

FA.PGA: **1,7 - 1,9/2,3**

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

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1,3 - 1,8/2,4**



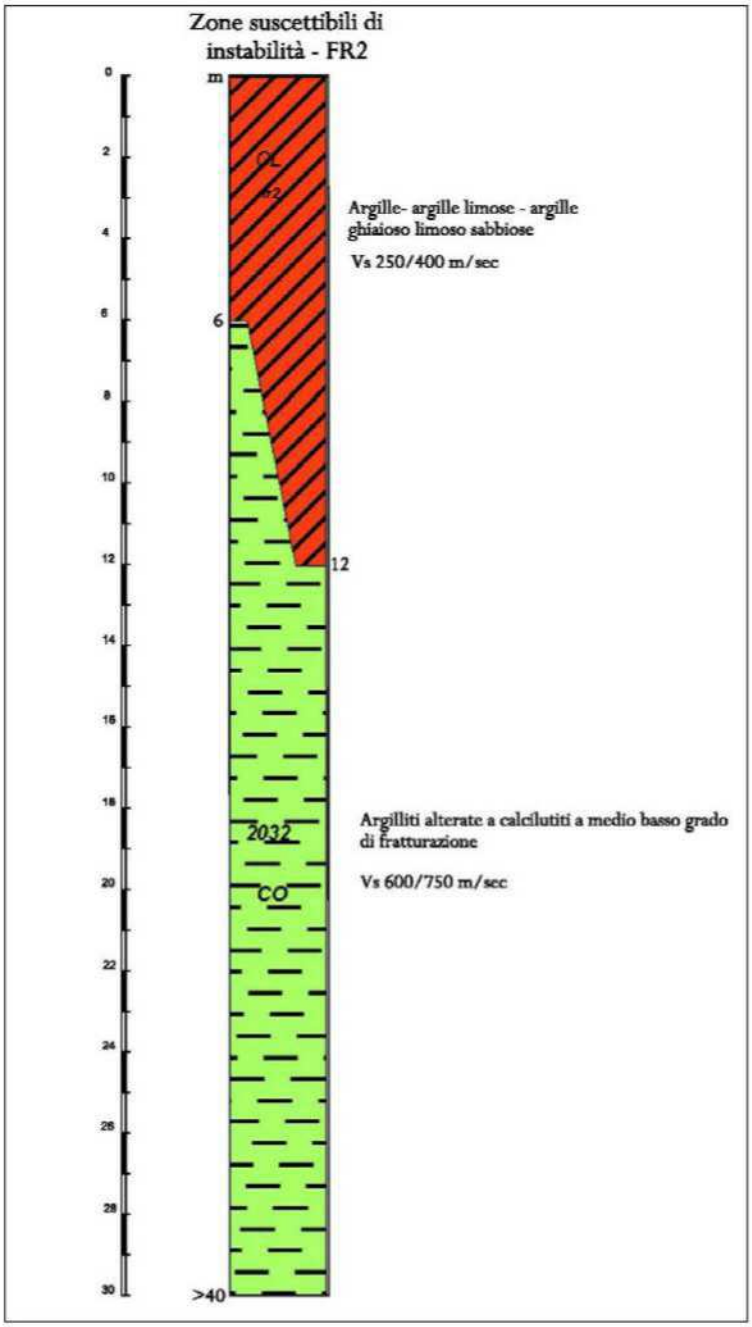
Accumuli di frana attivi, per scivolamento o complessi, con spessori di 10/15/17 m, su substrato argillitico consistente a comportamento non rigido,Vs = 500/700 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litologico stratigrafiche e variazione laterale del grado di rigidezza, 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 ≥15° 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 - 1,6**



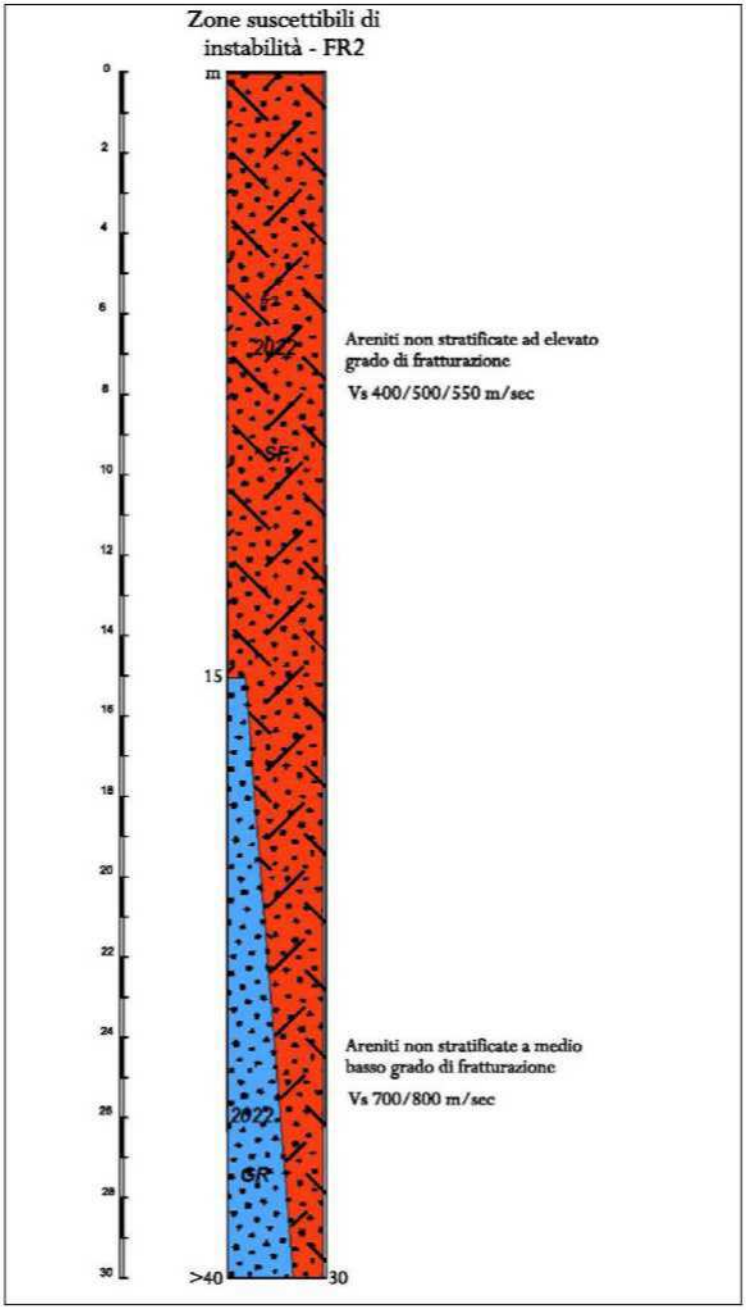
Accumuli di frana quiesciente complessa o colata, con spessori di 6/12 m, su substrato argillitico - calcilutitico a comportamento non rigido,Vs = 600/750 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litologico stratigrafiche e variazione laterale del grado di rigidezza, 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 ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

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



Accumuli di frana quiesciente complessa per scivolamento in blocco, con spessori di 15/30 m, su substrato arenitico consistente, a comportamento non rigido/rigido,Vs = 700/800/850 m/sec

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

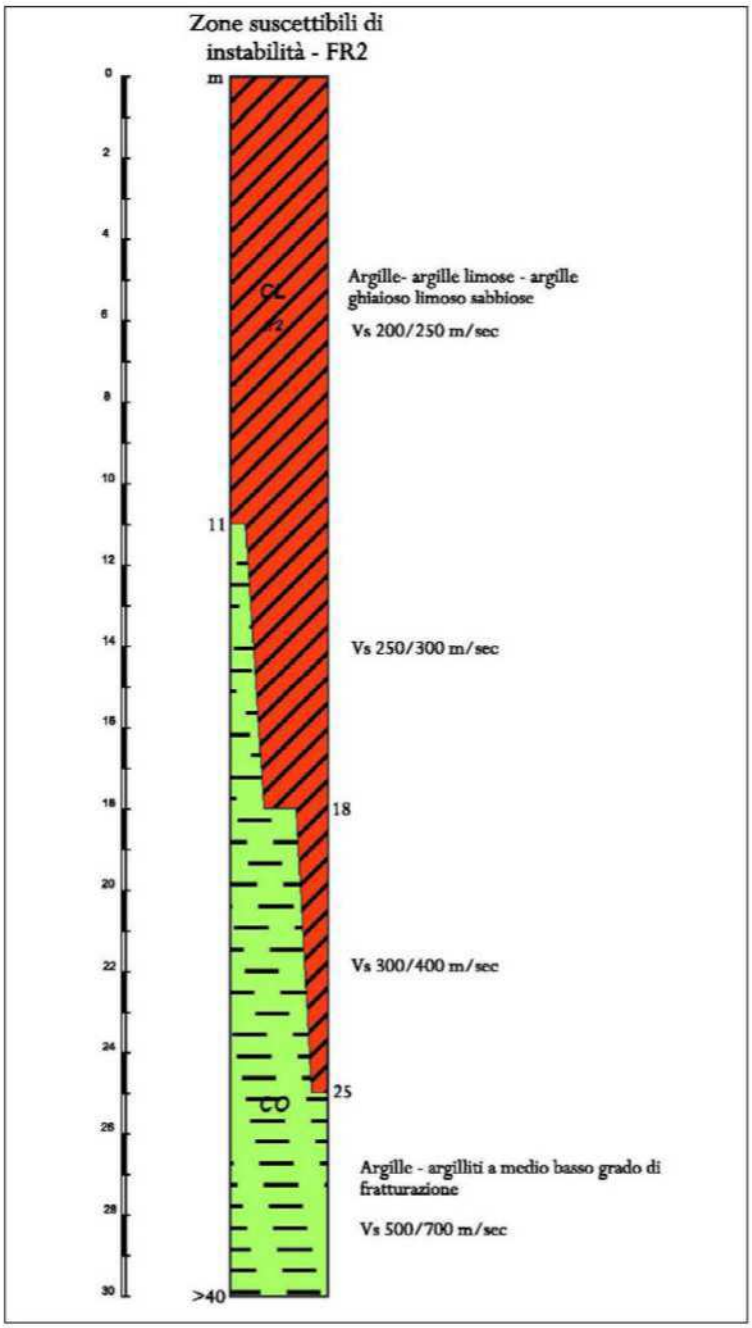
Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione litostratigrafico, valutazione del grado di stabilità in condizioni statiche e dinamiche con metodo pseudostatico o dinamico.

Microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello; nei casi di pendenza ≥15° 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: **1,4 - 1,5**



Accumuli di frana quiesciente di scivolamento - complessi, con spessori di 11/20/25 m, di colata, su substrato argillitico consistente, a comportamento non rigido,Vs = 500/700 m/sec

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litologico stratigrafiche e variazione laterale del grado di rigidezza, 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 ≥15° valutazione dell'amplificazione per effetti della topografia.

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

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

FA.IS 0,5-1,0 sec: **1,4 - 1,7**

7.2. SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo livello di approfondimento prevede la conferma e l'eventuale modifica delle delimitazioni 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 (Tr = 475 anni; $\zeta = 5\%$).

Contestualmente alla classificazione del territorio con analisi di risposta sismica con metodo semplificato di secondo livello, detta 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

Tale elaborato visualizza l'ubicazione esclusivamente 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 (Tav.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 (Vs), Tav. 1.7, 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 substrato a comportamento rigido (bedrock sismico) con Vs>800 m/sec o di pronunciata variazione dei valori di Vs tra il primo e secondo sismostrato rapportati anche allo spessore e continuità verticale dei valori di Vs che caratterizzano la seconda unità litotecnica.

Sono riportati oltre ai valori di Vs 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 di superficie.

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

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

- Horizontal to Vertical Spectral Ratio: HVSR, in rapporto ad indagini geognostiche - sondaggi meccanici prossimi, prospezioni Re.Mi/MASW coincidenti o prossime.

In riferimento ai valori di velocità Vs 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 = Vs4H).

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 VsH.

In generale le elaborazioni delle acquisizioni effettuate hanno evidenziato:

Terreni di copertura:

- Depositi di versante sl (a3, a4, a6)
  Vs = 220 ÷ 250 m/sec;
- Accumuli di frana
  (a2b, a2d, a2g, a2d) spessori 5/10 ÷ 15/20 m
  Vs = 200/250 ÷300/350/400 m/sec
  (ah1 – ah2) spessore 5 ÷ 15 m
  Vs = 400 ÷ 500 m sec
- Depositi alluvionali – conoidi alluvionali, spessori: 3/5 ÷ 10/18 m
  Vs = 250/300 ÷ 350/400 m/sec
- Depositi eolici, spessori: 5/10 m
  Vs = 170/250 m/sec

Formazioni Epiliguri:

- Prevalentemente arenaceo pelitiche – arenacee - arenitiche
  Vs= 700 / 750÷>800 m/sec
- Prevalentemente marnose – siltoso – sabbiose – pelitico – arenacee – marnose
  Vs 550/600 ÷680 m/sec
- Prevalentemente argillitiche – marnoso argillose brecce argillose
  Vs= 400/450 ÷ 600 m/sec

Formazioni liguri

- Prevalentemente argillitiche - argillose
  Vs = 500/550 ÷ 600/700 m/sec
- Prevalentemente pelitico arnacee – argilliti con subordinate siltiti – alternanze arenaceo pelitiche
  Vs = 500/550 ÷ 600/700 m/sec

- Prevalentemente calcareo marnose
  Vs = 650 ÷ 750/800 m/sec

Rocce fratturate - detensionate

- Prevalentemente arenacee – arenaceo pelitiche - arenitiche
  Vs = 300/350 ÷ 400/450 m/sec
- Prevalentemente pelitico arenacee - argillitiche
  Vs = 300 ÷ 350/400 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 (Tr = 475 anni; ζ = 5%).

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) calcolati mediante appositi abachi predisposti della Emilia Romagna. Nel caso della MS del comune di Vergato 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 (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 1.8.1-.2-.3-.

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, che individuano il valore del coefficiente di amplificazione, determinato con le procedure previste al punto 2.5.4.2 e relativi abachi, delle Linee Guida II degli ICMS, tali parametri sono stati applicati 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 determiate evidenziano comportamenti di risposta sismica differenziati in rapporto alle

caratteristiche litologiche, tipo di coperture e spessori che ad esse competono, grado di fratturazione del substrato.

Tale diversità si rimarca anche in funzione del grado di rigidezza che contraddistingue il substrato sul quale giacciono le coperture detritiche quaternarie: depositi di versante sl, ed eluvio – colluviali, detriti di falda; analogamente mostrano accentuate differenze in concomitanza degli accumuli di frana con spessori maggiori: 8 / 10 m e depositi di versante con potenze di 5 ÷ 8 ÷ 10 m.

In linea generale le litozone arenitiche della Successione Epiligure (PAT) evidenziano fattori di amplificazione nulli/praticamente trascurabili FA.PGA = 1.0; FA.IS 0.1<T<0.5<T<1.0 sec = 1.0.

Le alternanze arenaceo pelitiche (MOHa) denotano fattori di amplificazione bassi – molto bassi FA.PGA = 1,3; FA.IS. 0,1<T<0,5<T<1,0 sec = 1,0; simili comportamenti a medio – medio basso grado di amplificazione evidenziano le litozone marnoso siltose – siltitico arenacee (CTG), argillitiche (AVN) ed arenacee – arenaceo pelitiche (LOI) contraddistinte da FA.PGA = 1,2; FA.IS. 0,1<T<0,5 sec = 1,2 – 1,3; FA.IS. 0,5<T<1,0 sec = 1,3.

I litotipi arenitici marnoso siltosi (PAT) ed argillitici con alternate calcilutiti (APAa) denotano gradi di risentimento sismico medio: FA.PGA = 1,5; FA.IS. 0,1<T<0,5 sec = 1,4/1,5; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1,4.

Le litozone a brecce argillose (MVT) mostrano gradi di amplificazione medio elevati evidenziati da FA.PGA = 1,7/1,8; FA.IS 0,1<T<0,5 sec = 1,8; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1,5/1,7.

I depositi di versante presentano sensibili differenziazioni del risentimento sismico in rapporto sia ai loro spessori (4-8 m) che tipo di substrato coperto, evidenziano infatti fattori di amplificazione medi – medio elevati quando le formazioni sottostanti sono arenaceo pelitiche (MOHa) o marnoso siltose (CTG) come indicano i valori di FA.PGA = 1,6; FA.IS 0,1<T<0,5 sec = 1,6; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1,4; d'altra parte in presenza di substrati argillitici (AVN) con spessori delle coperture di 5/10 m, o arenaceo pelitici parzialmente detensionati (MOH) si riscontrano amplificazioni di grado medio eleveto – elevato: FA.PGA = 1,9/2,0; FA.IS 0,1<T<0,5 sec 1,7/1,9; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1,4/1,6.

Risposte alla sollecitazione sismica sensibilmente differenziate evidenziano i depositi alluvionali principalmente in rapporto al loro spessore ed in subordine al tipo di substrato litologico; si riscontrano infatti gradi di amplificazione medi: FA.PGA = 1,4; FA.IS. 0,1<T<0,5 sec = 1,1/1,4; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1/1,4 quando gli spessori sono mediamente compresi tra 3/5/7 m, mentre per spessori di 8/10 ÷ 13/18 m si osservano fattori di amplificazione medio elevati: FA.PGA = 1,8; FA.IS. 0,1<T<0,5 sec = 1,7; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1,4.

Risentimenti sismici differenziati denotano gli accumuli di frana in funzione sia tipo substrato coinvolto che del tipo di frana; si riscontrano infatti amplificazioni di grado medio elevato FA.PGA = 1,5/1,8; FA.IS. 0,1<T<0,5 sec = 1,5/1,7; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1,4/1,5 nelle frane di scivolamento in blocco: ah, con spessori di 15 m che coinvolgono formazioni arenitiche (PAT); negli accumuli di tipo complesso, colata, scivolamento che sviluppano in litozone prevalentemente argillitico – argillose (APA) e pelitico arenacee (MOH) con spessori

che variano da 11 ÷ 15/18 ÷ 20 m si riscontrano fattori di amplificazione di grado elevato: FA.PGA = 1,8-1,9/2,0; FA.IS. 0,1<T<0,5 sec = 1,7/1,9; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1,4/1,5.

Fattori di amplificazione elevati contraddistinguono le zone interessate da deformazioni che hanno indotto medio elevati gradi di fratturazione e/o fasce di faglia, che mostrano FA.PGA = 1,9/2,3; FA.IS. 0,1<T<0,5 sec = 2,2/2,3; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1,6/1,8 ÷ 2,4.

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 la fascia meridionale di Tolè con FA.PGA = 1,0; i settori nord occidentali centro orientali, orientali, centro occidentali di Riola (escluse le fasce di faglia) di Cereglio, nord occidentali e settentrionali centrali di Tolè, sono contraddistinti da fattori di amplificazione medio bassi FA.PGA = 1,2 – 1,3; risentimenti sismici di medio grado indicano la fascia in sponda meridionale del T. Vergatello nel settore capoluogo e la zona produttiva sud est (Cà dell'Anitra) dello stesso, l'area di terrazzo alluvionale tra Rio la Vecchia ed il F. Reno, caratterizzate da FA.PGA=1,4; effetti di amplificazione medi – medio elevati FA.PGA=1,5/1,6, contraddistinguono i versanti argillitici a nord e sud del T. Vergatello e ad ovest del F. Reno nell'urbanizzato del capoluogo, i versanti settentrionali ed orientali della frazione di Cereglio, centrale settentrionale di Tolè, fascia centro meridionale di Riola circa tra la Quiete e Castagnoli.

Risentimenti sismici di grado medio elevato FA.PGA = 1,8 caratterizzano le fasce di terrazzo alluvionale del capoluogo in destra F. Reno e sinistra del T. Vergatello, quelle latistanti la sponda settentrionale di detto fiume nella zona sud ovest di Riola e nord est della stessa; effetti di amplificazioni medio elevati FA.PGA=1,9 – 2,0 contraddistinguono la fascia centrale e zona nord orientale di Tolè, l'area centro meridionale di Cereglio, parti del settore orientale di Riola.

I valori dei fattori di amplificazione più elevati si riscontrano nelle fasce a sviluppo prevalentemente lineare interessate da fratturazione di Tolè, Cereglio, Riola, con FA.PGA = 2,0 ÷ 2,3.

Comportamenti simili si evidenziano per quanto riguarda i campi dei fattori di amplificazione di intensità sismica nell'intervallo FA.IS 0,1<T<0,5 sec, che indicano assenza di amplificazione nel settore meridionale di Riola con FA.IS = 1,0.

Effetti di amplificazione medi FA.IS = 1,3 – 1,4 contraddistinguono i versanti in destra e sinistra del T. Vergatello ed in sinistra F. Reno nell'urbanizzato del capoluogo, parti della fascia settentrionale di Tolè, zona nord orientale di Riola.

Risentimenti di grado medio elevato caratterizzano le fasce di terrazzo alluvionale in sinistra F. Reno e sponda settentrionale del T. Vergatello nell'urbanizzato del capoluogo, fascia centrale – centro settentrionale di Tolè, escluso le zone di faglia, settore centro meridionale di Cereglio, fascia sud occidentale e parti della zona centro orientale – orientale di Riola, nei quali FA.IS = 1,7/1,8.

Effetti di amplificazione di grado elevato contraddistinguono la zona nord est di Tolè e la fascia centro settentrionale occidentale della stessa, dove FA.IS = 1,9.

Le fasce a sviluppo prevalentemente lineare interessate da fratturazione, di Tolè, Cereglio, Riola, evidenziano valori dei fattori di amplificazione elevati: FA.IS = 2,3/1,9.

Analoghe distribuzioni territoriali denotano i fattori di amplificazione nell'intervallo FA.IS 0,5<T<1,0 sec, si osserva infatti assenza di effetti di amplificazione nel settore meridionale di Tolè e fascia settentrionale centro occidentale e parte dell'area centro orientale di Riola con FA.IS = 1,0.

Risentimenti sismici di medio grado FA.IS = 1,4/1,3 caratterizzano i versanti a sud e a nord del T. Vergatello, ad ovest del F. Reno ed i terrazzi alluvionali in sponda occidentale dello stesso nell'urbanizzato del capoluogo, la fascia centro meridionale di Tolè e parti di quella settentrionale, i versanti a sud ed a nord di Cereglio, fasce meridionali e parti delle zone centro orientali e zona orientale di Riola, ad eccezione per tutte e tre le frazioni delle fasce di faglia.

Effetti medi dell'amplificazione FA.IS = 1,5/1,6 contraddistinguono la zona nord orientale e parte della fascia centro settentrionale di Tolè, il settore meridionale di Cereglio in prossimità di casa cantoniera.

Le fasce ad intenso grado di fratturazione a sviluppo lineare, di Tolè, Cereglio, zona nord di Riola, sono caratterizzate da medio elevati – elevati fattori di amplificazione FA.IS = 1,6/1,8 ÷ 2,4.

7.3. Risentimenti sismici - 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 le più comuni strutture a telaio in cls 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, quelle oltre 5/6 piani e fabbricati industriali con altezze maggiori di 8 m sotto trve, 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 informazioni sulle tipologie e distribuzioni dei dati e pertanto non effettuabile il confronto con le analisi e valutazioni di microzone sviluppate.

Da queste ultime si evince che gli effetti dello scuotimento si sono manifestati principalmente con amplificazioni per effetti della stratigrafia. In rapporto ai dati forniti dalle verticali a stazione singola HVSR, evidenziano ampiezze generalmente di 3 – 4, nelle alternanze arenaceo pelitiche e marnoso calcaree dell'unità di Monghidoro indicano che in tali formazioni gli effetti dello scuotimento si possono manifestare in modo più accentuato.

Per quanto riguarda l'intensità dell'amplificazione i risentimenti più pronunciati contraddistinguono i depositi eolici limosi – limoso sabbioso argillosi che coprono il substrato argillitico.

Analogo comportamento, di intensità relativa poco inferiore ma comunque medio elevata, caratterizzano i depositi alluvionali con spessori di 7/10 ÷ 15 m che rivestono substrati argillitico – argillosi o ad alternanze pelitico arenacee.

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 Vergato e dei centri e località insediate: Cereglio, Riola, Tolè, Mulinello, Ospedale di Sopra, Malpasso**, 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 1:5.000.

---

[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).

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 0.1-05 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 il 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 Vs; in caso Vs >= 800m/s, nessuna ulteriore indagine; in caso Vs < 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 Vs < 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 >= 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 >= 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-b_1);
- 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 >= 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 rigidezza 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 (f0)"* 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.BETTELLI, 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.BETTELLI, M.PIZZIOLO.

NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 236 PAVULLO NEL FRIGNNO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di F.PANINI, G.BETTELLI, 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 potezialità 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 respondse 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.ingv.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/

AGI, 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 Castelnovo 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 trrough geoelettric prospection, Atti 4th European Congress en 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 Creataceous 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. Tecnophysics.

ENI (1972) - Acque dolci sotterranee - ENI

AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padano 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.

M. PANIZZA ET ALII, 1978, Geomorfologia Dell'area Circostante La Pietra Di Bismantova; Servizio Geologico d'Italia, vol. XCVII, C.N.R.

G.P. MAZZETTI, 1978, Geomorfologia della Sinclinale di Carpineti, Tesi non pubblicata, Itituto di Geologia UNIVERSITA DI FERRARA

11. ALLEGATI

ELABORATI DEL QUADRO CONOSCITIVO ALLEGATI AL DOCUMENTO PRELIMINARE DEL PSC

Microzonazione sismica:

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

Allegati.
Indagini geognostiche e geofisiche pregresse
Indagini geofisiche di nuova esecuzione