



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

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

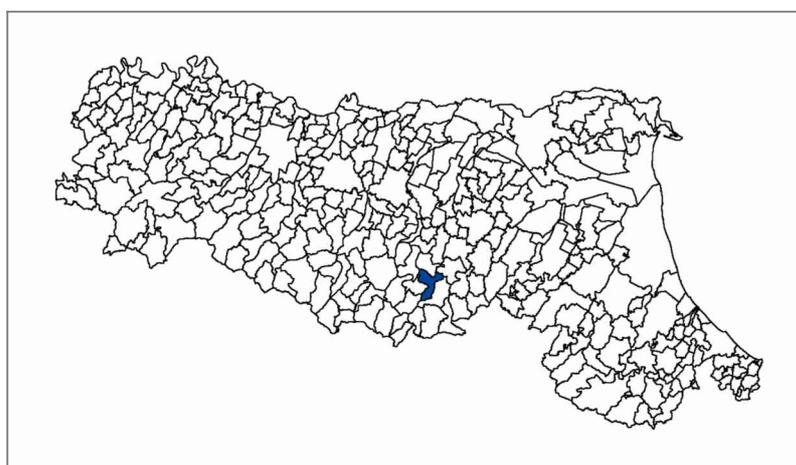
MICROZONAZIONE SISMICA

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 Mzzetti
Elaborazioni GIS:
 Studio Benaglia
 Professionisti associati
 Corrado Ugoletti

Comune di Marzabotto

Sindaco:
 Sandra Focci
Responsabile Settore
Servizi Tecnici:
 Maria di Donato

Data:
 Aprile 2014

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

INTRODUZIONE.....	1
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	13
DEPOSITI CONTINENTALI.....	15
MODELLAZIONE SISMICA.....	17
INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO.....	17
Attività tettonica.....	20
PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	21
Caratteri sismici.....	21
Attività sismica.....	21
INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	27
Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi.....	27
Microtremori con la tecnica HVSr.....	29
<i>CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....</i>	<i>29</i>
PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	29
Carta delle indagini.....	29
Carta Geologico Tecnica.....	30
Carta delle frequenze naturali del terreno.....	32
Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	34
SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	38
Carta delle nuove indagini.....	38
Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	39
Carta dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica.....	40
BIBLIOGRAFIA.....	44

**ELABORATI DEL QUADRO CONOSCITIVO ALLEGATI AL DOCUMENTO PRELIMINARE
DEL PSC**

Microzonazione sismica:

- QC.10.1a.N/E Vergato – Carta geologica nord-est (1:10.000)
- QC.10.1a.N/O Vergato – Carta geologica nord-ovest (1:10.000)
- QC.10.1a.S Vergato – Carta geologica sud (1:10.000)
- QC.10.2a.N/E Vergato – Carta geologico tecnica nord-est (1:10.000)
- QC.10.2a.N/O Vergato – Carta geologico tecnica nord-ovest (1:10.000)
- QC.10.2a.S Vergato – Carta geologico tecnica sud (1:10.000)
- QC.10.3a.N/E Vergato – Carta MOPS nord-est (1:10.000)
- QC.10.3a.N/O Vergato – Carta MOPS nord-ovest (1:10.000)
- QC.10.3a.S Vergato – Carta MOPS sud (1:10.000)
- QC.10.4a.N/E M Vergato – Carta pendenze nord-est (1:10.000)
- QC.10.4a.N/O Vergato – Carta Pendenze nord-ovest (1:10.000)
- QC.10.4a.S Vergato – Carta Pendenze sud (1:10.000)

Sezioni geologiche:

Frequenze naturali dei terreni

Nuove indagini

Velocità delle onde di taglio (Vs)

Fattori di amplificazione: accelerazione di gravità: PGA intensità sismica:

IS $0.1 < T < 0.5$ sec

IS $0.5 < T < 1.0$ sec

Fattori di amplificazione topografica

Allegati:

Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

Indagini geognostiche e geofisiche di nuova esecuzione

INTRODUZIONE

Nel contesto delle analisi per la valutazione del grado di sicurezza, di stabilità e pericolosità sismica del territorio Comunale di Vergato (BO), è stata redatta una disamina di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica, della pericolosità sismica di base – azione sismica, finalizzati alla riduzione del rischio sismico del territorio urbanizzato, di previsto sviluppo e delle fasce interessate dalle principali infrastrutture, 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 l’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 e 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 sopracitate DGR 1302/2012, DAL 112/2007 e “I.C.M.S.” del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Detti elaborati sono propedeutici alla elaborazione del PSC e rappresentano uno strumento utile per indirizzare 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*.

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

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

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

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

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

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

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

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

MONTEPASTORE N° 237020

SASSO MARCONI OVEST N° 237030

BADOLO N° 237040

VEDEGHETO N° 237060

VERGATO N° 237070

VADO N° 237080

RIOVEGGIO N° 237110

Il territorio comunale ha geometria romboidale con lato maggiore al confine orientale, ed è delimitato dai meridiani 669.500 ad ovest, 682.000 ad est e dai paralleli 4906000 a sud e 4917000 a nord.

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi tra 100/150 e 700/720 m slm, le quote relative minori tra 150/250 contraddistinguono la fascia di fondovalle F. Reno mentre quelle che caratterizzano i principali rilievi corrispondono i 711 ÷ 694 m slm di M. Luminasio e M. Radicchio nella zona centro occidentale; 668 ÷ 632 ÷ 613 m slm di Monte sale – M. Caprara – M. Abele nel settore centro meridionale; 708 m srl in corrispondenza della cima a N di Medolla nella zona nord occidentale; 457 – 427 m slm di M. Giovine – M. Baco nel settore nord orientale.

Tali quote collocano il territorio in esame nella fascia collinare, e del medio appennino bolognese, con altitudini medie comprese tra 200/300 nelle fasce di fondovalle e 400/500 ÷ 600/700 nelle aree di versante.

Analizzando l'andamento delle curve di livello si osserva che i terreni hanno altimetrie inferiori nella fascia centrale del territorio estesa sud nord che asseconda l'andamento del F. Reno a nord ed a sud del capoluogo e ad ovest di quest'ultimo nella fascia di fondovalle dalla confluenza dei torrenti Vergato ed Aneva sino all'affluenza al Reno.

Le quote in tali zone sono comprese tra 155 e 190 m slm del confine comunale con Marzabotto e vergato capoluogo, tra 190 e 200 m slm nell'asta del T. Aneva ad ovest di quest'ultimo, tra 190 e 250 m slm tra il capoluogo confine comunale sud.

Tali settori presentano morfologie a blanda pendenza; ed agli stessi appartengono il capoluogo e Riola con quote medie di 250/280 m slm. Gli altri insediamenti urbanizzati si ubicano nella zona nord – occidentale del comune, Cereglio e Tolè, quest'ultima su un alto piano, con quote che si attestano rispettivamente ad altitudini medie di 640 – 650 e 670-680 m slm.

Il territorio di Vergato, suddivisibile in due litozone a caratteristiche nettamente distinte. Quella settentrionale: area a nord M. Pigna – Cereglio – Acquapiana – Capriglia è costituita da rocce prevalentemente arenacee che appartengono alla parte meridionale della placca sinforme di Marzabotto; il settore meridionale, a sud del sopra citato allineamento è formato principalmente da unità argilloso – argillitiche, ad eccezione della fascia occidentale:

ovest di Ca Brilla – Ca Nova – Castel nuovo – Casellina – Cà di Sasso – Cà del Fabbro – Cà Nova – Rio la Veccha.

La presenza di tipi rocciosi grado di erodibilità sensibilmente diverso unitamente agli assetti strutturali, ha determinato aspetti del passaggio a pronunciata differenziazione, tra la sopra descritte litozone; le aree settentrionali e la fascia occidentale meridionale evidenziano morfologie discretamente vivaci correlate alla presenza di 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 $40^\circ \div 50^\circ$ omogeneamente distribuiti in dette zone del territorio. Tali versanti sono tendenzialmente nei nord orientale, zona centro settentrionale occidentale, fascia occidentale, dove i rilievi sono principalmente costituiti da formazioni arenacee e calcaree (zona di Soprasasso) e nelle zone settentrionali arenitiche – marnoso siltose.

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 400/600/700 m slm, era caratterizzato da ambiente morfoclimatico periglaciale.

A quest'ultimo sono correlabili le aree a bassa acclività che si riscontrano nella parte settentrionale occidentale del comune tra Tolè e palazzetto della Suora e tra Le Carte – Lacore della scuola – La Croce – Palazzina.

La zona centro meridionale e meridionale orientale è prevalentemente caratterizzata da morfologie a moderata – bassa acclività, principalmente compresa tra 10° e 20° e minore di 10° in corrispondenza delle fasce sede delle aste fluviali del F.Reno e T.Aneva e Vergatello, correlate alla modesta richiesta delle litozone ivi presenti prevalentemente argilloso a-argillitiche.

Sono inoltre rilevabili aree a bassa acclività connesse alla presenza di accumuli di frana e depositi di versante SL, variante diffusi in tutto il territorio e quelli di maggior estensione si osservano tra Canovetta e Pieve di Rottofreno, tra Chiesa Nuova e Ca de Berti, zone settentrionali; tra Cà Ghiana e Stalla, nei pressi di Cà di Faie nel settore meridionale.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

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

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

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

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

L'area comunale e le zone ad essa circostanti sono geologicamente attribuibili essenzialmente alle Unità Alloctone, Liguri e Subliguri (*Bettelli et alii*), alla Successione Epiligure (*Ricci Lucchi e Ori* 1985; *Battelli et alii*, 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 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 sono rappresentate da locali masse costituite da gabbri, graniti, brecce poligeniche, lembi basaltici o ofiolitici non presenti in piccoli areali nella zona meridionale del territorio di Vergato ad est di Cà di sasso, tra Torricella – Cà Nova – Prati, sud di Ronfamone, 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 liguridi interne, che sono state ulteriormente ripiegate nella seconda fase che ha ancor più riaccurciato le preesistenti strutture. Le fasi liguridi hanno determinato la chiusura del preesistente oceano ligure e con l'impilamento delle successioni dei Domini Liguri si sono generati vari bacini marini minori nei quali si sono depositate le successioni delle sequenze epiligrine.

Gli orizzonti litologici liguri mostrano una deformazione interna molto maggiore rispetto a quanto osservabile nelle formazioni della sovrastante successione epiligrine. 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 epiligrine 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 epiligrine e del margine appenninico sono dislocate da faglie disgiuntive

subverticali con direzione sia appenninica che antiappenninica. L'età di queste strutture 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 strutture 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 determinati per la placca prevalentemente arenacea della successione epiligure di assetto a brachisclinale 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 d.C.)

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) (*Zanclano*)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Areniti arcose 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? – Burdigaliano Inf?*)

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

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

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

LITAZONA 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, siltiti nerastre e calcari marnosi.

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

Arenarie arcose 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.

LITAZONA ARENACEO PELITICA (LOlap) (*Luteziano Terminale – Priaboniano*)

Alternanze arenaceo-pelitiche.

MEMBRO DI RIO GIORDANO (LO11) (*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 LO11 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

SUCCESIONE 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.

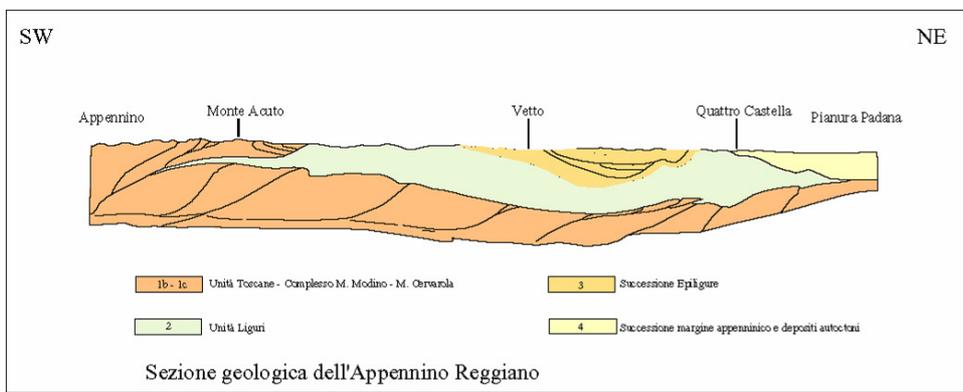
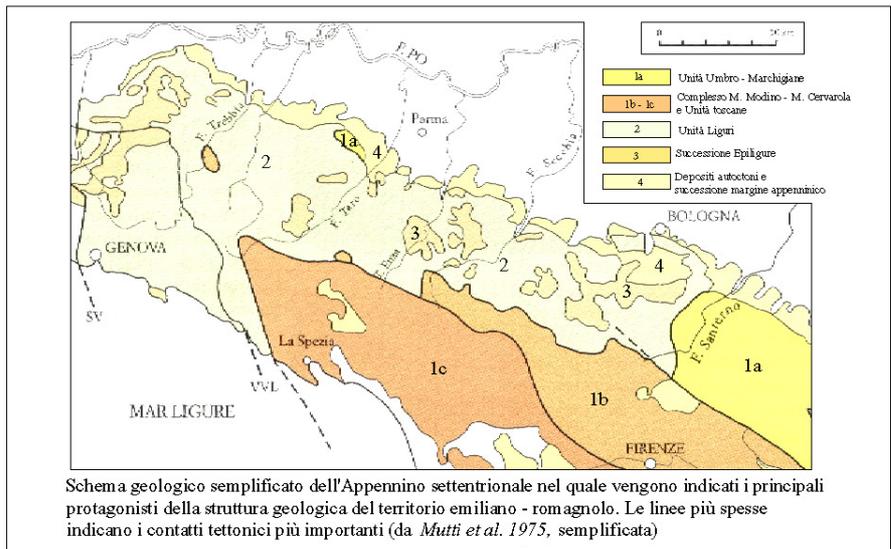
FORMAZIONI PRE-FLYSCH AD ELMINTOIDI

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.



INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio di Vergato appartiene alle fascia del medio appennino 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. Calambetti, 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 Comugnone 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 fascia 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, argille azzurre, che in genere presentano assetti a sinclinali ed anticlinali più o meno asimmetriche con assi a direzione appenninica che costituiscono il lineamento frontale pedappenniniche.

Le morfologie della zona in oggetto presentano aspetti diversi in funzione sia delle caratteristiche litomeccaniche che degli assetti strutturali. Si osserva infatti una netta prevalenza di versanti contraddistinti da pendenze tra $20^\circ \div 40^\circ$ nelle zone settentrionali orientali e centro settentrionali occidentali e sud occidentali costituite da formazioni prevalentemente arenacee e marnoso - siltose, correlate al minor grado di erodibilità delle stesse, rispetto alle litozone argillitico argillose. Queste caratterizzano i settori centrale occidentale e meridionale orientale nei quali le pendenze sono generalmente comprese 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 $8^\circ \div 10^\circ$, attualmente in posizioni morfologiche più rilevate rispetto alle zone ad esse latitanti,

che costituiscono zone ad altipiano 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 Montecastro dove il ripiano morfologico è terrazzato di 100m.

Altro areale con simili caratteristiche morfologico è osservabile 0.8-1.0 km a sud est tale zona tra le Coste – Locare della Scuola – Caprara.

Dette 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 Sevatica – Strada Valgrossa – Cimiterodi 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 microtremiti 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 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 Ca Stesso e Monte Sette Croci e più ad est tra Cà di Ca – Monzone e detto fosso 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 fine 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 lunghezze 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 il 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 argilloso.

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 attivi. Ciò assume un'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, attive e quiescenti diffusi come denota l'indice di franosità territoriale corrispondente all'24 %.

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 vallette 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 superficiale pseudocastica.

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 postwurmiana per le prime e postrissona 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 Vergatello a detto fiume, quale appartiene il capoluogo, sono diffusamente presenti depositi alluvionali terrazzati di terzo e quarto ordine, separati da orli di scarpata con altezze di 10 – 15 m, che centro settentrionali tra Camugnone e Pioppe di Salvaro, nei locali brandelli di ordine superiore (AES7) sono sopraelevati di 90 – 60 – 75 m, confermati 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 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 embricate 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.

MODELLAZIONE SISMICA

INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

Una delle caratteristiche che contraddistinguono i terreni affioranti é la diversità di assetto, stile e comportamento tettonico.

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

Analoghe caratteristiche contraddistinguono la fascia al bordo occidentale meridionale appartenenti alla placca arenaceo 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 Bortolano si rinvencono le argilliti e d argille ed alternanze arenaceo pelitiche dell'unità di Coscogno.

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

I complessi tettonici Liguri, che soggiacciono il ciclo Pliocenico e la Successione Epiligure, presenti nella zona sono suddivisibili nelle quattro unità stratigrafiche strutturali: Unità Tettonica Coscogna, 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 Rio Veggio corrispondenza della fascia di faglie transpressive che costituisce la Linea di Vergato (*F.Panini, 2002*), con corrispondenza del T.Setta, che giustappone le formazioni di Monteverene e di Monghidoro alla successione Epiligure.

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

L'Unità Tettonica Cassio, Sottounità del Panaro, non affiorante nel territorio di Vergato, rinvenibile immediatamente a nord del confine settentrionale occidentale è rappresentata dalle formazioni pre-flysch è costituita dalle Argille a Palombini ed Arenarie di Scabiazza che mediante il sistema di faglie trascorrenti in versante della linea Tolè – M.Bonsara – La Vino, che le giustappongono in direzione sud est all'unità tettonica di Coscogno, 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 e aumentano estensione in direzione nord ovest dove costituiscono la placca arenacea di Marzabotto ed 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 Careglio/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 comprese tra l’allineamento M. Croce – M. Pero – Vergato – Grizzona 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 M. 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 – Ca Venzano – Pioppe di Salvaro – Pian di Venola e più a settentrione tra Sassatello – C. Bergamini e Lama di Reno, ed analoghi direttrici assumono le faglie trascorrenti tra il 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-quadernarie nel territorio comunale sono correlati all’attività del Lineamento Frontale Appenninico costituito da una complessa struttura a superfici di thrust 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 neotettoniche

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 Pitiglione – Rocca di Roffeno – Ca Briosi (Tolè) – Goccia – Savigno, evidenziata da selle, gomiti fluvio torrentintizi, 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 Speticano, rinvenibile tra Vergato e Lama di Reno, nella zona nord orientale 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 carbonaticameso-cenozoica, sovrascorrimento di importanza regionale orientato ovest sud ovest – est nord est nella 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 riattive

6. Faglie dirette ad andamento ovest nord ovest – est sud est da Camasina a Casetto, trasversale ristretto alle principali linee trascorrenti.
7. Faglia diretta orientata sud est – nord ovest circa da Oreglia di Sotto a Serreto – Ca 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. Bonsare – Lavino e Linea S.Prospiero – Rio Gavignano.

10. Faglia diretta a direzione sud ovest – nord est, adiacente al confine 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.

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 riattivati, quali le lineazioni orientate ovest sud ovest – est nord est nella zona settentrionale orientale del comune nella zona compresa tra La Linea di Luminasio e Linea di Sperticano, circa tra Lama di Reno – Sirano e Pian di Venola – Lama di Setta.

Altre faglie riattivate, orientate sud ovest nord est ed ovest est, sono individuate 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 Ca Gualdi, le trascorrenti a direttrice sud ovest nord est al bordo occidentale settentrionale dell'area comunale, da Ca Briossi a Vedrizia – M. Nonascoso – Gavignano.

La carta sismotettonica R.E.R. evidenzia epicentri sismici con magnitudo: $5 < M < 5,5$ 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 estende 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 nella quale si sono verificati epicentri sismici con $M > 5,5 - 6$.

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.

PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

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, a_g , relativi all'area di pertinenza del settore di territorio in esame, in base alla griglia dell'NTC 14/01/2008, sono congruenti con quelli delle classificazioni sopra esposte.

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 $M = 5,5 \div 6$.

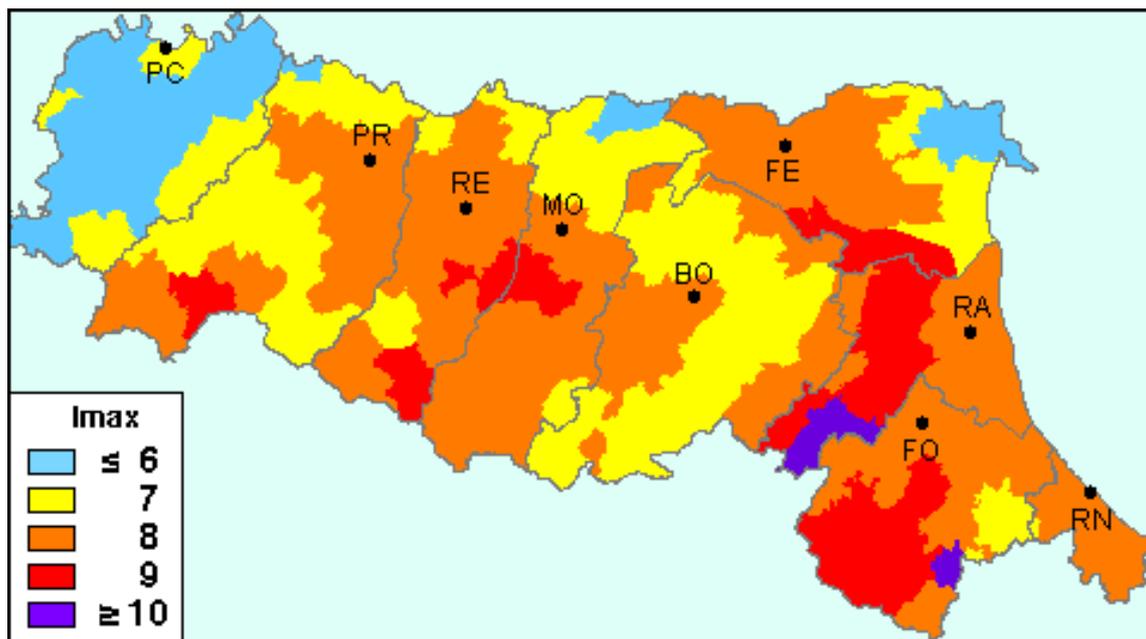
La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. attribuisce il territorio in oggetto alla zona sismogenetica 913 (Meletti e Valensise, 2004; <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>).

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

T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c (s)
475	0.160	2.536	0.296

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 giungenti all'8° grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg, con magnitudo compresa tra $M = 5,4 \div 5,8$.



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

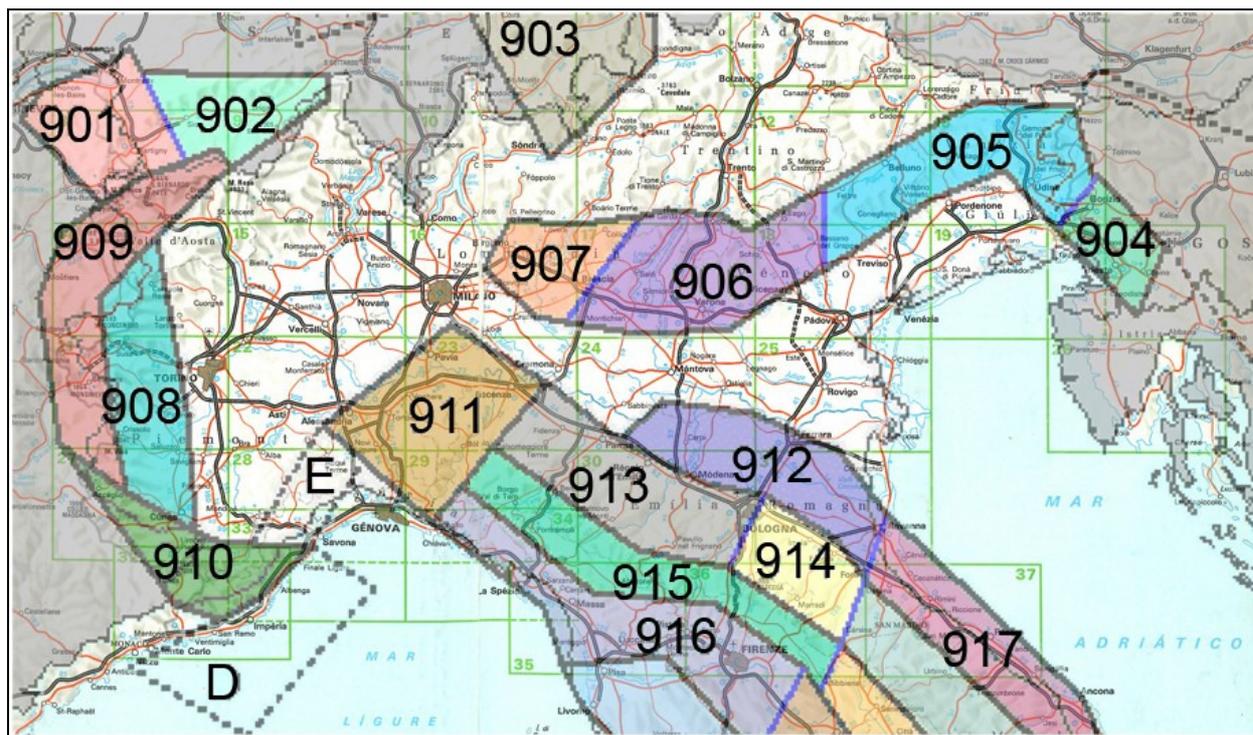
I valori di a_g elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS (2004) pubblicati in Appendici della Protezione Civile, INGV Milano – Roma dello 08-09/2006, attribuiscono, alle fasce territoriali a cui appartiene il territorio di Vergato, BO, valori dell'accelerazione di picco ag attesa su suolo di riferimento (categoria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

$$\alpha_{gref} = 0,160 \text{ g}$$

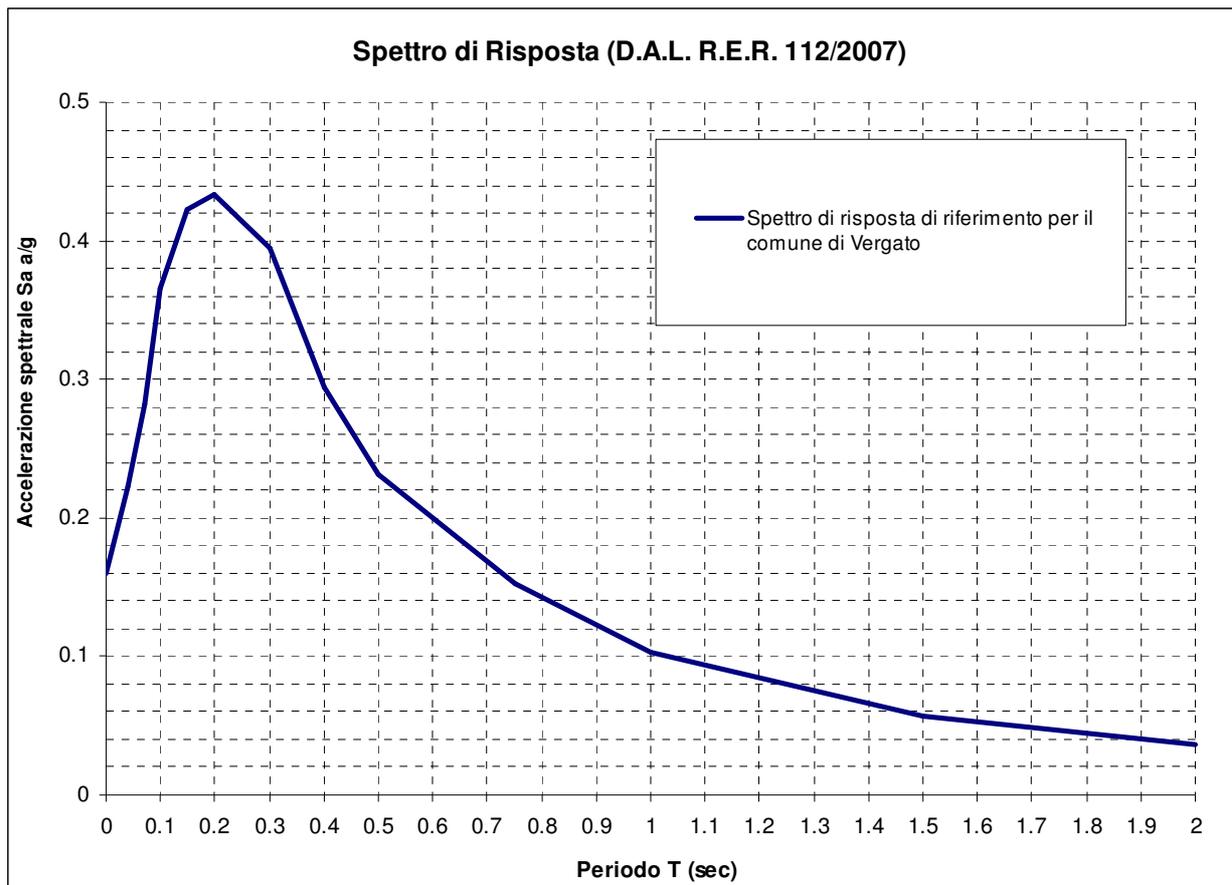


Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

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.



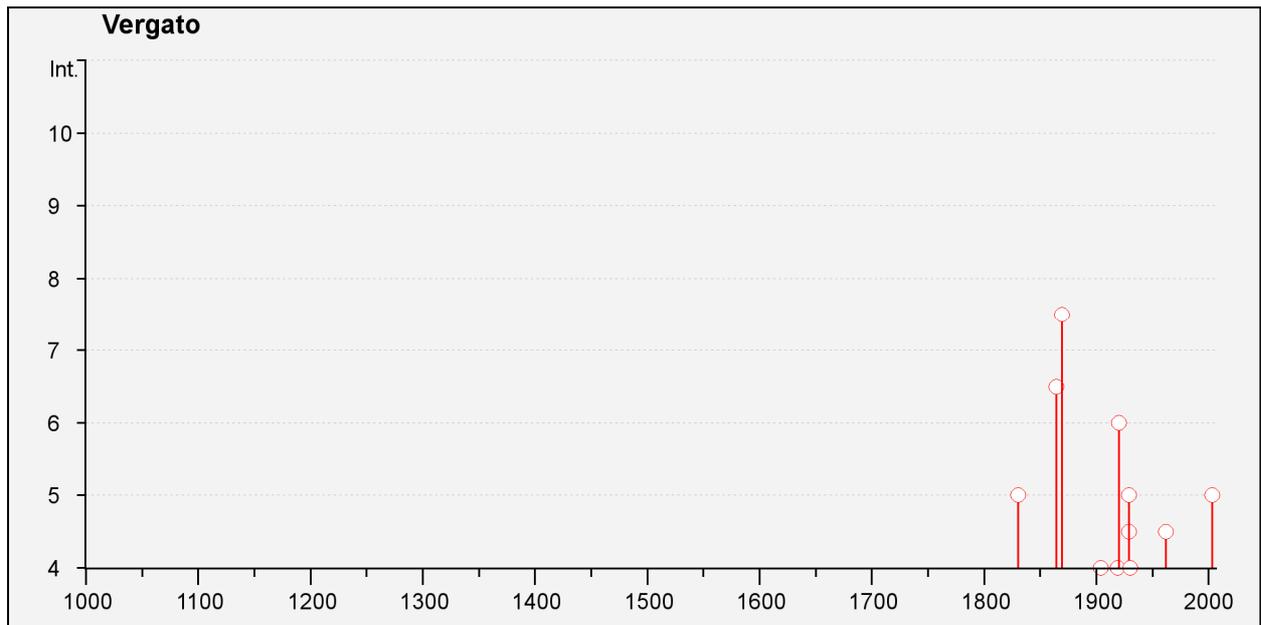
In riferimento a tale spettro, in funzione dei valori di VHS che competono alle unità litostratigrafiche che costituiscono le varie parti del territorio comunale, sono stati determinate le amplificazioni in superficie, in funzione dei valori dei fattori di amplificazione, di intensità sismica: FA IS, 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, determinati mediante elaborazioni con idoneo 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

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
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
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	Monteveglia	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	Frignana	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*

INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

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

Dette indagini, eseguite in numero 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 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 Vs di alcuni tipi di roccia in condizioni di substrato litologico affiorante.

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 rigidità dei terreni.

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

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

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

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 a partire da un modello di V_s 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 V_s 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.

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

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

L'elaborazione HVSR dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nelle 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.

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Carta delle indagini

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, Ambiente ed 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 ambiti sede dell'urbanizzato a di prevedibile nuova urbanizzazione, sono stati anche esaminati tipi litologici non direttamente interessati dalle sopra descritte destinazioni, ma in siti con presenza di roccia affiorante, per caratterizzare unità rocciose di substrato non presenti direttamente o coperte da sensibili spessori di depositi detritici negli ambiti urbanizzati e di nuovo insediamento.

Nella seconda fase, sviluppata con prospezioni sismiche passive a stazione singola (H.V.S.R.), e prospezioni a rifrazione passiva/attiva con antenna monodimensionale (Re.Mi/MASW), 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 apposito elaborato cartografico in scala 1:5.000 (Tav. frequenze naturali dei terreni) relativo alle aree di interesse degli sviluppi.

Carta Geologico Tecnica

Tale elaborato, realizzato alla scala 1:10.000, derivato dalla cartografia geologica, rilevata alla scala 1:10.000, che costituisce la base per i fogli CARG 1:50.000 e dalla cartografia delle aree suscettibili di effetti locali: Tav 2C IV - V del P.T.C.P. della Provincia di Bologna, evidenziante 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 costituita dalle successioni liguri nel settore centro meridionale orientale, da affioramenti di limitata estensione dalle unità subliguri nella zona settentrionale e 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. Pere 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. Pera – 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 costituita in netta prevalenza delle litozone argillitiche ed argillose delle Formazioni Pre Flysch delle unità liguri.

Gli accumuli gravitativi di maggior estensione e spessore si rinvencono 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 rinvencono 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 Locore della Scuola – Caponara e nella fascia estesa con andamento sub parallelo alle Sp valli del Cavino.

Detti depositi presentano che nella zona di Tolè costituiscono un altipiano e nelle zone più a sud: Locore della scuola – Sp valle del Laviano, formano tali superfici 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 detta zona, 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 Sibiano 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 ad un probabile più accentuato sollevamento relativo delle fasce di territorio a nord del confine comunale di detto comune.

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.

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 microtremiti (HVSr)

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

Nel contesto delle indagini effettuate, relativamente alle analisi di approfondimento di primo livello, sono risultate significativamente efficienti le verticali con acquisizione di

microtremori con stazione singola: HVSR direttamente eseguite. I dati ottenuti dalle elaborazioni di queste ultime consentono infatti di definire le modalità di vibrazione del terreno ed individuare sia la frequenza di risonanza (F_0) che l'ampiezza (A) dei rapporti spettrali in corrispondenza delle frequenze.

Considerando che sussiste una correlazione diretta (anche se non lineare) tra i fenomeni di "risonanza" e l'amplificazione del moto del suolo in concomitanza di sollecitazione sismica (effetti di sito), risulta evidente l'utilità di detta tipologia di indagine per individuare, come previsto dal primo livello di approfondimento degli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, le aree con comportamento sismico omogeneo - equivalente.

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

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

Dette associazioni sono state riportate nella "Carte delle Frequenze Naturali del Terreno" (Tav 1.4); le misure sono state identificate attraverso una serie di simboli con colori e dimensioni differenti. Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

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

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

Generalmente le formazioni della Successione Epiligure, sia arenitici che arenaceo pelitici - marnoso siltosi (PAT - ANT4 CIG 2.1 - CIG - LO) che marnoso argillosi - argillosi (TER - MVT) che quelle della successione Neogenica arenacei (AD01 - RUM 1) indicano

medi risentimenti dal punto di vista sismico evidenziati da frequenze di risonanza comprese prevalentemente tra 5 e 10 Hz ed ampiezze tra 2,0 e 4; si distinguono del comportamento sopra descritto i depositi alluvionali terrazzati che sebbene anch'essi non evidenzino territorialmente risposte sismiche omogenee denotano a zone, in rapporto al substrato locale, modi di risposta simili; le frequenze di risonanza sono generalmente comprese tra 4/5 e 7/10 Hz con locali valori tendenzialmente inferiori tra 2 e 3 Hz nella formazione di Monte Adone; più differenziati sono i valori delle ampiezze che evidenziano picchi con $A = 4/5/7 \div 8/9$ con un massimo di 15 per i terrazzi sede del capoluogo, picchi con $A = 4/5$ con un massimo di 9 nei depositi alluvionali e di conoide alluvionale di Pian di Venola, picchi con $A = 4/4.5$ nei terrazzi di Lama di Reno, analoghe ampiezza di 4 si riscontrano ed Allocco di Sopra e Panico.

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

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 $V_s > 800$ m/sec nei primi 30 m del sottosuolo.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS1) 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 rese disponibili dalla Regione Emilia Romagna, in particolare le carte topografiche di dettaglio, il modello digitale del terreno e la banca dati geologica del territorio comunale, 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, aggiornate al 2012 per quanto riguarda i processi di frana, individuante le zone soggette a processi in atto e non in evoluzione, prospezioni geofisiche con metodo sismico implementata 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 $5 \div 8$ e $10 \div 15$ m che hanno comportato localizzate modifiche dei limiti delle coperture e delle zone indicanti presenza di substrato roccioso affiorante / sub-affiorante, visualizzate nelle carte geologiche CARG.ER delle aree suscettibili di effetti locali del PTCP Modena..

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

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

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

In funzione di quanto esposto nel territorio di 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 $30 \div 40$ m del sottosuolo e le litozone del substrato caratterizzate da $V_s < 800$ m/sec nei primi 30 m del piano campagna.

Per la redazione "Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS)", prevista come elaborato fondamentale 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 5 di legenda.

- **Zone suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche, morfologiche locali, variazioni stratigrafiche laterali di scarsa rilevanza, in presenza di substrato affiorante e coperture tali da indurre effetti locali, zone da 1 a 12 e conoide alluvionale di legenda, secondo quanto indicato dai testi di riferimento 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: ZO, fasce interessate da deformazioni commesse a faglie: sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti, 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. QC. 1.3, sono così articolate:

ZONE STABILI

Classe 1 - Aree in cui non sono attesi effetti locali; zona S;

studi richiesti: indagini per caratterizzare V_s ; in caso $V_s > 800\text{m/s}$, nessuna ulteriore indagine; in caso $V_{s30} < 800\text{ m/s}$, valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche;

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

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Classe 2 - Aree con substrato subaffiorante con $V_s < 800\text{ m/sec}$: zone 1-2-3-4-5;

effetti attesi: amplificazione per effetti della stratigrafica;

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

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

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

effetti attesi: amplificazione litostratigrafia stratigrafica, cedimenti, per densificazione, liquefazione;

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

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento in assenza di strati sabbiosi scarsamente addensati in presenza di questi ultimi terzo livello di approfondimento per stima cedimenti – densificazione.

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

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

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, valutazione del grado di stabilità del versante con metodo pseudostatico o dinamico, stima dei cedimenti, densificazione;

microzonazione sismica: terzo livello di approfondimento per verifica di stabilità e 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 V_s ; in caso $V_{s_{30}} > 800$ m/s è richiesta la sola valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche topografiche (come classe 1); in caso $V_{s_{30}} < 800$ m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto sia alle caratteristiche litologiche che a quelle topografiche (come classi 2-4);

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

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

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

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, instabilità dei versanti;

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

microzonazione sismica: terzo livello di approfondimento.

7 - Aree potenzialmente instabili interessate da deformazioni legate a faglia: zona di sovrapposizione e di zone suscettibili di instabilità differenti, aree con presenza di substrato molto fratturato: ZO; 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 rigidità delle rocce, stime dei cedimenti, stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche con metodo pseudostatico o dinamico;

microzonazione sismica: terzo livello di approfondimento.

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

Nella classe 1, nel caso in cui risulti $V_{s_{30}} < 800$ m/s, 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 e nelle aree individuate nella carta provinciale 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.

SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

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

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

Carta delle nuove indagini

Detto elaborato (1.2.1) 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 (QC.02.1.2.1, 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.

Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

La carta delle velocità delle onde di taglio (Vs), Tav. 1.2.2, 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 Hm che competono all'orizzonte litotecnico che determina il principale contrasto di impedenza che condiziona il moto sismico del sito esaminato. Quest'ultimo è stato definito in funzione o della presenza del bedrock sismico con $V_s > 800$ m/sec o di pronunciata variazione dei valori di 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 Waves: MASW ;
- Horizontal to Vertical Spectral Ratio: HVSR, in rapporto a prove DP o sondaggi meccanici prossimi, prospezioni Re.Mi/MASW coincidenti o prossime.

In riferimento ai valori di velocità 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 ($F_0 = V_s/4H$).

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

In generale le elaborazioni delle acquisizioni effettuate hanno evidenziato:

Terreni di copertura:

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

$$V_s = 250/300 \div 400/450 \text{ m/sec}$$

Unità Marine di Transizione:

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

Formazioni Epiliguri:

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

Rocce fratturate - detensionate

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

Carta dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica

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

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) calcolati mediante appositi abachi predisposti della 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 (v. Allegato A2 della DAL 112/2007). Questi ultimi prevedono una serie di dati di ingresso che comprendono il contesto geo-morfologico di riferimento, lo spessore di copertura ed il tipo di substrato geologico ed (in base al tipo di abaco utilizzato) i parametri VS_{30} e VsH .

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

Le microzone sono suddivise in

- zone stabili suscettibili di amplificazione locale:
- zone suscettibili di instabilità di versante *FR*, *ZF*.

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, visualizzati in campiture puntinate associate alla sigla ST che individua il valore del coefficiente di amplificazione determinato con le procedure previste al punto 2.5.4.2 e relativi abachi, delle Linee Guida II degli ICMS.

I valori dei fattori di amplificazione di PGA ed IS individuati per le microzone 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 rigidità che contraddistingue il substrato sul quale giacciono le coperture detritiche quaternarie: depositi di versante sl, ed eluvio – colluviali, detriti di falda, e con accentuate differenze in concomitanza degli accumuli di frana con spessori maggiori: 8 ÷ 10 m e depositi di versante con potenze di 6 ÷ 8 m.

In linea generale si riscontra che i membri costituiti in prevalenza da arenarie, torbiditi arenacee – arenaceo pelitiche della Successione Epiligure (CIG2 - PAT – ANT4 - LOF), denotano fattori e principalmente arenacee – arenaceo conglomerate della successione Neogenica Quaternaria (AD01 – RUM1), denotano fattori di amplificazione corrispondenti a FA.PGA. = 1,5 – 1,7; FA.IS = 0,1<T<0,5 sec = 1,4 ÷ 1,5; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1,0.

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

Le litozone della successione Epiligure che si arricchiscono in intercalazioni pelitico siltose o in componenti marnoso siltose evidenziano risentimenti sismici diversi ed assumono fattori di amplificazione FA.PGA = 1,0 ÷ 1,5 FA.IS 0,1<T<0,5 sec = 1,3 ÷ 1,5/1,6; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1/1,1 ÷ 1,3/1,5.

Si differenziano nel comportamento sismico le formazioni prevalentemente marnoso argillose, brecce argillose, marnoso argillose che evidenziano FA.PGA = 1,7 ÷ 1,8; FA.IS 0,1<T<0,5 sec = 1,7/1,8; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1,1 ÷ 1,4.

Le principali differenze del risentimento sismico nel territorio urbanizzato di Vergato sono correlate alla presenza e spessore dei depositi alluvionali che evidenziano fattori di amplificazione sensibilmente diversificati corrispondenti ad FA.PGA = 1,2 ÷ 1,6/1,7; FA.IS 0,1<T<0,5 sec = 1,2 ÷ 1,5; FA.IS 0,5<T<1,0 sec = 1,0 ÷ 1,4.

Risentimenti sismici maggiori denotano i depositi di versante che denotano FA.PGA = 1,7 ÷ 2; FA.IS 0,1<T<0,5 sec = 1,5 ÷ 1,7/1,9; FA.IS 0,1<T<0,5 sec = 1,1/1,2 ÷ 1,4/1,5.

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

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

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

I fattori di amplificazione medio elevati – elevati; FA.PGA = $1.7 \div 2$, si riscontrano nella fascia centro settentrionale del capoluogo, settentrionale ed occidentale di Pian di Venola, occidentale di Sisvano, la prevalente area di Sibiano e Sperticano centrale di Panico e Gordelletta orientale di Allocco di Sopra, centro settentrionale occidentale di Lama di Reno.

Risentimenti sismici simili si riscontrano relativamente ai fattori di amplificazione dell'intensità sismica nell'intervallo $0.1 < T < \text{sec}$ che denotano amplificazioni praticamente trascurabili nel settore occidentale del capoluogo, nord occidentale – occidentale di Lama di Reno, Allocco di Sopra, Gordelletta, Centrale di Panico e centro orientale di Sirano, centro settentrionale di Sperticano nei quali Fa.IS $0.1 < T < 0.5$ sec = 1.0; amplificazioni di intensità base Fa.IS $0.5 < T < 1$ sec = 1.2 si riscontrano nel settore centrale sud orientale di Pian di Venola, fascia orientale di Sirano e sud orientale di Gordelletta.

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

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

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

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

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

Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI

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 potenzialità sismogenetica dell’Appennino Tosco – Emiliano – Romagnolo e Val Padana. Centro Stampa – Regione Emilia Romagna.
- MANICARDI A. – MAZZETTI G.P. – GILLI S. (2013) Geological characters and strumental seismic response of litho units between ridge and Apennine foothills: areas of the Municipaleties of Montese, Zocca, Guiglia, Marano s/P NATURAL HAZARD – E3. Sismic hazard: state of the art and open issues – Pubblicato sul sito <http://www.geoitalia2013.it/>
- LOCATI M., CAMASSI R. E STUCCHI M. (a cura di), 2011. BDMI11, *la versione 2011 del Database Microsismico Italiano*. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.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/>
- AGIU, 2005: Apetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Linee Guida, Associazione Geotecnica Italiana, Patron 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 through 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 Cretaceous Paleogene sinistral wrench fault. Boll. Soc. Geol. It.
- FERRARI G - POSTPISCHL D.(1981) - Le scale macrosismiche C.N.R. P.F. Geodinamica. Pubbl. N° 387. Ist. Topografia, geodesia e geofisica Mineraria, Univ. MO
- AA.VV. (1990-2012) – Rapporti ed indagini geognostiche sul territorio di Marzabotto BO. Documenti inediti.
- PANIZZA M. – MANTOVANI F. 1974 – Geomorfologia del territorio di Pavullo nel Frignano (Appennino Modenese). Atti Soc. Nat. Mat. Di Modena, 99.
- C.N.R. (1979) - Carte preliminari di scuotibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma
- IST. GEOL. UNIV. MO (1978) - Metodologie e primi risultati di neotettonica nel modenese e territori limitrofi. Mem. Soc. Geol. It.
- VANDENBERG J. & WONDERS A.A.H. (1976) - Paleomagnetic evidence of large fault displacement around the Po-Basin. Tectonophysics.

- 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 ALI (1978). Geomorfologia Dell'area Circostante La Pietra Di Bismantova; Servizio Geologico d'Italia, vol. XCVII, C.N.R.