

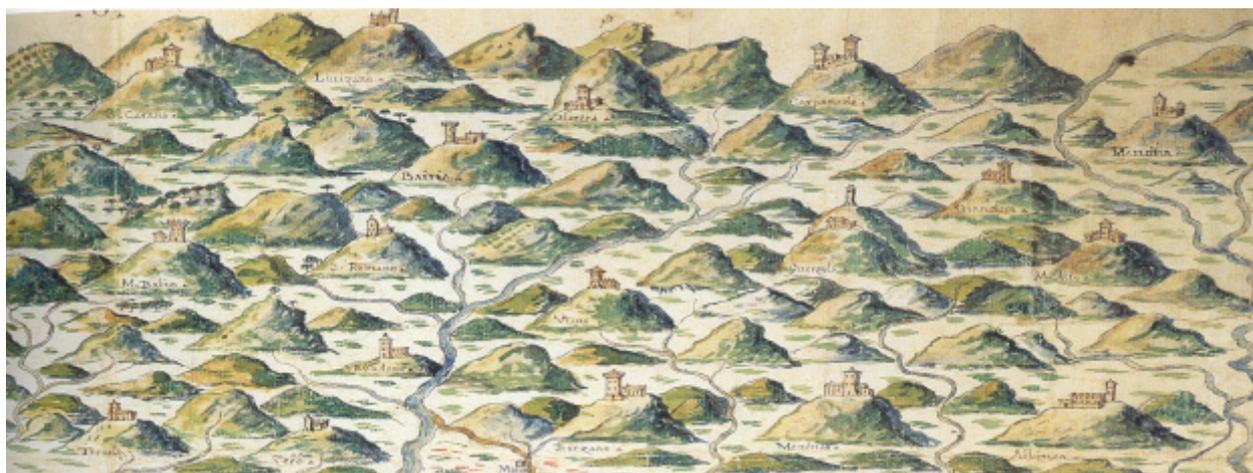


COMUNE DI CARPINETI
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

P S C

PIANO STRUTTURALE COMUNALE IN FORMA ASSOCIATA DEI COMUNI DI CARPINETI E VIANO

(L.R. 24 marzo 2000, n.20 - art.28)



INTEGRAZIONI PER ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SISMICA

ADOZIONE: Del. C.C. n. 35 del 26.04.2004

APPROVAZIONE: Del. C.C. n.41 del 24.07.2008

Comune di CARPINETI

Il Sindaco
Leonilde MONTEMERLI

Il Vice Sindaco e Assessore all'Urbanistica
Stefano BALDELLI

Il Segretario Comunale
Matteo MARZILIANO

Responsabile del progetto:
Roberto FARINA (OIKOS Ricerche Srl)

Comune di Carpineti:
Tonino BRAGLIA

Gruppo di lavoro OIKOS Ricerche:

Alessandra Carini, Francesco Manunza, Corrado Marocci
Domenico Barani, Camillo Bonvicini, Erica Montanari, Laura
Menozzi (Coll.): Aspetti geologici

Collaboratori:

Mauro Bisi, Chiara Gandolfi (Censimento insediamenti ed edifici
storici)

Barbara Giovannini, Carolina Crovara Pescia, Monica Regazzi
(analisi dei centri e degli insediamenti storici)

Roberta Benassi, Antonio Conticello (SIT ed elaborazioni grafiche),
Concetta Venezia (editing)

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. QUADRO SISMICO	3
2.1 Classificazione sismica, su base normativa	3
3. ANALISI DEGLI EFFETTI LOCALI DI RISPOSTA SISMICA.....	3
3.1 Breve inquadramento geologico.....	7
3.2 Considerazioni tettoniche	10
3.3 Caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione.....	13
<i>Il fenomeno della liquefazione in sintesi</i>	<i>14</i>
3.3.1 Caratterizzazione sismica macro-aree.....	15
Settore A	15
Settore B	16
Settore C	17
Settore D.....	18
3.3.2 Note conclusive	19
4. STUDI DI APPROFONDIMENTO DEL RISCHIO SISMICO	19
4.1 Caratteri di amplificazione sismica	20
5. NOTA BIBLIOGRAFICA.....	24

1. PREMESSA

Con Delibera di Giunta Regionale n°1677 del 24/10/2005 la Regione Emilia Romagna ha fornito le "Prime indicazioni applicative in merito al D.M. 14/09/2005", che prevedono, al punto 6 dell'Allegato A, la valutazione della compatibilità delle previsioni urbanistiche con le condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio. Tale disposizione riguarda tutti i comuni della Regione Emilia Romagna che sono stati classificati sismici ai sensi dell'Ordinanza P.C.M. n°3274 del 20/03/2003.

Si ricorda che, come illustrato nel volume relativo al quadro conoscitivo dei Comuni di Viano e Carpineti (Vol.1 – *Relazione geologica illustrativa*), il territorio del **Comune di Viano** rientra in **Zona 2**, a media sismicità ($S = 9$), e che il territorio del **Comune di Carpineti** ricade in **Zona 3**, a sismicità bassa ($S = 6$), secondo la nuova riclassificazione riportata in Allegato B della Del. G.R. Emilia-Romagna n°1677 del 24 ottobre 2005.

Si sottolinea quindi che a decorrere dal 23 ottobre 2005, data che segna l'entrata in vigore del D.M. 14/09/2005, tutti gli strumenti di pianificazione urbanistica comunale sono tenuti a "[...] *valutare la compatibilità delle previsioni in essi contenuti con l'obiettivo della riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile, sulla base di analisi di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana [...]*" (art.10, comma 1 della L.R. 19/06/1984, n°35).

Come continua la delibera regionale citata (Delibera G.R. 1677/2005) allo scopo di fornire puntuali indicazioni alle Province e ai Comuni per la elaborazione degli strumenti di pianificazione rispondenti all'esigenza di riduzione del rischio sismico è in corso di elaborazione una Direttiva regionale ai sensi dell'art. 6, comma 2, lett. e), della L.R. 35 del 1984. In attesa quindi di specifica e futura direttiva regionale, i comuni devono seguire i riferimenti tecnici contenuti nella circolare regionale n°1288 del 1983 "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei piani urbanistici comunali", punti B), C3), D3) come riportati nelle note 18 e seguenti della citata delibera regionale.

Con la presente relazione si intende quindi integrare, in adeguamento alla nuova normativa sismica, quanto illustrato con la documentazione costituente lo "Studio Ambientale relativo agli aspetti geologici, idrogeologici e idraulici della pianificazione", redatta nell'ambito del Piano Strutturale Comunale in forma associata dei Comuni di Viano e Carpineti, e attinente al quadro sismico dei due comuni.

I dati e le informazioni riportate di seguito sono tratte dai volumi e dalla cartografia tematica costituenti lo "Studio Ambientale relativo agli aspetti geologici, idrogeologici e idraulici della pianificazione". Si tratta in particolare dei volumi "Vol.1 - *Relazione geologica illustrativa*", "Vol.3 - Schede di analisi geo-litologica" e degli allegati cartografici Tav. G.2 - *Geologia generale e lineamenti tettonici* (in scala 1:10.000) e Tav. G.3 - *Geomorfologia* (in scala 1:10.000). Le informazioni e le notizie ritenute significative, provenienti dalle suddette fonti, sono state riportate sinteticamente in questa sede, e integrate con la caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione.

2. QUADRO SISMICO

2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA, SU BASE NORMATIVA

Considerando la normativa nazionale (Ordinanza del P.C.M. n°3274/2003; Ordinanza del P.C.M. n°3316 del 2 ottobre 2003; Ordinanza del P.C.M. n°3333 del 23 gennaio 2004; Ordinanza del P.C.M. n°3431 del 23 gennaio

2005) e regionale (Deliberazione della Giunta regionale n°1435 del 21 luglio 2003, Del. G.R. Emilia-Romagna n°1677 del 24 ottobre 2005) più recente in materia, con la prima ordinanza citata (Ord. PCM n°3274 del 20/03/2003) è entrata in vigore la nuova riclassificazione sismica nazionale (cfr. figura seguente).

Si premette che ai fini dell'applicazione delle normative sismiche il territorio nazionale è stato suddiviso in zone sismiche. Ciascuna zona è stata individuata tramite valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo e sottosuolo (a_g/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (prima colonna) e con valori di accelerazione orizzontale (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (seconda colonna), secondo lo schema seguente:

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni (a_g/g)	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g)
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

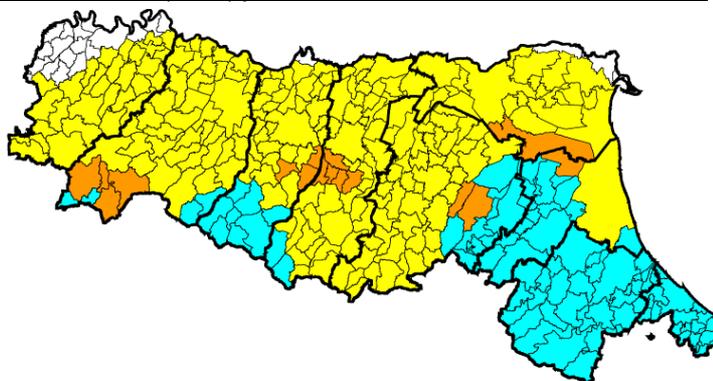
Tabella 1 – Tabella sintetica di attribuzione dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo e sottosuolo (a_g/g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (prima colonna) e dei valori di accelerazione orizzontale (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (seconda colonna), alle varie zone sismiche.

Riguardo le nuove normative tecniche allegata alla prima ordinanza il percorso appare più complesso a causa del permanere di notevoli incertezze e difficoltà applicative (soprattutto in relazione alle opere ed edifici strategici): con il dispositivo di legge O.P.C.M. n°3431/2005 e le successive ordinanze (O.P.C.M. n°3542 del 1 agosto 2005) l'applicazione obbligatoria delle norme sismiche contenute nella stessa è stata prorogata al 23 ottobre 2005 per riallineare i termini di entrata in vigore di questa norma con il nuovo testo unico sulle costruzioni (D.M. 14/09/2005 – Testo Unico delle Norme Tecniche per le costruzioni).

Immediatamente successivo al testo unico è la delibera regionale (Del. G.R. Emilia-Romagna n°1677 del 24 ottobre 2005) che fornisce primi indirizzi e indicazioni sui principali effetti e rapporti, nell'applicazione del D.M. 14/09/2005 entrato in vigore il 23 ottobre 2005, con le procedure relative all'attività edilizia e alla pianificazione urbanistica per i Comuni dell'Emilia Romagna. La delibera suddetta ("Prime indicazioni applicative in merito al decreto ministeriale 14 settembre 2005 - pubblicato sul supplemento ordinario n°159 alla Gazzetta Ufficiale n°222 del 23 settembre 2005 - recante 'Norme tecniche per le costruzioni') stabilisce:

- l'operatività a decorrere dal 23 ottobre 2005 delle "Norme Tecniche per le costruzioni", di cui al D.M. 14/09/2005 e contemporanea cessazione della fase transitoria di applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/2003 e s.m.i.;
- l'avvio, dalla medesima data, di un periodo transitorio di 18 mesi nel quale è ammessa, in alternativa, l'applicazione della normativa precedente sulla medesima materia (di cui alla legge 5 novembre 1971, n°1086 e alla legge 2 febbraio 1974, n°64, e alle relative norme di attuazione);
- al fine di avviare la fase sperimentale di applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 14/09/2005, a decorrere dal 23 ottobre 2005 trova attuazione la classificazione sismica dei Comuni della regione, stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n°3274 del 20 marzo 2003, in via di prima applicazione e comunque fino alla deliberazione regionale di individuazione delle zone sismiche. Il soggetto interessato (progettista e/o Committente) non potrà quindi fare riferimento alla precedente classificazione sismica (potendo in tal modo sottrarsi all'osservanza della normativa tecnica per le zone sismiche, in quanto a buona parte dei Comuni della Regione Emilia-Romagna in precedenza non era stato assegnato alcun grado di sismicità), ma potrà soltanto

scegliere quale normativa tecnica applicare, sempre avendo riguardo alla nuova classificazione sismica del comune in cui si opera (di cui all'Allegato B della Del. G.R. Emilia-Romagna n°1677 del 24 ottobre 2005). A ciascuna zona risulta assegnato un intervallo di valori dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ed in particolare, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, risulta assegnato un valore (a_g/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a: 0,35 (per la zona 1); 0,25 (per la zona 2); 0,15 (per la zona 3) e 0,05 (per la zona 4), come indicato nella tabella precedente. Ad ognuno di questi valori di ancoraggio dello spettro di risposta è assegnato un valore differenziato del "grado di sismicità" (S = 12 o 9 o 6), da prendere a base per la determinazione delle azioni sismiche, in rapporto a tre ipotetiche zone a sismicità decrescente ("alta", "media" e "bassa"). Pertanto, confermando a tal fine un precedente indirizzo già assunto con Delibera della Giunta regionale n°2329/2004, per l'utilizzo del D.M. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" vanno considerate le specifiche di "sismicità media" (S =9) per i Comuni in "zona 2" e di "sismicità bassa" (S = 6) per i Comuni sia in "zona 3" che in "zona 4".



LEGENDA

Zone sismiche	N° Comuni coinvolti	note
Zona 2	89	precedente riclassificazione sismica (1983-1984)
	16	
Zona 3	214	
Zona 4	22	
	105	

Figura 1 – Riclassificazione sismica della Regione Emilia Romagna (Ordinanza del P.C.M. n°3274/2003).

Come rappresentato in figura e come riportato in Allegato B della Del. G.R. Emilia-Romagna n°1677 del 24 ottobre 2005, il territorio del **Comune di Viano** rientra in **Zona 2**, a media sismicità (S = 9), il territorio del **Comune di Carpineti** ricade in **Zona 3**, a sismicità bassa (S = 6), secondo la nuova riclassificazione.

Tutto ciò premesso, si è ritenuto utile consultare gli studi più recenti in materia e il *catalogo degli eventi sismici* registrati nella regione Emilia-Romagna [CATALOGO DEI TERREMOTI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 1980], nei quali l'ambito in studio viene classificato all'interno della zona sismogenetica n°30, secondo Scandone et al. (1992) versione ZS4 (aprile 1996).

Tra gli episodi sismici di maggiore interesse, occorsi negli ultimi due secoli (fino al marzo 1998) e riportati nei cataloghi consultati, nella zona sismogenetica di interesse sono elencati i seguenti:

Data (gg/mm/aa)	Area epicentrale	I_x intensità massima osservata (MCS)	I_0 Intensità epicentrale (MCS)
15/07/1811	Sassuolo	7	7
13/03/1832	Reggiano	7,5	7,5
18/09/1850	Modena	6	6
13/12/1869	Serramazzoni	-	6,5
16/05/1873	Reggiano	6,5	6,5
26/02/1885	Scandiano	6	6

25/02/1904	Appennino Reggiano	7,5	7
18/03/1909	Carpinetti	-	6
10/10/1915	Reggio Emilia	6,5	6
28/06/1926	Reggiano	4	4
24/09/1930	Scandiano	-	6
10/06/1931	Modenese	4	4
06/05/1950	Reggiano	4	4
15/05/1967	S. Polo	-	6
03/05/1970	S. Polo	-	6

Tabella 2 – Elenco degli episodi sismici di maggiore interesse occorsi negli ultimi due secoli nella zona sismogenetica n°30.

Non riportato nel catalogo citato, ma in altri studi sulla materia, si aggiunge che nella fascia del fronte appenninico sepolto (Pianura Padana meridionale) la sismicità è rappresentata da un numero limitato di epicentri di terremoti a bassa intensità e con fuochi (ipocentri) generalmente molto superficiali. Anche la fascia pedeappenninica è caratterizzata da una sensibile attività, come documentano gli eventi storici del Parmense (l'ultimo dei quali risale al 1983). Si ricordano poi ulteriori fenomeni sismici verificatesi nel 1971, nel 1972 e nel novembre 1983, i cui epicentri hanno interessato comuni limitrofi all'ambito in studio.

In riferimento a quanto sopra riportato e a quanto scritto nella sezione di inquadramento geologico e tettonico generale dello “Studio Ambientale relativo agli aspetti geologici, idrogeologici e idraulici della pianificazione”, per il territorio in studio si può quindi parlare di *sismicità diretta*: si tratta in altre parole di fenomeni sismici imputabili a strutture e lineamenti tettonici anche direttamente sottostanti l'ambito territoriale in oggetto o assai prossimi allo stesso.

Si ricorda tra le strutture tettoniche interessanti il Comune di Viano: la “Linea dei gessi”, caratterizzata da un allineamento di faglie inverse raddrizzate; la “linea Canossa-S. Romano”, anch'essa costituita da un allineamento di faglie; la “Sinclinale di Viano”, il cui asse strutturale presenta una direzione ONO-ESE. L'elemento strutturale più rilevante in Comune di Carpinetti è la “linea Baiso-Prignano-Pavullo”, un allineamento di faglie che lambisce il confine orientale del territorio comunale.

3. ANALISI DEGLI EFFETTI LOCALI DI RISPOSTA SISMICA

In occasione di eventi sismici le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona possono produrre effetti diversi, che devono essere presi in considerazione nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti (spesso definiti effetti locali o di sito) possono essere distinti in:

- **effetti di amplificazione locale:** sono rappresentati dall'interazione delle onde sismiche con particolari condizioni locali che possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie rispetto allo scuotimento che si avrebbe sulla roccia sottostante (bedrock). Le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali (topografia) e sepolte e da particolari caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni, che possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno e fenomeni di risonanza fra modi di vibrazione del terreno e delle strutture eventualmente presenti;
- **effetti di instabilità dovuti a fenomeni cosismici:** sono rappresentati in genere da fenomeni di instabilità dovuti al raggiungimento della resistenza al taglio disponibile del terreno, consistenti in veri e propri collassi e talora in movimenti di grandi masse, incompatibili con la stabilità delle strutture. Tali instabilità si esplicano con fenomenologie differenti a seconda delle condizioni presenti in sito. Nel caso di versanti in equilibrio precario (in terre o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per i quali il sisma rappresenta un fattore d'innescio del

movimento. Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche, si possono verificare fenomeni di rottura con deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale; per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili rifluimenti parziali o generalizzati, a causa dei fenomeni di liquefazione.

La presenza degli effetti sopra elencati dimostra che una corretta progettazione strutturale antisismica da sola non è sufficiente a garantire condizioni di sicurezza adeguate e che strutture e infrastrutture, dimensionate per resistere ad azioni sismiche anche molto violente, possono perdere la loro efficienza per problemi dipendenti dalla risposta del terreno di fondazione all'evento sismico.

Per una efficace analisi degli effetti locali di risposta sismica, nell'area in studio, è stato seguito il percorso metodologico che ha portato alla trattazione e all'approfondimento dei seguenti punti:

- quadro geologico, che illustra le formazioni e le sequenze stratigrafiche presenti nell'area in studio descrivendone le caratteristiche salienti, con indicazione dei limiti formazionali, degli assetti lito-stratigrafici, dei rapporti reciproci tra le litologie;
- inquadramento geomorfologico, che riporta i caratteri geomorfologici dell'ambito territoriale in studio e la cui ricostruzione è avvenuta tramite un'analisi svolta attraverso una ricerca bibliografica preliminare supportata da rilievi di campagna. Nella illustrazione dei caratteri geomorfologici essi sono state suddivisi sulla base della genesi delle morfologie in: forme, processi e depositi fluviali; forme, processi e depositi di versante; forme, processi e depositi di varia origine; forme legate ad interventi antropici;
- quadro strutturale, nel quale sono riportate considerazioni di carattere generale sulle principali strutture tettoniche di rilevanza regionale presenti nell'ambito in esame, raffigurate nella tavola tematica allegata allo studio ambientale, con l'evidenziazione dei lineamenti che testimoniano attività neotettonica;
- caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione, con indicazione dei caratteri geomeccanici delle terre, con una descrizione delle loro caratteristiche litologiche, morfologiche, tettoniche ed idrogeologiche e con una valutazione della suscettibilità alla liquefazione dei terreni di fondazione.

Si ribadisce che i dati e le informazioni riportate di seguito sono tratte dai volumi e dalla cartografia tematica costituenti lo "Studio Ambientale relativo agli aspetti geologici, idrogeologici e idraulici della pianificazione", redatto nell'ambito del Piano Strutturale Comunale in forma associata dei Comuni di Viano e Carpineti. Si tratta in particolare dei volumi "Vol.1 - *Relazione geologica illustrativa*", "Vol.3 - Schede di analisi geo-litologica" e degli allegati cartografici Tav. G.2 - *Geologia generale e lineamenti tettonici* (in scala 1:10.000) e Tav. G.3 - *Geomorfologia* (in scala 1:10.000). Le informazioni e le notizie ritenute significative, provenienti dalle suddette fonti, sono state riportate sinteticamente in questa sede, e integrate con la caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione.

3.1 BREVE INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nell'ambito territoriale in studio si sono rilevate le sequenze stratigrafiche riportate sinteticamente nella tabella schematica seguente.

Le successioni stratigrafiche dei vari domini sono elencate dal basso verso l'alto, in altre parole dalla più antica alla più recente. Si precisa invece che nella cartografia geologica a corredo dello studio ambientale ("Studio Ambientale relativo agli aspetti geologici, idrogeologici e idraulici della pianificazione") le formazioni sono elencate dalla più

PIANO STRUTTURALE COMUNALE IN FORMA ASSOCIATA DEI COMUNI DI CARPINETI E VIANO

STUDIO AMBIENTALE RELATIVO AGLI ASPETTI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI E IDRAULICI DELLA PIANIFICAZIONE

recente alla più antica, al fine di rispettare l'ordine riportato nella carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo, che rappresenta la fonte principale consultata al fine di redigere la sopra richiamata tavola.

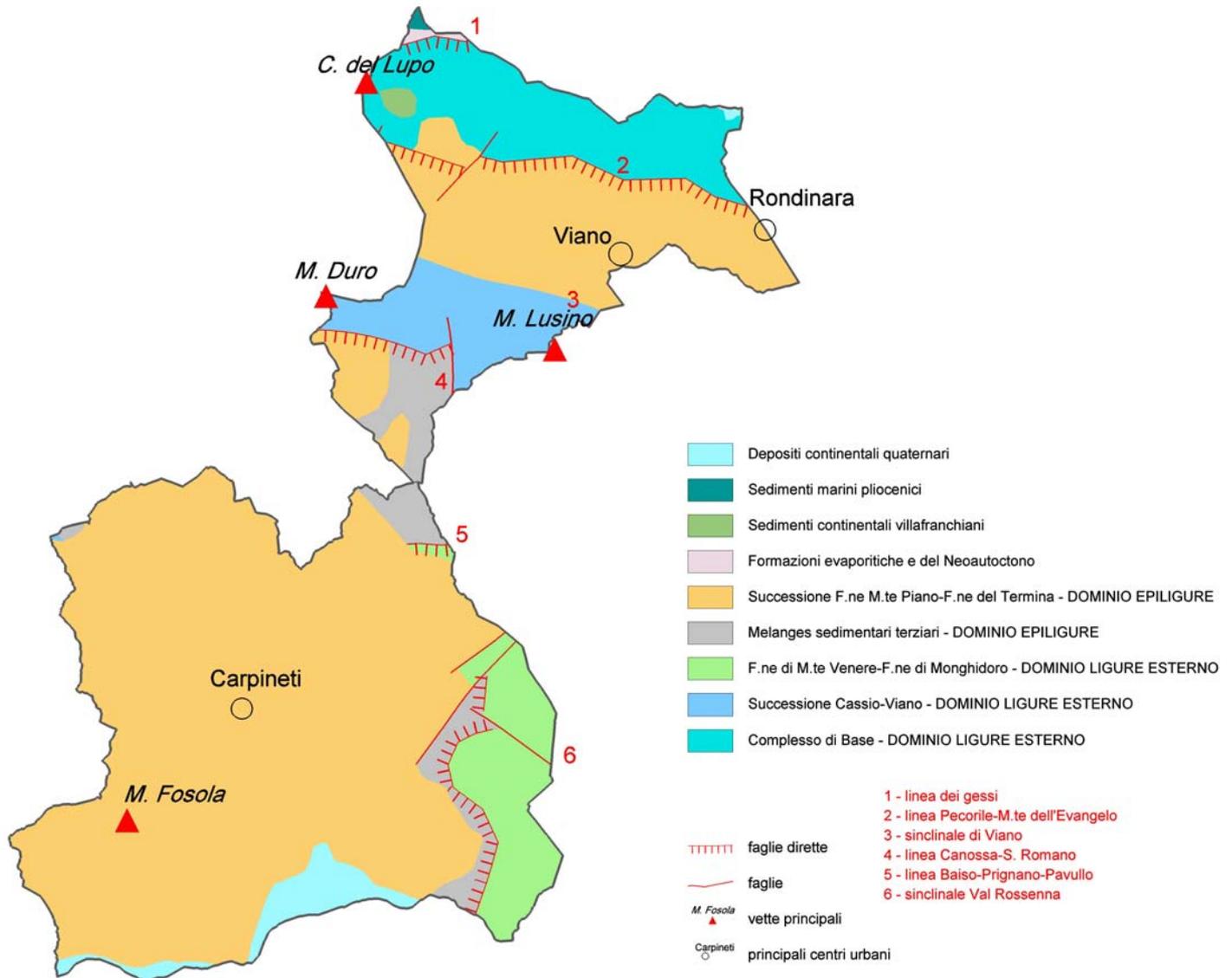


Figura 2 – Schema geologico e strutturale generale dell'ambito territoriale in oggetto (fonte: Appennino Ligure-Emiliano, 1990; modificato).

L'elenco schematico ha inizio dalle Liguridi esterne (Supergruppo del Baganza e del Sambro), per passare poi alla Successione Epiligure (comprensiva dei Melanges Sedimentari Terziari), infine alle Sequenze Evaporitiche e del Neotectono.

DOMINIO, Supergruppo, successione o gruppo	Formazione	SIGLA	ETA'		Caratteri litologici sintetici
			piano	serie	
DOMINIO LIGURE ESTERNO Supergruppo del Baganza <i>Complesso di Base (Gruppo dell'Arso)</i>	Argille a Palombini	APA	Titonico? - Cenomaniano	Cretaceo inf.-sup.	alternanze di argille e argilliti grigio scure, fessili, e di strati di calcilutiti grigie risedimentate
	Arenarie di Scabiazza	SCB	Cenomaniano?-Campaniano inf.	Cretaceo superiore	torbiditi sottili o sottilissime con una porzione arenacea costituita da arenarie grigie, a grana fine, micacee, cui segue una porzione pellica di argille o argilliti grigio-scure

PIANO STRUTTURALE COMUNALE IN FORMA ASSOCIATA DEI COMUNI DI CARPINETI E VIANO

STUDIO AMBIENTALE RELATIVO AGLI ASPETTI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI E IDRAULICI DELLA PIANIFICAZIONE

	Argille Varicolori	AVV	Cenomaniano?- Campaniano inf.	Cretaceo superiore	argilliti fittamente bandate in rosso, verde e grigio, con deformazioni duttili complesse, a cui si intercalano mame, calcilutiti grigie, siltiti manganeseifere e torbiditi peltico-arenacee (riferibili a SCB)
Successione Cassio-Viano	Flysch di Monte Cassio	MCS	Campaniano- Maastrichtiano	Cretaceo superiore	flysch a Elmintoidi costituito da alternanza ritmica di strati torbiditici con una porzione basale di calcari arenacei ed arenarie calcaree, e sommitale di mame e mame calcaree o calcari mamosi grigio chiari
	Argille di Viano	AVI	-	Paleocene- Eocene inf.?	costituite da un membro inferiore: argille nerastre con frequenti intercalazioni di torbiditi calcareo-mamose e mamose, alternate a strati di torbiditi arenaceo-pelliche; e un membro superiore: predominanza di litotipi argillosi e torbiditi calcareo-mamose o mamose costituite da fitte alternanze di torbiditi pelliche
Supergruppo del Sambro	F.ne di M.te Venere	MOV	Maastrichtiano	Cretaceo sup.- Paleocene?	flysch a Elmintoidi costituito da ripetizione sistematica di torbiditi calcareo-mamose alternate a pacchi di torbiditi arenaceo-pelliche
	F.ne di Monghidoro	MOH	-	Cretaceo sup.- Eocene inf.	torbiditi arenacee, con un differente rapporto arenaria/pellicite sul base del quale si suddividono in tre membri che dal basso verso l'alto sono: membro arenaceo-pellico, membro peltico-arenaceo e membro pellico
DOMINIO EPIIGURE					
<i>Melanges sedimentari terziari</i>	Melange di Baiso	MBA	-	Eocene medio- sup.	corpo caotico caratterizzato dalla parziale associazione di depositi da colate (breccie poligeniche ed eterometriche a matrice argillosa nerastra, grigio-scura o varicolori contenute clasti) miste di fango e detrito e da blocchi, ammassi ed estesi lembi monoformali (porzioni pluridecametriche di AVV, SCB, APA e flysch ad Elmintoidi)
	Melange di Costa dei Buoi	MCB	-	Eocene sup.	accumulo caotico ed eterogeneo di origine sedimentaria derivante da colate miste sottomarine di fango e detrito: breccia poligenica ed eterometrica a matrice argillosa nerastra, localmente rossastra contenente clasti e blocchi di calcari, arenarie micacee, calcari mamosi, mame, e mame scheggiose grigie, arenarie biancastre, siltiti manganeseifere, microclongomerati, brecciole
<i>Successione F.ne M. Piano- F.ne del Termina</i>	Formazione di M.te Piano	MMP	-	Eocene medio- sup.	argille, argilliti, mame argillose rosse, rosate, verdi in sottili alternanze; contiene strati sottili di torbiditi pelliche a base siltoso-sabbiosa, grigio chiaro o verdastro
	Formazione di Ranzano	RAN	-	Eocene sup.- Oligocene	unità prevalentemente arenacea, distinta in diverse litozone di spessore variabile sulla base del rapporto A/P, dello spessore degli strati e delle dimensioni dei clasti
	Melange di Grassano	MGR	-	Oligocene sup.- Miocene basale	breccie argillose poligeniche recante inclusi plurimetrici di AVV

	Formazione di Antognola	ANT	-	Oligocene sup.- Miocene inf.	mame e argille mamose grigio-verdastre prevalenti, con tipiche patine nerastre manganese, alle quali si associano sporadiche torbiditi pelitico-arenacee; al tetto della formazione sono presenti sedimenti silicei
	F.ne di Bismantova	ABI	Burdigalliano sup.?- Serravalliano	Miocene inf.- medio	unità litologicamente eterogenea a dominante arenacea-carbonatica, suddivisa in membri caratteristici di ambienti deposizionali differenti: presenta al suo interno superfici di discontinuità significative; sono state riconosciute cinque sottounità
FORMAZIONI EVAPORITICHE E DEL NEOAUTOCTONO	F.ne Gessoso-solfifera	GES	Messiniano	Miocene sup.	successione di banchi metrici di gesso macrocristallino (selenite) con intercalazioni di straterelli discontinui di peliti grigie o grigio-scure, laminate e localmente bituminose; sporadica presenza di banchi di gesso microcristallino (balatino)
	Argille di Lugagnano	LUG	-	Pliocene	peliti grigio-azzurre bioturbate, localmente con tracce di stratificazione; contengono macro e microfauna di piattaforma esterna-scarpata

Tabella 3 – Tabella schematica delle formazioni presenti nell'ambito in studio e dei caratteri litologici sintetici.

Per ulteriori dettagli relativamente ai caratteri litologici di ognuna delle formazioni presenti nell'ambito in studio si rimanda alla tavola tematica allegata allo studio ambientale (Tav.G.2 – *Geologia generale e lineamenti tettonici*). Per ognuna delle formazioni riportate nella carta tematica allegata è possibile desumere gli spessori, i rapporti stratigrafici tra le differenti litologie e gli assetti stratigrafici intercorrenti tra le stesse.

3.2 CONSIDERAZIONI TETTONICHE

Una trattazione esauriente dell'assetto tettonico delle Liguridi esterne e delle Epiliguridi nell'ambito territoriale in esame richiederebbe un'analisi dettagliata dei singoli elementi strutturali costituenti il più ampio Appennino reggiano: trattazione che esula dagli scopi del presente studio. Ci si limita pertanto ad alcune considerazioni di carattere generale sulle principali strutture tettoniche di rilevanza regionale presenti nell'ambito in esame e riportate nella tavola tematica allegata allo studio ambientale (cfr. Tav.G.2 – *Geologia generale e lineamenti tettonici*).

Le **Liguridi** presenti nell'ambito in studio possono essere suddivise in tre unità tettoniche, che dalla più antica alla più recente sono:

- Complesso di Base II, costituito da Argille a Palombini II, Argille Varicolori e Arenarie di Scabiazza (elencate sempre dalla più antica alla recente);
- Unità Cassio, costituito da Flysch di Monte Cassio e Argille di Viano;
- Unità Monghidoro, costituita da Formazione di M.te Venere e F.ne di Monghidoro (e Argille della Val Rossenna, Melange della Val Rossenna; assenti nell'ambito in studio).

Il complesso di Base I, rappresentato nella figura seguente, non è presente nell'area in studio.



Figura 3 - Schema riassuntivo delle unità tettoniche dell'ambito in studio e delle unità litostratigrafiche che le compongono (fonte: BETTELLI G. et al., 1987; modificato).

Vari Autori ipotizzano un possibile originario legame stratigrafico tra la Successione Monte Venere-Monghidoro ed il Complesso di Base I (non rappresentato nell'area in studio) e tra la Successione Cassio-Viano ed il Complesso di Base II, sopra ricordato. Nell'Appennino reggiano e zone limitrofe non è possibile osservare in alcun punto rapporti stratigrafici tra le successioni torbiditiche suddette ed i presunti complessi di base a causa della reciproca totale indipendenza tettonica.

La distribuzione areale della Unità Monghidoro è estremamente ridotta: si estende a sud dell'allineamento Baiso-Prignano-Pavullo, fino a comprendere il settore orientale del comune di Carpineti. Nella sua porzione centrale è interessata da un'ampia sinclinale (sinclinale della Val Rossenna) rovesciata verso NE con al nucleo le Argille della Val Rossenna ed il Melange della Val Rossenna (all'esterno dell'ambito territoriale in studio). L'unità Cassio (Successione Cassio-Viano) affiora completa dei suoi termini in modo esteso e ad assetto regolare nella porzione centrale del comune di Viano, nella nota "struttura di Viano": si tratta di una sinclinale irregolare con asse a direzione appenninica presente sul margine appenninico padano tra il T. Enza e il F. Secchia. La sinclinale è bordata a sud e a nord dal Complesso di Base II dal quale è comunque separata da importanti dislocazioni: a sud, dalla linea Canossa-S. Romano, a nord, dalla linea Pecorile-M. dell'Evangelo.

La prima (linea Canossa-S. Romano) nel suo tratto nord-occidentale ha caratteristiche di faglia inversa che ha rigiocato come faglia diretta almeno fino al T. Tresinaro. Tra il T. Tresinaro ed il F. Secchia la linea Canossa-S. Romano rappresenta invece un vero e proprio sovrascorrimento la cui entità aumenta progressivamente fino al F. Secchia. Tale sovrascorrimento, che nel dettaglio è costituito in realtà da una complicata serie di embricazioni ad arco di piccole dimensioni, ha portato i terreni del Complesso di base II, assieme alle sovrastanti Epiliguridi, al di sopra del fianco meridionale della struttura di Viano.

La linea Pecorile-M. dell'Evangelo è costituita da una serie di faglie dirette che dislocano, abbassandolo, il fianco settentrionale della struttura di Viano e lo giustappongono al Complesso di base II, fortemente rialzato. Quest'ultimo, costituito da una serie di grandi scaglie tettoniche formate anche da elementi appartenenti al Flysch di M. Cassio, è poi a sua volta giustapposto verso nord ai terreni "neoautoctoni" messiniano-pleistocenici del margine appenninico padano per mezzo di una faglia inversa ("linea dei gessi"), la quale ripercorre fedelmente, in una posizione poco più interna, un fronte di accavallamento sepolto presente tra il T. Enza ed il F. Secchia.

Per quanto attiene alle **Epiliguridi**, per una efficace discussione sull'evoluzione paleotettonica della successione epiligure appare utile suddividere l'intervallo stratigrafico occupato dalla successione in due parti, rispettivamente pre e post inizio del Burdigaliano, alle quali corrispondono condizioni fisiografiche del bacino epiligure assai differenti.

Nell'intervallo Eocene medio-Burdigaliano le zone di affioramento delle Epiliguridi, presenti nell'ambito territoriale in studio, corrispondono ad altrettanti domini paleogeografici, caratterizzati da differenti caratteristiche stratigrafiche e controllati da una marcata tettonica sinsedimentaria (particolarmente importante ed evidente in alcune di queste e almeno fino al Miocene basale). I domini individuati sono cinque, rappresentati da altrettante zone di affioramento: nell'ambito in studio sono state descritte dagli Autori la Zona 4 e la Zona 5. Riguardo la prima (designata come Zona 4) si colloca tra il T. Tresinaro ed il F. Secchia e comprende i depositi epiligruri di Baiso, Cà del Monte, M. Stadola e M. Pendice-Pigneto; il substrato ligure è rappresentato dai terreni molto deformati del Complesso di Base II. La sedimentazione epiligure mostra di essere stata controllata da vistosi fenomeni tettonico-sedimentari, particolarmente evidenti a ridosso dell'attuale sistema di deformazione della Val Rossenna e in prossimità della linea Canossa-S. Romano. La seconda zona (denominata Zona 5) corrisponde alle Epiliguridi presenti al nucleo della struttura di Viano: esse risultano in continuità di sedimentazione con la sottostante Successione di Cassio-Viano, e si distinguono dalle altre zone per la totale mancanza di melanges sedimentari alla base della successione stessa. Il collegamento con le altre zone adiacenti è assai problematico, come riportano gli Autori, per le deformazioni ed i raccorciamenti verificatisi nelle più recenti fasi tettoniche messiniane e post-messiniane particolarmente evidenti in corrispondenza della linea Canossa-S. Romano. L'evoluzione geodinamica eo-oligocenica sembra accordarsi con l'ipotesi dello sviluppo di un prisma di accrezione costituito dalle unità tettoniche delineatesi durante la fase ligure (e ricordate in precedenza). Le aree dove più evidente è il manifestarsi della tettonica sinsedimentaria sono gli alti strutturali (ad andamento prevalentemente appenninico), che attualmente corrispondono quasi sempre alle zone di saldatura tra le diverse unità tettoniche liguri. Importanti per l'evoluzione stratigrafica della Successione epiligure sono alcuni elementi trasversali (antiappenninici) che giustappongono le diverse unità tettoniche liguri.

Con il Burdigaliano superiore (deposizione della Formazione di Bismantova), probabilmente in corrispondenza di una ripresa della traslazione delle Liguridi, e di un conseguente sollevamento generale, si instaura un ambiente di piattaforma s.l.-scarpata con caratteri più omogenei di quelli osservabili nelle unità eo-oligoceniche, persistendo comunque aree nelle quali la tettonica sindeposizionale rimane un elemento importante. Durante questo periodo solo alcuni elementi tettonici eo-oligocenici rimangono attivi, altri sono saldati dalle Epiliguridi medio e alto mioceniche. Anche la tettonica messiniana e post-messiniana sembra aver riutilizzato in parte elementi tettonici più antichi.

L'assetto interno delle Liguridi durante il processo di traslazione verso l'area padana non sembra essere stato modificato ed i rapporti attuali tra le diverse unità tettoniche liguri sono rimasti quelli delineati durante la fase ligure [BETTELLI G. et al., 1987].

In conclusione tra le strutture tettoniche più rilevanti, interessanti il Comune di Viano si ricordano:

1. la "Linea dei gessi";
2. la "linea Pecorile-M. dell'Evangelo";
3. la "linea Canossa-S. Romano";
4. la "Sinclinale di Viano", che rappresenta il lineamento più importante.

Gli elementi strutturali di maggiore interesse che si estendono nel Comune di Carpineti sono:

1. la "linea Baiso-Prignano-Pavullo", un allineamento di faglie che lambiscono il confine orientale del territorio comunale;
2. la "sinclinale della Val Rossenna", un'ampia sinclinale rovesciata verso NE.

3.3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

L'area in studio è stata suddivisa in settori o macro-aree, rappresentate sinteticamente nella figura sottostante, per la cui caratterizzazione sismica sono state impiegate le indagini geotecniche eseguite in passato e raccolte presso vari archivi, e le prospezioni eseguite ex-novo (cfr. Vol.2 – *Dati di campagna*). Le risultanze delle suddette campagne di indagini sono allegate allo “Studio Ambientale relativo agli aspetti geologici, idrogeologici e idraulici della pianificazione”, redatta nell'ambito del Piano Strutturale Comunale in forma associata dei Comuni di Viano e Carpineti. In questa sede se ne utilizzano le informazioni senza riportarle integralmente, rimandando per approfondimenti allo studio citato.

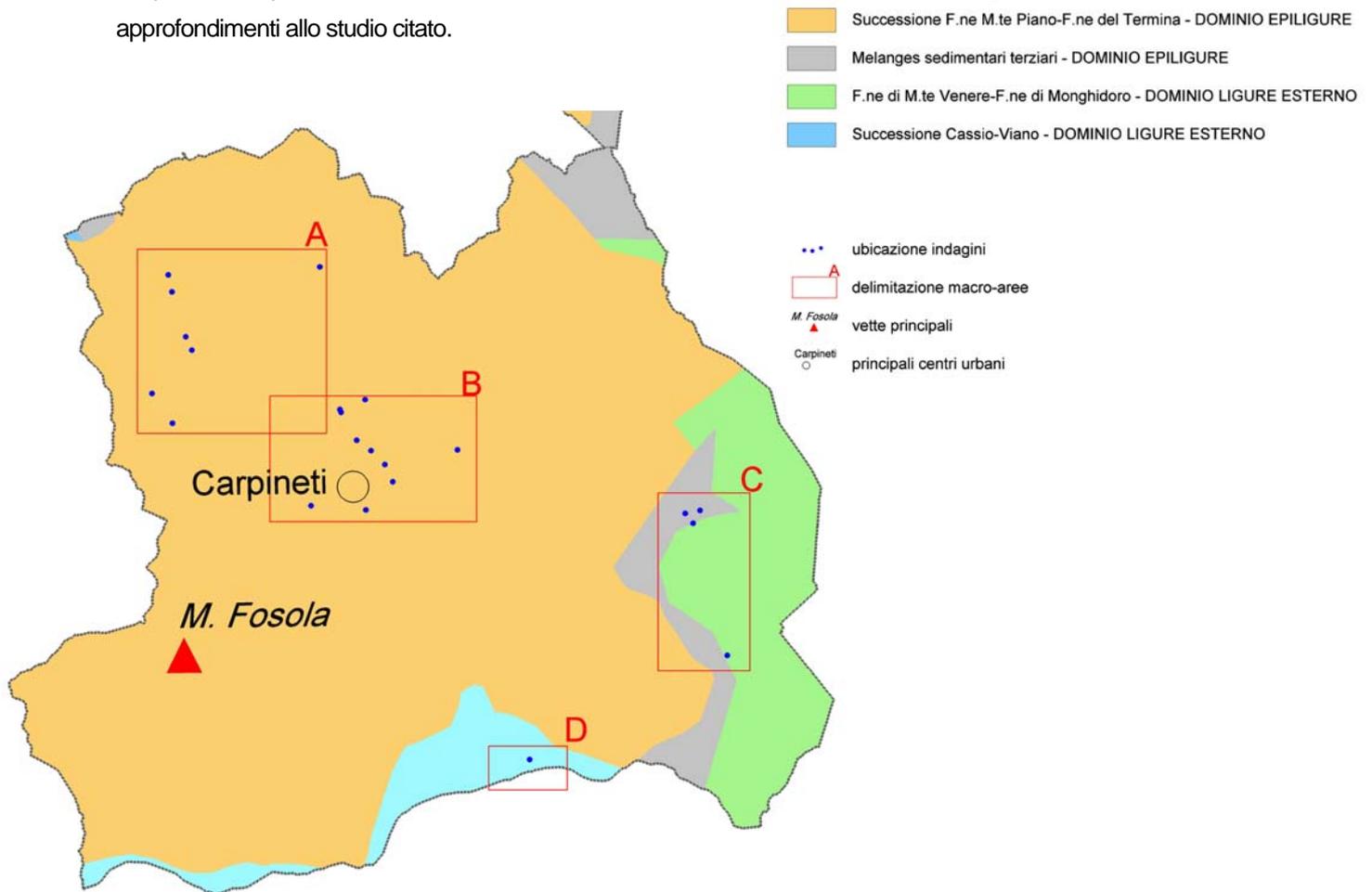


Figura 4 – Rappresentazione schematica della geologia generale e dell'ubicazione delle indagini impiegate per la caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione dei settori (o macro-aree) nei quali è stata suddivisa l'area in studio.

Per ogni settore (o macro-area) vengono riportate le seguenti notizie:

- stratigrafia, con indicazione dello spessore, della natura litologica prevalente e dei caratteri geomeccanici sintetici della copertura superficiale;
- profondità e caratteri del bedrock;
- presenza di falda, con indicazioni sulla profondità della stessa ed eventuale esistenza concomitante di estesi depositi o livelli sabbiosi che potrebbero dare luogo a fenomeni di liquefazione.

Relativamente al fenomeno della liquefazione si ritiene utile riportare al termine del presente paragrafo un approfondimento ad esso relativo.

Altre notizie, riguardanti in particolare elementi che potrebbero determinare effetti locali o di sito, quali: morfologie che potrebbero indurre amplificazione sismica (ad es. zona di ciglio con altezza superiore a 10 m, o zona di cresta);

zone instabili (ad es. frane attive o quiescenti) o potenzialmente instabili (es. zone in cui sono possibili riattivazioni o neoattivazioni); sono desumibili dal volume di inquadramento generale (Vol. 1 – *Relazione geologica illustrativa*), dal volume relativo alle aree di nuova previsione urbanistica (Vol.3 – *Schede di analisi geo-litologica*) e dalla cartografia tematica allegata allo "Studio Ambientale relativo agli aspetti geologici, idrogeologici e idraulici della pianificazione", richiamata più volte.

Il fenomeno della liquefazione in sintesi

Per *liquefazione* si intende un fenomeno interessante terre sabbiose sature, in depositi naturali o in accumuli artificiali, che nel corso di un evento sismico subiscono una forte riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale il terreno può scorrere o fluire nel caso di un pendio o assestarsi nel caso di una giacitura orizzontale.

In riferimento alla recente normativa sismica (D.M. 14/09/05, all'art.7.4 "Effetti dell'azione sismica - 7.4.4 Terreni suscettibili di liquefazione" e O.P.C.M. 3274/03, all'All.4 "Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni") viene prescritto che venga verificata la suscettibilità alla liquefazione del terreno di fondazione qualora la falda freatica si collochi in prossimità del piano fondale e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, ancorché contenenti una frazione fine limo-argillosa.

La normativa aggiunge che nel caso di edifici con fondazioni superficiali la verifica della suscettibilità alla liquefazione può essere omessa se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità superiore a 15 m dal piano campagna; è altresì possibile trascurare il pericolo di liquefazione quando $S \times a_g < 0,15 g$ e al contempo la sabbia in esame soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- contenuto in argilla superiore al 20% con indice di plasticità > 10 ;
- contenuto di limo superiore al 35% e resistenza $N_{1(60)} > 20$;
- frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1(60)} > 25$;

dove per S si intende lo spettro di risposta elastico costituito da una forma spettrale (spetto normalizzato) che rappresenta il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo, e dove $N_{1(60)}$ è il valore della resistenza penetrometrica N_{SPT} misurato nella prova Standard Penetration Test normalizzato ad uno sforzo efficace di confinamento di 100 kPa e ad un fattore di rendimento energetico 0,6 nell'esecuzione della prova (O.P.C.M. 3274/03, All.2 e All.4).

La bibliografia esistente in materia fornisce poi indicazioni riguardo agli aspetti più importanti che meritano di essere rilevati per una prima identificazione delle condizioni in cui si può avere liquefazione, come sintetizzato nello schema seguente [CREPELLANI T. et al., modificato 1988]. Dapprima sono indicate le condizioni da investigare per aree site in pianura e quindi per terreni ubicati in pendio: relativamente a questi ultimi si precisa che i meccanismi che regolano la liquefazione in pendio sono meno conosciuti e i risultati delle analisi svolte sono meno generalizzabili.

Aree pianeggianti:

- sisma con magnitudo superiore a 6, durata maggiore a 15 secondi e accelerazione massima al sito $a_{max} > 0,10 g$;
- terreni di depositi deltaici, fluviali e marini recenti, terreni di riporto, sedimenti secondari con falda superficiale, vecchie paludi, meandri di fiume etc. costituiti da materiali granulari fini (limi e sabbie fini) saturi, non consolidati, con granulometria uniforme ($U_C < 5$) e con densità da media a bassa;
- livelli o strati con profondità inferiore a 15÷20 m da p.c.;
- assenza di percentuali di argille e ghiaie nei depositi limosi-sabbiosi e assenza di cementazione tra i granuli componenti;
- assenza di strati superficiali non liquefacibili di spessore superiore a 3 m.

Terreni in pendio:

- sisma con magnitudo anche di poco superiore a 5 e durata prolungata;
- bordi di terrazzi costieri marini, deltaici, fluviali, fronti di scavo lungo canali, fiumi etc.. versanti anche poco acclivi di colline sabbiose e sotto falda, zone di contatto fra alluvioni antiche e recenti con circolazione idrica etc.;
- livelli o strati con profondità anche molto elevate ($> 50 m$).

3.3.1 Caratterizzazione sismica macro-aree

A premessa della trattazione relativa alla caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione dell'area in studio si riportano brevemente le correlazioni empiriche, tratte dalla bibliografia in materia, impiegate.

Per la stima della velocità delle onde di taglio V_s (in m/sec), noto il numero dei colpi di una prova SPT (N) si applicano le relazioni [CREPELLANI T., 2004]:

$$V_s = 71,5 \times N^{0,535} \quad \text{in argille di Firenze, Crespellani et al., 1989;}$$

$$V_s = 75,4 \times N^{0,351} \quad \text{in ghiaie, Imai et al., 1982;}$$

$$V_s = 87,8 \times N^{0,292} \quad \text{in sabbie, Imai et al., 1982;}$$

$$V_s = 107,0 \times N^{0,274} \quad \text{in argille, Imai et al., 1982;}$$

e le relazioni [PELI G., 1995]:

$$V_s = 89,8 \times N^{0,341} \quad \text{in sabbie, Imai, Fumoto e Yokota (1976);}$$

$$V_s = 97 \times N^{0,314} \quad \text{in sabbie, Imai, Fumoto e Yokota (1982);}$$

$$V_s = 56 \times N^{0,5} \quad \text{Seed, 1983.}$$

Noti invece i valori della resistenza penetrometrica alla punta (q_c) e la resistenza laterale (f_s) di una prova CPT, espresse in kg/cm², si possono applicare le seguenti correlazioni empiriche per le sabbie:

$$q_c / N = 4 \div 6 \quad \text{Jordan, 1977 [CASADIO M. E ELM C., 1995]}$$

$$q_c / N = 4,5 \quad \text{Robertson et al., 1983 [CESTARI F., 1996]}$$

$$f_s = 0,068 \times N \quad \text{Kruizinga, 1982 [CASADIO M. E ELM C., 1995]}$$

e per silt argillosi e argille siltose:

$$q_c / N = 1,3 \quad \text{Pasqualini, 1983 [CASADIO M. E ELM C., 1995]}$$

$$f_s = 0,048 \times N \quad \text{Kruizinga, 1982 [CASADIO M. E ELM C., 1995].}$$

Per i valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s (in m/sec) nel substrato (o bedrock sismico) sono stati altresì impiegati dati bibliografici relativi a studi eseguiti nell'Appennino Emiliano [MAZZETTI G. P., 2004].

Volendo calcolare la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio S (V_{s30}), ai sensi della normativa vigente (D.M. 14/09/2005, art.3.2.1) si applica la formula seguente:

$$V_{s30} = 30 / \left(\sum_{i=1,N} h_i / V_i \right)$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (in m/sec) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori. Noto il valore V_{s30} è possibile risalire alla categoria di suolo di fondazione, che verrà preliminarmente indicata per ogni settore dell'area in studio.

Si precisa che le seguenti sono indicazioni di larga massima che dovranno necessariamente essere supportate da successivi approfondimenti delle indagini in situ. Impiegando, in fase esecutiva, le caratterizzazioni qui indicate si potrebbe infatti incorrere in eccessive penalizzazioni nell'attribuzione della categoria dei terreni di fondazione per i singoli lotti oggetto di previsione urbanistica.

Settore A

Si tratta di un settore dell'area in studio sito nella porzione nord-occidentale del Comune di Carpineti, in prossimità delle località Pantano e Marola (aree N°CA-1, CA-2, CA-3, CA-4, CA-5 e CA-6); dalle campagne di indagini eseguite (cfr. Tav.G.1 – *Corografia e ubicazione indagini*) è stato possibile risalire alle seguenti caratteristiche lito-stratigrafiche:

<i>Stratigrafia media:</i>		
p.c. ÷ 1,50	- m da p.c.	argille e limi
1,50 ÷ 10,00	- m da p.c.	alternanze di argille (di media e bassa consistenza) e livelli sabbiosi e sabbio-limosi
10,00 ÷ 30,00	- m da p.c.	substrato
<i>Geologia:</i> (natura substrato)		areniti del membro di Pantano della Formazione di Bismantova (ABI4) e torbiditi arenaceo pelitiche del membro delle Arenarie di Marola della Formazione di Bismantova (ABI2).
<i>Idrologia profonda:</i>		le indagini eseguite hanno rilevato la presenza, in alcune zone, di acque di falda (a ca. -3,00 m da p.c.)

Tabella 4 – Tabella sintetica relativa alla lito-stratigrafia, alla geologia e all'idrologia profonda del settore in oggetto.

Nella tabella seguente ad ogni strato è attribuito un valore di velocità delle onde di taglio (V_s), desunto dalle indagini in sito sulla base di formule e correlazioni empiriche, per le quali si rimanda alle indicazioni bibliografiche:

STRATO	Prof. strato da ... m a ... m (-m da p.c.)	Litologia	SPESSORE	V_s (m/sec)	V_{s30} (m/sec)
I	p.c. ÷ 1,50	argille e limi	1,50	345	510
II	1,50 ÷ 10,00	alternanze di argille (di media e bassa consistenza) e livelli sabbiosi e sabbio-limosi	8,50	290	
III	10,00 ÷ 30,00	substrato (ABI2, ABI4)	20,00	> 800	

Tabella 5 – Tabella sintetica relativa alle velocità di propagazione delle onde di taglio: V_s =velocità di propagazione delle onde di taglio entro lo strato; V_{s30} =velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m.

Si valuta quindi che i terreni di fondazione appartenenti al settore in oggetto rientrino nella categoria:

B – Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica $N_{sPT}>50$, o coesione non drenata $C_u>250$ kPa).

Settore B

Si tratta di un settore dell'area in studio sito nella porzione centro-occidentale del Comune di Carpineti, in corrispondenza del capoluogo comunale e di un suo immediato intorno, laddove si collocano le località Cigarellino e Poiago (aree N°CA-7, CA-8, CA-9, CA-10, CA-11, CA-12, CA-13, CA-14 e CA-15); dalle campagne di indagini eseguite (cfr. Tav.G.1 – *Corografia e ubicazione indagini*) è stato possibile risalire alle seguenti caratteristiche lito-stratigrafiche:

<i>Stratigrafia media:</i>		
p.c. ÷ 1,00	- m da p.c.	suolo sabbioso-limoso
1,00 ÷ 3,00	- m da p.c.	alternanze di argille e limi sabbiosi
3,00 ÷ 10,00	- m da p.c.	terreni argillosi con ghiaie, sabbie addensate
10,00 ÷ 30,00	- m da p.c.	substrato

Geologia: (natura substrato)	peliti sabbioso marnose del membro delle Marne di Cigarello della Formazione di Bismantova (ABI3), ricoperte da depositi alluvionali terrazzati e areniti del membro di Pantano della Formazione di Bismantova (ABI4).
Idrologia profonda:	le indagini eseguite hanno rilevato la presenza, in alcune zone, di acque di falda (a ca. -3,00 e -9,00 m da p.c.)

Tabella 6 – Tabella sintetica relativa alla lito-stratigrafia, alla geologia e all'idrologia profonda del settore in oggetto.

Nella tabella seguente ad ogni strato è attribuito un valore di velocità delle onde di taglio (V_s), desunto dalle indagini in sito sulla base di formule e correlazioni empiriche, per le quali si rimanda alle indicazioni bibliografiche:

STRATO	Prof. strato da ... m a ...m (-m da p.c.)	Litologia	SPESSORE	V_s (m/sec)	V_{s30} (m/sec)
I	p.c. ÷ 1,00	suolo sabbioso-limoso	1,00	415	515
II	1,00 ÷ 3,00	alternanze di argille e limi sabbiosi	2,00	270	
III	3,00 ÷ 10,00	terreni argillosi con ghiaie, sabbie addensate	7,00	300	
IV	10,00 ÷ 30,00	substrato (ABI3, ABI4)	20,00	> 800	

Tabella 7 – Tabella sintetica relativa alle velocità di propagazione delle onde di taglio: V_s =velocità di propagazione delle onde di taglio entro lo strato; V_{s30} =velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m.

Si valuta quindi che i terreni di fondazione appartenenti al settore in oggetto rientrino nella categoria:

B – Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT}>50$, o coesione non drenata $C_u>250$ kPa).

Si sottolinea che in alcune aree del settore in oggetto si verifica la presenza concomitante di livelli sabbiosi e sabbio-limosi con acque di falda. Si osserva altresì la sussistenza di livelli superficiali non liquefacibili e l'alternanza di livelli argillosi con strati più francamente sabbiosi e sabbio-limosi: questi due ultimi aspetti parrebbero scongiurare la possibilità che possano occorrere fenomeni di liquefazione con il verificarsi di episodi sismici. Ciò premesso si sottolinea comunque la necessità di più mirate indagini in situ, e laddove si riscontrino strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, ancorché contenenti una frazione fine limo-argillosa, si consiglia di procedere all'esecuzione di una verifica alla suscettibilità alla liquefazione del terreno di fondazione.

Settore C

Si tratta di un settore dell'area in studio sito nella porzione orientale del Comune di Carpineti, in località Valestra e Cà de' Lanzi (aree N°CA-16, CA-17 e CA-18); dalle campagne di indagini eseguite (cfr. Tav.G.1 – *Corografia e ubicazione indagini*) è stato possibile risalire alle seguenti caratteristiche lito-stratigrafiche:

Stratigrafia media:		
p.c. ÷ 2,00	- m da p.c.	argille e sabbie
2,00 ÷ 5,00	- m da p.c.	argille poco consistenti
5,00 ÷ 10,00	- m da p.c.	argille consistenti, con intercalazioni di argille organiche e livelli sabbiosi e sabbio-limosi
10,00 ÷ 30,00	- m da p.c.	substrato
Geologia: (natura substrato)	peliti della Formazione di Antognola (ANT7) e torbiditi calcareo marnose della Formazione di Monte Venere (MOV).	
Idrologia profonda:	le indagini eseguite non hanno rilevato la presenza di acqua di falda.	
Quadro dei dissesti:	nel settore in oggetto sono presenti vari dissesti attivi e quiescenti.	

Tabella 8 – Tabella sintetica relativa alla lito-stratigrafia, alla geologia e all'idrologia profonda del settore in oggetto.

Nella tabella seguente ad ogni strato è attribuito un valore di velocità delle onde di taglio (V_s), desunto dalle indagini in sito sulla base di formule e correlazioni empiriche, per le quali si rimanda alle indicazioni bibliografiche:

STRATO	Prof. strato da ... m a ...m (-m da p.c.)	Litologia	SPESSORE	V_s (m/sec)	V_{s30} (m/sec)
I	p.c. ÷ 2,00	argille e sabbie	2,00	300	365
II	2,00 ÷ 5,00	argille poco consistenti	3,00	230	
III	5,00 ÷ 10,00	argille consistenti, con intercalazioni di argille organiche e livelli sabbiosi e sabbio-limosi	5,00	415	
IV	10,00 ÷ 30,00	substrato (ANT7, MOV)	20,00	400 ÷ 500	

Tabella 9 – Tabella sintetica relativa alle velocità di propagazione delle onde di taglio: V_s =velocità di propagazione delle onde di taglio entro lo strato; V_{s30} =velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m.

Si valuta quindi che i terreni di fondazione appartenenti al settore in oggetto rientrino nella categoria:

B – Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa).

Settore D

Si tratta di un settore dell'area in studio sito nella porzione centro-meridionale del Comune di Carpineti, in località Colombaia (area N°CA-19); dalle campagne di indagini eseguite (cfr. Tav.G.1 – Corografia e ubicazione indagini) è stato possibile risalire alle seguenti caratteristiche lito-stratigrafiche:

Stratigrafia media:		
p.c. ÷ 1,50	- m da p.c.	sabbie limose
1,50 ÷ 6,00	- m da p.c.	ghiaie e ciottoli in matrice argillosa intercalati a sabbie e argille
6,00 ÷ 12,00	- m da p.c.	ghiaie in matrice argillosa
12,00 ÷ 30,00	- m da p.c.	substrato
Geologia: (natura substrato)		argille con inclusi del Melange di Costa dei Buoi (MCB) ricoperte da depositi alluvionali terrazzati e da depositi di conoide.
Idrologia profonda:		le indagini eseguite non hanno rilevato la presenza di acqua di falda.

Tabella 10 – Tabella sintetica relativa alla lito-stratigrafia, alla geologia e all'idrologia profonda del settore in oggetto.

Nella tabella seguente ad ogni strato è attribuito un valore di velocità delle onde di taglio (V_s), desunto dalle indagini in sito sulla base di formule e correlazioni empiriche, per le quali si rimanda alle indicazioni bibliografiche:

STRATO	Prof. strato da ... m a ...m (-m da p.c.)	Litologia	SPESSORE	V_s (m/sec)	V_{s30} (m/sec)
I	p.c. ÷ 1,50	sabbie limose	1,50	185	330
II	1,50 ÷ 6,00	ghiaie e ciottoli in matrice argillosa intercalati a sabbie e argille	4,50	215	
III	6,00 ÷ 12,00	ghiaie in matrice argillosa	6,00	355	
IV	12,00 ÷ 30,00	substrato (MCB)	18,00	400 ÷ 500	

Tabella 11 – Tabella sintetica relativa alle velocità di propagazione delle onde di taglio: V_s =velocità di propagazione delle onde di taglio entro lo strato; V_{s30} =velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m.

Si valuta quindi che i terreni di fondazione appartenenti al settore in oggetto rientrino nella categoria:

C – Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/sec ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).

3.3.2 Note conclusive

Da quanto scritto in precedenza è possibile sintetizzare le caratteristiche dei suoli di fondazione di ogni macro-area (o settore) come indicato nello schema seguente:

macro-area (o settore)	categoria terreni di fondazione	suscettibilità alla liquefazione
A	categoria B	no
B	categoria B	da verificare
C	categoria B	no
D	categoria C	no

Tabella 12 – Tabella sintetica relativa alle categorie dei suoli di fondazione e alla suscettibilità alla liquefazione, nell'ambito territoriale di interesse.

Da quanto sintetizzato nella tabella soprastante si rileva come nell'ambito territoriale in oggetto la maggioranza dei suoli di fondazione appartengono alla categoria B, in altre parole: *depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa).*

L'unica eccezione è rappresentata dal settore D nel quale si riscontra la presenza di terreni di fondazione di categoria C, in altre parole *depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/sec ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).*

Ciò deriva dal fatto che nel settore suddetto ad uno spessore consistente di depositi superficiali (circa 12 m) costituiti da terre di bassa consistenza, segue presumibilmente il substrato al quale è attribuibile un valore della velocità delle onde di taglio V_s più basso ($V_s = 400\text{-}500$ m/sec) rispetto ai valori assegnati ad altri substrati litoidi ($V_s > 800$ m/sec). Questi ultimi sono unità litotecniche lapidee a dominante arenacea o arenitica, alle quali possono essere attribuite velocità sismiche anche superiori a 800 m/sec. Si ricorda infatti che la velocità delle onde di taglio (V_s) è funzione diretta del modulo di rigidità: essa cresce quindi in modo direttamente proporzionale alla percentuale della componente arenitica e inversamente proporzionale alla percentuale della componente argillosa e degli inclusi.

Confrontando poi i caratteri predisponenti il verificarsi del fenomeno di liquefazione, come indicati dalla bibliografia esistente in materia e sintetizzati in precedenza, e le caratteristiche stratigrafiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche dei siti investigati si ritiene debba essere verificata la suscettibilità alla liquefazione dei terreni di fondazione del settore C, qualora si riscontri la presenza di strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, ancorché contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Si aggiunge e sottolinea che nel presente documento sono fornite indicazioni preliminari e di larga massima che in fase esecutiva dovranno necessariamente essere supportate da successivi approfondimenti delle indagini in situ.

4. STUDI DI APPROFONDIMENTO DEL RISCHIO SISMICO

Riguardo il rischio sismico, si cita una recente pubblicazione relativa alle Province di Modena e Reggio Emilia. Si tratta di: *“Studio della pericolosità sismica delle Province di Modena e Reggio Emilia”*, Università di Modena e

Reggio Emilia, Dipartimento Scienze della Terra [PANIZZA M., BETTELLI G., CASTALDINI D., BARBIERI M. E CAPITANI M., 2001].

Scopo dello studio suddetto era di offrire un quadro sufficientemente dettagliato della pericolosità e suscettibilità del territorio considerato. Come è noto il rischio sismico dipende da tre gruppi di variabili: la prima consiste nella *pericolosità sismica* vera e propria, riferita a tipologia, energia, ricorrenza degli eventi sismici registrati etc.; la seconda riguarda la *suscettibilità sismica* e fa riferimento a fattori locali geologici, morfologici, idrogeologici etc.; la terza comprende la *vulnerabilità territoriale*, cioè le caratteristiche di urbanizzazione, la tipologia edificatoria rappresentata, elementi di pianificazione territoriale etc. .

Si è già scritto dell'inquadramento tettonico dell'ambito territoriale in studio: si sono descritti sistemi strutturali costituiti da faglie trasversali e lineamenti tettonici che hanno condizionato l'evoluzione tettonica e sedimentaria dell'intero Appennino settentrionale. Queste strutture possono costituire a volte delle linee di debolezza, lungo le quali si possono avere concentrazioni di stress tettonici e quindi di sismicità.

4.1 CARATTERI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

La metodologia adottata nello studio sismico delle Province di Reggio Emilia e Modena, al fine di delineare i caratteri sismici dell'ambito in studio, ha seguito il percorso così delineato:

1. inquadramento tettonico generale dell'area in studio;
2. suddivisione delle litologie presenti sul territorio in base alle caratteristiche litologiche/fisiche del substrato in *unità litotecniche*, si tratta di unità informali (non stratigrafiche) di utilità pratica, che descrivono la litologia e le caratteristiche fisiche del substrato al di sotto dell'orizzonte pedogenizzato, quando presente;
3. *individuazione degli elementi geologici e geomorfologici superficiali*, sovrapposti alle strutture tettoniche individuate;

il risultato finale prodotto è stata una *carta delle aree suscettibili di amplificazione sismica e instabilità da terremoto*.

Nel presente documento si ritiene utile descrivere la metodologia impiegata per lo studio sismico di livello provinciale e le conclusioni alle quali si è pervenuto in merito all'ambito territoriale oggetto della presente relazione, ma si rimanda allo stesso e alla cartografia prodotta per la delimitazione delle aree suscettibili di amplificazione sismica e instabilità da terremoto. Si tratterebbe infatti di una sovrapposizione inutile di documenti, a diversa scala di rappresentazione, che non aggiungerebbe ulteriori notizie o informazioni.

Si ritiene utile riportare alcune precisazioni riguardanti il fenomeno dell'amplificazione sismica. Assumendo come riferimento l'effetto che l'arrivo di un'onda sismica induce su un sito utilizzato come confronto (ad es. un'area pianeggiante con substrato granitico), si hanno effetti indotti dal sisma più accentuati su siti posti anche a breve distanza, ma contraddistinti dalla presenza di litologie a rigidità inferiore rispetto a quella del sito di riferimento, o con depositi detritici superficiali sciolti. Tale concetto è esprimibile anche con il valore dell'impedenza acustica della roccia, che è descritta come il prodotto tra la densità della roccia e la velocità delle onde sismiche; minore è l'impedenza acustica della roccia rispetto al substrato di riferimento, più accentuato risulta l'effetto di amplificazione. Riguardo l'ambito territoriale in oggetto nello studio sismico citato sono state evidenziate varie classi di amplificazione ed instabilità sismica.

Nel territorio delle Province di Reggio Emilia e Modena le diverse unità litotecniche presenti evidenziano tutte un effetto di amplificazione sismica, rispetto al substrato di riferimento (granito), poiché presentano caratteristiche di

rigidità inferiori. Sono state quindi ordinate qualitativamente in base al differente grado di rigidità, in cinque raggruppamenti di unità litotecniche, con potenziale di amplificazione crescente:

- SL1 – unità lapidee, a potenziale di amplificazione sismica *basso*. Comprende le unità litotecniche UL1, UL2 e UL3;
- SL2 – unità miste, a potenziale di amplificazione sismica *medio basso*. Comprende le unità litotecniche UL4, UL5, UL6, UL7, UL8;
- SL3 – unità a dominante argillosa con inclusi, a potenziale di amplificazione sismica *medio*. Comprende l'unità litotecnica UL9;
- SL4 – depositi superficiali s.l., a potenziale di amplificazione sismica *medio alto*. Comprende l'unità litotecnica UL10;
- SL5 – accumuli franosi, a potenziale di amplificazione sismica *alto*. Comprende l'unità litotecnica UL11.

Si sottolinea di nuovo che, nella carta allegata allo studio sismico interprovinciale, i sopra elencati raggruppamenti sono contraddistinti da un numero, compreso nell'intervallo che va da 1 a 5, il cui valore cresce proporzionalmente con il potenziale di amplificazione sismica.

Le zone a differente potenziale di amplificazione sismica sono state incrociate con le aree i cui caratteri geologici e geomorfologici possono dar luogo a instabilità da terremoto, contrassegnate in tavola da una lettera.

Si tratta di:

- A – aree prevalentemente stabili, i cui caratteri d'instabilità risultano assenti o non cartografabili;
- B – aree potenzialmente instabili, per eventuali problemi legati alla capacità portante, comprendono aree di fondovalle o pianeggianti con presenza di depositi superficiali fini;
- C – aree potenzialmente instabili, per movimenti di massa o caduta di detrito che comprendono le aree sottostanti scarpate di frane o scarpate attive di diversa natura e genesi, le aree di involuppo di frane contigue e i depositi superficiali su versante;
- D – aree instabili, per movimenti di massa che includono corpi di frana di varia tipologia ed attività ed aree interessate da deformazioni gravitative profonde di versante.

Il risultato sono quindi porzioni territoriali a differente amplificazione e instabilità da terremoto, contrassegnate da una sigla ottenuta dalla combinazione di un numero e di una lettera: come è ovvio non tutte le combinazioni sono presenti nel territorio in esame (Province di Modena e Reggio Emilia), e alcune possiedono scarso significato fisico (v. la combinazione 5A, non possono incrociarsi aree ad amplificazione alta per accumulo di frana e aree prevalentemente stabili).

Le unità litotecniche presenti nell'ambito territoriale in studio (UL), ed il raggruppamento a differente potenziale di amplificazione sismica (SL) alle quali esse appartengono, sono state elencate in precedenza. Nella tabella riassuntiva seguente si riportano tutte le unità litotecniche (UL) riscontrate nelle Province di Reggio Emilia e Modena, i raggruppamenti delle stesse in base al potenziale di amplificazione sismica (SL), e riguardo l'ambito territoriale in studio le unità litostratigrafiche osservate e la loro classificazione in ordine al potenziale di amplificazione sismica.

Unità Litotecniche (UL)	denominazione delle UL	Unità litostratigrafiche osservate nell'area in studio	Raggruppamenti di UL in ordine al potenziale di amplificazione sismica	Denominazione delle SL
UL1	flysch e multilayer competenti	Formazione di Monte Venere – MOV F.ne di Monghidoro (membro arenaceo-pelittico) - MOH ₃ Flysch di M.te Cassio - MCS	SL1	unità lapidee a potenziale di amplificazione <i>basso</i>

PIANO STRUTTURALE COMUNALE IN FORMA ASSOCIATA DEI COMUNI DI CARPINETI E VIANO

STUDIO AMBIENTALE RELATIVO AGLI ASPETTI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI E IDRAULICI DELLA PIANIFICAZIONE

UL2	flysch arenacei	-		sismica basso
UL3	unità a dominante arenacea o arenitica	F.ne di Ranzano, litozona arenacea – RAN ₁ F.ne di Ranzano, litozona arenaceo-pelitica – RAN ₃ F.ne di Ranzano, litozona arenaceo-conglomeratica – RAN ₄ F.ne di Bismantova, membro delle Arenarie di Marola – ABI ₂ F.ne di Bismantova, membro di Pantano – ABI ₄ F.ne di Bismantova, membro di Pantano, litozona arenacea –ABI _{4a} F.ne di Bismantova, membro delle Arenarie di S. Maria – ABI ₅ F.ne di Bismantova, membro delle Arenarie di M. Castelletto – ABI ₆ F.ne di Bismantova, membro della Pietra di Bismantova – ABI ₇ F. ne di Antognola, unità delle arenarie di Carpineti – ANT _{1a} F. ne di Antognola, strato di Cà di Lama – ANT _{7a} F. ne di Antognola, unità delle arenarie di latica e Scalucchia – ANT ₈		
UL4	unità eterogenee	F. ne di Antognola, membro delle marni selciose – ANT ₁ F. ne di Antognola, unità delle arenarie di Villaprara – ANT _{1b}		
UL5	unità evaporitiche	Formazione gessoso-solfifera - GES		
UL6	unità prevalentemente pelitico-marnose	F.ne di Bismantova, membro delle marni di Cigarello – ABI ₃ F.ne di Bismantova, membro delle marni di Cigarello, unità arenaceo-pelitica –ABI _{3a} F.ne di Bismantova, membro delle marni di Cigarello, litozona arenaceo-pelitica –ABI _{4b} F. ne di Antognola, membro marnoso – ANT ₇ F.ne di Ranzano, litozona pelitica – RAN ₆	SL2	unità miste a potenziale di amplificazione sismica medio basso
UL7	ofioliti	-		
UL8	unità prevalentemente argillose	Argille di Lugagnano – LUG		
UL9	unità a dominante argillosa con inclusi	F. ne di Antognola, unità di Canossa – ANT ₃ Argille a Palombini - APA Argille Varicolori del Cassio – AVV Arenarie di Scabiazza - SCB Argille di Viano - AVI Mame di Monte Piano – MMP Mame di Monte Piano, membro delle arenarie di Castagneto – MMP ₁ Melange di Baiso – MBA Melange di Costa dei Buoi - MCB Melange di Grassano – MGR	SL3	unità a dominante argillosa con inclusi a potenziale di amplificazione sismica medio
UL10	depositi superficiali s.l.	depositi di versante s.l. depositi eluvio-colluviali depositi eolici depositi di emissione di vulcani di fango (salse) depositi palustri depositi da geliflusso conoide in evoluzione conoide inattiva travertini	SL4	depositi superficiali s.l. a potenziale di amplificazione sismica medio alto
UL11	accumuli franosi	frane attive e quiescenti frane di crollo/detriti di falda scivolamenti in blocco	SL5	accumuli franosi a potenziale di amplificazione sismica alto
UL12	terreni	depositi alluvionali in evoluzione	Unità litotecnica di	terreni a stabilità buona

PIANO STRUTTURALE COMUNALE IN FORMA ASSOCIATA DEI COMUNI DI CARPINETI E VIANO

STUDIO AMBIENTALE RELATIVO AGLI ASPETTI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI E IDRAULICI DELLA PIANIFICAZIONE

	prevalentemente ghiaiosi	depositi alluvionali terrazzati (di ordine maggiore al primo) dep. alluvionale terrazzato di Cà Bertacchi	pianura	
--	-----------------------------	---	---------	--

Tabella 13 - Tabella sintetica delle unità litostratigrafiche osservate nell'area in studio e loro classificazione in ordine al potenziale di amplificazione sismica.

Nella tavola grafica allegata allo studio di pericolosità sismica più volte citato, sono stati altresì riportati gli elementi lineari (morfologici) per i quali è stato constatato, in occasione di un sisma, l'effetto di amplificazione: si tratta di linee di cresta, cigli di scarpate, brusche variazioni nella pendenza di versanti, scarpate di altezza superiore a una ventina di metri etc. .

5. NOTA BIBLIOGRAFICA

1. Associazione Geotecnica Italiana (1977): *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*, Servizi Grafici Editoriali Padova – maggio 1997.
2. Associazione Geotecnica Italiana (1994): *Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio*, Servizi Grafici Editoriali Padova – giugno 1994.
3. Associazione Geotecnica Italiana (2005): *Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Linee guida*, edizione provvisoria marzo 2005. Patron Editore - Bologna.
4. AA. VV., (1982): *Speciale in occasione del centenario della Società Geologica Italiana-Vol.A. Argomenti: Fondazioni profonde, fondazioni superficiali, prove di laboratorio, prove in situ*, estratto da *Geologia Tecnica* n°2, 1982.
5. AA. VV., (2004): *Numero Speciale dedicato alla giornata di studi sulla nuova classificazione sismica nazionale (ordinanza PCM 3274/03 e PCM 3316/03). Bologna 8 marzo 2004*, estratto da *il Geologo dell'Emilia-Romagna*, Anno IV/2004 – N°17 – NUOVA SERIE.
6. Bettelli G., Bonazzi U. e Panini F. (1987): *Schema introduttivo alla geologia delle Liguridi dell'Appennino Modenese e delle aree limitrofe*, *Memorie Società Geologica Italiana* n°39 (1987), 91-125.
7. Bettelli G. e Panini F. (1987): *I melanges dell'Appennino Settentrionale dal T. Tresinaro al T. Sillaro*, *Memorie Società Geologica Italiana* n°39 (1987), 187-214.
8. Bettelli G. e al. (1987): *Schema introduttivo alla geologia delle Epiliguridi dell'Appennino Modenese e delle aree limitrofe*, *Memorie Società Geologica Italiana* n°39 (1987), 215-244.
9. Bettelli G. e al. (1987): *Nota illustrativa alla carta geologica schematica dell'Appennino Modenese e delle aree limitrofe*, *Memorie Società Geologica Italiana* n°39 (1987), 487-498.
10. Carrara E., Rapolla A., Roberti N. (1992): *Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi geoelettrici e sismici*, Liguori Editore, Napoli.
11. Casadio M. ed Elmi C. (1995): *Il manuale del geologo*, Ed Pitagora (BO).
12. Cestari F. (1996): *Prove geotecniche in situ*, Ed. Geo-Graph s.n.c., Segrate Milano.
13. Cornelini P., a cura di (2002): *Criteri e tecniche per la manutenzione del territorio ai fini della prevenzione del rischio idrogeologico*, Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, maggio 2002.
14. Crespellani T., Nardi R. e Simoncini C. (1988): *La liquefazione del terreno in condizioni sismiche*, Nicola Zanichelli S.p.A., Bologna.
15. Crespellani T. (2004): *Indagini geotecniche per la valutazione della pericolosità sismica finalizzata alla pianificazione urbanistica e territoriale*, in "Numero Speciale dedicato alla giornata di studi sulla nuova classificazione sismica nazionale (ordinanza PCM 3274/03 e PCM 3316/03). Bologna 8 marzo 2004", *il Geologo dell'Emilia-Romagna*, Anno IV/2004 – N°17 – NUOVA SERIE.
16. Marsan P. e Romeo R. (1992): *La relazione geologica e geotecnica*, NIS, Roma.
17. Mazzetti G. P. (2004): *Comune di Castelnovo ne' Monti (Provincia di Reggio Emilia). Analisi di zonazione sismica*, in "Numero Speciale dedicato alla giornata di studi sulla nuova classificazione sismica nazionale (ordinanza PCM 3274/03 e PCM 3316/03). Bologna 8 marzo 2004", *il Geologo dell'Emilia-Romagna*, Anno IV/2004 – N°17 – NUOVA SERIE.
18. Norinelli A. (1982): *Elementi di geofisica applicata*, Patron Editore, Bologna.

19. Ordine dei Geologi dell'Emilia-Romagna (2004): *Numero speciale dedicato alla giornata di studi sulla nuova classificazione sismica nazionale (ordinanza PCM 3274/03 e PCM 3316/03) Bologna 8 marzo 2004*, in "Il Geologo dell'Emilia-Romagna", Bollettino Uff.le dei Geologi Regione Emilia-Romagna, Anno IV/2004, N°17, Nuova serie.
20. Panizza M., Bettelli G., Castaldini D., Barbieri M. e Capitani M. (2001): *Studio della pericolosità sismica delle province di Modena e Reggio Emilia*, Università di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento Scienze della Terra, inedito.
21. Peli G. (1995): *Geotecnica pratica delle fondazioni dirette*, Nuove Ricerche, Ancona.
22. Pellegrini G. (1985): *Geologia Applicata*, Pitagora Editrice, Bologna.
23. Regione Emilia-Romagna, (2002): *Carta geologico-strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo*, scala 1:250.000, Carta geologico-strutturale, sezioni geologiche, note illustrative e tavole stratigrafiche. Regione Emilia-Romagna, Servizio Cartografico, Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli. CNR - Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino. S.E.L.C.A. Firenze.
24. Zanzucchi G., coordinatore volume (1994): *10 itinerari. Appennino Ligure Emiliano*, a cura della Società Geologica Italiana. Guide Geologiche Regionali. BE-MA editrice.

Consulenti per lo studio ambientale:

Dott. Geol. Domenico Barani

Dott. Geol. Andrea C. Bonvicini

Dott.ssa Geol. Erika Montanari

Collaboratori:

Dott.ssa Geol. Laura Menozzi