



**PROTEZIONE CIVILE**  
 Presidenza del Consiglio dei Ministri  
 Dipartimento della Protezione Civile



**CONFERENZA DELLE REGIONI E  
 DELLE PROVINCE AUTONOME**

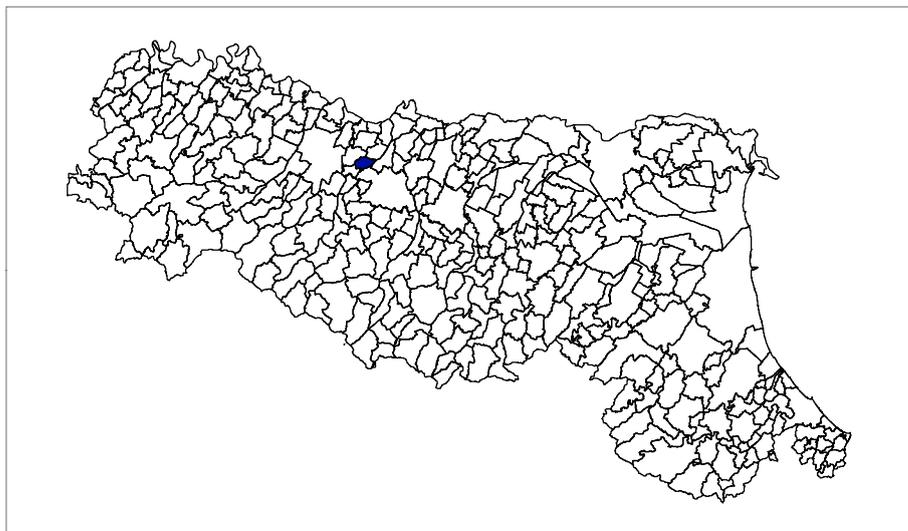
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Modellazione e caratterizzazione geologico sismica e geotecnica

### Relazione Tecnica Illustrativa

**Regione Emilia-Romagna**  
**Comune di Campegine**



<b>Regione</b> Emilia Romagna  <i>Studio realizzato con il contributo di          cui all'ODCM 52/2013.</i> <i>Coordinamento della Regione</i> <i>Emilia-Romagna - Servizio Geologico</i> <i>Luca Martelli</i>	<b>Soggetto realizzatore</b>  Studio Geologico CENTROGEO <i>Progetto:</i> Gian Pietro Mazzetti  <i>Collaboratori:</i> Stefano Gilli Andrea Arbizzi Mauro Mazzetti	<b>Amministrazione comunale</b> <i>Sindaco:</i> Paolo Cervi <i>Ufficio Tecnico Associato dei Comuni          di Campegine e Sant'Ilario d'Enza</i> Ing. Stefano Ubaldi Arch. Silvia Cavallari Arch. Federica Bertoletti Ing. Claudia Strozzi	
		<b>Data</b> Dicembre 2016	<b>Tavola</b>

**Provincia di Reggio Emilia  
Comune di Campegine**

**MICROZONAZIONE SISMICA  
MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE  
GEOLOGICO TECNICA E SISMICA  
RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

---

**SOMMARIO**

---

1	INTRODUZIONE.....	1
2	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	3
3	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	5
3.1	Pericolosità sismica - Definizione del moto di riferimento.....	18
4	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	20
4.1	Caratteri sismotettonici.....	28
4.2	Attività tettonica.....	34
4.3	Subsidenza.....	37
4.4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	38
4.5	Caratteri Geomorfoloici.....	38
5	IDROGEOLOGIA.....	42
5.1	Idrografia di superficie.....	42
5.1.1	Rete idrica superficiale / pericolosità idraulica del territorio comunale.....	43
5.2	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	46
5.3	Definizione del sistema idrogeologico.....	46
5.3.1	Tetto delle Acque Salate.....	46
5.4	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	47
5.4.1	Successione Idrogeologica Locale.....	47
5.4.2	Serie Idrogeologica Locale.....	49
5.5	Assetto strutturale dell'acquifero.....	51
5.6	Trasmittività degli acquiferi profondi.....	51
5.6.1	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	52
5.6.2	Isopieze dell'acquifero.....	52
5.6.3	Soggiacenza Acquifero freatico.....	54
5.7	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	56
6	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	57
6.1	Carta geologico tecnica.....	57
6.2	Caratteristiche litotecniche.....	58
6.3	Successioni Geotecniche.....	59
7	MODELLI GEOTECNICI.....	64
7.1	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	69
8	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	70
8.1	Microtremori con la tecnica HVSr.....	70
8.2	Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. e passiva/attiva Re.Mi/MASW.....	72
9	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	74
9.1	Carta delle indagini.....	74
9.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	75
9.3	Tetto delle ghiaie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	76
9.3.1	Tetto sabbie.....	77
9.3.2	Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	77
9.4	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	78
9.4.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	79
9.4.2	Aree Suscettibili di Effetti Locali e di Instabilità.....	80
9.5	Zone a comportamento sismico equivalente.....	90
10	SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	92
10.1	Carta delle nuove indagini.....	92
10.2	Carta della velocità delle onde di taglio (Vs).....	92
10.3	Carte dei fattori di amplificazione - microzonazione sismica.....	93
10.4	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FAPGA.....	94
10.5	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	95
10.6	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.1<T<0.5 sec.....	95
10.7	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.5<T<1.0 sec.....	96
10.8	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.5<T<1.5 sec.....	97
11	ELABORATI DI MICROZONAZIONE - EVENTI PASSATI.....	97

---

## ELABORATI

Tav. 1.1	Carta delle indagini pregresse e nuove	1:10.000
Tav. 1.2	Carta geologico - tecnica	1:10.000
Tav. 1.2.1	Sezioni geologiche	1:25.000/1:1.000
Tav. 1.3	Carta delle isopieze della falda	1:10.000
Tav. 1.4	Carta della soggiacenza della falda	1:10.000
Tav. 1.5	Carta del tetto delle ghiaie e del substrato a comportamento rigido	1:10.000
Tav. 2.1	Carta delle indagini nuove	1:10.000
Tav. 2.2	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 2.3	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 2.4	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 2.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA PGA	1:10.000
Tav. 2.6	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 2.7	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA IS 0,5 – 1 sec	1:10.000
Tav. 2.8	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA IS 0,5 – 1,5 sec	1:10.000
Tav. 3.1	Carta sovrapposizione CLE - MOPS	1:10.000
Tav. 3.2	Carta sovrapposizione CLE - FA PGA	1:10.000
Tav. 3.3	Carta sovrapposizione CLE - FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 3.4	Carta sovrapposizione CLE - FA IS 0,5 – 1 sec	1:10.000

---

## ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche di nuova esecuzione  
Indagini geognostiche e geofisiche pregresse – parte 1 (CPT da 101 a 200)  
Indagini geognostiche e geofisiche pregresse – parte 2 (CPT da 201 a 297)  
Indagini geognostiche e geofisiche pregresse – parte 3 (CPTE-CPTU-SM-PA-TR)  
Indagini geognostiche e geofisiche pregresse – parte 4 (ERT-Re.Mi.-HVSr)

## 1 INTRODUZIONE

L'analisi delle condizioni di sicurezza in funzione del comportamento dei terreni durante un evento sismico e dei conseguenti possibili effetti locali, del territorio comunale di Campegine (R.E.) è stata sviluppata mediante studi di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica e della pericolosità sismica di base – azione sismica.

Tale disamina, finalizzata alla mitigazione del rischio sismico, è stata indirizzata all'esame delle zone sede del territorio urbanizzato, di prevista urbanizzazione, del patrimonio edilizio esistente, delle fasce interessate dalle principali, in funzione del tessuto edificato tale valutazione praticamente è stata sviluppata per tutto il territorio comunale.

Le analisi di microzonazione sismica, realizzate con i contributi di cui all'OPCM n° 52 del 20/02/2013, sono state effettuate in conformità alla Delibera di Giunta Regionale Emilia Romagna n° 1919/2013 "Approvazione dei Criteri per gli Studi di Microzonazione Sismica ed Assegnazione dei Contributi di cui all'Ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n° 52/2013 a favore degli Enti Locali.

Le sopra indicate disamine sono inoltre state sviluppate in riferimento ai dettati delle leggi nazionali, D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. n° 30483 del 24/09/88; L.R. n°20 del 24/03/2000, N.A. Piano Stralcio Assetto Idrogeologico allegato 7, Delibera della Giunta Regionale n°1300 del 01/08/2016: Prime Disposizioni Regionali Concernenti l' Attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel Settore Urbanistico, ai sensi dell' art. 58 elaborato n° 7 (Norme di Attuazione) e dell' art. 22 elaborato n°5 (Norme di Attuazione) del progetto di Variante al PAI e al PAI Delta, adottato dal comitato istituzionale Autorità Di Bacino del Fiume Po con deliberazione n°5/2015, NA PTCP Reggio Emilia, Delibera Giunta Regionale n° 2193 del 21/12/2015, DM 14-01-2008.

Le valutazioni del tipo di risentimento sismico atteso nelle varie zone del territorio comunale sono state redatte in funzione delle condizioni geologico strutturali, litologico stratigrafiche e delle tipologie dei processi morfogenetici che hanno costituito il territorio.

La determinazione della pericolosità sismica dell'area del Comune di Campegine è stata sviluppata mediante l'elaborazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di secondo livello, per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, in riferimento alle indicazioni contenute nella sopracitata DGR 2193/2015 ed agli I.C.M.S.: Indirizzi del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Detti elaborati, propedeutici all'elaborazione degli strumenti di Pianificazione Urbanistica del territorio Comunale, rappresentano un'analisi sostanziale per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità sismica e delle valutazioni per la priorità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente.

Gli elaborati cartografici redatti sono pertanto relativi, agli ambiti di interesse per la pianificazione a scala comunale.

Tali disamine sono state sviluppate mediante rilevamenti ed indagini dirette che hanno integrato ed approfondito quelle precedentemente eseguite nel contesto delle analisi effettuate negli studi del P.T.C.P. di Reggio Emilia relativi alla cartografia per la riduzione del rischio sismico: Carta Degli Effetti Attesi (*Tav.P9a: 183 SO*) sono inoltre state utilizzate le tavole ed elaborazioni del PSC di Campegine 2010 (*Centrogeo, Correggio RE*).

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Campegine, RE**, Determinazione n° 85 del 05/03/2014 del Responsabile III Settore Ambiente e Patrimonio Arch. *Silvia Cavallari*.

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza di Campegine, è stata sviluppata in coordinamento con *il Servizio Geologico, Sismico e dei suoli, Dr. Luca Martelli ed Ing. Maria Romani, Regione Emilia Romagna* e con l'ufficio tecnico Associato dei Comuni di campegine e Sant Ilario D'Enza responsabile Ing. Stefano Ubaldi, Ufficio Urbanistica Arch. Federica Bartoletti, Ing. Claudia Strozzi.

Le rilevazioni in sito ed elaborazioni sono state effettuate da Dr. Andrea Arbizzi, Mauro Mazzetti, Dr. Marco Boccaletti, Dr. Stefano Gilli, Dr. Gian Pietro Mazzetti, *Studio Geologico Centrogeo, Correggio*.

Le elaborazioni GIS sono state eseguite da Dr. Stefano Gilli.

L'elaborazione delle sezioni idrogeologico strutturali sono state effettuate in collaborazione con Dr. Fabio Molinari.

## 2 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il Comune di Campegine ricade all'interno della tavoletta: CASTELNOVO SOTTO III NO, appartenente al Foglio REGGIO NELL'EMILIA N° 74 I.G.M., zona 32 T, quadrato PQ.

Il territorio comunale, si estende in senso sud ovest - nord est, su una superficie di 2210 ha ed è delimitato dai meridiani, sistema *UTM (datum WGS84 fuso 33)*,

142500 - 150000

e dai paralleli:

4965000 - 4970500

La conformazione delle curve di livello in m s.l.m del piano campagna, visualizzata nella carta Geotecnico Tecnica (Tav. 1. 2), è stata estratta dalla cartografia della Provincia di Reggio Emilia "*Carta Idrografica Provinciale delle Acque di Scolo*", che denota una differenza relativa delle quote in m s.l.m di circa 0,5 m rispetto ai capisaldi I.G.M. Tale condizione comunque non determina influenze significative per quanto riguarda gli assetti clivometrici.

La morfologia della superficie comunale presenta un andamento pianeggiante con geometrie tendenzialmente convesse nella parte occidentale - sud occidentale, che si attenua procedendo in direttrice nord orientale con contestuale diminuzione in acclività fino a costruire ambiti a pendenza molto bassa, configuranti assetti vallivi di pianura nella fascia orientale del territorio comunale.

Quest'ultimo, contraddistinto da quote comprese tra 40 ÷ 42 m s.l.m a sud ovest e 26 ÷ 27 m s.l.m a nord est, declina gradualmente in direzione da sud ovest a nord est con pendenze mediamente comprese tra 0,8% e 0,4% nella zona meridionale occidentale dell'area comunale, parte a sud dell'Autosole; a settentrione di quest'ultima le clivometrie oscillano in media tra 0,2% e 0,3% ad eccezione della fascia nord occidentale circa tra Ca' Nuove - Parigi - C.Negri dove le pendenze variano tra 0,15% ÷ 0,18% e la zona orientale - nord orientale dove l'acclività corrisponde mediamente a 0,08% ÷ 0,1%.

L'analisi d'insieme della morfologia denota che il territorio è contraddistinto da blande ondulazioni che movimentano la superficie dei terreni in direttrice sud nord, tra le quali si delineano fasce che costituiscono assetti a dosso debolmente pronunciato allungati in senso sud ovest - nord est, come quello esteso da La Razza a Casetto di Sotto alla zona orientale del Capoluogo a via Claudia; sono inoltre identificabili morfologie debolmente convesse, in presenza relativa più diffusa nelle forme del paesaggio, correlabili agli antichi percorsi di canale fluviale che hanno interessato il territorio comunale dei quali sono attualmente riconoscibili le fasce d'alveo e le poco pronunciate scarpate dei corpi arginali.

Tra le fasce allungate sud sud ovest - nord nord est, a conformazione concava, quelle più significative si osservano nella striscia di territorio circa compresa tra l'allineamento Parigi - Tagliavino e Canale del Lago - Campegine - C. Cocconi; altri ambiti ad assetto concavo di rilevanza equivalente si riscontrano ad oriente di Via Razza - Via Pescatora secondo fasce allungate in direzione circa sud nord, estese con andamento che asseconda il Canale di Bonifica Bentivoglio - Canale Vecchio - Canale Risalita.

Gli assetti morfologici a blanda concavità, a geometrie strette ed allungate, assumono una significativa importanza sulle previsioni di destinazione d'uso del territorio poiché la

realizzazione di opere o infrastrutture che le intersechino trasversalmente possono costituire barriere idrauliche che ostacolano la possibilità dello scolo idrico superficiale, generando ambiti a difficoltoso drenaggio soggetti a rischio di allagamenti in occasione di eventi di piogge critiche.

Ne consegue che in tali zone necessita siano valutate con particolare attenzione l'efficienza degli assetti fognari e della rete di scolo idrico superficiale.

### 3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La sismicità del territorio, prevalentemente correlata alle strutture geologiche superficiali (primi 15 km) ed in subordine di media profondità (15 ÷ 25 km), è collegata a meccanismi focali compressivi e trascorrenti, mentre sono nettamente secondari e subordinati i meccanismi focali distensivi.

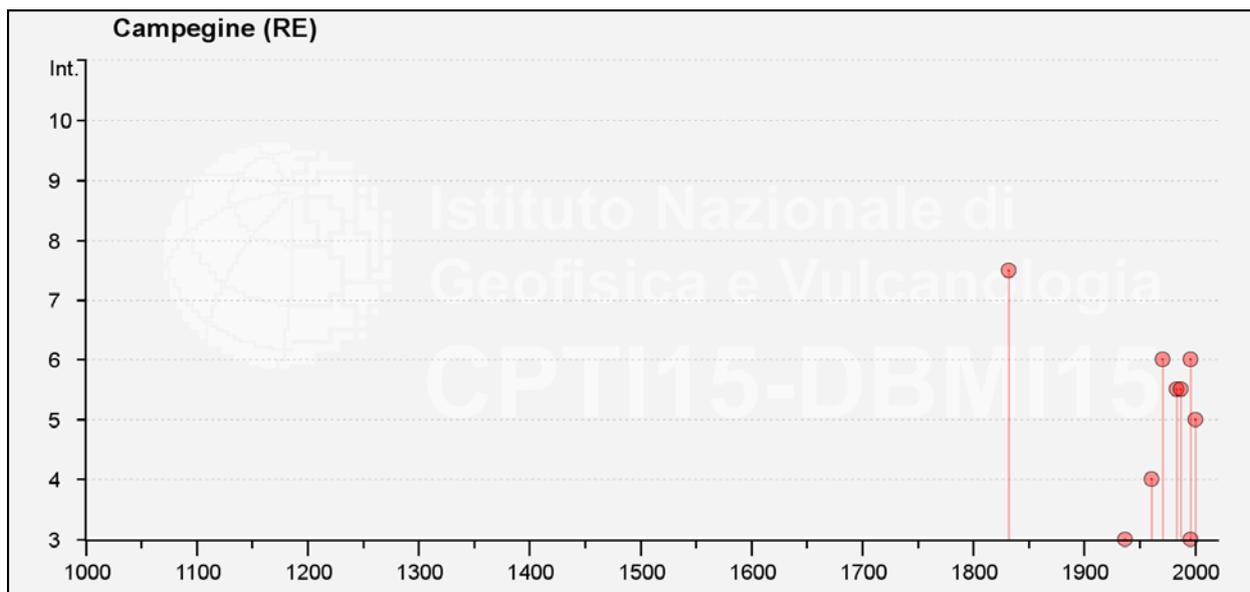
Nell'ambito territoriale al quale appartiene Campegine e zone ad esso adiacenti, il Database Macrosismico DBMI15 utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI15 (a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>), documenta eventi sismici giungenti al 7° ÷ 7,5° grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg, con intensità variabile tra  $M_w = 4,8 \div 5,6$ , sono documentati due epicentri sismici, 1831-1832, con  $M_w \geq 5,5$  a meridione del capoluogo a distanza di 3 ÷ 4 km circa tra Corte valle Re/Parrocchia di Cella e tra Caprara/Calerno.

In dette zone sono individuate due box sismiche con asse maggiore orientato sud ovest - nord est che identificano la proiezione in superficie dell'orientamento delle faglie sepolte sorgente dei terremoti.

**Storia sismica di Campegine**

Numero di eventi: 15

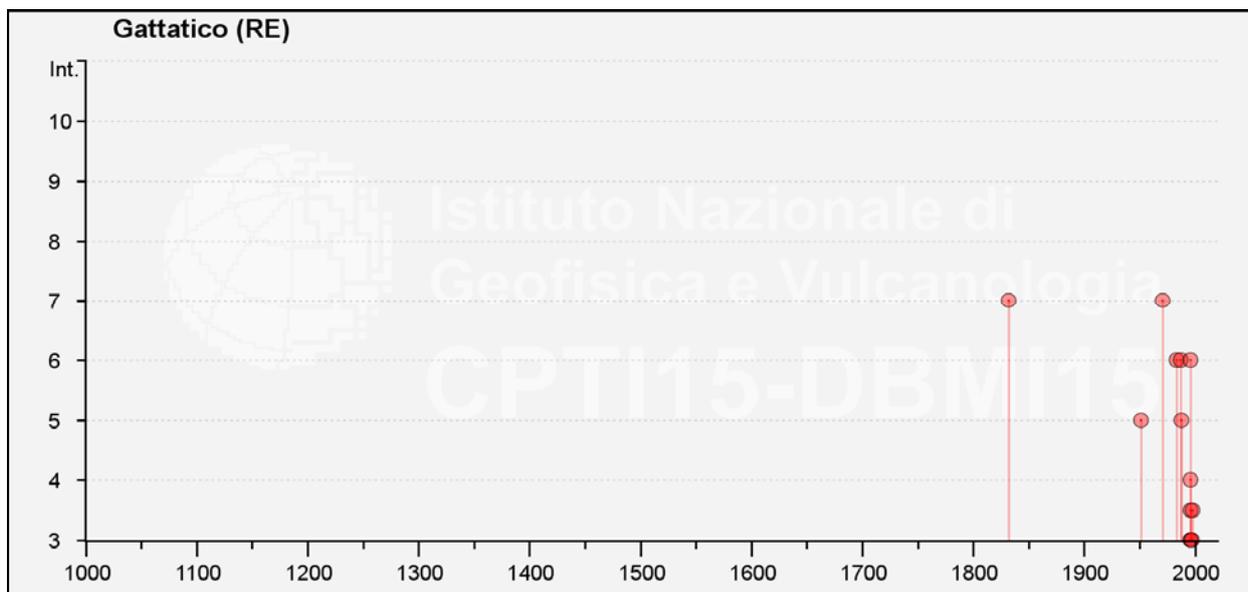
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
3	1937 09 17 12 19 0	Parmense	34	7	4.77
4	1961 08 13 22 34 1	Parmense	22	5-6	4.37
6	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5-6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
5-6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
2-3	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002 11 13 10 48 0	Franciacorta	768	5	4.21



## Storia sismica di Gattatico

Numero di eventi: 18

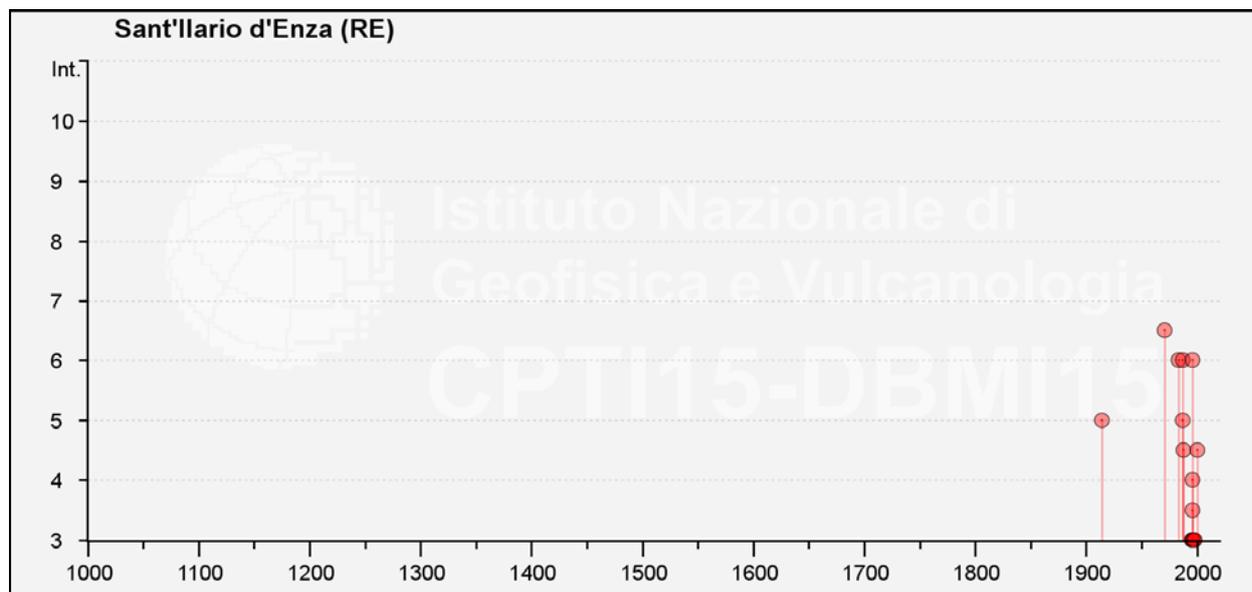
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
5	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04
2-3	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3-4	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
3	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
3	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3-4	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
2-3	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



**Storia sismica di Sant'Ilario d'Enza**

Numero di eventi: 18

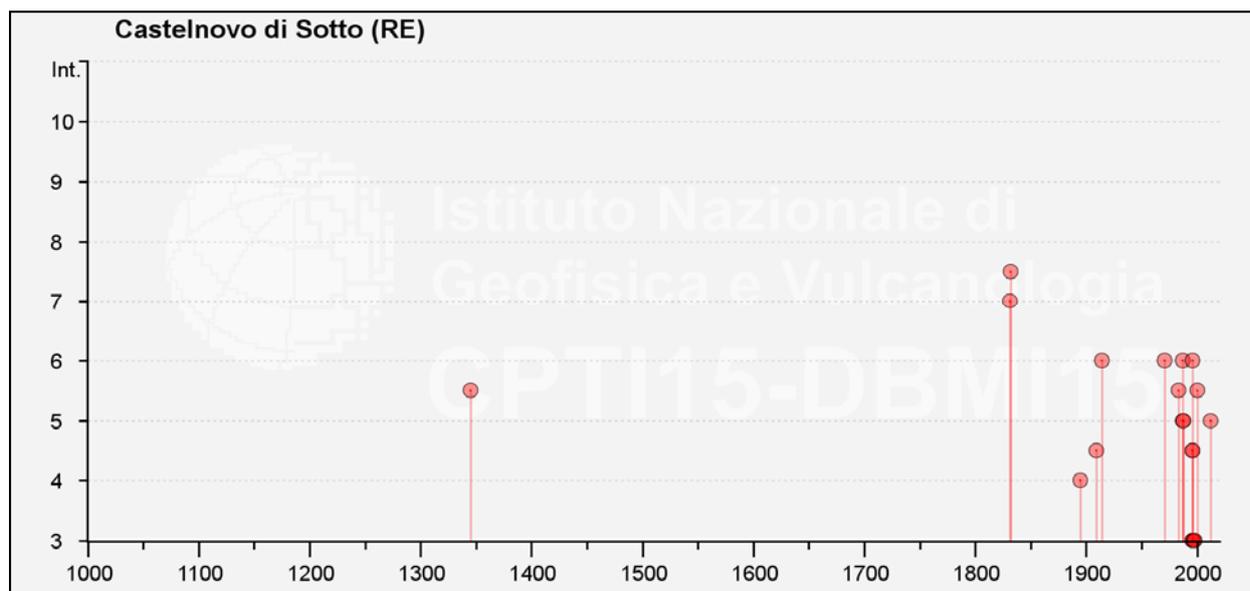
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6-7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
4-5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04
3	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3-4	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
3	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
3	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
4-5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



## Storia sismica di Castelnuovo di Sotto

Numero di eventi: 23

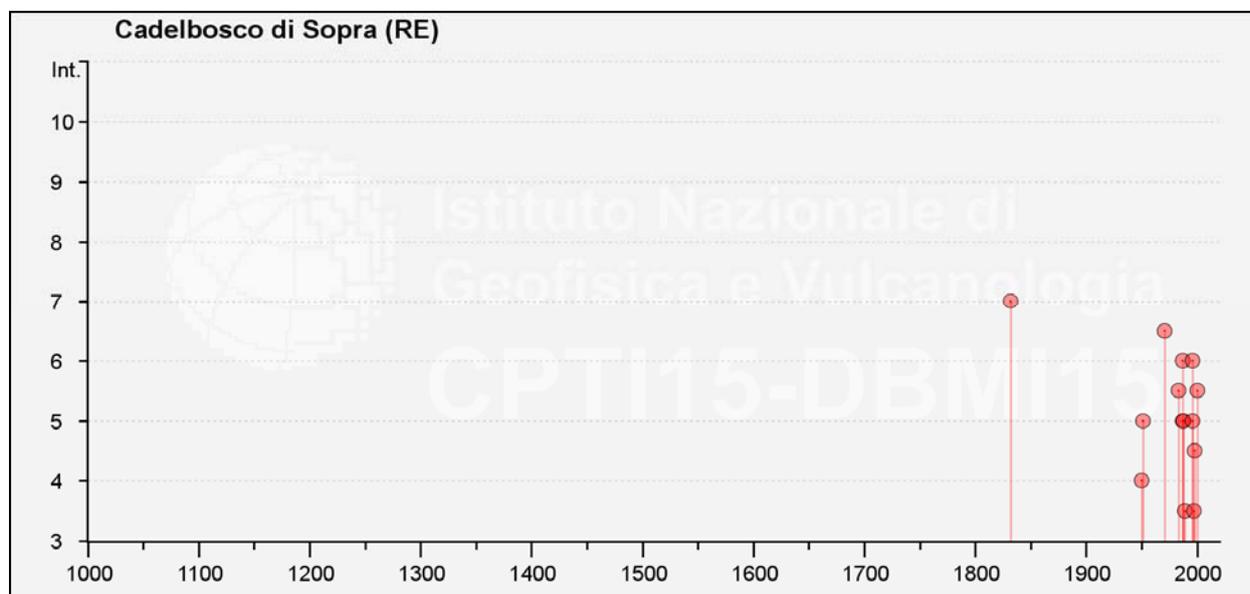
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1345 01 31	Pianura emiliana	1	5-6	4.40
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
7-8	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
4	1895 05 12 20 29	Reggiano	13	4-5	3.98
4-5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5-6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4-5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
3	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
5	2012 01 25 08 06 3	Pianura emiliana	25	5-6	4.98



**Storia sismica di Cadelbosco di Sopra**

Numero di eventi: 20

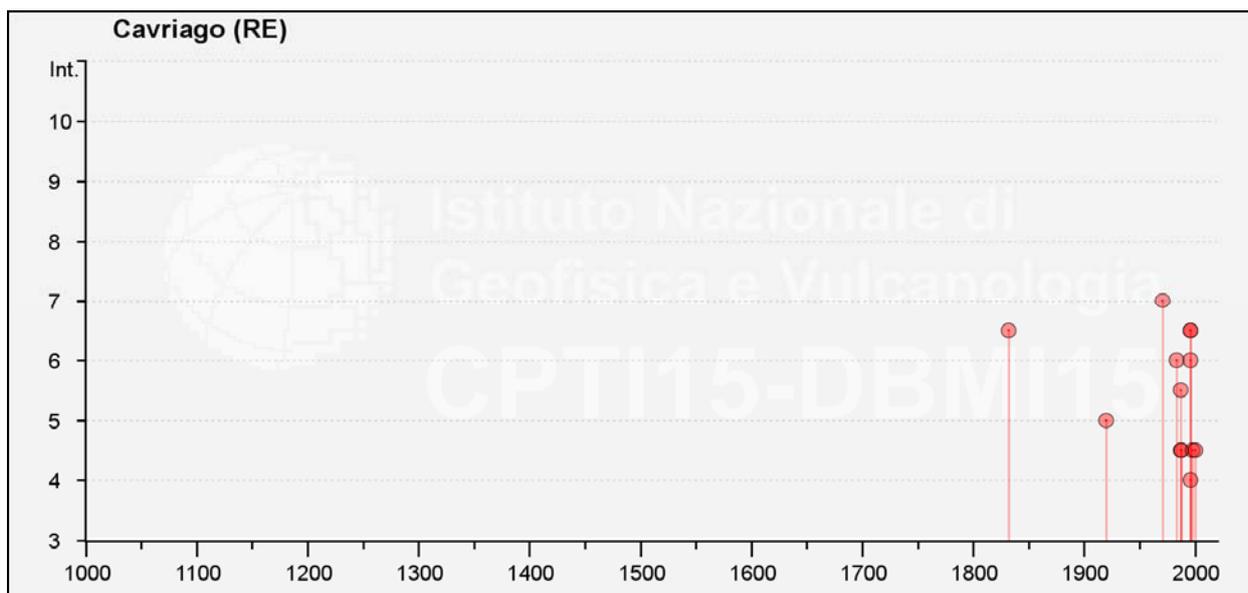
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
4	1950 05 06 03 43	Reggiano	4	4	4.41
5	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
6-7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5-6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3-4	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04
1-2	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
NF	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
3-4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



**Storia sismica di Cavriago**

Numero di eventi: 16

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
5	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
4-5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
5-6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
4-5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
6-7	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
6-7	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
4-5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
2	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23



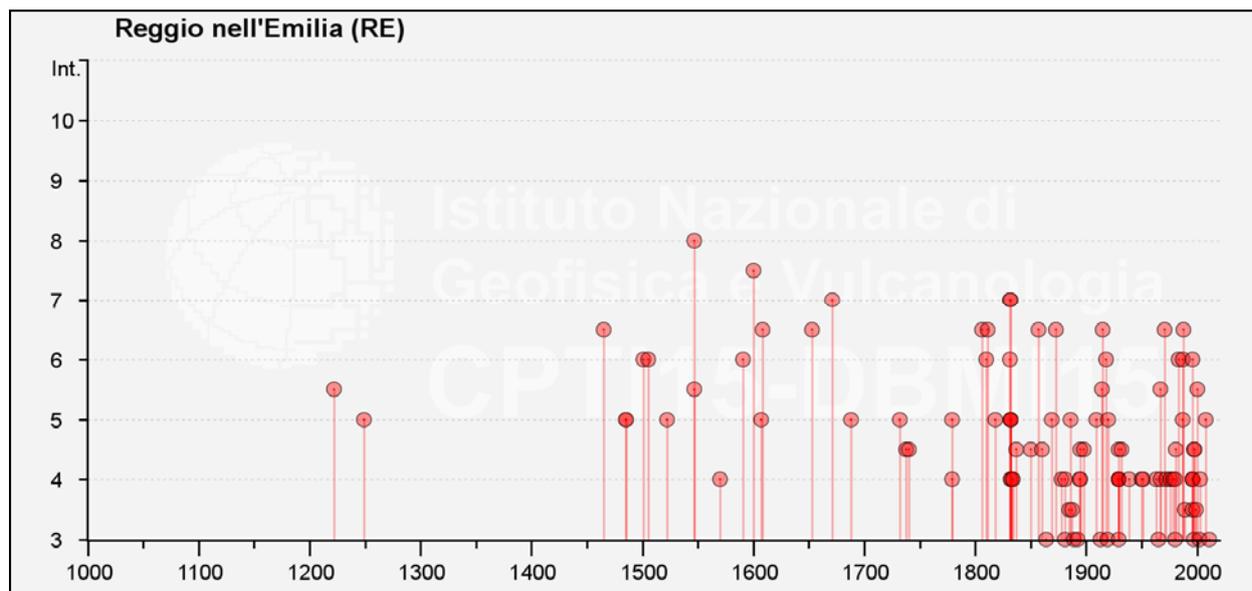
## Storia sismica di Reggio Emilia

Numero di eventi: 126

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1222 12 25 12 30	Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
5	1249 09	Modena	2	6-7	4.86
F	1348 01 25	Alpi Giulie	89	9	6.63
6-7	1465 04 07 15 30	Pianura emiliana	5	5-6	4.40
5	1485	Reggio nell'Emilia	1	5	4.16
5	1485 09 01	Pianura padano-veneta	4	5	4.16
6	1501 06 05 10	Modenese	17	9	6.05
6	1505 01 03 02	Bolognese	31	8	5.62
5	1522 10 05 00 10	Pianura Padana	6	5	4.71
8	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
5-6	1547 03 24	Reggiano	1	5-6	4.40
4	1570 11 17 19 10	Ferrarese	58	7-8	5.44
6	1591 05 24	Reggio nell'Emilia	1	6	4.63
7-8	1600 10 28	Reggio nell'Emilia	1	7-8	5.33
5	1607 12 31	Reggio nell'Emilia	1	5	4.16
6-7	1608 01 06 22 20	Reggio nell'Emilia	2	5-6	4.40
F	1624 03 19	Argenta	18	7-8	5.43
6-7	1653 04 19 04 15	Reggiano	4	5-6	4.40
7	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	8	7	5.27
5	1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9	5.84
F	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.40
5	1732 02 04 18 20	Parma	9	5-6	4.65
4-5	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7	5.10
4-5	1740 03 06 05 40	Garfagnana	32	8	5.64
5	1779 07 14 19 30	Bolognese	17		
4	1779 11 23 18 30	Bolognese	14	5	4.70
F	1779 12 24 17	Appennino pistoiese	9	5-6	4.59
6-7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
6	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
6-7	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
5	1818 12 09 18 55	Parmense	26	7	5.24
6	1831 07 14 15 30	Reggiano	8	5-6	4.60
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
4	1832 03 11 06 45	Carpi	14	5	4.51
4	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
5	1832 03 12 08 45	Reggiano	7		
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
5	1832 03 14 04 40	Reggiano	5		
5	1832 03 14 07 41	Reggiano	7		
5	1832 04 19 14 14	Reggiano	5		
4	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
4	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
4-5	1837 04 11 17	Lunigiana	60	9	5.94
F	1843 10 25 03 30	Mugello	17	6-7	5.03

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1845 09 14 22 20	Appennino tosco-emiliano	9	5	4.73
4-5	1850 09 18 06 20	Modenese	7	5	4.16
6-7	1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11
4-5	1860 07 17 13 43 3	Reggiano	5	4-5	3.93
3	1864 03 15	Zocca	13	6-7	4.84
5	1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5	4.57
F	1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8	5.61
6-7	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
2-3	1874 10 07	Imolese	60	7	4.96
2	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
4	1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6	4.84
4	1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7	5.22
3	1881 01 25 07 06	Bolognese	18	5	4.59
2	1881 02 14 09 00 3	Appennino bolognese	21	6	4.77
3-4	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6	5.01
5	1886 10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.70
3-4	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1889 03 08 02 57 0	Bolognese	38	5	4.53
F	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
3	1892 05 17 03 08 1	Carpineti	28	5	4.28
4	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
4-5	1895 05 12 20 29	Reggiano	13	4-5	3.98
4	1895 05 18 19 55 1	Fiorentino	401	8	5.50
F	1895 08 07 19 49 3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
4-5	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
F	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
F	1904 02 25 18 47 5	Reggiano	62	6	4.81
F	1904 06 10 11 15 2	Frignano	101	6	4.82
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
5-6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6-7	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
F	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
6	1918 05 06 08 05	Reggiano	8	5-6	4.41
3	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
5	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
2-3	1928 08 03 23 09	Lunigiana	21	5	4.26
3	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
4-5	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
4	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
4	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
4	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20
4	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
4-5	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
4	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96
F	1940 01 24 23 32 1	Appennino emiliano	6		

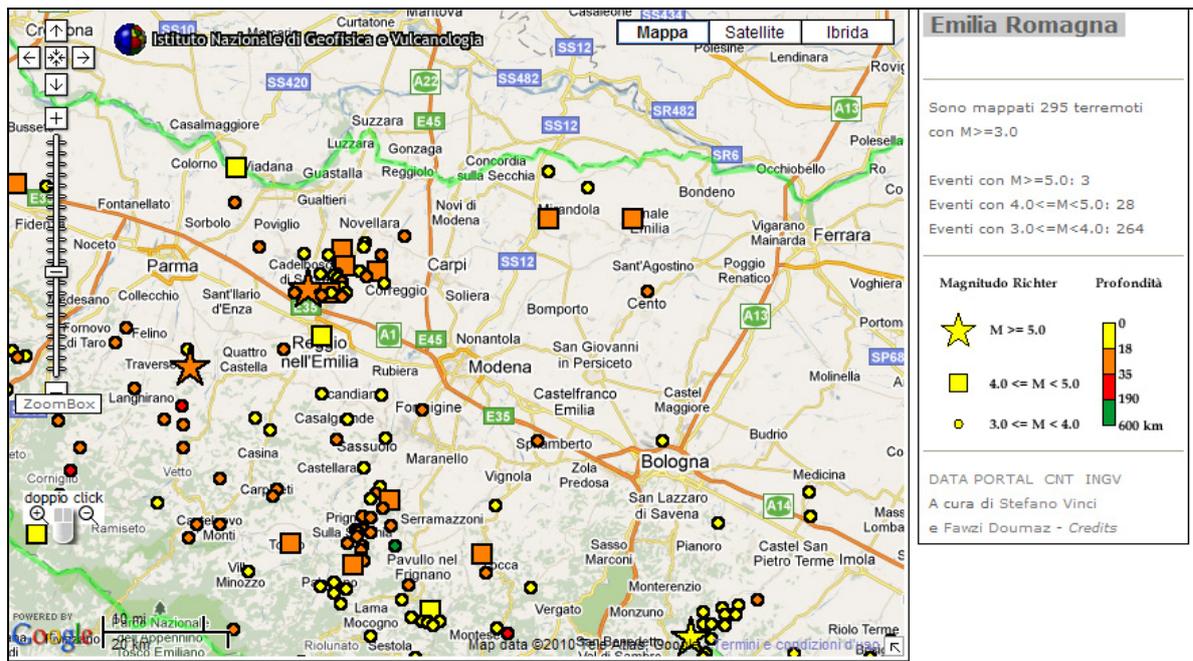
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1950 05 06 03 43	Reggiano	4	4	4.41
4	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
4	1963 11 04 15 46	Bassa modenese	5	5	4.16
3	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4.17
5-6	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
4	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05
6-7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
2-3	1978 12 05 15 39 0	Romagna	34	4-5	4.61
4	1978 12 25 22 53 4	Bassa modenese	28	5	4.39
3	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7	4.57
4-5	1981 05 26 09 27 5	Reggiano	6	5	3.75
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
2-3	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6-7	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3-4	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04
2-3	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
4	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
3-4	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4-5	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	1999 07 07 17 16 1	Frignano	32	5	4.67
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
3	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
5	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
3	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79



Dalle tabelle e dai grafici sopra esposti si possono ricavare le seguenti osservazioni:

- la storia sismica di Campegine e del suo intorno (con riferimento anche al comune di Reggio Emilia) ha una buona testimonianza ed estensione temporale (il primo evento documentato risale al 1222 per il comune di Reggio Emilia)
- il grado di sismicità è di tipo medio – medio elevato con intensità massime percepite equivalenti 7-8 grado MCS, corrispondente a magnitudo stimata in  $M_w = 5.2 \div 5.5$
- le massime intensità sismiche sono state prodotte da eventi a piccola distanza (adiacenti ai confini comunali) e di tipo superficiale, mentre gli effetti di sismi anche ad elevata intensità ma distanti contribuiscono in maniera meno rilevante
- gli eventi sismici registrati nell'area reggiana, con maggior grado di documentazione e di affidabilità dal 1800 al 2012, relativi a sismi con intensità  $I_0 = 6 \div 7 - 8$ , evidenziano periodi di crisi sismica di durata media di 5/15 anni che si verificano mediamente ad intervalli temporali di  $20 \div 30$  anni, per gli eventi meno recanti 40-50 anni; di tali eventi quelli che hanno manifestato i numeri di scosse maggiori sono correlabili ai periodi:
  - 1800/1837; 1850/1870; 1910/1920; 1932/1940; 1961/1985; 1987/2000.

Per i tempi precedenti al 1800, con documentazione relativa inferiore, i principali periodi di crisi sismica sono individuabili per gli anni: 1465/1501; 1522/1610; 1610(Dorsale Ferrarese); 1650/1671; 1732/1740.



*Epicentri dei principali terremoti ( $M > 3$ ) rilevati da INGV tra il 1981 ed il 2006 nell'intorno dell'area di interesse*

### *Risentimenti sismici locali*

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Campegine ha modestamente risentito degli effetti dei terremoti del maggio-giugno ( $I_0 < 5$ ).

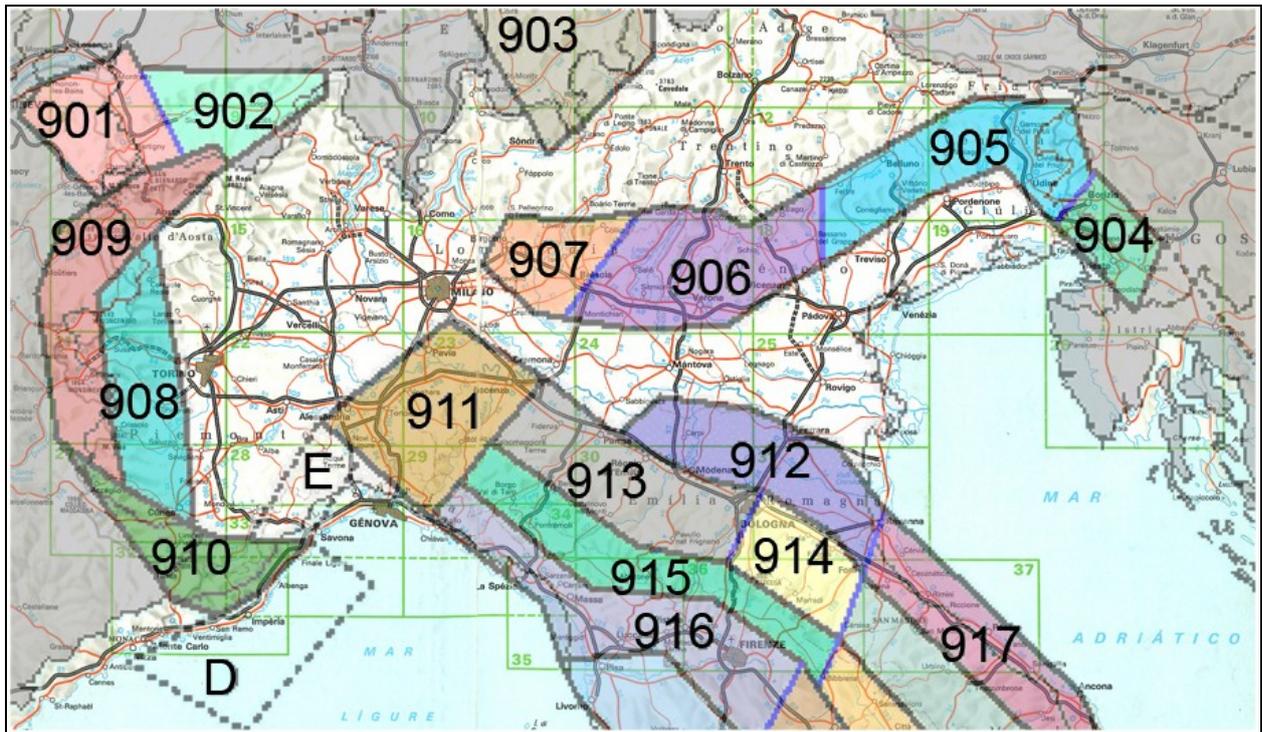
I risentimenti più rilevanti nel territorio di Campegine sono rappresentati da quelli conseguiti ai terremoti del 1831-1832 ed in subordine a quello del 1996. Ai primi di questi, con epicentro tra Corte Valle Re/Parrocchia di Cella e tra Caprara/Calerno circa 3/4 km a sud di Campegine Capoluogo, sono attribuite  $M_w = 5.58 - 5.6$ ; le documentazioni storiche attestano crolli di comignoli, crepe, crollo delle volte e del campanile della chiesa e forti danni alla canonica; tali carenze e generiche informazioni sono correlate anche alla poco diffusa presenza di patrimonio edilizio nel territorio di Campegine precedentemente al 1900. Le testimonianze dei danneggiamenti maggiori dei sopracitati terremoti sono relative allo evento del 1832 che ha indotto gli effetti maggiori a Bagnolo in Piano, Campegine, Castelnovo di Sotto, Coviolo, San Bernardino, Santa Vittoria, Sesso; a tali scuotimenti sono conseguiti i sopracitati danni alla chiesa di Campegine ed il crollo della facciata della chiesa della parrocchia parrocchiale di Sant' Andrea con lesioni e/o sconessioni di pilastri, archi e volte, al suo interno; analoghi effetti sono avvenuti nella chiesa parrocchiale di San Bernardino e simili in quella di Sesso con inagibilità della chiesa e necessità di demolizione della torre campanaria, danni ingenti furono indotti alle chiese di Santa Vittoria e di Coviolo.

Tali effetti sono con tutta probabilità correlati anche alle condizioni statico strutturali degli edifici sopra descritti precedenti correlate all' evento sismico del 1831.

Il sisma del 1996, con  $M_w = 5.41$  con epicentro poco ad ovest di S. Tommaso della Fossa - Bagnolo in Piano e profondità di  $- 5 \pm 0.3$  km dal piano campagna, non ha indotto significativi danni al patrimonio edilizio di Campegine.

*Zone Sorgente*

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'area comunale di Campegine alla zona sismogenetica 912, ambito di dominio dell'Arco delle Pieghe Ferraresi. Tale zona è sita ad una distanza di circa 7 km dal bordo settentrionale della zona sismogenetica 913, costituita del dominio delle Pieghe Pedeappenniniche sia Emiliane che Romagnole.



*Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)*

La fascia delle Pieghe Ferraresi rappresenta la porzione più esterna della zona in compressione dell'arco appenninico ed è caratterizzata da terremoti storici che hanno raggiunto valori medio elevati - elevati di magnitudo:  $M_w = 4.7/5.0 \div 5.6$  con tempi di ricorrenza dei periodi di crisi sismica di  $10/20 \div 30$  anni.

Dalla documentazione della storia sismica sopra esposta si evince che il territorio di Campegine e le zone circostanti: Cavriago – S. Ilario d'Enza, Cadelbosco di Sopra e di sotto, Reggio Emilia, sono egualmente interessati sia dai meccanismi focali che si originano nell'arco delle Pieghe Ferraresi interne che esterne, che dall'attività sismica del margine appenninico: Successione Carbonatica Meso - Cenozoica, successioni del Basamento Pre-triassico, ed in modo subordinato, della sismicità della Monclinale Alpina.

ZS	4.76	4.99	5.22	5.45	5.68	5.91	6.14
912	12	9	6	7	2	2	0
913	26	13	11	6	4	1	0

*Distribuzione degli eventi sismici per classi di magnitudo per le zone 912 e 913 (INGV, 2004)*

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio compreso tra Sant'Ilario d'Enza – Guastalla – Novellara – Novi di Modena – Carpi - Rubiera – Reggio Emilia, si sono originati per la percentuale maggiore nei primi 15 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale; la distribuzione degli ipocentri focali che si generano tra – 15 e – 35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

D'altra parte la sismicità crostale più profonda, ipocentri sottostanti 35 km dal piano campagna, nella pianura è decisamente inferiore e risulta caratterizzata da sismi di medio elevata magnitudo.

La riclassificazione sismica del territorio nazionale OPCM 3274/2003, attribuisce il Comune di Campegine alla zona 3 con grado di sismicità equivalente ai precedenti ambiti S6, i valori delle accelerazioni orizzontali della griglia delle NTC 14/01/2008 sono congruenti con la sopra citata classificazione.

In riferimento all'allegato A4 della Delibera della giunta Regionale Emilia Romagna n°2193/2015, alle zone sismogenetiche del territorio comunale di Campegine compete un valore di picco massimo dell'accelerazione orizzontale, corrispondente a:

$$\text{Campegine } a_{\text{gref}} = \mathbf{0,128 g}$$

I valori di  $a_g$  elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (Meletti C., Montaldo V., 2007. *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di  $a_g$ . Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>), attribuiscono, alla fascia territoriale a cui appartiene il comune in oggetto valori di accelerazione compresi tra:*

$$\text{Campegine } a_g = 0,100 \div 0,150 g$$

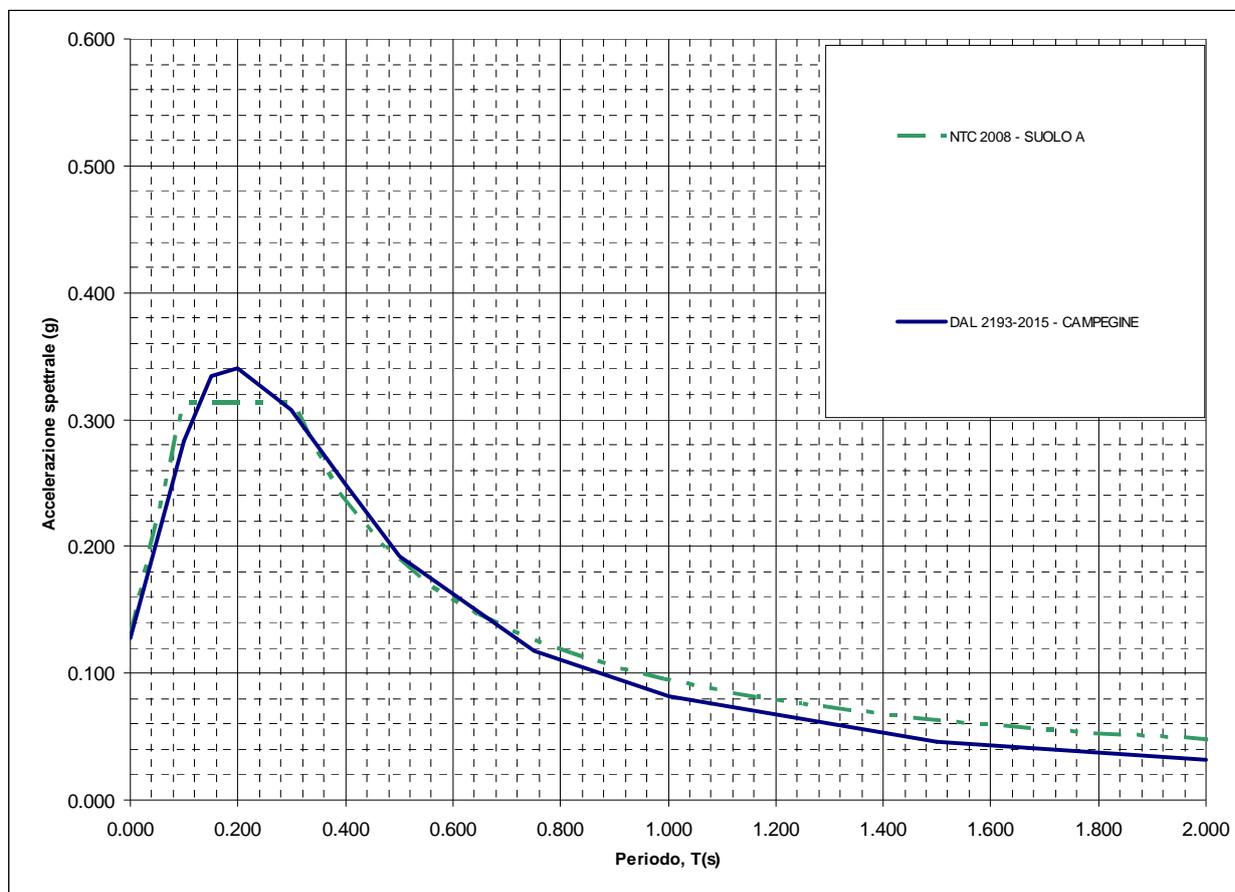
Tali valori, a livello territoriale diminuiscono da sud est a nord ovest.

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio emiliano il 20 e 29 maggio 2012 l'area di Campegine, Reggio Emilia, RE, ha risentito di effetti inferiori al V grado MCS, il territorio comunale non è stato inserito nei comuni appartenenti al cratere sismico. (Fonte: "Rilievo Macrosismico MCS Speditivo" – Rapporto Finale – Protezione Civile – Giugno 2012).

### **3.1 Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento**

La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni, riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (Meletti C., Montaldo V., 2007. *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di  $a_g$ . Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>) varia nell'intervallo 0,100 ÷ 0,150g. Tali dati sono stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione delle tabelle contenute nella Delibera della Giunta Regionale n° 2193/2015 "Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato 'Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica', di cui alla deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n° 112".*

Mediante i dettami di detta delibera è stato costruito lo spettro di riferimento a probabilità uniforme per il comune di Campegine, evidenziato nella seguente figura, dove è confrontato con lo spettro elastico in superficie per sottosuolo di categoria A (DM 14-01-2008) riferito al medesimo comune.



*Spettri di risposta a probabilità uniforme, pari al 10% di almeno una eccedenza in 50 anni per Campegine. Smorzamento pari al 5%. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera della giunta regionale ER n° 2193/2015, mentre con linea verde tratteggiata è riportato lo spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettami delle NTC 2008.*

## 4 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio del comune di Campegine appartiene al bacino della Pianura Padana, estendentesi su una superficie di circa 46000 kmq, che costituisce la zona di saldatura tra Alpi ed Appennini ed è formata da un'ampia e profonda depressione nella quale si distinguono nettamente due complessi sedimentari. Di questi quello più recente, è suddiviso in due Supesintemi, il primo dei quali: Supersintema Emiliano Romagnolo, da oggi a 0,65 Ma<sup>1</sup>, è rappresentato da depositi alluvionali prevalentemente costituiti da sabbie, ghiaie, argille e limi di piana e da sedimentazioni di delta conoide e marine marginali, formate da sabbie ed arenarie poco cementate alternate ad argille e limi e talora ad orizzonti conglomeratici. Detta litozona è seguita dalle successioni sabbiose, arenacee, marnoso argillose del Supersintema del Quaternario Marino da 0,65 a 0,9 Ma (*Pleistocene med.*) alle quali soggiacciono le sequenze cicliche sabbiose talora ghiaiose e limoso sabbioso argillose del *Pleistocene inf.* da 0,9 a 1.72 Ma. Tali sintemi coprono l'unità inferiore rappresentata dalle formazioni plioceniche – mioceniche – mesozoiche (da 1,8 a 24 – 247, Ma) costituite essenzialmente da depositi di ambiente marino sia costiero che di piattaforma e/o bacinale a faune pelagiche.

In detto complesso lo spessore dei depositi continentali formanti la prima unità è mediamente compreso tra 200/300 e 500/600 m, localmente nell'alto strutturale di Novi Mo – Mirandola è inferiore a 100 m, ed è seguito dalle formazioni pleistoceniche generalmente rinvenibili tra -100/200 ÷ 500 – 600 e -1000 / -1300 m di profondità. A queste succedono le sequenze litostratigrafiche quaternarie del *Pleistocene medio inferiore* comprese tra 1000/1300 e 1700/2000 m di profondità. Successivamente si rinvencono sino a -3/-4 ÷ -5/-6 km pc, -7 ÷ -8 km pc nella zona di Campegine – Sorbolo – Brescello – S. Vittoria e ad est di Soliera – Carpi le formazioni del *Pliocene*.

Ad esse soggiacciono le successioni dal *Miocene al Mesozoico*, individuate mediante disamine geofisiche, sino a -9.000 ÷ -12.000 m dal piano campagna ad eccezione della Dorsale Ferrarese come sopra accennato per Novi Mo – Mirandola e dell'area ferrarese tra Porotto/Casaglia ed Occhiobello (Veneto).

L'assetto strutturale del Bacino Padano, come evidenziano le analisi, indagini geofisiche e perforazioni eseguite da *AGIP-ENI*, è caratterizzato da una successione pliocenico - quaternaria accresciuta da ovest verso est, a carattere regressivo, costituita da sabbie e peliti torbiditiche di ambiente marino alla base, che verso l'alto sono seguite da complessi sedimentari fluvio deltizi progradanti, a loro volta coperti al tetto da depositi eminentemente continentali messi in posto dalle alluvioni dei fiumi alpino - appenninici.

Questi ultimi a scala di bacino hanno generato un cuneo di accrescimento che nell'insieme tende ad aumentare in spessore, in direzione orientale ed in senso sud - nord.

Il sottosuolo dell'area planiziale delle province di Reggio Emilia e Parma appartiene alla Regione delle Pieghe Padane che in detta zona formano il Fronte delle Pieghe Emiliane che assumono una larghezza variabile equivalente a più di 50 Km nell'Emilia orientale ed a 25 Km nell'area parmense e l'arco delle Pieghe Ferrarese che si estende dapprima in direzione sud

---

<sup>1</sup> Milioni di anni.

ovest – nord est da Reggio Emilia a Novi Mo, con larghezze e comprese tra 10 e 15 km, e successivamente ovest est assumendo larghezza di 8/10 km da Novi Mo a Mirandola e che in direzione est aumentano a 15-30 km suddividendosi in un arco interno largo 8/15 km orientato ovest nord ovest – est sud est da Finale Emilia o Portomaggiore – Alfonsine ed un arco esterno con larghezza di 10/17 km a direzione ovest est da Mirandola/Poggiorusco a Ferrara – Tresigallo – Comacchio.

Dette pieghe rappresentano un elemento strutturale sensibilmente complesso caratterizzato da un'intensa tettonizzazione che ha determinato notevoli innalzamenti del substrato carbonatico mesozoico, che presso Novi (Mo) - Camurana si rinviene già da -220 m dal piano campagna ed a Casaglia Fe a -150 m pc.

Nel sottosuolo del territorio di Campegine le formazioni del substrato prepliocenico, attribuibili alla monoclinale alpina, si rinvencono a profondità di 7 km e quelle correlabili alle Pieghe Ferraresi ed Emiliane, al margine orientale e meridione dell'area comunale, si rinvencono a 3 ÷ 5 km e 6 km più ad est (Bagnolo in Piano) a 2 ÷ 3 km di profondità e sono a contatto con la suddetta monoclinale mediante sovrascorrimenti classificati attivi.

L'interazione tra l'ala sud occidentale della Dorsale Ferrarese, denominata Rampa Laterale di Bagnolo in Piano (*G. Barbacini ed Atlii*), con il fronte delle Strutture Embriciate del Margine Appenninico, tra il T. Enza e F. Secchia, ha determinato un sollevamento del territorio tra Campegine e Calerno relativamente più accentuato rispetto alle aree circostanti.

A ciò è conseguita una minore possibilità di sedimentazione dei depositi quaternari più recenti con la preservazione di morfologie e depositi più antichi rispetto alle adiacenti zone di Cadelbosco di Sopra e di Sotto e di Gattatico.

Quanto esposto trova riscontro nel dosso di Via della Razza – Campegine sede di insediamenti superficiali di età Neolitica indicanti una deposizione alluvionale praticamente nulla negli ultimi 8000 - 12000 anni.

L'arco delle Pieghe Emiliane Sepolte, tra Reggio Emilia e Parma, costituisce una fascia anticlinale orientata in senso nord ovest – sud est e vergente verso nord che risulta dislocata trasversalmente da faglie a direttrice sud est – nord ovest. Tra queste, quella identificata come linea dell'Enza, costituita da più faglie ad andamento sub parallelo, ha determinato un avanzamento della parte orientale dell'arco, (in territorio reggiano), rispetto al settore occidentale (nel parmense) generando un disassamento del margine pedeappenninico.

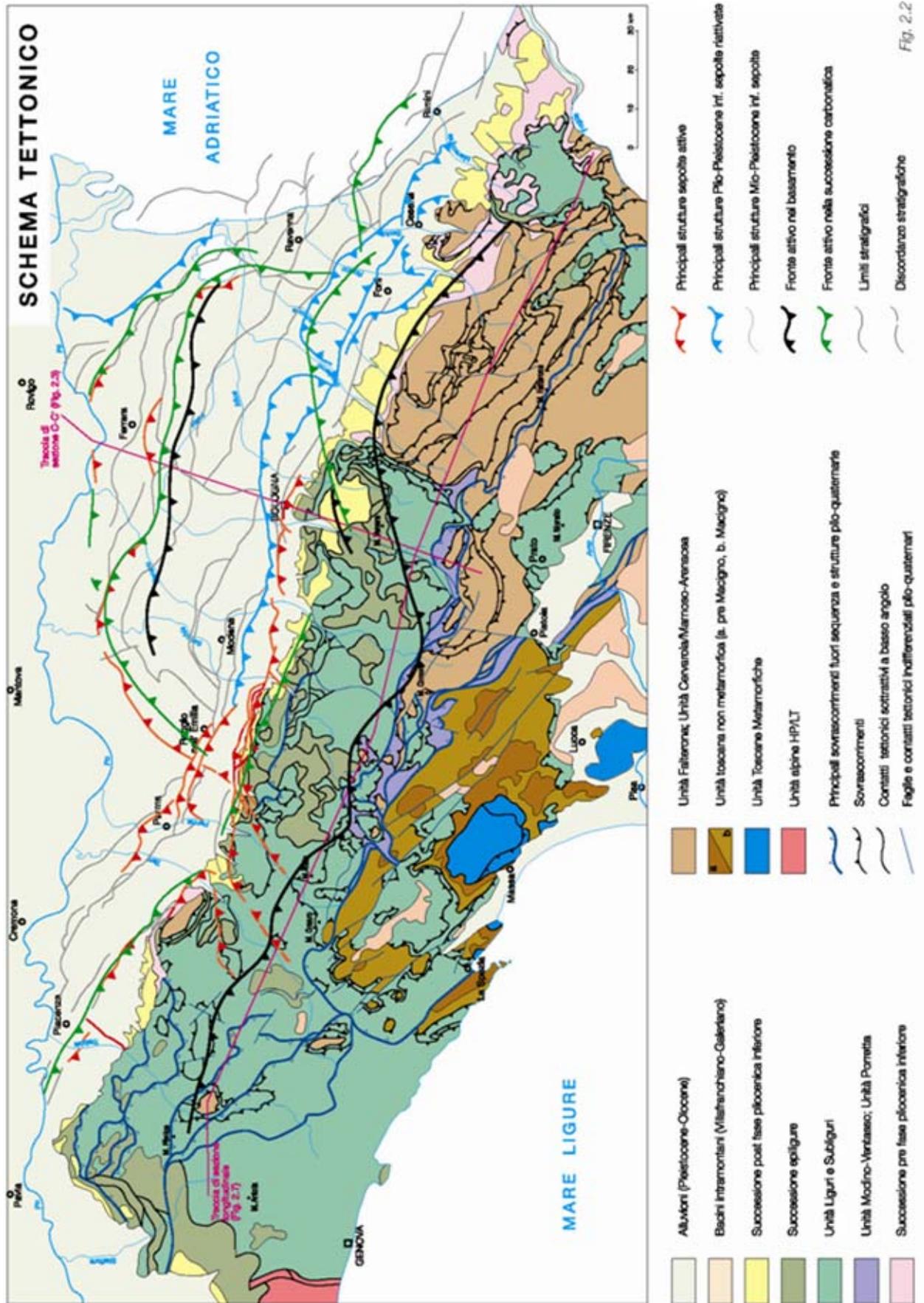
Nell'ambito del sistema plicativo che si sviluppa verso occidente la Dorsale Ferrarese, la cui ala occidentale è rinvenibile circa a 3 ÷ 4 km ad est di Campegine, costituisce la parte più esterna dell'arco e presenta vergenza settentrionale.

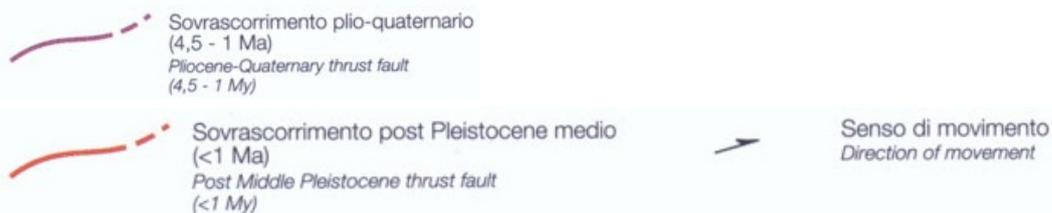
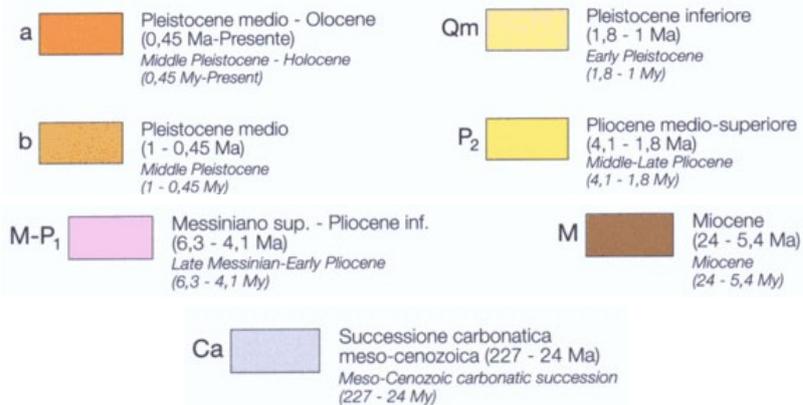
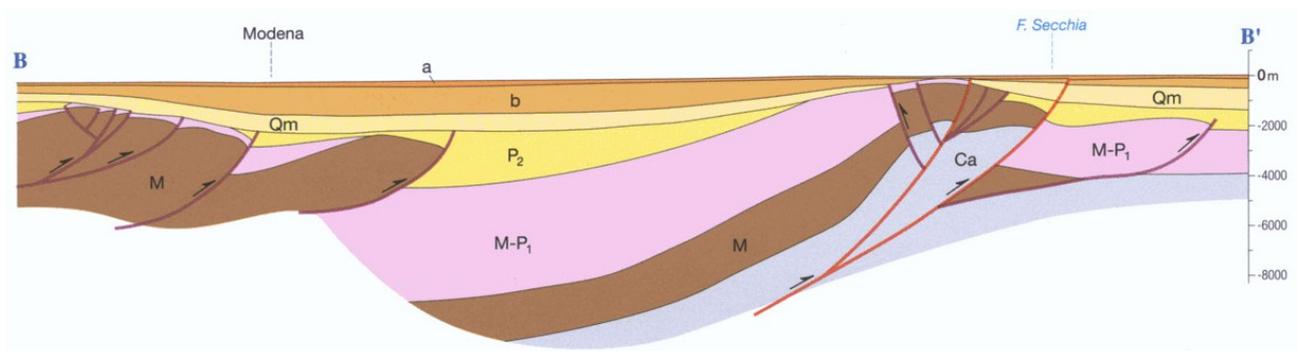
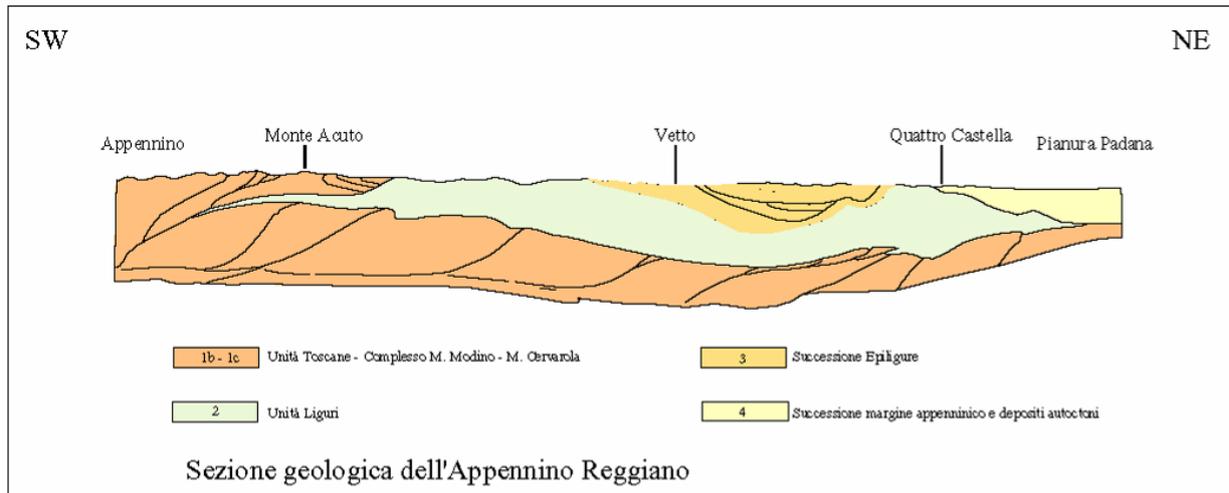
Nella zona centro settentrionale del territorio di Reggio Emilia (Bagnolo in Piano – Correggio) il sottosuolo è caratterizzato nei primi 6000 m dal p.c. dalla presenza di una formazione carbonatica di mare basso con età *Giurassico sup.* - *Cretacico inf.* che risulta essere assente nelle aree circostanti.

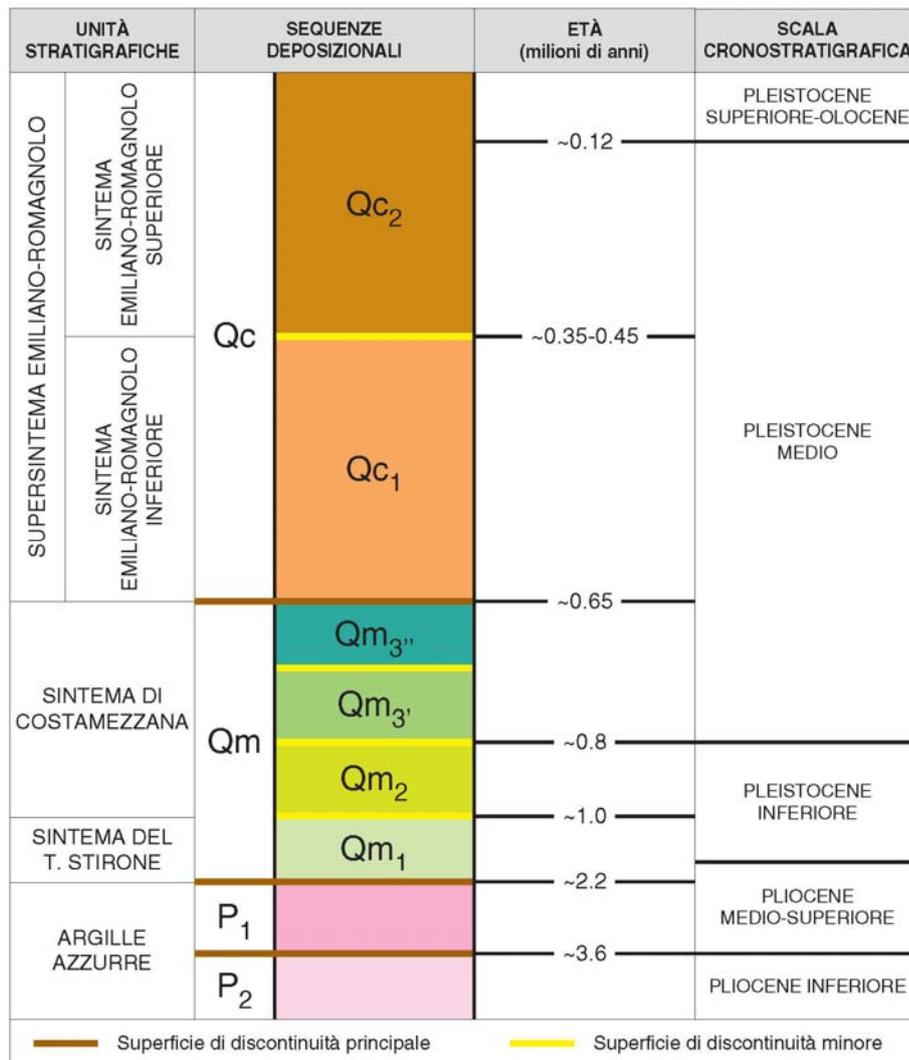
Nel sottosuolo di Campegine, in base ai dati *RER*, i sedimenti alluvionali olocenici e pleistocenici, presentano spessori di 150/160 m nelle zone meridionali che aumentano progressivamente a 280/320 m in direzione nord – nord ovest; a settentrione, in territorio di Castelnuovo di Sotto la potenza aumenta a 400/450 m.

Detti depositi sono caratterizzati da livelli prevalentemente ghiaioso sabbiosi - sabbiosi, generalmente continui, e con struttura lentiforme, intercalati a sequenze argilloso limose di spessore subordinato nelle zone meridionali e che aumenta progressivamente in direzione settentrionale con incremento in potenza delle litozone argilloso limose.

La serie litostratigrafica che sarà descritta con maggior dettaglio nel paragrafo idrogeologia, è correlabile alla fascia dei depositi continentali pleistocenici ed olocenici dell'alta pianura, di conoide alluvionale ed a settentrione di Campegine della media pianura di piana esondabile che ricalcano l'assetto strutturale del substrato attenuandone le morfologie.









SCALA GEO-CRONOMETRICA IN MA			
SCALA CRONOSTRATIGRAFICA			
EPOCHE		ETA STANDARD	
0		0	
PLEISTOCENE		1.7 CALABRIANO	
5		2.6 PIACENZIANO	
		4.2 TABIANIANO	
		5.2 MESSINIANO	
		6.6 Tortoniano	
10		11.5	
15		15.5 SERRAVALLIANO	
		16.5 LANGHIANO	
20		22.5 BURDIGALIANO	
		24 AQUITANIANO	
25		32 CATTIANO	
30		37 RUPELIANO	
35		40 PRIABONIANO	
40		44 BARTONIANO	
45		49 LUTEZIANO	
50		53.5 YPRESIANO	
55		60 THANETIANO	
60		65 DANIANO	
65		65	

UNITA' DELLA SCALA STANDARD									
DIVERGENZE IN MA	EON	ERE GEOL. EONICHE	PERIODI	EPOCHE	ETA	ALTRE UNITA'	UNITA' LOCALI E NOMI ABBANDONATI		
			SISTEMI	SERIE	PIANI				
1,8 5 24 37 53,5 65 96 143 212 247 289 367 416 446 509 575	C E N T R O I A O		QUATERNARIO	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO	IRECENTE		
			PLEISTOCENE	TIRRENIANO	CRITONIANO				
				MILAZZIANO					
				SICILIANO					
			NEOGENE	PLIOCENE	PIACENZIANO	SANTERNANO	VELLAFRANCA	ASTIGIANO	
					ZANCLEANO			TABIANIANO	
				MIOCENE	MESSINIANO	PONTICO		ANDALUSIANO	
					TORTONIANO	PANNONICO	SARMAZIANO	ELVEZIANO	
					SERRAVALLIANO				
					LANGHIANO				
BURDIGALIANO									
AQUITANIANO									
OLIGOCENE	CATTIANO	LATORFIANO			TONGRIANO	LUZIANO			
	RUPELIANO				BARTONIANO				
PALEOGENE	PRABONIANO		LEDRANO	ALVERSIANO					
	EOCENE	LUTEZIANO	BIARRIZZIANO						
PALEOCENE	YPRESIANO	CUSIANO	SPARNACIANO						
		SPLECIANO							
	DANIANO	THANETIANO		FLANDESIANO					
		MONTIANO							
		DANIANO							
		CRETACICO	MAASSRICHTIANO						
			SENOBIANO						
		GIURASSICO	superiore	CAMPANIANO					
				SANTONIANO					
			inferiore	CONIACIANO					
TURONIANO									
CEHOMANIANO									
ALBIANO									
APTIANO									
BARREMIANO									
HAUTERIVIANO									
VALANGINIANO									
BERRIASIANO									
TRIASSICO	medio	PORTLANDIANO							
		KIMMERIDGIANO							
PERMIANO	superiore	OXFORDIANO							
		MALM							
	inferiore	DOGGER	CALLOVIANO						
			BATHONIANO						
			BAJOCIANO						
			AALENIANO						
			TOARCIANO						
			PLIENS-BACHIANO						
			SINEMURIANO						
			HETTANGIANO						
	RETICO								
	NORICO								
CARBONIFERO	superiore	CARNICO							
		LADINICO							
	inferiore	ANISICO							
		SCITICO							
		TATARIANO							
		KAZANIANO							
		KUNGURIANO							
		ARTINSKIANO							
		SARKARIANO							
		ORENBURGIANO							
GZELIANO									
DEVONIANO	superiore	MOSCOWIANO							
		BASHKIRIANO							
	inferiore	SERPUKHOVIANO							
		VISEANO							
		TOURNAISIANO							
		FAMENNIANO							
		FRAZIANO							
		GIVETIANO							
		EIFELIANO							
		EMSIANO							
SIEGENIANO									
SILURIANO	superiore	GEDINNIANO							
		PRIDOLIANO							
	inferiore	LUDDLIOVIANO							
		WENLOCKIANO							
		LLANDOVERIANO							
		VALENTIANO							
		ASHGILLIANO							
		CARADOCIANO							
		LLANDEILIANO							
		LLANVIRNIANO							
ARENIGIANO									
CAMBRIANO	superiore	SKIDDAVIANO							
		TREMADOCIANO							
	inferiore								

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

I processi che hanno determinato i piegamenti del substrato, esplicitatisi in fasi di sollevamento del fondo bacino, si sono verificati principalmente in due periodi distinti collocabili tra il *Miocene* ed il *Pliocene* (25.2 - 5.2 Ma), manifestatisi con prevalenza nell'area piacentino - lombarda, e nel *Pliocene* inferiore e medio (3.9 - 2.2 Ma) che hanno maggiormente coinvolto la zona emiliano - romagnola, in quest'ultima detti eventi sono rimarcati dalla superficie di erosione in ambiente subaereo della base del *Supersistema del Quaternario Marino*.

A tali eventi tettonici è seguita un'altra importante fase nel *Pleistocene* medio (0.8 - 0.45 Ma) che ha indotto il rapido spostamento della fascia di transizione tra la scarpata sottomarina e la piana bacinale verso nord est - est, alla quale è seguita una fase secondaria tra 0,26 - 0,22 Ma.

I processi in narrativa hanno condizionato la conformazione dei depositi quaternari, alluvionali e marini costieri, che ricalca l'andamento del substrato prepliocenico attenuandone le geometrie, come evidenziano gli assetti blandamente antiformali della base delle unità alluvionali sedimentatesi negli ultimi 650.000 anni b.p. AEI, e cicli deposizionali basali e medi di AES, 450.000 - 220.000 anni bA.

I conseguenti diversi spessori di materiale sedimentato sono stati oggetto di sensibile subsidenza. Detti abbassamenti, per processi di autoconsolidazione, non si sono verificati uniformemente ed hanno manifestato intensità maggiore nelle fasce centrali delle sinclinali e zone della monoclinale alpina, minore nelle zone prossime ai settori di asse di anticlinale, condizionando il grado di possibilità di consolidazione dei terreni. Queste condizioni, in taluni casi, hanno indotto in circoscritte aree accentuazioni dei fenomeni subsidenti ai quali si è associato, localmente, lo svilupparsi di faglie distensive che non giungono in superficie e sono sigillate dall'unità AES7.

I processi descritti nell'insieme hanno generato un assetto strutturale del bacino, a carattere compressivo, nel quale si delineavano a luoghi settori emersi soggetti ad erosione.

#### **4.1 Caratteri sismotettonici**

Il sottosuolo dell'area pianiziale delle province di Reggio Emilia e Parma appartiene alla Regione delle Pieghe Padane che in detta zona formano a sud la fascia della Pieghe Emiliane, con larghezza variabile, da più di 50 Km nell'Emilia orientale a 25 Km in quella occidentale del parmense, e l'arco delle Pieghe Ferraresi con larghezze 8/10 km a sud ovest e 15/30 km a nord est - est.

Dette pieghe rappresentano elementi strutturali sensibilmente complessi caratterizzati da un'intensa tettonizzazione che per la Dorsale Ferrarese hanno determinato un notevole innalzamento del substrato carbonatico mesozoico che presso Novi di Modena (MO) - Camurana, si rinviene già da 215-310 m dal piano campagna (p. Novi 4bis, 1952 - p. Cavone di Carpi 2, 1978) ed a -150/-200 m pc a Casaglia (FE).

Nella fascia del fronte delle pieghe pedeappenniniche, nella zona estesa nord ovest - sud est sub parallelamente alla via Emilia, i processi compressivi hanno determinato il

sollevamento delle pieghe sepolte del fronte pedeappenninico sino a -2500/-3000 m dal piano campagna.

Nell'ambito del sistema plicativo l'arco delle Pieghe Ferraresi costituisce la parte più esterna della strutturazione del fronte appenninico e presenta vergenza settentrionale ed è suddivisa in due dorsali una più interna: Struttura Bagnolo in Piano – Campagnola E. – Rolo – Novi MO – Mirandola – Cento ed una esterna: Struttura Quarantoli – Bondeno – Ferrara.

Quest'ultima assume andamento circa ovest-est dal Ferrarese a Camurana - Novi successivamente con il passaggio alle Pieghe Ferraresi interne presenta direzione sud ovest - nord est da Novi MO a Novellara a Bagnolo in Piano. La flessione dell'anticlinale tra Novi e Rolo pare imputabile ad alcune faglie trasversali, trascorrenti, a direttrice circa nord ovest-sud est.

Nella zona di Reggio Emilia, Bagnolo in Piano la successione delle formazioni nei primi 5000/6000 m. è caratterizzata dalla presenza di una formazione carbonatica di mare basso con età *Giurassico sup. - Cretacico inf.* Quest'ultima risulta essere assente nelle aree circostanti, come denotano i pozzi perforati da *AGIP*, nei quali il *Cretacico inf.* è rappresentato dalle classiche facies carbonatiche pelagiche (Biancone o Maiolica).

Nel contesto dell'evoluzione del bacino sedimentario padano, contraddistinto in detto periodo da processi distensivi, la presenza di sedimentazioni in ambiente marino basso, secondo *A. Bosellini*, 1981, è correlabile all'esistenza di una fascia, estesa in modo assecondante l'attuale margine meridionale della Pianura Padana tra Modena e Parma, nella quale si sviluppavano sollevamenti per fratturazioni anastomizzate a componente prevalentemente orizzontale che rigettavano sinistralmente il margine continentale della Placca Adria.

La presenza di detta faglia trascorrente sarebbe confermata dai dati sismici e gravimetrici relativi all'area in oggetto e dall'esistenza di una fascia di epicentri sismici, larga circa 70 Km denominata linea Piacenza Forlì (*Peronacci 1974; Sacchi 1979*), con profondità di 30-40 Km (*Caloi et Alii, 1956*).

I dati paleomagnetici (*Vanderberg e Wonder; 1976*) riferiti al fondo del paleoceanico ligure, documentanti diversi movimenti in due periodi distinti, concorrono a confermare gli effetti di una faglia trascorrente in tale area del bacino padano.

Lo spessore della successione mesozoica, che nel settore di "Bagnolo in Piano" è caratterizzata dall'omonima piattaforma carbonatica, presente circa tra 4500 e >5730 m (profondità della base non pubblicata), conferisce un incremento relativo della rigidità della sequenza formante i primi 10 - 12 Km del sottosuolo tutt'altro che trascurabile. Detti elementi, unitamente all'esistenza della linea tettonica denominata *Emilian fault* (*A. Bosellini; 1981*), determinano condizioni d'insieme significativamente influenti sul tipo di attività sismica dell'area pianiziale Reggiano – Parmense, come indica l'epicentro del sisma di Bagnolo in Piano – Correggio del 1996 avvenuto a profondità di -5/-5,5 km dal piano campagna.

Nell'ambito di quanto esposto è inoltre determinante la presenza delle faglie che delimitano le ali occidentali ed orientali della Dorsale Ferrarese e quella del Fronte di Accavallamento della successione carbonatica meso-cenozoica rinvenibile a profondità di 7/8 ÷ 9/10 km dal piano campagna con approfondimento in verso meridionale; Tale

sovrascorrimento si estende in direttrice sud ovest – nord est, circa secondo l'allineamento Villa Sesso – Campagnola Emilia – Fabbrico.

Il bordo dell'ala occidentale della Dorsale Ferrarese interna, corrispondente alla linea di sovrascorrimento che la mette a contatto con la monoclinale alpina, presenta direzione sud ovest – nord est e si estende circa secondo l'allineamento Fabbrico – Novellara – Cadelbosco di Sotto e di Sopra. A dette linee tettoniche regionali si associano fasce di fratturazione a direttrice sia appenninica che antiappenninica, come denotano le zone di frattura individuate a profondità di 1000 - 1200 m dal piano campagna nel campo pozzi AGIP di Correggio: zona S. Michele – S. Giovanni della Fossa (AGIP, 1952, Campo di Correggio). In tale area si evidenzia una fascia a direttrice sud ovest - nord est, 4/5 km ad occidente del suddetto capoluogo, che circa tra Fosdondo e S. Michele della Fossa interseca un'altra zona di frattura orientata est sud est – ovest nord ovest che con tutta probabilità, in rapporto all'assetto delle isobate del tetto del Pleistocene superiore, si estende anche in direzione sud est assecondando l'andamento della via Fosdondo sino all'omonima frazione. Nel settore occidentale, ad ovest di S. Michele della Fossa, detta fascia si associa ad una zona di intensa fratturazione che si sviluppa in senso sud ovest – nord nord est.

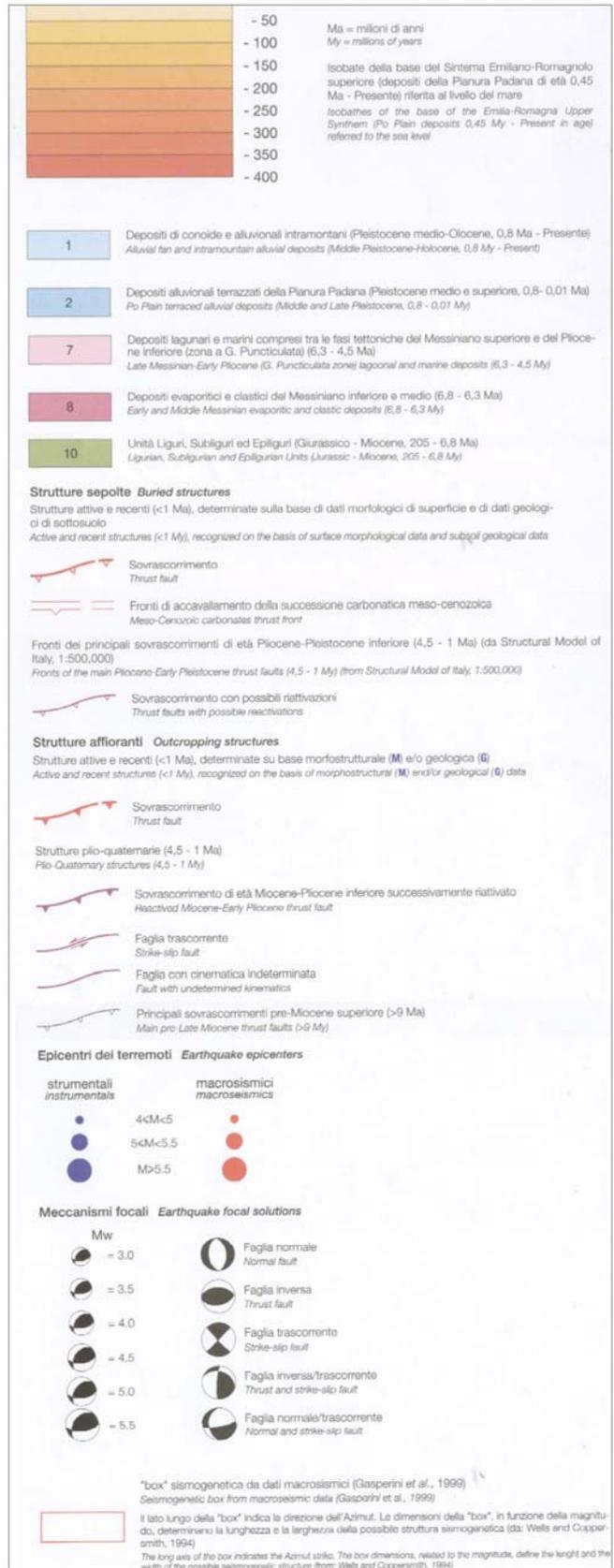
Le principali linee tettoniche sopra citate trovano riscontro nei limiti dello schema sismotettonico identificante le zone sorgente, redatto da P. Scandone et Alii (1991) e quello della zonazione sismogenetica ZS9, INGV. 2004.

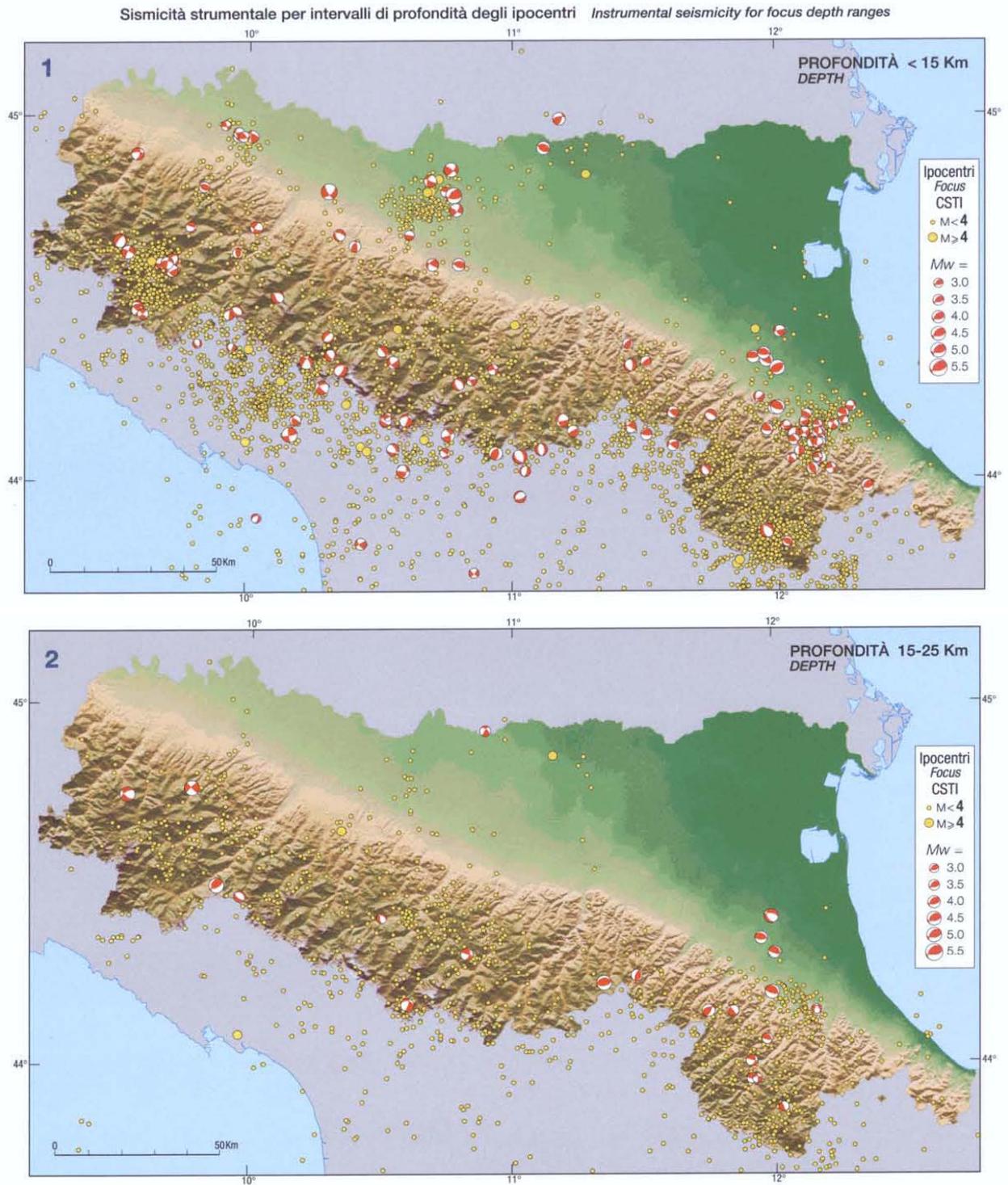
Dette suddivisioni evidenziano un grado di correlabilità molto elevato tra la fascia del margine appenninico settentrionale estesa secondo l'allineamento Parma Reggio Emilia, Modena Bologna e la zona di probabile presenza dell'*Emilian Fault*. Analoga considerazione è estendibile anche alle faglie inverse che delimitano il fronte occidentale e settentrionale dell'Arco della Pieghe Ferraresi.

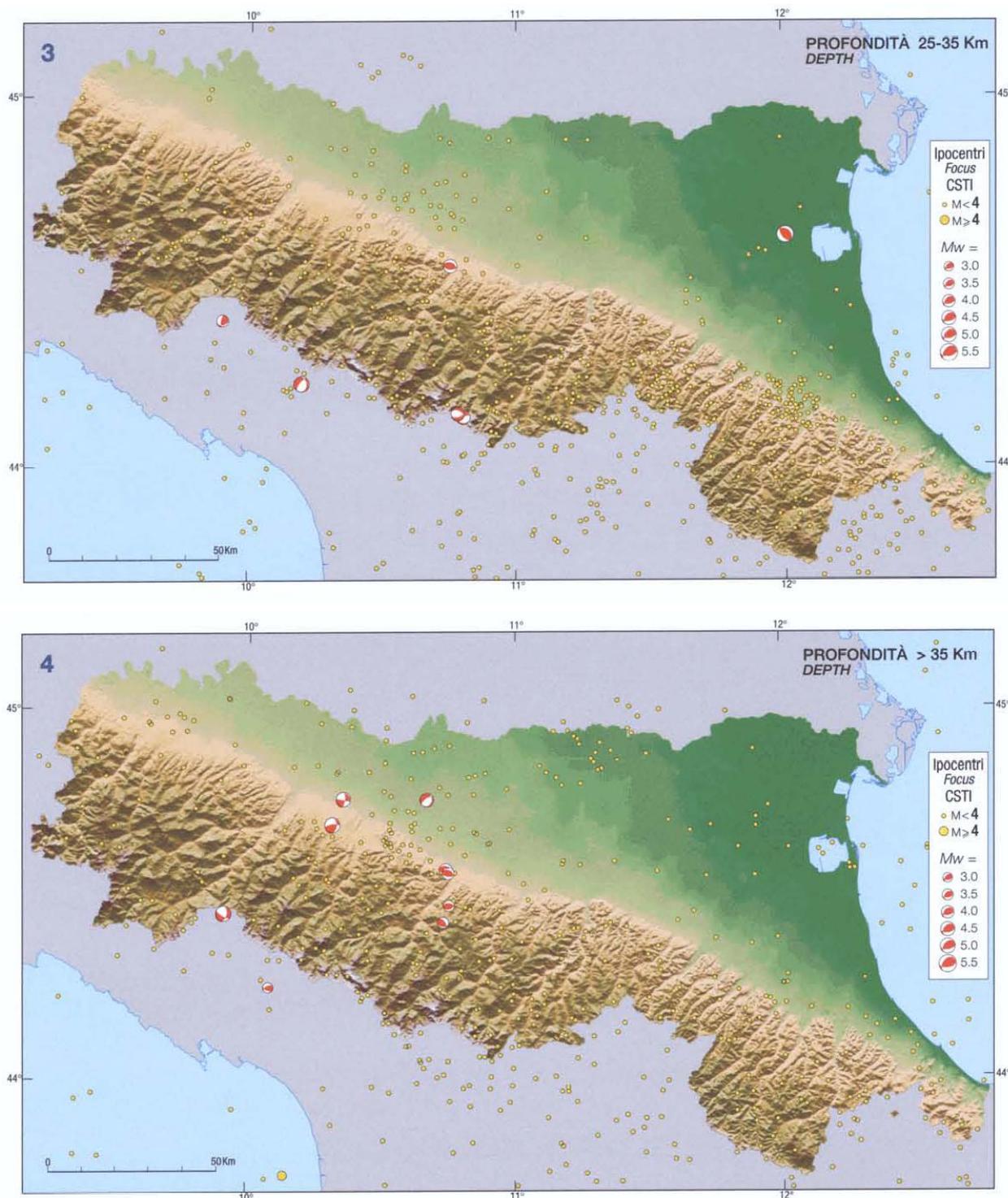
La base del *Pliocene* (M. Pieri, G. Groppi; AGIP, 1981) nel settore nord occidentale del sottosuolo di Campegine è rinvenibile tra -7/-7,5 km dal piano campagna e si approssima alla superficie, 1/1,5 km ad est del confine comunale orientale, in corrispondenza della linea di sovrascorrimento sepolta estesa in direttrice sud ovest – nord est, dove detta base si attesta a -4,5/-5,0 km dal piano campagna.

La sopracitata linea di sovrascorrimento delimita l'ala occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese che si estende in direzione nord est- sud ovest da Reggio Emilia a Cadelbosco Sotto – Novellara – Fabbrico, Novi di Mo, che nella zona meridionale si collega, mediante una rapida monoclinale, alla struttura di Reggio Emilia – Bologna, appartenente alla "Regione delle Pieghe Pedeappenniniche"; nel sottosuolo del settore 3/4 km più ad est circa esteso secondo l'allineamento Pieve Modolena – Bagnolo in Piano – Campagnola E. – Rolo è presente la linea di sovrascorrimento della successione carbonatica meso cenozoica rinvenibile a profondità di -9/-11 km.









#### 4.2 Attività tettonica

Successivamente all'importante evento tettonico che ha interessato il margine appenninico e la pianura, sviluppatosi nel Pliocene inferiore e medio (4,4 e 3,9 Ma) il fronte delle deformazioni migra in direttrice nord est ed attiva gli archi delle Pieghe Emiliane e Romagnole e delle Pieghe Ferraresi, come evidenziano le deposizioni in diversi "microbacini" al fronte delle suddette pieghe.

Le sedimentazioni correlate ai progressivi stadi di sollevamento appenninico documentano importanti fasi all'inizio del Pleistocene (1,73 Ma) e nel Pleistocene medio (0,8 e 0,65 Ma) che nell'area reggiano - parmense sono probabilmente correlati all'interazione della parte più interna delle Pieghie Ferraresi (Struttura di Bagnolo) con il settore più esterno della struttura di Reggio (G.Barbacini et alii, 2002).

Nel *Pleistocene medio* si instaurano gli ambienti sedimentari continentali che hanno generato i depositi dei Sintemi Emiliano Romagnolo Inferiore (0,65 ÷ 0,45 Ma, AEI) e Superiore (0,45 Ma ÷ presente AES).

Le fasi tettoniche più recenti, che denotano l'attività delle strutture nel Pleistocene superiore - *Olocene* sono testimoniate da dislocazioni e basculamenti che interessano le conoidi alluvionali, piegamenti che coinvolgono i depositi mindelliani e rissiani al piede dei colli (anticlinali del Ghiardo, Montecchio, Monticelli), dalle discontinuità individuate nei profili sismici che, in particolare, evidenziano l'attività degli sovrascorrimenti sepolti delle Pieghie Ferraresi, messi in risalto dalle geometrie arcuate della base delle unità alluvionali AEI ed AES (0.4 ÷ 0.65 Ma<sup>2</sup>).

Le variazioni delle condizioni degli ambienti sedimentari nel tardo *Pleistocene* sarebbero confermate dalla ridotta profondità della base dell'*Olocene* (10.000/12.000 anni) che ad occidente di Reggio Emilia, corrisponde circa a 10 ÷ 15 m ed aumenta in direzione orientale, attestandosi a 15 ÷ 20 m nelle zone a settentrione di Reggio Emilia e Modena ad eccezione di Novi MO - Mirandola dove si riscontra a -15 m pc, e tende ad approfondirsi ulteriormente e procedendo verso est a -25 m dal piano campagna con l'approssimarsi al bolognese.

Concorrono a documentare un'attività tettonica recente le migrazioni verso occidente dei tracciati dei fiumi appenninici e gli antichi depositi di canale fluviale, che frequentemente perdono di identità prima di giungere all'attuale percorso del Po e la netta deviazione in verso settentrionale di detto fiume nella zona di Guastalla, praticamente a ridosso dell'ala occidentale - settentrionale della Dorsale Ferrarese.

L'assetto delle strutture profonde visualizzato nella *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (M. Boccaletti - L. Martelli; 2004) indica attività della linea di sovrascorrimento, al bordo occidentale della Dorsale Ferrarese, orientata sud ovest - nord est circa da Cadelbosco di Sopra - Cadelbosco di Sotto - Novellara ovest - Fabbrico, e dei Fronti di Accavallamento della successione Carbonatica Mesozoica e del Basamento, rispettivamente individuati nel sottosuolo della zona in esame a -9/-10 km e -11/-13 km, nella fascia circa estesa secondo l'allineamento Felino - Parma - Rodigo - Villa Franca.

Analoghe fasce di deformazione attiva che influiscono sull'attività sismica del territorio in oggetto sono rappresentate dalle linee di sovrascorrimento pedappenniniche estese in direttrice ovest nord ovest - est sud est presenti a meridione della via Emilia, circa tra la stessa e l'allineamento Parma - Cavriago - Reggio Emilia - Rubiera secondo il quale si sono verificati epicentri sismici con Mw > 5,5 a Ponte Taro, Parma, Corte Valle Re/Parrocchia di Cella, Caprara/Calerno, Rubiera.

Gli eventi di maggior intensità documentati più prossimi al territorio di Campegine sono avvenuti nel 09/1831 e 03/1832. Tali terremoti sono correlati (Gasperini et Alii, 1999) a faglie

---

<sup>2</sup> Ma = Milioni di anni

generatrici con lunghezza, larghezza, direzione, magnitudo momento sismico (Mw) ricavata in funzione degli eventi – rigidità delle rocce, confronto fra sismogrammi reali e teorici, come nella seguente tabella:

terremoto	direzione	Lunghezza faglia km	Larghezza faglia km	Magnitudo momento Mw
09/1831	Bettolino – Case del lago – Casetto di sopra	7,1	6,0	5,58
03/1832	Cadè Barisella	7,4	6,1	5,60

*Gasparini et Alii, 1999*

Le box sismiche di dette faglie sono visualizzate nella *Carta sismo tettonica della Regione Emilia Romagna (M. Boccaletti, L. Martelli; 2004)* della quale è riportato uno stralcio ingrandito alla scala 1:100.000 nell'allegata figura G1 (pag 31).

L'interazione tra le Pieghe Emiliane e la parte più esterna della Struttura di Bagnolo (rampa laterale delle Pieghe Ferraresi interne) ha manifestato influenze che hanno determinato sollevamenti negli ultimi 0,45 ÷ 0,22 Ma, e con tutta probabilità anche in epoca storica come suggerisce la diversione verso occidente del T. Enza, e la presenza al piano campagna dei depositi dell'Unità di Vignola: AES7b, indicante un apporto dei depositi alluvionali praticamente trascurabili negli ultimi 8/10000 anni.

Tali caratteristiche unitamente a quelle della fascia anticlinale del Ghiardo, presente circa 8 - 10 km a sud dell'Autosole, che risulta sia stata interessata da movimenti in età recente, secondo *Cremaschi e Papani (1975) pre Riss* e con fasi *Pre Mindell*, ed alle analisi redatte nel contesto del *Progetto Finalizzato Geodinamica Sottoprogetto Neotettonica*, denotano l'attività tettonica recente nel territorio in narrativa,

La distribuzione degli ipocentri focali evidenzia che il territorio in oggetto è interessato principalmente da un'attività sismogenetica, correlata a faglie compressive e trascorrenti, di tipo superficiale: primi 15 km del sottosuolo, connessa agli stress tettonici che si accumulano nella parte medio basale della successione carbonatica e nella fascia di sovrascorrimento del Basamento; la diffusione dei fuochi che si generano tra - 15 e - 35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

D'altra parte la sismicità più profonda, ipocentri sottostanti 35 km dal piano campagna, nella pianura è decisamente minore ed induce risentimenti in superficie con effetti più bassi.

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce la zona in oggetto alla zona sismogenetica 912.

La riclassificazione sismica del territorio nazionale: OPCM 3274/2003, NTC 14/09/2005, attribuisce il Comune di Campegine alla zona 3 con grado di sismicità equivalente agli ambiti S6.

I valori di  $a_g$  elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (*Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di  $a_g$ . Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>), attribuiscono, alla fascia territoriale a cui appartiene il comune in oggetto valori di accelerazione compresi tra:*

$$a_g = 0,100 \div 0,150 g$$

con diminuzione di tali parametri da sud ovest a nord est.

Il valore della  $a_g$  di riferimento riportato nell'allegato A4 della Delibera della Giunta Regionale, Emilia Romagna n° 2193/2015, per il comune di Campegine corrisponde a quelli sopra esposti.

### **4.3 Subsidenza**

I fenomeni subsidenti nel territorio di Campegine sono correlabili ai processi di auto consolidazione naturale dei depositi delle aree di pianura che nella zona in esame denotano un elevato grado di influenza connesso con l'attività del substrato pliocenico e prepliocenico e caratteristiche litostratigrafiche del Sistema Emiliano Romagnolo Superiore; a tali condizioni si sommano gli effetti correlati alle estrazioni di fluidi dal sottosuolo, che prevalentemente interessano i primi 100 ÷ 200/250 m dal piano campagna, che indicano abbassamenti dei terreni in superficie di 0,2 ÷ 0,5 cm anno, con valori relativi maggiori nella parte settentrionale del territorio comunale e praticamente trascurabili nella zona meridionale dello stesso.

Tali fattori evidenziano corrispondenza nella tra la variabilità in spessore e geometria dei complessi acquiferi che formano i primi 300 ÷ 400 m del sottosuolo e le linee di uguale abbassamento del terreno (isocinetiche) relative al periodo 1992/2011 (arpa.RER; [www.arpa.emr.it/dettaglio\\_generale.asp?Id20512divello=1423](http://www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp?Id20512divello=1423)).

Le sezioni idrogeologiche strutturali mostrano infatti che le unità idrogeologiche AES8 ed AES7b - AES7 (dal presente a 125.000 b.p.), AES3 (125.000 - 225.000 anni b.p.), le cui deposizioni sono state principalmente influenzate dai cambiamenti climatici che hanno interessato il bacino padano nel sopracitato periodo, sono caratterizzate da spessori relativi inferiori nella fascia meridionale più prossima alla via Emilia e maggiori a settentrione della stessa.

Nella prima zona (sud) si rinvencono al piano campagna anche i depositi AES7b e le profondità della base AES3 giughe a -80 ÷ -100 m pc; quest'ultima tende ad aumentare in profondità e contestualmente in potenza in direzione nord - nord ovest raggiungendo -150/-200 m pc. Detti spessori nei settori orientali di Campegine, con l'approssimarsi alla Dorsale Ferrarese sono relativamente inferiori e corrispondono a 140/150 m.

Caratteristiche simili, con deformazioni più accentuate e spessori più differenziati evidenziano le unità che costituiscono la parte mediana e basale del Sistema AES le cui deposizioni sono state condizionate principalmente dai cambiamenti climatici del bacino padano da 125.000/225.000 a 400.000 anni b.p. ed anche dai processi tettonici.

La presenza della base dell'AES si riscontra a profondità diverse tra i settori di territorio occidentali, ai quali appartengono Campegine - S. Ilario d'Enza: -100/-200 m pc e quelli a settentrione degli stessi, zone di Castelnovo di Sotto - Novellara dove è rinvenibile a -250/-300 ÷ -400 m pc. Analoghe profondità si riscontrano nel sottosuolo della zona ad oriente della Dorsale Ferrarese, zone di Correggio - S. Martino in Rio - Carpi. In corrispondenza di detta

Dorsale le profondità si riducono a 200/220 m (Bagnolo in Paino – Correggio) e sino ai minimi relativi di 80/120 in prossimità di Novi MO, Mirandola.

Dette differenze di profondità, desunte da profili sismici a riflessione e stratigrafie di perforazioni per pozzi, nella zona tra Rio Saliceto e Rolo/Novi Mo, sono con tutta probabilità correlabili a processi con fagliazione.

Questi ultimi non si trasmettono in superficie e sono sigillati dai depositi dell'unità AES7 e parte superiore delle unità AES6/3, nelle quali non si riscontrano.

Analoghe caratteristiche di variazione di spessori ad assetto geometrico evidenziano e rimarcano la base delle unità del Sintema Alluvionale Inferiore: AEI (400.000 ÷ 650.000/800.000 anni b.p.) sul quale hanno influito sia i cambiamenti climatici che i movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano in detto periodo; la base di tale sintema nel sottosuolo di Campegine si rinviene a -250/-350 m pc e si approfondisce in direzione nord – nord ovest dove nell'areale di Castelnovo di sotto – Novellara si attesta a -400/-500 m pc.

Oltre ai sopradescritti processi di tipo naturale gli emungimenti idrici dal sottosuolo dagli acquiferi presenti nei primi 50/100 m del sottosuolo, possono indurre effetti di subsidenza localizzati in prossimità di pozzi soggetti ad emungimenti idrici in disequilibrio con le potenzialità e tempi di ricarica ai quali possono conseguire accentuamenti degli abbassamenti del terreno in areali con diametro di 20/50 m che circoscrivono il pozzo.

#### **4.4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

L'analisi geomorfologica, individuando la passata evoluzione territoriale, consente di valutare le possibili modificazioni morfopaesaggistiche naturali future.

Detta disamina si è redatta mediante un'analisi delle caratteristiche topografiche del microrilievo, fotogeolitologiche, del reticolo idrografico superficiale, degli interventi antropici, delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM primo impianto 1881 e delle notizie e pubblicazioni storico - geomorfologiche.

L'analisi fotogeologica è stata eseguita in base ai fotogrammi PROV. RE/C, in scala approssimata 1:24.000, voli Aprile 1989, fotogrammi IGM/BN in scala 1:35.000 voli 1955, riprese consultabili in rete su Google Heart; l'esame topografico sulle basi cartografiche C.T.R. E.R. in scala 1:5.000 - 1:10.000.

#### **4.5 Caratteri Geomorfologici**

Il territorio di Campegine appartiene alla fascia di transizione tra i depositi alluvionali dell'Alta e Bassa Pianura Padana Appenninica costituita dalle evoluzioni idrografiche del F.Po e dei suoi affluenti che hanno colmato il golfo padano delimitato dagli affioramenti appenninici a sud e da quelli alpini a nord.

La parte meridionale centrale del territorio comunale appartiene al corpo deposizionale del cono alluvionale del T. Enza. Il bacino idrografico di detto corso d'acqua, sotteso alla sezione del ponte sulla via Emilia, è di circa 670,4 kmq ed ha un'altitudine media di 620 m s.l.m.

Il cono alluvionale d'Enza presenta forma sub-triangolare con apice rivolto verso Ciano - S. Polo e fronte ad assetto lobato che si estende secondo una fascia orientata in senso ovest - nord ovest est - sud est circa individuata dai toponimi: Pantaro di Sotto - Corte Rainusso - Case Donelli - Cabassa - La Razza - Corte Valle Re.

Nell'area di Campegine la suddetta fascia si colloca circa 2 km a sud dell'Autosole in prossimità del confine comunale occidentale sino circa a Strada della Razza; circa 0,2 km ad ovest di quest'ultima il fronte di conoide forma un lobo in verso settentrionale approssimandosi a 0,5 km a sud dell'Autosole tra Strada della Razza e Corte Valle Re.

La fascia sopradescritta identifica il passaggio tra i depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi di cono, più permeabili presenti nei primi 5 ÷ 8 m del sottosuolo, ai sedimenti limo sabbioso argillosi della media pianura a grado di permeabilità più basso.

Detta zona di transizione è rimarcata dalla fascia dei fontanili, che si rinviene circa tra le località, Gattatico - Podere Pantaro di Sotto, nel territorio ad ovest di Campegine, e nella zona tra Laghi di Gruma - Case Negri, e nel settore Impianto di Sollevamento Bentivoglio - Corte Valle Re in comune di Campegine.

Dall'analisi della cartografia IGM di primo impianto, che visualizza l'assetto del territorio al 1884 e delle informazioni ottenute dalle elaborazioni delle indagini geognostiche, si evince che la fascia delle risorgive o dei fontanili precedentemente al 1900 risultava attiva circa 2 ÷ 3,5 km più a settentrione di quella attuale e si estendeva grosso modo secondo i toponimi: Milanello - C. Gabbi - incrocio via F.lli Cervi/ via Bertona - La Torre - C. Casinetto - Case Cocconi - Immacolata - Massa - intersezione Canale Morana/ via Volontari della Libertà.

Detta caratteristica trova riscontro nell'assetto isopiezometrico che evidenzia condizioni di falda sub affiorante, con soggiacenza inferiore o equivalente a -0,5 m dal piano campagna nella fascia circa estesa da La Torre a Tagliavino, Case Cocconi, Casella, Pd.re Lora.

Ne consegue che la zona di terminazione frontale della conoide d'Enza in territorio di Campegine è correlabile all'allineamento delle ultime località sopracitate.

L'incremento di richiesta idrica mediante emungimenti dal sottosuolo, progressivamente accentuatasi successivamente dall'inizio del secolo XX, ed in modo particolare nel dopoguerra, unitamente alle variate condizioni climatiche e pertanto di alimentazione dell'acquifero, all'utilizzo agricolo del territorio, hanno determinato l'esaurimento e praticamente scomparsa di tale fascia delle risorgive e l'accentuazione delle emergenze a sud nelle attuali zone site 0,5 ÷ 0,8 ÷ 2 km a sud dell'Autosole.

Il cono d'Enza presenta una geometria cuneiforme con spessori minori nelle zone meridionali e progressivamente maggiori verso settentrione, analoga variazione in potenza è rilevabile anche in direzione ovest - est ed evidenzia spessori relativi massimi nel settore mediano e minimi ai bordi est ed ovest.

L'insieme descritto è contraddistinto da depositi alluvionali continentali di varia età che vanno dai sedimenti pluviali - fluvioglaciali del *Riss*, terrazzi di Montecchio e struttura del Ghiardo, alle alluvioni medie wurmiane riscontrabili nel territorio in sponda orientale del T.

Enza tra Calerno e la Razza, a quelle recenti riconoscibili ai bordi dell'attuale alveo dell'Enza e nelle zone centrali – settentrionali ed orientali del territorio di Campegine.

Il cono alluvionale d'Enza essendosi costituito in condizioni morfoclimatiche variabili ha formato un insieme contraddistinto da interdigitazioni di orizzonti multipli più o meno terrazzati.

Infatti ad est e ad ovest di Montecchio ed alla struttura del Ghiardo, si riscontrano depositi prewurmiani formanti il pleococono pleistocenico oggi rinvenibile secondo paleosuperfici terrazzate di 3 ÷ 4 m rispetto alle alluvioni medio recenti e wurmiane. Queste ultime sono formate da ghiaie ben classate a grado di alterazione molto basso, non cementate e presentano a tratti un paleosuolo giallo - bruno generalmente di modesto spessore a causa dei rimaneggiamenti naturali ed antropici che ha subito.

I depositi wurmiani si rinvencono a meridione del territorio comunale ed in prossimità di Calerno e di La Razza.

L'evoluzione geomorfologica della conoide d'Enza e quella del Torrente Parma, sono state interessate anche da movimenti tettonici recenti che hanno portato all'innalzamento dell'anticlinale dell'altopiano del Ghiardo e dell'anticlinale di Montechiarugolo, come dimostrerebbero alcune scarpate di faglia (*Cremaschi e Papani, 1975*) a direttrice prevalente SW - NE. Analoghi eventi, anche se in modo meno accentuato, hanno interessato la zona centro meridionale del territorio di Campegine come indicano la presenza di insediamenti neolitici nell'area a cui appartiene il dosso Via Razza – Campegine Capoluogo (*J. Tirabassi, 2005*) e la evidente conservazione della centuriazione romana nel settore occidentale e settentrionale centrale dell'area comunale.

La preservazione dei suddetti elementi archeologici denota una deposizione molto modesta di materiali alluvionali negli ultimi 6000 ÷ 2000 anni nell'ambito territoriale in oggetto, concordante con processi subsidenti molto meno accentuati di tale zona rispetto alle fasce sia ad oriente del territorio comunale: aree di Cadelbosco di Sopra, Castelnovo di Sotto, Cadelbosco di Sotto, che delle zone ad ovest di Campegine, territorio occidentale di Gattatico.

Gli agenti, fattori e condizioni sopradescritti hanno portato ad una conformazione dell'area comunale contraddistinta da un'inclinazione territoriale orientata in direttrice ovest sud ovest – est nord est, caratterizzata da quote mediamente comprese tra 40 ÷ 42 e 27 ÷ 26 m s.l.m., declinati in senso sud ovest – nord est, con pendenze medie del 0,1 % ÷ 0,6 %.

La superficie dell'area comunale presenta una morfologia convessa movimentata da ampie ondulazioni in senso ovest est conseguenti alle modalità di accrescimento alluvionale del cono del T. Enza e concordante con i movimenti tettonici recenti che hanno interessato la zona in oggetto.

I corsi d'acqua che hanno transitato nella parte meridionale e centrale del territorio comunale tendevano ad alluvionare le aree ad essi circostanti, svolgendo un'azione sedimentante che si è prevalentemente sviluppata nelle zone ad oriente e ad occidente, del territorio di Campegine, rispettivamente aree di Cadelbosco Sopra – Castelnovo Sotto e di S. Ilario d'Enza – Gattatico.

Dette azioni hanno generato una successione litostratigrafica nei primi 50 ÷ 100 m del sottosuolo nelle zone settentrionali del comune ed aree al confine orientale, in cui

predominano sequenze argilloso limose – limose (60/65%), alle quali si intercalano in subordinate orizzonti prevalentemente sabbiosi – sabbioso ghiaiosi – ghiaioso sabbiosi, con spessori mediamente compresi tra 6/8 e 15 m, ad assetto lentiforme.

D'altra parte nella fascia a meridione della A1 ed in quella da Calerno a la Razza si denota la prevalenza delle unità ghiaioso sabbiose (65/85%). Queste ultime tendono ad aumentare sempre più sia in percentuale rappresentata che in spessore procedendo in direttrice sud e costituiscono i termini litologici maggiormente presenti nel sottosuolo a sud ed in prossimità della via Emilia.

Le successioni litostratigrafiche evidenziano la presenza di una litozona prevalentemente argilloso limosa continua lateralmente riscontrabile tra -30/-40 m e -50/-60 m pc nei settori meridionali e tra -40 e -60/-70 m in quelli centrali e settentrionali, che suddivise sulla verticale la conoide d'Enza in due unità delle quali la più profonda è correlabile alle deposizioni del periodo rissiano (AES3) e wurmiano medio inferiore (AES7b/a) e quella più superficiale attribuibile al periodo wurmiano medio superiore (AES7a) che generalmente è coperta per spessori di 12/18 m dai depositi olocenici post wurmiani – attuali AES8.

Nel contesto di quanto esposto si evidenzia inoltre che la parte più profonda della conoide, unità sottostante -30 ÷ -40 m dal p.c., tende a svilupparsi in direttrice nord est mentre quella più superficiale, rinvenibile ad est di Campegine in territorio di S. Ilario d'Enza si amplia in verso nord ovest (PRG Gattatico e di S. Ilario d'Enza, 2000 *Centrogeo; Enza the alluvional cone model trough geoelectric prospection, Mazzetti G.P. Nasser A.Z. Gilli S.; 2003*).

L'evoluzione con spostamenti successivi verso occidente è tipica dei fiumi appenninici ed è correlabile a movimenti tettonici che hanno coinvolto il bacino padano negli ultimi 0,2/0,6 Ma.

Il modello di accrescimento generale e graduale della Pianura Padana, caratterizzato da condizioni di equilibrio dinamico, è stato fortemente influenzato dall'uomo. Quest'ultimo, per cautelarsi dalle esondazioni, ha costretto i corsi d'acqua a scorrere sempre negli stessi alvei elevando gli argini di pari passo all'innalzamento dei letti fluviali. Tale irrigidimento della rete idrografica naturale ha accentuato i dislivelli tra i fiumi ed i territori che li fiancheggiano sia per un mancato apporto di materiali che per un incremento di subsidenza differenziale.

Le tracce della distribuzione della Centuriazione Tanetana ed il paleoalveo ad ampia convessità che si sviluppa sub parallelamente a Strada della Razza – Casetto di Sotto - zona ad est del Capoluogo, denotano che la fascia centro meridionale dell'area comunale non è stata soggetta a pronunciate modifiche morfologiche in periodi medio recenti – attuali, indicando stabilità idraulica negli ultimi 2/3000 anni.

## 5 IDROGEOLOGIA

### 5.1 Idrografia di superficie

La rete idrica superficiale è costituita dai cavi e canali del *Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale* appartenenti al bacino idrografico dell'Enza che a sua volta fa parte di quello del Po.

Il reticolo idrografico consegue, oltre che alla naturale evoluzione dei fiumi Enza e Po, da una serie di successive modificazioni antropiche del sistema scolante iniziate dagli Etruschi e continuate, con fasi alterne, dai Romani, dai Benedettini e successivamente dagli Enti e Consorzi di Bonifica.

Il sommarsi di tali agenti ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti orientati prevalentemente in senso ovest - est e secondariamente in direttrice sud - nord.

L'assetto morfologico territoriale, contraddistinto da pendenze che variano tra  $3 \div 8 \%$  nelle fasce meridionali, tra  $1,4 \div 2,5 \%$  nelle zone centrali e settentrionali, tra  $0,6 \div 1 \%$  nel settore nord orientale - orientale, denota una conformazione a dosso blandamente convesso che si sviluppa, descrivendo una geometria a ventaglio, in direttrice sud ovest - nord est. In tale struttura topografica la fascia di spartiacque morfologico che contraddistingue il territorio si estende in direttrice sud ovest - nord est, circa assecondando le località Pd.re S. Margherita - C. Conoscenti - Case del Lago - intersezione Canale del Lago/Autosole - Torre - Cimitero Capoluogo - intersezione via Matteotti/Canale Vecchio - Il Cantone.

Nelle aree a settentrione del sopradescritto allineamento le clivometrie territoriali indirizzano i moti di flusso dello scolo idrico superficiale in direttrice sud ovest - nord est; d'altra parte a meridione della fascia di spartiacque morfologico territoriale, le direttrici di moto tendono prevalentemente ad essere indirizzate ovest sud ovest - est nord est.

Dal confronto tra le aree sottese dai bacini scolanti principali con quello dell'assetto topografico del territorio si osserva che solo per una piccola parte gli spartiacque del reticolo idrico superficiale, nel tratto: Canale del Lago - Scolo Giarelle - Scolo Canale del Lago, compreso tra l'Autosole ed incrocio via Roma - V.le Tito, corrisponde a quello morfologico che caratterizza il territorio.

Gli altri spartiacque quali il Cavo Fontana e quello circa esteso secondo i toponimi Borgotorto - Fornace - Cavo Fossetta - incrocio strada Mezzanella / strada Cavo Busetto, intersecano le curve di livello del piano campagna in modo circa sub perpendicolare all'andamento clivometrico.

Le principali linee di deflusso idrico della rete di scolo superficiale nella parte sud occidentale - occidentale centrale settentrionale, generalmente non assecondano la morfologia del territorio, inducendo condizioni di scolo idrico superficiale difficoltoso.

Quanto esposto trova riscontro nelle aree che sono state oggetto di allagamenti in occasione di intensi fenomeni piovosi, da 2 a 4 volte nella fascia larga circa 400 - 600 m a sud del Cavo Arianazzo - Cavo Macerazzo sino all'intersezione con la SP n° 87 Poviglio - Montecchio. Successivamente a detto incrocio le aree allagate 2 - 3 volte si estendono in

direttrice sud nord coinvolgendo il territorio compreso tra via Razza – via Tito ad est sino alla SP n° 39 Taneto – Castelnuovo di Sotto nord e l'allineamento La Sorte – Le Fontane ad ovest; analoghi eventi hanno coinvolto il settore a sud della SP n° 97 Campegine - Praticello, ad est della SP 67 tra Caprara e Parigi e ad ovest di via Sorte tra le SP n° 39 e n° 97.

Nelle zone sopra descritte, come precedentemente accennato, le condizioni di difficile scolo idrico superficiale sono elevatamente influenzate dalla discordanza tra l'assetto clivometrico del territorio e le direttrici di deflusso dei canali idrici superficiali.

La parte dell'area comunale ad oriente del Canale di Bonifica Bentivoglio – Canale Vecchio – Canale Risalita è anch'essa contraddistinta da condizioni di difficile scolo idrico superficiale correlabile alla discordanza tra assetto topografico e direzioni di deflusso del reticolo idrico nel settore tra Diversivo Monsignore, Canale Rivieraccia – Canale Nuovo - Scolo Maranello – Canale Vecchio; d'altra parte nei settori tra Diversivo Monsignore – Canale Bentivoglio – Autosole – Diversivo Antonia, il difficoltoso scolo è correlato all'effetto barriera idraulica esercitato dalle sovrastrutture ivi presenti; nelle zone ad oriente di Cn.le Rivieraca – Cn.le Nuovo il difficoltoso drenaggio idrico superficiale è correlato alla bassa pendenza del territorio  $p < 1\%$ .

Dal confronto tra l'assetto morfologico del territorio e l'organizzazione dei bacini scolanti principali, nonostante le pendenze medie territoriali siano generalmente maggiori del 2,5‰, si evince che i fenomeni di allagamento per piogge critiche verificatisi nell'area comunale sono in gran parte correlabili alla discordanza tra l'andamento delle pendenze naturali territoriali e l'organizzazione delle direttrici di deflusso del reticolo idrico superficiale.

Per quanto riguarda gli assi idrici superficiali classificati come acque pubbliche (TU del 11-12/33 n°1775) che interessano il territorio di Campegine RE risultano ad essi attribuiti lo Scolo Cava ed il Canale di S. Giacomo.

### **5.1.1 Rete idrica superficiale / pericolosità idraulica del territorio comunale**

L'analisi relativa alle condizioni di rischio di allagamento in occasione di piogge critiche o di esondazione è stata attuata in base ai dati pubblicati dal *Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale*, e censimenti di tali fenomeni effettuati direttamente dal 2004 al 2006. Oltre a ciò si è fatto riferimento all'assetto topografico e geomorfologico del territorio di Campegine ed alle elaborazioni redatte dallo *Studio Associato di Ingegneria Gasparini* per l'indagine conoscitiva sul sistema delle acque superficiali del comune di Campegine.

Per quanto riguarda il rischio di esondabilità del territorio per il reticolo primario, in base alla DGR 1300/2016 si riscontra che la parte sud orientale ed orientale settentrionale circa dalla confluenza Diversivo Monsignore/Diversivo Antonia a intersezione Cn.le di Bonifica Bentivoglio/via Casetto ad incrocio sP.n°39/Via XXIV Maggio a Cn.le S.Pietro a intersezione Strada Contone/Cn.le di Risalita, sono attribuite alla zona P1 classificata area soggetta ad inondazione per eventi di piena catastrofica con tempi di ritorno delle piene di 500 anni e quindi a rischio di esondabilità per eventi esterni.

In tali ambiti, non soggetti a rigidi vincoli d'uso del territorio, gli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica competono alle Province e Comuni ed agli stessi sono demandati i Programmi di Previsione e Prevenzione e Piani di Emergenza di Protezione Civile.

Per quanto riguarda il reticolo secondario la totalità della superficie comunale appartiene alla zona P2 con l'eccezione di fasce attribuite allo scenario P3 nella parte settentrionale.

Le prime di dette aree (P2) sono soggette a pericolo di alluvionamento poco frequente con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni, nelle quali sono da applicare misure indirizzate al rispetto del principio dell'invarianza idraulica finalizzati alla salvaguardia della capacità ricettiva del sistema idrico e che contribuiscano alla difesa idraulica del territorio.

Le fasce P3 soggette a pericolo di alluvionamento frequente con tempi di ritorno tra 20 e 50 anni individuano l'area compresa tra via Matteotti – sPn°30 – C.nle di Risalita – Strada Pescatarà, la fascia che comprende via Borgotorto sino a Case Cocconi e successivamente si estende in direzione nord est sub parallelamente alla sponda meridionale del Canale Cocconi sino al C.nle di Risalita; sono inoltre attribuite a P3 l'area più ad ovest che si estende a sud del suddetto C.nle e di via XXV Aprile larga 500 m, l'area tra via Bertucco – Via Canal Nuovo tra Caselle e via XXV Aprile.

In dette aree sono previsti gli indirizzi sopra descritti per le zone P2.

Gli aspetti del territorio correlati di allagamento per eventi di piogge critiche, precipitazioni con intensità maggiore di 40 mm/ora, denotano una complessa condizione correlata alla non concordanza tra l'assetto topografico dell'area comunale con l'organizzazione delle direttrici di deflusso degli assi della rete di scolo idrico superficiale dei bacini scolanti principali del territorio comunale.

La suddetta discordanza risulta particolarmente evidente nel settore meridionale occidentale dell'area comunale dove a meridione dell'allineamento Cavo Arianazzo – Canale Caprara Allacciante e Canale Bentivoglio e nella zona tra quest'ultimo, l'Autosole, l'allineamento Cn.le del Lago – Le Fontane e 100 - 400 m ad ovest di Strada della Razza, anche in presenza di pendenze naturali del terreno mediamente comprese tra 4 e 5‰ e quindi a buona possibilità di deflusso delle acque meteoriche per pendenze naturali, sono presenti aree a difficoltoso drenaggio che sono state soggette a fasi di allagamento ripetutesi da 2 a 3 ÷ 4 volte (cfr. tav. As5 QC PSC, analisi conoscitiva acque superficiali). Tali condizioni conseguono dall'effetto a barriera idraulica nei confronti dei deflussi naturali sul terreno esercitato dal Cavo Arianazzo – Cn.le Bentivoglio, e da un tratto dell'Autosole, che intercettano le isoipse perpendicolarmente alle direttrici di massima pendenza naturale del territorio che in tale zona inoltre si caratterizza con una fascia di spartiacque superficiale naturale orientata sud ovest – nord est da Pd.re Patrasso a Case del Lago, intersezione Autosole – Cn.le del Lago, Torre, Cimitero Capoluogo, incrocio Cn.le Vecchio – via Matteotti.

Condizioni equivalenti di difficile scolo superficiale si rilevano a settentrione dell'Autosole nell'area circa tra l'A1, la SP n° 67 Poviglio – Montecchio, la SP n° 97 Campegine - Praticello e Strada Razza – via Cavatorti, dove nonostante le pendenze del territorio mediamente comprese tra 2 ÷ 2,2‰ indichino un drenaggio superficiale lento ma non difficoltoso, sono presenti aree che sono state soggette a 2 - 3 fasi di allagamento (cfr. tav. As5

QC PSC). Tali condizioni conseguono dalla difficoltà incontrata dalle direttrici di scolo della rete idrica orientata circa est ovest in modo praticamente perpendicolare alla direzione dello spartiacque superficiale naturale precedentemente descritto.

L'analisi d'insieme delle condizioni di allagabilità per eventi meteorici critici del territorio comunale di Campegine denota la necessità di previsione di riadeguamento dell'organizzazione delle direttrici del deflusso principale della rete idrica superficiale e degli spartiacque della stessa.

Il solo adeguamento delle reti fognarie sia delle aree già urbanizzate e di nuova urbanizzazione risulterebbe insufficiente poiché non sarebbero soddisfatte le capacità di ricezione e smaltimento delle acque di pioggia da parte della rete idrica superficiale.

In riferimento alle condizioni di criticità idraulica del territorio nel contesto delle previsioni d'uso dello stesso è opportuno prevedere l'adozione di accorgimenti rivolti a limitare gli incrementi di carico idrico sulla rete di scolo superficiale conseguenti all'aumento della superficie impermeabilizzata nelle aree di nuovo insediamento.

In funzione di quanto esposto sono consigliabili le modalità di intervento di seguito esposte:

- Nelle nuove aree di zonizzazione che appartengono ad ambiti soggetti ad allagamenti, dovrà essere prevista una sopraelevazione minima di 0,4 ÷ 0,6 m, rispetto al piano campagna esistente; tale quota dovrà essere idoneamente incrementata nei settori ove la presenza di barriere idrauliche, naturali o antropiche quali rilevati stradali, argini, ecc., non dotati di idonee cunette con bypass, può determinare il formarsi di battenti idrici con altezza superiore a 0,4 m in occasione di piogge critiche. Oltre a ciò, in dette aree dovrebbero essere evitate realizzazioni di opere destinate allo stoccaggio temporaneo o permanente di liquidi e liquami inquinanti. Qualora risultassero in essere opere analoghe è opportuno prevedere la loro messa in sicurezza mediante interventi di presidio ambientale quali contro arginature, sopraelevazione dei corpi arginali, ecc.
- Per evitare incrementi di carico idraulico negli assi idrici di scolo superficiale, conseguenti all'aumento percentuale di aree impermeabilizzate nei siti non interessati da fabbricati, è opportuno prevedere ed eseguire idonee aree di ritenzione delle acque piovane. Queste ultime saranno gradualmente restituite alla rete idrica superficiale dopo un adeguato intervallo di tempo dalla fase di piena della rete idrica. Le aree di laminazione, ad esclusione delle teste di pioggia, potranno essere costituite da superfici di terreno depresse rispetto ai settori circostanti collegate con idoneo scarico, regolamentato o ai collettori di vettoriamento ad impianti di trattamento acque reflue (per le acque teste di pioggia: primi 5 mm), o alla rete idrica superficiale per le acque di pioggia successive ai primi 5 mm.
- Evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio: realizzazione delle pareti perimetrali del solaio di base a tenuta d'acqua;

- Favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravamento delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

In relazione al grado di efficienza dei corpi arginali, degli assi idrici superficiali, rilevazioni sul campo hanno evidenziato l'idonea funzionalità degli stessi data l'assenza di avvallamenti e depressioni significative anche su lunghezze superiori ai 500 m.

Oltre a ciò si osserva che le continue manutenzioni e ripristini operate dal competente Consorzio di Bonifica, mantengono in essere l'adeguata efficacia delle arginature dei canali.

Per quanto riguarda possibili fenomeni di esondazione dell'area, dal reticolo primario tali eventi risultano a scarsa probabilità in rapporto al periodo di ritorno atteso relativo a inondazione per piena catastrofica.

## **5.2 Ambiente Idrico Sotterraneo**

L'analisi sulle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, per definire l'assetto del primo orizzonte acquifero, e gli elementi litostratigrafici che contraddistinguono gli orizzonti idrogeologici profondi: acquifero principale, si è attuata mediante rilevamento diretto nei pozzi e raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni per pozzi, sondaggi geognostici e indagini penetrometriche.

## **5.3 Definizione del sistema idrogeologico**

L'area in esame appartiene al Bacino Idrogeologico Padano, compreso tra le catene alpine ed appenniniche e terminante circa 50 km ad est della Costa Adriatica.

Le formazioni acquifere della zona in oggetto risultano costituite prevalentemente dai depositi dei fiumi appenninici appartenenti alla fascia idrogeologica del margine appenninico che qui si caratterizza ulteriormente come Unità Idrogeologica del Cono Alluvionale d'Enza per i settori meridionale e centrale del territorio comunale, e della Media Pianura per quanto riguarda le zone all'estremità settentrionale.

La base dell'acquifero sfruttabile a scopo idropotabile è formata da orizzonti saturati da acque salmastre e/o salate e da livelli poco permeabili o impermeabili. Per quanto riguarda la base delle acque dolci nel settore al quale appartiene l'area comunale si rileva una conformazione che asseconda l'andamento del substrato pre pliocenico, attenuandolo.

### **5.3.1 Tetto delle Acque Salate**

Le indagini ed analisi di: *AGIP, IDROSER, R.E.R, Studio Idrogeologico Della Bassa Reggiana*, P.S.C. Campegine, indicano che l'interfaccia acqua dolce – acque salmastre si rinviene generalmente tra -200 e -300 m dal piano campagna nelle zone a meridione dell'Autostrada A1. Procedendo in verso settentrionale la base delle acque dolci tende ad

approfondirsi rapidamente attestandosi a -600 ÷ -670 m dal piano campagna in comune di Castelnuovo di Sotto.

La profondità dell'interfaccia acque dolci - acque salmastre evidenzia che gli emungimenti idrici dal sottosuolo non hanno determinato un richiamo significativo verso il piano campagna delle acque salate nel territorio di Campegine.

#### **5.4 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale**

La serie idrogeologica di seguito descritta si è ricostruita utilizzando colonne litostratigrafiche di perforazioni per pozzi, sondaggi geonostici.

Il sottosuolo di Campegine è attribuibile dal punto di vista idrogeologico all'unità: Unità Idrogeologica del Cono Alluvionale d'Enza, Gruppo Acquifero A, RER.

##### **5.4.1 Successione Idrogeologica Locale**

In riferimento alle sopra descritte indagini ed ai dati acquisiti da RER ed AGIP, la successione sedimentaria (età *Pleistocene medio - Olocene*) nei territori di Parma, Reggio Emilia e porzione occidentale del modenese nella quale la parte basale del Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore è rappresentata da depositi di tipo continentale che procedendo in direzione orientale, zone est del modenese, area bolognese, sono sostituite per eteropia di facies da depositi di ambiente marino marginale e costiere appartenenti alle Sabbie di Imola.

La sequenza deposizionale A: AES sovrastante il Gruppo Acquifero B: AEI, localmente è suddivisibile in quattro complessi acquiferi. Questi ultimi, in funzione del periodo nel quale si sono sedimentati, evidenziano variabili livelli di influenza dei processi deformativi e dei cambiamenti climatici che hanno coinvolto il bacino padano. Detti eventi hanno generato complessi delimitati alla base ed alla sommità da discontinuità significative, anche alla scala sub-regionale, che ne consentono la suddivisione in UBSU (*Unconformity Bounded Stratigraphic Unit*) e quindi in unità stratigrafiche, cartografabili. Queste ultime differiscono dalle unità sottostanti e soprastanti in funzione della presenza di esse da superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità che sono frequentemente caratterizzate alla base da depositi argilloso limosi torbosi di piana inondabile; tali litozone, mediante contatti netti che indicano la disattivazione delle deposizioni grossolane, sono generalmente seguite ghiaie sabbiose – sabbie ghiaiose – sabbie che formano il tetto del ciclo sottostante.

L'assetto geometrico e le profondità dei cicli di posizionali e relative unità stratigrafiche è visualizzato nella tav. 1.2.1 sezioni geologiche.

Complesso Acquifero A0 (Unità stratigrafica AES8): è correlabile a deposizioni di ambito continentale di età olocenica (10.200 – 14.000 anni b.p fino all'attuale.) non evidenzia generalmente influenze dei processi deformativi che hanno interessato il bacino padano ma altresì si riscontrano effetti correlabili a variazioni climatiche; è costituita prevalentemente da depositi limoso argillosi di interconoide e di piana inondabile ai quali si sostituiscono

lateralmente e verticalmente corpi ghiaioso sabbiosi – sabbioso ghiaiosi – sabbiosi a geometria sia lentiforme che tabulare. Lo spessore di tale complesso diminuisce progressivamente in direzione meridionale attestandosi a 8/5 m e sino ad esaurirsi nelle aree a sud del territorio di Campegine. Lo spessore dell'unità in oggetto oscilla mediamente tra 10/14 ÷ 15/18/20 m ad eccezione della zona meridionale orientale tra Casetto – La Razza – C. Speroni – Calerno dove è sostituita dai depositi AES7b. Lo spessore del complesso acquifero A0 oscilla mediamente tra 10/12 m nelle zone meridionali orientali e meridionali (sud laghi di Gruma – Canale del lago, est Canale del Lago – sud Autosole), assume potenza di 15/16 m nella parte centrale del territorio, raggiunge spessori di 18/20 m nei settori nord occidentale – settentrionale – nord orientale.

Complesso Acquifero A1 (Unità stratigrafica AES7b): è correlabile a deposizioni avvenute tra 20.000 e > 40.000 anni b.p. ed evidenzia influenze dei processi climatici che hanno interessato il bacino padano e l'assenza di deformazioni correlabili a movimenti tettonici; è costituita da alternanze limoso argillose e ghiaioso sabbiose – sabbiose di conoide ed interconoide con tendenziali prevalenza delle componenti fini; si riscontra solamente nella parte meridionale orientale del territorio comunale dove forma una fascia larga 600/700 m che si estende in direzione sud nord secondo strada Della Razza e si esaurisce a Casetto di Sopra.

Nel territorio di Campegine presenta spessore di 12/15 m e raggiunge tendenzialmente profondità maggiori nella zona settentrionale di detta fascia, dove si rinviene circa sino a -18 m dal piano campagna.

Complesso Acquifero A1 (Unità stratigrafica AES7a): è correlabile a deposizioni avvenute tra 10.000 - 14.000 e 125.000 anni b.p., denota influenze dei processi climatici che hanno coinvolto il bacino padano e nel territorio di Campegine l'assenza di deformazioni correlabili a fattori tettonici; è costituita da alternanze di orizzonti ghiaioso sabbiosi ed argilloso limosi di conoide alluvionale con prevalenza delle unità più grossolane nelle zone centrali è meridionali dell'area comunale e delle sequenze limoso argillose (65/70%) nella parte settentrionale della stessa. Tale insieme presenta spessori di 40/50 m nelle zone meridionali e centrali (sud di Caprara – Casetto di Sopra) ed incrementa a 70/80 m nelle zone settentrionali – settentrionali occidentali; si rinviene generalmente sino a -50 ÷ -60 m dal piano campagna nelle zone meridionali; si riscontra sino a -90/-100 m nelle fasce territoriali settentrionali e nord occidentali.

Complesso Acquifero A2 (Unità stratigrafica AES3): denota una modesta influenza dei movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano circa 220/230.000 anni b.p., alla base dell'unità; è costituito da alternanze di orizzonti ghiaioso sabbiosi e limoso argilloso di conoide alluvionale depositarsi tra 125.000 e 225.000 anni b.p. il tetto dell'unità è caratterizzato da un corpo tabulare ghiaioso sabbioso continuo lateralmente con spessore di 10/20 m. presenta spessori di 30/40 m nei settori meridionali dell'area comunale (sud dell'Autosole) che aumentano progressivamente a 80/90 m nelle zone settentrionali – settentrionali occidentali, evidenziano un rapido incremento in spessore (da 40 a 70 m) nella fascia di territorio estesa ovest est a settentrione della via per il cimitero; si riscontra sino a -80/-100 m dal piano campagna nella zona meridionale (sud Autosole) e si approfondisce a -160/-170 m nelle parti settentrionali – settentrionali occidentali del territorio comunale.

Complesso Acquifero A4 indifferenziato (Porzione basale AES): denota modeste influenze dei movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano, tra 225.000 e 400.000 anni b.p., con effetti osservabili alla base dell'unità; è costituita da alternanze di orizzonti ghiaioso sabbioso ed argilloso limosi, con prevalenza di questi ultimi, di conoide alluvionale depositatisi tra 225.000 e 400/450.000 anni b.p. Tale complesso nel territorio di Campegine è caratterizzato da una unità ghiaioso sabbiosa tabulare continua con spessore di 10/20 m al tetto dell'unità.

Presenta spessori di 60/80 m nel settore meridionale dell'area comunale (sud Autosole) ed aumenta a 90/110 m nelle zone settentrionali – settentrionali occidentali.

Si rinviene sino a -150/-190 m pc nella fascia meridionale e sino a -250/-280 ÷ 300 m pc nella parte settentrionale.

Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale Inferiore - AEI): denota al tetto una influenza dei movimenti tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400.000 a 600.000 anni b.p., evidenziati dalla tendenza ad una blanda dorsatura antiforme nella fascia orientale del territorio in esame; si rinviene a profondità sottostanti -150 /-200 m dal piano campagna nelle zone meridionali e soggiacenti a -250/-300 m pc nelle zone settentrionali.

#### **5.4.2 Serie Idrogeologica Locale**

I litotipi che caratterizzano il territorio meridionale di Campegine e da sud dello stesso, costituiscono una successione di orizzonti prevalentemente ghiaiosi alternati a sequenze prevalentemente argilloso limose - limoso argillose. Dette unità litologiche formano acquiferi inclinati in senso sud nord ed i termini limoso argilloso sabbiosi tendono a costituire bancate che aumentano gradualmente in spessore e frequenza procedendo in direzione settentrionale; d'altra parte si evidenzia la convergenza dei livelli ghiaiosi procedendo in verso meridionale ed una più definita separazione degli stessi in direttrice nord. In senso est ovest si riscontra un assetto geometrico analogo a quello precedentemente descritto con la presenza di inclinazioni sia in verso nord ovest e che nord est.

Nelle aree centro settentrionali e settentrionali i livelli ghiaiosi tendono ad arricchirsi in materiali a granulometria sabbiosa che formano propaggini allungate ed inclinate in verso nord. In detto settore gli orizzonti acquiferi appaiono nettamente differenziati e presentano minori spessori con una percentuale in litotipi nettamente a favore delle granulometrie fini argilloso limose.

La zona di transizione tra l'Unità del cono alluvionale e l'Unità della media pianura, individuata dalla antica "linea" delle risorgive, si estende in pratica secondo una fascia sita circa 2 ÷ 3 km a nord dell'Autosole e presenta una propaggine estendentesi verso nord in corrispondenza dell'apparato fluviale estinto La Razza – Campegine.

Gli orizzonti litostratigrafici di seguito descritti sono da considerarsi come unità nelle quali prevalgono nettamente le componenti granulometrico litologiche descritte ma non assimilabile a livelli omogenei. Ne consegue che gli orizzonti permeabili o acquiferi, sono livelli nei quali prevalgono le componenti grossolane ma contestualmente possono presentare

sensibili variabilità in spessore degli strati ghiaioso sabbiosi, con marcate variazioni anche nelle percentuali in sabbie, ai quali si possono intercalare strati argilloso limosi di spessore subordinato e percentualmente meno rappresentati rispetto ai materiali ghiaioso sabbiosi.

Analogamente per quanto riguarda le unità impermeabili risulta che esse costituiscono orizzonti continui lateralmente prevalentemente formate da materiali fini quali argille e limi che possono inglobare strati sabbioso ghiaiosi, più o meno lentiformi, percentualmente meno rappresenta e meno potenti rispetto alle componenti argilloso – limose.

La serie litostratigrafica nel sottosuolo del territorio di Campegine è schematicamente discretizzabile come di seguito descritto, dall'alto in basso rispetto al piano campagna:

Serie Litostratigrafica

• AES8

**A<sub>8</sub>** - Complesso a litologia variabile prevalentemente costituito da alternanze di livelli lentiformi formati da argille, limi, ai quali si intercalano strati lenticolari sabbiosi – ghiaioso sabbiosi con sabbie e ghiaie in percentuali variabili. Ai cambiamenti laterali e verticali conseguono valori di permeabilità oscillanti tra  $1 \cdot 10^{-7}$  e  $2 \cdot 10^{-3}$  cm/sec. In funzione della struttura fortemente lenti forme la separazione tra il piano campagna e gli strati permeabili a scala territoriale non è continuo; l'acquifero in oggetto è interessato da ricarica per infiltrazione superficiale e fortemente suscettibile all'inquinamento. Gli spessori dei terreni coinvolti è mediamente compreso tra  $8 \div 10 \div 12$  m nel settore meridionale dell'area comunale, zone a sud dell'Autosole, e corrisponde a  $15 \div 20$  m nelle aree settentrionali: Capoluogo.

• AES7b-a

**B<sub>7</sub>** - Orizzonte continuo formato in prevalenza da materiali ghiaioso sabbiosi - sabbioso ghiaiosi; presenta spessori variabili sia in senso laterale che verticale, compresi mediamente tra 15 e 20 m nelle zone meridionali del comune, sud dell'Autosole, e tende ad assottigliarsi in direttrice nord, assumendo spessori di 5 – 10 - 15 m arricchendosi contestualmente in componenti sabbiose; si rinviene da  $-8 \div -12$  a  $-20 \div -30$  m pc nelle aree meridionali e tra  $-25 \div -30/-30$  m nella fascia settentrionale.

**C<sub>7</sub>** - Unità prevalentemente impermeabile costituita da terreni argilloso limosi – limoso argillosi, continui lateralmente, contraddistinta da spessori mediamente compresi tra 5 e 10 m nelle aree a sud dell'Autosole e tra  $15 \div 20$  m nelle zone a settentrione del capoluogo; si rinviene da  $-20 / -30$  a  $-35 / -40$  m p.c. nei settori meridionali, da  $-25 / -35$  a  $-40 \div -55$  m dal piano campagna nelle zone settentrionali.

**D<sub>7</sub>** - Orizzonte permeabile costituito da alternanze di strati prevalentemente ghiaioso sabbiosi con intercalati in subordine sottili strati lentiformi argilloso limosi – limosi; presenta spessori variabili tra 5 e 10 m sia nei settori meridionali che in quelli settentrionali; si riscontra tra  $-30 / -45$  m p.c. nelle zone a sud, tra  $-45/ -60$  m p.c. nelle aree a settentrione del capoluogo.

**E<sub>7</sub>** - Complesso sostanzialmente impermeabile formato in prevalenza da alternanze di strati argilloso limosi – limoso argillosi contenenti in subordinate orizzonti lentiformi sabbiosi – ghiaioso sabbiosi; lo spessore varia tra  $8/-10$  m nelle fasce meridionali, tra  $10/15/20$  m

nelle zone settentrionali; si rinviene sino a profondità variabili -40/-60 m nei settori meridionali, sino a -70/-80 m pc nelle aree a settentrionali del capoluogo.

- AES3

**F<sub>3</sub>** - Unità permeabile formata da alternanze prevalentemente ghiaioso sabbiose – sabbioso ghiaiose continue lateralmente, inglobante in subordine lenti e/o strati limoso argillosi, contraddistinta da spessori variabili tra 10 e 15 m nelle zone meridionali e tra 15/20 m nelle aree settentrionali; si riscontra generalmente -70/-80 m p.c. nelle aree meridionali, sino a -90/-100 m pc nelle zone settentrionali.

**G<sub>3</sub>** - Orizzonte impermeabile formato da alternanze prevalentemente argilloso limose – limose con spessore mediamente variabile tra 12 e 15 m, nelle zone meridionali e tra 15 e 40 m in quelle settentrionali; si rinviene generalmente sino a -80/-100 m pc nei settori meridionali, sino a -120/-150 m in quelle settentrionali

- AES basale indifferenziato

**H<sub>2</sub>** - unità permeabile ghiaioso sabbiosa con spessore di 15/20 m nelle zone meridionali ed occidentali e di 10/12 m in quelle settentrionali; si rinviene sino a -100/-110 m pc nei settori meridionali, sino a -150/-165 m pc in quelli settentrionali

**H<sub>3</sub>** - orizzonte prevalentemente argilloso limoso con spessori di 50/70 m nelle zone sud e di 70/90 m in quelle settentrionali; si rinviene sino a -150/-180 m pc nei settori meridionali, sino a -250/-280 m pc nelle aree settentrionali.

### **5.5 Assetto strutturale dell'acquifero**

Gli spessi orizzonti ghiaiosi che formano il sottosuolo della zona meridionale del comune, presentano variazioni laterali di potenza ed andamento blandamente ondulato al letto ed al tetto. Detti acquiferi tendono ad assottigliarsi ed approfondirsi procedendo in direttrice nord ed ovest e contestualmente ad arricchirsi nelle componenti sabbiose.

Sempre in tali direzioni si distinguono ed aumentano in percentuale rappresentata le alternanze di livelli prevalentemente argilloso limosi - limosi.

Agli assottigliamenti laterali dei livelli acquiferi si associa un arricchimento in frazioni fini.

A ciò consegue una sensibile variazione della porosità efficace e quindi la presenza di setti che inibiscono sia la velocità di circolazione delle acque che la possibilità di ricarica naturale.

Il modello litostratigrafico è visualizzato nella tav. 1.2.1 Sezioni Geologiche

### **5.6 Trasmissività degli acquiferi profondi**

I valori di trasmissività degli acquiferi sono stati desunti dalle pubblicazioni IDROSER/RER. In base a tali parametri si rilevano variazioni zonali della trasmissività che non risulta siano influenzate prevalentemente dal numero di falde captate ma piuttosto dalla

percentuale e dallo spessore dei livelli ghiaiosi – sabbioso ghiaiosi presenti nel sottosuolo e dalla loro permeabilità.

Infatti le fasce più meridionali del comune, contraddistinte da acquiferi sostanzialmente ghiaioso sabbiosi a granulometrie medio grossolane, presentano trasmissività mediamente equivalente a:

$$T = 2 \div 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ mq/sec}$$

D'altra parte i livelli idrogeologici delle aree settentrionali, formati da orizzonti nei quali tendono a prevalere percentualmente le componenti sabbiose e contestualmente si hanno diminuzioni in spessore delle unità acquifere, i valori di trasmissività sono in genere comprese tra:

$$T = 3 \div 5 \cdot 10^{-3} \text{ mq/sec}$$

Tali caratteri concordano con l'assetto geometrico degli acquiferi che tendono ad assottigliarsi e ad arricchirsi percentualmente in componenti sabbiose procedendo in direttrice settentrionale e nord orientale - orientale.

### **5.6.1 Ambiente Idrico Sotterrano**

In funzione delle condizioni di pericolosità che possono insorgere per sovrappressioni indotte sulla falda idrica sotterranea per sollecitazione sismica, con potenziale generazione di processi di liquefazione, è fondamentale disporre delle informazioni sulla profondità e geometria dei deflussi idrici nel sottosuolo.

Tale analisi è stata sviluppata in base ai rilevamenti diretti nei pozzi e raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni, eseguiti nel contesto delle elaborazioni di PSC.

### **5.6.2 Isopieze dell'acquifero**

L'assetto isopiezometrico identifica una generale conformazione prevalentemente a falda conica divergente, con direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei territorialmente orientate in verso ovest - sud ovest - est nord est, evidenziante condizioni di ricarica correlate al serbatoio idrogeologico della conoide del T. Enza.

La conformazione della superficie piezometrica si articola in alti e bassi strutturali, correlati sia alla variazione in spessore degli orizzonti permeabili che alla geometria dell'acquitarid di base.

Le fasce di alto corrispondono a zone di alimentazione idrica mentre le zone di basso sono correlate o a depressioni dell'acquitarid di base o a locali intensi emungimenti idrici dei pozzi.

Detti ambiti, di ricarica o di drenaggio sotterraneo, a geometria subnastriforme, suddividono il sottosuolo del territorio comunale in sottobacini idrogeologici.

La fascia di ricarica principale, o spartiacque idrogeologico sotterraneo, si estende in direttrice sud ovest – nord est, assecondando l'allineamento delle località Lago di Gruma, Sorte, incrocio via Matteotti – Strada Mezzanella, e suddivide il territorio comunale con due sottobacini di secondo ordine.

Un ulteriore asse di ravvenamento secondario si evidenzia nel settore orientale centrale dell'area in oggetto dove l'assetto convesso delle isopieze, si caratterizza con uno spartiacque sotterraneo orientato in senso ovest est che si estende circa secondo i toponimi C. Gabbi – Case Nuove.

Nella zona compresa tra i suddetti assi di spartiacque le isopieze assumono un assetto a falda conica convergente che si contraddistingue con una fascia principale secondo la quale si raccolgono i deflussi idrici sotterranei. Quest'ultima si estende in direttrice sud ovest – nord est circa secondo le località Fondo Blu, Pratina, Ferra, C. Casinetto – Tagliavino e successivamente a quest'ultima si orienta ovest est dirigendosi verso C. Cocconi transitando circa 0,3 km a nord delle stesse.

La presenza di tale asse di drenaggio idrico sotterraneo è sensibilmente influenzata da poli di intenso emungimento dal sottosuolo, che inducono la deformazione a geometria concava delle isopieze, e denotano allineamenti concordanti con la fascia di raccolta dei deflussi idrici nel sottosuolo. Detti poli si evidenziano nell'area individuata dalle località: Centrale Acquedotto – Laghi di Gruma – Pratina, nella zona sud del territorio, nel settore circostante Ferra – zona ovest dell'area produttiva di Caprara, zona centro e centro occidentale del territorio comunale, area tra C.Casinetto - Tagliavino nella parte settentrionale centro occidentale dell'area comunale.

Nel settore orientale del territorio, zone ad ovest del Cn.le Bonifica Bentivoglio – Cn.le Vecchio – Cn.le Risalita, l'assetto isopiezometrico, evidenzia la presenza di una falda conica convergente.

Quest'ultima si caratterizza con una fascia principale di raccolta dei deflussi idrici sotterranei o asse di drenaggio idrico sotterraneo, orientata sud ovest – nord est che si estende circa secondo le località: Impianto di Sollevamento Bentivoglio, Pratone, Massa Ponticella, C. dei Tre Buchi, intersezione Cn.le Nuovo – Scolo Senara.

Detto asse di drenaggio è correlato, come denotano le sezioni litologico stratigrafiche (Tav. 1.2.1), alla depressione dell'acquitarde di base nel settore orientale del territorio comunale.

Tale fascia di drenaggio nella parte sud orientale dell'area comunale è sensibilmente influenzata dalla presenza di poli di intenso emungimento idrico del sottosuolo ubicati nell'area compresa tra Corte Valle Re – Impianto Bonifica Bentivoglio, incrocio via Molino Re – via Stradone Re, Casetto di Sopra.

La conformazione isopiezometrica evidenzia un effetto drenante nei confronti dell'acquifero esercitato dall'allineamento Cn.le Morane – Canale Nuovo che si ubicano concordemente all'andamento del suddetto asse di drenaggio idrico sotterraneo.

Le geometrie ad isopieze chiuse, nei dintorni di Corte Valle Re, a pronunciata deformazione con concavità rivolta a monte in senso idrogeologico all'intorno di Lago di Gruma, come precedentemente descritto, denotano la presenza di poli ad elevato emungimento idrico, rispettivamente zona a sud ovest dell'area comunale e settore sud occidentale della stessa.

Per quanto riguarda il gradiente idraulico, ovvero la perdita di carico idraulico per unità di lunghezza dell'acquifero, si riscontrano valori medi compresi tra:

$$i_m = 1,2 \div 1,7 \cdot 10^{-3}$$

nel settore sud occidentale - occidentale del comune;  
nella zona meridionale centrale circa tra la Razza – Casetto di Sotto

$$i_m = 5 \div 8 \cdot 10^{-3}$$

in corrispondenza del capoluogo ed all'intorno dello stesso

$$I_m = 2,5 \div 4,5 \cdot 10^{-3}$$

nel settore orientale del comune, ad ovest di Cn.le Vecchio – Cn.le Risalita

$$I_m = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

e nella zona nord est del comune, a nord del Diversivo Monsignore

$$I_m = 1,0 \div 1,4 \cdot 10^{-3}$$

La variazione del gradiente idraulico nella parte nord orientale del territorio comunale concorda con la presenza dell'antica fascia delle risorgive o dei fontanili, nella zona di Lora - Gualtirolo.

Analoga valutazione è attribuibile alla variazione di gradiente idraulico e conformazione delle isopieze nella fascia orientata ovest sud ovest – est nord est osservabile nella parte nord occidentale dell'area comunale circa tra le località La Torre – Tagliavino – Case Cocconi.

### 5.6.3 Soggiacenza Acquifero freatico

L'assetto della profondità dal piano campagna a cui si rinviene la falda idrica sotterranea evidenzia una suddivisione in due ambiti nettamente distinti come caratteristiche.

Il primo di questi identificato dalla parte sud occidentale del territorio comunale, circa compreso tra la SP n° 39 Taneto – Castelnovo di Sotto, l'Autosole e la SP n° 67 Poviglio – Nocetolo, è contraddistinto da valori di soggiacenza mediamente compresi:

$$\delta H_2O = -2,5 \div -5 \text{ m p.c.}$$

con quote di profondità relativa maggiore,  $-3,5 \div -5,5$  m p.c. nel settore a meridione dell'allineamento Braglia - Case del Lago e minori a nord est di detto allineamento,  $-2,5 \div -3$  m p.c., che si approssimano ai  $-2$  m nelle fasce territoriali circa adiacenti l'Autosole e nel settore immediatamente ad ovest della SP n° 67.

La sopra descritta zona con soggiacenza  $-2,5 \div -5,5$  m p.c. appartiene ad un ambito di fascia frontale della conoide del T. Enza.

Nella zona orientale centrale dell'area comunale, circa tra via F.lli Cervi, SP n° 67 Poviglio – Montecchio, Autosole, la profondità dell'acqua nel sottosuolo è mediamente rinvenibile tra:

$$\delta H_2O = -1 \div -2 \text{ m p.c.}$$

e con detta diminuzione di soggiacenza si evidenzia l'approssimarsi alla fascia di terminazione frontale della conoide alluvionale d'Enza corrispondente all'antica fascia delle risorgive, attiva agli inizi del 1900.

Condizioni di soggiacenza simili con:

$$\delta H_2O = -1 \div -1,5 \text{ m p.c.}$$

si rilevano nel settore a sud di via Razza Lago, e nella fascia larga circa 0,5 km che si estende con andamento sub parallelo a via Razza circa da La Zerbaglia a C. Tagliavini – via Casetta.

In tale ambito la soggiacenza, è correlata alle caratteristiche granulometriche dei materiali che costituiscono il corpo di antico percorso fluviale estinto che si estende con andamento circa sub parallelo a Strada della Razza.

Profondità dell'acqua nel sottosuolo analoghe con:

$$\delta H_2O = -1 \div -1,5 \text{ m p.c.}$$

si osservano nel settore centrale orientale del territorio comunale nell'area circa compresa tra Cn.le Morane, Div.vo Monsignore, Cavo Cava, nel quale detta soggiacenza è correlabile all'approfondimento dell'acquifero di base.

Nelle rimanenti parti del territorio comunale la profondità della tavola d'acqua nel sottosuolo è molto prossima al piano campagna e corrisponde generalmente a:

$$\delta H_2O = -0,5 \text{ m p.c.}$$

ed assume anche condizioni di sub affioramento posizionandosi tra profondità -0,3 e -0,5 m p.c. nella fascia territoriale a settentrione del capoluogo circa compresa tra C. Tagliavino, Borgotorto, incrocio via Matteotti – via Amendola, il Cantone, Ca dei Tre Buchi , Lora, intersezione Cavo Busetto – via Pescatoria, incrocio strada Mezzanella - Div.vo Diola, via Marconi. L'ambito sopra descritto, con falda molto prossima al piano campagna, corrisponde alla fascia di terminazione frontale della conoide d'Enza correlata all'antica fascia delle risorgive attiva a fine 1800 inizi del 1900.

Altre zone con condizioni di ridotta profondità dell'acqua rispetto al piano campagna sono osservabili nell'area compresa tra via Razza Lago, Strada Razza, Cn.le di Bonifica Bentivoglio e Lago di Gruma e nel settore tra Corte Valle Re ed incrocio Autosole – Div.vo Antonia, che si collocano circa in corrispondenza della fascia delle risorgive attuale estendentesi circa dai Laghi di Gruma a C. Negri, Fondo Razza, Corte Valle Re.

Le profondità della falda in oggetto sono mediamente rappresentative per i periodi invernali o primaverili, poiché nella stagione estiva l'acquifero del cono d'Enza, in particolare nelle zone a sud del territorio comunale di Campegine, è soggetto a forti emungimenti per irrigazione, con sensibile abbassamento dei livelli piezometrici.

Fanno eccezione a ciò le parti di territorio interessate dalla presenza di pozzi acquedottistici dove la depressione piezometrica, anche se suscettibile di modificazioni, è relativamente costante durante l'anno.

La carta della soggiacenza dell'acquifero assume una rilevante importanza per la valutazione di pericolosità di liquefazione dei litotipi sabbiosi saturi.

### **5.7 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica**

La condizione al limite dell'acquifero nell'area comunale è contraddistinta dalle caratteristiche identificabili come di seguito descritto:

- Limite sud:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite ovest:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite nord:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
- Limite est:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso prevalentemente in uscita
- Limite di tetto:* nelle aree con presenza di orizzonti argilloso limosi - limoso argillosi nei primi 1 ÷ 5 m dal p.c., si ha un flusso molto basso, praticamente nullo, zone nord e nord est; d'altra parte nei settori in cui detto livello è sostituito da limi sabbiosi e sabbie limose (fasce di paleoalveo) o dove si hanno incisioni di cavi e canali che si spingono a quote sottostanti i -2 m p.c., si ha un flusso idrodinamico in entrata a portata imposta (infiltrazione per piovosità, per irrigazione, per fertirrigazione).
- Limite di letto:* condizione geologica a flusso nullo per presenza di spessi orizzonti argillosi praticamente impermeabili.

## 6 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10 ÷ 20 m del sottosuolo del territorio di Campegine sono state determinate in base alle analisi geomorfologiche, all'esame delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche statiche, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM primo impianto: 1881, alle documentazioni e pubblicazioni storico – geomorfologiche, allo Studio Geologico Ambientale – Analisi sismica del PSC 2010 di Campegine, *Centrogeo*.

Gli areali che delimitano le unità litotecniche visualizzate nell'elaborato in narrativa, Tav. 1.2, identificano gli orizzonti litologici presenti nel sottosuolo che principalmente influenzano il tipo di risentimento sismico in occasione di sollecitazione dinamica.

In funzione di quanto esposto sono state individuate come aree prevalentemente sabbiose – sabbioso limose anche le fasce di territorio dove detti litotipi non affiorano in superficie ma sono presenti con spessori significativi, maggiori di 2/3 m, nei primi 5 ÷ 10/15 m del sottosuolo (paleoalvei). Le classificazioni delle unità prevalentemente limoso argillose – argilloso limose - argillose, esprimono la netta prevalenza di detti litotipi nei primi 5 ÷ 10 m dal piano campagna.

### 6.1 Carta geologico tecnica

Il territorio in oggetto, appartiene alla fascia dell'alta pianura, costituita dai depositi di conoide alluvionale, interconoide, piana inondabile, conseguiti alle evoluzioni idrografiche dei T. Enza e T. Parma, condizionati dalle evoluzioni idrografiche del F. Po che ha governato le possibilità al suo afflusso dei corsi d'acqua appenninici ed alpini.

Le azioni principali di deposizione in tali ambiti si sviluppano prevalentemente in corrispondenza delle fasce degli assi fluviali che costituiscono corpi sedimentari più rilevati rispetto ai settori ad essi latitanti. In concomitanza delle variazioni climatiche che comportano onde di piena si generano rotte e/o tracimazioni alle quali conseguono cambiamenti della sede di scorrimento dell'alveo.

I tratti dei corpi fluviali abbandonati così originati costituiscono ostacoli alle successive impostazioni del nuovo reticolo idrografico che influiscono sulle direzioni degli alvei e determinano presenza di zone a difficoltoso drenaggio superficiale con insediamento di ambienti vallivi/palustri.

A tali sistemi deposizionali è attribuibile la zona settentrionale del territorio comunale dove a sud di un dosso debolmente pronunciato ed in brevi tratti discontinuo, esteso in direzione ovest sud ovest est nord est con andamento assecondante via P. Nenni – Via G. Rossa – Via A. Moro: da Caprara al Capoluogo, si evidenzia un orientamento degli antichi percorsi degli alvei fluviali provenienti dalle zone meridionali che tende a flettere in direzione nord est. Dette caratteristiche di difficoltà di defluire in verso settentrionale concordano con le discontinuità laterali dei corpi ghiaiosi sabbiosi nei primi 10/12 m del sottosuolo e con la tendenziale maggior continuità laterale delle unità prevalentemente ghiaioso sabbiose da -10/-

12 a -30/-35 m pc evidenziate dai profili in tomografia 2D eseguiti nell'area sede del Capoluogo.

Tali indagini nei tratti orientali ed occidentali, rispettivamente delle prospezioni ERT 101 ed ERT 102, evidenziano la presenza di corpi ghiaioso sabbiosi discontinui in direzione ovest per il primo ed in verso est per il secondo, nei primi 8/12 m del sottosuolo; dette unità sono correlabili al paleoalveo esteso concordemente all'andamento della Strada della Razza per ERT101 e di un antico canale fluviale secondario affluente al sopracitato apparato per ERT102.

Analoga condizione è attribuibile alla sequenza litostratigrafica della parte orientale di ERT103 nella quale unitamente ai dati delle indagini CPT si riscontra la concordanza con la presenza di un antico corpo fluviale la cui fascia si estende assecondando via Borgotorto dal Capoluogo a Case Cocconi.

Nel settore orientale del territorio si rinviene un ambito vallivo di pianura conseguito alla presenza di un antico apparato fluviale ad est del confine comunale che ha ostacolato le possibilità di deflusso in direzione nord est degli antichi corsi d'acqua; sulle condizioni che hanno influenzato l'instaurarsi dell'ambiente di tipo palustre con tutta probabilità hanno influito anche fattori tettonici.

Un'analoga zona si è impostata nelle aree nord occidentali al confine comunale con Gattatico nelle quali un antico percorso fluviale del T. Enza, che a settentrione di Nocetolo fletteva in direzione nord est, ha condizionato le direttrici degli assi idrici superficiali verso nord inducendo condizioni di ambienti vallivi pianiziali nelle zone nord orientali del territorio di Gattatico ed occidentali di quello di Castelnovo di Sotto.

Le azioni deposizionali hanno generato una morfologia pianeggiante con ondulazioni principali, ad ampio raggio, allungate in senso sud ovest-nord est, nei quali sono tuttora riconoscibili i corpi arginali e le depressioni del corpo dell'alveo, la subordinata presenza di forme e dossi minori debolmente pronunciati dei quali sono individuabili gli avvallamenti residuali dei preesistenti assi fluviali.

Gli interventi antropici principali sul territorio sono rappresentati dall'intensa urbanizzazione nell'areale sede del capoluogo e sua zona industriale e dell'area di Caprara, nei quali sono state modificate le caratteristiche dei suoli mediante riporti e scavi che hanno coinvolto i primi 1/2 m del sottosuolo.

## **6.2 Caratteristiche litotecniche**

Gli areali sopra descritti in funzione delle indagini geognostiche precedentemente eseguite nel territorio di Campegine, sono schematicamente suddivisibili nelle zone litotecniche di seguito descritte: la denominazione delle aree corrisponde alle zone visualizzate nella carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica Tav. 2.4.

**6.3 Successioni Geotecniche****Zona 1 – Stato di consistenza: moderatamente addensato (12) / moderatamente consistente (24).**

<b>Ia Unità</b> Da piano campagna a - 1 ÷ - 3 m p.c.	Argille limose – limi argillosi, con locali sottili intercalazioni limose e limoso sabbiose, caratterizzati da valori di resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 14 \div 16$ kgf/cm <sup>2</sup> e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio – medio basso.
<b>Iia Unità</b> da - 1 ÷ - 3 m a - 8/-10 m p.c.	Orizzonte ghiaioso – ghiaioso sabbioso, contraddistinto da valori di $q_{cm} = 120 \div 260$ kgf/cm <sup>2</sup> , a grado di compressibilità molto basso, praticamente incompressibile. Localmente l'elevato addensamento e/o la maggior pezzatura granulometrica dei depositi ha impedito l'ulteriore prosecuzione delle indagini geognostiche.
<b>IIia Unità</b> da - 8/-10 m a - 12 m p.c.	Alternanze argilloso limose – limoso argillose contraddistinte da valori di $q_{cm} = 12/15$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,6/0,8$ kgf/cm <sup>2</sup> .
<b>IVa Unità</b> da - 12 m a - 20 m p.c.	Ghiaie sabbiose addensate caratterizzate da $N_{spt} = 35 \div 54$ e $q_{cm} = 180 \div 260$ kgf/cm <sup>2</sup> .

**Zona 2 - Stato di consistenza: moderatamente addensato (12) / moderatamente consistente (24).**

<b>Ia Unità</b> Da piano campagna a - 2 ÷ - 3 m p.c.	Limi argillosi – argille limose, con locali sottili intercalazioni limose e limoso sabbiose, caratterizzati da valori di resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 10 \div 14$ kgf/cm <sup>2</sup> ; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,7$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio ad eccezione degli orizzonti limoso argillosi dove è di tipo medio – elevato.
<b>Iia Unità</b> da - 2 ÷ - 3 m a - 20,0 m p.c.	Orizzonte ghiaioso – ghiaioso sabbioso contraddistinto da valori di $q_{cm} = 100 > 250$ kgf/cm <sup>2</sup> , a grado di compressibilità molto basso, praticamente incompressibile, localmente l'elevato addensamento e/o la maggior pezzatura granulometrica dei depositi ha impedito l'ulteriore prosecuzione delle indagini geognostiche.

**Zona 2b (aree sw: Lago di Gruma – Le Fontane) - Stato di consistenza: poco consistente (25) / poco addensato (13).**

<b>Ia Unità</b> Da piano campagna a -6 ÷ -8 m p.c.	Argille limose – limi argillosi, con intercalazioni limoso sabbiose e sabbiose, a grado di compressibilità da medio elevato a molto elevato, discretamente continuo in senso laterale e differenziato in senso verticale. La resistenza alla punta oscilla mediamente tra $q_{cm} = 4 \div 7 \div 12$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale tra $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cmq.
<b>Iia Unità</b> da -6 ÷ -8 m a > -20 m p.c.	Ghiaie – ghiaie sabbiose a grado di compressibilità molto basso, praticamente incompressibile, contraddistinte da valori di resistenza la punta $q_{cm} > 100$ kgf/cmq.

**Zona 2c (aree NE capoluogo tra V. Matteotti/via Massa) - Stato di consistenza: moderatamente consistente (24) / poco addensato (13) in superficie, poco consistente (25) / poco addensato (13) in profondità.**

<b>Ia Unità</b> Da piano campagna a -6 ÷ -7 m p.c.	Alternanze di strati argilloso limosi – limoso argillosi e sabbioso limosi – sabbiosi; le componenti argilloso limose sono contraddistinte da $q_{cm} = 14 \div 18/20$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cmq; gli strati sabbioso limosi - sabbiosi sono caratterizzati da $q_{cm} = 20 \div 40$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,15 \div 0,3$ kgf/cmq.
<b>Iia Unità</b> da -6 ÷ -7 m a -15 m p.c.	Alternanze argilloso limose e limoso sabbiose con intercalati sottili strati sabbioso limosi, a medio elevato grado di compressibilità, contraddistinti da $q_{cm} = 8 \div 10/12$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cmq.
<b>IIia Unità</b> da -15 m a > -20 m p.c.	Ghiaie – ghiaie sabbiose addensate a grado di compressibilità molto basso, praticamente trascurabile, contraddistinte da $q_{cm} > 100$ kgf/cmq.

**Zona 3 - Stato di consistenza: poco addensato (13).**

<b>Ia Unità</b> Da piano campagna a -2 ÷ -3/-4 m p.c.	Alternanze di strati limoso argillosi e limoso sabbiosi con intercalate lenti sabbiose, a sensibile variabilità laterale del grado di consistenza, contraddistinte da $q_{cm} = 10/20$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,5/0,7$ kgf/cmq.
<b>Iia Unità</b> da -2 ÷ -3/-4 m a -6 ÷ -7 m p.c.	Alternanze prevalentemente sabbiose caratterizzate da $q_{cm} = 30 \div 50$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,5$ kgf/cmq.
<b>IIia Unità</b> da -6 ÷ -7 m a -11 m p.c.	Alternanze limoso argillose ed argilloso limose con intercalate lenti sabbiose a grado di compressibilità medio elevato; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale tra $f_{sm} = 0,2/0,4$ kgf/cmq.
<b>IV Unità</b> da -11 m Aa- 13 m p.c.	Sabbie ghiaiose a grado di consistenza variabile, contraddistinte da $q_{cm} = 30 \div 50/80$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,5$ kgf/cmq.
<b>V Unità</b> da -13 m a -15/-17 m p.c.	Argille limose e limi argillosi caratterizzati da $q_{cm} = 10 \div 14$ kgf/cmq e di $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cmq.

**Zona 4 - Stato di consistenza: poco addensato (13) / moderatamente addensato (12) - consistente (24).**

<b>Ia Unità</b> Da piano campagna a -2 ÷ -3 m p.c.	Argille limose – limi argillosi a medio grado di compressibilità contraddistinti da $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cmq.
<b>IIa Unità</b> da -2 ÷ -3 m a -8/-12 m p.c.	Alternanze sabbiose – sabbioso ghiaiose, da addensate a poco addensate, sostituite lateralmente da limi – limi sabbiosi con lenti sabbiose poco consistenti; le alternanze sabbiose – ghiaioso sabbiose sono caratterizzate da $q_{cm} = 30/40 \div 80/140$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,3$ kgf/cmq; le componenti limose – limoso sabbiose da $q_{cm} = 8 \div 12$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cmq.
<b>IIIa Unità</b> da -8 ÷ -12 m a -15 m p.c.	Argille limose e limi argillosi con intercalati livelli limoso sabbiosi a medio elevato – elevato grado di compressibilità, contraddistinti da $q_{cm} = 7 \div 10$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,3$ kgf/cmq.
<b>IV Unità</b> da -15 m a -20 m p.c.	Ghiaie sabbiose addensate caratterizzate da $q_{cm} = 140 \div 200/250$ kgf/cmq.

**Zona 5 (area sud est del capoluogo tra sP n° 39 e nord area produttiva v. Brodolini)  
Stato di consistenza: moderatamente consistente (24) / poco consistente (25) in superficie,  
moderatamente consistente (24) in profondità.**

<b>Ia Unità</b> Da piano campagna a -2 ÷ -3 m p.c.	Alternanze di strati argilloso limosi – limoso argillosi e limoso sabbiosi; le componenti argilloso limose sono contraddistinte da $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cmq; gli strati limosi sabbiosi sono caratterizzati da $q_{cm} = 7 \div 8$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,15 \div 0,2$ kgf/cmq.
<b>IIa Unità</b> Da -2 ÷ -3 m A -7 ÷ -8 m p.c.	Alternanze argilloso limose e limoso sabbiose con intercalati, in subordine, sottili strati limoso/sabbiosi a medio basso grado di compressibilità, contraddistinti da $q_{cm} = 12 \div 16/20$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cmq.
<b>IIIa Unità</b> Da -7 ÷ -8 m a -10 m p.c.	Argille limose e limi argillosi con locali intercalazioni lentiformi sabbioso limose, a medio grado di compressibilità, caratterizzati da $q_{cm} = 8/10 \div 16$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cmq.

**Zona 6 – Stato di consistenza: moderatamente consistente (24) / moderatamente addensato (12).**

<b>Ia Unità</b> Da piano campagna a -4 ÷ -5 m p.c.	Limi argillosi, con intercalati strati limoso sabbiosi lentiformi, a grado di compressibilità medio; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8 \div 12$ kgf/cmq; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cmq.
<b>IIa Unità</b> da -4 ÷ -5 m a -6 ÷ -7 m p.c.	Orizzonte a pronunciata variabilità litologica laterale costituito da limi argillosi a luoghi sostituiti da sabbie limose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 10 \div 16$ kgf/cmq per i limi argillosi e tra $q_{cm} = 16 \div 24$ kgf/cmq per le sabbie limose, analogamente $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cmq nelle sabbie limose.
<b>IIIa Unità</b> Da -6 ÷ -7 m a -17 ÷ -19 m p.c.	Alternanze argilloso limose e limoso argillose con presenza di livelli lenticolari sabbioso limosi caratterizzati da valori di $q_{cm} = 14 \div 18$ kgf/cmq e di $f_{sm} = 0,4 \div 0,7$ kgf/cmq; il grado di compressibilità è medio.
<b>IVa Unità</b> da -17 ÷ -19 m a -20 ÷ -25 m p.c.	Orizzonte ghiaioso - ghiaioso sabbioso a grado di compressibilità molto basso, praticamente incompressibile, contraddistinto da valori di resistenza la punta $q_{cm} > 100 \div 150$ kgf/cmq, $N_{spt} = 43 \div 50$ .

**Zona 7 – Stato di consistenza: moderatamente consistente (24) / addensato (12).**

<b>Ia Unità</b> Da piano campagna a -7 ÷ -8 m p.c.	Alternanze argilloso limose e limoso argillose con locali intercalazioni sabbioso limose con valori di resistenza alla punta generalmente variabili tra $q_{cm} = 8 \div 12/16$ kgf/cmq e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,7$ kgf/cmq; il grado di compressibilità varia in senso orizzontale da medio a medio basso.
<b>IIa Unità</b> da -7 ÷ -8 m a -12 m p.c.	Limi argillosi con presenza di corpi lenticolari argilloso limosi e ghiaioso sabbiosi, contraddistinti da $q_{cm} = 10 \div 14$ kgf/cmq per i limi argillosi e $q_{cm} = 80/100$ kgf/cmq per le ghiaie sabbiose, $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cmq, il grado di compressibilità oscillante da medio elevato ad elevato è generalmente continuo in senso orizzontale e differenziato nettamente sulla verticale.
<b>IIIa Unità</b> da -12 m a -20 m p.c.	Orizzonte a pronunciata variabilità litologica laterale costituito prevalentemente da argille limose moderatamente consistenti a luoghi sostituite da ghiaie sabbiose addensate; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 16/20$ kgf/cmq nelle argille e tra $q_{cm} = 90 \div >150$ ed $N_{spt} = 46 \div 50$ per le ghiaie sabbiose; la resistenza all'attrito laterale nei limi argillosi oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cmq.

**Zona Cedimenti differenziali - Stato di consistenza: poco consistente (25) / poco addensato (13).**

<p><b>Ia Unità</b> Da piano campagna a -5 ÷ -7 m p.c.</p>	<p>Argille limose e limi argillosi, con intercalati subordinati corpi limoso sabbiosi – sabbioso limosi a geometria lenticolare, contraddistinti da pronunciata variabilità laterale del grado di consistenza, i valori di resistenza alla punta variano tra 4/6 ÷ 12/14 kgf/cm<sup>2</sup> ed fsm = 0,3 ÷ 0,8 kgf/cm<sup>2</sup>.</p>
<p><b>Ila Unità</b> da -5 ÷ -7 m a -12 ÷ -18/-20 m p.c.</p>	<p>Orizzonte a pronunciata variabilità laterale del grado di consistenza costituito da argille limose – limi argillosi con lenti sabbiose, a grado di compressibilità da elevato a medio elevato; i valori di resistenza alla punta variano tra qcm = 4/6 ÷ 8/12 kgf/cm<sup>2</sup> e la resistenza all' attrito laterale oscilla tra fsm = 0,3 ÷ 0,5 kgf/cm<sup>2</sup>; nelle zone meridionali del territorio i limi argillosi sono sostituiti da ghiaie sabbiose addensate N<sub>spt</sub> &gt;50 alle profondità di -11 ÷ -13 m pc.</p>

## 7 MODELLI GEOTECNICI

Le verticali litotecniche individuate assumono estensioni areali notevolmente differenziate e ad esse sono attribuibili diverse proprietà per gli utilizzi edificatori come di seguito descritto:

- **Verticale litotecnica Zona 1:** caratterizza il settore meridionale orientale dell'area comunale che si estende assecondando via Della Razza da La Zerbaglia a Casetto di Sotto; costituisce circa il 5% del territorio; le caratteristiche geotecniche d'insieme indicano che per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri che trasmettano tensioni al terreno non eccedenti 100 Ton, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 1,0 \div 1,2 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,0 \div 2,0 \text{ m}$$

per corpi di fabbrica con altezze maggiori di 10 m sono da valutarsi fondazioni a platea e/o su pali.

- **Verticale litotecnica Zona 2:** costituisce la fascia estesa sud ovest – nord est che si estendono da C. Camassi a Case dei Lago a Le Fontane – A1, ad eccezione dell'area tra C. Negri – Laghi di Gruma nella zona meridionale centrale e – tratto ovest est di Canale del Lago, nella fascia a analogo orientamento da Casetto di Sotto/Torre a Villa Giacobazzi/C. Manghi che caratterizza il settore orientale del capoluogo; forma circa il 6% dell'area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, escluse le zone suscettibili di liquefazione e di cedimenti di seguito descritte, evidenziano un medio grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 4/5 m del sottosuolo, medio – medio basso grado di compressibilità da -4/-5 a -9/-10 m pc e basso grado di compressibilità da -10/-15/-20 m pc. Nella zona centro settentrionale, est del capoluogo, a profondità sottostanti -2/-3 m pc costituiti da limi argillosi – limi sabbiosi a medio grado di consistenza, sono presenti ghiaie sabbiose addensate.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 8/15 m del sottosuolo, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,8 \div 1,0 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,5 \div 2,0 \text{ m}$$

Nelle zone con presenza delle unità ghiaioso sabbiose – sabbioso ghiaiose a profondità

$$D = -2,0 \div 2,5 \text{ m pc}$$

sono utilizzabili carichi in termini di tensioni ammissibili mediamente corrispondenti a:

$$q_a = 1,1 \div 1,4 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa delle fondazioni a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = -2,0 \div -2,5 \text{ m}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100 Ton per pilastro, ad eccezione delle aree con presenza di ghiaie sabbiose a profondità di -2/-2.5 m pc, è consigliabile valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticale litotecnica Zona 2b:** è costituita dall'area compresa tra Lago di Gruma ed il tratto ovest est del Canale del Lago a nord dello stesso che appartiene alla fascia sud ovest – nord est da Case del Lago a Le Fontane zona meridionale centro occidentale dell'area comunale; forma circa il 0,6%.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, denotano condizioni di pericolosità di liquefazione e suscettività di cedimenti differenziali dei litotipi presenti nei primi 7/8 m del sottosuolo caratterizzati inoltre da elevato grado di compressibilità; da -8/-9 m pc. alle profondità sottostanti sono presenti ghiaie sabbiose addensate.

In subordine alla verifica di assenza di pericolo di liquefazione dei terreni, presenti nei primi 7/8 m del sottosuolo, in funzione del grado basso di consistenza degli stessi, per strutture che non impongano elevate tensioni è possibile valutare l'adozione di fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili massimi corrispondenti a:

$$q_a = 0,4 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,0 \div 2,0 \text{ m}$$

In considerazione delle scadenti caratteristiche geotecniche dei primi 7/8 m del sottosuolo, è consigliabile l'adozione di fondazioni di tipo profondo su pali.

- **Verticale litotecnica Zona 2c:** Caratterizza il settore orientale del capoluogo, tra via XXIV Maggio – via G. Amendola/Scolo Bruciata – Via G. Matteotti; forma circa il 0,5% della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, evidenziano la presenza nei primi 6/7 m del sottosuolo di alternanza di strati limoso argillosi e sabbiosi, le componenti più fini presentano a medio – medio basso grado di compressibilità, le intercalazioni sabbiose più o meno lentiformi sono caratterizzate da grado di densità relativa medio – medio basso evidenziando potenziale pericolosità di liquefazione. A profondità sottostanti -6/-7 m pc, si riscontrano alternanze limoso argillose – limoso sabbiose e sabbioso limose a medio baso grado di consistenza e basso grado di densità relativa, sino a -15 m pc.

In subordine alla verifica di assenza di pericolo di liquefazione dei terreni in funzione del grado di consistenza dei litotipi che costituiscono i primi 8/15 m del sottosuolo, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 1,0 \div 1,2 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,0 \div 2,0 \text{ m}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100 Ton per pilastro, è consigliabile valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticale litotecnica Zona 3:** costituisce la fascia estesa sud est – nord ovest al bordo occidentale centrale del territorio comunale circa da Laghi di Gruma a Milanello a svincolo autostradale di Campegine e la zona settentrionale centrale a nord di Cn.le Risalita compresa tra Strada Mezzanella e la sP n° 39; forma circa il 3,6% del territorio. Le caratteristiche geotecniche d'insieme, evidenziano la presenza di sequenze sabbiose a medio bassa densità relativa sature, suscettibili di liquefazione e di cedimenti nei primi 2/3 ÷ 5/7 m del sottosuolo, seguite da terreni a medio – medio elevato grado di compressibilità sino a -10/-11 m pc; a questi ultimi soggiacciono alternanze di limi argillosi a grado di consistenza da medio a medio basso, con intercalati corpi sabbioso ghiaiosi a densità relativa media – medio bassa sino a -15/-17 m pc.

In subordine alla verifica di assenza di pericolosità di liquefazione dei litotipi sabbiosi saturi, in funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 3/10 m del sottosuolo, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,9 \div 1,1 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,0 \div 2,0 \text{ m}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100 Ton per pilastro, è consigliabile valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticale litotecnica Zona 4:** costituisce fasce estese ovest sud ovest – est nord est che si rinvergono nel settore centrale – centro settentrionale del territorio comunale nella zona di Caprara – Capoluogo: da Pd.re l'Orologio a V. G. Amendola caratterizzano la fascia centrale occidentale estesa sub parallelamente alla sP n° 39; l'area di Case Cocconi – incrocio via Borgomonte /via G. Matteotti; forma circa il 3,2% del territorio. Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano la presenza di alternanze sabbiose sabbioso ghiaiose con intercalazioni di livelli limosi – limoso argillosi a medio grado di densità relativa potenzialmente suscettibili di liquefazione nei primi 5/8 m del sottosuolo, ai quali seguono ghiaie sabbioso addensate – poco addensate sino a -12 m pc ed argille limose - limi argillosi a medio elevato grado di compressibilità sino a -15 m pc.

In subordine alla verifica di assenza di pericolo di liquefazione dei corpi prevalentemente sabbiosi saturi, in funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 3/5 m del sottosuolo, per strutture che non impongano elevate

tensioni sul terreno sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,8 \div 1,2 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,5 \div 2,0 \text{ m}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100 Ton per pilastro, è consigliabile valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticale litotecnica Zona 5:** costituisce una stretta fascia estesa sud nord circa compresa tra l'incrocio via Sorte/sP n° 39 e la parte settentrionale della zona produttiva tra via G. Brodolini e via Caduti di Nassirya; forma circa il 0,2% del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, escluse le zone suscettibili di liquefazione per presenza di locali lenti sabbiosi limose sature, evidenziano un medio – medio elevato grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 2/3 m del sottosuolo, ai quali seguono terreni a medio basso grado di compressibilità da -2/-3 a -6/-7 m pc ed a medio grado di compressibilità da -6-7 a -10/-15 m pc.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 8/15 m del sottosuolo e se verificata l'assenza di pericolo di liquefazione, per strutture che non impongano elevate tensioni sul terreno, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,8 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,5 \div 2,0 \text{ m}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100 Ton per pilastro, è consigliabile valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticale litotecnica Zona 6:** è costituita da aree ubicate nella parte centro settentrionale che si sviluppano secondo fasce estese in direzione ovest sud ovest – est nord est; si rinvencono nella zona sede del casello autostradale di Campegine, tra la parte nord est di Caprara e Case Cocconi, tra queste ultime e Immacolata – Lora – C. dei Tre Buchi; costituisce circa il 13,2% dell'area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, ad eccezione dei locali livelli sabbiosi lentiformi potenzialmente soggetti a pericolo di liquefazione, evidenziano un medio grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 7/8 m del sottosuolo, grado di compressibilità medio – medio basso da -7/-8 a -10/-11 m pc, grado di compressibilità medio – medio elevato da -10/-11 a -15 m pc.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 8/15 m del sottosuolo, in subordine all'assenza di pericolosità di liquefazione dei locali strati sabbiosi lentiformi saturi, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo

sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,8 \div 1,0 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,2 \div 2,0 \text{ m pc}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100 Ton per pilastro, è consigliabile valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticale litotecnica Zona 7:** è diffusa su tutto il territorio comunale ed è costituita da depositi fini di interconoide e piana inondabile; forma circa il 30,1% del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, escluse locali zone con lenti sabbiose sature suscettibili di liquefazione e di cedimenti, evidenziano un medio grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 7/8 m del sottosuolo, grado di compressibilità medio – medio basso sino a -12 m pc, basso grado di compressibilità da -12 a -15/-20 m pc.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 8/15 m del sottosuolo, in subordine all'assenza di pericolo di liquefazione di locali lenti sabbioso limose sature, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,8 \div 1,0 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,5 \div 2,0 \text{ m}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100 Ton per pilastro, è consigliabile valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticale litotecnica Zona Cedimenti differenziali:** è diffusa su tutto il territorio comunale con tendenziale prevalenza nelle aree orientali e settentrionali occidentali; forma circa il 39% della superficie comunale.

Le verticali litotecniche evidenziano pronunciata variabilità laterale del grado di consistenza che caratterizzano aree a medio elevato – elevato grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 5/7 m del sottosuolo che sono sostituite orizzontalmente da sequenze a medio – medio basso grado di compressibilità; analoghe condizioni si riscontrano da -5/-7 a -12/-18 m pc contraddistinte da variabilità del grado di compressibilità in senso laterale e verticale da medio basso a medio elevato.

In funzione del basso grado di consistenza e della sua pronunciata variabilità laterale nei terreni che costituiscono i primi 5/7 m del sottosuolo, in subordine all'assenza di pericolosità di liquefazione di locali strati lentiformi sabbioso limosi, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo è possibile valutare l'adozione di fondazioni dirette di tipo a platea generalizzata con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili massimi corrispondenti a:

$$q_a = 0,4 \div 0,6 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,5 \div 2,0 \text{ m}$$

In riferimento alle scadenti caratteristiche geotecniche, è consigliabile valutare l'adozione di fondazioni di tipo profondo su pali.

### **7.1 SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE**

In relazione alla presenza nei primi 10/15/20 m del sottosuolo di strati sabbiosi – sabbioso fini e sabbioso limosi, generalmente in percentuale rappresentata inferiore rispetto alle componenti ghiaioso sabbiose, limoso argillose ed argilloso limose, saturati dalla falda idrica sotterranea, nelle successive fasi di analisi di caratterizzazione – microzonazione sismica saranno da sviluppare le analisi di risposta dei terreni in rapporto a condizioni di sollecitazione dinamica per la valutazione della pericolosità di liquefazione.

## 8 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 ÷ 60/70 m del sottosuolo, sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione con metodo Re.Mi e metodo integrato Re.Mi/MASW, mediante stendimenti ad antenna monodirezionale con lunghezza di 69 m, e 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 Re.Mi. Re.Mi/MASW.

Dette indagini, che saranno in maggior dettaglio di seguito elencate, sono state distribuite sul territorio sia in funzione delle finalità di caratterizzazione sismica dell'urbanizzato, 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 delle velocità di propagazione delle onde di taglio dei vari tipi di terreni presenti nel territorio di Campegine.

Le indagini effettuate in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato il territorio con 1 punto di analisi con mappa 0,5/1,0 km (0.5 ÷ 1.0 kmq) per le aree urbanizzate del capoluogo e di 1,0 ÷ 1,2/1,6 km per le zone extraurbane.

Il totale dei punti di indagine utilizzati per le analisi di microzonazione sismica è visualizzato nell'allegata omonima figura G2 in scala 1:25.000.

### 8.1 Microtremori con la tecnica HVSr

Le indagini a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali si sono effettuate in 21 punti, che sono stati integrati 23 analoghe verticali precedentemente eseguite; pertanto nella zona analizzata sono stati utilizzati in totale di 44 punti, distribuiti con maglia statisticamente rappresentativa che rapportata all'estensione del territorio comunale: 22.62 kmq, ha consentito di esaminare lo stesso secondo dimensioni areali di 0,5 ÷ 1 kmq.

Le prospezioni sono state eseguite utilizzando un sismometro modello "SR04 GeoBox" (Sara Electronic Instruments) attrezzato con sensori da 4,5 Hz di frequenza propria ed un sismometro Tromino, entrambi ad elevata dinamica (24 bits).

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

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

L'elaborazione 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 sottili rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata.



## **8.2 Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. e passiva/attiva Re.Mi./MASW**

Le prospezioni, effettuate in numero complessivo di 44, 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 3 m per una lunghezza totale di ogni stendimento di 69 m.

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

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 significative 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 di maggior dettaglio sugli strati più profondi.

La combinazione delle due tecniche, mediante elaborazione integrata, 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 40-80-100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento e della densità 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 30/50 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

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

In tale spettro mediato si evidenziano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, permettendo 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 possibile effettuare un “*picking*”, attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* (*p* o *1/velocità di fase*) ed ottenere una “*curva di dispersione*”.

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

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

## 9 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

### 9.1 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 analisi, presso le Amministrazioni Pubbliche Locali: Ufficio Tecnico Comunale, Servizio Tecnico Degli Affluenti del Po, database Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione Emilia Romagna.

In considerazione del contesto geo-litologico in primo luogo sono state considerate, tutte le indagini sismiche di tipo Re.Mi, HVSR prove penetrometriche statiche CPT Rm, CPTU, sondaggi meccanici.

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:

- 197 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 6 prove penetrometriche CPTE
- 13 prove penetrometriche CPTU
- 26 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo (SM)
- 22 Stratigrafie derivanti da perforazioni di pozzi per acqua (PA)
- 5 Stratigrafie derivanti da trincee esplorative (TR)
- 23 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: Re.Mi.
- 23 prospezioni sismiche con metodo sismico passivo con tecnica a stazione singola H.V.S.R.

In riferimento alla caratterizzazione degli ambiti: urbanizzati a quelli di prevedibile nuovo sviluppo, frazioni e principali reti infrastrutturali, preventivamente selezionati in accordo con l'U.T. Comunale, per i quali risulta necessario effettuare gli approfondimenti sismici prescritti dai testi di indirizzo riportati in premessa, sono state eseguite le seguenti indagini:

- 21 prospezioni di sismica a rifrazione con metodo passivo con antenna monodirezionale Re.Mi./MASW; pertanto comprendendo quelle precedentemente eseguite e quelle effettuate in adiacenza dei confini comunali si ottiene un n° complessivo di 44 siti di misura
- 21 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R., comprendendo quelle precedentemente eseguite nel territorio comunale si ottiene un n° complessivo di 44 siti di misura.

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale; le prospezioni

geofisiche hanno coperto quest'ultimo secondo una maglia sub quadrata – rettangolare con lati di  $500 \div 1000$  m nell'area sede del capoluogo, zona industriale e delle principali frazioni, con interassi di  $1000 \div 1300 \div 1500/2000$  m nelle zone extraurbane.

## 9.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

La campagna di prospezioni geofisiche eseguite nell' area comunale di Campegine, unitamente a quelle precedentemente effettuate nella medesima, ha permesso di determinare le caratteristiche in termini di frequenza di vibrazione dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato, di previsto sviluppo, frazioni, case sparse, del territorio di Campegine.

A tale finalità sono state utilizzate:

- 44 verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori (HVSR)

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. I dati ottenuti dalle elaborazioni di tali indagini 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), è evidente l'efficienza 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 e di ampiezza del picco HVSR nelle seguenti classi:

Frequenze Hz	Ampiezze A
$F_0 < 0,8$	
$0,8 \leq F_0 < 1$	
$1 \leq F_0 < 2$	$1,5 \leq A < 2$
$2 \leq F_0 < 3$	$2,0 \leq A < 3,0$
$3 \leq F_0 < 7$	$A \geq 3,0$
$7 \leq F_0 < 10$	
$F_0 > 10$	

Dette associazioni sono riportate nella tavola “Frequenze Naturali Terreni” - Tav. 1.7); le misure sono state identificate mediante 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 e sviluppare alcune considerazioni qualitative sull'area oggetto di studio.

I valori delle frequenze principali nel territorio di Campegine presentano significativo campo di variabilità prevalentemente compreso tra 0.7/1.0 Hz e 2/5 Hz, con locali massimi di 7/11 Hz correlati alla presenza di sequenze sabbioso ghiaiose nei primi 3/10 m pc nelle zone nord est e di successione ghiaioso – sabbiose nelle 10/30 m pc aree sud ovest.

Tali parametri concordano con il modello litostratigrafico del sottosuolo dell'area in esame (tav. 1.2.1) che nelle zone meridionali – meridionali orientali, prevalentemente contraddistinte dai valori medi relativi maggiori ( $2/3 \div 4$  Hz), è caratterizzata sino a -70/-100 m dal piano campagna da sequenze prevalentemente ghiaiose addensate a comportamento sismico relativamente più rigido. Concorre inoltre a tale caratteristica la minore profondità del tetto di Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI che si rinviene a -150/-180 m dal piano campagna.

D'altra parte i valori relativi inferiori (0.7/1.0 Hz) generalmente si riscontrano nelle zone settentrionali occidentali settentrionali nelle quali prevalgono nei primi 70/100 m del sottosuolo gli orizzonti argilloso limosi – limoso argillosi rispetto a quelli ghiaioso sabbiosi che in tali settori si approfondiscono maggiormente rispetto al piano campagna; oltre a ciò nelle zone in oggetto il tetto del sintema AEI incrementa in profondità attestandosi a -250/-280 m dal piano campagna.

La distribuzione sul territorio dei valori relativi maggiori individuano una fascia orientata ovest sud ovest – est sud est circa estesa da Case del Lago/Centrale Acquedotto a incrocio sP39/via Sorte Ponticella mediamente contraddistinta da  $F_0=2/3$  Hz e con massimi relativi di 11 Hz a Lago di Gruma dove da -8/-10 a -25/-30 m pc sono presenti alternanze prevalentemente ghiaioso sabbiose addensate ed il tetto di AEI si rinviene a -150 m pc, simili massi relativi  $F_0 = 8/10$  Hz si rilevano nel settore nord est a Massa Ponticella – Rocchiodo dove da -3/-4 a -10/-11 m pc sono presenti orizzonti sabbioso ghiaiosi addensati.

Gli areali con valori relativi intermedi (1/2 Hz) descrivono una fascia orientata circa ovest est da Milanello/Casello Autostradale di Campegine/C. Gabbi a parte di Caprara a sud della sP n°39 sino a incrocio sP n°39/Via Sorte e tra quest'ultima e via Roncadella.

Le frequenze inferiori  $F_0 = 0.6/0.9$  Hz, caratterizzano il territorio a settentrione della sP n°39 – via Volontari della Libertà – via XXV Aprile. Si distinguono da tale andamento territoriale delle frequenze principali la fascia orientale centro meridionale e meridionale orientale ad est di via Della Razza e ad ovest del Diversivo Antonia circa dalla Zerbaglia/Corte Valle Re a Casetto di Sopra a via Volontari della Libertà, nelle quali  $F_0 = 0.5/0.7$  Hz ed il tetto di AEI si riscontra a -220/-230 m pc.

### **9.3 Tetto delle ghiaie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico**

Gli elementi nel sottosuolo delle zone di pianura che influenzano il moto in superficie sono rappresentati da depositi a comportamento relativo più rigido quali le unità o corpi

prevalentemente ghiaioso sabbiosi - sabbiosi più o meno lentiformi nei primi 10 ÷ 15/30 m del sottosuolo e la profondità del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.

### **9.3.1 Tetto sabbie**

La carta del tetto delle ghiaie – ghiaie sabbiose che comprende anche le unità sabbiose, ottenuta dall'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT - stratigrafie di sondaggi meccanici, dei pronunciati contrasti di impedenza nei primi 5 ÷ 20 m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali Re.Mi – Re.Mi/MASW eseguite, visualizza la profondità in m rispetto al piano campagna delle litozone nelle quali prevalgono le componenti ghiaioso sabbiose - sabbiose.

Il tetto delle sabbie ghiaiose e sabbie evidenzia le profondità relative minori -5/-10 m pc, nelle zone a sud dell'Autosole e ad est di Podere Margherita/ Centrale Acquedotto in tale area l'assetto di rimarca con geometrie prevalentemente allungate in senso sud ovest – nord est quali quella circa estesa da Pd.re Margherita a Lago di Gruma nel settore sud ovest e quella che si estende assecondando l'orientamento di via Della Razza da La Zerbaglia a Casino Cavatorti che a nord dell'incrocio via Mateotti/sP n°39 e che a settentrione di quest' ultima indica una prosecuzione in direzione nord verso C. Nuova con sostituzione delle ghiaie sabbiose con componenti prevalentemente sabbiose.

L'assetto spaziale nel sottosuolo di dette litozone evidenzia che i corpi di maggior estensione e spessore sopra descritti sono correlabili alle propaggini nastriformi dei corpi di canale fluviale al fronte delle conoidi alluvionali che in tale direzione conoide ghiaiosa tendono ad approfondirsi con arricchimenti delle sequenze ghiaioso sabbiose in componenti sabbiose.

Le profondità relative maggiori -12/-20 m pc del tetto delle ghiaie si rilevano a settentrione dell'Autosole nei settori ad occidente e ad oriente della fascia allungata sud ovest – nord est e sud nord da Casetto di Sopra a incrocio via Matteotti/sP n° 39 sopra descritta. Nelle zone ad est di quest'ultima le quote dal piano campagna variano da -12/-14 m pc a -18/-20 m con approfondimento in direzione nord meno accentuato nella fascia centrale del territorio (-12/-16 m pc) e più rimarcato nelle fasce settentrionali; analogo assetto contraddistingue anche le aree ad occidente di Strada Mezzanella nelle quali si evidenziano incrementi del gradiente di approfondimento in direzione anche ovest nella fascia sede dell'Autosole ad ovest del Casello di Campegine.

La distribuzione areale delle profondità minori del tetto delle ghiaie e delle sabbie concorda con la presenza delle fasce di canale fluviale estinto (paleoalvei) e dell'antica fascia delle risorgive circa attesa da Torre - C. Cocconi a Immacolata - Massa Ponticella, individuate mediamente l'analisi geomorfologica.

### **9.3.2 Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico**

Le profondità dal piano campagna e l'assetto spaziale, dell'unità litotecnica che localmente indica comportamento relativo più rigido, con caratteristiche assimilabili al

bedrock sismico, sono state individuate in funzione dei valori di frequenza principale ottenuti dalle prospezioni HVSR, e dalle velocità delle onde sismiche di taglio della successione litotecnica che costituisce i primi 200 m del sottosuolo valutate in base ai dati di Vs ottenuti dalle prospezioni linear array Re.Mi./MASW

In riferimento a tali dati mediante la relazione:

$$H = \frac{V_s}{4f_0}$$

si è stimata la profondità dal piano campagna alla quale sono rinvenibili gli orizzonti litotecnici assimilabili al bedrock sismico, assunto con  $V_s = 650/700$  m/sec.

Tale stima è stata integrata in base al prolungamento in profondità dell'inclinazione delle parti terminali dei profili Vs delle verticali Re.Mi./MASW, nelle quali tale analisi risultava affidabile, sino al raggiungimento dei sopra indicati valori di Vs.

L'andamento spaziale denota una generale tendenza ad assecondare l'assetto della base dei depositi continentali del Sintema Emiliano Romagnolo superiore ed in particolare dell'unità stratigrafica AES3. L'assetto del tetto dell'unità assimilabile al bedrock sismico evidenzia geometrie del gradiente di incremento della profondità meno accentuate nel sottosuolo delle zone centromeridionali e meridionali del territorio comunale: settori a sud della sP n°39 e che aumenta a settentrione di queste ultime indicando un assetto a blanda flessura in tale zona.

Nelle fasce settentrionali dell'area comunale l'assetto denota una graduale preferenziale inclinazione dell'approfondimento in direzione nord ovest con il progressivo allontanamento dell'ala meridionale occidentale della Dorsale Ferrarese presente nel sottosuolo del territorio 1/1,5 km ad oriente del confine comunale est del comune di Campegine.

Le profondità minori del substrato assimilabile al bedrock sismico si rilevano nel sottosuolo della parte meridionale dell'area comunale a sud dell'Autosole ad ovest di Strada Della Razza dove è generalmente rinvenibile tra -70/-80 m pc e presenta le profondità minori tra Case Del Lago e Le Fontane dove si attesta da -60 m pc.

A nord di detta Autostrada si approfondisce gradualmente a -90 m pc sino circa a via J. F. Kennedyn°39 e successivamente a quest'ultima con un'accentuazione del gradiente di incremento delle profondità raggiunge -100/-110 m pc con i valori maggiori nelle zone settentrionali occidentali tra Strada Pescatora e la sP n° 111.

Il tetto dell'unità litostratigrafica assimilabile al bedrock sismico è tendenzialmente correlabile alla parte mediana basale del Sintema AES circa corrispondente alla base dell'unità AES3 nei settori meridionali del sottosuolo dell'area comunale (sudA1) ed alla parte medio superiore di detta unità nelle zone a settentrione di detta autostrada.

#### **9.4 Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali**

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. Delle Regioni e PA, DGR.ER 1302/2012, e DAL 112/2007, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica.

Per dette aree sono stati definiti gli approfondimenti di indagine ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento da effettuarsi in funzione delle condizioni di pericolosità sismica che ad esse compete.

Nell'individuazione e delimitazione di dette zone oltre alle documentazioni territoriali prove penetrometriche CPT, sondaggi meccanici, sono state utilizzate le verticali di indagine geofisica di tipo lineare ed antenna monodirezionale (Re.Mi) che puntuali a stazione singola (HVSr) per una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da  $V_s$  considerabili tra essi praticamente equivalenti.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS tav. 1.6, scala 1:10.000, 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 precedentemente descritti, integrando detti dati con valutazioni di carattere geotecnico.

In tale contesto sono inoltre state usate le documentazioni della Regione Emilia Romagna, in particolare le carte topografiche di dettaglio, il modello digitale del terreno e la banca dati geologica del territorio comunale, 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 del PTCP della Provincia di Reggio Emilia, gli elaborati della relazione geologica – analisi sismica PSC 2010 di Campegine (Centrogeo), alla banca dati del U.T. del Comune di Campegine. Le sopradescritte disamine e documentazioni hanno consentito di delimitare ambiti litotecnici contraddistinti da differenti caratteristiche geotecniche e di rigidità, definendo le diverse condizioni di pericolosità sismica locale.

#### **9.4.1 Definizione successioni a comportamento sismico equivalente**

L'individuazione delle sequenze litotecniche - sismiche delle aree a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, è stata definita in funzione delle prospezioni direttamente eseguite, quelle reperite presso Servizio Geologico Sismico e dei suoli RER – UT comunale – STB, integrate dalle indagini ed elaborazioni sviluppate nel contesto dello studio di microzonazione di primo livello del territorio di Campegine precedentemente effettuato (*Centrogeo, 2010*).

La discretizzazione delle verticali litotecniche, redatta in conformità alle simbologie e criteri degli standard di MS versione del 06/2012, è stata eseguita in funzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche che prevalentemente influenzano gli effetti dello scuotimento sismico in superficie, relativamente ai primi 20 – 30 m del sottosuolo.

In riferimento a quanto esposto sono state quindi individuate le sequenze delle zone stabili nelle quali gli effetti sono correlati ad amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche: zone 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 e le zone suscettibili di instabilità: zone LQ<sub>1</sub> e zone cedimenti differenziali. Tali classificazioni distinguono le successioni nelle quali sono

presenti nei primi 5 - 15 - 20 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi moderatamente addensati con  $V_s < 200$  m/sec, con spessori compresi tra 1/2 e 4 m, soggetti a potenziale suscettività alla liquefazione: zone LQ<sub>1</sub>, da quelle in cui sono attesi incrementi dei consolidamenti per effetti sismici.

Questi ultimi si sviluppano nelle condizioni in cui le successioni litologiche prevalentemente limose – argilloso limose contengono intercalazioni di strati sabbioso limosi – limoso sabbiosi, ad assetto prevalentemente lentiforme, con spessori inferiori ad 1 m e che nell'insieme dei primi 15 m pc sono inferiori a 2/3 m, contraddistinti da  $V_s < 150/170$  m/sec nei primi 7 m pc; in detti casi possono insorgere effetti correlabili ad addensamenti differenziati e/o a potenziali addensamenti di sottili strati sabbioso limosi, ai quali conseguono cedimenti differenziali.

Analoghi effetti caratterizzano le successioni prevalentemente argilloso limose e limoso argillose, nei primi 6/8 m del sottosuolo, contenenti livelli sabbiosi lentiformi con spessore inferiore a 1 m, contraddistinte da valori di resistenza alla punta di insieme al penetrometro statico corrispondenti a  $q_c < 7$  kgf/cm<sup>2</sup> e valori di velocità di propagazione delle onde di taglio equivalenti a  $V_s < 130/160$  m/sec; tali caratteristiche definiscono le aree nelle quali sono attesi cedimenti differenziali.

#### **9.4.2 Aree Suscettibili di Effetti Locali e di Instabilità**

Per la redazione “Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS)”, prevista come elaborato del presente studio al primo livello di approfondimento, le porzioni di territorio urbanizzato o suscettibili di trasformazione urbanistiche, classificate in conformità alle categorie previste nell'allegato C della D.G.R. 1302/2012, sono state suddivise in:

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

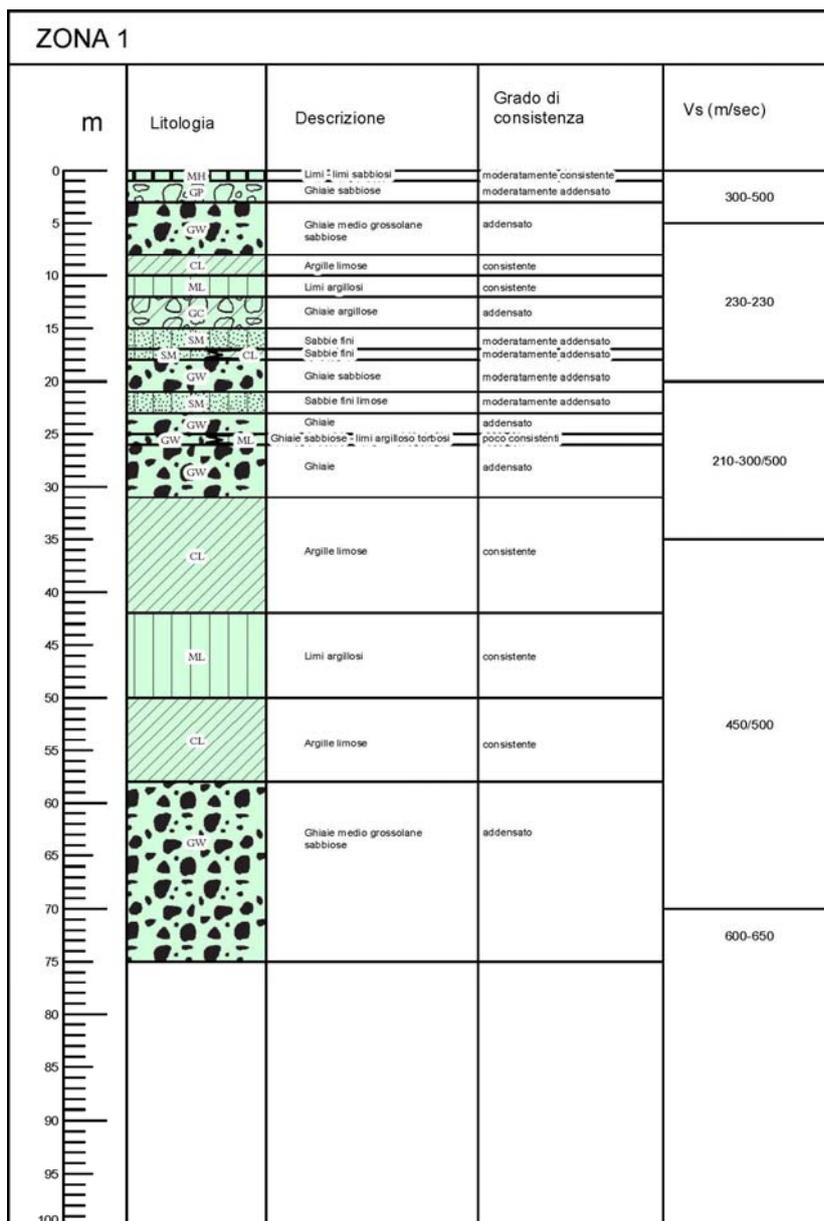
Zone suscettibili di instabilità

alle quali sono riconducibili le caratteristiche di seguito descritte:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche tali da indurre effetti locali, zone 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 di legenda, secondo quanto previsto dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall'allegato 1 della DGR 2193/2015.
- **Zone suscettibili di instabilità:** appartengono a tale categoria tutte le aree nelle quali le caratteristiche litostratigrafiche evidenziano la presenza di alternanze di strati sabbiosi – sabbioso limosi che nei primi 3 ÷ 5 ÷ 15 m del sottosuolo presentano spessori compresi tra 2/3 ÷ 4/5 m, potenzialmente suscettibili di liquefazione (zona LQ<sub>1</sub>); le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori inferiori o uguali a 1 m, moderatamente addensati, suscettibili di cedimenti differenziali; le successioni argilloso limose – limoso argillose poco consistenti nei primi 5 ÷ 8 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle  $V_s < 130 ÷ 160$

m/sec, suscettibili di cedimenti differenziali; le sequenze prevalentemente limoso sabbiose – sabbioso limose poco addensate nei primi 6 ÷ 8 m del sottosuolo e con  $V_s < 150 \div 200$  m/sec soggette a potenziali cedimenti differenziali e le successioni litotecniche a medio elevata compressibilità ( $q_c \leq 7$  kgf/cmq).

Le delimitazioni delle zone e relative colonne stratigrafiche, esposte nella legenda della tav. 1.6, si sono articolate come di seguito esposto:

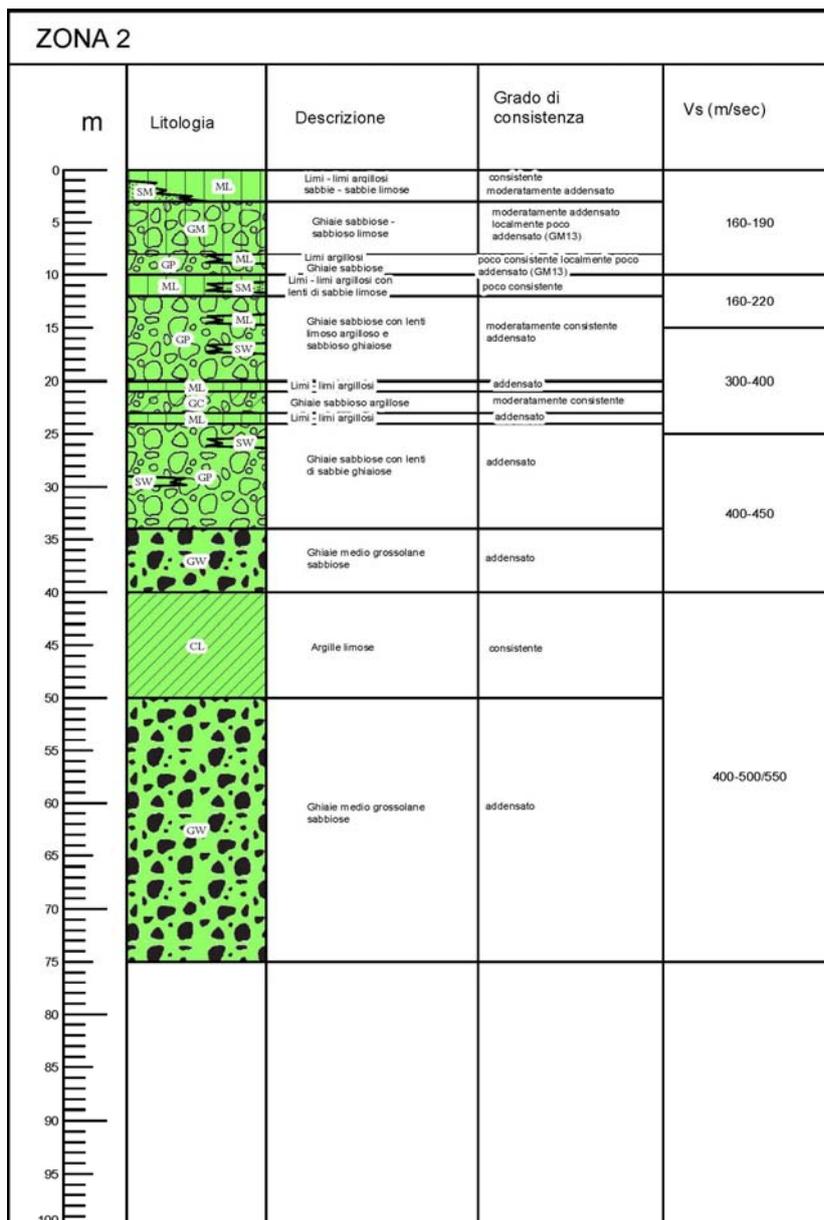


**ZONA 1** – Aree stabili costituite da depositi di conoide alluvionale e di canale fluviale prevalentemente ghiaiosi – ghiaioso sabbiosi addensati, con intercalati in percentuale subordinata orizzonti limoso sabbiosi – limoso argillosi

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

**studi richiesti:** valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II° livello.

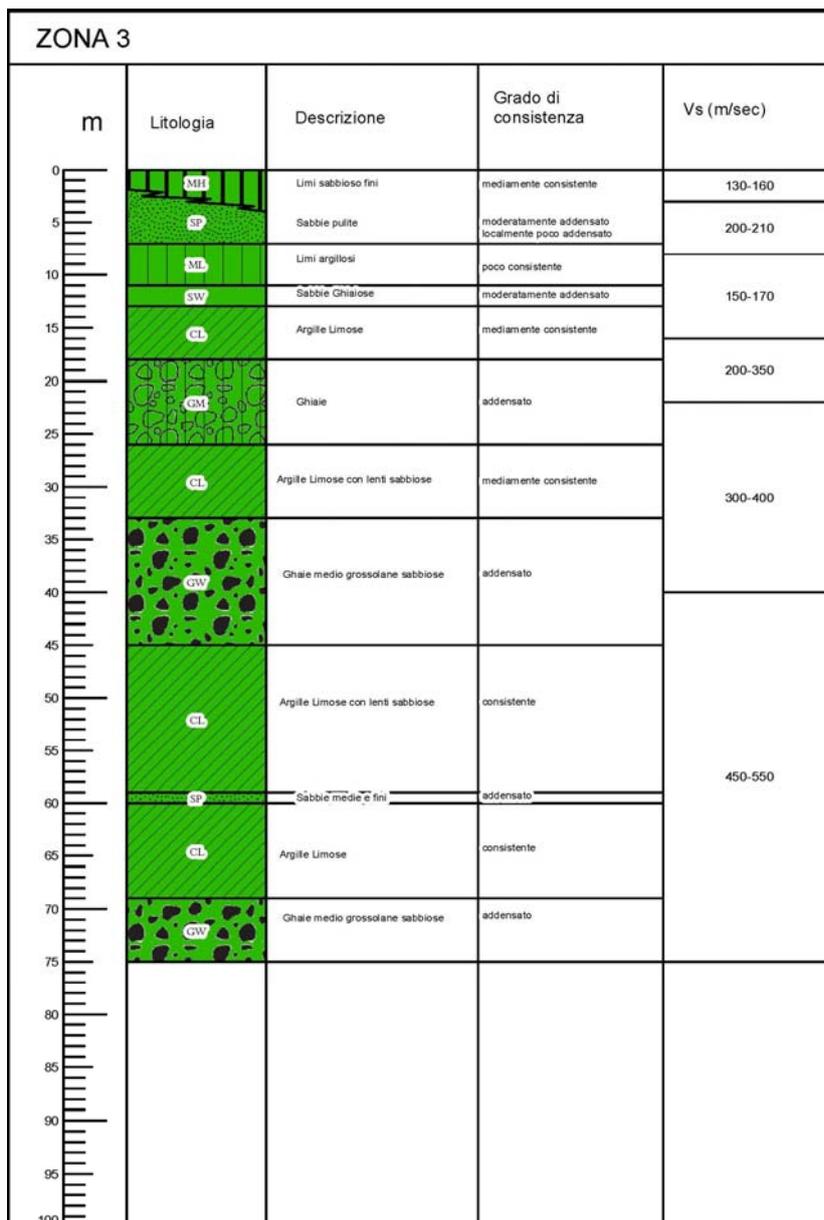


**ZONA 2 – ZA<sub>LQ1</sub> – Aree stabili - potenzialmente instabili, costituite da depositi di canale fluviale di conoide e di piana inondabile prevalentemente ghiaioso sabbiosi – sabbioso ghiaiosi, localmente poco addensati, con intercalati orizzonti limoso sabbiosi – limoso argillosi da mediamente a poco consistenti;**

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

**studi richiesti:** nelle aree senza sovrapposizione di retino valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, nelle aree con retino sovrapposto valutazione della suscettività alla liquefazione;

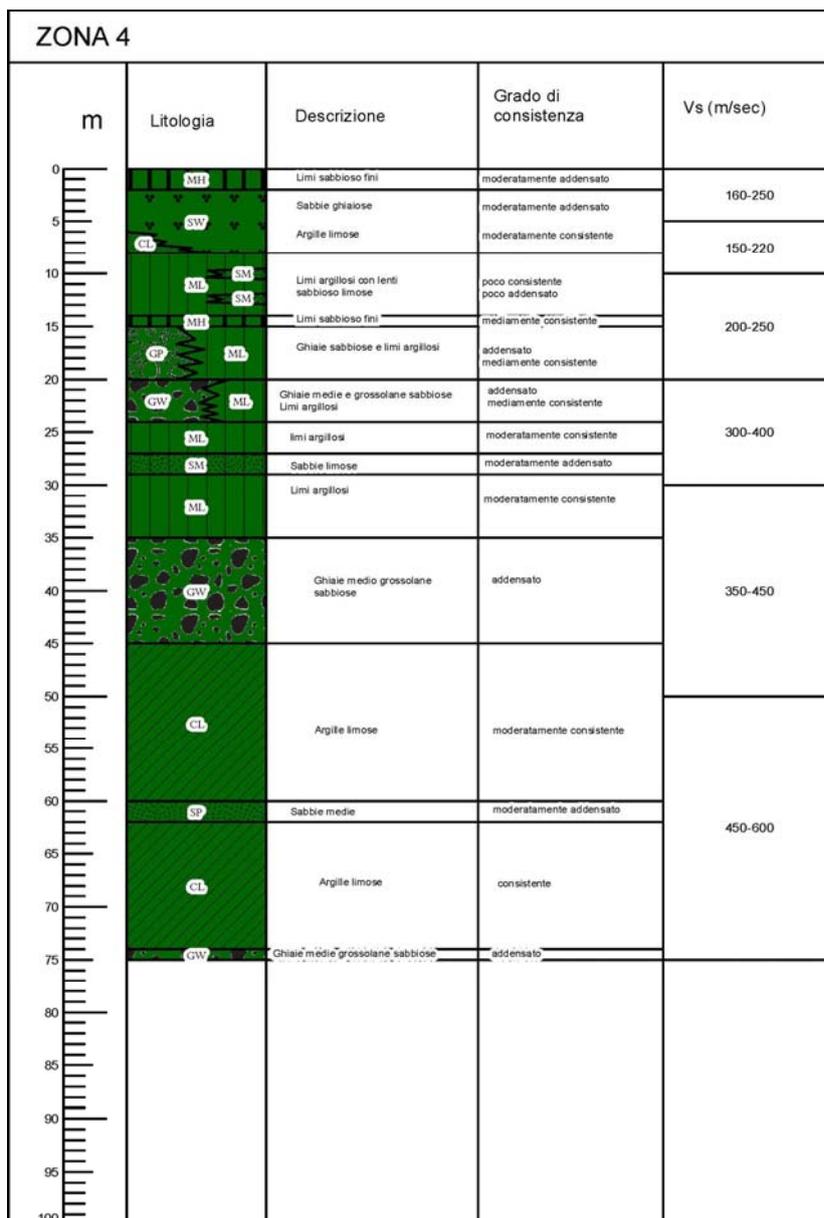
**microzonazione sismica:** nelle aree senza sovrapposizione di retino approfondimenti di II livello; nelle aree con sovrapposizione di retino approfondimenti di III° livello per la stima di suscettività alla liquefazione.



**ZONA 3 – ZA<sub>LQ1</sub> – Aree potenzialmente instabili costituite da depositi di canale fluviale di piana inondabile e/o conoide distale prevalentemente sabbiosi – limoso sabbiosi da moderatamente a poco addensati con Vs < 170 m/sec nei primi 10/15 m del sottosuolo.**

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione e cedimenti;  
**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione della suscettività alla liquefazione, stima dei cedimenti;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III° livello per valutazione della pericolosità di liquefazione e stima dei cedimenti in condizioni statiche e dinamiche.

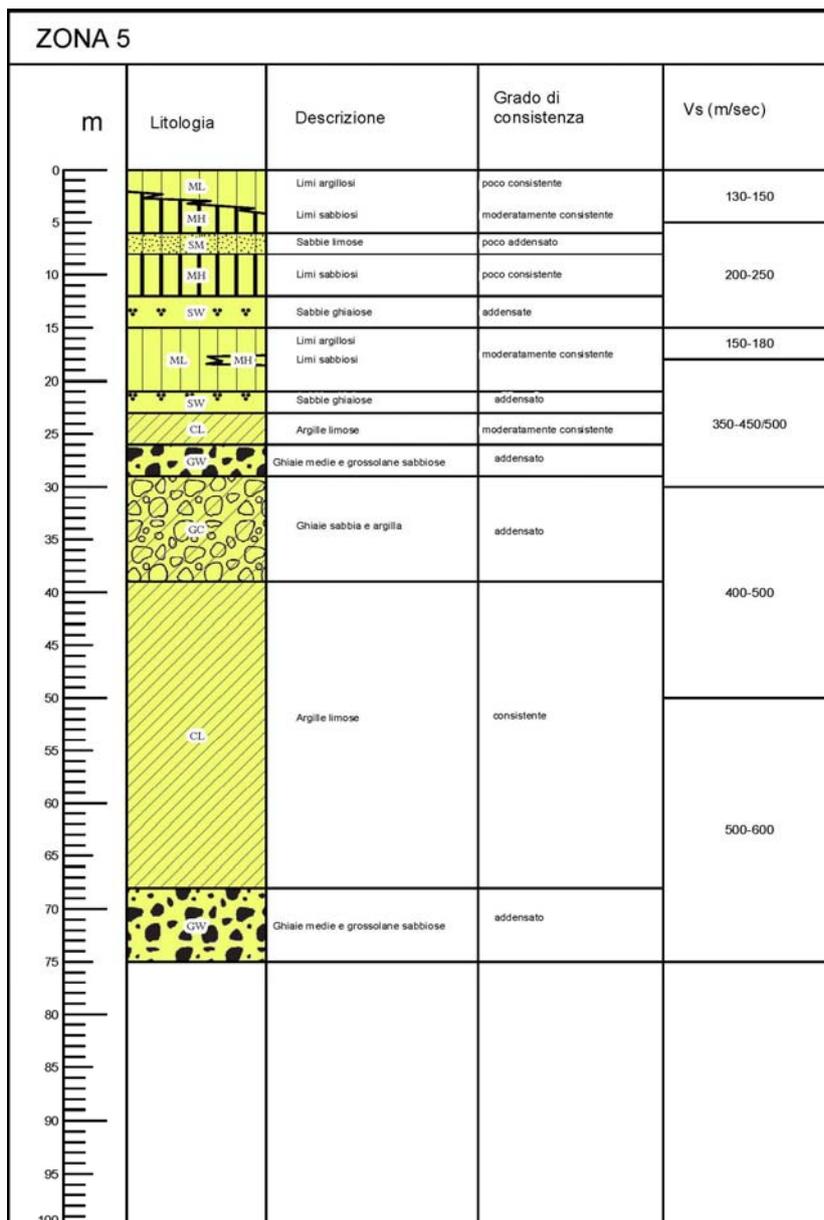


**ZONA 4 – ZA<sub>LQ1</sub>** – Aree potenzialmente instabili costituite da depositi di canale fluviale di piana inondabile prevalentemente sabbiosi - sabbioso ghiaiosi in strati con spessori tra 3 e 5 m, da moderatamente a poco addensati e Vs <160 m/sec con intercalate alternanze limoso argillose – argilloso limose moderatamente consistenti e di unità ghiaioso sabbiose da conoide distale a profondità sottostanti -15 m pc.

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione suscettività alla liquefazione;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III° livello per valutazione di suscettività alla liquefazione.



**ZONA 5 – Aree stabili – potenzialmente instabili costituite da depositi di canale fluviale di conoide e di piana inondabile prevalentemente limoso sabbiosi – limoso argilloso da moderatamente a poco consistenti, con intercalati strati sabbioso limosi con spessori di 1-2 m poco addensati e presenza di orizzonti sabbioso ghiaiosi con spessori di 2/3 m a profondità di -10 m pc e >15m alle quote sottostanti -25 m dal piano campagna;**

**effetti attesi:** amplificazione litostratigrafica, stima dei cedimenti;

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione, stima dei cedimenti;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II° livello nelle zone non soggetta a cedimenti; approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti, in condizioni statiche e dinamiche, nelle zone con terreni poco consistenti (25).

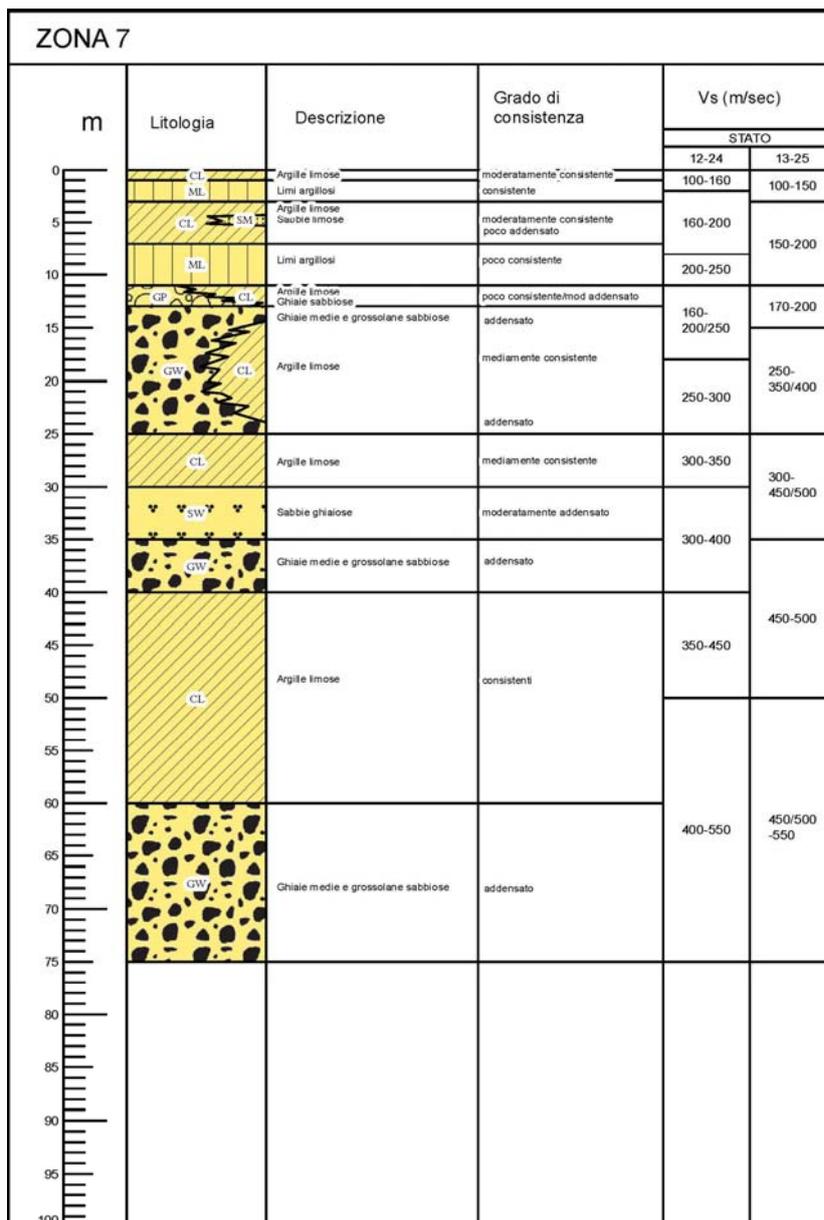
ZONA 6					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)	
				STATO	
				12-24	13-25
0	ML	Limi argillosi	poco consistente	100-160	100-160
1	MH	Limi sabbioso argillosi	mediamente consistente/poco c.		
2	MH SM	Limi sabbiosi - sabbie limose	mediamente consistente		
3	ML SM	Limi argillosi	mediamente consistente/poco c.		
4	ML SM	Limi argillosi	mediamente consistente	200-250	130-170/200
5	CL	Argille limose	mediamente consistente		
6	MH	Limi sabbioso argillosi	mediamente consistente/poco c.		
7	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
8	CL	Argille limose	consistente		
9	GP	Ghiaie medio grossolane sabbiose	addensato	300-350	200-300
10	CL	Argille limose	consistente		
11	CL	Argille limose	consistente	300-400	300-400
12	GP	Ghiaie sabbiose	addensato		
13	CL	Argille limose	consistente		
14	GP	Ghiaie medio grossolane sabbiose	addensato	350-450	300-350/400
15	CL	Argille limose	consistente		
16	CL	Argille limose	consistente		
17	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
18	CL	Argille limose	consistente	450-570	400-450/500
19	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
20	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
21	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
22	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
23	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
24	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
25	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
26	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
27	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
28	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
29	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
30	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
31	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
32	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
33	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
34	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
35	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
36	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
37	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
38	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
39	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
40	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
41	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
42	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
43	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
44	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
45	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
46	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
47	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
48	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
49	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
50	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
51	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
52	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
53	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
54	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
55	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
56	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
57	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
58	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
59	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
60	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
61	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
62	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
63	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
64	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
65	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
66	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
67	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
68	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
69	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
70	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
71	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
72	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
73	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
74	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
75	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
76	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
77	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
78	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
79	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
80	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
81	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
82	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
83	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
84	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
85	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
86	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
87	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
88	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
89	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
90	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
91	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
92	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
93	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
94	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
95	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
96	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
97	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
98	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
99	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		
100	ML	Limi argillosi	mediamente consistente		

**ZONA 6 – Aree stabili – potenzialmente instabili di piana inondabile o di conoide alluvionale distale** costituite da depositi prevalentemente limoso argillosi – limosi – argilloso limosi da moderatamente a poco consistenti/addensati: Vs < 150/170 m/sec, con intercalati strati sabbioso limosi – lentiformi con spessori di 1 ÷ 2 m e presenza di orizzonti ghiaioso sabbiosi a profondità sottostanti -15/-18 m pc;

**effetti attesi:** amplificazione litostratigrafiche, cedimenti differenziali;

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione, stima dei cedimenti;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II° livello nelle zone non soggette a cedimenti; approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti, in condizioni statiche e dinamiche, nelle zone con terreni poco consistenti: 25 e/o poco addensati: 13.



**ZONA 7 – Aree stabili - potenzialmente instabili di piana inondabile e conoide alluvionale distale** costituite da depositi prevalentemente argilloso limosi e limoso argillosi da moderatamente a poco consistenti nei primi 5/6 m dal piano campagna e/o a profondità da -7 a -15 m pc, con Vs<150/170 m/sec, presenza di orizzonti ghiaioso sabbiosi da -10 a -25 m pc ed a profondità sottostanti -30 m dal piano campagna;

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali;

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, stima dei cedimenti;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II° livello nelle zone moderatamente addensate o consistenti: 12 – 24; approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti, in condizioni statiche e dinamiche, nelle zone poco addensate o consistenti: 13 – 25.

ZONA Cedimenti differenziali					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)	
				STATO	
				12-24	13-25
0	ML CL SM	Limi argillosi	poco consistente	130-170	200-250
5		Sabbie limose Argille limose	poco addensate moderatamente consistente		
10	ML CL	Limi argillosi	moderatamente consistenti	160-200	200-250
15		Argille limose	moderatamente consistenti		
20	ML CL GW	Limi argillosi	poco consistenti	170-200	300-400
25		Argille limose	poco consistenti		
30		Ghiaie medie e grossolane sabbiose	addensato		
35					
40					
45					
50					

**ZONA CED** – Aree instabili soggette a potenziali cedimenti differenziali; limi – limi sabbiosi – limi argillosi poco consistenti (MH/ML – 25) contenenti corpi sabbioso limosi lentiformi, con spessori di 1/2 m poco addensati (SM - 13), nei primi 5/6 del sottosuolo e da -7 a -15/-17 m pc; argille limose – limi argillosi poco consistenti (CL/ML - 25) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi, con spessori di 1/2 m da moderatamente a poco addensati (SM 12/13) nei primi 10/12 m del sottosuolo.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali, addensamenti  
**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali, addensamenti

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, stima dei cedimenti differenziali;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti, in condizioni statiche e dinamiche.

Il terzo livello di approfondimento è comunque richiesto nelle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico come specificato nella DGR 1661/2009: *“Elenco categorie di edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile ed elenco categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso..”*, nelle aree in cui sono previsti interventi in sotterraneo che richiedano scavi che si approfondiscano nel sottosuolo per altezze maggiori di

$$H > 2 \text{ m}$$

nelle quali dovranno essere sviluppate le verifiche di stabilità dei fronti di scavo con metodo pseudostatico o dinamico, per i fabbricati con periodo  $T > 1 \text{ sec}$ .

### **9.5 Zone a comportamento sismico equivalente**

Il territorio Comunale di Campegine è suddiviso in percentuali pressoché equivalenti in zone stabili (53%) e zone di attenzione per potenziale instabilità (47%). Nelle prime di queste, visualizzate nella Tav. 2.4, MOPS con colore pieno e senza sovrassegno, ad eccezione di quello di conoide alluvionale, gli effetti dello scuotimento sismico sono correlati ad amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche. Detti areali assumono gli sviluppi maggiori nel settore a meridionale centrale nel quale nei primi 30/40 m del sottosuolo tendenzialmente prevalgono le sequenze ghiaioso sabbiose rispetto a quelle argilloso limose; analoghe caratteristiche di zona stabile evidenziano il settore orientale centrale all'intorno dell'area sede del Casello Autostradale di Campegine e zona a settentrione dello stesso, la fascia settentrionale estesa ovest est circa compresa tra C. Campirossi/C. Negri e SS n° 358 – confine comunale est, nei quali nei primi 30/40 m del sottosuolo sono percentualmente più rappresentate le litozone argilloso limose rispetto a quelle ghiaioso sabbiose – sabbiose.

Una consistente parte della superficie comunale (39%) evidenzia condizioni di potenziale instabilità per cedimenti differenziali correlati alla presenza nei primi 5/7 m del sottosuolo di unità litotecniche a basso grado di consistenza ( $q_c \leq 7 \text{ kgf/cm}^2$ ;  $V_s < 160 \text{ m/sec}$ ) che frequentemente includono in subordine strati lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi a grado di densità relativa medio basso,  $D_r \leq 30\%$  ( $q_c \leq 25 \text{ kgf/cm}^2$ ;  $V_s < 180 \text{ m/sec}$ ); analoghe caratteristiche sono state attribuite alle sequenze litotecniche che al di sotto dei primi 5/7 m del sottosuolo formati da alternanze limoso argillose – argilloso limose consistenti – moderatamente consistenti ( $q_c \geq 16 \text{ kgf/cm}^2$ ;  $V_s \geq 200 \text{ m/sec}$ ), sono presenti da -6/-7 a -14/-16 m pc litozone argilloso limose – limoso argillose poco consistenti ( $q_c < 10 \text{ kgf/cm}^2$ ;  $V_s < 170 \text{ m/sec}$ ) con intercalati in subordine stati lentiformi sabbiosi – sabbioso limosi a grado di densità relativa medio basso,  $D_r \leq 30\%$  ( $q_c < 30 \text{ kgf/cm}^2$ ;  $V_s < 180 \text{ m/sec}$ ).

Le zone suscettibili di potenziale instabilità per cedimenti differenziali caratterizzano prevalentemente la fascia orientale estesa sud nord circa compresa tra Canale Bentivoglio/Canale Vecchio ad ovest ed il confine comunale orientale ad est, delimitata a settentrione da via Volontari della Libertà; analoghe condizioni presenta l'area meridionale occidentale ad ovest Rio Torto – Centrale Acquedotto – Braglie, limitata a nord dalla sP n° 39 e le fasce allungate sia sud ovest – nord est che sud nord nella parte centro settentrionale –

settentrionale occidentale. In dette zone nelle successive fasi saranno da eseguire analisi di caratterizzazione sismica di III° livello di approfondimento per la valutazione dei cedimenti.

Le aree di attenzione per potenziale pericolosità di liquefazione, per presenza di corpi sabbiosi da moderatamente a poco addensati,  $D_r < 30/35\%$  ( $q_c < 28$  kgf/cm<sup>2</sup>;  $V_s < 200$  m/sec) con spessori di 3/5 m presenti nei primi 5/15 m del sottosuolo, sono costituite da fasce allungate in direzione sud est – nord ovest che caratterizzano l'area di Caprara estesa con andamento assecondante via Roma da Dazio a Castello Vecchio/Parigi, e la zona della parte del Capoluogo che si allunga concordemente con la sp n° 39 – via Roma da Podere Orologio a via XXIV Maggio; analoghe condizioni contraddistinguono l'area di Case Cocconi ed il suo intorno e la parte di territorio a settentrione del Canale di Risalita latitante C. Nuova.

Equivalenti caratteristiche, eccetto la forma allungata sud – nord, presenta la zona al bordo occidentale centro meridionale ad ovest del Casello Autostradale di Campegine.

Nelle aree di attenzione per potenziale pericolosità di liquefazione nelle successive fasi saranno da eseguire analisi di caratterizzazione sismica di III° livello di approfondimento.

## 10 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo livello di approfondimento definisce la suddivisione in dettaglio delle aree oggetto di microzonazione sismica individuate negli elaborati di primo livello (carta MOPS) con ridefinizione dei limiti delle condizioni di pericolosità per liquefazione densificazione, quando necessario, e la definizione in funzione di un indice quantitativo, in base alle condizioni stratigrafiche, dell'amplificazione sismica attesa ( $T_r = 475$  anni;  $\zeta = 5\%$ ).

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, sviluppata in base alle tabelle Pianura 1 dell'Allegato A2.1.2 DGR 2019/2015, le elaborazioni individuano le aree soggette alle integrazioni di approfondimento di terzo livello, specificando le disamine da eseguire.

### 10.1 Carta delle nuove indagini

Detto elaborato visualizza l'ubicazione delle nuove e di quelle precedentemente eseguite verticali di indagine geofisica: Re.Mi. - MASW/Re.Mi. - HVSR, utilizzate per la microzonazione delle aree urbanizzate, di previsto nuovo insediamento e territorio extraurbano insediato.

La simbologia e caratteristiche degli elementi riportati in carta, relative 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) Standard versione 3.0 ottobre 2013.

La carta ubicazione nuove indagini visualizza i siti delle verticali di indagine effettuate nel territorio per l'individuazione dei fattori di amplificazione e caratteristiche geotecniche che competono alle varie aree esaminate.

### 10.2 Carta della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ )

La carta delle velocità delle onde di taglio  $V_s$  (Tav. 2.2), visualizza i valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti i primi 1.5 m pc, ( $V_{s_{30}}$  m/sec) determinate in base alle indagini: Re.Mi. - Re.Mi/MASW effettuate.

Le elaborazioni delle acquisizioni hanno evidenziato valori oscillanti tra un massimo di 330 m/sec nella zona meridionale a sud dell'Autosole ed un minimo di 200 m/sec nel settore centro meridionale orientale; i valori medi percentualmente più rappresentati corrispondono a:  $V_{s_{30}} = 220 \div 250$  m/sec.

I valori relativi maggiori si riscontrano nella zona a meridione dell'Autosole e ad ovest di via Della Razza contraddistinte da  $V_{s_{30}} = 260/330$  m/sec con massimo di  $V_s = 330$  m/sec all'intorno di Lago di Gruma; analoghi valori relativi maggiori caratterizzano la fascia nord sud compresa tra via Sorte e sP. N° 67 dall'area industriale di Caprara alla sP. n° 97va dove  $V_{s_{30}} = 270/290$  m/sec.

I minimi relativi si rilevano nella zona nord orientata ovest est tra Canale Castelnuovo e via Marconi dove  $V_{s_{30}} = 230/260$  m/sec.

La fascia sud nord ad ovest via Cavatorti – Strada Pescatora che costituisce il settore orientale del territorio comunale dall'Autosole a Cn.le Risalita - via XXV Aprile è caratterizzata dai minimi relativi corrispondenti a  $V_{s_{30}} = 200/230$  m/sec con minimo di 200 m/sec all'intorno dell'intersezione Stradone RE /Diversivo Monsignore.

L'assetto territoriale dei valori di  $V_{s_{30}}$  evidenzia una progressiva diminuzione dei valori di velocità da sud, dove prevalgono le sequenze ghiaiose nei primi 30/40 m dal sottosuolo, a nord dove sono tendenzialmente prevalenti le litozone limoso argillose – argilloso limose rispetto a quelle ghiaioso sabbiose che inoltre si arricchiscono in componenti sabbiose.

Tali caratteristiche concordano con l'assetto geometrico stratigrafico della fascia di terminazione frontale delle conoide alluvionale del T. Enza.

### **10.3 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica**

La microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento, effettuata per le aree di interesse dell'urbanizzato, che praticamente ricopre tutto il territorio comunale, individua le zone 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;  $\xi = 5\%$ ).

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati i valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) determinati in base alla tab. Pianura 1 A 2.1.2 DGR 2019/2015.

In funzione di tali elaborazioni sono stati visualizzati nelle tavole i valori dei fattori di amplificazione dell'accelerazione in superficie in condizioni di *free field*: FA. PGA e dell'intensità spettrale: FA.IS. Questi ultimi, attinenti alle microzone individuate, sono riferiti agli intervalli 0.1 – 0.5 sec, sec e 0.5 – 1.0 sec. come previsto dai testi di indirizzo e DGR 1919/2013.

In funzione delle prevalenti tipologie degli edifici esistenti nel territorio di Campegine e di quelle di prevedibile nuova costruzione, i campi dei periodi sopra indicati evidenziano che le amplificazioni maggiori per quanto riguarda i fabbricati residenziali sono quelli dell'intervallo FA.IS =  $0.1 < T < 0.5$  sec in quanto correlabili a strutture a telaio in CA o in muratura sino a 5/6 piani di altezze e/o a fabbricati ad uso produttivo con altezze sotto trave inferiori a 7 m; d'altra parte al campo dei fattori FA.IS =  $0.5 < T < 1.0$  sec appartengono le strutture a telaio in CA con più di 6 piani, quelle ad uso produttivo con altezze sottotrave  $> 8$ m, manufatti alti e stretti tipo torri, magazzini verticali, ecc....

In rapporto ai periodi fondamentali di vibrazione, delle macro-tipologie di fabbricati, in riferimento al metodo di analisi lineare statica previsto dalle NTC 2008 punto 7.3.3, sono di seguito esposti, a titolo esemplificativo, i periodi principali relativi alle strutture principalmente presenti nel territorio di Campegine ed in comuni con tessuto urbano con simili caratteristiche.

- Fabbricati appartenenti all'intervallo  $0.1 < T < 0.3$  sec: sono a questi attribuibili la maggior percentuale degli edifici ad uso civile in muratura sino a 4 – 5 piani di altezza e le costruzioni a telaio in C.A. sino a 3 – 4 piani di altezza.
- Fabbricati appartenenti all'intervallo  $0.3 < T < 0.5$  sec: sono a questi correlabili la prevalenza delle costruzioni ad uso produttivo manifatturiero, commerciale, industriale con altezze sotto trave inferiori a 8 m ed edifici ad uso civile a telaio in C.A. sino a 5 – 6 piani fuori terra.
- Fabbricati appartenenti all'intervallo  $0.5 < T < 1.0$  sec: possono corrispondere a tale campo strutture a telaio in C.A. o metallo con elevazioni maggiori di 6 ÷ 7 piani, magazzini verticali, manufatti alti e stretti quali silos, torri in genere, ecc.

#### **10.4 Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FA.PGA**

La carta dei fattori di amplificazione  $PGA/PGA_0$ , elaborata per l'area di interesse delle aree urbanizzate ed il territorio extraurbano (Tav. 2.5), evidenzia che il territorio comunale è suddivisibile in due macroaree caratterizzate da  $FAPGA = 1.5 \div 1.6$  nei settori meridionali e da  $FAPGA = 1.7 \div 1.8$  in quelli centrosettentrionali – settentrionali ed orientali.

Le zone a meridione dell'Autosole e ad occidente di "Via Della Razza", nelle quali prevalgono le litozone ghiaioso – sabbiose nei primi 30/40 m del sottosuolo e le profondità dell'unità con comportamento assimilabile al bedrock sismico sono inferiori: -70/-90 m pc, sono contraddistinte dai valori di amplificazione relativi inferiori  $FA.Is = 1.5/1.6$ ; analoga caratteristica presenta la fascia centro settentrionale allungata sud nord circa estesa dalla zona industriale di Caprara alla sP n° 39 e compresa tra la sP n° 67 ad ovest e via Sorte ad ovest, nella quale le indagini geognostiche – prospezioni geofisiche – valori di  $V_{s30}$  hanno evidenziato la presenza nei primi 10/20 m del sottosuolo di corpi ghiaiosi di canale fluviale sepolto.

La rimanente parte del territorio comunale, compresi gli areali suscettibili di cedimenti differenziali ed a potenziale pericolosità di liquefazione, nella quale tendenzialmente prevalgono le litozone limoso argillose – argilloso limose rispetto a quelle ghiaioso sabbiose nei primi 30/40 m del sottosuolo e la profondità dell'unità con comportamento assimilabile a bedrock sismico si approfondisce a -100/-110 m dal piano campagna, si riscontrano i valori dei fattori di amplificazione relativi maggiori corrispondenti ad  $FA.PGA 1.7 \div 1.8$

La distribuzione territoriale dei valori territoriali di  $FA.PGA$  indica una tendenziale correlabilità con l'assetto della base e dello spessore dei depositi continentali AES7/AES3, come evidenziano i valori relativi maggiori delle frequenze naturali principali  $F_0 = 2/4$  Hz ed i valori minori di  $FA.PGA (1,5 \div 1,6)$  che caratterizzano il settore meridionale, dove i depositi continentali raggiungono spessori di 150 m ed analogamente nelle zone settentrionali nelle quali la base dei depositi continentali nelle quali la base dei depositi continentali raggiunge - 250/-300 m pc la correlabilità è evidenziata dai minori valori di  $f_0$  e maggiori di  $FA.PGA (1,7 \div 1,8)$ .

Possibili correlazioni tra i valori di  $PGA$  maggiori con l'assetto del substrato e le linee tettoniche sepolte che lo interessano, sono osservabili nella fascia orientale estesa sud nord

circa compresa tra Cn.le Bentivoglio – Cn.le Vecchio ed il confine comunale orientale; nel sottosuolo di detta zona ad ovest dell'allineamento Podere Santa Margherita/Casetto di Sotto sono individuate (Gasperini et Alii, 1999), compatibilmente con i valori delle deviazioni standard, le direzioni delle fasce di faglia sorgente che hanno generato i terremoti con Mw >5.5 del 1831/e 1832.

Oltre a ciò influenze simili sui valori di PGA sono probabilmente connesse agli stress compressivi nel sottosuolo indotti dalla linea di sovrascorrimento sepolta, classificata attiva (M. Boccaletti, L. Martelli, 2004), che delimita l'ala meridionale occidentale della Dorsale Ferrarese rinvenibile 1/1.5 km ad est del confine comunale orientale di Campegine.

### **10.5 Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner**

In conformità a quanto previsto nella DGR 1919/2013 e degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS2008), sono state elaborate le carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli FA.IS.  $0.1 < T < 0.5$  sec ed FA.IS.  $0.5 < T < 1.0$  sec.

In funzione delle tipologie edilizie prevalentemente presenti nel territorio comunale si evidenzia che gli intervalli nei quali generalmente rientrano i fabbricati ad uso civile sino a 5 ÷ 6 piani per le strutture a telaio in CA o in muratura e fabbricati industriali con altezze sottotrave inferiori a 7 m, sono caratterizzati principalmente dai periodi  $0,1 < T < 0,5$  sec; gli intervalli dei periodi ai quali di solito appartengono le strutture di tipo produttivo con altezze sottotrave >8 m, gli edifici a telaio in c.a. oltre 6 piani, manufatti stretti e alti tipo torri, componibili, magazzini verticali ecc, sono contraddistinti prevalentemente dai periodi  $0,5 < T < 1,0$  sec.

Dette suddivisioni di campi di periodo principale e relative delimitazioni delle aree che a loro competono, assumono particolare significato nel contesto delle previsioni di sviluppo urbanistico poiché consentono di indirizzare le scelte per la destinazione residenziale dove i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo  $0,1 < T < 0,5$  sec sono inferiori. Analogamente tale criterio di preferenzialità per i valori di FA.IS minori, nell'intervallo  $0,5 < T < 1,0$  sec, è significativo per privilegiare le destinazioni di parti del territorio ad uso produttivo.

La discretizzazione degli intervalli sopraindicati è inoltre di sostanziale ausilio nella valutazione del grado di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente e può essere riferimento per le stime di priorità degli interventi.

### **10.6 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.1 < T < 0.5$ sec.**

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 2.6), denota un andamento simile a quello della FA.PGA ed evidenzia un progressivo aumento dei valori di amplificazione procedendo in direzione nord, nordovest, nord est.

I valori relativi inferiori:  $FAIS = 1.6 \div 1.8$ , si riscontrano nella zona meridionale a sud dell'Autosole nella quale tra Centrale Acquedotto e Lago di Gruma si riscontrano i relativi minori  $FA.IS = 1.5 \div 1.6$ ; analoghi valori dei fattori di amplificazione caratterizzano la fascia sud nord compresa tra la sP n°63 e via Sorte, che si estende dall'area industriale di Caprara alla sP n° 97.

I valori relativi maggiori con  $FA.IS = 1.9 \div 2.0$ , caratterizzano le zone settentrionali occidentali e orientali da sud a nord.

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione di Intensità Sismica di Housner nell'intervallo  $FA.IS. 0.1 < T < 0.5$ , denota andamenti molto simili a quelli di  $FA.PGA$ , delle frequenze naturali principali dei terreni, delle  $V_{S_{30}}$ .

L'incremento dei valori di  $FAIS$  nella zona settentrionale denota correlabilità con il più rapido incremento degli spessori dei depositi continentali delle unità AES7-AES3 (100/110 m) a settentrione dell'allineamento Ferra - Casetto di Sotto.

Possibili correlazioni tra i valori di  $FAIS$  maggiori con l'assetto del substrato e le linee tettoniche che lo interessano, sono osservabili nella fascia orientale del territorio estesa nel nord circa tra Canale del Lago e confine comunale orientale, nel sottosuolo della quale, come precedentemente descritto, sono individuate le direzioni delle fasce delle faglie sorgenti dai terremoti del 1831 e 1832 e ad est del confine comunale orientale lo sovrascorrimento che delimita l'ala meridionale occidentale della Dorsale Ferrarese.

### **10.7 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.5 < T < 1.0$ sec**

La distribuzione territoriale dei valori di  $FA.IS$  in tale intervallo (tav.2.7), denota un andamento simile a quello dell'intervallo  $0.5 < T < 1.0$  sec ed evidenzia un tendenziale progressivo aumento dei valori di amplificazione procedendo in direzione nord est.

I valori minori:  $FA.IS = 2.3 \div 2.4$  si riscontrano nella zona sud occidentale tra Centrale dell'Acquedotto e Lago di Gruma; valori relativi intermedi  $FA.IS = 2.5 \div 2.7$  contraddistinguono la prevalente parte del territorio comunale.

I valori relativi maggiori  $FA.IS = 2.8 \div 2.9$  caratterizzano la fascia orientale della superficie comunale circa compresa tra via Della Razza – Canale Risalita e confine comunale orientale.

La distribuzione dei valori dei fattori di amplificazione di Intensità Sismica di Housner nell'intervallo  $FA.IS 0.5 < T < 1.0$ , denota andamenti simili a quelli delle frequenze naturali principali, dei valori di  $V_{S_{30}}$ , di  $FA.PGA$ , di  $FA.IS$  dell'intervallo  $0.1 < T < 0.5$  sec, nella fascia orientale dell'area comunale in accordo con quanto precedentemente esposto relativamente all'individuazione della presenza nel sottosuolo di tale zona delle direzioni delle fasce di faglia sorgente dei sismi del 1830 e 1832 ed 1/1.4 km ad est del confine comunale est dello sovrascorrimento che delimita l'ala meridionale occidentale della Dorsale Ferrarese.

### **10.8 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.5 < T < 1.5$ sec**

La distribuzione territoriale dei valori di FA.IS in tale intervallo (tav.2.8), denota un andamento simile a quello dell'intervallo  $0.5 < T < 1.0$  sec ed evidenzia un tendenziale progressivo aumento dei valori di amplificazione procedendo in direzione nord est.

I valori minori: FA.IS =  $2.3 \div 2.4$  si riscontrano nella zona sud occidentale tra Centrale dell'Acquedotto e Lago di Gruma; valori relativi intermedi FA.IS =  $2.5 \div 2.8$  contraddistinguono la prevalente parte del territorio comunale.

I valori relativi maggiori FA.IS =  $2.9 \div 3.1$  caratterizzano la fascia orientale della superficie comunale circa compresa tra via Della Razza – Canale Risalita e confine comunale orientale.

## **11 ELABORATI DI MICROZONAZIONE - EVENTI PASSATI**

I risentimenti più rilevanti nel territorio di Campegine sono rappresentati da quelli conseguiti ai terremoti del 1831-1832 ed in subordine a quello del 1996.

Le documentazioni storiche attestano danni ai fabbricati, crepe, crolli di comignoli, crollo delle volte e del campanile della chiesa e gravi danni alla canonica; tale edificio appartiene a zona di fascia di paleoalveo soggetta ad amplificazione per effetti della stratigrafia.

Ne consegue, anche in rapporto alla scarsa presenza di patrimoni edilizio nel territorio di Campegine precedentemente al 1900, che non sono effettuabili attendibili correlazioni degli effetti in superficie di detti sismi con le microzone individuate nel presente studio.

**STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO**

*Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI*

**BIBLIOGRAFIA**

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2014) alla scala 1:50.000, foglio 200 REGGIO NELL'EMILIA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di M.PIZZOLO, S.SEGADELLI, S.C.VAIANI.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 202 SAN GIOVANNI IN PERSICETO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di F.C. MOLINARI, M.PIZZOLO
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 201 MODENA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G. GASPERI, M. PIZZOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA 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.BERNINI, M.T.De NARDO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2005) alla scala 1:50.000, foglio 199 PARMA SUD. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G DI DIO, S. LASAGNI, A. MARTINI, G.ZANZUCCHI.
- L.MARTELLI, M.ROMANI; 2013: Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio giugno 2012. Relazione Illustrativa, (ordinanza del commissario delegato – presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012),
- A.FRAULINI, A.MANICARDI, B.MENGOLI C.UGOLETTI, G.P.MAZZETTI; 2013: Riduzione del rischio: esiti della microzonazione sismica nelle carte e norme degli strumenti urbanistici. Atti 32° GNSTS, Trieste.
- G.P.MAZZETTI, S. GILLI; 2013: Geological characters and structural seismic response of litho units between ridge Apennine foot hills: area of the Municipalities of Montese, Zocca, Guiglia, Marano s/P, Atti IX Forum Italiano di Scienze della Terra, Geitalia, Pisa,
- AA.VV. (2013) Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana, Regione Emilia Romagna – Toscana, Università di Siena 1240.
- DGR1051/2011. Deliberazione della Giunta Regionale n. 1032/2012, “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm”. Boll. Off. Reg. Emilia-Romagna n. 120 del 02/08/2011.  
<http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/>
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di) (2011). BDM11, la versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.ingv.it/DBM11>
- CENTROGEO (2013) Studio Geologico Ambientale - Analisi Sismica e Microzonazione Comune di Campegine. Non pubblicato
- 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](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. Off. Reg. Emilia-Romagna n.64 del 17/05/2007. <http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regioneemilia-romagna.it/geologia/>
- 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. (2004) – 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, carte 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 provinciale e indirizzi per la pianificazione comunale, 26° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Novembre.
- MOLINARI F.C. – BOLDRINI G. et ALII (2007) – Risorse Idriche Sotterranee della provincia di Ferrara; DB MAP, Firenze.
- G.P. MAZZETTI (2006), Evoluzione geologica del territorio reggiano. pp. 8-20 in “Una Provincia allo Specchio: Reggio Emilia”; Telesio Editrice, Carnate, Milano.
- G.P. MAZZETTI (2008), Indagine Geologico Ambientale – Analisi Sismica, Quadro Conoscitivo Preliminare Piano Strutturale Comunale di San Martino in Rio, dati non pubblicati.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di Castelnovo né Monti, Convegno Nazionale, Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida, C.N.R., Roma.
- SERVIZIO TECNICO DEI BACINI ENZA E SECCHIA (2005) – Stratigrafie catasto pozzi, dati non pubblicati.
- AA.VV. (1970-1980) – Rapporti ed indagini geognostiche sul territorio di Bagnolo in Piano (RE). Documenti inediti.
- M. PANIZZA ET ALII (1978). Geomorfologia dell'area circostante la Pietra di Bismantova; Servizio Geologico d'Italia, vol. XCVII, C.N.R.
- G.P. MAZZETTI– NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospection, Atti 4<sup>th</sup> 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 T ALII (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.
- MAZZETTI G.P. – POZZI P. (1993) – Studio di compatibilità ambientale fisica per la locazione di un impianto di scarico controllato in zone pianiziali – Discarica Intercomunale di Novellara (RE) – Atti 8° convegno Nazionale C.N.G.
- BOSELLINI A- MUTTI E - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET
- MAZZETTI G.P. (1983) – studio geologico ambientale del comprensorio di media pianura Carpi – Correggio, Regione Emilia Romagna.
- 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. BO
- C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - Pubblic. N° 361 ESA Editrice - Roma.
- 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.

- CASTANY G. (1976) – Traité pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris.
- VANDENBERG J. & WONDERS A.A.H. (1976) - Paleomagnetic evidence of large fault displacement around the Po-Basin. *Tecnophysics*.
- VEGGIANI A. (1974) – Le variazioni idrografiche del basso corso del fiume Po negli ultimi 3.000 anni. *Padusa Riv. C. Palesano St. Stor. Arch. E Etr. Rovigo*.
- ENI (1972) - Acque dolci sotterranee - ENI
- ENI (1965) – Enciclopedia del petrolio e del gaso naturale, volume VI, Carlo Colombo Editore.
- 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)