



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

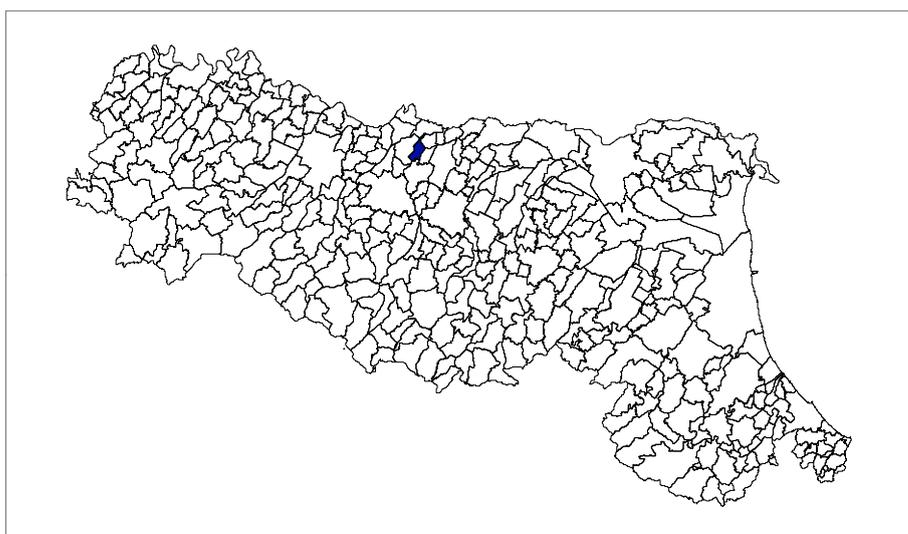
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Modellazione e caratterizzazione geologico sismica e geotecnica

Relazione Tecnica Illustrativa

Regione Emilia-Romagna
 Comune di Campagnola Emilia



<p>Regione Emilia Romagna</p> <p><i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OCDPC 52/2013 DGR 1919/2013.</i></p> <p><i>Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico Luca Martelli</i></p>	<p>Soggetto realizzatore</p> <p>Studio Geologico CENTROGEO</p> <p><i>Progetto:</i> Gian Pietro Mazzetti</p> <p><i>Collaboratori:</i> Stefano Gilli Andrea Arbizzi Mauro Mazzetti</p>	<p>Amministrazione comunale</p> <p><i>Sindaco:</i> Alessandro Santachiara</p> <p><i>Terzo Settore: Assetto ed uso del territorio - ambiente</i> Arch. Enrico Vincenzi</p> <table border="1" data-bbox="1023 2016 1471 2116"> <tr> <td data-bbox="1023 2016 1252 2116"> <p>Data Gennaio 2017</p> </td> <td data-bbox="1252 2016 1471 2116"></td> </tr> </table>	<p>Data Gennaio 2017</p>	
<p>Data Gennaio 2017</p>				

Provincia di Reggio Emilia
Comune di Campagnola Emilia
MICROZONAZIONE SISMICA
MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE
GEOLOGICO TECNICA E SISMICA
RELAZIONE ILLUSTRATIVA

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	1
1.1	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	2
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	3
2.1	Pericolosità sismica - Definizione del moto di riferimento.....	13
3	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	15
3.1	Caratteri sismotettonici.....	22
3.2	Attività tettonica.....	24
3.3	Subsidenza.....	26
3.4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	27
3.5	Caratteri Geomorfoloici.....	28
3.6	Assetto strutturale depositi del quaternario continentale.....	30
3.6.1	Subsintema AES8.....	31
3.6.2	Subsintema AES7.....	31
3.6.3	Sintema AES.....	31
3.6.4	Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI.....	33
3.6.5	Sintema Quaternario Marino Superiore.....	33
3.7	IDROGEOLOGIA.....	34
3.7.1	Idrografia di superficie.....	34
3.7.2	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	37
3.7.3	Definizione del sistema idrogeologico.....	37
3.7.4	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	38
3.8	Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale.....	42
3.8.1	Piezometria dell'acquifero freatico.....	43
3.8.2	Isopieze dell'acquifero.....	43
3.8.3	Soggiacenza Acquifero freatico.....	44
3.8.4	Identificazione temporale del sistema Idrogeologico.....	45
3.8.5	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	45
4	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	47
4.1	Carta geologico tecnica.....	47
4.2	Caratteristiche litotecniche.....	48
4.3	Successioni Litotecniche.....	49
5	MODELLI GEOTECNICI.....	55
5.1	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	58
5.2	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	59
5.3	Microtremori con la tecnica HVSr.....	59
5.4	Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. e passiva/attiva Re.Mi./MASW.....	60
6	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	62
6.1	Carta delle indagini.....	62
6.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	63
6.3	Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	64
6.4	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	67
6.4.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	68
7	SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	77
7.1	Definizione degli input sismici.....	77
7.2	Comportamento non lineare dei terreni.....	78
7.3	Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche.....	80
7.4	Calcolo degli effetti di sito.....	87
7.5	Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	89
7.6	Carta delle nuove indagini.....	91
7.7	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	92
7.8	Carte dei fattori di amplificazione - microzonazione sismica.....	92
7.9	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FAPGA.....	94
7.10	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	94
7.11	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.5 sec.....	94
7.12	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.5<T<1.0 sec.....	95
7.13	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.5<T<1.5 sec.....	96
8	CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI.....	96
9	DISPOSIZIONI NORMATIVE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO.....	98

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 Ovest – Est	1:25.000/1:1.000
Tav. 1.2.1	Sezioni geologiche Sud - Nord	1:25.000/1:1.000
Tav. 1.3	Carta isopieze primo acquifero	1:10.000
Tav. 1.4	Carta Soggiacenza primo acquifero	1:10.000
Tav. 1.5	Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido	1:10.000
Tav. 1.6	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 1.7	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 1.8	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 2.1	Carta delle indagini nuove	1:10.000
Tav. 2.1.1	Punti di verifica RSL con codice di calcolo	1:10.000
Tav. 2.2	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA PGA	1:10.000
Tav. 2.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 2.4	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
Tav. 2.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,5 – 1,5 sec	1:10.000
Tav. 3.1	Carta Sovrapposizione MOPS - CLE	1:10.000
Tav. 3.2	Carta di sovrapposizione CLE - FA PGA	1:10.000
Tav. 3.3	Carta di sovrapposizione CLE - FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 3.4	Carta di sovrapposizione CLE - FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
Tav. 3.5	Carta di sovrapposizione CLE - FA IS 0,5 – 1,5 sec	1:10.000

ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche di nuova esecuzione

Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

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 Campagnola Emilia (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 e di un loro adeguato intorno, del patrimonio edilizio esistente, delle fasce interessate dalle principali infrastrutture.

Le analisi di microzonazione sismica, realizzate con i contributi di cui all'OPCM 52/2013, sono state effettuate in conformità alla Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n° 1919/2013, "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n° 52/2013 a favore degli Enti Locali", degli indirizzi del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Le sopra indicate analisi 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, Disposizioni R.E.R. concernenti l'attuazione del P.A.I. del 06/02, NA PTCP Reggio Emilia, D.M. 14-01-2008, Delibera Assemblea Legislativa R.E.R. n°2193 del 21/12/2015.

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

La determinazione della pericolosità sismica dell'area del Comune di Campagnola Emilia è stata sviluppata mediante l'elaborazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l'individuazione delle zone suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di secondo livello, con definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo mediante elaborazione mediante codice di calcolo, in riferimento alle indicazioni contenute nelle sopraccitate DGR 1302/2012, DGR 2193/2015, "I.C.M.S." indirizzi del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Dette analisi e relativa zonazione, rappresentano uno strumento utile per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità sismica e 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 Campagnola Emilia 2003 (*Centrogeo, Correggio RE*).

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Campagnola Emilia, RE**, Determina Dirigenziale del 03/03/2014 n° 38 del III Settore Patrimonio e Ambiente Arch. *Enrico Vincenzi*.

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza di Campagnola Emilia, 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 *il Settore Patrimonio e Ambiente del Comune di Campagnola Emilia, Arch. Enrico Vincenzi*.

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

Le elaborazioni GIS sono state eseguite dal Dr. S.Gilli.

1.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il territorio comunale di **Campagnola Emilia** appartiene ai settori centromeridionale e centrosettentrionale delle tavolette: NOVELLARA I SW e CORREGGIO II NW, del F° REGGIO NELL'EMILIA N° 74 I.G.M. zona 32 T quadrato PQ.

Il territorio comunale estendentesi in senso sud ovest – nord est, con superficie di 2476 ha è delimitato dai meridiani, sistema U.T.M.:

636000 – 642000

e dai paralleli:

4963000 – 4974000.

La conformazione della superficie dei terreni, riportata nella carta Geologico Tecnica Tav 1.2 visualizzata in curve di livello in m s.l.m, è stata estratta dalla cartografia della Provincia di Reggio Emilia: "*Carta Topografica in scala 1:25.000 dell'Emilia Romagna*".

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi circa tra 27 e 19 m s.l.m. e declinano territorialmente in direttrice sud sud ovest – nord nord est, con pendenze che variano mediamente tra 1,1 ÷ 3,5/4,0 ‰ nelle zone meridionali e centrali e tra 0,5 ÷ 1,0 ‰ nelle aree settentrionali; fanno eccezione le fasce di dosso, di seguito descritte, con acclività del 3,0 ÷ 4,0 ‰.

Il territorio è caratterizzato da andamento pianeggiante, blandamente ondulato in senso ovest – est, che si caratterizza con assetti a dosso, da mediamente a debolmente pronunciato, che si estendono in direzione sud sud ovest – nord nord est; tali morfologie sono osservabili nella fascia centrale in corrispondenza della sP n° 94, nella zona orientale assecondante Via F.lli Conti sino a Ponte Vettigano e successivamente allo stesso secondo l'allineamento Castellazzo – Scolo di Campagnola, nella fascia estesa dapprima ovest est dal confine comunale con Novellara al capoluogo e successivamente al centro storico in direzione nord est che asseconda l'andamento della sP n° 4.

Un'analogha conformazione a dosso debolmente pronunciato estesa in verso ovest est, che ricalca l'estendersi di via Picenardi – sP n° 48, caratterizza il settore meridionale dell'area comunale circa dall'incrocio via Argine/via Picenardi a Cognento – Osteriola.

La parte settentrionale del territorio è contraddistinta da basse pendenze con morfologie leggermente depresse di ambito vallivo di pianura.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

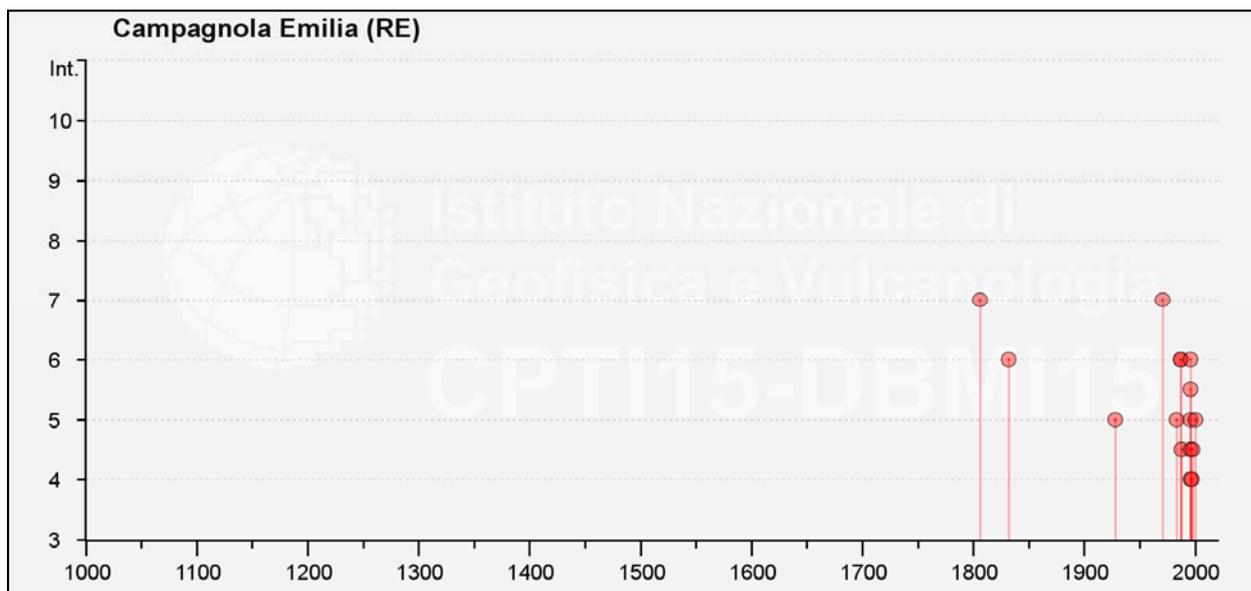
La sismicità del territorio, prevalentemente correlata alle strutture geologiche superficiali (primi 15 km) e secondariamente di media profondità (15 ÷ 25 km), è collegata a meccanismi focali compressivi e trascorrenti, mentre sono nettamente meno rappresentati e subordinati i meccanismi focali distensivi.

Nell'ambito territoriale al quale appartiene Campagnola Emilia e zone ad essa 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° grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg, con intensità variabile tra Mw = 4,8 ÷ 5,6, Correggio - Novellara - Bagnolo in Piano, Mw=5,9 Mirandola - Finale Emilia, Mw > 5,5 Rubiera.

I principali eventi registrati nel territorio in analisi ed al suo intorno, sono riportati nelle tabelle di seguito esposte:

Storia sismica di Campagnola Emilia Numero di eventi: 19

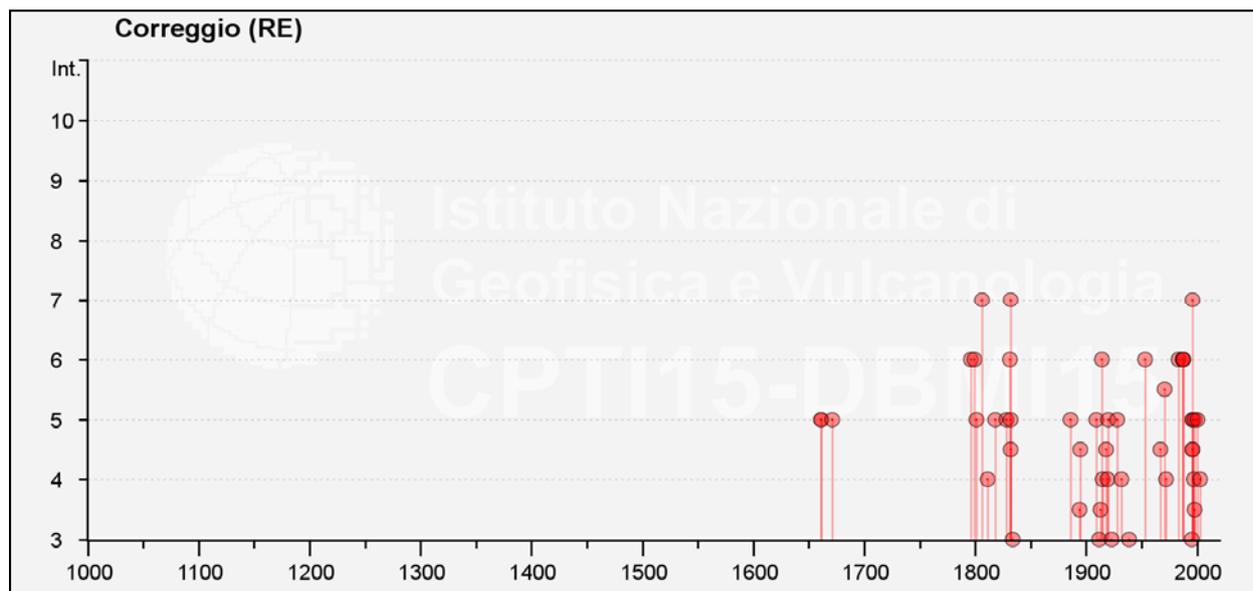
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
6	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5-6	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
5	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
5	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
4-5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
4-5	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
4	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
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 Correggio
Numero di eventi: 65

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1806	02	12				Reggiano	28	7	5.21
7	1832	03	13	03	30		Reggiano	97	7-8	5.51
7	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
6	1796	10	22	04			Emilia orientale	27	7	5.45
6	1799	02	22	05	45		Correggio	2	5	4.16
6	1831	09	11	18	15		Pianura emiliana	25	7-8	5.48
6	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
6	1953	08	22	05	26		Reggiano	6	6	4.73
6	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
6	1987	04	24	02	30	2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
6	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
5-6	1971	09	11	23	18	1	Pianura emiliana	15	5	4.19
5	1661	03	21	23			Modenese	4	6-7	4.86
5	1661	03	22	12	50		Appennino forlivese	79	9	6.05
5	1671	06	20	10			Modenese-Reggiano	8	7	5.27
5	1801	10	08	07	52	5	Bolognese	6	6	4.90
5	1818	12	09	18	55		Parmense	26	7	5.24
5	1828	10	09	02	20		Oltrepò Pavese	110	8	5.72
5	1832	03	11	06	45		Carpi	14	5	4.51
5	1886	10	15	02	20		Collecchio	44	6	4.70
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
5	1928	06	13	08			Carpi	35	6	4.67
5	1996	10	26	04	56	5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
5	1996	10	26	06	50	2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
5	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40

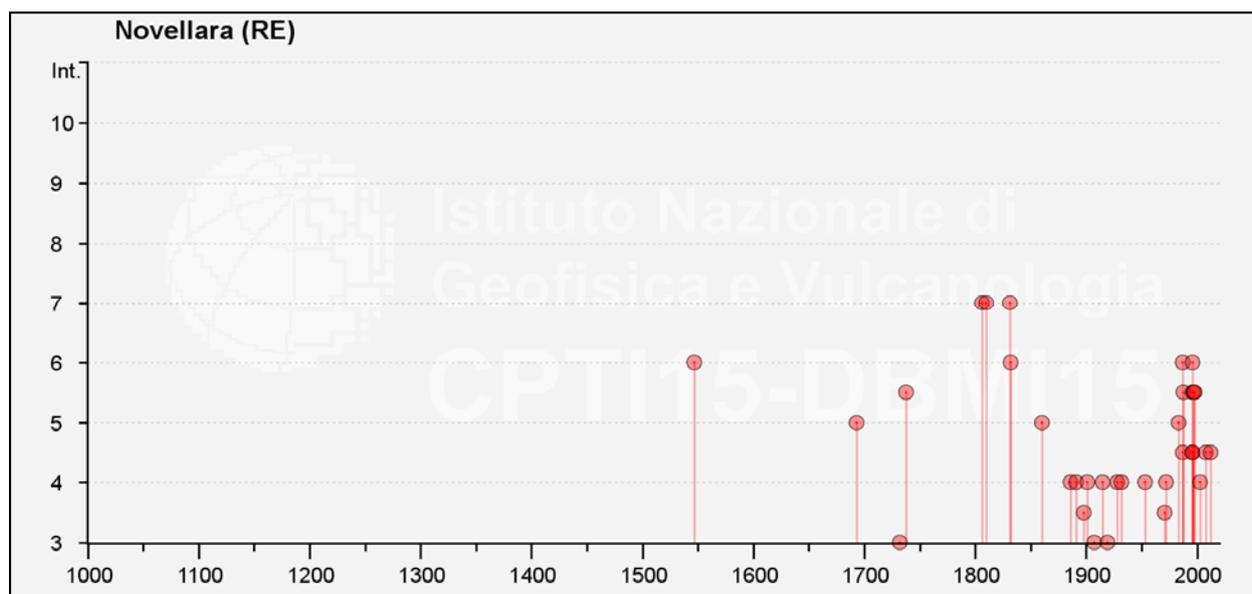
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
4-5	1895 05 12 20 29	Reggiano	13	4-5	3.98
4-5	1918 05 06 08 05	Reggiano	8	5-6	4.41
4-5	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4-5	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
4	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
4	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
4	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
F	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	94	8	5.60
F	1831 07 14 15 30	Reggiano	8	5-6	4.60
F	1832 03 12 08 45	Reggiano	7		
F	1832 03 14 07 41	Reggiano	7		
F	1832 04 19 14 14	Reggiano	5		
F	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
F	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
F	1837 04 11 17	Lunigiana	60	9	5.94
F	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
F	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
F	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
3-4	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
3-4	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
3-4	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
3	1834 10 04 19	Bolognese	12	6	4.71
3	1912 09 12 21 15	Carpi	13	4	3.76
3	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5.04
3	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96
3	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
2	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10
NF	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4.17
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



Storia sismica di Novellara
Numero di eventi: 43

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
7	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
6	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
6	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5-6	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7	5.10
5-6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5-6	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
5-6	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
5-6	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5	1693 07 06 09 15	Mantovano	13	7	5.23
5	1860 07 17 13 43 3	Reggiano	5	4-5	3.93
5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
4-5	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 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4-5	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
4-5	2012 01 25 08 06 3	Pianura emiliana	25	5-6	4.98
4	1886 10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.70
4	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illassi	403	8-9	5.87
4	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
4	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
4	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67

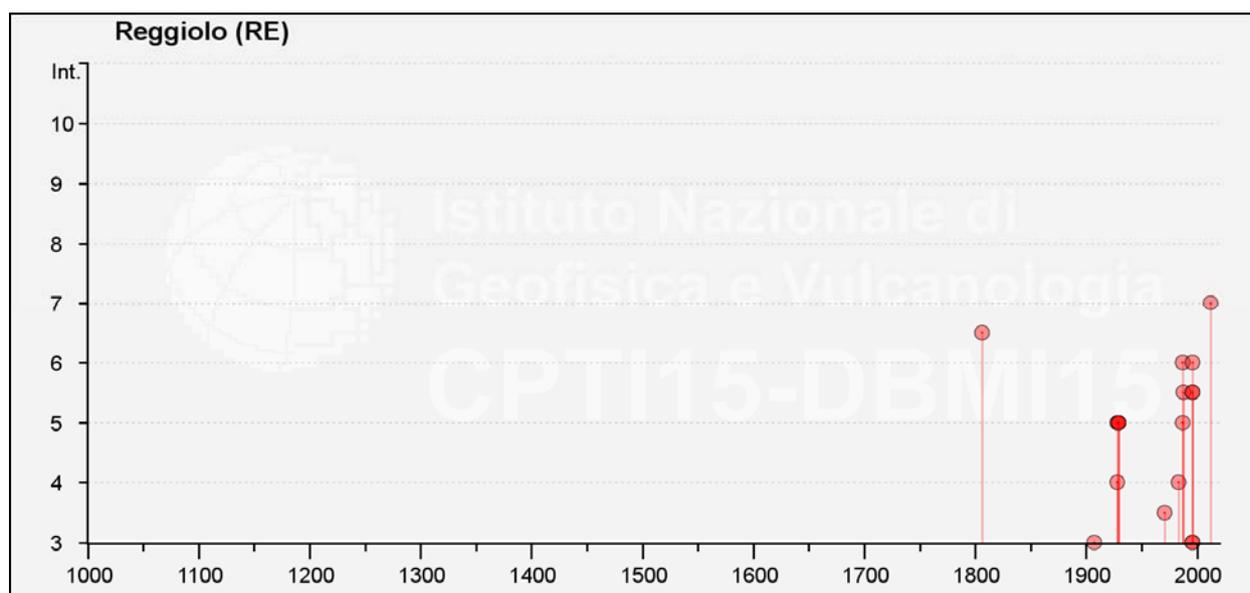
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
4	1953 08 22 05 26	Reggiano	6	6	4.73
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
F	1570 11 17 19 10	Ferrarese	58	7-8	5.44
F	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
F	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3-4	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
3-4	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
3	1732 02 04 18 20	Parma	9	5-6	4.65
3	1907 04 25 04 52	Veronese	122	6	4.79
3	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10
NF	1937 09 17 12 19 0	Parmense	34	7	4.77
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



Storia sismica di Reggiolo

Numero di eventi: 24

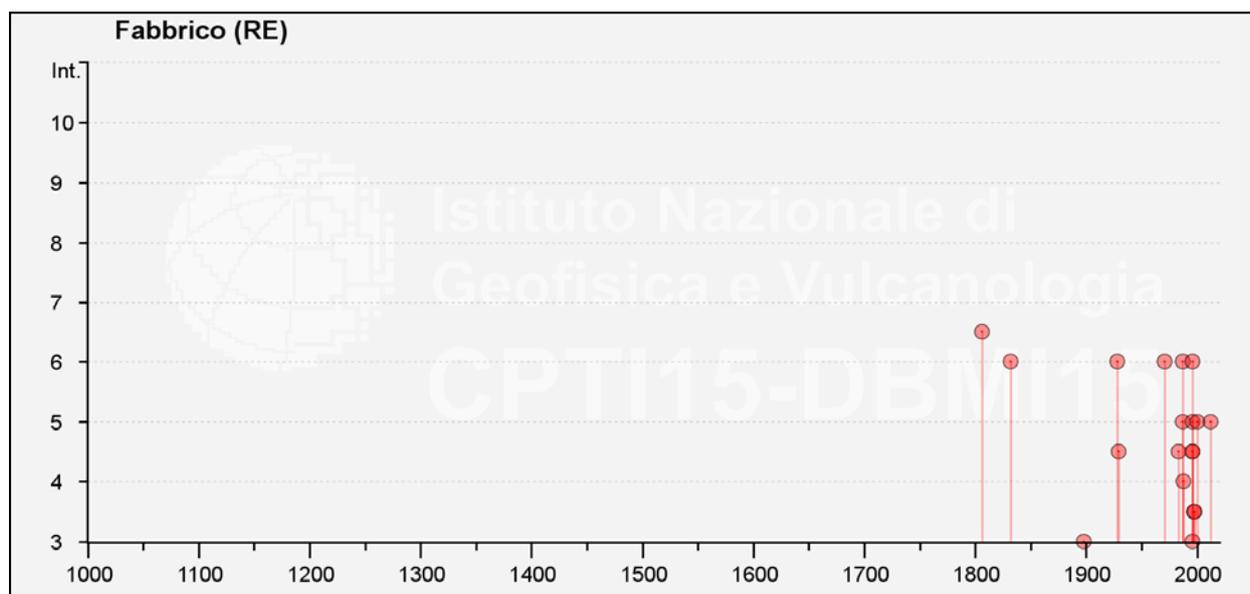
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
6-7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
5-6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5-6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5-6	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
5	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
5	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
5	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
5	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
4	1928 07 25 01 25	Carpi	3	4-5	3.93
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
3-4	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
3	1907 04 25 04 52	Veronese	122	6	4.79
3	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
2	1929 04 19 22 40	Bolognese	12	5-6	4.54
NF	1901 01 20 06 30	Bassa modenese	10	4	3.68
NF	1901 01 20 06 34 2	Bassa modenese	12	5	4.11
NF	1910 01 23 01 50	Piacentino	118	5	4.39
NF	1937 09 17 12 19 0	Parmense	34	7	4.77
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43



Storia sismica di Fabbrico

Numero di eventi: 23

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
6	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
6	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
6	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
5	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
5	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
4-5	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
4-5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4-5	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3-4	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
3	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
3	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
NF	1910 03 22 23 29	Bassa modenese	15	5	4.16
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



(immagini e tabelle reperite dall'archivio DBMI15, consultabile al sito internet
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>)

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

- la storia sismica di Campagnola Emilia ed al suo intorno ha una discreta testimonianza ed estensione temporale (il primo evento documentato risale al 1796 per il comune di Correggio)
- il grado di sismicità è di tipo medio – medio elevato con intensità massime percepite equivalenti 7 grado MCS, corrispondente a magnitudo stimata in $M_w = 5.2 \div 5.4$
- le massime intensità sismiche sono state prodotte da eventi di elevata intensità sismica a piccola distanza e di tipo superficiale, mentre gli effetti di sismi ad elevata intensità e 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 $I_0 = 6 - 7$, evidenziano periodi di crisi sismica di durata media di 10/15 anni che si verificano mediamente con intervalli temporali di $30 \div 20$ anni; di tali eventi quelli che hanno manifestato i numeri di scosse maggiori sono correlabili ai periodi:
 - 1795/1810; 1830/1840; 1870/1880; 1910/1920; 1960/1970; 1985/2000.

Precedentemente al 1800, con documentazione relativa inferiore, i principali periodi di crisi sismica sono individuabili per gli anni: 1500/1510; 1545/1555; 1560/1570 (Dorsale ferrarese); 1590/1610; 1670/1690.

Risentimenti sismici locali

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Campagnola Emilia ha risentito dei massimi effetti negli eventi del 29 maggio e 3 giugno prevalentemente localizzati sia nel capoluogo, zone industriali che extraurbane, con prevalenza dei fabbricati individuati nel capoluogo e nelle Zine Industriali.

I risentimenti hanno reso inagibili 23 edifici, indotto danni di temporanea inagibilità con successiva agibilità in 16 fabbricati.

Storicamente gli eventi sismici che hanno determinato i risentimenti più rilevanti nel territorio di Campagnola Emilia sono rappresentati dai terremoti del 1806-1810-1831-1832, del 1987, 1996, 2012.

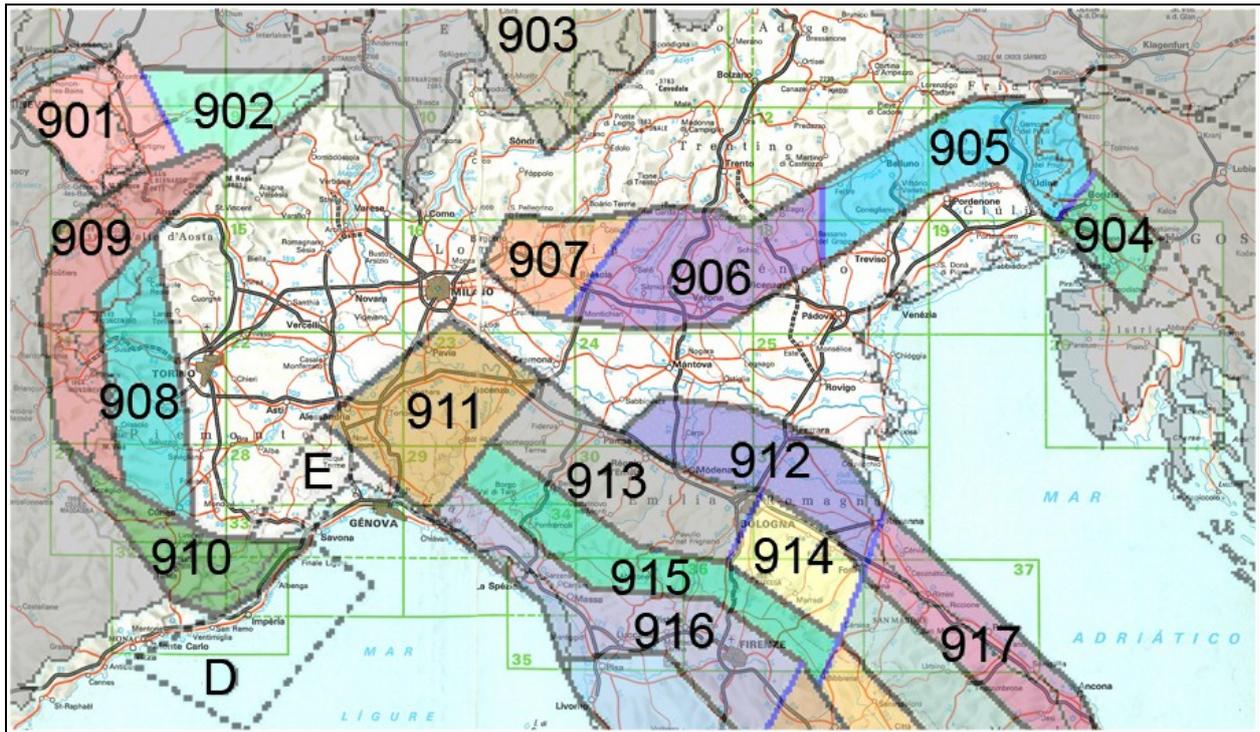
Il primo di questi con $M_w = 5,2$ ha indotto effetti con $I_0 = 7$ nei comuni di Brescello – Campagnola Emilia – Correggio – Novellara – Viadana; il sisma del 1810 con $M_w = 5,1/5,2$ ha generato effetti di $I_0 = 7$ in territorio di Novellara e con tutta probabilità anche di Campagnola Emilia (epicentro tra Bernolda e San Bernardino di Novellara); gli eventi sismici del 1831/32, con epicentri tra Campegine e Cadelbosco di Sopra e di Sotto, è attribuita $M_w = 5,48 - 5,59$ ed il territorio di Campagnola Emilia ha risentito di effetti con $I_0 = 6$.

Analoghi risentimenti di $I_0 = 6$ hanno indotto i terremoti del 1987, con $M_w = 4,64$ ed epicentro poco a ovest di S. Giovanni della Fossa, quello del 1996 con $M_w = 5,41$ ed epicentro poco ad ovest di S. Tommaso della Fossa; ai sismi del maggio/giugno 2012 sono conseguiti effetti con $I_0 = 5$.

In concomitanza degli eventi sismici del 1987-1996 non sono documentati crolli di parti di fabbricati.

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 Campagnola Emilia 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 di magnitudo medio elevati: $M_w = 4.7/5.0 \div 5.5$, 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 Campagnola Emilia e le zone circostanti: Correggio, Novellara, Reggiolo, Fabbrico, Rio Saliceto, sono egualmente interessati dai meccanismi focali che si originano nell'arco delle Pieghe Ferraresi sia interne che esterne, che dall'attività sismica del margine appenninico: Successione carbonatica meso - cenozoica, successioni del basamento pretriassico, 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 – Reggio – 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 Campagnola Emilia 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 della Regione Emilia Romagna 2193/2015, alle zone sismogenetiche del territorio comunale di Campagnola Emilia compete un valore di picco massimo dell'accelerazione orizzontale, corrispondente a:

$$\text{Campagnola Emilia } a_{gref} = 0,140 \text{ g}$$

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:*

$$\text{Campagnola Emilia } a_g = 0,125 \div 0,175 \text{ g}$$

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 Campagnola Emilia, Reggio Emilia, RE, ha risentito di effetti corrispondenti al V grado MCS, il territorio comunale è stato inserito nei comuni appartenenti al cratere sismico. (Fonte: "Rilievo Macrosismico MCS Speditivo" – Rapporto Finale – Protezione Civile – Giugno 2012).

Le mappe di scuotimento INGV (<http://shakemap.rm.ingv.it/shake>) per gli eventi sismici del 20, 29 maggio e 3 giugno 2012, indicano per il territorio in analisi i parametri di seguito esposti:

Area Campagnola Emilia, capoluogo, zona centro settentrionale del comune

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,054	3,4	0,126	0,035	0,008
29-05-2012 – 5.8	0,075	4,4	0,177	0,051	0,009
29-05-2012 – 5.3	0,078	10,6	0,238	0,090	0,024
03-06-2012 – 5.1	0,076	6,7	0,151	0,013	0,008

Area Cognento - Osteriola, zona meridionale del territorio comunale

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,050	3,3	0,119	0,033	0,008
29-05-2012 – 5.8	0,071	4,2	0,163	0,049	0,009
29-05-2012 – 5.3	0,047	4,5	0,115	0,034	0,008
03-06-2012 – 5.1	0,003	1,9	0,059	0,012	0,002

I valori massimi di accelerazione in superficie (PGA) e sollecitazione per le strutture (PSA) sono stati registrati nell'evento del **29 maggio 07.00.03 (GMT) $M_L=5.8$** .

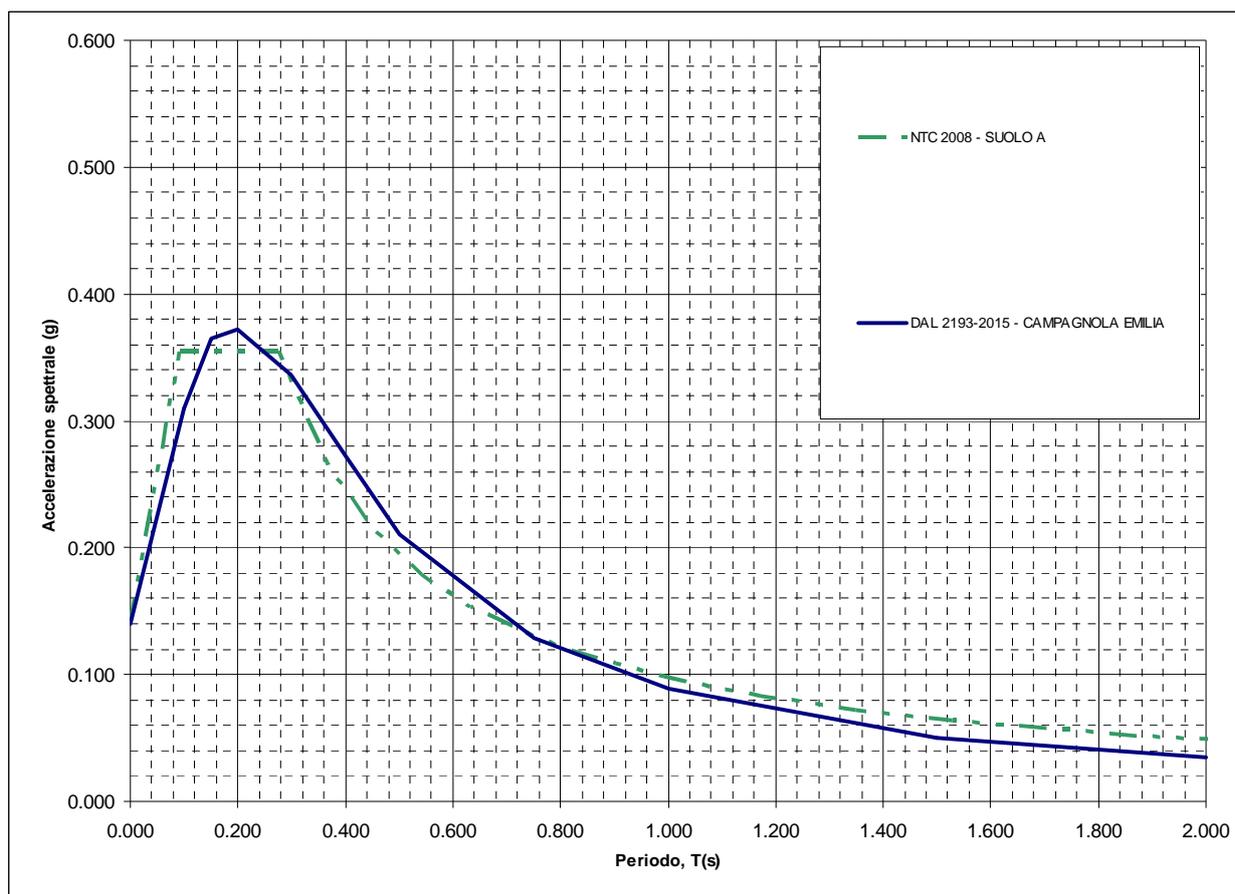
I valori di PGA-PSA degli eventi sopra elencati sono inferiori a quelli di progetto della griglia INGV (terreno cat. C – SLU-SLV) e delle tabelle A2.1.2 dell'allegato 2 DGR 2193/2015.

Una stazione sismica provvisoria, messa in opera dallo scrivente il 29 maggio 2012 nel settore centrale orientale di Correggio capoluogo, nell'evento delle 12.54, ha rilevato: PGA = 0.15 g ed uno spostamento massimo orizzontale di 4 cm.

2.1 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 ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>*) varia nell'intervallo 0,125 ÷ 0,175g. Tali dati sono stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione delle tabelle contenute nella DGR 2193/2015 “Indirizzi per gli studi di Microzonazione Sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica di cui alla DAL 112/2007” dove viene indicata una PGA corrispondente a 0,140 g per l'intero territorio comunale.

Mediante i dettami di detta delibera è stato costruito lo spettro di riferimento a probabilità uniforme per il comune di Campagnola Emilia, 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 Campagnola Emilia. Smorzamento pari al 5%. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera dell'assemblea legislativa ER – DAL112-2007, mentre con linea verde tratteggiata è riportato lo spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2008.

Ai fini delle successive determinazioni è stato considerato lo spettro di risposta a probabilità uniforme proposto dalla Regione Emilia Romagna (DGR 2193/2015).

3 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio comunale di Campagnola Emilia 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 Ma¹, 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 le formazioni del *Pliocene* si rinvengono sino a -2/-3/-4 ÷ -5/-6 nella fascia delle Pieghe Ferraresi e si approfondiscono a -6 ÷ -7,5 km in direzione occidentale – nord occidentale con il passaggio alla monoclinale alpina.

Analoghe profondità di -7 ÷ -8 km sono presenti ad oriente nella zona di Carpi – Soliera – Crevalcore al passaggio delle Pieghe Ferraresi alle Pieghe Romagnole.

Ad esse soggiacciono le successioni dal *Miocene al Mesozoico*, individuate mediante disamine geofisiche (AGIP-ENI,1986), sino a -9.000 ÷ -11.000 m dal piano campagna ad eccezione della Dorsale Ferrarese.

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.

Tale complesso è suddiviso dal punto di vista idrogeologico in tre gruppi acquiferi (*G.Di Dio, 1998*) costituiti da alternanze di orizzonti argillosi, limo sabbiosi e ghiaiosi, a spessore

¹ Milioni di anni.

estremamente variabile, da alcuni metri a decine di metri, attribuibili sia a depositi alluvionali di pianura in ambiente emerso che di delta conoide e marino marginale.

L'assetto e gli spessori di detta successione sono stati sensibilmente influenzati dalla conformazione del substrato prepliocenico, dagli eventi tettonici e subsidenti che hanno coinvolto lo stesso, dalle variazioni del livello medio del mare correlate ai mutamenti climatici che hanno interessato l'area padana negli ultimi 2 Ma.

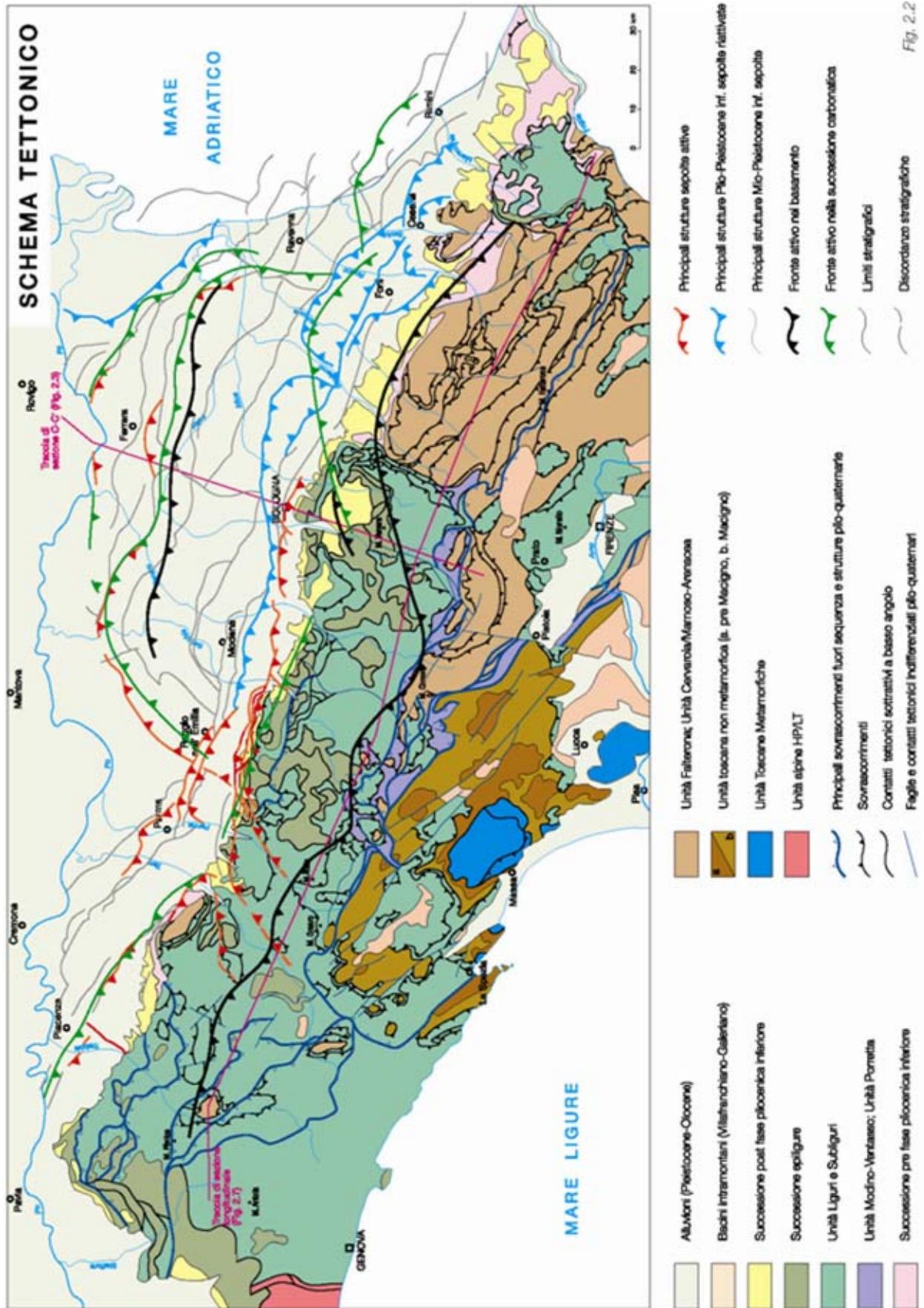
I processi che hanno determinato i piegamenti del substrato, esplicitatisi in fasi di sollevamento del fondo bacino, si sono verificati principalmente in due periodi distinti collocabili tra il *Miocene ed il Pliocene* (25.2 - 5.2 Ma), manifestatisi con prevalenza nell'area piacentino - lombarda, e nel *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.

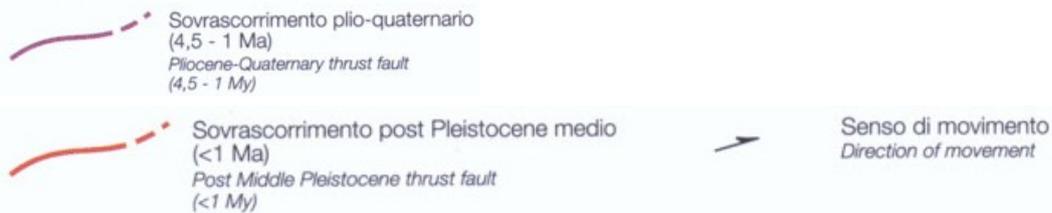
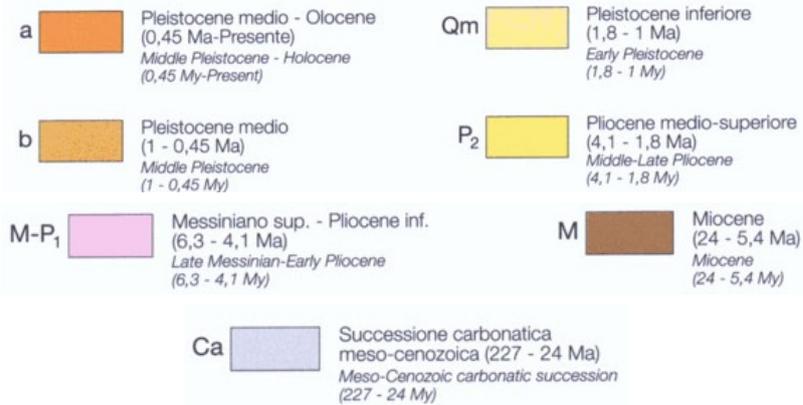
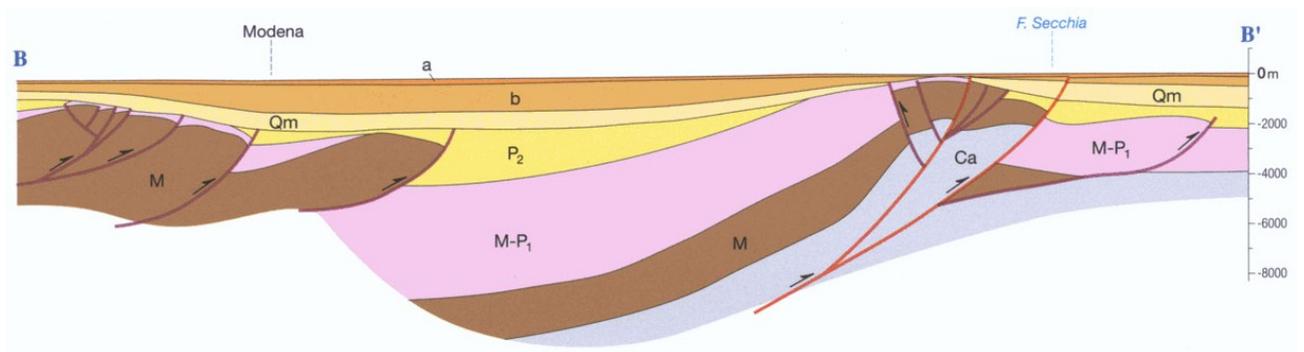
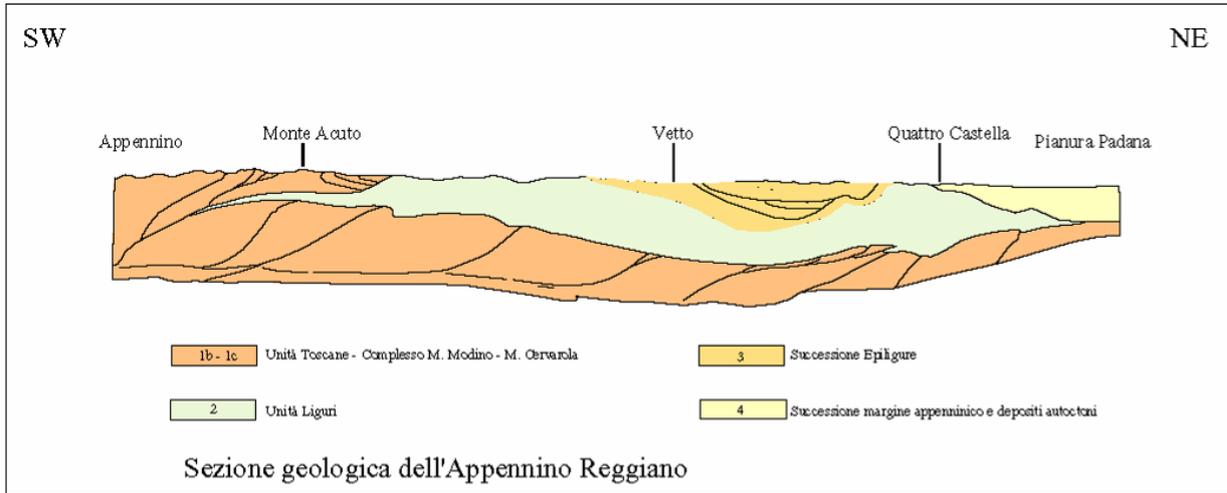
A tali eventi tettonici è seguita un'altra importante fase nel *Pleistocene medio* (0.8 - 0.45 Ma) che ha indotto il rapido spostamento della fascia di transizione tra la scarpata sottomarina e la piana bacinale verso nord est - est, alla quale è seguita una fase secondaria tra 0,26 - 0,22 Ma.

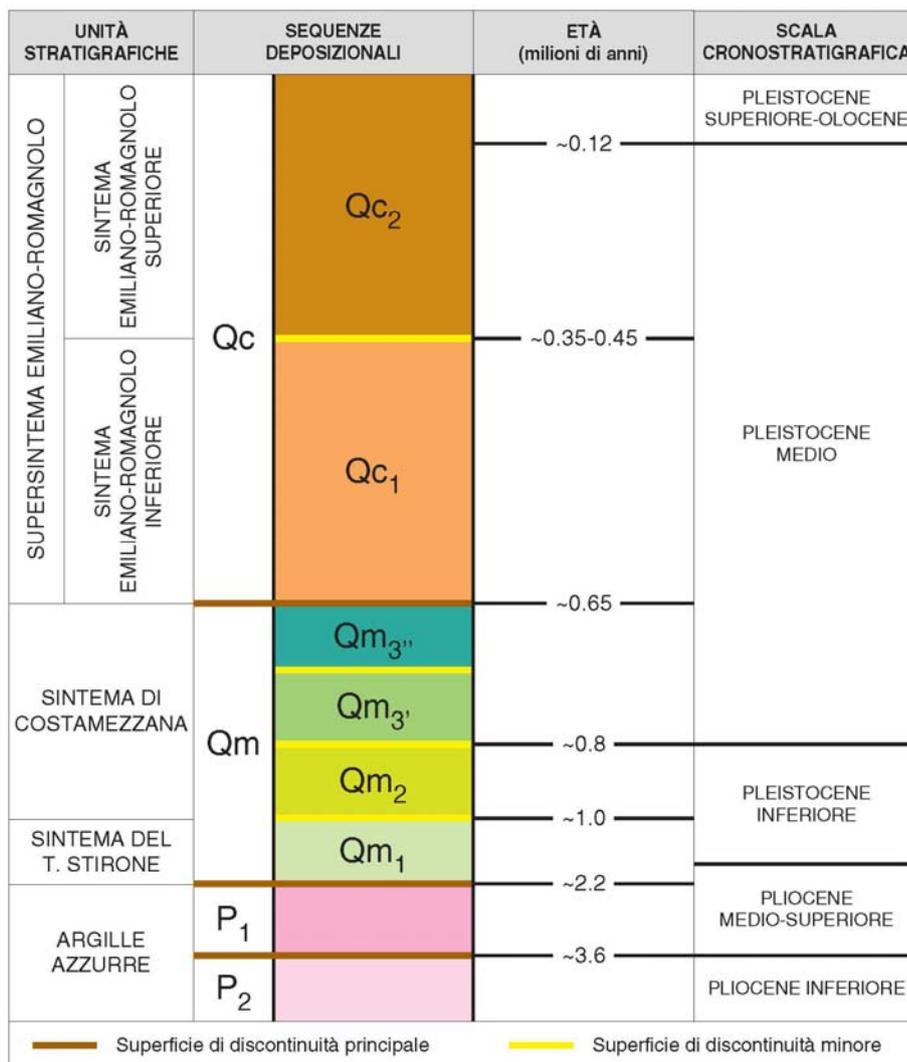
I processi in narrativa hanno condizionato la conformazione dei depositi quaternari, alluvionali e marini costieri, che ricalca l'andamento del substrato prepliocenico attenuandone le geometrie, come evidenziano gli assetti blandamente antiformi della base delle unità alluvionali sedimentatesi negli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

I conseguenti diversi spessori di materiale sedimentato sono stati oggetto di sensibile subsidenza. Detti abbassamenti, per processi di auto consolidazione, non si sono verificati uniformemente ed hanno manifestato intensità maggiore nelle fasce centrali delle sinclinali e minore nelle zone prossime ai settori di asse di anticlinale condizionando il grado di possibilità di consolidazione dei terreni. Queste condizioni, in taluni casi, ed in circoscritte aree, hanno indotto 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.







	ANNI	PERIODI GEOLOGICI	PERIODI STORICI	CIVILTÀ E CULTURE	
CLOCENE	1.200 476	POSTGLACIALE	ALTO MEDIEVO	v. XII Età Carolingia (751-911) Età Ottoniana (919-1024) Età Romanica (1024-1155) Età Gotica (1155-1273)	
			ETÀ ROMANA	Impero (27-476) Età Severiana (193-235) Età Antoniniana (161-193) Età Adriana (117-138) Età Traiana (98-117) Età Augustea e Claudia (27-68)	
	162		ETÀ DEL FERRO	Civiltà Etrusca (800-480) Civiltà Gallica (500-100) Villanoviana (800-500)	
	800		ETÀ DEL BRONZO	Protoilliriana (1.100-900) Culture delle terramare (1.450-1.100) Culture di Polada (1.750-1.450)	
	1.800		ENEOLITICO	Culture di Remedello (2.500-1.800) Culture del vaso campaniforme	
	2.800		NEOLITICO	Culture della Leggosa (3.500-2.500) Culture del vaso a bocca ansata (3.500-3.000) Culture di Fiorano (...-4.500 ?)	
	5.300		EPIPALEOLITICO	a Mesolitico (industria microlitica)	
	6.300 11.300 14.000		TARDOLACIALE	PALEOLITICO SUPERIORE (7)	Madrileniano (18.000-9.500) Solutrense (18.000-17.500) Perigordiano (32.500-20.000) Aurignaciano (32.000-20.000)
	30.000		WORM	PALEOLITICO MEDIO	Madrileniano Acheuleano finale
	PREISTORIA		75.000	INTERGLACIALE	
120.000		III		Acheuleano superiore (300.000-100.000) Preahvaldiano	
200.000		II			
300.000		I			
400.000		III		Acheuleano medio (400.000-300.000) Clactonian	
500.000		II			
PLEISTOCENE	800.000	I		Acheuleano antico (700.000-400.000) Industria su scheggia senza microliti	
	900.000	INTERGLACIALE		Abbevilliano	
	700.000	GIURAZ			
				Pebble Culture	

Da: AA.VV. Prov. RE, 1989

SCALA GEO-CRONOMETRICA IN MA			
SCALA CRONOSTRATIGRAFICA			
EPOCHE		ETA STANDARD	
0		0	
PLEISTOCENE	SUPERIORE	1.7	CALABRIANO
		2.6	PIACENZIANO
PLIOCENE	SUPERIORE	4.2	TABIANIANO
		5.2	MESSINIANO
MIOCENE	SUPERIORE	6.6	TORTONIANO
		11.5	SERRAVALLIANO
MIOCENE	MEDIO	15.5	LANGHIANO
		16.5	BURDIGALIANO
MIOCENE	INFERIORE	22.5	AQUITANIANO
		24	
OLIGOCENE	SUPERIORE		CATTIANO
		32	
OLIGOCENE	INFERIORE		RUPELIANO
		37	
EOCENE	SUPERIORE	40	PRIABONIANO
		44	BARTONIANO
EOCENE	MEDIO		LUTEZIANO
		49	
EOCENE	INFERIORE		YPRESIANO
		53.5	
PALEOCENE	SUPERIORE		THANETIANO
		60	
PALEOCENE	INFERIORE		DANIANO
		65	

DATAZIONE IN Ma	UNITA' DELLA SCALA STANDARD				ALTRE UNITA'	UNITA' LOCALI E NOMI ABBANDONATI
	EON	PERIODI	EPOCHE	ETA		
1,8	CENozoico	QUATERNARIO	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO	IRECENTE1
			PLEISTOCENE	TIRRENIANO MILAZZIANO SICILIANO EMILIANO CALABRIANO	CRIDONIANO	
5	CENozoico	NEOGENE	PLIOCENE	PIACENZIANO ZANCLEANO MESSINIANO	PONTICO PANNONICO	(TABIANIANO) ANDALUSIANO
			MIOCENE	TORTONIANO SERRAVALLIANO LANGHIANO BURDIGALIANO AQUITANIANO	SARMAZIANO	(ELVEZIANO)
24	CENozoico	PALEOGENE	OLIGOCENE	CATTIANO RUPELIANO	LATORFIANO	(TONGRIANO) LUGIANO BARTONIANO LEDRANO ALVERSIANO
			EOCENE	PRIABONIANO LUTEZIANO YPRESIANO	BIARRIZIANO CUSHIANO SUTRECIANO	(SPARNACIANO) ILANDEMANO
53,5	CENozoico	PALEOCENE	PALEOCENE	THANETIANO MONTIANO DANIANO		
			CRETACICO	MAASSRICHTIANO CAMPIANO SANTONIANO CONIACIANO TUPONIANO CEHOMANIANO ALBIANO APTIANO		
65	MESozoico	CRETACICO	superiore	SENO- NIANO		
			inferiore	NEOCO- MIANO		
96	MESozoico	CRETACICO		BARREMIANO HAUTERIVIANO VALANGINIANO BERRIASIANO		
				PORTLANDIANO KIMMERIDGIANO OXFORDIANO		
143	MESozoico	GIURASSICO	MALM			
			DOGGER	CALLOVIANO BATHONIANO BAJOCIANO AALENIANO TOARCIANO		
212	MESozoico	GIURASSICO	LIAS	PLIENS-BACHIANO SINEMURIANO HETTANGIANO RETICO NORICO		
			superiore	CARNICO		
247	MESozoico	TRIASSICO	medio	LADINICO		
			inferiore	ANISICO		
289	MESozoico	PERMIANO	superiore	SCITICO TATARIANO KAZANIANO KUNGURIANO ARTINSKIANO SARKARIANO		
			inferiore	ORENBURGIANO GZELIANO MOSCOVIANO BASHKIRIANO SERPUKHOVIANO		
367	MESozoico	CARBONIFERO	SILESIANO	VISEANO TOURNAISIANO FAMENIANO		
			DINANTIANO	FRAZIANO GIVETIANO EIFELIANO		
416	MESozoico	DEVONIANO	medio	EMSIANO SIEGENIANO GEDDINIANO		
			inferiore	PRIDOLIANO LUDLOVIANO WENLOCKIANO		
446	MESozoico	SILURIANO	superiore	LLANDOVERIANO VALENTIANO		
			inferiore	ASHGILLIANO CARADOCIANO LLANDEILIANO LLANVIRNIANO ARENIGIANO SKIDDAVIANO TREMADOCIANO		
509	MESozoico	ORDOVICIANO	superiore			
			inferiore			
575	MESozoico	CAMBRIANO	superiore			
			medio inferiore			

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

3.1 Caratteri sismotettonici

Il sottosuolo dell'area pianiziale delle province di Reggio Emilia e Modena appartiene alla Regione delle Pieghe Padane che in detta zona formano l'Arco delle Pieghe Ferraresi e più a sud la fascia della Pieghe Romagnole ed Emiliane che assumono una larghezza variabile, da più di 50 Km nell'Emilia orientale a 25 Km in quella occidentale dell'area parmense.

Dette pieghe costituiscono un elemento strutturale sensibilmente complesso caratterizzato da un'intensa tettonizzazione che nella parte più settentrionale (Dorsale Ferrarese) ha 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) e nelle zone più ad oriente nel ferrarese: Casaglia – Pontelagoscuro si attesta a -120/-150 m pc.

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 e successivamente con il passaggio alle Pieghe Ferraresi Interne si orienta in direzione nord est - sud ovest 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 4.500/6000 m è caratterizzata dalla presenza di una formazione carbonatica di mare basso di 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, una plausibile spiegazione della 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, sollevata 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 paleoceano 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, 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.

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 rinvenibili a profondità di $8/9 \div 11/12$ km dal piano campagna con approfondimento in verso meridionale, che 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 di 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 circa secondo l'allineamento Bagnolo in Piano - Santa Maria.

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 circa delimitante il margine settentrionale appenninico secondo l'allineamento Bologna - Parma e la zona di probabile presenza dell'*Emilian Fault*. Analoga considerazione è estendibile anche alle faglie inverse che delimitano il fronte settentrionale dell'Arco della Pieghe Ferraresi.

La base del Pliocene (M. Pieri, G. Groppi; AGIP, 1981 - RER, AA.VV, 2002) nel sottosuolo del settore di territorio al quale appartiene il comune di Campagnola Emilia è generalmente rinvenibile tra -2,5/-3,5 km dal piano campagna e si approfondisce in direzione sud ovest dal confine comunale con Fabbrico a quello con Novellara - Bagnolo in Piano; tale assetto caratterizza la fascia di asse della Dorsale Ferrarese. Fa eccezione a quanto esposto la parte nord occidentale in prossimità di il Bosco - Bettolino dove gli sovrascorrimenti dell'ala settentrionale occidentale di detta Dorsale la giustappongono alla monoclinale alpina attestando la base del Pliocene a -4/-6 km pc.

La sopracitata linea di sovrascorrimento, che delimita l'ala orientale meridionale della Dorsale Ferrarese, si estende in direzione nord est- sud ovest da Novi di MO a Fabbrico - Bagnolo in Piano - Reggio Emilia dove si collega, mediante una ripida monoclinale, alla struttura di Reggio Emilia - Bologna, appartenente alla "Regione Delle Pieghe

Pedeappenniniche”. Nelle zone ad ovest di Cadelbosco di Sopra – Novellara superata la linea di sovrascorrimento che delimita l’ala occidentale dell’arco delle Pieghe Ferraresi interne, il tetto del substrato prepliocenico si abbassa a -6/-7 km dal piano campagna.

3.2 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.

I depositi correlati 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 Pieghe 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 Pieghe Ferraresi, messi in risalto dalle geometrie arcuate della base delle unità alluvionali AEI ed AES (0.4 ÷ 0.65 Ma²).

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 attestandosi 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, 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

² Ma = Milioni di anni

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 -8/-9 km e -11/-12 km, nella fascia circa estesa secondo l'allineamento Villa Sesso – Pieve Rossa – Campagnola Emilia – Fabbrico – Rolo – Concordia sS.

Oltre alle sopra descritte zone ad oriente di Correggio ed immediatamente ad ovest di Campagnola Emilia, è presente una linea di sovrascorrimento, interessata da possibili riattivazioni, che si estende circa secondo Prato – S. Martino in Rio – Zona industriale di Correggio e, con successiva flessione in senso sud ovest, si dirige verso Canolo per poi riassumere orientamento nord est in direzione di Rio Saliceto – Fossoli, estendendosi verso S. Antonio in Mercadello – S. Felice sul Panaro - Cento.

Ulteriori 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 Montecchio – Cavriago – Fogliano – Arceto; nella fascia settentrionale di dette pieghe si sono verificati gli epicentri sismici di maggior energia con $M_w > 5,5$ a Ponte Taro, Parma, tra Caprara e Calerno - Ca del Bosco di Sopra, Rubiera.

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 $0,45 \div 0,22$ Ma, e con tutta probabilità anche in epoca storica come suggeriscono la diversione verso occidente del T. Enza e la presenza dei depositi dell'unità AES7b nei territori di Campegine – S. Ilario d'Enza, che confermano ulteriormente l'attività sismica del territorio in oggetto.

I sollevamenti delle strutture correlati a dette attività trovano riscontro nei minori tassi di abbassamento, < 1 cm anno, rispetto alle fasce di pianura più a meridione e ad oriente: Correggio – Carpi – Ravarino: 1.5/2 cm anno.

La distribuzione degli ipocentri focali denota 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 Campagnola Emilia 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 ag.*

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:

$$\text{Campagnola Emilia } a_g = 0,125 \div 0,175 \text{ g}$$

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

Il valore della a_g di riferimento riportato nell'allegato A4 della Deliberazione della giunta Regionale Emilia Romagna n°2193/2015, corrisponde, per il comune di Campagnola Emilia, a:

$$\alpha_{gref} = 0,140 \text{ g}$$

3.3 Subsidenza

I fenomeni subsidenti nel territorio di Campagnola Emilia 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 all'assetto del substrato *Pliocenico e Prepliocenico*; 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 5 mm/anno nella parte meridionale del territorio e che diminuiscono a 2,5 mm/anno nella parte settentrionale.

Tali fattori evidenziano corrispondenza 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?Id20512 divello = 1423).

Le sezioni idrogeologico strutturali mostrano infatti che le unità idrogeologiche AES8 ed AES7 (dal presente a 125.000 b.p.) le cui deposizioni sono state influenzate sostanzialmente dai cambiamenti climatici che hanno interessato il bacino padano nel sopracitato periodo, sono caratterizzate da spessori relativi inferiori : 70 m nel sottosuolo della parte settentrionale – settentrionale orientale del territorio comunale, zona nella quale la fascia dell'asse della Dorsale Ferrarese è più prossima alla superficie.

Dette caratteristiche si rimarcano in direzione nord est, Fabbrico – Rolo, dove la Dorsale Ferrarese dove si innalza progressivamente e gli spessori medi corrispondono a 50/40 m e si riducono ulteriormente a 30 m in direzione nord est (Novi MO). D'altra parte incrementano a 80 m nei settori meridionali e sud occidentali e procedendo in direzione sud – sud ovest (Correggio – Novellara) in accordo con l'approfondirsi del substrato prepliocenico, gli spessori aumentano a 90/100 m.

Caratteristiche simili, con deformazioni più accentuate e spessori più differenziati evidenziano le unità che costituiscono la parte mediana e basale del Sistema AES (base cicli: A2 – A3 – A4) le cui deposizioni sono state condizionate principalmente dai cambiamenti climatici del bacino padano da 125.000 a 400.000 anni b.p. e da processi tettonici.

La presenza della base dell'AES si riscontra a profondità diverse tra i territori occidentali, ai quali appartengono Correggio – Campagnola E. - Rio Saliceto, e quelli orientali: zona di S. Martino in Rio – Carpi; nei primi è rinvenibile tra -140/-180 m pc e -200/-240 m pc con approfondimenti in direzione occidentale – meridionale occidentale; nelle zone ad oriente

dei confini comunali est di Correggio - Rio Saliceto, la base dell'AES si riscontra tra -200 m pc e -230/-240 m pc, con approfondimento in verso orientale meridionale.

Dette differenze di profondità, desunte da profili sismici a riflessione e stratigrafie di perforazioni per pozzi, 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 dell'unità: AES6 del Sintema AES, nei quali non si riscontrano.

Analoghe caratteristiche di variazione di spessori ad assetto geometrico evidenziano 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 nei settori occidentali: Rio Saliceto – Campagnola E., Correggio è rinvenibile a -260 m pc e -300/-340 m p.c. con rapidi approfondimenti in direzione ovest e sud dove si attesta a -360/-400 m p.c.

Nelle zone ad est-sud est del confine orientale di Campagnola Emilia, territori di Rio Saliceto – Correggio la base dell'AEI si rinviene tra -190/-230 m pc nelle aree settentrionali e tra -280/-320 m pc in quelle meridionali, con approfondimento in direzione est – sud est.

Come per il sintema sovrastante, tali differenze di profondità della base, sono con tutta probabilità correlabili a faglia per processi distensivi.

Come precedentemente descritto oltre alle sopradescritte valutazioni di tipo naturale, sono documentati nel territorio di Campagnola Emilia, dalle rilevazioni della rete regionale di monitoraggio della subsidenza di ARPA.ER. relative al periodo 1992 – 2011, isocinetiche di abbassamento di 5 mm/anno con tendenziale incremento dei valori in direzione meridionale.

Tali condizioni sono correlabili agli emungimenti idrici dal sottosuolo che risultano essere in disequilibrio con le potenzialità e tempi di ricarica degli acquiferi confinati presenti nei primi 200/300 m del sottosuolo.

Effetti di subsidenza localizzati possono rimarcarsi in prossimità di pozzi che captano l'acquifero freatico: primi 10/20 m dal piano campagna, in areali con diametro di 10/12 ÷ 20/30 m che circoscrivono il pozzo, per emungimenti idrici forzati non in equilibrio con le potenzialità dell'acquifero freatico.

3.4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'analisi geomorfologica, individuando la passata evoluzione territoriale, consente di valutare le possibili modificazioni morfopaesaggistiche naturali future e di individuare le litozone assimilabili a complessi relativamente omogenei per quanto riguarda gli effetti sul moto sismico in superficie.

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 statiche, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM relative al primo impianto 1884 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: Google Heart – MOKA RER; l'esame topografico sulle basi cartografiche C.T.R. E.R. in scala 1:5.000 - 1:10.000.

3.5 Caratteri Geomorfologici

Il territorio di Campagnola Emilia appartiene alla fascia della Media Pianura Padana e nella parte settentrionale a quella di transizione con la Bassa Pianura Padana Appenninica, costituitasi tra l'area dei coni alluvionali pedeappenninici e la zona di dominio del Po. Detto settore pianiziale, nella parte meridionale della superficie comunale, areali a sud dall'allineamento La Cascina (Fabbrico capoluogo) - Bernolda (Campagnola E.) – Fienil Nuovo (Novellara) – intersezione sP n° 30 Guastalla – Novellara – Intersezione CABR – via Argine Francone, è caratterizzato nel sottosuolo da sequenze di spessi orizzonti prevalentemente argillosi – argilloso limosi, ai quali si intercalano subordinate sequenze di strati sabbiosi generalmente di modesto spessore.

D'altra parte nelle zone a settentrione del suddetto allineamento incrementano percentualmente le alternanze di strati prevalentemente sabbiosi e contestualmente aumentano in spessore; tali successioni nei primi 100 ÷ 150 m dal piano campagna sono presenti in misura quasi equivalente alle unità argillose. Queste ultime comunque tendono ad essere più rappresentate con l'incremento della profondità.

I corsi d'acqua negli ambienti di pianura svolgono prevalentemente azioni sedimentanti ed i fiumi sono liberi di espandere le proprie acque sulle aree ad essi circostanti in occasione delle piene.

In questi modelli di accrescimento, i materiali in carico alle acque si distribuiscono in modo che quelli più grossolani, (sabbie), formino, oltre alle barre, le sponde naturali d'alveo (argini); mentre quelli più fini come le argille limose, si depositano nei punti più distanti dagli argini e quindi nelle depressioni comprese tra un fiume e l'altro.

Di conseguenza le unità litologiche superficiali evidenziano nelle componenti granulometriche sabbiose, ambienti sedimentari ad energia idrodinamica alta, tratti d'alveo, mentre le aree costituite da litotipi argilloso limosi definiscono settori di bassa energia, a sedimentazione lenta, concordanti con ambienti palustri.

In dette condizioni i corsi d'acqua naturali, una volta raggiunto un determinato livello sui terreni a loro circostanti, in occasione delle variazioni climatiche con aumenti della piovosità, esondano depositando i materiali in carico alle acque nelle zone più basse comprese fra gli alvei e contestualmente mutano il loro percorso.

L'accrescimento generale e graduale della pianura, caratterizzato da condizioni di equilibrio dinamico, è stato fortemente influenzato dall'azione dell'uomo che, 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 l'incremento di subsidenza differenziale.

Dette caratteristiche evolutive concordano con le emergenze morfologiche presenti nel territorio comunale di Campagnola Emilia. Infatti è presente una conformazione pianeggiante

con ondulazioni ad ampio raggio allungate in senso sud ovest - nord est che si caratterizzano con un dosso topografico estendentesi in modo sub parallelo alla sp N° 98 Correggio - Campagnola E. tra l'incrocio di detta sP con la sP n° 30 e che si prolunga in direzione settentrionale assecondando via Grande - via Reggiolo sino a nord di Caseificio Reatino. Tale dosso nel settore del capoluogo intercetta un'analogia struttura geomorfologica orientata sud ovest - nord est che si estende concordemente a via Prampolini ad ovest del centro storico e che asseconda l'andamento della sP n° 4 dai settori a nord est del Capoluogo e che da quest'ultimo prosegue sino a Fabbrico - Rolo - Novi di Modena.

Nella zona meridionale del territorio è presente un dosso debolmente pronunciato, allungato in senso ovest nord ovest - est sud est che fiancheggia l'andamento di via Picenardi - sP n° 48 tra Cognento e l'Osteriola.

La morfologia del territorio è inoltre movimentata da altri dossi quale quello che si estende assecondando via F.lli Conti da Osteriola a Ponte Vettigano e che successivamente a quest'ultimo flette in direzione nord est verso Caseificio Castellazzo per poi assumere orientamento nord est allungandosi secondo il Cavetto di Campagnola sino a via Zuccardi, sono inoltre presenti analoghe morfologie minori nel settore meridionale del territorio comunale.

Detti assetti topografici, le componenti litologiche e le caratteristiche del microrilievo evidenziano la genesi di tali corpi legata ad antichi tratti fluviali naturali estinti, come evidenziato nella allegata carta geologico tecnica (Tav. 1.2). Da quest'ultima si riscontrano sostanzialmente due sistemi di paleoalvei orientati uno in senso sud ovest - nord est e costituisce le strutture più rappresentate ed un secondo a direzione est - ovest. Il più recente tali assetti paleo idrografici è il primo (SW-NE) dato che interrompe ed attraversa quello est ovest ed inoltre è quasi sempre definito da tracce più evidenti.

I tratti d'alveo residuali descritti conseguono dalle divagazioni fluviali del Po e dei suoi affluenti appenninici, derivate sia dalle variazioni climatiche avvenute in passato che, con tutta probabilità, da movimenti tettonici che hanno interessato la Dorsale Ferrarese (*Veggiani A; 1974*)

I tratti residuali di antico canale fluviale orientati sud ovest - nord est appaiono attribuibili prevalentemente al Crostolo che, circa sino al 12° secolo d.C., quindi prima della rotta di Ficarolo avvenuta tra il 1152 ed il 1192 (*Ciabatti; 1966*), passava ad est di Reggio Emilia, da qui proseguiva in verso nord est attraversando l'area compresa tra Budrio - Correggio - Cognento e, deviando verso oriente, assumeva un andamento est sud est - ovest nord ovest. Successivamente, raccogliendo le acque del Secchia, confluiva al Po nei pressi di Bondeno di Ferrara (*Veggiani, 1974*)

Per quanto riguarda l'ampia struttura a dosso, rinvenibile al confine meridionale del Comune di Campagnola Emilia, in funzione del suo orientamento e stato di rimodellamento, è attribuibile ad un tratto residuale di paleoalveo molto antico e di notevole importanza.

L'età del paleoalveo descritto è probabilmente maggiore di 2.000 ÷ 3.000 anni ed il ruolo che avrebbe svolto è assimilabile a quello del Po.

La preesistenza di questo antico canale fluviale ha costituito un ostacolo al passaggio dei fiumi, di età più recente, a direttrice sud ovest - nord est, e quindi causato un ritardo nel

colmamento del territorio tra Cognento - L'Osteriola e Fabbrico avvenuto con modalità deposizionali sensibilmente diverse negli equilibri di sedimentazione.

In tale contesto si inserisce la presenza delle aree vallive nella zona settentrionale del Comune di Campagnola E.

Queste ultime conseguono a ritardi dei colmamenti per ostacoli agli apporti sedimentari esercitati dal tratto di paleoalveo circa da Cognento – L'Osteriola – Rio Saliceto e da quello circa allungato da Campagnola E a Fabbrico, Rolo, Novi (MO), per quanto riguarda gli afflussi provenienti da sud, e dal paleoalveo ovest est, estendentesi da Guastalla a Reggiolo a Moglia, relativamente agli apporti provenienti da settentrione.

Gli ambiti vallivi, testimonianze di ambienti palustri relativamente recenti, si sviluppano nelle zone a nord della dell'allineamento S. Vittoria – zona industriale nord di Novellara San Bernardino – Cimitero di Fabbrico e localmente formano la fascia nord occidentale della superficie comunale sino al Cavo Parmigiana Moglia.

L'evoluzione del territorio al quale appartiene Campagnola denota una generale instabilità idraulica nelle epoche precedenti al 1000 d.c. e che diminuisce progressivamente nei periodi successivi.

Con l'approssimarsi ai giorni nostri, dopo la rotta di Ficarolo (1152 – 1192; *Ciabatti, 1966*), il paesaggio si è gradualmente stabilizzato anche in funzione degli interventi di regimazione idraulica antropici. Ciò troverebbe conferma nei sempre più numerosi insediamenti umani successivi al basso medioevo come indicano i siti medievali e rinascimentali rilevati nel territorio in esame (J. Tirabassi, 1980, i siti dell'età del Bronzo).

L'evoluzione morfopaesaggistica dell'areale tra l'Autosole ed il Cavo Parmigiana Moglia è legata alle grandi trasformazioni idrografiche del Po ed è correlabile prevalentemente a fenomeni di sovralluvionamento degli alvei fluviali coincidenti con l'alternarsi di cicli climatici a diversa piovosità, subsidenza differenziata legata sia al diverso grado di costipamento dei terreni che a fenomeni tettonici profondi, conformazione strutturale della Dorsale Ferrarese ed ai relativi spostamenti tettonici che l'hanno interessata.

Gli ultimi fattori hanno indotto diversi equilibri di sedimentazione locale concordanti con gli aspetti paesaggistici riscontrati.

Attualmente la tendenza evolutiva del territorio, in funzione delle regimazioni idrauliche delle linee drenanti principali e secondarie esercitate dall'uomo, è di tipo conservativo.

3.6 Assetto strutturale depositi del quaternario continentale

Gli assetti delle successioni alluvionali continentali, nell'area compresa Cavo Tassone/Torrente Crostolo ad ovest, Cavo Tresinaro ad est e delimitata a sud dall'Autostrada del Sile ed a nord dal Cavo Parmigiana – Moglia, evidenziano un'elevata influenza sulle geometrie deposizionali correlata alla conformazione del substrato prepliocenico e degli sovrascorrimenti e faglie che lo interessano.

Tali fattori hanno indotto condizioni differenziate nelle geometrie degli ambienti deposizionali ai quali sono conseguiti diversi spessori delle unità alluvionali.

Questi ultimi si sono ripercorsi sulla subsidenza, per processi di autoconsolidazione che hanno generato deformazioni più o meno pronunciate in funzione dello spessore ed età delle successioni continentali.

3.6.1 Subsistema AES8

Il complesso deposizionale più recente AES8 (ciclo Ao), caratterizzato da geometrie dei corpi sabbiosi a sviluppo prevalente nastriforme, nel territorio reggiano – modenese, è contraddistinto da spessori mediamente compresi tra 15 e 20/25 m, ed in pratica evidenzia l'assenza di deformazioni correlabili a fattori tettonici o processi subsidenti accentuati; le differenziazioni laterali e verticali che lo caratterizzano sono sostanzialmente connesse alle variazioni climatiche che hanno interessato il bacino padano nell'*Olocene*: attuale /12000 – 14.000 anni bp; in detto periodo hanno influito in modo pronunciato le fasi di recrudescenza climatica tra 10000/14.000 e 8.300/7.000 anni bp, e la fase tra 4000 e 4600 anni bp, alle quali si sono associate ingressioni marine, che hanno indotto condizioni di diffuso impaludamento nella pianura padana.

3.6.2 Subsistema AES7

Simili caratteristiche evidenziano le sequenze deposizionali del ciclo deposizionale A1 (12/14000 ÷ 125000 bp) con spessori di 50/60 m nei settori nord est e di 80/90 m delle zone occidentali, che generalmente non presentano significative deformazioni; queste ultime si manifestano blandamente alla base della successione ed indicano una modesta accentuazione nei settori nord orientali prossimi alla culminazione assiale della Dorsale Ferrarese interna (Novi MO). Tali condizioni sono essenzialmente correlate a subsidenza differenziata per processi di autoconsolidazione, legati ai diversi spessori delle unità deposizionali che diminuiscono sensibilmente in direzione nord est.

3.6.3 Sintema AES

Con questa successione (125.000 – 350/450.000 anni bp) si delineano assetti deformativi correlati alle maggiori o minori distanze dalle fasce di asse della Dorsale Ferrarese ed al suo progressivo incremento in profondità in direzione sud ovest; contestualmente nella sua parte medio basale, si evidenziano influenze di fattori tettonici.

Le sequenze deposizionali, con spessori e minori percentuali rappresentate relative dei corpi sabbioso ghiaiosi / sabbiosi nella parte inferiore del sintema, aumentano in potenza in senso ovest, sud e sud ovest, con l'allontanarsi della fascia di asse della Dorsale Ferrarese e concordemente con il suo approfondimento in direzione sud ovest; gli spessori corrispondono mediamente a 130/150 e la base del sintema raggiunge profondità di -200/-220 ÷ -240/-250 m pc nelle zone occidentali e sud occidentali.

Le geometrie dei corpi sabbiosi evidenziano deformazioni inferiori e maggior frequenza in percentuale rappresentata, nei settori centrali del territorio in esame: Correggio centro nord – Bagnolo I.P. centro nord – Novellara – Campagnola Emilia centro sud, appartenenti alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese, che si approfondisce progressivamente da $-2,5 \div -3,0$ (Campagnola Emilia-Correggio) a $-4,0/-5,0$ km (Bagnolo I.P. sud – Reggio Emilia).

In tale zona di fascia gli spessori relativi e le profondità sono minori, rispettivamente 110/120 m e $-180/-200$ m pc e contestualmente evidenziano assetti orizzontali – sub orizzontali; questi ultimi procedendo in direzione ovest sud evidenziano deformazioni che generano inclinazioni di $1^\circ \div 1,5^\circ$ dei corpi sabbiosi in direzioni sud – ovest.

Un'analoga condizione si osserva nel settore occidentale – nord occidentale, zone a nord e nord ovest di Novellara, nord ovest di Campagnola Emilia, nei quali con l'allontanamento della fascia di asse della Dorsale Ferrarese, gli spessori incrementano a 160/180 m e la profondità si attesta a $-250/-260$ m pc; contestualmente i corpi sabbiosi della parte medio basale evidenziano assetti deformati con immersione di $2^\circ/2,5^\circ$ a nord.

Le caratteristiche deformative locali del Sintema AES modificano nettamente nel settore nord orientale dell'area in esame: zone a nord est di Correggio ed al bordo orientale – nord orientale del confine comunale di Rio Saliceto.

In dette zone gli spessori e profondità delle sequenze deposizionali diminuiscono sensibilmente e nella parte medio basale, profondità sottostanti $-120/-140$ m pc, i corpi sabbiosi sono discontinui e sfalsati in senso verticale. Tali discontinuità evidenziate in prospezioni geofisiche profonde (analisi *F.C. Molinari*) oltre alla parte basale di AES, risulta coinvolgano anche tutta la successione deposizionale sottostante AEI ed anche porzione del *Pliocene* inferiore sino ad almeno $-2000/-2500$ m dal piano campagna.

Dette condizioni, che innalzano la base di AES a $-120/-140/-170$ m pc e dell'AEI a $-180/-200/-250$ m pc, in relazione al contesto strutturale nel sottosuolo del territorio a nord est di Correggio e ad est – nord est di Rio Saliceto, est di Fabbrico, sono correlabili a faglie distensive di “collasso crestale” (*F.C. Molinari*) e pare abbiano indotto rigetti stimabili in 40/50 m.

In rapporto ai cicli deposizionali interessati da dette faglie: parte medio basale di AES, (cicli A3 – A4) tali processi tettonici sono probabilmente correlabili alla fase di attività tettonica che si è sviluppata nel bacino padano tra 220.000 e 260.000 anni bp, come osservato nel territorio ferrarese (*F.C. Molinari et Alii: Servizio Geologico Sismico e dei Suoli R.E.R., Università degli Studi di Ferrara, Provincia di Ferrara, 2007*).

Gli effetti correlati all'assetto del substrato ed ai fattori tettonici hanno determinato spessori della successione AES che variano da 80 m a 40 m, con assottigliamento in direzione nord est e che si riducono ulteriormente a 30/20 m nella zona di Novi Mo, dove si attestano a profondità di 70/40 m a sud e di 40 m a nord; i corpi sabbiosi di detta sequenza evidenziano geometrie deformative con immersione di $0,8^\circ/1,7^\circ$ a sud e ad ovest.

Nel settore ad occidente della fascia di faglia, che si sviluppa nella parte nord ovest del territorio di Carpi, le deformazioni si accentuano sensibilmente in verso orientale con approfondimento della base di AES a $-240/-260$ m pc ed inclinazioni di $1,5^\circ$ ad est.

3.6.4 Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI

Le sequenze del Sintema AEI, che costituiscono la parte più antica del Supersintema Emiliano – Romagnolo (400/450.000 ÷ 650/750.000 anni bp), sono contraddistinte da geometrie deposizionali deformate; queste ultime sono correlate sia dall'assetto del substrato pliocenico – prepliocenico che alle linee di sovrascorrimento e faglie che li coinvolgono e loro periodi di attività, a subsidenza differenziata per processi di autoconsolidazione.

Le caratteristiche deformative generali denotano un elevato grado di similitudine con la parte medio basale del sintema sovrastante.

Gli spessori maggiori 80/100/140 m e relativi aumenti in profondità: -260/-300/-360 m pc si riscontrano nei settori occidentali e meridionali (Bagnolo I.P. – Correggio – Novellara) e raggiungono i massimi nella zona nord ovest (Novellara nord) dove con potenze di 120/150 m si attestano a -400 m pc e presentano inclinazioni di $1,5^\circ \div 1,8^\circ$ in direzione ovest e sud che si accentuano a $2,0^\circ \div 2,5^\circ$ nei settori nord ovest. Nei settori centrali dell'area in esame, Correggio – Campagnola Emilia, corrispondenti alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese, le deformazioni, spessori e profondità, sono minori e corrispondono rispettivamente a 90/120 m e -260/-280 m pc. Nella parte nord orientale del territorio (nord est di Correggio /est – nord est di Rio Saliceto) le deformazioni si accentuano ed i corpi sabbiosi sono discontinui e tra loro sfalsati, evidenziando la prosecuzione in profondità della faglia individuata nel sottosuolo del settore nord occidentale del territorio Carpigiano; in quest'ultimo l'inclinazione dei livelli sabbiosi è orientata ad est e varia tra 2° e $2,8^\circ$.

Dette condizioni determinano oltre alle discontinuità laterali, diminuzione degli spessori da 70/80 m a 50 in direzione nord est con l'approssimarsi alla zona di culminazione dell'asse della Dorsale Ferrarese e che nell'area di Novi di Mo evidenziano ulteriori riduzioni a 30/20 m. Analoghi spessori 60/80 m contraddistinguono le successioni di AEI nella fascia allungata sud nord tra l'A22 e settore orientale del Comune di Rio Saliceto e nord est di Correggio, nella quale i corpi sabbiosi denotano dislocazioni di 40/50 m che innalzano base del sintema in narrativa a -180/-200-250 m pc.

3.6.5 Sintema Quaternario Marino Superiore

I corpi sabbiosi del Quaternario Marino Superiore (0,65/0,75 ÷ 0,8/0,85 Ma) evidenziano assetti deformati correlabili a fasi di attività tettonica ed a subsidenza differenziale, che sono relativamente inferiori nelle zone di sottosuolo che corrispondono alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese e si accentrano sensibilmente sia in direzione sud ed ovest che nord ovest assumendo rispettivamente inclinazioni di $2^\circ/2,5^\circ$ in verso meridionale ed occidentale, di $2,5/3^\circ$ in direzione occidentale settentrionale nel territorio nord ovest di Novellara.

Dette condizioni si rimarcano nelle aree nord orientali: settore nord occidentale del Carpigiano, nel quale le discontinuità laterali e dislocazioni dei corpi sabbiosi evidenziano deformazioni correlate alla presenza di una faglia.

3.7 IDROGEOLOGIA

3.7.1 Idrografia di superficie

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

Il reticolo idrografico consegue, oltre che alla naturale evoluzione dei Fiumi Secchia 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 principali orientati prevalentemente in senso sud ovest - nord est ad eccezione del Cavo Parmigiana Moglia e CABR con direzione ovest est; tale reticolo nel territorio di Campagnola Emilia è costituito dal Cavo Naviglio, Fossa Mana, Cavo Linarola, Cavo di Campagnola, ai quali conferiscono gli assi idrici ovest - est, Cavo di Cognento, Fossa Nasciutti, Cavetto di Campagnola, Fossa Selvatica. Detti corsi d'acqua sono tributari del Cavo Parmigiana Moglia e del Cavo Acque Basse Reggiane per quanto riguarda quelli a scolo meccanico (Cavo di Campagnola).

Lo scolo idrico superficiale avviene per deflusso naturale nelle zone a meridione della sP n° 30 Carpi - Guastalla ed è subordinato al funzionamento degli impianti di sollevamento meccanico nella parte di territorio a settentrione di detta sP. Gli spartiacque superficiali principali sono costituiti dal Cavo Linarola; sP n° 94 Correggio - Campagnola E., Cavo Naviglio, Cavo Parmigiana Moglia, a loro volta suddivisi in sottobacini di rango inferiore, che mediante una diffusa rete di fossi e scoli convogliano i deflussi idrici, relativi alle acque che non si infiltrano nel sottosuolo, nei collettori principali che solcano il territorio.

Questi ultimi per quelli a scolo misto nell'area di Campagnola Emilia sono i sopracitati Cavi Cognento, Fs.tta Nascinti Alta e Fs.tta Frassinara, Cavo Zappellatico, tributari del Cavo Fossa Mana - Cavo Linarola affluente al Cavo Parmigiana Moglia; gli assi a scolo meccanico sono: Scolo Fossadona, Fossa Nasciutti Bassa, Dugale della Croce, Cavetto Campagnola, Fossa Selvatica, tributari della Fossa di Campagnola che affluisce al Cavo Acque Basse Reggiane. Quest'ultimo, tramite il Canale Emissario, convoglia il proprio carico idraulico al F. Secchia mediante l'Impianto Idroforo di S. Siro dal quale le acque giungono al F.Po.

Il Cavo Parmigiana Moglia affluisce al F. Secchia in località Bondanello.

La rete idrica superficiale è contraddistinta da differenze nell'organizzazione degli scoli minori, conseguente a preesistenze morfologiche territoriali. Dette strutture possono coincidere con aree di antica sistemazione fondiaria, che sfruttava tratti di estinti drenaggi naturali.

In tale contesto assume una particolare importanza la qualità delle acque immesse in rete poiché le condizioni idrogeologiche-geomorfologiche determinano un interscambio attivo tra le acque dei cavi e canali e la falda idrica sotterranea.

Nel territorio in esame si rileva che gli spartiacque superficiali ad occidente e ad oriente dell'area comunale decorrono sub parallelamente a tratti di asse idrogeologico sotterraneo. Questi tendono ad estendersi secondo paleoalvei e quindi in zone a permeabilità relativa di grado medio - medio elevato, come lungo la fascia con andamento sub parallelo al Cavo Linarola e Cavo Naviglio a nord di Ponte Vettigano.

Per quanto riguarda gli assi idrici superficiali nel territorio di Campagnola Emilia risultano rientrare nell'elenco delle acque pubbliche ai sensi del T.U. N° 1775 del 11/12/33 i seguenti cavi:

- Cavo Parmiggiana Moglia
- Cavo Naviglio
- Fossa di Campagnola

Dal punto di vista del funzionamento della rete idrica superficiale si riscontra una moderata efficienza per le esigenze odierne correlata ai parametri di calcolo utilizzati, tra il 1920 ed il 1926, per il progetto delle dimensioni e sezioni dei cavi e canali che in tale periodo erano riferiti a gradi di urbanizzazione del territorio ed a condizioni del dissesto idrogeologico dei bacini montani sensibilmente diversi dagli attuali.

Ne consegue, che il sistema di scolo superficiale richiede un adeguamento alle situazioni di oggi in relazione ai mutati coefficienti idrometrici e tempi di corrivazione.

In relazione a quanto esposto risulta evidente che necessita porre particolare attenzione alle previsioni progettuali delle aree di nuovo insediamento residenziale e produttivo per quanto riguarda gli scarichi in acque di superficie.

Pertanto, oltre ad un attento dimensionamento degli assi fognari, rapportati alla topografia dei luoghi, è opportuno valutare anche la realizzazione di vasche di laminazione delle acque di prima pioggia corredate di comparti separati per la raccolta delle acque di testa delle piogge.

3.7.1.1 Pericolosità idraulica

L'analisi relativa agli eventi di esondazione o allagamento in occasione di piogge critiche è stata sviluppata in base ai dati del *Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale*, alle elaborazioni dell'UTA Correggio per il Piano Sovracomunale di Protezione Civile ed ai censimenti di tali fenomeni effettuati direttamente dal 1986 al 1999. Oltre a ciò si è fatto riferimento all'assetto topografico e geomorfologico del territorio.

In relazione agli eventi di allagamento successivi al 1986, si sono distinte le aree esondate da quelle allagate in occasione di piogge critiche o con difficoltoso drenaggio.

Per quanto riguarda i valori di queste ultime si sono assunti quelli con intensità maggiore di 40 mm/ora.

Tale differenziazione di pericolosità deriva dai diversi effetti prodotti da detti fenomeni. Infatti tracimazioni ed esondazioni da cavi e canali possono indurre spessori della lama d'acqua superiori a 0,5 ÷ 0,6 m; allagamenti per piogge critiche determinano generalmente altezze del battente idrico inferiori a 0,2 ÷ 0,3 m. Ne consegue che limitate sopraelevazioni di 0,4 ÷ 0,6 m, rispetto al piano campagna esistente, ed un efficiente sistema fognario per le

acque bianche, determinano condizioni di sicurezza nei confronti di piogge critiche. D'altra parte per fenomeni di esondazione necessitano sopraelevazioni non inferiori a $0,7 \div 1,0$ m.

Le zone del territorio di Campagnola Emilia che sono state soggette in passato ad esondazioni con tempo di ritorno di 20-50 anni nell'area comunale interessano la fascia meridionale larga 400/450 m estesa ovest est tra il confine comunale sud e via Frassinara, la striscia con larghezza di 700/800 m al bordo settentrionale occidentale tra Bernolda ed il confine nord con Reggiolo.

La parte di territorio comunale a settentrione dell'allineamento Fossa Nasciutti Alta – sP 30 appartiene alla zona a scarsa probabilità di alluvione correlata ad eventi estremi: area ricompresa nel limite della fascia C del PAI.

In funzione di quanto esposto è consigliabile l'adozione delle modalità di intervento di seguito esposte:

- Nelle aree di nuovo insediamento in zone con morfologia depressa rispetto alle zone circostanti (aree con drenaggio difficoltoso), dovrà essere prevista una sopraelevazione minima di 0,4 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, nelle aree esondabili dovrebbero essere evitate realizzazioni di opere destinate allo stoccaggio temporaneo o permanente di liquidi e materiali inquinanti. Qualora risultassero in essere dette tipologie di opere è opportuno prevedere la loro messa in sicurezza mediante interventi di presidio ambientale quali controarginature, sopraelevazione dei corpi arginali, ecc.
- Per evitare incrementi di carico idraulico negli assi idrici di scolo superficiale, conseguenti all'aumento di aree impermeabilizzate nei siti completamente e/o di nuovo insediamento, dovranno essere previste ed eseguite 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 superficiale. Le aree di laminazione o "vasche teste di pioggia e di prima 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 (primi 5 mm) o alla rete idrica superficiale.
- 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'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

Detti accorgimenti sono da adottarsi anche negli ambiti di trasformazione e di riqualificazione nei quali il piano campagna sia ubicato a quote inferiori rispetto alle esistenti strade o strade di progetto e quando sussistano condizioni equivalenti a quelle sopra descritte.

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, 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'efficacia delle arginature dei canali.

In funzione degli andamenti meteorologici rilevati negli ultimi 10 anni e dei tempi intercorsi della realizzazione dei rilevati arginali, è opportuno siano continuate ed implementate.

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.

3.7.2 Ambiente Idrico Sotterraneo

L'analisi delle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, 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 stata rivolta principalmente all'assetto della falda freatica.

L'analisi di quest'ultima e gli elementi che contraddistinguono gli orizzonti idrogeologici che la costituiscono, è stata sviluppata in base ai rilevamenti diretti nei pozzi e raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni, eseguiti nel contesto del PSC 2003.

Nell'ambito delle acquisizioni conoscitive sono inoltre state esaminate stratigrafie e sezioni idrogeologiche relative agli acquiferi profondi confinati: acquifero principale.

3.7.3 Definizione del sistema idrogeologico

Il territorio di Campagnola Emilia appartiene al Sistema Acquifero Padano delimitato dagli affioramenti appenninici a sud e da quelli alpini a nord e terminante ad est circa 50 km al largo della Costa Adriatica.

Detto ambito è formato da depositi del Quaternario Continentale assemblati in alternanze di livelli più o meno permeabili con rapporti stratigrafici sensibilmente complessi.

Le formazioni superficiali che costituiscono gli orizzonti idrogeologici del sottosuolo della zona in oggetto sono rappresentate prevalentemente da sedimenti fini (sabbie) depositi dai fiumi appenninici e dal Po.

La base dell'acquifero utilizzabile a scopo idropotabile è formata da orizzonti poco permeabili o impermeabili.

3.7.3.1 Interfaccia Acque Dolci - Acque Salate

I dati ottenuti da prospezioni geofisiche con metodo geoelettrico eseguite dallo Scrivente e le indagini ed elaborazioni di: *AGIP*, *IDROSER*, *RER*, indicano che le acque salate si

rinvengono generalmente tra -400 e -450 m dal piano campagna nel sottosuolo della parte meridionale e sud occidentale del territorio comunale.

Tale limite tende ad approssimarsi alla superficie nelle zone settentrionali orientali dove si attesta a -330 ÷ -350 m pc.

Nelle zone più ad oriente: Rolo - Novi (MO), detta interfaccia con l'avvicinarsi alla culminazione assiale della Dorsale Ferrarese, presente nell'area di Novi di Modena, risale rapidamente a -150 ÷ -50 m pc

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

3.7.4 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale

La successione idrogeologica presente nel sottosuolo di Campagnola Emilia, ed in zone limitrofe, è stata desunta dalle analisi di sezioni geofisiche eseguite da AGIP-ENI elaborate da *Dr. Fabio Molinari*, dagli inquadramenti territoriali elaborati dall'*Ex Comprensorio Della Media Pianura Carpi – Correggio*, ai dati pubblicati da *IDROSER*, a quelli contenuti in *Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna (R.E.R. – ENI – AGIP)*.

Tali caratteri e l'assetto geometrico degli acquiferi caratterizzano la quasi totalità del territorio in esame con l'unità idrogeologica della media Pianura e con la fascia di terminazione meridionale dell'Unità Idrogeologica del Po nella parte settentrionale dell'area comunale a nord di Bernolda – via Selvatica.

3.7.4.1 Serie Idrogeologica Locale

In riferimento alle sopra descritte indagini ed in particolare ai dati acquisiti da RER ed AGIP, la successione sedimentaria (età *Pleistocene inferiore – Olocene*) localmente, è suddivisibile in quattro complessi acquiferi. Questi ultimi, in funzione del periodo nel quale si sono depositati, evidenziano diversi livelli di influenza dei processi deformativi e variazioni climatiche che hanno coinvolto il bacino padano. Detti eventi hanno generato cicli deposizionali 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. Queste ultime sono quindi unità cartografabili, che si differenziano sulla verticale in funzione della separazione tra loro da superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità.

Complesso Acquifero A0 (Unità geologica AES8a-8): è correlabile a deposizioni prevalentemente di ambiente continentale di età olocenica (12.000 – 14.000 anni b.p fino all'attuale). Non evidenzia influenze dei processi deformativi di origine tettonica che hanno interessato il bacino padano ma si riscontrano effetti correlabili principalmente a variazioni climatiche ed in subordine a subsidenza. Lo spessore dell'unità in oggetto nel territorio di Campagnola Emilia oscilla mediamente tra 16 ÷ 20 m con netta prevalenza di 18 ÷ 20 m, con

potenze relative maggiori nei settori occidentali e meridionali e che diminuiscono in direzione nord orientale in prossimità del confine con Fabbrico dove corrispondono a 16/17 m.

In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica formano corpi nastriformi allungati in senso sud nord con geometria spiccatamente lentiforme e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche, con arricchimenti nelle frazioni sabbiose nelle zone centrali dei paleoalvei; tali litozone sono generalmente più presenti nel settore centrale esteso sud nord sub parallelamente alla sP n° 94, nella fascia WSW – ENE che asseconda la sP n° 4 Campagnola E – Fabbrico, al bordo orientale dell'area comunale tra Osteriola – via F.lli Conti – C.Asioli – Ponte Vettigano – C. Castellazzo – Via Zuccardi.

Analoghe condizioni si riscontrano nel settore meridionale esteso in direzione ovest est da Olma a Cognento a Osteriola dove nei primi 2/4 m dal p.c. si rilevano incrementi nelle percentuali rappresentate dalle frazioni sabbiose – sabbioso limose.

Le parti di territorio centrali e settentrionali sono prevalentemente caratterizzate dalla presenza nei primi 10 ÷ 20 m del sottosuolo di litotipi argilloso limosi, e principalmente argillosi che a luoghi come nella zona a nord dell'allineamento via Casella – C. Biliana – incrocio sP n° 4/ via Nuova, determinano condizioni di falda acquifera confinata; tale caratteristica a scala territoriale è discontinua e pertanto l'acquifero freatico in dette aree è in diretta comunicazione con i fluidi che scorrono e si infiltrano dalla superficie.

I livelli sabbiosi saturi in acqua che presentano un maggior grado di continuità laterale relativa costituiscono la fascia allungata in direzione sud nord estesa secondo la sP n° 94 nella zona centrale del territorio, quella con analogo orientamento da Osteriola a Ponte Vettigano a C. Castellazzo nel settore orientale, la striscia sud ovest - nord est che asseconda il tracciato della sP n° 4.

Complesso Acquifero A1 (Unità geologica AES7a-b): è correlabile a deposizioni avvenute tra 12-14.000 e 125.000 anni b.p. non evidenzia di influenze di deformazioni correlabili ai processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano e presenta modificazioni molto blande alla base nelle zone orientali e che tendono ad accentuarsi in direzione nord orientale nei territori di Rio Saliceto/Rolo, connesse a subsidenza differenziata per auto consolidazione.

Tale unità presenta spessori generalmente compresi tra 55/65/70 m, con potenze relative minori nelle zone settentrionali occidentali, corrispondenti in media a 55 m; le potenze maggiori si riscontrano nel settore meridionale/occidentale; si rinviene generalmente sino a -70÷-85/-90 m dal piano campagna.

Gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale relativa in tale unità sono rilevabili a profondità tra -25/-30 m pc, tra -35/-40 m pc, tra -55/-65 m pc; localmente nelle zone meridionali occidentali tra -70/-80 m p.c.

Complesso Acquifero ciclo deposizionale A2 (unità geologica AES6):
è correlabile a deposizioni avvenute tra 125.000 e 200/220.000 anni b.p. nel sottosuolo di Campagnola E. non evidenzia influenze di deformazioni correlabili ai processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano, denota blande deformazioni alla base dell'unità nelle zone

nord orientali per subsidenza differenziata correlata a spessori relativi maggiori dei depositi del Pleistocene medio e superiore. Tale insieme presenta potenze generalmente comprese tra 40/50 e 60 m con spessori che incrementano in direzione sud occidentali; si rinviene sino a -120 ÷ -130/-140 m dal piano campagna.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale in tale unità, sono in genere riscontrabili a profondità tra -90/-110 m pc e tra -120/-130 m pc e tendono ad essere più profondi nelle zone sud occidentali; in direzione nord occidentale (Reggiolo – Novellara) le litozone prevalentemente sabbiose tra -90 e -110 m aumentano sensibilmente in spessore: 15/20 m, evidenziando la fascia di passaggio all'Unità Idrogeologica del Po.

Complesso Acquifero ciclo deposizionale A3 – A4 (unità geologica AES):

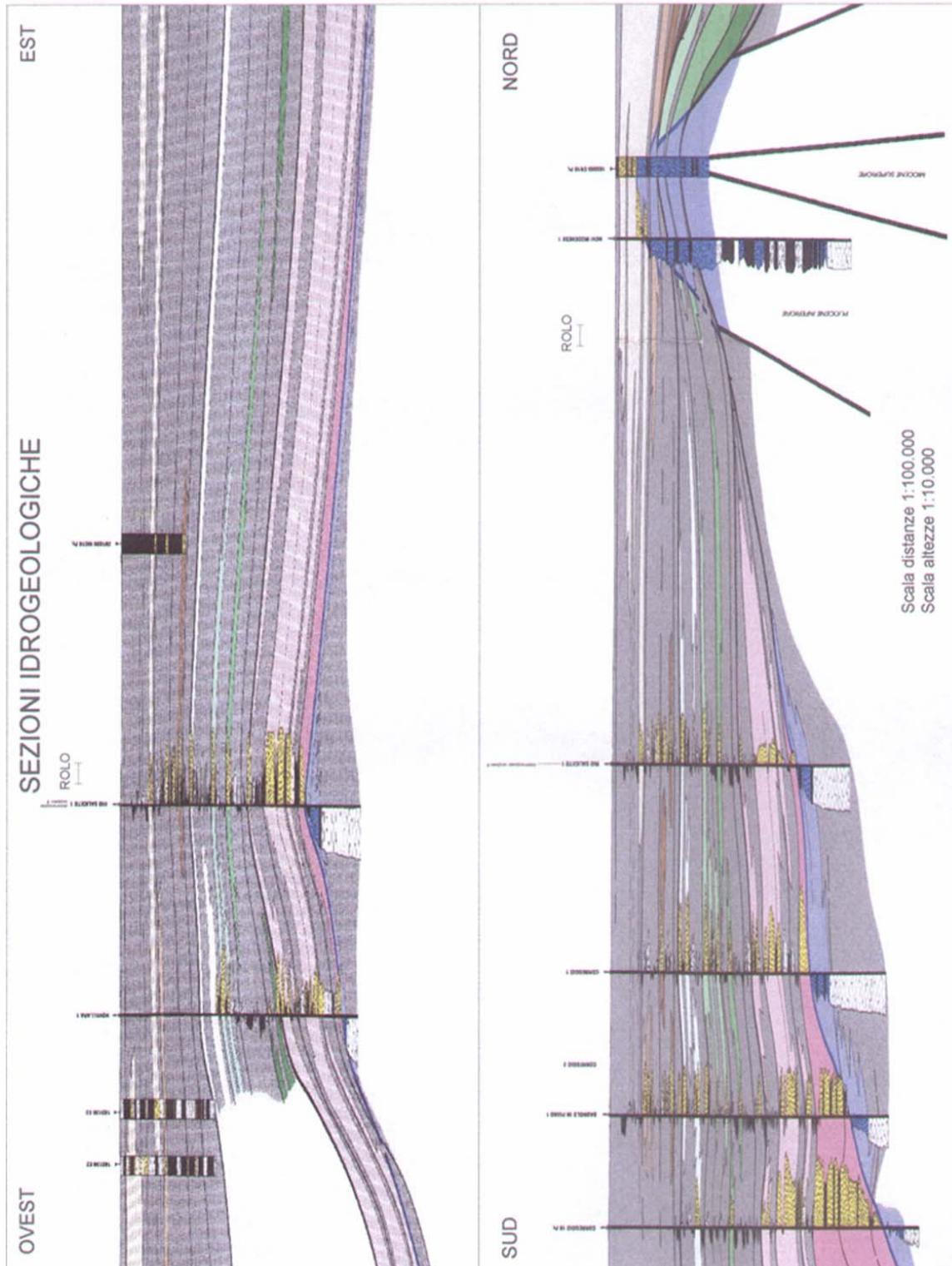
E' correlabile a deposizioni avvenute 200/220.000 ÷ 300/310.000 ÷ 400/450.000 anni b.p. denota influenze di deformazioni correlabili a processi di subsidenza differenziale per auto consolidazione ed anche del substrato nel sottosuolo delle zone ad oriente (Rio Saliceto/Fabbrico/Carpi) nelle quali la base dell'AES si innalza a -120/-140 m pc evidenziando effetti correlati a fattori tettonici che hanno indotto processi di faglia distensiva di "collasso crestale" (F.C. Molinari). Tale complesso nel sottosuolo del territorio di Campagnola Emilia presenta spessori generalmente compresi tra 55/65 ed aumenta sensibilmente in direzione nord occidentale dove assume potenze di 100/120m; i corpi sabbiosi a maggior continuità laterale si riscontrano nel sottosuolo delle zone settentrionali tra -150/-160 m pc e -200/-210 m pc. Si rinviene generalmente sino a -180/-200 e si approfondisce a -220/-240 m pc nelle aree nord occidentali.

Gruppo Acquifero B (Sistema Alluvionale Inferiore - AEI):

Evidenzia sia alla base che al tetto significative influenze dei movimenti tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400/4500.000 a 650.000 anni b.p.; la distinzione rispetto all'unità superiore è correlata essenzialmente a caratteristiche di ambiente deposizionale.

Nel sottosuolo del territorio di Campagnola Emilia è individuabile tra -180/-200 m pc e -260/-280 m pc nelle zone orientali – sud orientali, con profondità che incrementano a -230/-240 m pc per il tetto di tale litozona ed a -300/-360 m pc per la base della stessa.

Gli orizzonti permeabili più significativi sono presenti al tetto dell'unità, -180/-200 m p.c. zone est e -200/-220 m pc nei settori ovest – nord ovest dove costituiscono il livello di transizione, con spessore di 5 ÷ 10 m, al soprastante complesso AES, si riscontrano inoltre litozone di rilievo alle profondità tra -210/-220 m p.c, -230/-240 m pc aree est e -200/-250 m zone occidentali – nord occidentali.



3.7.4.2 Conducibilità idraulica degli acquiferi

I livelli acquiferi individuati, precedentemente descritti, formano orizzonti tra loro separati da potenti bancate sostanzialmente impermeabili. Dette litozone permeabili a scala territoriale tendono a convergere ed a fondersi sia in direzione nord con gli orizzonti dell'Unità Idrogeologica del Po, che in direzione sud, congiungendosi con le unità Idrogeologiche dei Coni Alluvionali nelle aree a meridione della via Emilia.

Nel sottosuolo delle zone centro meridionali orientali ed occidentali del territorio comunale, gli orizzonti permeabili assumono geometrie prevalentemente tabulari e presentano spessori relativi maggiori nei settori nord occidentali. Le bancate prevalentemente sabbiose evidenziano una tendenza più o meno graduale all'assottigliamento procedendo in direzione est e verso ovest e sud. L'assetto lentiforme e le variazioni di potenza che si evidenziano in direzione nord, indicano l'avvicinamento alla fascia di transizione tra le zone a caratteri idrogeologici diversi: media pianura e della bassa pianura (Po).

In relazione a quanto esposto ed in base ai valori di trasmissività medi del territorio, pubblicati da *IDROSER*, equivalenti a:

- $T = 3,5 \cdot 10^{-4} / 1,5 \cdot 10^{-3}$ mq/s (Campagnola Emilia)
- $T = 1,2 \cdot 10^{-4} \div 3,2 \cdot 10^{-4}$ mq/sec (Bagnolo in Piano)
- $T = 1 / 1,2 \cdot 10^{-2} \div 3 / 5 \cdot 10^{-3}$ mq/sec (Bassa Modenese)

considerando una porosità efficace del 25% ed un gradiente idraulico $i = 10^{-3} \div 10^{-4}$ (*Idroser*) si ottiene una velocità di deflusso idrico sotterraneo corrispondente a:

$$V = 0.1 \div 0.02 \text{ m/g}$$

Ne consegue che per gli acquiferi dell'unità della media pianura presenti nei primi 150/240 m del sottosuolo, sussistono velocità di ricarica molto lenta.

I caratteri isotopici ed idrochimici pubblicati da RER, indicano che le acque nel sottosuolo del territorio in esame sarebbero alimentate prevalentemente da acque di origine appenninica ed hanno età di immagazzinamento ricondotta ad 8000 anni b.p.

3.8 Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale

L'individuazione delle linee generali, dell'assetto dei deflussi idrici delle acque sotterranee del primo acquifero o falda freatica, è stata eseguita in base alle campagne di misurazione del livello d'equilibrio nei pozzi accessibili presenti nell'area comunale effettuate nel contesto delle analisi di PSC nel luglio 2000 (*Centrogeo*).

La fase temporale delle rilevazioni, in rapporto alla piovosità verificatasi al periodo delle misure, corrisponde ad una condizione di media ricarica dell'acquifero freatico.

I dati relativi ai livelli di equilibrio dell'acqua nel sottosuolo sono stati elaborati in carte delle isopieze freatiche e soggiacenza della falda freatica.

3.8.1 Piezometria dell'acquifero freatico

L'assetto della superficie piezometrica (mslm), evidenzia la geometria dei deflussi idrici sotterranei e fornisce parametri di analisi per la valutazione della pericolosità di liquefazione.

3.8.2 Isopieze dell'acquifero

L'analisi d'insieme dell'assetto isopiezometrico della falda freatica (Tav. 1.3) evidenzia zone di alto strutturale corrispondenti ad innalzamenti dell'acquitarde di base: spartiacque sotterraneo. Tali aree sono caratterizzate da isopieze con linee di deflusso rivolte all'esterno della curva. Viceversa le zone di basso strutturale delle isopieze corrispondono ad assi di drenaggio idrico sotterraneo conseguenti a depressioni dell'acquitarde di base.

Nei casi in cui si riscontrano isopieze chiuse il fenomeno suddetto, oltre che da una depressione dell'acquitarde, può derivare da locali emungimenti idrici intensi dei pozzi; ciò è indicato da linee di deflusso rivolte all'interno della curva (centripete).

La conformazione della superficie piezometrica del primo acquifero nel territorio di Campagnola Emilia, evidenzia assetti a falda conica divergente al bordo occidentale al confine con il comune di Novellara, nel settore meridionale secondo la sP n°94 sino al capoluogo ed a nord dello stesso sino a C. Biliana; analoga conformazione si evidenzia al bordo orientale circa in corrispondenza di via F.lli Conti – Via Bersella ed al bordo meridionale sub parallelamente al Canale di Canolo. Tali assetti si caratterizzano con fasce di ricarica idrica sotterranea principale orientate sud nord. Di queste ultime quella nella zona centro sud si estende assecondando la sP n°94 sino al capoluogo ed a nord dello stesso subparallelamente via Reggiolo sino a C. Biliana. La zona di alimentazione al bordo occidentale si sviluppa sub concordamente alla sP n°5 e quella al bordo orientale si orienta secondo via F.lli Conti; la fascia di ricarica al bordo meridionale ha direzione ovest est e si estende secondo l'allineamento Canale di Canolo – Via Olma – Osteriola.

Nella zona centro occidentale e settentrionale del territorio comunale l'assetto è a falda conica convergente e si caratterizza con una fascia di drenaggio idrico sotterraneo allungata sud nord da C. Abbazia a C. Mazzucca – Fossa Nasciuti – Cavo di Campagnola; analoga zona si evidenzia ad est del suddetto allineamento da S. Bernardino al confine comunale nord che si estende assecondando l'omonima via. Dette aree individuano fasce secondo le quali si raccolgono i deflussi idrici sotterranei corrispondenti a zone nelle quali l'acquitarde di base è relativamente più profondo.

Un'equivalente settore di drenaggio idrico sotterraneo, si riscontra al confine meridionale del territorio comunale, dove è presente un asse drenante sotterraneo orientato in senso sud est – nord ovest, esteso subparallelamente alla Fossetta Frassinara e che evidenzia un suo effetto drenante nei confronti della falda freatica.

L'assetto piezometrico del primo acquifero sotterraneo nel sottosuolo di Campagnola Emilia è contraddistinto da moti dei flussi idrici orientati prevalentemente in direzione sud sud ovest – nord nord est.

I valori del gradiente idraulico, ovvero la perdita di carico idraulico per unità di lunghezza dell'acquifero, equivalgono mediamente a:

$$i_m = 2,0 \div 3,0 \cdot 10^{-3}$$

nel settore centrale – centro settentrionale e zone nord orientali del territorio comunale:

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

nelle aree meridionali,

$$i_m = 3,0 \div 3,5 \cdot 10^{-3}$$

nell'area a settentrione del capoluogo e sino al confine comunale nord:

$$i_m = 1,5 \div 2,0/2,5 \cdot 10^{-3}$$

3.8.3 Soggiacenza Acquifero freatico

Questo elaborato (Tav. 1.4), essenziale per le valutazioni delle pericolosità di liquefazione, visualizza la profondità rispetto al piano campagna alla quale si rinviene il livello d'equilibrio dell'acqua nel sottosuolo.

L'analisi d'insieme evidenzia che la falda rispetto al piano campagna è generalmente più profonda nelle fasce meridionali e settentrionali dell'area comunale; nelle zone sud è mediamente rinvenibile a:

$$\delta H_2O = -1,5 \div -2,0 \text{ m p.c.}$$

ed in quelle a nord del capoluogo a:

$$\delta H_2O = -1,5 \div -2,5 \text{ m p.c.}$$

In quest'ultima prevalentemente costituita da litozone argillose – argilloso limose nei primi 7/8 m del sottosuolo, la falda freatica assume caratteristiche semiconfinate; pertanto fintantoché non sono stati perforati i primi 5/6 m del piano campagna nei fori di indagine non si ha presenza di acqua di falda.

Nella zona centrale del territorio, i valori di soggiacenza corrispondono generalmente a:

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

Fa eccezione la fascia allungata sud nord al bordo occidentale centrale tra Canale del Borgazzo e via Prampolini, dove la profondità del livello idrico sotterraneo si attesta a:

$$\delta H_2O = -2,0 \text{ m p.c.}$$

Dal confronto tra le rilevazioni della soggiacenza dal 1982 al 2000 si riscontra un modesto campo di escursione negativo nelle aree meridionali corrispondente a:

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

nelle zone settentrionali risulta equivalente a:

$$\delta H_2O = -1,0 \text{ m}$$

Nella fascia centrale del territorio estesa ovest est, alla quale appartengono il Capoluogo e le aree produttive S.Giulia – Ponte Vettigano, il campo di escursione è praticamente trascurabile/nulla.

3.8.4 Identificazione temporale del sistema Idrogeologico

L'analisi comparata tra la carta isopiezometrica dell'acquifero freatico, e soggiacenza relativa alle misurazioni del luglio 2000, con quelle precedentemente redatte nell'ambito dello studio geologico per il P.R.G. di Campagnola Emilia, relativa al luglio 1982 (*Centrogeo*) e quella per lo studio idrogeologico ambientale del P.T.C.C. Carpi – Correggio 1982/1984 (*G.P.Mazzetti*) evidenzia assetti dei deflussi idrici sotterranei ad elevato grado di corrispondenza sia per quanto riguarda le principali fasce di alimentazione che per quelle di drenaggio; le modeste differenze conseguono sia dal diverso numero di pozzi censiti nelle rilevazioni sopra indicate che dalle differenti condizioni climatiche di alimentazione dell'acquifero.

Nell'ambito di tale disamina si riscontra infatti che l'asse di ricarica principale nella fascia ad occidente dell'area comunale in territorio di Campagnola Emilia, presenta andamenti e caratteri praticamente equivalenti nell'arco di tempo considerato.

Analoga considerazione risulta estendibile alle fasce di alimentazione principale a direttrice sud ovest – nord est, subparallela alla sP.94 Correggio-Campagnola e quella ad oriente assecondante via F.lli Conti. Assetti conservativi nel tempo denota anche la zona di ricarica a direttrice ovest-est osservabile nel settore meridionale del territorio comunale, da Canale di Canolo a Osteriola, nel quale l'asse di alimentazione si estende in direttrice ovest est.

Dal confronto della soggiacenza e della isopiezometria freatica del 1982 con quelle del 2000 si riscontra una modesta escursione negativa territoriale mediamente equivalente a:

$$\delta = -0,5 \text{ m}$$

nelle zone meridionali, un'escursione praticamente nulla nelle aree centrali ed un'escursione negativa corrispondente a:

$$\delta_{H_2O} = -1,0 \text{ m}$$

nella parte settentrionale del territorio.

Ne consegue che, nelle valutazioni della pericolosità di liquefazione sono da considerare i sopraddetti innalzamenti della falda freatica nelle parti meridionali e settentrionali del territorio comunale.

3.8.5 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica

In funzione delle disamine descritte nei paragrafi precedenti, la condizione al limite dell'acquifero freatico nel territorio esaminato è contraddistinta dalle caratteristiche di seguito descritte:

<i>Limite sud:</i>	idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
<i>Limite ovest:</i>	idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
<i>Limite nord:</i>	idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
<i>Limite est:</i>	idrodinamica a potenziale imposto con flusso prevalentemente in uscita nella zona sud ed in entrata nella parte settentrionale.

- Limite di tetto:* Nelle aree con presenza di limi sabbiosi e sabbie limose (fasce di paleoalveo) o dove si hanno incisioni di cavi e canali che si spingono a quote sottostanti -2 m p.c. si ha un flusso idrodinamico in entrata a portata imposta (infiltrazione per piovosità, per irrigazione); nelle aree costituite prevalentemente da limi argillosi – argille limose sussiste un flusso dinamico in entrata di tipo basso ed in quelle settentrionali praticamente trascurabile/nullo.
- Limite di letto:* condizione geologica a flusso nullo per presenza di spessi orizzonti argillosi praticamente impermeabili.

4 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10 ÷ 20 m del sottosuolo del territorio di Campagnola Emilia 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 del PSC 2005 di Campagnola Emilia (*Centrogeo*).

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

In funzione di quanto esposto sono state identificate 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 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.

4.1 Carta geologico tecnica

Il territorio in oggetto, appartiene alla fascia della media pianura, costituita dalle evoluzioni idrografiche dei fiumi e torrenti appenninici: T.Crostolo –T.Tresinaro e da quelle dei F.Secchia e T.Enza e del F.Po, che hanno condizionato le possibilità di afflusso dei loro affluenti.

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 fluviale si generano rotte e/o tracimazioni alle quali conseguono cambiamenti della sede di scorrimento dell'alveo.

I tratti dei corpi di canale fluviale 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.

Ai sistemi deposizionali come quelli descritti è attribuibile la zona settentrionale orientale del territorio comunale dove a nord del confine in corrispondenza della sP2 Guastalla – Reggiolo – Moglia è presente un tratto principale di canale fluviale estinto che ha impedito le possibilità di sviluppo dei deflussi verso nord determinando l'instaurazione di un ambito palustre che ha costituito un'area valliva di pianura; quest'ultima si estende nelle zone settentrionali dei territori di Novellara – Campagnola Emilia – Fabbrico – Rio Saliceto.

Un'analogha condizione si è impostata nella zona sud del confine comunale nel quale si evidenzia un antico percorso di canale fluviale ovest est dall'Olma a Osteriola, che ha ostacolato l'importazione dei successivi assi idrici in direzione nord inducendo l'instaurarsi

degli ambienti palustri delle valli di Novellara sud est – Bagnolo in Piano nord ovest – Correggio nord ovest.

Le azioni deposizionali hanno generato una morfologia pianeggiante con ondulazioni principali, ad ampio raggio, allungate in senso SSW-NNE, con subordinata presenza nel settore meridionale di un dosso poco pronunciato esteso ovest est, tali zone leggermente più elevate delimitano fasce vallive generalmente di media estensione.

Nel contesto dell'evoluzione morfologica del territorio, come sopra descritto, un ruolo importante è stato svolto dal paleoalveo orientato ovest est rinvenibile 1,5/2 km a nord del confine comunale, nell'area di Reggiolo che ha ostacolato il passaggio dei fiumi a direttrice sud sud ovest – nord nord est di età più recente, come evidenziano le flessioni in direzione orientale dal paleoalveo di S.Bernardino (Novellara) e dell'analogia struttura geomorfologica da Campagnola E. – Fabbrico – Rolo.

Gli interventi antropici principali sul territorio sono rappresentati dall'intensa urbanizzazione nell'areale sede del capoluogo e zone industriali S. Giulia – Ponte Vettigano, che ha modificato le caratteristiche dei suoli mediante riporti e scavi che hanno coinvolto i primi 1/2 m del sottosuolo.

4.2 Caratteristiche litotecniche

Gli areali sopra descritti in funzione delle indagini geognostiche precedentemente eseguite nel territorio di Campagnola Emilia, sono schematicamente suddivisibili in sette macrozone litotecniche come di seguito descritto:

4.3 Successioni Litotecniche**Verticale tipo CE.C - Capoluogo fascia centrale: ex Ippodromo Madonnina Rossa - Caseificio Reatino**

Profondità	Caratteristiche litologico - geotecniche prevalenti
Unità C1 da piano campagna a -8,0 m p.c	Alternanze di strati prevalentemente limosi - limoso sabbiosi, con intercalati strati sabbiosi con spessori di 1/3 m in corrispondenza dei depositi di canale fluviale estinto; localmente sono presenti lenti e tasche torbose; detti terreni nelle componenti prevalentemente limose - limoso sabbiose sono contraddistinti da $q_{cm} = 6 \div 8/10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,3$ kgf/cm ² ; non di rado denotano caratteristiche di medio - medio elevata compressibilità; $q_{cm} < 6 \div 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,1 \div 0,2$ kgf/cm ² ; le intercalazioni sabbiose riscontrabili a profondità tra -2 e -6 m pc e -7/-8 m pc sono caratterizzate da $q_{cm} = 20 \div 40$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,2$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1/-1,5 ÷ -2 m pc.
Unità C2 da -8 a -11,0 m p.c	Argille - argille limose, sature, con intercalati locali strati limosi, lentiformi, a luoghi contenenti lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8 \div 12$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm ² .
Unità C3 da -11 a -16/-17 m p.c	Argille - argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, con intercalati locali strati limoso sabbioso - limosi lentiformi, generalmente riscontrabili tra -13 e -15 m pc; a luoghi presenza di lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 16 \div 22/24$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,1$ kgf/cm ² , fanno eccezione le lenti limoso sabbiose con $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cm ² .
Unità C4 da -16/-17 a -20 m p.c	Unità a pronunciata variabilità granulometrica laterale prevalentemente costituita da sabbie lateralmente sostituite da limi argillosi - limi sabbiosi; le componenti sabbiose sono caratterizzate da $q_{cm} = 70 \div 100$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,4$ kgf/cm ² ; dove prevalgono le frazioni limoso argillose - limoso sabbiose $q_{cm} = 14 \div 16$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm ² .
Unità C5 da -20 a -21/-22 m p.c	Argille limose e limi argillosi contraddistinti da $q_{cm} = 14/16$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm ² .
Unità C6 da -20/-21 a -23/-25 m p.c	Unità prevalentemente sabbiosa caratterizzata da $q_{cm} = 30 \div 40/70$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm ² .
Unità C7 da -23/-25 a -29 m p.c	Argille - argille limose con valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 16/18 \div 22/28$ kgf/cm ² , la resistenza ad attrito oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,1$ kgf/cm ² .
Unità C8 da -29 a -30 m p.c	Strato sabbioso caratterizzato da $q_{cm} = 60 \div 90$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 1 \div 1,5$ kgf/cm ²

L'unità geotecnica CE.C caratterizza la fascia centrale del territorio comunale estesa in senso sud nord con andamento sub parallelo alla SP n° 94 Correggio - Campagnola E, circa

compresa tra la SP n°48 e Caseificio Reatino; a tale unità appartiene il capoluogo e sua zona sud est ad uso produttivo.

Verticale tipo CE.WE

Settore centrale: zone ovest ed est del capoluogo

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità WE1 da piano campagna a -5/-6 m p.c	Alternanze di strati prevalentemente limosi con arricchimenti in componenti limoso argillose nelle fasce più occidentali ed orientali, contenenti locali intercalazioni limoso sabbiose – sabbioso limose e limoso sabbiose tra -4/-5 m pc; a luoghi si riscontrano lenti torbose di modesto spessore: 0.4/0.5. Detti terreni sono prevalentemente contraddistinti da $q_{cm} = 8 \div 10/12$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0.3 \div 0.4/0.5$ kgf/cm ² ; localmente si riscontrano strati con caratteristiche di medio elevata compressibilità: $q_{cm} < 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0.2/0.3$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1.0/-1.5 ÷ -2 m pc.
Unità WE 2 Da -5/-6 a -7/-8 m pc	Alternanze prevalentemente limoso argillose con locali lenti sabbiose – limoso sabbiose a medio basso grado di densità relativa; i valori di resistenza alla punta variano mediamente tra $q_{cm} = 8 \div 12$ kgf/cm ² e la resistenza ad attrito laterale oscilla mediamente tra $f_{sm} = 0.3 \div 0.5$ kgf/cm ² nelle componenti limoso argillose; varia tra $q_{cm} = 20 \div 30$ kgf/cm ² e tra $f_{sm} = 0.1 \div 0.2$ kgf/cm ² per i terreni sabbiosi – limoso sabbiosi.
Unità WE 3 Da -7/-8 a -12/-13 m pc	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, con intercalati locali strati limoso argillosi – limosi, contenenti lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 16/18 \div 20/22$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0.8 \div 1.1$ kgf/cm ² ad eccezione delle lenti limoso argillose con $f_{sm} = 0.5 \div 0.7$ kgf/cm ² .
Unità WE 4 Da -12/-13 a -13/-14 m pc	Limi argillosi – limi con locali incrementi nelle componenti di limi sabbiosi – sabbioso limose, contraddistinti da $q_{cm} = 12 \div 16/17$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,5/0,7$ kgf/cm ² per i termini limoso argillosi e da $q_{cm} = 14/20$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0.4 \div 0.5$ kgf/cm ² ove prevalgono le frazioni limoso sabbiose.
Unità WE 5 Da -13/-14 a -15 m pc	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate contraddistinte da $q_{cm} = 18 \div 20/24$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0.8 \div 1.2$ kgf/cm ²

L'unità geotecnica CE.WE caratterizza la fascia centrale del territorio ad ovest del capoluogo, tra via Papa Giovanni XXIII e confine con il comune di Novellara, e ad est del centro storico tra lo stesso e la Zona Industriale Santa Giulia.

Verticale tipo CE.SG Zona Produttiva Santa Giulia

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità S1 da piano campagna a -5,0 m p.c	Alternanze di strati prevalentemente limosi - limoso argillosi, con intercalati livelli limoso sabbiosi e sabbiosi; localmente sono presenti lenti e tasche torbose; detti terreni sono prevalentemente normalconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 8 \div 10/12$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² ; a luoghi denotano caratteristiche di medio - medio elevata compressibilità; $q_{cm} < 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,2 \div 0,3$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1 ÷ -2 m p.c..

Unità S2 da -5 a -6,0 m p.c	Strato a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche prevalentemente costituito da sabbie – sabbie limose orizzontalmente sostituite da limi argillosi – limi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 14 \div 20/30$ ed f_{sm} oscilla tra $f_{sm} = 0,2 \div 0,3$ kgf/cm ² nelle sabbie e tra $q_{cm} = 12 \div 14$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm ² ove prevalgono i limi argillosi - limi.
Unità S3 Da -6,0 a -9,0 m p.c.	Litotipi prevalentemente argilloso limosi - limoso argillosi, contenenti locali corpi limosi più o meno lentiformi; detti terreni sono normalconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 8 \div 10/12$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm ² .
Unità S4 da -9,0 a -11/-12 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, con intercalati locali strati limoso argillosi - limosi; a luoghi contenenti lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 16 \div 20$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,1$ kgf/cm ² , fanno eccezione le lenti limoso argillose con $f_{sm} = 0,6 \div 0,8$ kgf/cm ² .
Unità S5 da -11/-13 a -13/-14 m p.c	Limi argillosi – limi con locali incrementi nelle componenti di limoso sabbiose – sabbioso limose contraddistinti da $q_{cm} = 8/10 \div 12/14$ kgf/cm ² ed $f_{sm} 0,3/0,4$ kgf/cm ² per i termini limoso argillosi, tra $q_{cm} = 10/12 \div 30$ kgf/cm ² ed $f_{sm} 0,1 \div 0,3$ kgf/cm ² ove prevalgono le frazioni limoso sabbiose.
Unità S6 da -13/-14 a -15 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate contraddistinte da $q_{cm} = 16/18 \div 20/22$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,8 \div 1,1$ kgf/cm ² .
Unità S7 da -15 a -18 m p.c	Orizzonte prevalentemente sabbioso lentiforme con parziali sostituzioni laterali e verticali in componenti limose limoso sabbiose; le frazioni sabbiose sono contraddistinte da $q_{cm} = 50 \div 70/80$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,6$ kgf/cm ² , i termini limoso sabbiosi da $q_{cm} = 12 \div 14$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm ²

L'unità geotecnica CE.SG caratterizza la Zona Industriale di Santa Giulia sino al Canale di S. Pietro.

Verticale tipo CE.PV

Zona Produttiva Ponte Vettigano

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità V1 Da piano campagna a -7 m pc	Superato lo strato argilloso limoso sovraconsolidato dei primi 1.5/2.0 m dal piano campagna è presente un orizzonte a pronunciata variabilità laterale e verticale sia del grado di consistenza che delle componenti litologico granulometriche costituito da alternanze di strati limosi – limoso sabbiosi e francamente sabbiosi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 4 \div 6/8$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,1 \div 0,3$ kgf/cm ² per le componenti limose – limoso sabbiose; sono compresi tra $q_{cm} = 20/30 \div 60/80$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,2/0,3$ kgf/cm ² dove prevalgono le frazioni sabbiose.
Unità V2 Da -7 a -9/-10 m pc	Orizzonte a pronunciata variabilità laterale granulometrica prevalentemente costituito da limi argillosi – limi orizzontalmente sostituiti da limi sabbiosi e sabbie a medio grado di densità relativa, i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8 \div 12$ ed f_{sm} oscilla tra $f_{sm} = 0,4/0,5 \div 0,7$ kgf/cm ² nei limi argillosi – limi, variano tra $q_{cm} = 50 \div 70$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,3$ kgf/cm ² ove prevalgono le frazioni sabbiose.

Unità V3 Da -9/-10 a -11/-12 m pc	Litotipi prevalentemente argilloso limosi – limoso argillosi, contenenti locali corpi limosi più o meno lentiformi, contraddistinti da $q_{cm} = 16 \div 20$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0.5 \div 0.8/1.0$ kgf/cm ² .
Unità V4 Da -11/-12 a -15 m pc	Unità a pronunciata variabilità laterale e verticale sia granulometrica che del grado di consistenza costituito prevalentemente da sabbie – sabbie limose orizzontalmente sostituite da limi argillosi – argille limose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 30/40 \div 60/70$ kgf/cm ² ed f_{sm} oscilla tra $f_{sm} = 0.1 \div 0.3$ kgf/cm ² nelle sabbie, variano tra $q_{cm} = 16 \div 20/26$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0.5 \div 0.7$ kgf/cm ² ove prevalgono i limi argillosi – limi.
Unità V5 Da -15 a -21 m pc	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, con intercalati locali strati limoso sabbiosi – sabbioso limosi; a luoghi sono presenti lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 18 \div 22$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0.4/0.5 \div 0.8$ kgf/cm ² nelle componenti argilloso limose; ove prevalgono le frazioni sabbioso limose $q_{cm} = 20/30 \div 40$ kgf/cm ² e $f_{sm} = 0.3$ v 0.5 kgf/cm ² .

L'unità geotecnica CE.PV caratterizza la Zona Industriale di Ponte Vettigano tra Canale di S.Pietro e Cavo naviglio.

Verticale tipo CE.CO

Settore meridionale: a sud di Stradone Abazia – via Malcantone: (Cognento – Osteriola)

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità O1 da piano campagna a -5,0/-7,0 m p.c	Alternanze di strati prevalentemente limoso sabbiosi, con intercalati livelli limoso sabbiosi ed a luoghi corpi lentiformi sabbiosi, in corrispondenza dei depositi di canale fluviale estinto; localmente sono presenti lenti e tasche torbose; detti terreni sono prevalentemente normalconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 6 \div 8/10$ kgf/cm ² ad eccezione delle sabbie con $q_{cm} = 20 \div 30$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² ; non di rado presentano caratteristiche di medio - medio elevata compressibilità; $q_{cm} < 6 \div 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,1 \div 0,3$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1 ÷ -2 m p.c. localmente -2 ÷ -3 m pc.
Unità O2 da -5/-7 a -10 m p.c	Argille – argille limose normalconsolidate - leggermente sovraconsolidate, limi argillosi, saturi, con intercalati in subordine locali strati limoso sabbiosi – sabbioso limosi, lentiformi; a luoghi sono presenti lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 14 \div 18/20$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 0,8$ kgf/cm ² , fanno eccezione le lenti sabbiose – limoso argillose con $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² .
Unità O3 da -7/-10 a -13 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, contenenti locali sottili corpi sabbiosi e lenti limoso argillose; la resistenza alla punta varia mediamente tra $q_{cm} = 20 \div 24/28$ kgf/cm ² e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,2$ kgf/cm ² .

L'unità geotecnica CE.CO caratterizza la zona meridionale del territorio comunale a sud dell'allineamento via Abbazia – via Malcantone.

Verticale tipo CE.RB**Zona settentrionale ovest: nord di C.Reatino – C.Biliana – ovest via Campagnola Emilia - Reggiolo**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità R1 da piano campagna a -4,5 m p.c.	Alternanze di strati prevalentemente argilloso limosi, contenenti intercalazioni limose argillose ed in subordine limoso sabbiose; a luoghi sono presenti sottili corpi lentiformi sabbiosi di modesto spessore ed orizzonti superficiali argilloso limosi sovraconsolidati; talvolta si riscontrano lenti torbose con spessore giungente anche a 1 m, generalmente presenti a quote tra -3,5 ÷ -4,5 m p.c.; detti terreni sono prevalentemente normalconsolidati leggermente sovraconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 14 \div 18$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,8$ kgf/cm ² , localmente si riscontrano strati con caratteristiche a maggior grado relativo di compressibilità: $q_{cm} 8 \div 10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} 0,25 \div 0,5$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1,5 ÷ -2,5 m p.c..
Unità R2 Da -4,5 a -11,5/-12 m p.c.	Litotipi prevalentemente argillosi – argilloso limosi, contenenti locali corpi sabbiosi e limosi più o meno lentiformi; detti terreni sono normalconsolidati – leggermente sovraconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 14 \div 18/20$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,7 \div 0,9$ kgf/cm ² .
Unità R3 Da -11,5/-12,0 a -13,0 m p.c.	Unità a sensibile variabilità laterale delle componenti granulometriche costituita argille limose – limi argillosi sostituiti orizzontalmente da limi sabbiosi – sabbie limose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 14 \div 18/20$ kgf/cm ² , la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm ² .

Unità geotecnica CE.RB caratterizza il settore nord occidentale dell'area comunale a settentrione di via Casella e ad ovest di via Campagnola E. – Reggiolo.

Verticale tipo CE.BC**Zona settentrionale est, nord di C. Biliana – C.Corona est di via Campagnola E. - Reggiolo**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità B1 da piano campagna a -5,0 m p.c.	Alternanze di strati prevalentemente argilloso limosi, inglobanti subordinati livelli limosi – limoso sabbiosi a luoghi sottili corpi lentiformi sabbiosi; talvolta sono presenti lenti torbose in genere di modesto spessore; detti terreni sono prevalentemente normalconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² , a luoghi locali lenti denotano caratteristiche di medio elevata – elevata compressibilità: $q_{cm} < 6$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,2$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1,0 ÷ -2 m p.c..
Unità B2 Da -5 a -10 m p.c.	Litotipi prevalentemente argilloso limosi – limoso argillosi, saturi contenenti in subordine locali sottili corpi limosi sabbioso più o meno lentiformi; la resistenza alla punta varia mediamente tra $q_{cm} = 12/14 \div 18$ kgf/cm ² e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,7$ kgf/cm ² .
Unità B3 da -10 a -12/13 m p.c.	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, con locali subordinati sottili livelli limoso sabbiosi, lentiformi; a luoghi sono presenti lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 20 \div 24$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,1$ kgf/cm ² .

Unità B4 da -12/-13 a -15 m p.c	Unità a sensibile variabilità laterale delle componenti granulometriche costituita prevalentemente da sabbie – sabbie limose sostituite orizzontalmente da limi – limi sabbiosi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 30 \div 40$ kgf/cm ² nelle componenti sabbiose e tra $q_{cm} = 24 \div 28$ kgf/cm ² nei limi – limi sabbiosi, analogamente la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² per le sabbie tra $f_{sm} = 0,6 \div 0,8$ kgf/cm ² nei limi – limi sabbiosi.
----------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

L'unità geotecnica CE.BC caratterizza la zona settentrionale orientale dell'area comunale a nord dell'allineamento: C.Biliana – C.Bezzecchi – C.Corona.

5 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 CE. C:** caratterizza la fascia centrale del territorio comunale, con larghezza tra 200 e 400 m, estesa in senso sud nord sub parallelamente alla sP n° 94 Correggio – Campagnola E., da Madonna Rossa al capoluogo e sua zona sud est ad uso produttivo dove si allarga ad 800 m; dal centro storico si estende a nord sino a Caseificio Reatino assecondando l'andamento di via Campagnola E. - Reggiolo e costituisce circa il 15% del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme indicano che per strutture che evidenziano un medio – medio basso grado di consistenza dei terreni che formano i primi 7/9 m del sottosuolo, per strutture che non impongono carichi elevati sul terreno e per pilastri che trasmettano al sottosuolo tensioni non eccedenti 100 Ton, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 0,7 \div 0,8 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$D = 1,2 \div 2 \text{ m p.c.}$$

Per strutture con carichi superiori alle 100 Ton per pilastro è da valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali; analogamente per corpi di fabbrica con più di 2/3 piani fuori terra sono da valutarsi fondazioni a platea e/o su pali.

- **Verticale litotecnica CE. WE:** costituisce la fascia centrale del territorio estesa ovest est ad occidente e ad oriente del capoluogo compresa tra lo stesso ed il confine comunale con Novellara ad ovest e dalla Zona Industriale Santa Giulia ad est, circa delimitata a sud dal Canale Borgazzo ed a nord da via Casella – Ca dei Nasciutti - San Bernardino – C. Gorisi; forma circa il 35 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano un medio grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 5/6 m del sottosuolo, medio – medio elevato grado di compressibilità da -5/-6 a -8/-9 m pc e medio basso grado di compressibilità da -8/-9 a -15 m pc.

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

$$q_a = 0,7 \div 1,0 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$D = 1,4 \div 2 \text{ m pc}$$

Per edifici con più di due/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 CE. SG:** caratterizza la Zona Industriale Santa Giulia ad oriente del capoluogo, compresa tra lo stesso e Canale di S. Pietro; costituisce circa il 1,5% del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme dei primi 6 m del sottosuolo, a medio grado di consistenza, indicano che per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri che trasmettano tensioni al terreno non eccedenti 100 Ton, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

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

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

$$D = 1,6 \div 2 \text{ m p.c.}$$

Per strutture con carichi superiori alle 100 Ton per pilastro è da valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali; analogamente per corpi di fabbrica con con più di 3 piani fuori terra sono da valutarsi fondazioni a platea e/o su pali.

- **Verticale litotecnica CE. PV:** costituisce la fascia orientale centrale sede della Zona Industriale di Ponte Vettigano, delimitata ad ovest da Canale San Pietro e ad est dal Cavo Naviglio; forma circa il 1 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano un medio elevato - elevato grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 7/8 m del sottosuolo, medio grado di compressibilità da -7/-8 a -10 m pc e medio basso grado di compressibilità da -10 a -15/-20 m pc.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 8 m del sottosuolo, è da considerare principalmente la previsione dell'adozione di fondazioni di tipo profondo mediante:

Pali

eventualmente per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo, in subordine alla verifica di assenza di liquefazione, possono essere valutate fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,5 \div 0,6 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$D = 1,6 \div 2 \text{ m pc}$$

Per edifici con più di due/tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 70/80 Ton per pilastro, sono prevedersi di fondazioni di tipo profondo su pali e valutabili soluzioni fondali a platea generalizzata.

- **Verticale litotecnica CE. CO:** caratterizza il settore meridionale settentrionale dell'area comunale, estesa ovest est circa compresa tra Canale Borgazzo e confine comunale sud con Correggio, alla quale appartengono Cognento ed Osteriola; costituisce circa il 19% del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, evidenziando la presenza di terreni a medio – medio basso grado di consistenza nei primi 5/7 m del sottosuolo, indicano che per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri che trasmettano tensioni al terreno non eccedenti 100 Ton, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 0,7 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$D = 1,2 \div 2 \text{ m p.c.}$$

Per strutture con carichi superiori alle 100 Ton per pilastro è da valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali; analogamente per corpi di fabbrica con più di 2/3 piani fuori terra sono da valutarsi fondazioni a platea e/o su pali.

- **Verticale litotecnica CE. RB:** costituisce il settore nord occidentale del territorio a nord del capoluogo compresa tra il confine comunale con Novellara e via Campagnola – Reggiolo; forma circa il 17 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano un medio basso grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 10/12 m del sottosuolo.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 8/12 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione, 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:

$$D = 1,0 \div 1,4 \text{ m pc}$$

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

- **Verticale litotecnica CE. BC:** costituisce il settore nord orientale del territorio a nord dell'allineamento C. Bezzecchi – C. Corona, tra Via Campagnola – Reggiolo ed il confine comunale con Rio Saliceto/Fabbrico; forma circa il 13 % della superficie comunale.

Le caratteristiche geotecniche di insieme evidenziano un medio grado di compressibilità nei primi 4/5 m del sottosuolo ed un medio basso grado di compressibilità da -4/-5 a -10 m pc, bassa compressibilità da -10 a -15 m pc.

In rapporto al grado di consistenza ei terreni che formano i primi 5 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione, per strutture che non

impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzo di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,7 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$D = 1,2 \div -1,6 \text{ m pc}$$

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

In rapporto all'estensione areale delle zone litotecniche descritte e del numero di indagini analizzate, si osserva che le valutazioni esposte sono da considerarsi rappresentative per le caratteristiche generali dei settori di territorio esaminati. Non si possono quindi escludere variazioni, anche significative, dovute a fenomeni deposizionali locali e/o rimaneggiamenti antropici, comportanti peculiarità geotecniche anche sensibilmente differenti da quelle indicate.

5.1 SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

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

5.2 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 integrato Re.Mi/MASW, mediante stendimenti ad antenna monodirezionale con lunghezza di 69 m, eseguendo due acquisizioni in ogni singola prospezione: 1 con procedura ReMi ed 1 con procedura MASW, sono inoltre state eseguite prospezioni puntuali verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Queste ultime sono state sempre effettuate 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 che degli ambiti suscettibili di urbanizzazione che 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 Campagnola Emilia.

Le indagini effettuate in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato il territorio con 1 punto di analisi con mappa 0,4/1,0 kmq per le aree urbanizzate del capoluogo, di 0,4/0,7 kmq per le zone industriali, 0,5/1,0 kmq nelle principali frazioni, di 1,0 ÷ 1,2/1,4 kmq per le zone extraurbane.

5.3 Microtremori con la tecnica HVSr

Le indagini a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali si sono effettuate in 27 punti, che sono stati integrati da 9 analoghe verticali precedentemente eseguite dallo Scrivente nell'area comunale, 25 equivalenti prospezioni effettuate in aree contermini adiacenti al confine comunale di Campagnola Emilia, eseguite nel contesto delle analisi di microzonazione sismica dei comuni di Correggio – Novellara – Fabbriico – Rio saliceto; pertanto nella zona analizzata sono stati utilizzati in totale di 61 punti, distribuiti con maglia statisticamente rappresentativa che rapportata all'estensione del territorio comunale: 24.39 kmq, ha consentito di esaminare lo stesso secondo dimensioni con unità di area mediamente corrispondente a 0,4 ÷ 1,0 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 equivalente 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 in ogni singola stazione.

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.

5.4 Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. e passiva/attiva Re.Mi./MASW

Le prospezioni di nuova esecuzione, effettuate in numero complessivo di 27, 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 da 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) come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza di 6 e 10 m dal primo geofono ("Optimum Field Parameters of an MASW Survey", *Park et al., 2005; Dal Moro, 2008*).

Per l'acquisizione dei microtremori ambientali (Re.Mi) sono state effettuate venti registrazioni della durata di 30 sec cadauna 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 $1/\text{velocità di fase}$) 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.

6 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

6.1 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, Archivio Centrogeo.

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:

- 222 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 1 prova penetrometrica CPTU
- 12 Sondaggi meccanici (SM)
- 1 stratigrafia di Pozzo per Acqua (PA)
- 3 Pozzi per ricerca Idrocarburi (PI)
- 6 Sondaggi Elettrici Verticali (SEV)
- 34 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: Re.Mi.- Re.Mi./MASW
- 34 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:

- 27 prospezioni di sismica a rifrazione con metodo passivo con antenna monodirezionale Re.Mi/MASW; comprendendo le analoghe indagini precedentemente eseguite nell'area comunale dallo Scrivente n° 9, quelle effettuate in adiacenza dei confini comunali nel contesto delle analisi di MS dei comuni di Novellara – Fabbrico – Rio Saliceto – Correggio n° 25 (Centrogeo), complessivamente sono stati utilizzati i dati di 61 siti di misura.
- 27 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R. comprendendo quelle precedentemente eseguite sia nell'area Comunale n° 9 che zone adiacenti ai confini comunali n° 25, sono stati utilizzati complessivamente i dati di 61 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 $400 \div 1000$ m nell'area sede del capoluogo, di $400 \div 700$ m nelle zone industriali, di $500 \div 1000$ m nelle principali frazioni, con interassi di $800 \div 1000 \div 1400$ m nelle zone extraurbane nord e di $800 \div 1200$ m nelle extraurbane sud.

6.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

La campagna di prospezioni geofisiche eseguite nel territorio di Campagnola Emilia, integrate da quelle effettuate negli areali adiacenti ai suoi confini comunali, 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 comunale.

A tale finalità sono state utilizzate:

- 61 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
$0,5 < F_0 \leq 0,8$	$1,5 \leq A < 2$
$0,8 < F_0 \leq 1,0$	$2,0 \leq A < 3,0$
	$A \geq 3,0$

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 sono inferiori a 1 Hz ed indicano, in accordo con quanto evidenziato dalle sezioni geologiche, spessori dei depositi soggetti ad amplificazione maggiori di 100/120 m.

La netta prevalenza dei valori che caratterizzano il territorio appartiene al campo $f_0 = 0.5 \div 0.8$ Hz ($T = 2.0 \div 1.25$ sec); fanno eccezione gli areali di estensione relativa inferiore contraddistinti da valori $0.8 \div 0.9/1.0$ Hz ($T_0: 1.25 \div 1.0$ sec) nel settore meridionale nell'area circostante Cognento, la parte di territorio ad est del capoluogo sede della Zona Industriale Santa Giulia e fascia occidentale della Zona Industriale Ponte Vettigano, l'areale al confine nord occidentale con il comune di Novellara circa tra via Cattania e Due Case, la fascia al bordo nord orientale al confine con Fabbrico circa tra via Zuccardi e C. Barilla; denotano equivalenti frequenze aree di modesta estensione nel settore occidentale centrale all'intorno di Azienda Agricola il Girasole, la fascia occidentale a nord di via Prampolini, la zona tra Scolo Fossa e Canale Naviglio a nord di C. S. Pietro.

6.3 Tetto delle sabbie 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 sabbiosi più o meno lentiformi nei primi $10 \div 15/20$ m del sottosuolo e la profondità del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.

6.3.1.1 Tetto sabbie

La carta del tetto delle sabbie (Tav. 1.5), ottenuta dall'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT - CPTU - stratigrafie di sondaggi meccanici, dei pronunciati contrasti di impedenza nei primi $5 \div 20$ m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali Re.Mi/MASW eseguite, stratigrafie di prospezioni geofisiche con metodo geoelettrico verticale precedentemente effettuate nelle analisi di PSC/2003, visualizza la profondità in m rispetto al piano campagna delle litozone nelle quali le componenti sabbiose sono rappresentate in orizzonti di significativo spessore.

In tale elaborato l'isobata a tratto continuo che delimita la zona esterna indica la terminazione laterale del corpo sabbioso e relativa profondità del letto; l'isobata più interna visualizza la profondità del tetto dell'unità sabbiosa rispetto al piano campagna.

L'assetto del tetto delle sabbie denota geometrie lentiformi prevalentemente allungate in senso sud ovest nord est, tipo quella estesa secondo la sP 94 Correggio – Campagnola, quella assecondante la sP n° 4 Campagnola Fabbrico e quella nel settore orientale allungata secondo via F.lli Conti - Ponte Vettigano Caseificio Castellazzo – Cavetto di Campagnola; in subordine si rileva un analogo fascia orientata ovest – est nella zona estesa secondo via Frassinara – via Olma; altri settori di modesta estensione si riscontrano nella parte meridionale del territorio a nord ovest di Cognento ed in corrispondenza della zona a nord est del capoluogo; nella parte

settentrionale dell'area comunale a nord di Bernolda, tra il Cavo di Campagnola ed il confine con Novellara, il tetto delle sabbie presenta un assetto tendenzialmente tabulare indicante la fascia di transazione dell'Unità Idrogeologica del Po a quella della Media Pianura.

La distribuzione areale dei corpi sabbiosi, ad eccezione del sopracitato settore nord, concorda sostanzialmente con le fasce di canale fluviale estinto (paleoalvei) individuate mediante l'analisi geomorfologica.

L'assetto spaziale nel sottosuolo del tetto delle sabbie evidenzia che i corpi di maggior estensione e spessore (4/6 m) sono rappresentati dalla fascia estesa sud – nord, larga 250/300 m allungata secondo le sP 94 e quella estesa Sud est – nord ovest da Osteriola a via F.lli Conti che assecondando quest'ultima giunge a Ponte Vettigano proseguendo poi in direzione Castellazzo – Cavetto Campagnola, in tale fascia con larghezza di 150/200 m le sabbie sono rinvenibili da -2 a -6 ÷ -10 m pc.

Analoghi corpi sabbiosi sono presenti nel settore meridionale dove assumono orientamento ovest – est assecondando l'allineamento via Frassinara – via Olma con fasce larghe 100/200 m, estese concordemente a via Cesis da Cognento a Casino Cesis, dove le sabbie sono presenti da -2 a -4/-5 m pc; analoga caratteristica si riscontra nella zona centro settentrionale nella quale la litozona sabbiosa descrive una fascia allungata ovest sud ovest – est nord est con larghezza di 100/200 m, circa assecondante la sP n° 4 dal confine con Novellara sino al capoluogo e successivamente allo stesso la sP Campagnola E – Fabbrico sino al confine comunale, in tale settore le litozone sabbiose si riscontrano da -2 m a -4 m pc.

6.3.1.2 Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

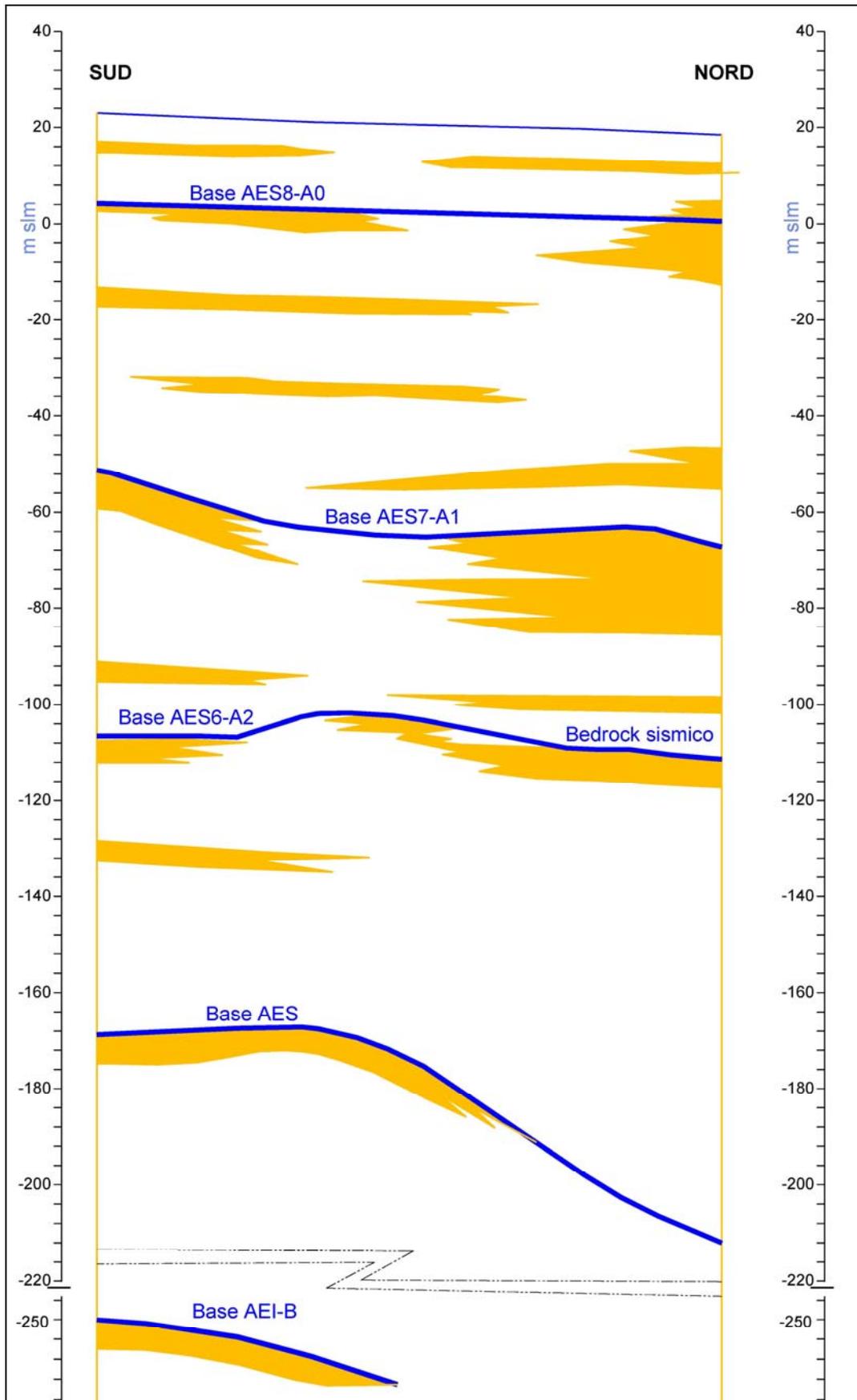
Le profondità dal piano campagna e l'assetto spaziale, dell'unità litotecnica che localmente indica comportamento relativo più rigido, assimilabile al bedrock sismico, sono state individuate in funzione dei valori di frequenza principale ottenuti dalle prospezioni HVSR, e dalle velocità delle onde sismiche di taglio della successione litotecnica che costituisce i primi 200/250 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.

L'assetto spaziale indica una generale tendenza ad assecondare le geometrie della base dei depositi continentali e del substrato prepliocenico, evidenziando le profondità relative del bedrock minori: -120 m pc, nella fascia nord orientale del territorio al confine con Fabbrico, e quelle progressivamente maggiori che incrementano in direzione sud in accordo con l'aumento in profondità della fascia di asse della Dorsale Ferrarese; analoga crescita in profondità si evidenzia in direzione nord dove le Pieghe Ferraresi mediante sovrascorrimenti si giustappongono alla Monoclinale Alpina rinvenibile a -4/-6 km dal piano Campagna.



Successione stratigrafica quaternario continentale

Nel territorio comunale il substrato a comportamento rigido è prevalentemente riscontrabile a -130 m pc; le zone con profondità relative inferiori corrispondenti a -100/-120 m pc si rinvencono nella fascia orientata ovest nord ovest – est sud est da intersezione via Abbazia/Canale Borgazzo a ex Ippodromo Madonnina Rossa – C. Ruffini, nell'area ad analogo andamento circa estesa da incrocio sp n° 3 / sp n°4 a Ponte Vettigano e nella sopra indicata fascia allungata nord ovest – sud est al confine nord est con il comune di Fabbrico da C. Barilla a incrocio via Zuccardi/via Argenta.

Dal raffronto con le sezioni geologiche si evince che il substrato a comportamento rigido è tendenzialmente correlabile alla parte media del Sistema AES base AES6 circa corrispondente al letto del ciclo di deposizione A2.

6.4 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 1919/2013, e DGR 2193/2015, 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 - CPTU, sondaggi meccanici, prospezioni con metodo geoelettrico, sono state utilizzate sia le verticali di indagine geofisica di tipo lineare ed antenna monodirezionale (Re.Mi/MASW) che puntuali a stazione singola (HVSr), per una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da Vs considerabili tra essi praticamente equivalenti.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS tav. 1.8, 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 2003 e POC 2005 del Comune di Campagnola Emilia.

Le sopradescritte disamine e documentazioni hanno consentito di delimitare ambiti litotecnici contraddistinti da differenti caratteristiche geotecniche, di rigidità e di deformabilità, definendo le diverse condizioni di pericolosità sismica locale.

6.4.1 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 geotecniche e geofisiche ed elaborati sopra descritti integrati dalle prospezioni geofisiche direttamente eseguite per lo studio di microzonazione sismica e quelle precedentemente effettuate sia nel territorio comunale che nelle zone adiacenti.

La discretizzazione delle verticali litotecniche, redatta in conformità alle simbologie e criteri degli standard di MS versione del 10/2013, 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 e le zone suscettibili di instabilità: zone LQ1 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 ($q_c < 20/30$ kgf/cm²) con $V_s < 200$ m/sec, con spessori compresi tra 1/2 e 4/6 m, soggetti a potenziale suscettività di liquefazione: zone LQ₁, e 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/uguali ad 1 m e che nell'insieme dei primi 15 m pc sono non superano spessori di 2/3 m, contraddistinti da $V_s < 150$ m/sec nei primi 5/7 m pc; in detti casi possono insorgere effetti correlabili ad addensamenti di sottili strati sabbioso limosi, ai quali conseguono cedimenti differenziali.

Analoghi effetti caratterizzano le successioni prevalentemente argilloso limose e limoso argillose - limose, 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/cm² e valori di velocità di propagazione delle onde di taglio equivalenti a $V_s < 120/150$ m/sec; tali caratteristiche definiscono le aree nelle quali sono attesi cedimenti differenziali.

6.4.1.1 Aree Suscettibili di Effetti Locali e di instabilità

Per la redazione “Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS)”, prevista come elaborato al primo livello di approfondimento, sono state delimitate le porzioni di territorio urbanizzato o suscettibili di trasformazione urbanistiche, classificate in conformità alle categorie previste nell'allegato C della D.G.R. 1919/2013, suddividendole:

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 di legenda, secondo quanto previsto dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall'allegato C della DGR.
- **Zone suscettibili di instabilità:** appartengono a tale categoria tutte le aree potenzialmente soggette a deformazioni permanenti nelle quali le caratteristiche litostratigrafiche evidenziano la presenza di alternanze di strati sabbiosi - sabbioso limosi che nei primi 5 ÷ 15 ÷ 20 m del sottosuolo presentano spessori compresi tra 1/2 ÷ 4/6 m, potenzialmente suscettibili di liquefazione (zona $Z_{A_{LQ1}}$); le zone a sequenze prevalentemente limose - limoso argilloso sabbiose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori inferiori ad 1/1,5 m, moderatamente addensati, suscettibili di cedimenti differenziali; le successioni argilloso limose - limoso argilloso poco consistenti nei primi 5 ÷ 8 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle $V_s < 120 \div 150$ m/sec, suscettibili di cedimenti differenziali; le sequenze prevalentemente limoso sabbiose - sabbioso limose poco consistenti nei primi 6 ÷ 8 m del sottosuolo e con $q_c < 20$ kgf/cm² $V_s < 150 \div 200$ m/sec soggette a potenziale pericolosità di addensamento e cedimenti differenziali e le successioni litotecniche a medio elevata compressibilità ($q_c \leq 7$ kgf/cm²).

Le delimitazioni delle zone e relative colonne stratigrafiche, esposte nella legenda della tav. 1.8, si sono articolate come di seguito esposto:

ZONA 1					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza		Vs (m/sec)
0	CL	Argille limose	consistente	23	110-130
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	120-130
	MH	Limi - limi sabbiosi	poco consistente	25	
5	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12	
	ML	limi argillosi	moderatamente consistente	24	
	CL	Argille limose	consistente	23	170-220
10			consistente	23	
	SP	Sabbie poco assortite	poco addensato	13	220-300
			moderatamente addensato	12	
15	CL		moderatamente consistente	24	
	SP		moderatamente addensato	12	
		Argille limose	moderatamente consistente	24	
20	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	250-320
25					

ZONA 1 (2001) – Aree stabili con presenza di alternanze prevalentemente limoso argillose - argilloso limose, moderatamente consistenti (ML/CL - 24), con intercalati subordinati corpi lentiformi sabbiosi – sabbioso limosi da poco a moderatamente addensati (SP/SM – 13/12) con spessori inferiori a 1/1,5 m;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

ZONA 2					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza		Vs (m/sec)
0	CL	Argille limose	consistente	23	110-140
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	
5	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	170-240
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	
10	CL	Argille limose	consistente	23	240-300
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
15	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	
	CL	Argille limose	consistente	23	
20	SM	Sabbie limose	poco addensato	13	
25					

ZONA 2 (2002) – Aree stabili con presenza di alternanze prevalentemente argilloso limose e secondariamente limoso argillose – limoso sabbiose moderatamente consistenti (CL/ML/MH – 24), con intercalati subordinati corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori inferiori a 1 m poco addensati (SM – 13);

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

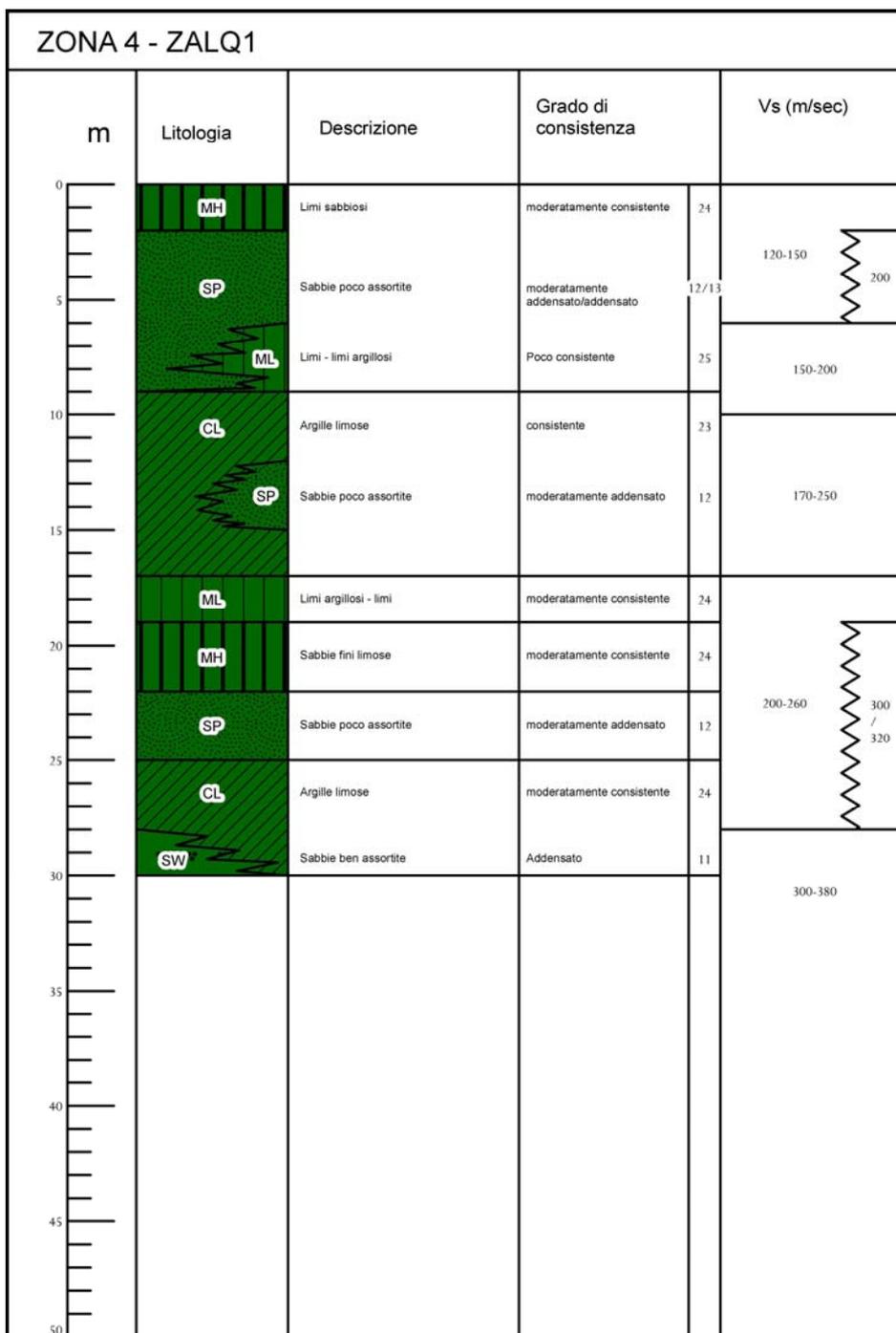
ZONA 3					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza		Vs (m/sec)
0	CH	Argille - argille limose	consistente	23	140-200
5	CL	argille limose	poco consistente	25	
10	CL CH	argille - argille limose	consistente	23	180/250
11	MH	limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	
12	SP	sabbie pulite poco assortite	poco addensato	15	
13	CL	argille limose	moderatamente consistente	24	
14	SP	sabbie pulite poco assortite	moderatamente addensato	12	
15	CL	argille limose	moderatamente consistente	24	
16	SP	sabbie pulite poco assortite	moderatamente addensato	12	
20	SP	sabbie pulite poco assortite	moderatamente addensato	12	
25					250/350
30					
35					350/380
40					
45					
50					

ZONA 3 (2003): Aree stabili con presenza di sequenze prevalentemente argillose – argilloso limose moderatamente consistenti (CH/CL – 24); a profondità sottostanti -11 m p.c. argille limose – limi argillosi moderatamente consistenti (CL/ML - 24) con intercalati – subordinati strati lentiformi sabbiosi moderatamente consistenti (MH-24);

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello.



ZONA 4 (2004-3050): Aree stabili - potenzialmente instabili (LQ1) con presenza di depositi di canale fluviale prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi, in strati con spessori tra 2 e 8 m, moderatamente addensati (SP-11) con intercalate alternanze argilloso limose – limoso argilloso moderatamente consistenti (CL/ML-24), a profondità sottostanti -28 m pc sabbie medie addensate (SW-11).

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 e amplificazione litostratigrafica;

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 5 - ZALQ1				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0	ML	Limi - limi argillosi	moderatamente consistente	24
	MH	Limi sabbiosi	moderatamente consistente	24
	SM	Sabbie - sabbie limose	poco addensato	13
5	MH	Limi - limi sabbiosi	poco consistente	25
	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12
	ML	Limi argillosi - limi	poco consistente	25
10	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
	CL	Argille limose - argille	consistente	23
15	ML	Limi sabbiosi	moderatamente consistente	24
	MH	Limi argillosi - limi	moderatamente consistente	24
	SW	Sabbie ben assortite	addensato	11
20				
25				300/350
30				
35				300/400
40				
45				
50				

ZONA 5 (2005-3050) – Aree stabili – potenzialmente instabili (LQ1) con presenza di sequenze prevalentemente limoso sabbiose – sabbioso limose da moderatamente consistenti - addensate a poco consistenti - addensate (MH/SM – 24/12 – 25/13) a profondità sottostanti 15 m pc sabbie medie addensate (SW – 11) e limi – limi sabbiosi moderatamente consistenti (MH – 24);

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 e amplificazione;

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.

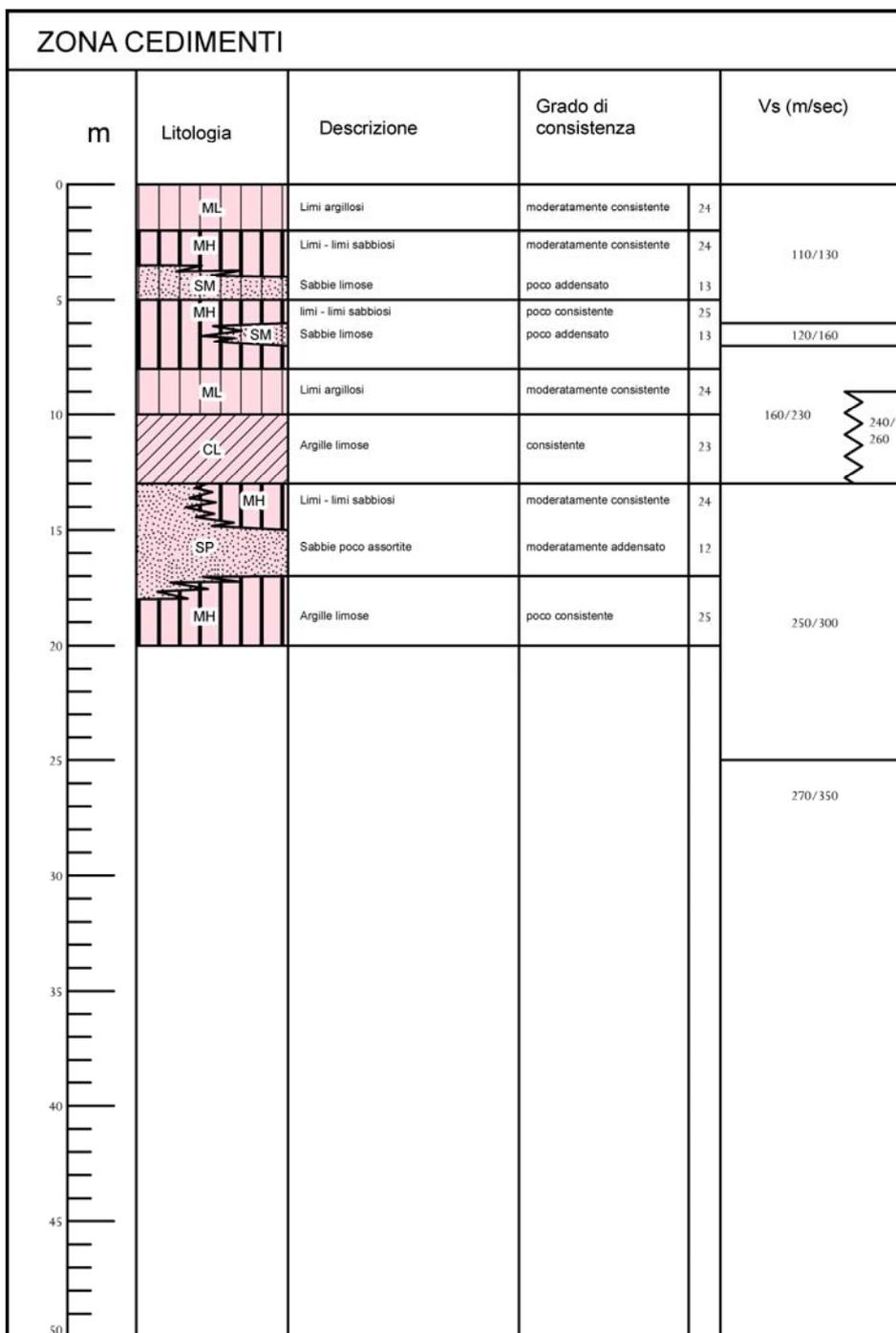
ZONA 6 - ZALQ1					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza		Vs (m/sec)
0	CH	Argille - argille limose	consistente	23	140-200
5	CL	argille limose	poco consistente	25	
10	CH	Argille - argille limose	consistente	23	170-230
15	SP	Sabbie pulite poco assortite	moderatamente addensato	12	230-350
20	MH	Limi - limi argillosi	consistente	23	
25	SP	Sabbie pulite poco assortite	moderatamente addensato	12	250-350
30	SW	Sabbie pulite ben assortite	addensato	11	300-400
35					
40					
45					
50					

ZONA 6 (2006-3050): Aree potenzialmente instabili (LQ1) con presenza di sequenze prevalentemente argillose – argilloso limose consistenti (CH/CL – 23) ed a profondità sottostanti -11/-14 m di sabbie medio fini ben assortite moderatamente addensate (SP – 12); a profondità sottostanti 25 m dal p.c. sabbie medie addensate (SW – 11);

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione della suscettività alla liquefazione;

microzonazione sismica approfondimenti di III° livello per la stima di suscettività alla liquefazione



ZONA CEDIMENTI – Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di piana alluvionale prevalentemente limoso argillosi – limoso argilloso sabbiosi, da moderatamente a poco consistenti (CL/ML – 24/25) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi poco addensati (SM–13) con spessori inferiori a 1/1,5 m, nei primi 8/10 m del sottosuolo corpi sabbiosi a granulometria medio fine moderatamente addensati da -13 a -18 m pc (SP – 12);

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali;

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

microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti differenziali.

7 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo livello di approfondisce e definisce la suddivisione in dettaglio del territorio 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; $\zeta = 5\%$) in questo studio determinata con codice di calcolo Proshake.

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, le elaborazioni individuano le aree soggette alle integrazioni di approfondimento di terzo livello, specificando le disamine da eseguire; nelle aree a potenziale pericolosità per liquefazione le valutazioni nelle fasi di analisi sismica successive saranno da sviluppare utilizzando i parametri di accelerazione orizzontale massima in superficie a/g max determinata con codice di calcolo che competono alle microzone individuate nelle Tav. 2.2-2.3-2.4 di seguito descritte.

7.1 Definizione degli input sismici

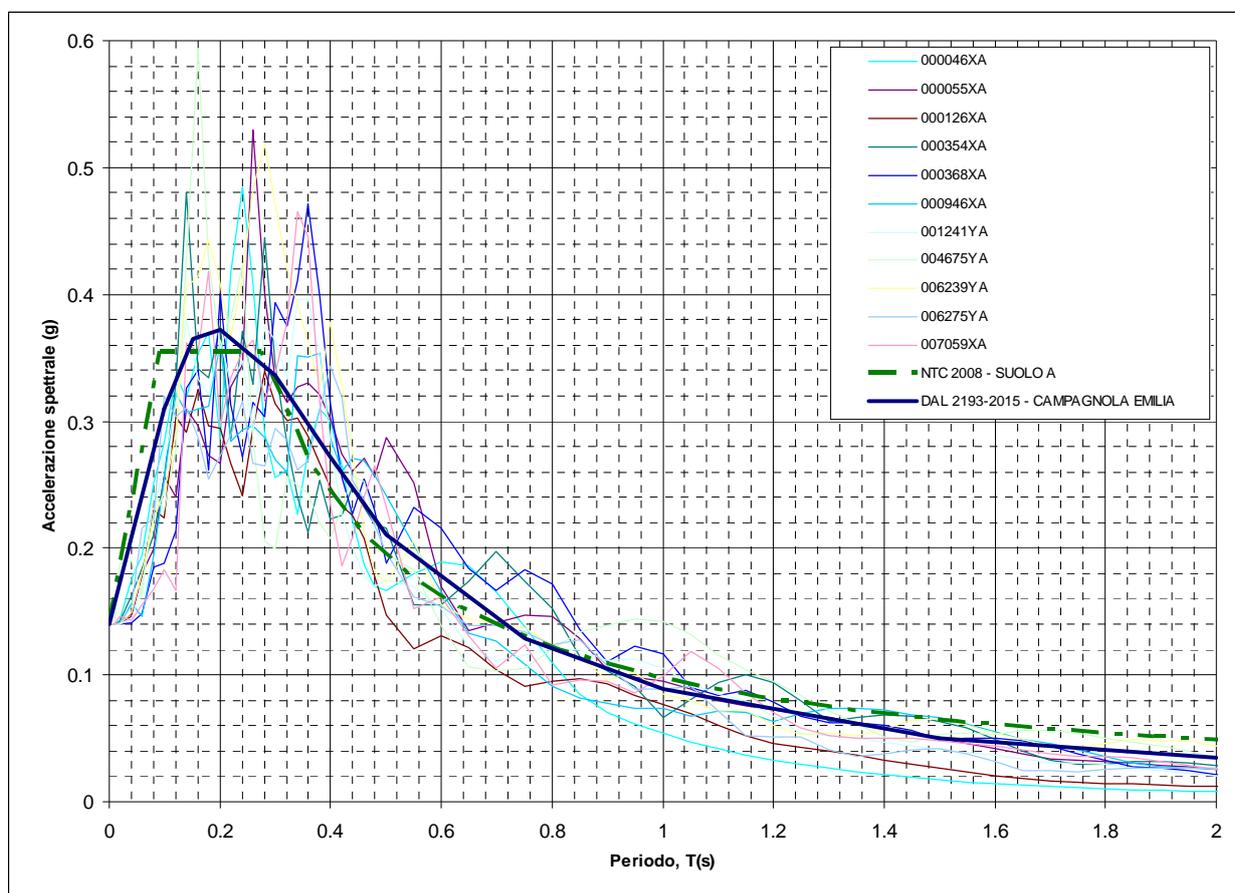
L'analisi della pericolosità sismica del territorio comunale è stata sviluppata in base al modello di studio – elaborazione per la definizione della pericolosità sismica a scala locale proposto da *Marcellini et alii (1998)*³.

Tale schema prevede:

- *Caratterizzazione della pericolosità sismica a scala locale*: attuata mediante la definizione dello scuotimento al bedrock col 10% di probabilità di almeno una eccedenza in 50 anni mediante metodologia di tipo probabilistico.
- *Scelta dei moti di riferimento*: mediante la selezione di accelerogrammi reali da banche dati attraverso la comparazione degli spettri di risposta con quello determinato con metodo probabilistico.
- *Parametrizzazione geotecnica e sismostratigrafica dei terreni*: mediante la definizione sismostratigrafica e litotecnica delle varticali esaminate e la scelta delle opportune curve di decadimento per la simulazione del comportamento non lineare dei terreni in occasione di sollecitazione sismica.
- *Analisi delle amplificazioni a scala locale*: mediante simulazioni di propagazione verticale delle onde SH.
- *Zonazione finale*: determinazione di aree a caratteristiche omogenee.

³ Marcellini, A., Daminelli, R., Pagani, M., Riva, F., Tento, A., Crespellani, T., Madiari, C., Vannucchi, G., Frassinetti, G., Martelli, L., Palumbo, A., e Viel, G. (1998). Seismic Microzonation of some Municipalities of the Rubicone area (Emilia – Romagna Region). In Proceedings of the Eleventh European Conference on Earthquake Engineering, Invited Lectures Volume, pagg. 339-350. Balkema.

La definizione degli input sismici utilizzati per le simulazioni di scuotimento in superficie è stata eseguita confrontando lo spettro di risposta degli accelerogrammi selezionati opportunamente scalati, con quella dello spettro a probabilità uniforme determinato secondo le indicazioni della DGR 2193/2015, avendo cura di ottenere una congruenza rientrante nella forma normalizzata \pm la deviazione standard. Tale procedura ha portato alla selezione di 11 accelerogrammi di input, tre dei quali presenti nella banca dati approntata dalla Regione Emilia Romagna, disponibili al sito internet <http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/sismica.htm> (accelerogrammi 000046xa, 000126xa, 000354xa), due ottenuti da selezione nel database internazionale "European strong-motion databse" <http://www.isesd.hi.is/> (accelerogrammi 000946xa, 001241ya) e sei derivati dalla definizione di accelerogrammi di riferimento per l'argine destro del Po redatta da A. Marcellini, D. Albarello, D. Gerosa (accelerogrammi 000055xa, 000368xa, 004675ya, 006239ya, 006275ya, 007059xa) messi a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna per le analisi di microzonazione sismica dei Comuni di Correggio, Rio Saliceto, San Martino in Rio.



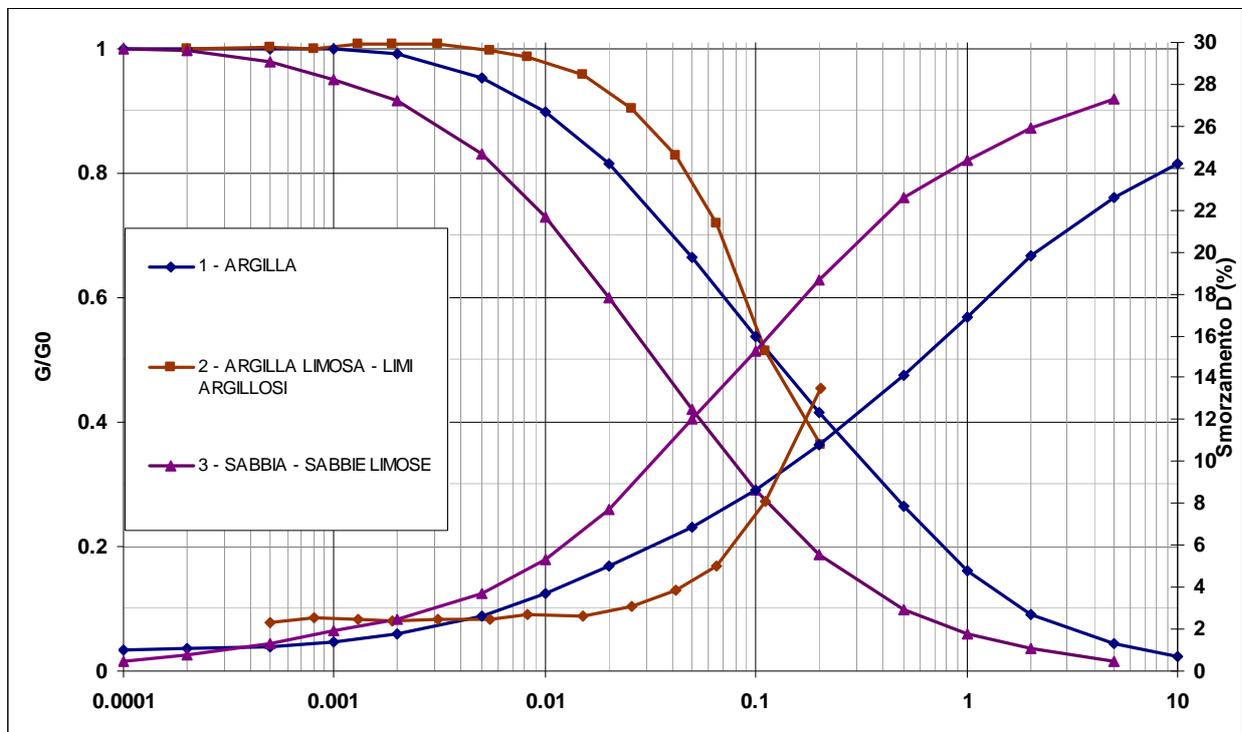
Spettro di risposta a probabilità uniforme (Periodo di ritorno di 474 anni, smorzamento=5%) costruito con i parametri esposti nella delibera della Giunta Regionale ER n° 2193-2015, spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2008 e spettri di risposta degli accelerogrammi selezionati normalizzati.

7.2 Comportamento non lineare dei terreni

Il comportamento non lineare dei terreni nelle analisi di risposta sismica locale (RSL) effettuate, è stato simulato utilizzando curve di degrado reperite da varie fonti bibliografiche, in particolare:

- Terreno tipo 1 - Litotipi prevalentemente argillosi: *Vucetic M. and Dobry R. (1991) – Effect of soil plasticity on cyclic response. Journal of Geotechnical Engineering, 117, 1, 89-117. N*
- Terreno tipo 2 - Litotipi prevalentemente argilloso limosi – limosi: *Regione Emilia Romagna (2012) – "Microzonazione Sismica e analisi della condizione limite per l'emergenze delle aree epicentrali dei terremoti della Pianura Emiliana di Maggio-Giugno 2012" (Ordinanza del Commissario Delegato – Presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012) - Relazione Illustrativa*
- Terreno tipo 3 - Litotipi prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi: *Seed and Idriss (1970) - Soil moduls and damping factors for dynamic response analyses - EERC Report 70-10, University of California, Berkeley*

Dette curve sono schematizzate nel seguente grafico:



Al fine di eliminare le possibili alterazioni dovute alla dispersione dei dati, per rappresentare analiticamente la variazione di G e D con l'ampiezza della deformazione di taglio, γ (espressa in %) è stato utilizzato il modello *Yokota et alli. (1981)*.

Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche, sono stati discretizzati i profili delle onde S, estrapolando i valori e le profondità sino al raggiungimento del bedrock sismico considerato corrispondente a circa $V_s=600/700$ m/sec.

In rapporto alle profondità investigate dalle verticali sismiche effettuate che non hanno raggiunto detta velocità, è stato stimato un aumento proporzionale all'ultimo tratto di curva sperimentale. Per i sismostrati con valori di V_s interpolati maggiori di 500 m/sec (elevata rigidità) e nel bedrock sismico ($V_s=700$ m/sec) è stato considerato trascurabile l'effetto di decadimento dovuto al comportamento non lineare dei terreni, quindi si è considerato un comportamento elastico con smorzamento lineare costante desunto da dati bibliografici (*Vinale et al., 1996*).

7.3 Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche

Di seguito si riportano le stratigrafie utilizzate per il calcolo di scuotimento in superficie, il cui codice corrisponde a quello della relativa indagine sismica di riferimento. L'ubicazione di dette verticali di verifica, coincidenti con quelle delle verticali sismiche effettuate è visualizzato nell'elaborato 2.1.1 "Carta punti di verifica RSL con codice di calcolo".

Verticale R01						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	1	110	22	18.1	-	-
10	1	170	54	18.3	-	-
9	2	320	199	19.1	-	-
4	3	400	318	19.5	-	-
27	3	430	370	19.7	-	-
37	-	500	510	20	2	-
38	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0,5	Outcrop

Verticale R02						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
6.5	1	120	27	18.1	-	-
6.5	1	190	68	18.5	-	-
4	1	220	92	18.6	-	-
12	2	320	199	19.1	-	-
21	2	350	240	19.3	-	-
29	3	400	318	19.5	-	-
29	-	500	510	20	2	-
28	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0,5	Outcrop

Verticale R03						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
8	1	120	27	18.1	-	-
11	2	260	130	18.8	-	-
15	2	310	187	19.1	-	-
4	3	370	270	19.3	-	-
4	3	390	302	19.4	-	-
34	3	400	318	19.5	-	-
34	-	500	510	20	2	-
35	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0,5	Outcrop

Verticale R04						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
8	1	130	31	18.1	-	-
5	1	200	75	18.5	-	-
14	1	230	101	18.6	-	-
3	2	250	119	18.7	-	-
5	3	380	286	19.4	-	-
29	3	400	318	19.5	-	-
28	-	500	510	20	2	-
28	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R05						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
10	1	150	42	18.3	-	-
19	1	210	83	18.5	-	-
15	2	270	140	18.9	-	-
18	2	330	213	19.1	-	-
4	3	380	286	19.4	-	-
18	3	400	318	19.5	-	-
18	-	500	510	20	2	-
18	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R06						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4	1	110	22	18.1	-	-
8	1	160	48	18.3	-	-
6	2	320	199	19.1	-	-
30	2	330	213	19.1	-	-
11	3	340	226	19.2	-	-
19	3	400	318	19.5	-	-
18	-	500	510	20	2	-
19	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R07						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
6	1	110	22	18.1	-	-
8	1	180	61	18.4	-	-
26	2	290	162	18.9	-	-
16	2	320	199	19.1	-	-
6	3	370	270	19.3	-	-
19	3	400	318	19.5	-	-
20	-	500	510	20	2	-
19	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R08						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
8	1	120	27	18.1	-	-
4	1	180	61	18.4	-	-
5	2	260	130	18.8	-	-
36	2	280	151	18.9	-	-
8	2	360	255	19.3	-	-
19	3	400	318	19.5	-	-
20	-	500	510	20	2	-
20	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R09						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3	1	110	22	18.1	-	-
7	1	140	36	18.2	-	-
12	1	240	110	18.7	-	-
26	2	300	174	19	-	-
17	2	320	199	19.1	-	-
22	3	400	318	19.5	-	-
22	-	500	510	20	2	-
21	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R10						
---------------	--	--	--	--	--	--

Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	1	110	22	18.1	-	-
16	1	230	101	18.7	-	-
11	2	270	140	18.9	-	-
15	2	280	151	18.9	-	-
19	2	310	187	19.1	-	-
22	3	400	318	19.5	-	-
21	-	500	510	20	2	-
21	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R11						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1.5	1	130	31	18.2	-	-
3.5	1	110	22	18.1	-	-
4	1	230	101	18.6	-	-
38	2	260	130	18.8	-	-
19	2	310	187	19.1	-	-
21	3	400	318	19.5	-	-
22	-	500	510	20	2	-
21	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R12						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
9	1	130	31	18.1	-	-
18	2	260	130	18.8	-	-
18	2	350	240	19.3	-	-
13	3	380	286	19.4	-	-
24	3	400	318	19.5	-	-
24	-	500	510	20	2.0	-
24	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	1.0	Outcrop

Verticale R13						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
9	1	120	27	18.1	-	-
6	1	230	101	18.7	-	-
10	2	270	140	18.8	-	-
20	2	290	162	18.9	-	-
17	2	300	174	19	-	-
18	3	430	370	19.6	-	-
25	-	500	510	20	2	-
25	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R14						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
7	1	120	27	18.1	-	-
14	1	190	68	18.4	-	-
23	2	280	151	18.9	-	-
11	2	320	199	19.1	-	-
5	3	370	270	19.3	-	-
17	3	400	318	19.5	-	-
17	-	500	510	20	2	-
16	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R15						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3	1	110	22	18.1	-	-
5	1	130	31	18.2	-	-
9	2	240	110	18.7	-	-
24	2	310	187	19.1	-	-
18	2	300	174	19	-	-
15	2	320	199	19.2	-	-
19	3	400	318	19.5	-	-
19	-	500	510	20	2	-
18	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R16						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2	1	140	36	18.2	-	-
6	1	130	31	18.1	-	-
6	1	180	61	18.4	-	-
17	2	290	162	18.9	-	-
33	3	400	318	19.5	-	-
33	-	500	510	20	2	-
33	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R17						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
9	1	140	36	18.2	-	-
5	1	190	68	18.4	-	-
15	2	240	110	18.7	-	-
6	2	270	140	18.9	-	-
9	3	370	270	19.3	-	-
29	3	400	318	19.5	-	-
29	-	500	510	20	2	-
28	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R18						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
8	1	130	31	18.1	-	-
3	2	260	130	18.8	-	-
12	2	390	302	19.4	-	-
15	3	410	335	19.5	-	-
29	3	420	352	19.6	-	-
37	-	500	510	20	2	-
36	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R19						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4	1	130	31	18.1	-	-
7	1	160	48	18.3	-	-
16	2	260	130	18.8	-	-
17	2	280	151	18.9	-	-
18	3	310	187	19.1	-	-
19	3	400	318	19.5	-	-
20	-	500	510	20	2	-
19	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R20						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
7	1	120	27	18.1	-	-
4	1	210	83	18.6	-	-
8	2	250	119	18.7	-	-
18	2	260	130	18.8	-	-
13	2	280	151	18.9	-	-
13	2	320	199	19.1	-	-
16	3	400	318	19.5	-	-
15	-	500	510	20	2	-
16	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R21						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	1	120	27	18.1	-	-
9	1	200	75	18.5	-	-
2	2	380	286	19.4	-	-
5	3	420	352	19.6	-	-
26	3	430	370	19.7	-	-
17	3	440	389	19.8	-	-
28	-	500	510	20	2	-
28	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R22						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	1	70	9	18	-	-
6	1	150	42	18.3	-	-
3	1	230	101	18.7	-	-
5	2	340	226	19.2	-	-
23	3	360	255	19.3	-	-
10	3	370	270	19.4	-	-
30	3	400	318	19.5	-	-
30	-	500	510	20	2	-
31	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R23						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2	1	80	12	18	-	-
2	1	140	36	18.2	-	-
8	1	170	54	18.3	-	-
5	2	280	151	18.9	-	-
7	3	380	286	19.4	-	-
35	3	400	318	19.5	-	-
36	-	500	510	20	2	-
35	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R24						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
6	1	120	27	18.1	-	-
17	1	240	110	18.7	-	-
13	2	320	199	19.1	-	-
12	2	350	240	19.2	-	-
9	3	360	255	19.3	-	-
21	3	400	318	19.5	-	-
21	-	500	510	20	2	-
21	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R25						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1.5	1	130	31	18.1	-	-
3.5	1	110	22	18	-	-
27	1	230	101	18.6	-	-
10	2	250	119	18.7	-	-
4	2	280	151	18.9	-	-
14	3	320	199	19.1	-	-
16	3	400	318	19.5	-	-
16	-	500	510	20	2	-
16	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R26						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
7	1	120	27	18.1	-	-
4	1	160	48	18.3	-	-
26	2	360	255	19.3	-	-
27	2	370	270	19.3	-	-
4	3	380	286	19.4	-	-
21	3	400	318	19.5	-	-
21	-	500	510	20	2	-
20	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R27						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
9	1	120	27	18.1	-	-
6	1	240	110	18.7	-	-
38	2	260	130	18.8	-	-
2	2	310	187	19	-	-
11	3	330	213	19.1	-	-
14	3	400	318	19.5	-	-
15	-	500	510	20	2	-
15	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R102						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
6.5	1	110	22	18.1	-	-
3.7	2	220	92	18.6	-	-
12.8	1	190	68	18.5	-	-
33	3	330	213	19.1	-	-
25	-	530	581	20.4	2.0	-
39	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R103						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5.7	1	120	27	18.1	-	-
5.7	2	240	110	18.7	-	-
3.8	1	175	57	18.4	-	-
4.5	2	300	174	19	-	-
4.5	3	430	370	19.7	-	-
10.8	3	480	467	19.9	-	-
53	-	500	510	20	2	-
52	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R104						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2.5	1	130	31	18.1	-	-
9.2	1	160	48	18.3	-	-
4.4	2	280	151	18.9	-	-
12.4	2	310	187	19.1	-	-
7.5	2	340	226	19.2	-	-
14	3	345	233	19.3	-	-
27	3	400	318	19.5	-	-
27	-	500	510	20	2	-
26	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R105						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
9	1	140	36	18.2	-	-
1	1	150	42	18.3	-	-
21	2	250	119	18.7	-	-
3	2	330	213	19.1	-	-
2	3	420	352	19.6	-	-
16	3	460	427	19.8	-	-
39	-	500	510	20	2	-
39	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R106						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2	1	120	27	18.1	-	-
7	2	200	75	18.5	-	-
11	1	170	54	18.4	-	-
23	2	320	199	19.1	-	-
29	3	400	318	19.5	-	-
29	-	500	510	20	2	-
29	-	600	771	21	1.5	2
-	-	700	1099	22	1.0	Outcrop

Verticale R107						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	1	160	48	18.3	-	-
12	1	190	68	18.5	-	-
12	2	230	101	18.7	-	-
3	3	330	213	19.1	-	-
19	3	450	408	19.7	-	-
39	-	500	510	20	2	-
40	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R108						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4	1	130	31	18.1	-	-
6	1	170	54	18.3	-	-
9	1	210	83	18.5	-	-
11	2	240	110	18.7	-	-
14	2	290	162	18.9	-	-
12	3	340	226	19.2	-	-
18	3	400	318	19.5	-	-
18	-	500	510	20	2	-
18	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R109						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5.5	1	150	42	18.3	-	-
9.5	1	170	54	18.4	-	-
9	1	210	83	18.5	-	-
4	2	310	187	19.1	-	-
5	3	380	286	19.4	-	-
26	3	400	318	19.5	-	-
26	-	500	510	20	2	-
25	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

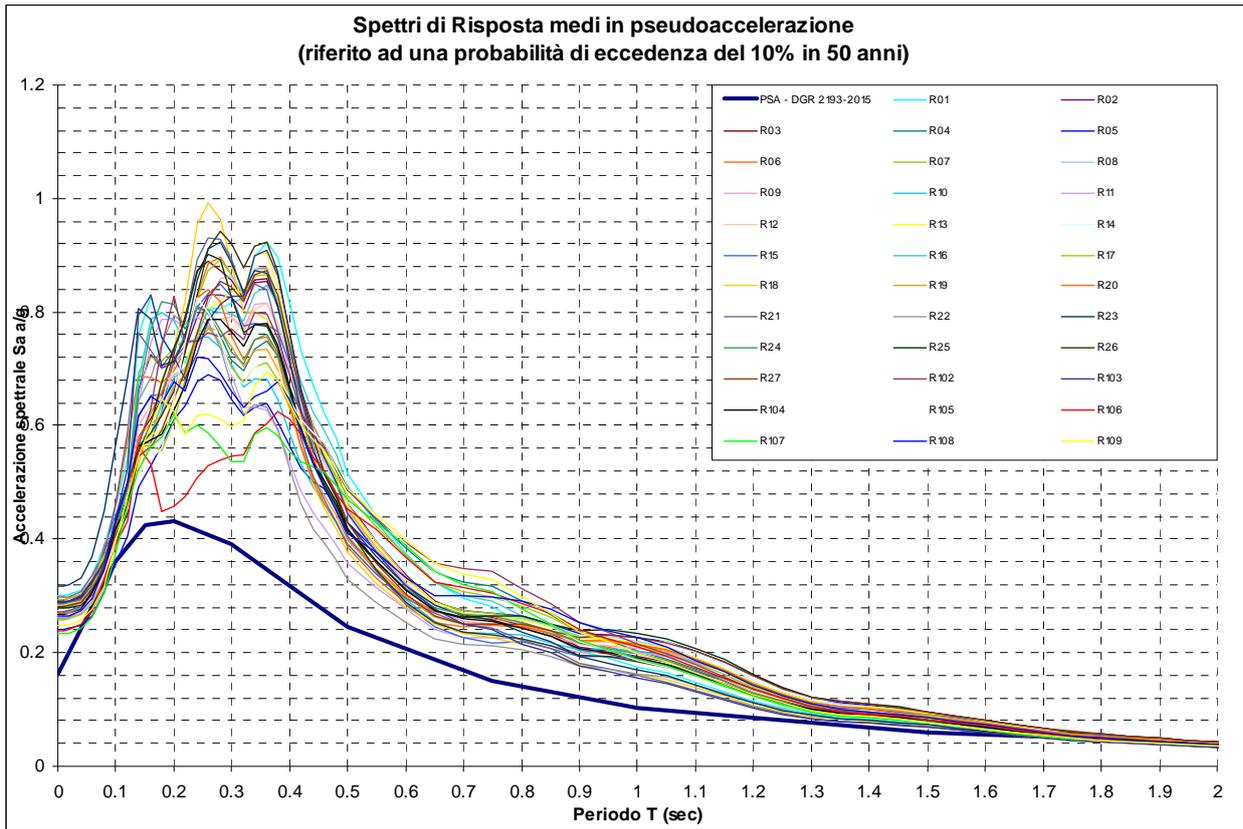
7.4 Calcolo degli effetti di sito

Per il calcolo dello scuotimento in superficie è stato utilizzato un modello numerico monodimensionale che simula la propagazione verticale di onde SH attraverso strati piano paralleli omogenei ed isotropi a partire da uno strato di riferimento rigido (bedrock sismico). Nell'analisi è stato considerato il comportamento di tipo non lineare dei terreni con il livello di deformazione, assumendo come parametri di decadimento quelli indicati da dati bibliografici per litotipi simili a quelli dei terreni di Campagnola Emilia.

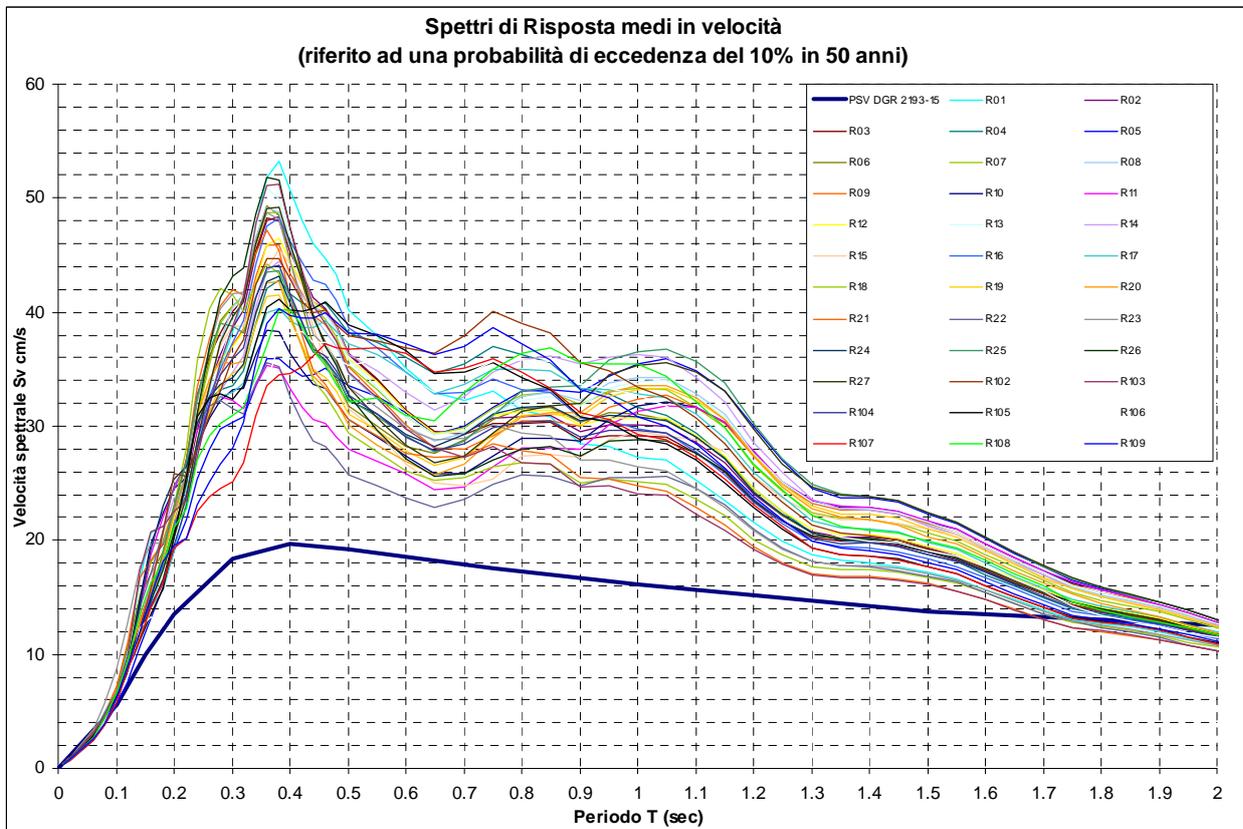
Il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni di scuotimento in superficie *Proshake* (*EduPro Civil System, Inc*) si basa quasi completamente sul modello di calcolo di *Shake 91* (*Idriss e Sun, 1992*)⁴, modificandone l'interfaccia di immissione dati per un più agevole utilizzo.

I risultati ottenuti, espressi in forma grafica, sono di seguito visualizzati:

⁴ Idriss, M. and Sun, J.I. (1992). "SHAKE91: A computer program for conducting equivalent linear seismic response analyses of horizontally layered soil deposits", *User's Guide*, University of California, Davis, California, 13 pp..



Spettri di risposta in superficie definiti mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scuotimenti selezionati alle verticali sismostratigrafiche.



Spettri di risposta in superficie visualizzati in termini di pseudovelocità (smorzamento 5%). Le simulazioni presentano i maggiori valori di accelerazione nei periodi compresi tra 0,2 e 0,5 sec. I valori di amplificazione si mantengono comunque alti sino a periodi di circa 1,2 sec con un submassimo tra 1 ed 1,1 sec.

7.5 Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica

La definizione dell'amplificazione del moto sismico tra bedrock sismico e superficie per ognuna delle zone identificate dai modelli in precedenza illustrati, è stata effettuata sia con la determinazione del rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) che mediante la determinazione dell'intensità di Housner⁵ (o intensità dello spettro di risposta) SI/SI_0 , definita come:

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV(T, \xi) dt$$

dove PSV è lo spettro di risposta di pseudo-velocità, T e ξ sono rispettivamente il periodo e lo smorzamento (considerato convenzionalmente = 5%).

Dimensionalmente, l'intensità di Housner è uno spostamento (cm).

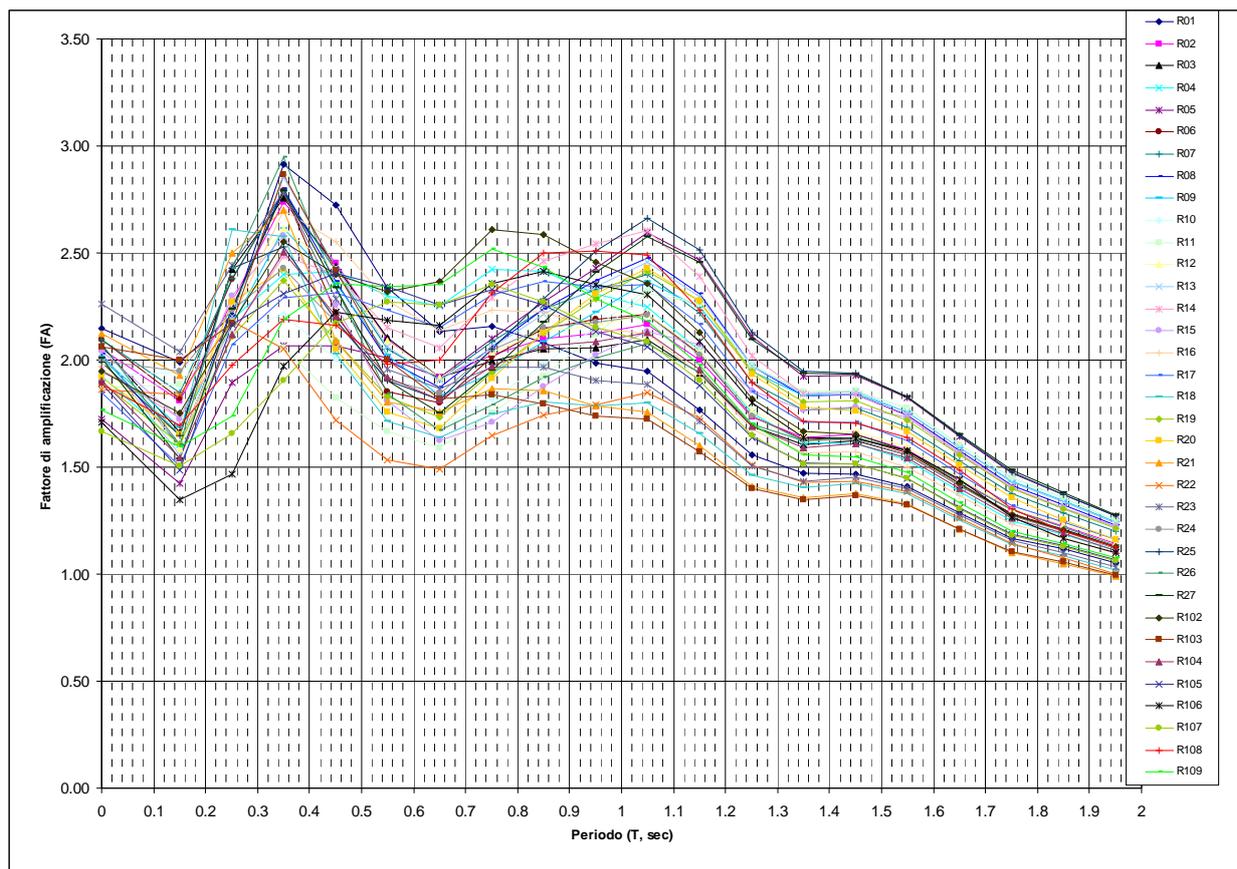
Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

Gli estremi dei periodi di integrazione sono in genere funzione dei periodi strutturali della tipologia di edifici. Lo studio originale condotto da Housner, individuava il campo di definizione del fattore di amplificazione, tra $T = 0,1$ e $2,5$ sec.

Nel contesto del presente studio, l'approccio per la definizione dei periodi di integrazione, è stato sviluppato considerando le tipologie strutturali prevalentemente presenti nel territorio di Campagnola Emilia, analizzando le variazioni dei fattori di amplificazione in funzione dei diversi periodi esaminati.

In prima fase è stato definito il rapporto SI/SI_0 per intervalli di periodo corrispondenti a $0,1$ sec ottenendo i fattori di amplificazione visualizzati nel seguente grafico:

⁵ Housner G.W., 1952; Intensity of ground motion during strong earthquakes, California Institute of Technology, August.



Fattori di amplificazione dell'intensità spettrale determinati per ogni verticale sismostratigrafica per intervalli di periodo corrispondenti a 0,1 sec.

L'analisi d'insieme dell'andamento dei fattori di amplificazione dell'intensità spettrale evidenzia le seguenti caratteristiche:

- I fattori di amplificazione presentano 2 massimi corrispondenti rispettivamente a $T = 0,3 \div 0,4$ sec. con FA oscillanti tra $2,0 \div 2,8$ e per $T = 1 \div 1,1$ sec. con FA variabili tra $1,8 \div 2,6$.
- In tutte le simulazioni per periodi superiori a 1,2 sec. è presente un generale decremento dei fattori di amplificazione
- Per periodi compresi tra 0,1 ed 1,2 sec. le simulazioni presentano moderate diversità di comportamento.

Sulla base di queste considerazioni sono stati definiti i periodi per la determinazione dei valori di intensità spettrale compresi tra $0,1 \div 0,5$ sec., $0,5 \div 1,0$ sec e $0,5 \div 1,5$ sec.

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

Verticale N°	pga (g)	FA pga	FA IS		
			per periodi di integrazione (sec)		
			0,1 – 0,5	0,5 – 1,0	0,5 – 1,5
R01	0.30	2.2	2.5	2.1	1.9
R02	0.29	2.1	2.4	2.1	2.0
R03	0.29	2.1	2.4	2.0	1.9
R04	0.27	1.9	2.2	2.3	2.1
R05	0.24	1.7	1.9	2.1	2.2
R06	0.29	2.1	2.4	2.0	1.9
R07	0.29	2.1	2.4	2.1	2.1
R08	0.28	2.0	2.4	2.1	2.1
R09	0.28	2.0	2.3	2.0	2.0
R10	0.27	1.9	2.1	1.9	2.0
R11	0.26	1.9	2.0	1.8	1.9
R12	0.28	2.0	2.3	2.1	2.0
R13	0.29	2.0	2.4	2.1	2.1
R14	0.27	2.0	2.3	2.3	2.2
R15	0.29	2.0	2.3	1.8	1.9
R16	0.28	2.0	2.4	2.2	2.0
R17	0.26	1.9	2.1	2.3	2.1
R18	0.28	2.0	2.3	1.7	1.7
R19	0.27	1.9	2.1	2.0	2.0
R20	0.27	1.9	2.2	2.0	2.0
R21	0.30	2.1	2.4	1.8	1.7
R22	0.26	1.9	2.0	1.6	1.6
R23	0.32	2.3	2.4	1.9	1.8
R24	0.28	2.0	2.2	2.0	1.9
R25	0.28	2.0	2.3	2.1	2.2
R26	0.29	2.1	2.4	1.8	1.8
R27	0.28	2.0	2.3	2.0	2.1
R102	0.27	2.0	2.3	2.5	2.2
R103	0.29	2.1	2.4	1.8	1.7
R104	0.27	1.9	2.2	2.0	1.9
R105	0.27	1.9	2.2	2.3	2.0
R106	0.24	1.7	1.8	2.3	2.1
R107	0.24	1.7	1.9	2.3	2.0
R108	0.26	1.9	2.1	2.3	2.1
R109	0.25	1.8	2.0	2.4	2.1

Fattori di amplificazione dell'intensità spettrale determinati per ogni verticale sismostratigrafica per i vari intervalli di periodo. Tali fattori di amplificazione sono stati determinati considerando come spettro di riferimento quello definito dalla DGR ER 2193/2015.

7.6 Carta delle nuove indagini

Detto elaborato visualizza l'ubicazione delle nuove verticali di indagine geofisica: - MASW/Re.Mi. - HVSR, eseguite per la microzonazione delle aree urbanizzate, di previsto nuovo insediamento; nelle cartografie dei fattori di amplificazione e Vs30 sono inoltre identificate anche le analoghe prospezioni geofisiche effettuate sia in precedenza nel territorio comunale che quelle eseguite in adiacenza ai confini di Campagnola Emilia, nei territori di comuni per i quali si sono sviluppate equivalenti analisi di microzonazione sismica.

La simbologia e caratteristiche degli elementi riportati in carta (Tav. 2.1), 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 del 10/2013.

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

7.7 Carta delle velocità delle onde di taglio V_{s30} (Vs)

La carta delle velocità delle onde di taglio V_{s30} (Tav. 1.6), 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_{s30} m/sec) determinate in base alle indagini: Re.Mi/MASW effettuate e reperite d'archivio.

Le elaborazioni delle acquisizioni hanno evidenziato valori oscillanti tra un massimo di 270 m/sec nella zona meridionale (Cognento), ed un minimo di 190 m/sec nella zona settentrionale occidentale (Bernolda – Bettolino). I valori medi percentualmente più rappresentati corrispondono a: $V_{s30} = 210 \div 220$ m/sec.

I valori relativi maggiori si riscontrano nell'area sud occidentale ad ovest di Cognento contraddistinta da $V_{s30} = 230/270$ m/sec; analoghi valori relativi maggiori caratterizzano il settore orientale centrale sede dell'area industriale di Ponte Vettigano dove $V_{s30} = 200/260$ m/sec e la fascia orientale settentrionale con $V_s = 230/260$ ad eccezione del sopraccitato minimo di 190/200 m/sec a sud di Bettolino.

La parte centrale del territorio comunale, alla quale appartiene il capoluogo, è caratterizzata da una fascia estesa ovest nord ovest – est sud est con $V_s = 200/220$ m/sec; tali valori contraddistinguono anche il settore centromeridionale compreso tra la sP n° 30 e via Picenardi - sP n° 40 / via Frassinara; la zona centro settentrionale tra la sP n° 4 e Bernolda/confine comunale nord est evidenzia valori mediamente compresi tra $V_{s30} = 210/230$ m/sec.

7.8 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica

La microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento, effettuata per gli sviluppi di interesse delle aree urbanizzate, 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 ($Tr = 475$ anni; $\xi = 5\%$).

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati i valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) determinati mediante codice di calcolo.

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 sono riferiti agli intervalli 0.1 – 0.5, 0.5 – 1.0 e 0.5 – 1.5 sec, attinenti alle microzone individuate.

I campi dei periodi sopra indicati, determinati in rapporto ai range di maggior amplificazione evidenziati dalla sovrapposizione di insieme degli spettri calcolati, sono stati definiti anche in funzione delle tipologie edificatorie esistenti prevalentemente presenti nel territorio comunale ed a quelle di nuova costruzione che, in funzione delle indicazioni delle vigenti norme urbanistiche, sono previste nella percentuale maggiore.

In base a quanto sopra esposto sono state individuate macrotipologie di fabbricati alle quali si può fare indicativamente riferimento per le valutazioni delle destinazioni d'uso dei siti di nuova urbanizzazione e per stimare le priorità di intervento per il patrimonio edilizio esistente.

Per la definizione del periodo fondamentale di vibrazione, delle macro-tipologie di fabbricati, si è fatto riferimento al metodo di analisi lineare statica previsto dalle NTC 2008 punto 7.3.3.

- Fabbricati appartenenti all'intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec: sono a questi attribuibili la maggior percentuale dei fabbricati 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 $0.5 < T < 1.0$ e $T > 1.0$ 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.

7.9 Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FA.PGA

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA_0 , elaborata per gli sviluppi di interesse delle aree urbanizzate (Tav. 2.2), evidenzia i valori massimi, compresi tra $1,9 \div 2,0$, nella parte centrale del territorio comunale alla quale appartengono il capoluogo e le zone industriali a sud del capoluogo, di Santa Giulia e Ponte Vettigano; detti fattori nell'area a sud - sud ovest del centro storico e settore sud sud est delle zone industriali S. Giulia - Ponte Vettigano sono contraddistinti dai minimi relativi: $FA.PGA = 1,7/1,85$.

Valori leggermente maggiori di $FA.PGA = 1,9/2,1$ caratterizzano la fascia meridionale del territorio esteso ovest est che asseconda via Picenardi - sP. Campagnola - S. Michele da l'Olma a Cognento a Osteriola.

I fattori relativi maggiori con $FA.PGA = 2/2,3$ contraddistinguono la zona settentrionale occidentale a nord di via Casella - Campazzo.

La distribuzione territoriale dei valori di $FA.PGA$ indica una tendenziale correlabilità con l'assetto del substrato prepliocenico e con l'aumento in spessore dei depositi continentali, come evidenziano sia i valori relativi maggiori $FA.PGA 1,9 \div 2,1$ che caratterizzano il settore meridionale occidentale e meridionale che quelli nella fascia settentrionale occidentale dove $FA.PGA = 2/2,2$, nelle quali il substrato si approfondisce rispettivamente a -3,5 km zone sud ed a -4/-6 km aree nord ovest.

In tali aree i depositi continentali raggiungono spessori di 300/350 m.

Possibili ulteriori correlazioni tra i valori di $FA.PGA$, con l'assetto del substrato, sono osservabili nella fascia estesa sud ovest - nord est circa da via Abbazia al capoluogo ad intersezione via Nuova/Cavo Naviglio nella quale linee di sovrascorrimento presenti nel sottosuolo determinano l'innalzamento del substrato prepliocenico a -2,5/-2 km pc.

7.10 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, $FA.IS. 0,5 < T < 1,0$ sec e $FA.IS. 0,5 < T < 1,5$ sec.

7.11 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec.

La distribuzione generale dei valori nell'intervallo $FA.IS 0,1 < T < 0,5$ sec (Tav. 2.3) evidenzia i fattori relativi inferiori $FA.IS = 1,9 \div 2,0$ nel settore centrale - centro meridionale al quale appartengono il capoluogo e sua zona produttiva a sud est della sP n° 30 e l'area tra Madonna dell'Olmo e Caseificio Conti; equivalenti minimi caratterizzano il settore meridionale della zona Industriale Ponte Vettigano.

Detti valori aumentano sia in direzione sud che nord – nord ovest, raggiungendo i massimi con valori di FA.IS = 2,4 ÷ 2,5 nella fascia meridionale del territorio estesa ovest est a sud di Stradone Abbazia – C. Abbazia – Cognento – via Olma; analoghi massimi relativi con FA.IS = 2,3 ÷ 2,4 caratterizzano la zona sud orientale da C. Accorsi a C. Ruffini, la parte di territorio a settentrione del capoluogo da Caseificio Reatino a S. Bernardino – C. Bezzecchi, la fascia al bordo settentrionale occidentale a nord di via Cattania, ovest di via Campagnola E. – Reggiolo e sud di Bettolino.

L'analisi di insieme dei valori di FA.IS nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec, evidenzia un graduale incremento dalla fascia centrale estesa ovest est dal capoluogo a Ponte Vettigano e dal settore centro meridionale da Caseificio Conti a Madonna dell'Olmo (con i minimi relativi) alle zone sud ovest, sud est e nord – nord ovest; tale distribuzione areale denota corrispondenza con l'assetto della profondità del bedrock sismico e con le geometrie delle profondità del substrato prepliocenico; quest'ultimo infatti si approfondisce in direzione sud ovest e sud est nei settori meridionali ed in verso nord ovest nelle aree settentrionali dove le linee di sovrascorrimento presenti nel sottosuolo approfondiscono il substrato a -4 ÷ -6 km pc; concordano inoltre le fasce con valori di minimo con la minore profondità di detto substrato nell'areale allungato sud ovest - nord est che asseconda l'andamento della sP n° 4 Campagnola E. - Fabbrico dal capoluogo a intersezione via Nuova/Cavo Naviglio.

7.12 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $0.5 < T < 1.0$ sec.

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 2.4), evidenzia i valori relativi maggiori FA.IS = 2,3 ÷ 2,4 nell'area centrale del territorio sede del capoluogo e sua zona produttiva sud est e nelle Zone Industriali S. Giulia, Ponte Vettigano; analoghi massimi relativi caratterizzano la fascia meridionale estesa ovest – est da Cognento a incrocio sP n° 94 Campagnola E. – S. Michele/via F.lli Conti.

Procedendo in direzione nord – nord ovest, sud ovest e sud est, ad eccezione della fascia centrale estesa secondo l'andamento della sP n° 30, i valori amplificazione diminuiscono progressivamente attestandosi mediamente a FA.IS = 2,0/1,8 con minimi di 1,8 tra via Casella e via Cattania, a nord della Zona Industriale di Ponte Vettigano, tra via Selvatica – via Nuova – Cavo di Campagnola, all'intorno dell'incrocio via Cesis/sP n° 94 Correggio – Campagnola E.

La distribuzione dei valori di FA.IS. nell'intervallo $0.5 < T < 1.0$ sec. evidenzia una tendenziale correlabilità con con la minore profondità del bedrock sismico nel settore centrale esteso ovest – est, e della fascia meridionale allungata nord ovest – sud est circa da incrocio Stradone Abbazia/ via Abbazia a incrocio sP n°94/ via F.lli Conti.

Indicazioni di correlabilità con la minore profondità del substrato prepliocenico si osservano nella fascia estesa sud ovest – nord est che asseconda l'andamento della sP n° 4 dall'incrocio di detta sP con via Motta al confine comunale con Fabbrico.

7.13 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $0.5 < T < 1.5$ sec.

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 2.5), nell'area di sviluppo del Capoluogo, evidenzia i valori relativi maggiori FA.IS = 2,1 ÷ 2,2 nell'area centrale dello stesso e sua zona produttiva sud est, mentre tende a diminuire (FA.IS = 1,7 ÷ 1,8) a nord est di Ponte Vettigano. Le rimanenti porzioni dello sviluppo a cui appartiene il Capoluogo presentano fattori di amplificazione oscillanti tra FA.IS. = 1,9 ÷ 2,0.

Nello sviluppo meridionale (Cognento) si evidenzia un progressivo aumento dei fattori di amplificazione dell'intensità spettrale procedendo da ovest verso est, con valori massimi corrispondenti ad FA.IS = 2,1 ÷ 2,2 nel settore centrale della frazione e quelli minimi: FA.IS = 1,7 ÷ 1,8 nel settore ovest in prossimità di C.Ferretti.

8 CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI

Le documentazioni relative agli effetti conseguiti agli eventi sismici verificatesi in passato sono essenzialmente riconducibili al terremoto del 2012.

Le informazioni degli effetti sono principalmente riferite all'area del capoluogo, nella quale sono prevalentemente localizzati gli edifici ad uso residenziale ed in subordine ai fabbricati siti nel territorio extraurbano che nell'insieme rivestono in modo discretamente diffuso la superficie comunale.

L'individuazione dei fabbricati che hanno subito i danni maggiori è stata effettuata dal Settore Assetto e Uso del Territorio - Ambiente *Comune di Campagnola Emilia*, responsabile Arch. Enrico Vincenzi.

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Campagnola Emilia ha risentito dei massimi effetti con danni che hanno reso inagibili 23 edifici 4 dei quali nel capoluogo e 3 nella frazione di Cognento, 8 nella fascia sud ovest nord est tra la Zona Industriale s. Giulia ed il confine comunale nord orientale compresa tra la sP n° 4 Campagnola – Fabbrico ed il Cavo Naviglio, 6 nel settore nord ovest da Bernolda a Bettolino a confine comunale con Reggiolo, 1 ad Osteriola 1 a C. Guzzina; gli edifici con danni che dopo intervento sono divenuti agibili, in n° 14, sono prevalentemente distribuiti nel territorio extraurbano di questi 4 sono ubicati nel capoluogo, nello stesso analoghi effetti hanno interessato 2 edifici pubblici.

I fabbricati che hanno subito i danneggiamenti appartengono prevalentemente a zone suscettibili di instabilità correlate a potenziali cedimenti e potenziale liquefazione (MOPS). Per quanto riguarda gli effetti dello scuotimento sismico si osserva una tendenziale corrispondenza delle zone con presenza di edifici inagibili con il campo dei periodi $0,1 < T < 0,3$ sec per FA.IS = 1,9 ÷ 2,0 e delle accelerazioni massime attese in superficie $pga_{max} = 0,26 ÷ 0,28$.

Si discosta parzialmente da detta tendenza territoriale la fascia nord occidentale da Bernolda al confine comunale con Reggiolo nella quale i maggiori effetti si hanno nei campi di

amplificazione che competono ai periodi $0,1 < T < 0,3$ sec, $0,3 < T < 0,5$ sec, $0,1 < T < 0,5$ sec, e con valori della PGA e dell'accelerazione massima attesa in superficie corrispondente ai massimi relativi.

Nell'areale al quale appartiene il territorio di Campagnola Emilia gli eventi sismici che hanno determinato i risentimenti più rilevanti storicamente documentati, sono rappresentati dai terremoti del 1806-1810-1831-1832 e del 1987-1996-2012. Al primo di questi, con epicentro in prossimità di San Bernardino di Novellara è attribuita Mw 5,21 ed ha indotto effetti con Io = 7 nel territorio di Campagnola Emilia; il sisma del 1810 con epicentro tra Bernolda – S. Bernardino di Novellara – Viallarotta, con Mw = 5,1 ha prodotto effetti con Io = 7 nell'area di Novellara e anche se non citato con tutta probabilità anche in territorio di Campagnola Emilia (Bernolda); ai terremoti del 1831/32, con epicentri tra Campegine e Cadelbosco di Sopra e di Sotto, è attribuita Mw = 5.48 – 5,51 al terremoto del 1987 è attribuita Mw = 4.71, al sisma del 1996 Mw = 5,38, al terremoto del 2012 Mw = 5,9. Per l'evento del 1831/32 le fonti storiche attestano danni al patrimonio edilizio, con parziali crolli di fabbricati e parti degli stessi in Campegine – Castelnuovo di Sotto – San Bernardino di Novellara. L'evento del 1996, con epicentro in prossimità di San Tommaso della Fossa, Bagnolo in Piano, con estensione degli effetti in direzione prevalente ovest – est, ha indotto ingenti danni al patrimonio edilizio con caduta di comignoli e tegole senza crolli di fabbricati e crolli in parti di alcuni edifici in condizioni statico strutturali precarie; i terremoti del maggio/giugno 2012 hanno indotto ingenti danni con crolli nei capoluoghi di Finale Emilia – Mirandola – Novi di Mo.

I risentimenti di detti eventi, ad eccezione di quelli del 1806 e 1810, hanno indotto nel territorio di Campagnola Emilia effetti con intensità Io = 6; i sismi del 2012 hanno generato effetti con Io = 5.



STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO

Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI

9 DISPOSIZIONI NORMATIVE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

ART. 1 - DEFINIZIONE E FINALITÀ

1. La riduzione del rischio sismico è un obiettivo strutturale della pianificazione urbanistica. Sono elementi di riferimento per tale finalità sia gli studi di Microzonazione sismica (MS) che quelli dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE).
2. La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e dei conseguenti possibili effetti locali del sisma sia sul sottosuolo che sulle opere. Essa costituisce un supporto fondamentale per tutti gli strumenti di pianificazione urbanistica comunale e per la loro attuazione, al fine di:
 - indirizzare le scelte insediative verso le aree a minore pericolosità sismica e/o all'utilizzo di tipologie edilizie a minor vulnerabilità rispetto ai possibili effetti locali;
 - assicurare che la progettazione esecutiva degli interventi edilizi ne realizzi la resistenza e le condizioni di sicurezza.

Gli studi di microzonazione sismica sono stati realizzati con riguardo al complesso del territorio comunale insediato/consolidato, comprese le porzioni suscettibili di nuova edificazione, e delle reti infrastrutturali principali, come indicato sullo strumento urbanistico generale, in conformità e coerenza con quanto stabilito dagli indirizzi regionali in materia. Essi costituiscono inoltre adeguamento ed attuazione del vigente Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale approvato con Deliberazione di Consiglio Provinciale con atto n° 124 del 17/06/2010.

3. La Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) rappresenta l'individuazione delle funzioni necessarie al sistema di gestione dell'emergenza a seguito di un sisma, affinché l'insediamento urbano conservi l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche. La loro accessibilità e la loro connessione con il contesto territoriale.

Gli elaborati della CLE individuano perciò quegli elementi del sistema insediativo urbano e territoriale la cui efficienza costituisce la condizione minima per superare l'emergenza, con riguardo alla:

- Operatività delle funzioni strategiche necessarie per l'emergenza;
- Interconnessione fra dette funzioni e la loro accessibilità nel contesto urbano e territoriale.

ART. 1 - ELABORATI DI RIFERIMENTO

1. Sono elaborati di Quadro Conoscitivo gli studi sulla risposta sismica locale e microzonazione sismica, come di seguito identificati:
 - *Relazione illustrativa* e le cartografie di seguito elencate (22 tavole in complesso in scala 1:10.000, 18 delle quali di microzonazione sismica e 4 di sovrapposizione degli elaborati di CLE alle carte di MS: MOPS, PGA, FAIS 01-0.5 sec, FAIS 0.5-1.0 sec);
 - *Carta delle indagini pregresse e Carta delle nuove indagini; Carta geologico-tecnica; Sezioni geologiche; Carta delle isopieze del primo acquifero; Carta della Soggiacenza*

del primo acquifero; Carta del tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido; Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS); Carta delle frequenze naturali dei terreni (F_0); Carta delle velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m pc (V_{s30});

2. Sono elaborati della cartografia di piano che costituiscono riferimento per l'applicazione delle presenti norme.
 - *Carta dei Fattori di amplificazione F.A. (accelerazione); Carta dei Fattori di amplificazione - F.A.-P.G.A.; Carte dei Fattori di amplificazione di Intensità di Housner nei periodi compresi tra: 0,1-0,3s; 0,1-0,5s; 0,3-0,5s; 0,5-1s; Carta delle accelerazioni massime attese in superficie a/g max.*
 - Dette tavole oltre all'amplificazione per effetti della stratigrafia, identificano le porzioni di territorio in cui sono possibili conseguenze sulle opere per deformazioni permanenti nel sottosuolo connesse a potenziale liquefazione, cedimenti differenziali.
3. Costituiscono inoltre riferimento per l'applicazione delle presenti norme, le carte della Analisi della condizione limite per l'emergenza in scala 1:10.000 e stralci in scala 1:2000, nelle quali sono identificati gli edifici strategici, le aree di emergenza (ricovero e ammassamento), le infrastrutture viarie di connessione e di accessibilità al sistema insediativo urbano, nonché gli edifici e gli aggregati strutturali interferenti.

ART. 2 - DISPOSIZIONI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO: MICROZONAZIONE SISMICA

1. Nelle zone stabili suscettibili di amplificazione per effetti della stratigrafia (zone 1-2-3 e zone 4-5 senza sovrapposizione di retino, MOPS) utilizzando i parametri identificati nelle cartografie elencate al punto 2 del precedente Art. 1, non sono richiesti ulteriori approfondimenti in sede di formazione dei piani urbanistici. In queste aree per il calcolo dell'azione sismica nella progettazione di opere di classe d'uso 3 e 4, sono fortemente raccomandate specifiche analisi di risposta sismica locale.
2. Le porzioni di territorio in cui sono possibili fenomeni di amplificazione per le condizioni stratigrafiche e di potenziale liquefazione, potenziali cedimenti differenziali, Zona Z_{ALQ1} (aree con sovrapposizione di retino) e cedimenti differenziali, sono soggette ad approfondimenti di terzo livello per la valutazione della suscettività alla liquefazione e la stima dei cedimenti differenziali.

In tali aree, preventivamente ad ogni trasformazione urbanistico - edilizia da realizzarsi negli ambiti urbani consolidati e nel territorio rurale, deve essere effettuata l'analisi di suscettività alla liquefazione il cui esito si riterrà negativo se l'indice di liquefazione IL risulterà maggiore di 2.

Se l'indice di liquefazione IL risulterà pari o superiore a 2, per il calcolo dell'azione di sismica ai fini della progettazione non è ammesso l'approccio semplificato e dovranno essere valutati i potenziali cedimenti e deformazioni. Per opere di particolare interesse pubblico o strategico, classi d'uso 3 e 4, nei casi in cui IL maggiore di 2, sono raccomandati interventi di mitigazione del rischio di liquefazione (consolidamento del terreno di fondazione, interventi per la riduzione delle pressioni interstiziali, ecc.).

Dopo la realizzazione di interventi di mitigazione del rischio di liquefazione può essere ritenuto idoneo l'utilizzo del sito se l'indice di liquefazione IL risulterà inferiore a 2.

Nelle porzioni di territorio corrispondenti alle aree soggette ad approfondimenti di terzo livello per la valutazione di cedimenti e densificazione, rappresentati sempre sulla serie delle

carte di Microzonazione Sismica elencate all'Art. 2.2, ogni trasformazione urbanistico-edilizia deve essere accompagnata da una preventiva valutazione dei potenziali cedimenti (sia in condizioni statiche che dinamiche), effettuata con riferimento alle tipologie edilizie più gravose previste nell'area, per la conseguente valutazione delle idonee tipologie di fondazione adottabili.

3. Fattori di Amplificazione Stratigrafica.

Le Carte di Microzonazione Sismica di II livello: Art. 1.2 FAIS e PGA rappresentano la stima dei fattori di amplificazione del moto sismico, in termini di Intensità di Housner (IS), con determinazione dei fattori di amplificazione IS e PGA con codice di calcolo, nei periodi compresi tra: 0,1-0,3s; 0,1-0,5s; 0,3-0,5s; 0,5-1s; 1,0-2,0s. Detta suddivisione di intervalli è funzione del periodo fondamentale di vibrazione dei fabbricati schematizzabile come di seguito indicato:

- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,1 - 0,3 sec, ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie prevalenti nel settore "civile" realizzate con qualsiasi tipologia costruttiva, aventi max 3 ÷ 4 piani⁶
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,3 - 0,5 sec, ricadono in questo intervallo la più comuni strutture a telaio in CA aventi max 4 ÷ 6 piani, e per estensione anche le strutture tipiche del settore produttivo-manifatturiero commerciale/industriale aventi altezza sottotrave inferiore a sette metri.
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,5 - 1,0 sec, ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie a torre tipicamente realizzate a telaio in cls aventi oltre i 5 ÷ 7 piani, e per estensione magazzini verticali e manufatti alti e stretti quali silos, torri dell'acquedotto, ecc.

Con riferimento alla matrice sopra esposta ed al fine di contenere gli effetti del sisma, degli strumenti operativi ed attuativi o comunque denominati, devono prevedere che gli interventi edificatori determinino l'interferenza minore tra fattori di amplificazione dei terreni e periodo di vibrazione principale delle opere.

Per interventi che prevedano opere con periodo di vibrazione superiore a 1.0 sec. e per le classi di terreno che non consentono l'utilizzo del metodo semplificato (Categorie S1-S2, DM 14/01/2008), sono da sviluppare approfondimenti mediante specifiche analisi della risposta sismica locale.

- ### 4.
- In relazione al periodo fondamentale di vibrazione delle strutture, al fine di evitare il fenomeno della doppia risonanza e contenere gli effetti del sisma, gli strumenti attuativi/esecutivi comunque denominati, devono prevedere che gli interventi edilizi realizzano la minore interferenza tra periodo principale di vibrazione del terreno e periodi principali di vibrazione delle strutture. Considerando che le indagini effettuate indicano generalmente frequenze fondamentali di terreni F_0 comprese tra 0.6 e 1.0 Hz, particolare attenzione dovrà essere posta in caso di progettazione e realizzazione di opere con periodo di vibrazione T compreso tra 0.8 e 1.7 sec.

Nelle verifiche per potenziale liquefazione e quando siano previste profondità di scavo che richiedono le verifiche di stabilità dei fronti di sbancamento, sono da utilizzare valori di FA.PGA ed a/g max non inferiori a quelli visualizzati nella carta dei fattori di amplificazione della PGA e carta delle accelerazioni massime attese in superficie a/g max.

⁶ Si fa riferimento al metodo di Analisi lineare e statica previsto dalle vigenti NTC punto 7.3.3.2.

ART. 3- DISPOSIZIONI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO: CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA

1. Garantire e migliorare l'accessibilità alle funzioni strategiche, e quindi l'efficienza del sistema di gestione dell'emergenza, è obiettivo strutturale della pianificazione urbanistica; pertanto gli strumenti operativi (POC), attuativi (PUA) e RUE, devono attenersi all'applicazione delle seguenti disposizioni sulla riduzione del rischio.
2. Al fine di salvaguardare l'accessibilità alle funzioni strategiche nel contesto urbano e territoriale in caso di emergenza sismica, con riferimento alla viabilità individuata quale infrastruttura di connessione o di accesso alle funzioni strategiche sugli elaborati costitutivi la CLE, si dispone che:
 - gli interventi edilizi sui fabbricati esistenti e gli interventi di nuova costruzione non siano tali da rendere/realizzare fabbricati interferenti su Edifici Strategici, sulle Aree di Emergenza e sulla viabilità di connessione o di accesso;
 - sui fabbricati già individuati come interferenti dagli elaborati della CLE, non è ammessa la sopraelevazione e gli interventi edilizi devono tendere di minima alla riduzione della condizione di interferenza e, in funzione della tipologia di intervento edilizio, alla sua eliminazione.
3. Si intendono interferenti sulla viabilità o rispetto alle aree di emergenza, quei fabbricati o aggregati, o singoli manufatti isolati, che ricadono nella condizione $H > L$ o, per le aree, $H > d$. Ossia l'altezza (H) sia maggiore della distanza tra l'aggregato e il limite opposto della strada (L) o rispetto al limite più vicino dell'area (d).⁷

⁷ [Linee Guida per l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza \(CLE\)](#) – Roma, giugno 2012. Commissione tecnica per la micro zonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).

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.
- DGR n°2193/2015 Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. 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.
- DGR 1919/201 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'ordinanza del capo dipartimento della protezione civile n. 52/2013 a favore degli enti locali".
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2016: Microzonazione sismica di III° livello del territorio Comunale di Correggio, dati non pubblicati.
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2015: Microzonazione sismica di III° livello del territorio Comunale di Rio Saliceto, dati non pubblicati.
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2014: Microzonazione sismica di I° livello del territorio Comunale di Fabbrico, dati non pubblicati.
- 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.
- DGR1919/2013. "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'OCDCP 52/2013.
<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). BDMI11, *la versione 2011 del Database Microsismico Italiano*. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.inqv.it/DBM11>
- CENTROGEO (2005) Indagine Geologico Ambientale – Relazione tecnica PSC Comune di Campagnola Emilia. 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
- 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.
- 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.
- G.P. MAZZETTI– NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospection, Atti 4th European Congress in Regional Geoscientific Cartography; R.E.R. Ind. Graf. Labanti e Nanni – BO.
- DI DIO G. et ALII (1998) - Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna S.E.L.C.A. Firenze
- SCANDONE P. et ALII (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.
- 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 - Public. 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) – Traitè 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 Colombaro 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)