



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



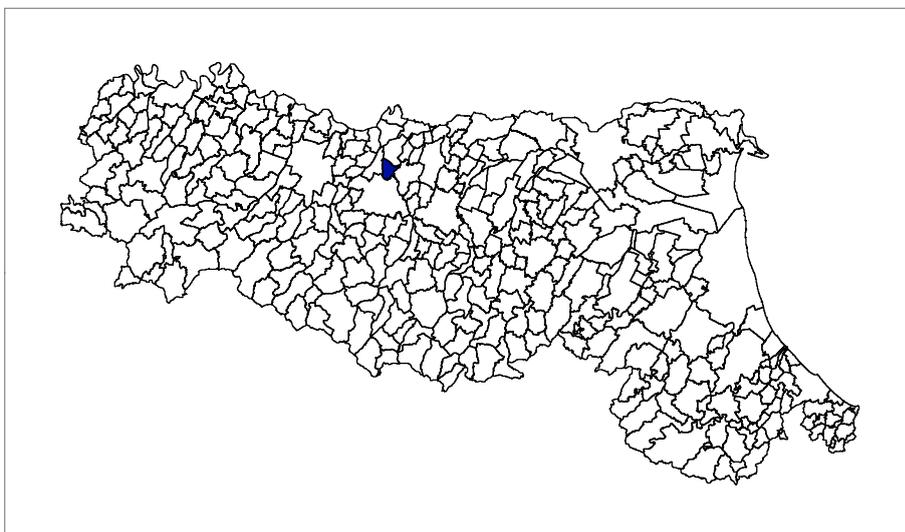
CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Modellazione e caratterizzazione geologico tecnica e sismica

Regione Emilia-Romagna Comune di Bagnolo in Piano



Regione Emilia Romagna <i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 4007/2012.</i> <i>Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico</i> <i>Luca Martelli</i>	Soggetto realizzatore Studio Geologico CENTROGEO Progetto: Gian Pietro Mazzetti Collaboratori: Stefano Gilli, Andrea Arbizzi, Mauro Mazzetti Elaborazioni GIS: Studio Benaglia Professionisti Associati Corrado Ugoletti	Amministrazione comunale <i>Sindaco:</i> Paola Casali <i>Direttore</i> Area Tecnica: Cristina Scaravonati	
		Data Agosto 2013	

Provincia di Reggio Emilia
Piano Strutturale Comunale
Comune di Bagnolo in Piano
MICROZONAZIONE SISMICA
MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE
GEOLOGICO TECNICA E SISMICA
RELAZIONE TECNICA

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	1
2	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	2
3	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	3
3.1	Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento.....	12
4	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	13
4.1	Caratteri sismotettonici.....	19
4.2	Assetto strutturale depositi del quaternario continentale.....	22
4.3	Attività tettonica.....	22
4.4	Subsidenza.....	27
5	CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	28
6	IDROGRAFIA DI SUPERFICIE.....	31
6.1	Rischio idraulico.....	32
6.2	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	37
6.3	Definizione del sistema idrogeologico.....	37
6.4	Interfaccia Acque Dolci – Acque Salmastre/Salate.....	37
6.5	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	38
6.5.1	Serie Idrogeologica Locale Serie Idrogeologica Locale.....	38
6.5.2	Conducibilità idraulica acquiferi.....	41
6.6	Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale.....	41
6.6.1	Piezometria dell'acquifero freatico.....	41
6.6.2	Isopieze dell'acquifero.....	42
6.6.3	Identificazione temporale del sistema idrogeologico freatico.....	43
6.6.4	Soggiacenza Acquifero Freatico.....	44
6.7	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica freatica.....	45
7	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	46
7.1	Carta geologico tecnica.....	46
8	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	47
8.1	Microtremori con la tecnica HVSr.....	47
8.2	Prospezione sismica a rifrazione attiva/passiva Re.Mi e MASW/Re.Mi.....	48
9	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	50
9.1	Carta delle indagini.....	50
9.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	51
9.3	Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	52
9.4	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	53
9.4.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	54
10	SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	65
10.1	Carta delle nuove indagini.....	65
10.2	Substrato a comportamento rigido.....	65
10.3	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	66
10.4	Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica.....	67
10.5	Definizione degli input sismici.....	67
10.6	Calcolo degli effetti di sito.....	69
10.7	Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	71
10.8	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale massima FAPGA.....	74
10.9	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	74
10.10	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.3 sec.....	75
10.11	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.3<T<0.5 sec.....	75
10.12	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.1<T<0.5 sec.....	76
10.13	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.5<T<1.0 sec.....	77
10.14	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 1.0<T<2.0 sec.....	78

ELABORATI CARTOGRAFICI

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 OE	Sezioni geologiche Ovest - Est	1:100.000/1:2.000
Tav. 1.2.1 SN	Sezioni geologiche Sud - Nord	1:100.000/1:2.000
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	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 1.7	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 2.1	Carta delle indagini nuove	1:10.000
Tav. 2.2	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 3.1	Carta di microzonazione sismica Livello 3 - FA PGA	1:10.000
Tav. 3.2	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,1 – 0,3 sec	1:10.000
Tav. 3.3	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 3.4	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,3 – 0,5 sec	1:10.000
TAV. 3.5	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
TAV. 3.6	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 1,0 – 2,0 sec	1:10.000

ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche di nuova esecuzione

Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

1 INTRODUZIONE

Nel contesto delle analisi delle condizioni del grado di sicurezza in prospettiva della pericolosità sismica del territorio comunale di Bagnolo in Piano (RE), é stata redatta una disamina di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica e della pericolosità sismica di base – azione sismica, finalizzati alla riduzione del rischio sismico del territorio urbanizzato, di previsto sviluppo e delle fasce interessate dalle principali infrastrutture, per le valutazioni d’uso per la pianificazione urbanistica.

Le analisi sono state eseguite in ottemperanza ai dettati delle leggi nazionali, in riferimento al D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88; L.R. RER N° 20 del 24/03/2000, 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° 112 del 02-05-2007, Delibera di Giunta Regionale dell’Emilia Romagna n. 1032/2012, “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).

L’analisi di microzonazione sismica, realizzata con il contributo di cui all’OPCM 4007/2012, è stata sviluppata in coordinamento con il *Servizio Geologico Sismico e dei Suoli*, Dr. Raffaele Pignone, Dr. Luca Martelli, della **Regione Emilia Romagna**.

Le valutazioni di fattibilità per le opzioni urbanistiche, sono state effettuate in funzione delle condizioni geologico strutturali, delle tipologie dei processi morfogenetici, dell’estensione degli ambiti territoriali sede dell’urbanizzato e di possibile previsto sviluppo.

La determinazione della pericolosità sismica dell’area del Comune di Bagnolo in Piano è stata sviluppata mediante la realizzazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l’individuazione degli ambiti suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di secondo e di terzo livello, per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, sulla base delle indicazioni contenute nelle sopracitate DGR 1302/2012, DAL 112/2007 e “I.C.M.S.” del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Detti elaborati sono propedeutici alla elaborazione del PSC e costituiscono uno strumento utile per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità sismica.

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

Tali disamine sono state sviluppate in base a rilevamenti ed indagini direttamente effettuati che hanno integrato ed approfondito quelle precedentemente eseguite nel contesto delle analisi sviluppate negli studi del P.T.C.P. di Reggio Emilia relativamente alla cartografia per la riduzione del rischio sismico: Carta Degli Effetti Attesi (Tav.P9a: 183 SO – 201 NO) sono inoltre state utilizzate le tavole e documentazioni del QC. PSC Preliminare di Bagnolo in Piano, 2008, *Centrogeo Correggio RE*.

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione

dell'Amministrazione Comunale di Bagnolo in Piano, RE, Determina Dirigenziale del n° 359 del 24-11-2012 del Settore Urbanistica ed Edilizia Privata Arch. *Cristina Scaravonati*.

L'analisi di microzonazione sismica di Bagnolo in Piano, realizzata con il contributo di cui all'OPCM 3097/2010, è stata sviluppata in coordinamento con il Servizio Geologico, Sismico e dei suoli, Dr. Luca Martelli, della Regione Emilia Romagna e con il Settore Urbanistica ed Edilizia Privata del Comune di Bagnolo in piano, Arch. *Cristina Scaravonati*.

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

Le elaborazioni GIS sono state eseguite dal Geom. Corrado Ugoletti, *Studio Associato Benaglia*, Reggio Emilia.

2 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il Comune di Bagnolo in Piano ricade nel settore orientale meridionale e sud occidentale delle tavolette: CADELBOSCO DI SOPRA III NE e CORREGGIO II NW appartenenti al Foglio REGGIO NELL'EMILIA N° 74 I.G.M., zona 32 T, quadrato PQ.

Il territorio comunale, con forma sub trapezoidale, allungato in direzione sud nord, si estende su una superficie di 2.674 ha ed è delimitato, in riferimento al sistema U.T.M.,

dai meridiani	625300 - 636000
e dai paralleli	4957000 - 4964500

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi tra circa 22 e 33 m s.l.m. procedendo in senso sud nord e le pendenze oscillano in media tra:

$$p = 1,4 \div 2 \text{ ‰}$$

con medi minimi nelle fasce occidentali e sud orientali equivalenti a:

$$p = 0,5 \div 0,8 \text{ ‰}$$

I medi massimi, nella fascia orientata sud - nord, alla quale appartengono il capoluogo ed i principali nuclei abitati ed aree produttive Pieve Rossa, S. Tommaso della Fossa, S. Maria della Fossa, S. Michele della Fossa, corrispondono a:

$$p = 2,5 \div 3,5 \text{ ‰}$$

Analizzando la carta delle curve di livello del piano campagna, si riscontra un andamento pianeggiante movimentato da ondulazioni ad ampio raggio che caratterizzano il territorio con un dosso topografico principale esteso in senso sud nord, secondo l'asse mediano dell'area comunale, al quale appartengono il capoluogo ed i principali nuclei abitati.

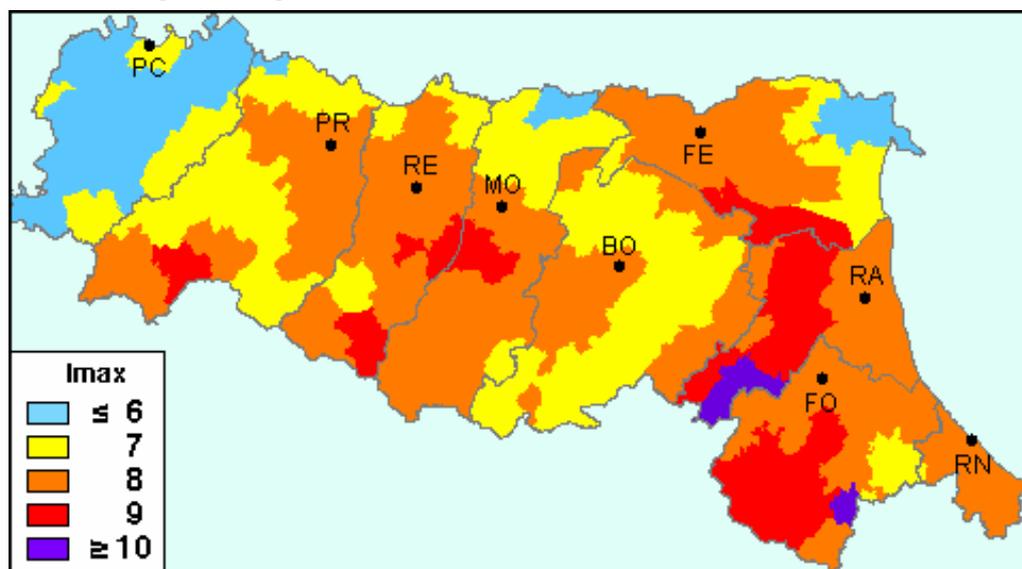
Un'analoga struttura morfologica di importanza sovracomunale è rappresentata dal dosso arcuato, al bordo nord orientale del confine comunale, che si estende da Fosdondo a S. Michele della Fossa dapprima in direttrice ovest est e successivamente assume orientamento sud - nord, estendendosi verso Santa Maria della Fossa e Novellara.

Altri aspetti tipici sono rappresentati da ampie aree depresse rispetto ai settori circostanti attribuibili ad ambiti vallivi planiziali. Quelli più significativi costituiscono la fascia occidentale del territorio comunale nell'area tra il Torrente Tassone ed il Canale di Reggio, e la zona sud orientale circa compresa tra sP. n° 47 (Strada Beviera) e via Ronchi

Fosdondo ed il settore tra via Ponte Beviera – l’asse ferroviario Reggio/Mantova – Cavo Bondeno.

3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA’ SISMICA DI BASE

Nell’ambito territoriale a cui appartiene l’area comunale di Bagnolo in Piano (RE) il catalogo delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile (D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996) documenta eventi sismici giungenti al 8° grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg, con magnitudo massima corrispondente ad $M = 5,5 \div 5,6$, come evidenziato nella seguente figura.

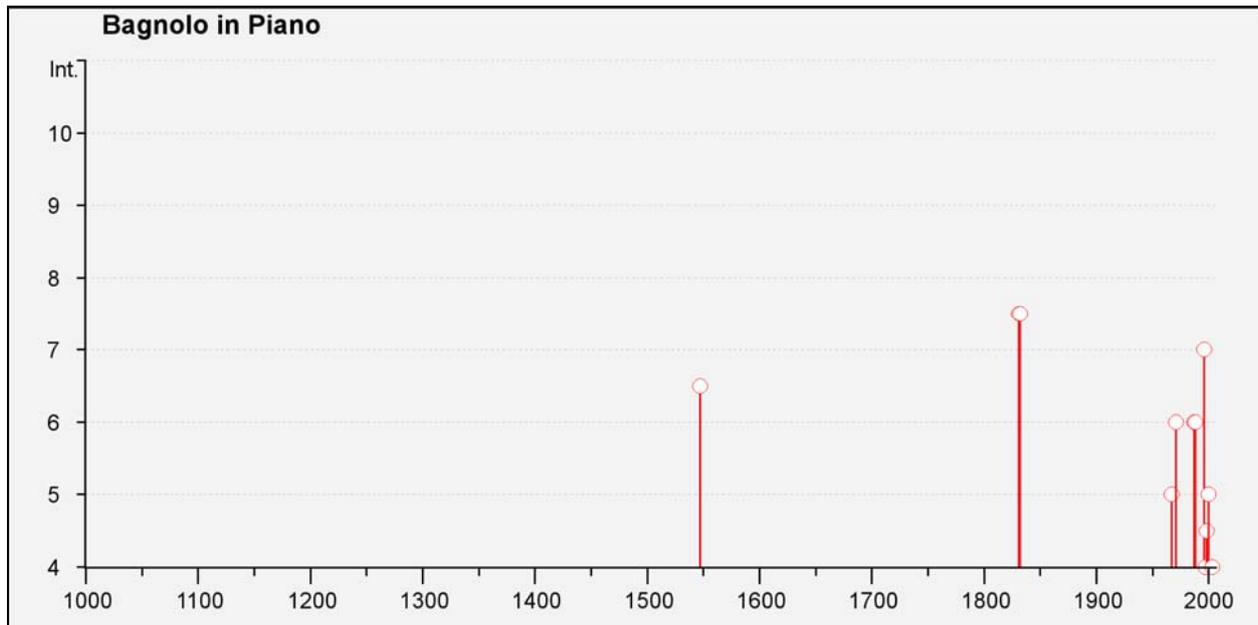


Nell’ambito a cui appartiene il territorio comunale di Bagnolo in Piano il Database Macrosismico DBMI11 (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi), utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11 (Gruppo di lavoro CPTI, 2011 – INGV, Bologna) sono documentati gli eventi sismici giungenti al 7° grado della scala Mercalli - Cancani Sieberg, con intensità variabile tra $M = 4.8 \div 5.44$.

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

Storia sismica di Bagnolo in Piano					
Numero di eventi: 16					
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
6-7	1547 02 10 13:20	Reggio Emilia	13	7	5.14 ±0.34
7-8	1831 09 11 18:15	Reggiano	25	7-8	5.54 ±0.32
7-8	1832 03 13 03:30	Reggiano	98	7-8	5.53 ±0.18
3-4	1950 05 06 03:43	Reggiano	4	4	4.25 ±0.25
5	1967 04 03 16:36	Reggiano	47	5-6	4.69 ±0.19
6	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8	5.64 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
6	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09

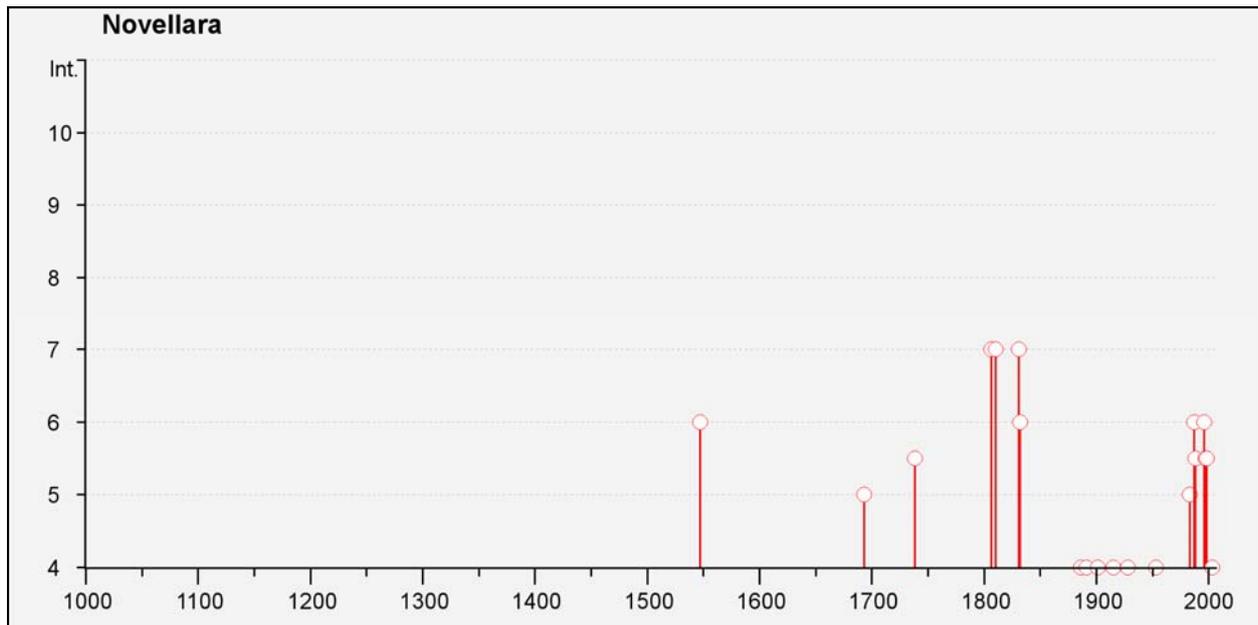
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
6	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6	4.66 ±0.12
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
7	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7	5.41 ±0.09
4	1997 05 12 22:13	Reggiano	56	4-5	4.22 ±0.27
4-5	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
5	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6	4.43 ±0.09
NF	2002 11 13 10:48	Franciacorta	770	5-6	4.29 ±0.09
4	2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	133	6	5.29 ±0.09



Storia sismica di Novellara
Numero di eventi: 34

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
6	1547 02 10 13:20	Reggio Emilia	13	7	5.14 ±0.34
F	1570 11 17 19:10	Ferrara	60	7-8	5.46 ±0.25
NR	1591 05 24	REGGIO EMILIA	4	6	4.72 ±0.34
5	1693 07 06 09:15	GOITO	13	7	5.22 ±0.72
3	1732 02 04 18:20	Parma	9	5-6	4.65 ±0.41
5-6	1738 11 05 00:30	PARMA	10	7	5.14 ±0.34
7	1806 02 12	NOVELLARA	28	7	5.19 ±0.39
7	1810 12 25 00:45	NOVELLARA	33	6	5.29 ±0.22
7	1831 09 11 18:15	Reggiano	25	7-8	5.54 ±0.32
6	1832 03 13 03:30	Reggiano	98	7-8	5.53 ±0.18
F	1873 05 16 19:35	REGGIANO	15	6-7	5.09 ±0.59
4	1886 10 15 02:20	COLLECCHIO	44	6	4.70 ±0.24
F	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
4	1891 06 07 01:06	Valle d'Illassi	403	8-9	5.86 ±0.06
F	1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
3-4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
4	1901 10 30 14:49	Salò	190	8	5.70 ±0.10
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
3	1907 04 25 04:52	Veronese	122	6	4.91 ±0.15
4	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6	5.02 ±0.22
3	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
4	1928 06 13 08:00	CARPI	35	6	4.78 ±0.23

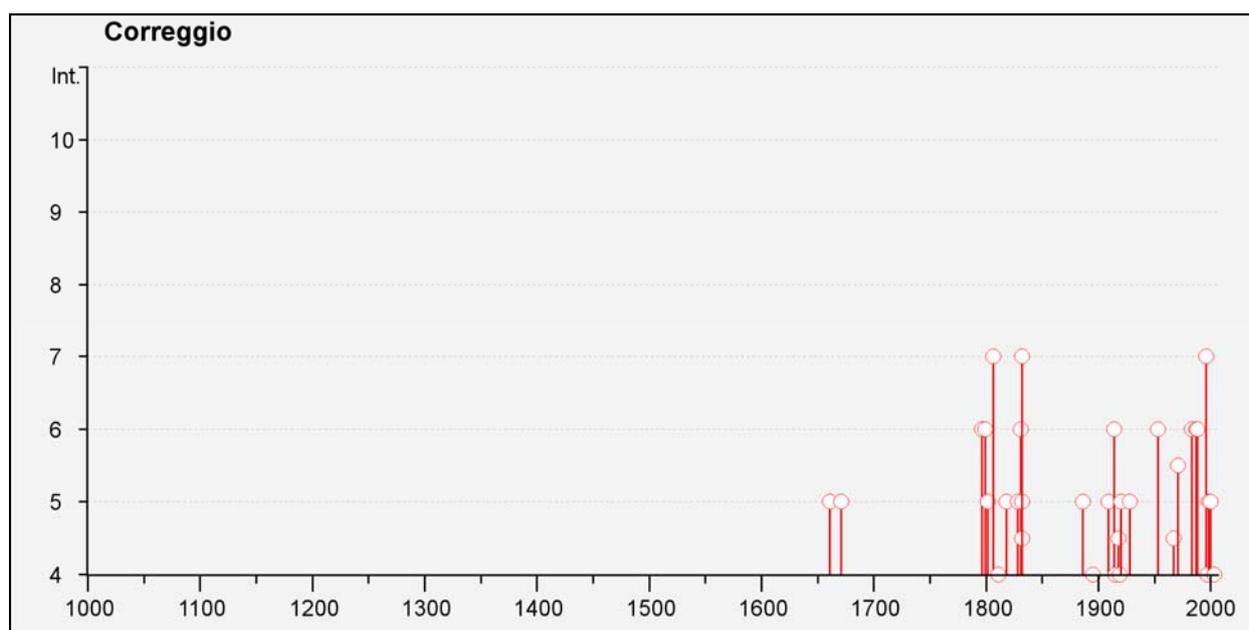
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
NF	1937 09 17 12:19	Parmense	34	7	4.65 ±0.25
4	1953 08 22 05:26	Reggiano	6	6	4.77 ±1.00
3-4	1971 09 11 23:18	Correggio	15	5	4.23 ±0.31
5	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
6	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
5-6	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6	4.66 ±0.12
6	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7	5.41 ±0.09
5-6	1997 05 12 22:13	Reggiano	56	4-5	4.22 ±0.27
5-6	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
4	2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	133	6	5.29 ±0.09



Storia sismica di Correggio
Numero di eventi: 53

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
NR	1591 05 24	REGGIO EMILIA	4	6	4.72 ±0.34
5	1661 03 21 23:00	Modenese	4	6-7	4.93 ±0.34
5	1661 03 22 12:50	Appennino romagnolo	79	9	6.09 ±0.16
5	1671 06 20 10:00	Modena-Reggio Emilia	8	7	5.25 ±0.72
6	1796 10 22 04:00	Emilia orientale	27	7	5.61 ±0.36
6	1799 02 22 05:45	Correggio (RE)	2	5	4.30 ±0.34
5	1801 10 08 07:52	Bologna	6	6	5.07 ±0.83
3	1802 05 12 09:00	VALLE DELL'UGLIO	85	8	5.64 ±0.22
7	1806 02 12	NOVELLARA	28	7	5.19 ±0.39
4	1811 07 15 22:44	SASSUOLO	21	6-7	5.25 ±0.40
5	1818 12 09 18:55	Parmense	26	7	5.28 ±0.35
5	1828 10 09 02:20	Valle Staffora	114	8	5.76 ±0.15
F	1831 07 14 15:30	Reggiano	8	5-6	4.69 ±0.44
6	1831 09 11 18:15	Reggiano	25	7-8	5.54 ±0.32
5	1832 03 11 06:45	Carpi (MO)	14	5	4.80 ±0.37
4-5	1832 03 11 08:45	Reggiano	14		
7	1832 03 13 03:30	Reggiano	98	7-8	5.53 ±0.18
F	1834 02 14 13:15	Valle del Taro-Lunigiana	112	9	5.83 ±0.15
F	1834 07 04 00:45	Lunigiana-Parmense	24		

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
3	1834 10 04 19:00	Bolognese	12	6	4.85 ±0.43
F	1837 04 11 17:00	Alpi Apuane	60	9	5.81 ±0.20
5	1886 10 15 02:20	COLLECCHIO	44	6	4.70 ±0.24
F	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
F	1891 06 07 01:06	Valle d'Illasi	403	8-9	5.86 ±0.06
3-4	1894 11 27 05:07	FRANCIACORTA	183	6	5.07 ±0.10
4	1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
3-4	1913 11 25 20:55	Val di Taro	73	4-5	4.84 ±0.20
6	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
4	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6	5.02 ±0.22
4-5	1918 05 06 08:05	Reggiano	8	5-6	4.52 ±0.69
4	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
5	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
3	1923 06 28 15:11	FORMIGINE	22	6	4.88 ±0.24
5	1928 06 13 08:00	CARPI	35	6	4.78 ±0.23
3	1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7	5.08 ±0.16
6	1953 08 22 05:26	Reggiano	6	6	4.77 ±1.00
NF	1965 11 09 15:35	ALTA V. SECCHIA	32	5	4.74 ±0.25
4-5	1967 04 03 16:36	Reggiano	47	5-6	4.69 ±0.19
5-6	1971 09 11 23:18	Correggio	15	5	4.23 ±0.31
6	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
2	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
6	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
6	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6	4.66 ±0.12
3	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
7	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7	5.41 ±0.09
4	1997 05 12 22:13	Reggiano	56	4-5	4.22 ±0.27
5	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
3-4	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6	5.29 ±0.09
5	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6	4.43 ±0.09
4	2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	133	6	5.29 ±0.09

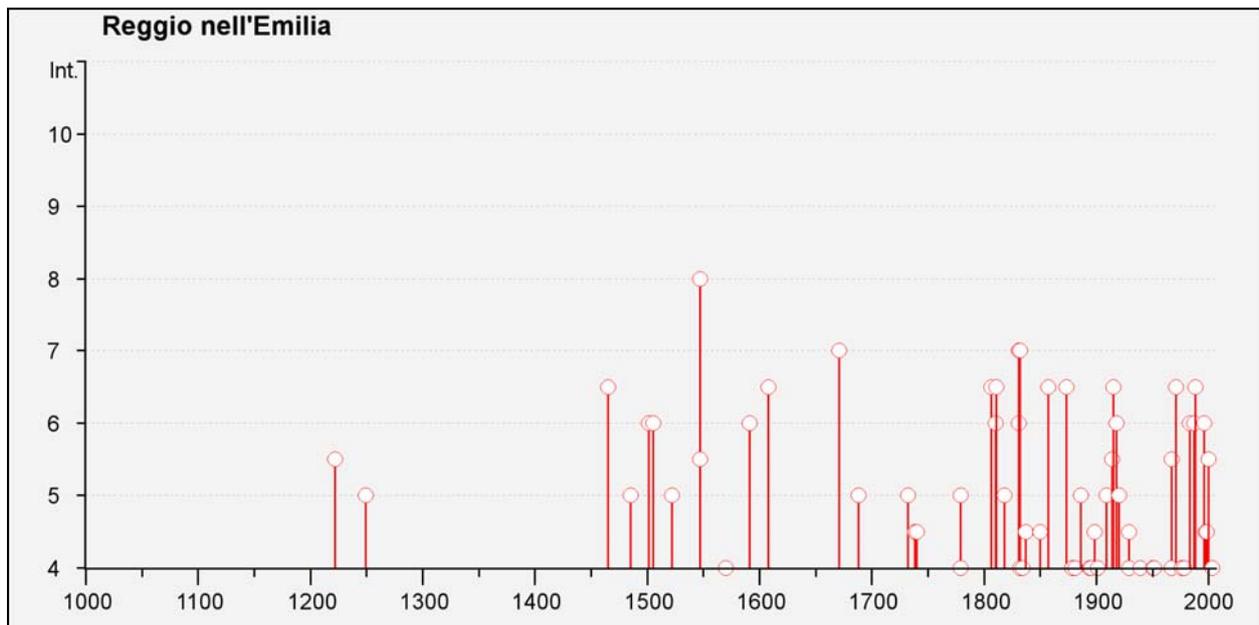


Storia sismica di Reggio nell'Emilia

Numero di eventi: 105

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
5-6	1222 12 25 12:30	Basso Bresciano	18	7-8	5.84 ±0.56
5	1249 09	Modena	4	6-7	4.93 ±0.34
NR	1323 02 25 19:00	Bologna	5	5	4.30 ±0.34
F	1346 02 22 11:00	Ferrara	5	6-7	4.93 ±0.34
F	1348 01 25 15:30	Carinzia	58	9-10	7.02 ±0.18
NR	1383 07 24 20:00	PARMA	7	4-5	4.09 ±0.34
NR	1409 11 15 11:15	Parma	5	7	5.14 ±0.34
NR	1438 06 11 02:00	Parmense	10	8	5.57 ±0.34
6-7	1465 04 07 15:30	Pianura Padana	11	5-6	4.51 ±0.34
NR	1474 03 11 20:30	MODENA	12	5	4.30 ±0.34
5	1485 09 01	PADOVA	4	5	4.30 ±0.87
6	1501 06 05 10:00	Appennino modenese	20	9	5.98 ±0.32
6	1505 01 03 02:00	Bolognese	31	8	5.57 ±0.25
5	1522 10 05 00:10	Pianura Padana	6	5	4.80 ±0.54
8	1547 02 10 13:20	Reggio Emilia	13	7	5.14 ±0.34
5-6	1547 03 24	Reggio Emilia	1		
4	1570 11 17 19:10	Ferrara	60	7-8	5.46 ±0.25
6	1591 05 24	REGGIO EMILIA	4	6	4.72 ±0.34
6-7	1608 01 06 22:20	Reggio Emilia	2	5-6	4.51 ±0.34
F	1624 03 19 19:45	Argenta	18	7-8	5.47 ±0.49
7	1671 06 20 10:00	Modena-Reggio Emilia	8	7	5.25 ±0.72
5	1688 04 11 12:20	Romagna	39	8-9	5.78 ±0.35
F	1695 02 25 05:30	Asolano	82	10	6.48 ±0.18
5	1732 02 04 18:20	Parma	9	5-6	4.65 ±0.41
4-5	1738 11 05 00:30	PARMA	10	7	5.14 ±0.34
4-5	1740 03 06 05:15	GARFAGNANA	31	7	5.24 ±0.35
5	1779 07 14 19:30	Bolognese	17		
4	1779 11 23 18:30	Bolognese	14	5	4.99 ±0.31
F	1779 12 24 17:00	Pistoiese	9	5-6	4.64 ±0.39
6-7	1806 02 12	NOVELLARA	28	7	5.19 ±0.39
6	1810 12 25 00:45	NOVELLARA	33	6	5.29 ±0.22
6-7	1811 07 15 22:44	SASSUOLO	21	6-7	5.25 ±0.40
5	1818 12 09 18:55	Parmense	26	7	5.28 ±0.35
6	1831 07 14 15:30	Reggiano	8	5-6	4.69 ±0.44
7	1831 09 11 18:15	Reggiano	25	7-8	5.54 ±0.32
4	1832 03 11 06:45	Carpi (MO)	14	5	4.80 ±0.37
4	1832 03 11 08:45	Reggiano	14		
7	1832 03 13 03:30	Reggiano	98	7-8	5.53 ±0.18
4	1834 02 14 13:15	Valle del Taro-Lunigiana	112	9	5.83 ±0.15
4	1834 07 04 00:45	Lunigiana-Parmense	24		
4-5	1837 04 11 17:00	Alpi Apuane	60	9	5.81 ±0.20
NR	1841 10 15 22:00	SANGUINETTO	19	5	4.19 ±0.44
F	1843 10 25 03:30	Mugello	17	6-7	5.12 ±0.29
4-5	1850 09 18 06:20	Modenese	7	5	4.30 ±0.34
6-7	1857 02 01	PARMENSE	22	6-7	5.09 ±0.25
3	1864 03 15	ZOCCA	13	6-7	4.90 ±0.71
F	1870 10 30 18:34	Romagna	41	8	5.58 ±0.27
6-7	1873 05 16 19:35	REGGIANO	15	6-7	5.09 ±0.59
2-3	1874 10 07	IMOLESE	60	7	5.02 ±0.18
2	1875 03 17 23:51	Romagna sud-orientale	144		5.93 ±0.16
4	1878 03 12 21:36	Bolognese	31	6	5.06 ±0.30
4	1881 01 24 16:14	Bolognese	38	7	5.16 ±0.30
3	1881 01 25 07:06	Bolognese	18		
2	1881 02 14 09:00	Bolognese	21		
3-4	1885 02 26 20:48	SCANDIANO	78	6	5.19 ±0.15
5	1886 10 15 02:20	COLLECCHIO	44	6	4.70 ±0.24

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
3-4		1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
3		1889 03 08 02:57	Bolognese	38	5	4.73 ±0.22
F		1891 06 07 01:06	Valle d'Illasi	403	8-9	5.86 ±0.06
4		1894 11 27 05:07	FRANCIACORTA	183	6	5.07 ±0.10
2-3		1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
4		1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8	5.43 ±0.08
4-5		1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
4		1901 10 30 14:49	Salò	190	8	5.70 ±0.10
F		1904 02 25 18:47	Reggiano	62	6	5.05 ±0.18
F		1904 06 10 11:15	Frignano	102	6	5.03 ±0.18
5		1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
3		1913 11 25 20:55	Val di Taro	73	4-5	4.84 ±0.20
5-6		1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
6-7		1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6	5.02 ±0.22
F		1916 05 17 12:49	Alto Adriatico	132		5.95 ±0.14
6		1918 05 06 08:05	Reggiano	8	5-6	4.52 ±0.69
3		1919 06 29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
5		1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
3		1929 04 10 05:43	Bolognese	87	7	5.03 ±0.13
4-5		1929 04 19 04:15	Bolognese	82		
4		1929 04 20 01:09	Bolognese	109	7	5.34 ±0.13
4		1929 04 22 08:25	Bolognese	41		
4		1929 04 29 18:35	Bolognese	45		
4		1929 05 11 19:22	Bolognese	64		
4		1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7	5.08 ±0.16
4		1950 05 06 03:43	Reggiano	4	4	4.25 ±0.25
4		1951 05 15 22:54	LODIGIANO	154	6-7	5.39 ±0.14
3		1963 07 19 05:45	Mar Ligure	463		6.02 ±0.14
3		1965 11 09 15:35	ALTA V. SECCHIA	32	5	4.74 ±0.25
5-6		1967 04 03 16:36	Reggiano	47	5-6	4.69 ±0.19
4		1967 12 30 04:19	BASSA PADANA	40	6	5.24 ±0.19
6-7		1971 07 15 01:33	Parmense	229	8	5.64 ±0.09
4		1976 05 06 20:00	Friuli	770	9-10	6.46 ±0.09
4		1978 12 25 22:53	Bassa mantovana	28	5	4.22 ±0.22
3		1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
3-4		1980 12 23 12:01	Piacentino	38	6-7	4.60 ±0.09
6		1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF		1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
2-3		1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
6		1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
6-7		1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6	4.66 ±0.12
2-3		1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
6		1996 10 15 09:56	Correggio	135	7	5.41 ±0.09
4-5		1997 05 12 22:13	Reggiano	56	4-5	4.22 ±0.27
3		1997 09 26 09:40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	6.01 ±0.09
4-5		1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
3-4		1999 07 07 17:16	Frignano	32	5	4.70 ±0.09
5-6		2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6	4.43 ±0.09
4		2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	133	6	5.29 ±0.09

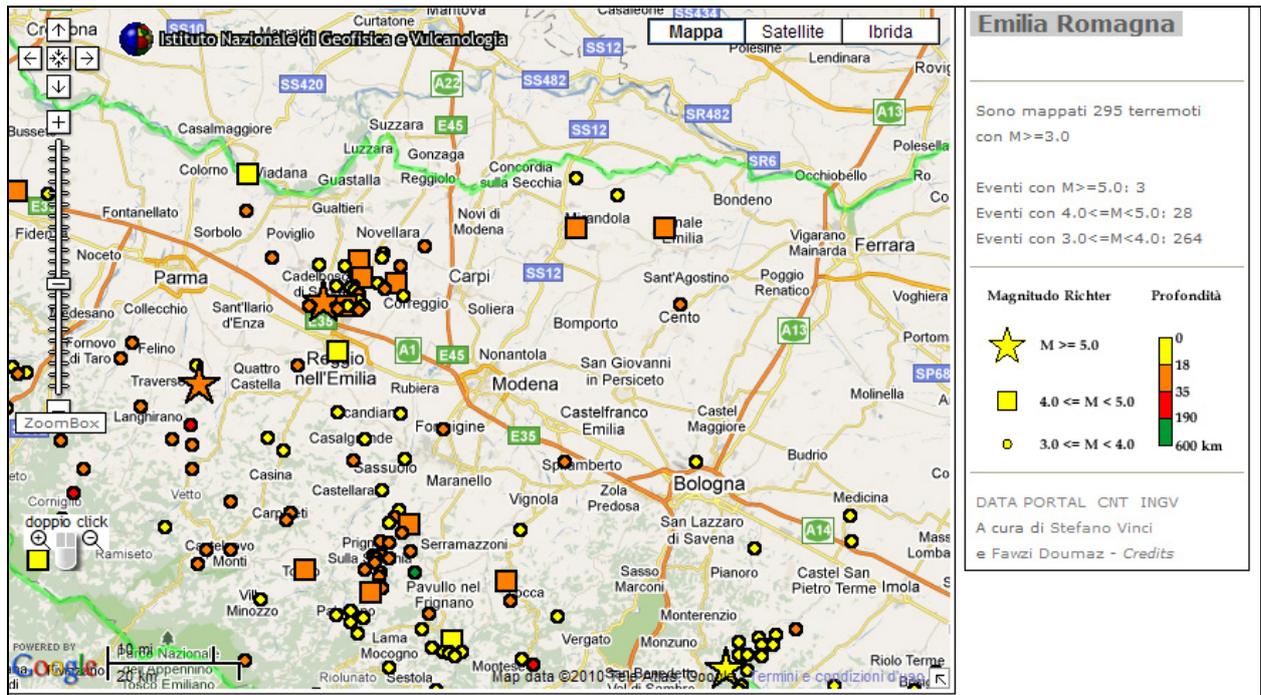


(immagini e tabelle reperite dall'archivio DBMI11, consultabile al sito internet <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>)

Dalle tabelle e dai grafici sopra esposti possono essere tratte le seguenti osservazioni:

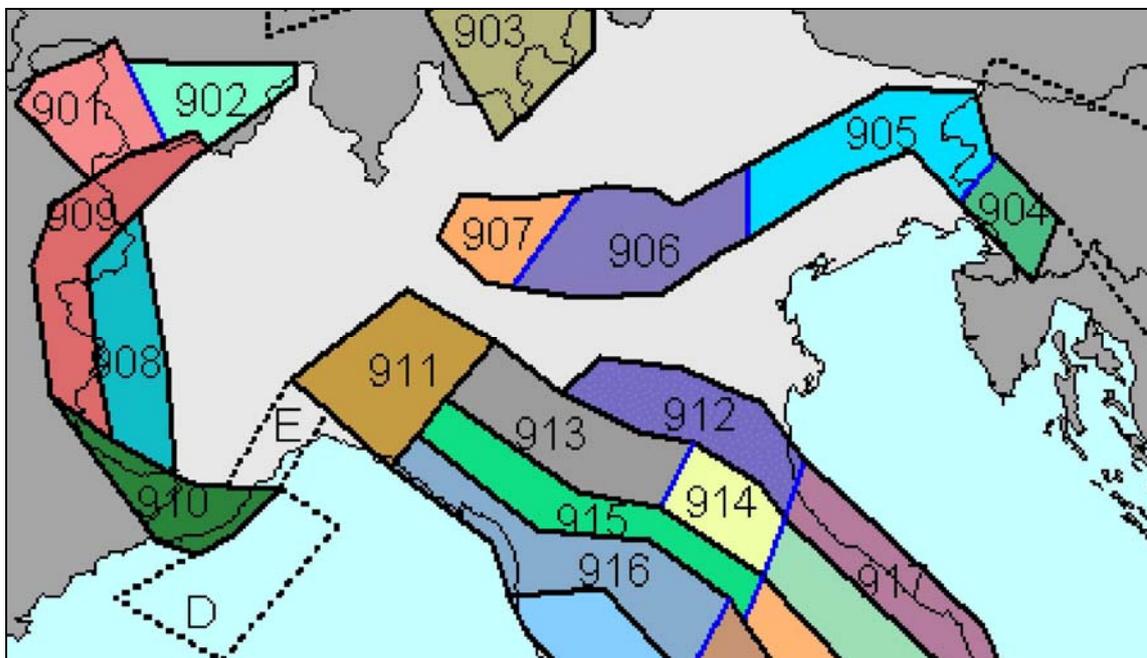
- la storia sismica di Bagnolo in Piano ed il suo intorno ha una discreta testimonianza ed estensione temporale (il primo evento riportato risale al 1222-1249)
- la sismicità è di tipo medio – medio elevato con intensità massime percepite corrispondenti al 7 ÷ 8 grado MCS, corrispondente a magnitudo stimate in 5.5 ÷ 5.6
- le sopradette massime intensità sismiche sono state prodotte da eventi di elevata intensità sismica a piccola distanza, mentre i contributi di sismi ad elevata intensità e distanti contribuiscono in maniera meno importante

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio in analisi hanno origine, per la percentuale maggiore, nei primi 15 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale o crostale.



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

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito comunale di Bagnolo in Piano alla zona sismogenetica 912, zona di dominio della Dorsale Ferrarese e ad una distanza di circa 6 km dal bordo settentrionale della zona sismogenetica 913, dominio delle Pieghe Pedeappenniniche sia Emiliane che Romagnole.



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

La prima di dette fasce rappresenta la porzione più esterna della zona in compressione dell'arco appenninico ed è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori di magnitudo molto elevati.

Le fonti storiche suggeriscono una ripetuta attivazione nel corso dell'Olocene.

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)

La riclassificazione sismica del territorio nazionale NTC 14/09/2005 – OPCM 3274, attribuisce il comune di Bagnolo in Piano alla zona 3 con grado di sismicità, riferito alla previgente normativa sismica, equivalente agli ambiti con S6.

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio emiliano il 20 e 29 maggio 2012 l'area di Bagnolo in Piano, Reggio Emilia, RE, ha subito effetti inferiori al V° grado MCS e non 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 la parte di territorio in analisi i parametri di seguito esposti:

Sito Bagnolo in Piano, capoluogo

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	0,038	2,70	0,091	0,028	0,006
29-05-2012 – 5.8	0,043	2,90	0,125	0,031	0,006
29-05-2012 – 5.3	0,027	2,45	0,066	0,018	0,004
03-06-2012 – 5.1	0,019	1,20	0,040	0,008	0,001

Sito San Tomaso della Fossa

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	0,040	2,84	0,097	0,029	0,006
29-05-2012 – 5.8	0,046	3,06	0,135	0,033	0,007
29-05-2012 – 5.3	0,030	2,67	0,073	0,020	0,004
03-06-2012 – 5.1	0,021	1,32	0,044	0,009	0,001

Sito San Michele della Fossa

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	0,044	3,04	0,102	0,031	0,007
29-05-2012 – 5.8	0,055	3,50	0,143	0,042	0,008
29-05-2012 – 5.3	0,034	2,96	0,080	0,021	0,004
03-06-2012 – 5.1	0,023	1,40	0,046	0,010	0,002

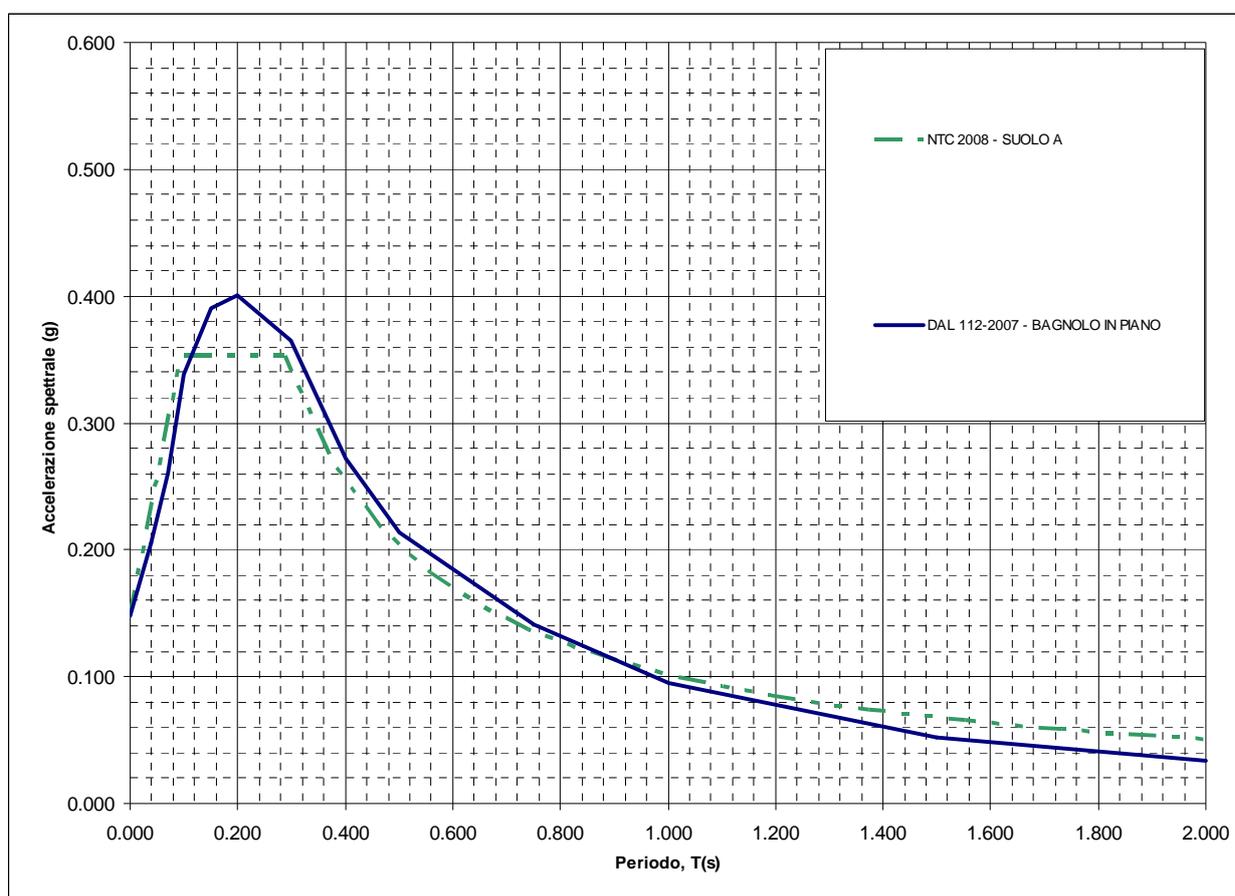
L'evento più gravoso per le strutture site sul territorio comunale è risultato quindi essere quello del **29 maggio 07.00.03 (GMT) $M_L=5.8$** .

I valori di PGA degli eventi sopra elencati sono inferiori a quelli della PGA di progetto della griglia INGV e della tab. 2 dell'allegato 4 DAL 112/2007.

3.1 Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento

La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>) varia nell'intervallo $0,125 \div 0,175g$. Tali dati sono anche stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione della Delibera dell'Assemblea Legislativa n° 112 - 2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica" dove viene indicata una PGA corrispondente a $0,148 g$ 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 Bagnolo in Piano, 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 Campogalliano. 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 dettami delle NTC 2008.

Ai fini delle successive determinazioni è stato considerato lo spettro di risposta a probabilità uniforme proposto dalla Regione Emilia Romagna (DAL RER 112/2007).

4 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio del comune di Bagnolo in Piano 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 dei quali quello più superficiale è di tipo continentale ed quello sottostante di ambiente marino, tra loro separati da una discontinuità correlata ad una fase tettonica. Il più recente di detti insiemi, è suddiviso in due supersintemi, il primo dei quali: Supersintema Emiliano Romagnolo, da oggi a 0,65 Ma¹, a sua volta distinto in due sintemi: Emiliano Romagnolo Inferiore ed Emiliano Romagnolo Superiore, tra loro separati da una discontinuità correlata ad una fase tettonica di rilevanza regionale.

Tale complesso è costituito da depositi alluvionali prevalentemente rappresentati 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.

Tali successioni costituiscono litozone a diverso spessore dei corpi ghiaiosi e differente prevalenza in componenti fini limoso argillose – limoso sabbiose, conseguite alle fluttuazioni climatiche che hanno indotto variabili condizioni di capacità di erosione – trasporto deposito, nel bacino padano negli ultimi 0.45/0.65 Ma. A detto complesso soggiacciono le successioni sabbiose, arenacee, marnoso argillose del Supersintema del Quaternario Marino da 0,65 a 0,9/1,72 Ma (Pleistocene med. Inf.). Tali insiemi coprono le unità inferiori rappresentate dalle formazioni plioceniche – mioceniche – mesozoiche (da 1,72 a 24 – 247, Ma) identificate essenzialmente da depositi di ambiente marino sia costiero che di piattaforma e/o bacinale a faune pelagiche.

Lo spessore dei depositi continentali formanti il Supersintema Emiliano Romagnolo 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 200/400 – 600 e 1000 – 2000 m di profondità. A queste soggiacciono le sequenze litostratigrafiche plioceniche generalmente comprese tra 1000/2000 e 5000/6000 m di profondità che giungono a -7000 ÷ -8500 m pc rispettivamente a nord ed a sud est della Dorsale Ferrarese. Ad esse seguono le successioni dal Miocene al Mesozoico, individuate in base ad analisi geofisiche, sino a -10.000 ÷ -11.000 m dal piano campagna.

L'assetto strutturale del Bacino Padano, come evidenziano le indagini geofisiche e perforazioni eseguite da *AGIP-ENI*, è caratterizzato da una successione pliocenico - quaternaria accresciuta da ovest verso est, a prevalente carattere regressivo, costituita da sabbie e peliti torbiditiche di ambiente marino alla base, che verso l'alto sono sostituite 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.

¹ Milioni di anni.

Tale complesso deposizionale 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 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 e pliocenico, dagli eventi tettonici e subsidenti che hanno coinvolto gli stessi, dalle variazioni del livello medio del mare correlate sia all'apertura del Mediterraneo successiva al *Messiniano* che, ai mutamenti climatici che hanno interessato l'area padana negli ultimi 0.65 Ma.

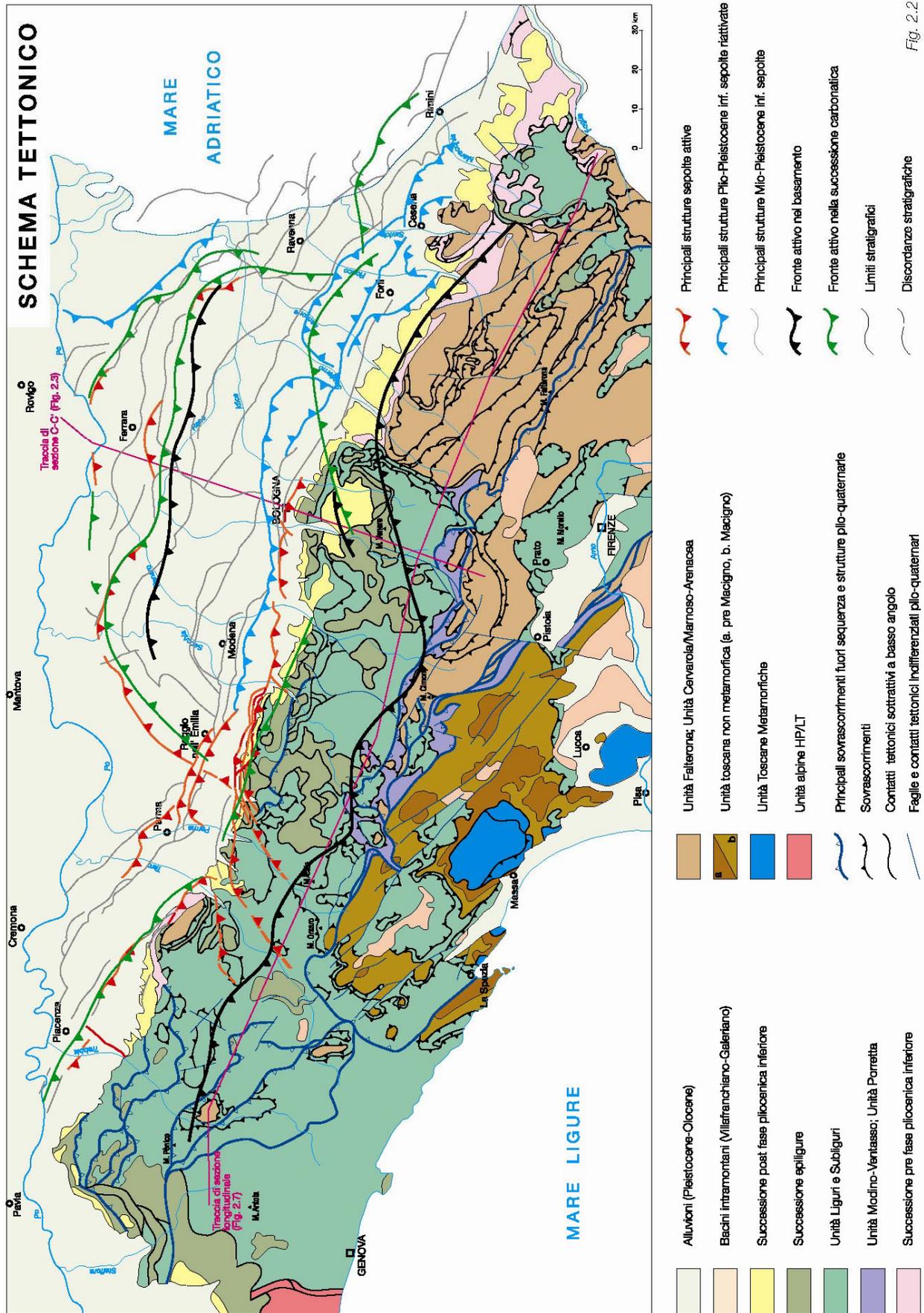


Fig. 2.2

UNITÀ CRONOSTRATIGRAFICHE	ETÀ Ma	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA Ma
QUATERNARIO CONTINENTALE	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE 0.125
QUATERNARIO MARINO	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO
QUATERNARIO MARINO	~0.65	PLEISTOCENE INFERIORE
QUATERNARIO MARINO	~0.8	PLEISTOCENE INFERIORE
QUATERNARIO MARINO	~1.0	PLEISTOCENE INFERIORE
QUATERNARIO MARINO	~2.2	PLEISTOCENE INFERIORE
QUATERNARIO MARINO	~3.3-3.6	PLEISTOCENE INFERIORE MIOCENE

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

ANNI	PERIODI GEOLOGICI	PERIODI STORICI	CIVILTÀ E CULTURE
1.000	STORIA	ALTO MEDIEVO	<ul style="list-style-type: none"> Età Carolingia (800-900) Età Ottoniana (900-1000) Età Romanica (1000-1100)
476		ETA ROMANA	<ul style="list-style-type: none"> Impero (SP...) Età Severiana Età Antoniniana Età Traianiana Età Traianiana Età Augustiana e Claudiana
190	POSTGLACIALE	ETA DEL FERRO	<ul style="list-style-type: none"> Chiesa Etrusca (700-500) Chiesa Etrusca (500-400) Chiesa Etrusca (400-300) Chiesa Etrusca (300-200) Chiesa Etrusca (200-100) Chiesa Etrusca (100-0)
800		ETA DEL BRONZO	<ul style="list-style-type: none"> Cultura della Terracotta
1.000	PREISTORIA	ENEOLITICO	<ul style="list-style-type: none"> Cultura di Pineda (1700-1500) Cultura di Pineda (1500-1000) Cultura di Pineda (1000-500) Cultura di Pineda (500-0)
3.000		NEOLITICO	<ul style="list-style-type: none"> Cultura della Lapice (1000-500) Cultura della Lapice (500-0) Cultura della Lapice (0-500) Cultura della Lapice (500-0)
8.000	PREISTORIA	EPIPALEOLITICO	<ul style="list-style-type: none"> Epipaleolitico (8000-7000) Epipaleolitico (7000-6000) Epipaleolitico (6000-5000) Epipaleolitico (5000-4000) Epipaleolitico (4000-3000) Epipaleolitico (3000-2000) Epipaleolitico (2000-1000) Epipaleolitico (1000-0)
11.000		PALEOLITICO SUPERIORE (I)	<ul style="list-style-type: none"> Madrienero (18.000-10.000) Madrienero (10.000-5.000) Madrienero (5.000-0) Madrienero (0-5000) Madrienero (5000-0) Madrienero (0-5000) Madrienero (5000-0) Madrienero (0-5000)
15.000	PREISTORIA	PALEOLITICO MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> Musteriense Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
20.000		PALEOLITICO INFERIORE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
25.000	PREISTORIA	INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
30.000		INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
35.000	PREISTORIA	INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
40.000		INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
45.000	PREISTORIA	INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
50.000		INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
55.000	PREISTORIA	INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
60.000		INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
65.000	PREISTORIA	INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
70.000		INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
75.000	PREISTORIA	INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
80.000		INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
85.000	PREISTORIA	INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
90.000		INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
95.000	PREISTORIA	INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum
100.000		INTERGLACIALE	<ul style="list-style-type: none"> Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum Adriaticum

Da: AA.VV. Prov. RE, 1989

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), sviluppatasi in prevalenza nell'area piacentino - lombarda, e nel Pliocene inferiore e medio (3.9 - 2.2 Ma) che hanno maggiormente coinvolto la zona emiliano - romagnola.

A questi sono seguite altre importanti fasi quali quella del Pleistocene medio (0.8/0.65 Ma bp) che ha indotto il rapido spostamento della fascia di transizione tra la scarpata sottomarina e la piana bacinale verso nord est - est, quella del *Pleistocene med. Sup* (0.45/0.6 Ma bp) e la fase che individua la suddivisione tra AEI ed AES attivatasi tra 0.26 e 0.22 Ma b.p.

I processi in narrativa (che hanno generato microbacini a diversi spessori e configurazioni) hanno condizionato la conformazione dei depositi quaternari, alluvionali e marini costieri, contraddistinti da assetti che ricalcano l'andamento del substrato prepliocenoico attenuandone le geometrie, come evidenziano gli assetti blandamente antiformali della base delle unità alluvionali sedimentatesi negli ultimi 800.000 anni (AEI) e 400.000 anni (AES) e nelle aree più prossime alle zone di culminazione della Dorsale Ferrarese, ultimi 125.000 anni (AES7).

I conseguiti diversi spessori dei materiali depositi 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 delle fasce di asse di anticlinale che hanno diversamente influenzato il grado di possibilità di consolidazione dei terreni. Queste condizioni più o meno influenzate da fasi tettoniche, in taluni casi hanno indotto, in circoscritte aree, accentuazioni dei fenomeni subsidenti ai quali si è associato, localmente, lo svilupparsi di faglie distensive che non giungono in superficie e sono sigillate dall'unità AES7.

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

4.1 Caratteri sismotettonici

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

Dette pieghe rappresentano un elemento strutturale sensibilmente complesso caratterizzato da un'intensa tettonizzazione (Dorsale Ferrarese) che ha determinato un notevole innalzamento del substrato carbonatico mesozoico che presso Novi (MO) - Camurana si rinviene già da 215-310 m dal piano campagna (p.Novi, 4bis, 1952 - p. Cavone di Carpi 2, 1978).

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

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

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

Nel contesto dell'evoluzione del bacino sedimentario padano, contraddistinto in detto periodo da processi distensivi, 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 planiziale 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 che si estende in direttrice sud ovest - nord est, circa secondo l'allineamento Villa Sesso - Bagnolo in Piano - S. Giovanni della Fossa - Campagnola Emilia - Fabbrico - Rolo - Concordia s. Secchia.

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 anti appenninica, 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 essa si evidenzia una fascia a direzione sud ovest - nord est ad occidente del suddetto capoluogo, a distanza di 4-5

Km, che circa tra Fosdondo e S. Michele della Fossa interseca un'altra zona di frattura con orientamento est - sud est – ovest nord ovest che con tutta probabilità, in rapporto all'assetto delle isobate del tetto del Pleistocene superiore, si estende anche in direzione sud est assecondando l'andamento della via Fosdondo sino all'omonima frazione. In verso occidentale, ad ovest di S. Michele della Fossa, detta fascia si associa ad una zona ad intensa fratturazione che si sviluppa in senso sud ovest – nord nord est.

Nella zona orientale della media pianura reggiana, 10 km ad est di Bagnolo in Piano, al confine del territorio di Carpi con i comuni di Correggio e Rio Saliceto, l'analisi delle stratigrafie dei pozzi perforati per profondità superiori a -120/-140 m pc, indica discontinuità nei corpi sabbiosi che soggiacciono alle sopraindicate quote; tali condizioni trovano riscontro in prospezioni geofisiche effettuate nell'area in narrativa. Dette caratteristiche sono correlabili ad una fascia di faglia diretta per processi distensivi, sigillata dai depositi delle sequenze dell'AES7 e parte medio sommitale della successione AES.

Tal zona di faglia pare che oltre ad interessare le sequenze dei depositi alluvionali della parte basale AES, coinvolgono tutta la sequenza di AEI ed anche parte del *Pliocene inferiore*, raggiungendo profondità di almeno -2000/-2500 m dal piano campagna, attribuendo dette linee tettoniche, in rapporto al contesto strutturale locale, a faglie distensive di "collasso crestale" (F.C. Molinari, 2014) che hanno indotto rigetti stimabili in 40/50 m.

La fascia di sottosuolo interessata da tali fratture tettoniche, ad orientamento antiappenninico, si estende in direzione sud nord circa dall'estremità nord orientale del confine comunale di Correggio: area tra Migliarina e Colombara e si allunga a settentrione in direzione dell'intersezione s P. Rio Saliceto- Rolo / Cavo Bondione interessando il sottosuolo all'estremità nord orientale dell'area comunale di Rio Saliceto e la fascia di confine tra i comuni di Fabbrico e Rolo.

Il settore del territorio, nel cui sottosuolo sono presenti le sopracitate faglie distensive, evidenzia l'assenza di ripercussioni in superficie di processi correlabili a fagliazione; tale condizione è inoltre in accordo con la continuità laterale delle geometrie deposizionali delle successioni sommitali di AES e di tutta la sequenza AES7.

Le analisi di microzonazione nel territorio di Bagnolo in Piano hanno evidenziato un elevato grado di corrispondenze delle fasce di territorio contraddistinte dai valori dei fattori di amplificazione sismica maggiori negli intervalli $0.3 < T < 0.5$ sec. con le zone del sottosuolo nelle quali sono presenti le principali linee di sovrascorrimento che interessano le isobate della base del Pliocene e che nell'area di S.Michele della Fossa coinvolgono il Pliocene medio rinvenibile tra 1120 e 1150 m pc.

Le condizioni che identificano aree a diversi gradi di risentimento sismico in superficie individuano una suddivisione dell'area comunale in due zone una occidentale ed una orientale.

Il settore ovest, sito ad occidente dell'allineamento: Bagnolo Capoluogo – Pieve Rossa – Incrocio via Pioppa/via Ronchi, denota fattori di amplificazione dell'intensità sismica < 2 , mentre il settore orientale, ad est del suddetto allineamento è caratterizzato da $FAIS > 2$.

4.2 Aspetto 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 Sole 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 determinato condizioni differenziate nelle geometrie degli ambienti deposizionali ai quali sono conseguiti diversi spessori delle unità alluvionali.

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

4.3 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 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 bp) e nel Pleistocene medio (0,8 e 0,65 Ma) e med sup (tra 0,45 e 0,6 Ma bp e tra 0,22 e 0,26 Ma bp) che nell'area reggiano - parmense sono probabilmente collegati 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 instaurarono 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 variazioni delle condizioni dei bacini sedimentari nel tardo Pleistocene sarebbero confermate dalla ridotta profondità della base dell'Olocene (10.000 / 12.000 anni bp) che ad occidente di Reggio Emilia e zone a settentrione della stessa, corrisponde circa a 10 ÷ 15/20 m ed aumenta in direzione orientale, attestandosi a 15 ÷ 20/25 m nelle zone a settentrione di Modena e con l'avvicinarsi al bolognese tende ad approfondirsi ulteriormente.

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.

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, denotano l'attività degli sovrascorrimenti sepolti delle Pieghe Ferraresi, evidenziati dalle geometrie arcuate della base delle sequenze alluvionali della parte medio basale di AES e di quelle di AEI.

In queste ultime sono localmente presenti dislocazioni che in funzione dell'assetto strutturale della zona sono correlabili a faglie dirette di "collasso crestale", (F.C.Molinari, 2014) che in rapporto ai cicli deposizionali che interessano A3-A4, sono attribuibili alla fase di attività tettonica del Bacino Padano sviluppatasi tra 220.000 e 260.000 anni bp. (cfr. *Risorse Idriche sotterranee e della Provincia di Ferrara*, 2007; F.C. Molinari et Alii).

L'assetto delle strutture profonde visualizzato nella *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (M. Boccaletti – L. Martelli; 2004) indica attività della linea di sovrascorrimento, al bordo occidentale della Dorsale Ferrarese, orientata sud ovest – nord est circa da Cadelbosco di Sopra – Cadelbosco di Sotto – Novellara ovest – Fabbrico, e dei fronti di accavallamento della successione Carbonato Mesozoica e del Basamento, nel settore formante la 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 San Martino in Rio, 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 flessione in senso sud ovest, si dirige verso Canolo per poi riassumere orientamento nord est in direzione di Rio Saliceto – Fossoli, estendendosi in verso di 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.

L'interazione tra queste e la parte più esterna della Struttura di Bagnolo (rampa laterale delle Pieghe Ferraresi interne) ha manifestato influenze che hanno determinato sollevamenti negli ultimi 0,3 ÷ 0,2 Ma, e con tutta probabilità anche in epoche successive come suggerisce la diversione verso occidente del T. Enza, conferma ulteriormente l'attività sismica del territorio in oggetto.

In tali aree l'attività dei sollevamenti delle strutture trova riscontro nei minori tassi di abbassamento, < 1 cm anno, rispetto alle fasce di Pianura più ad oriente: est 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; 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, 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 Rio Saliceto alla zona 3 con grado di sismicità equivalente agli ambiti S6.

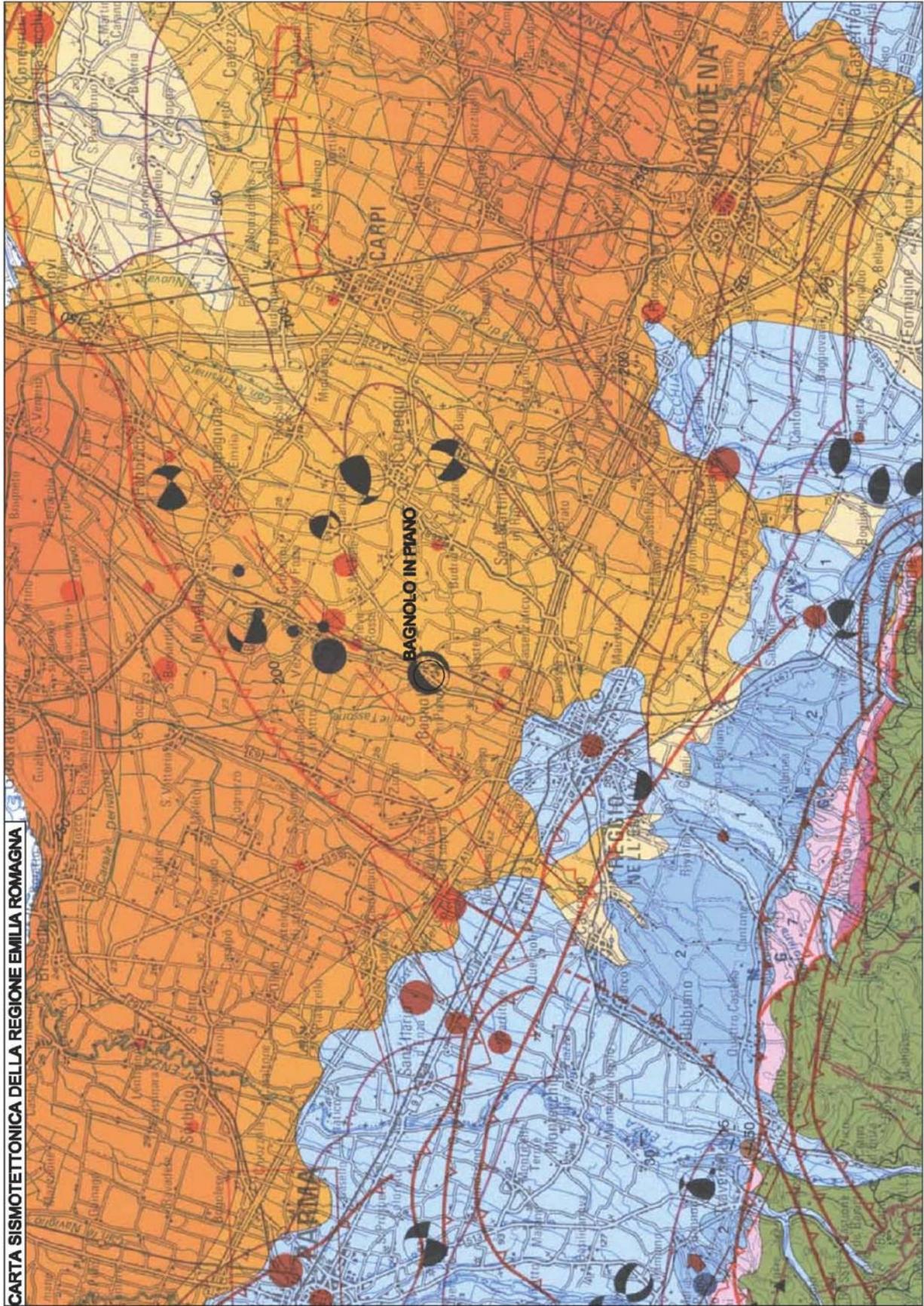
I valori di a_g elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di a_g . Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>), attribuiscono, alla fascia territoriale a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

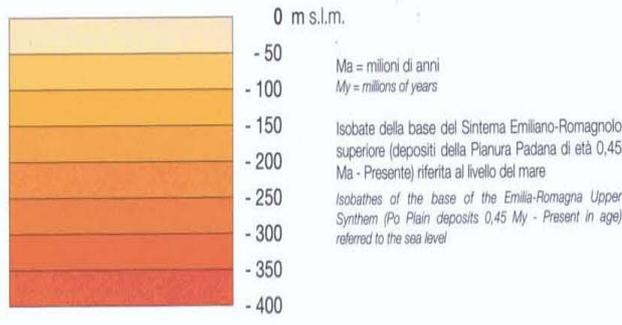
$$\text{Rio Saliceto } a_g = 0,143 \div 0,150 \text{ g}$$

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

Il valore della a_g di riferimento riportato nell'allegato A4 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n°112/2007, corrisponde, per il comune di Rio Saliceto, a:

$$a_{\text{ref}} = 0,147 \text{ g}$$





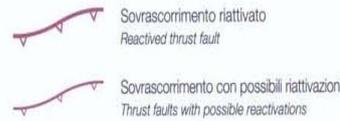
- 1** Depositi di conoide e alluvionali intramontani (Pleistocene medio-Olocene, 0,8 Ma - Presente)
Alluvial fan and intramountain alluvial deposits (Middle Pleistocene-Holocene, 0,8 My - Present)
- 2** Depositi alluvionali terrazzati della Pianura Padana (Pleistocene medio e superiore, 0,8- 0,01 Ma)
Po Plain terraced alluvial deposits (Middle and Late Pleistocene, 0,8 - 0,01 My)
- 3** Sabbie di Imola (Pleistocene medio, 0,8 - 0,65 Ma)
Imola Sands (Middle Pleistocene, 0,8 - 0,65 My)
- 4** Sabbie gialle (Pleistocene inferiore, 1 - 0,8 Ma)
Yellow sands (Early Pleistocene, 1 - 0,8 My)
- 6** Depositi marini post fase Pliocene inferiore (zona a G. Puncticulata) (Pliocene inferiore-Pleistocene inferiore, 4,5 - 1 Ma)
Post Early Pliocene (G. Puncticulata zone) tectonic phase marine deposits (Early Pliocene -Early Pleistocene, 4,5 - 1 My)
- 7** Depositi lagunari e marini compresi tra le fasi tettoniche del Messiniano superiore e del Pliocene inferiore (zona a G. Puncticulata) (6,3 - 4,5 Ma)
Late Messinian-Early Pliocene (G. Puncticulata zone) lagoonal and marine deposits (6,3 - 4,5 My)
- 10** Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri (Giurassico - Miocene, 205 - 6,8 Ma)
Ligurian, Subligurian and Epiligurian Units (Jurassic - Miocene, 205 - 6,8 My)

Strutture sepolte Buried structures

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of surface morphological data and subsol geological data



Fronti dei principali sovrascorrimenti di età Pliocene-Pleistocene inferiore (4,5 - 1 Ma) (da Structural Model of Italy, 1:500,000)
Fronts of the main Pliocene-Early Pleistocene thrust faults (4,5 - 1 My) (from Structural Model of Italy, 1:500,000)



Epicentri dei terremoti Earthquake epicenters

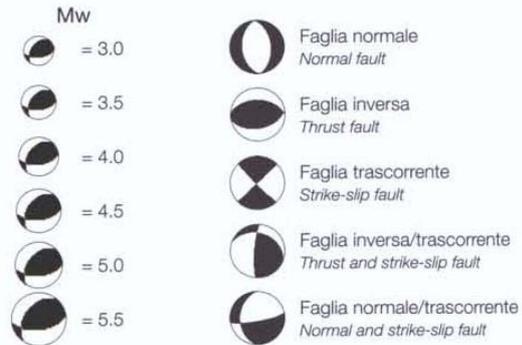
strumentali
instrumentals



macroismici
macroseismics



Meccanismi focali Earthquake focal solutions



Strutture affioranti Outcropping structures

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfostrutturale (M) e/o geologica (G)
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphostructural (M) and/or geological (G) data



Strutture plio-quadernarie (4,5 - 1 Ma)
Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)



4.4 Subsidenza

I fenomeni subsidenti nel territorio di Bagnolo in Piano 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 dell'assetto del substrato pliocenico e prepliocenico; a tali condizioni si sommano gli effetti correlati alle estrazioni di fluidi dal sottosuolo.

Questi ultimi interessano prevalentemente i primi 100/200 – 250 m del sottosuolo ed hanno determinato abbassamenti dei terreni in superficie di $1 \div 1,5$ cm anno, con valori minimi nella parte a settentrione del capoluogo e massimi relativi nel territorio a meridione al confine con il comune di Reggio Emilia.

Tali fattori trovano corrispondenza nella variabilità in spessore e geometrie dei complessi acquiferi che formano i primi 300 \div 400 m del sottosuolo con le linee di uguale abbassamento del terreno (isocinetiche) relative al periodo 1992/2011 corrispondenti a 10/15 mm/anno (Arpa.RER; [www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp? Id2051 2](http://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 nel settore più prossimo alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese dove equivalgono a 60 \div 70 m e tendono ad aumentare in potenza in direzione sud ed ovest con incrementi relativi equivalenti sia in verso meridionale che occidentale meridionale che assumono spessori di 70 \div 90 m.

Dette caratteristiche si rimarcano anche in verso ovest est, evidenziando spessori medi 70 m nelle zone occidentali del territorio di Bagnolo in Piano dove isobate del substrato prepliocenico si approfondiscono a -3.5 \div -4 km dal p.c.; d'altra parte nel settore orientale (S.Michele) nel quale è presente la fascia assiale della Dorsale Ferrarese, il tetto del Pliocene si rinviene a -1.05 \div -1.2 km pc ed il substrato prepliocenico a circa -2.5 km dal p.c., le potenze corrispondono a 50 \div 60 m.

Caratteristiche simili, con deformazioni più accentuate e spessori più differenziati evidenziano le unità che costituiscono la parte medio basale del Sistema AES (cicli A2 – A3 – A4) le cui disposizioni, nella zona di Bagnolo I.P. sono state condizionate sostanzialmente dai cambiamenti climatici del bacino padano da 125.000 a 400.000 anni b.p. Queste ultime nei settori orientali al confine con il comune di Correggio, zona di pertinenza dell'asse della Dorsale, indicano la presenza della base dell'AES a -180 \div -200 m p.c., nelle zone occidentali si rileva un abbassamento a profondità di -220 \div -240 m pc; in direzione sud nord si riscontrano caratteristiche equivalenti, anche se con variazioni di profondità meno pronunciate, con soggiacenze della base AES, che passano da -190 \div -200 m pc a nord a -220 \div -230 m a sud – sud ovest.

Nel settore all'estremità orientale – nord orientale del territorio tra i cavi Tassone e Tresinaro e l'Autostrada del sole e Cavo Parmigiana Moglia, zona nord est del Carpigiano, la base dell'AES assume le profondità relative minori: -120/-150 m pc e denota approfondimenti in verso orientale. Le differenze di profondità tra le zone di Correggio – Rio Saliceto e Carpi: -200/-230 m pc e le sopraindicate di Carpi nord est, desunte da profili sismici a riflessione e

stratigrafie di perforazione per pozzi, sono con tutta probabilità correlabili a processi di faglia (F.C. Molinari, 2014).

Questi ultimi non si trasmettono in superficie e sono sigillati dai depositi del subsistema AES7 e parti superiori del sistema AES, nei quali sono assenti.

Analoghe caratteristiche di variazione di spessori ad assetto geometrico evidenziano le unità del Sistema 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 Sistema nel territorio di Bagnolo in Piano è rinvenibile a -300 ÷ -320 m p.c. nelle zone orientali (asse dorsale) ed a -350 ÷ -400 m p.c. nei settori occidentali.

Oltre ai sopradescritti processi di tipo naturale, nel territorio di Bagnolo in Piano le rilevazioni della rete regionale di monitoraggio della subsidenza di ARPA.ER. documentano isocinetiche di abbassamento di 1 – 1,5 cm/anno con incremento dei valori a 2 cm/anno nelle zone a meridione del capoluogo, nel periodo 1992-2011.

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. Quanto esposto è confermato da recenti studi delle caratteristiche isotopiche delle acque sotterranee della Pianura Padana emiliana (G. Martinelli et alii, 2014) dai quali risulta che una consistente parte delle acque presenti nel sottosuolo è stata immagazzinata in periodi precedenti ad 8000 anni bp contraddistinti da condizioni climatiche più fredde di quelle attuali.

Le sopraccitate rilevazioni ARPA. ER, documentano una fascia estesa sud ovest nord est che asseconda l'andamento della strada della Beviera dal capoluogo a S. Michele della Fossa, con abbassamenti relativi maggiori: 1,5 cm, rispetto ai settori ad oriente e ad occidente di detta strada.

Considerando che in tale zona del territorio comunale gli spessori del Supersistema Emiliano Romagnolo assumono localmente i valori minori e che il substrato pliocenico si rinviene alle profondità minori (1050 – 1120 – 1550 m) e che sono presenti campi pozzi per idrocarburi, si evince una concausa sugli effetti di subsidenza, di entità molto modesta, delle estrazioni di idrocarburi del sottosuolo effettuate in passato.

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 in disequilibrio con le potenzialità dell'acquifero freatico.

5 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Il territorio di Bagnolo In Piano appartiene alla fascia della Media Pianura Padana Appenninica costituitasi tra l'area dei coni alluvionali pedeappenninici, zone a nord della Via Emilia, e l'area di dominio del Po, fascia territoriale a settentrione di Novellara – Fabbrico – Novi di MO, colmata dai depositi dei fiumi appenninici.

Questi ultimi nelle zone di pianura svolgono prevalentemente un'azione sedimentante, con possibilità di libera espansione delle acque sulle aree circostanti in occasione delle piene.

In dette condizioni, nei corpi di canale fluviale, i materiali si distribuiscono in modo che quelli più grossolani: le sabbie, formino, oltre alle barre, le sponde naturali d'alveo, 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.

Ne consegue che le distribuzioni, litologiche di superficie evidenziano nelle componenti granulometriche sabbiose, ambienti sedimentari ad energia idrodinamica discretamente alta, tratti di canale fluviale, d'altra parte le aree costituite da litotipi argilloso limosi definiscono settori di bassa energia a sedimentazione lenta concordanti con ambienti palustri.

Da ciò si evince che i corsi d'acqua naturali, una volta raggiunto un determinato livello sui terreni a loro circostanti, tendono ad esondare in occasione di variazioni climatiche con forti aumenti delle piovosità, mutando il loro corso, colmando così le aree più depresse di infralveo. In queste ultime si ha inoltre un contributo all'incremento del dislivello tra fiume e piana poiché i sedimenti fini che le costituiscono sono soggetti a costipamenti di entità maggiori rispetto ai litotipi formanti i corpi d'alveo.

Il modello d'accrescimento generale e graduale della pianura, caratterizzato da una condizione di equilibrio dinamico, è stato fortemente influenzato dall'azione dell'uomo, che, per cautelarsi dalle alluvioni, 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 Bagnolo In Piano.

Infatti è presente una conformazione pianeggiante con ondulazioni ad ampio raggio allungate in senso sud ovest - nord est e sud nord che si caratterizzano con un dosso topografico estendentesi in modo sub parallelo all'asse ferroviario Reggio - Mantova.

L'assetto morfologico di Bagnolo In Piano è inoltre movimentato da altri dossi minori.

Dette strutture topografiche, le componenti litologiche e le caratteristiche del microrilievo palesano una loro genesi legata ad antichi tracciati di canale fluviale naturale, come evidenziato nella carta geomorfologica allegata al QC. PSC 2008 che denota un orientamento prevalente degli antichi percorsi fluviali estinti in senso sud - nord.

Questi ultimi conseguono dalle divagazioni fluviali dei fiumi appenninici e del Po, 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 percorsi fluviali estinti presenti nel territorio di Bagnolo in Piano sono attribuibili 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), nelle zone di media pianura sembra coincidesse (M. Cremaschi, A. Marchesini; 1980) per un tratto con gli attuali percorsi del T. Rodano e del

Canalazzo Naviglio Tassone. Successivamente deviando verso oriente confluiva al Po nei pressi di Bondeno di Ferrara (Veggiani, 1974).

L'assetto geomorfologico del territorio di Bagnolo in Piano presenta caratteristiche differenziate tra il settore centrale e quelli occidentali e sud orientali.

Il primo è contraddistinto da quote mediamente comprese tra 28 e 31 m slm e con pendenze trasversali generalmente variabili tra $3 \div 4/5$ ‰ e longitudinali di $1 \div 1.3$ ‰ ed è costituito dalle unità di canale fluviale, estinte, e fasce ad esse latitanti; in dette zone sono presenti alternanze che contengono strati sabbiosi lentiformi con spessori che variano da $2 \div 3$ m a $5 \div 6$ m e si assottigliano in senso trasversale (ovest - est) più o meno gradualmente, con incremento nelle percentuali rappresentate limoso sabbiose – limoso argillose che sostituiscono progressivamente le componenti più grossolane sino a diventare nettamente prevalenti.

I settori nord occidentali, occidentali centrali e meridionali occidentali, sono contraddistinti da quote comprese tra 23 e 29 m slm e nelle aree ad ovest della sP n° 3 Reggio-Novellara assumono pendenze $0,6 \div 1.0$ ‰ con acclività orientata a nord; in tali zone nei primi $10 \div 15$ m del sottosuolo prevalgono nettamente componenti argillose – argilloso limose, di medio elevata plasticità, correlabili ad ambienti a sedimentazione molto lenta, sede di stagnazione palustre, attribuibili alle valli di pianura.

Nelle zone ad oriente della sP. n° 3 le quote variano tra 28 e 32 m slm con pendenze del $1,2 \div 1,6$ ‰, declinano in verso settentrionale e nella parte orientale centro meridionale sono prevalentemente formati da argille – argille limose di ambiente vallivo pianiziale.

6 IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

Il reticolo idrografico superficiale è costituito dalla rete della Bonifica dell'Emilia Centrale formata dai cavi e canali artificiali, appartenenti al bacino di scolo del fiume Secchia, che nel territorio di Bagnolo in Piano appartiene al sistema di scolo delle acque alte.

Il reticolo idrografico consegue da una serie di successive modificazioni antropiche del sistema scolante superficiale iniziate dagli Etruschi e continuate, con fasi alterne, dai Romani, dai Benedettini, dal marchese Cornelio Bentivoglio ed infine dall'Ente di Bonifica Parmigiana Moglia. Quest'ultima, tra il 1920 ed il 1926, ha realizzato gli interventi che hanno consentito il recupero, per il tessuto produttivo agricolo, di vaste porzioni territoriali della media e bassa pianura.

Il sommarsi di tali agenti ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti orientato prevalentemente in senso SW - NE nel quale i cavi di scolo principali, oltre al torrente Tassone, sono i canali Bondeno e Diversivo Bresciana che raccolgono, ad est e ad ovest del Comune, le acque superficiali ad essi convogliate da una rete di canali minori. Tali assi idrici confluiscono al Collettore Acque Basse Reggiane che, a sua volta si riversa nel Canale Emissario dal quale le acque giungono successivamente all'Impianto di Sollevamento di S. Siro.

Analizzando la rete idrica superficiale si osservano differenze nell'organizzazione degli scoli minori, in funzione della parcellizzazione agraria, conseguente a preesistenze morfologico strutturali territoriali. Queste ultime possono coincidere con aree di antica sistemazione fondiaria che sfruttava tratti di antichi drenaggi naturali evidenziati da tracciati sensibilmente sinuosi.

In tale contesto assume una particolare importanza la qualità delle acque immesse in questi tratti di rete poiché le condizioni idrologiche - geomorfologiche determinano un interscambio tra le acque dei cavi e canali e la falda freatica sensibilmente attivo. Per quanto riguarda il confronto tra i bacini idrografici superficiali e quelli idrogeologici della falda freatica si osserva che frequentemente non si ha corrispondenza tra le zone di spartiacque superficiali e quelle degli assi idrici sotterranei principali.

In relazione all'efficienza attuale della rete di bonifica si riscontra un grado carente. Tale fatto consegue da varie cause quali le modificate condizioni del tessuto urbano ed agrario rispetto ai tempi della progettazione, 1920 - 1926, ed al progressivo dissesto idrogeologico dei bacini montani. Oltre a ciò alcuni assunti sui quali è stata basata la precedente progettazione, come la possibilità di scarico a campagna delle acque nei periodi di troppo pieno dei cavi e canali, non sono oggi più accettabili. Infatti sia gli insediamenti civili ed industriali che le pratiche agricole non consentono più la sommersione di aree per periodi di 24 ÷ 48 ore a causa delle forti perdite economiche conseguenti. Sempre in tale contesto si è avuto, negli ultimi 20 ÷ 40 anni, un sensibile aumento dei coefficienti idrometrici, una diminuzione dei tempi di corrivazione ed un abbassamento differenziale del piano campagna che ha raggiunto anche i 40 ÷ 50 cm. Quest'ultimo ha generato gradi di rischio all'esonazione sensibilmente diversi in relazione alla rete idrica superficiale. Infatti i cavi delle acque alte sono generalmente pensili e di conseguenza una tracimazione degli stessi può innescare rotture

arginali alle quali conseguirebbero fenomeni di alluvione simili a quelli dei fiumi naturali.

In base a quanto esposto si osserva che, a tratti, la rete di scolo idrico superficiale non soddisfa le esigenze idrauliche del territorio, data la presenza di aree a difficoltoso drenaggio e di zone ad irrigazione carente. Ne consegue che necessiterebbero interventi di adeguamento del sistema scolante superficiale.

Per quanto riguarda i fenomeni di esondazione avvenuti in passato, si riscontra che la prevista sistemazione idraulica dei cavi e canali renderà meno probabile il ripetersi di alluvioni sui settori meridionali e centrali del comune. In relazione a ciò si osserva comunque che gli interventi di regimazione idraulica di tale rete dovranno proseguire nel tempo ed essere continuamente aggiornati.

Analoga considerazione di adeguamento è estendibile alla rete fognaria urbana, localmente contraddistinta da ambiti di insufficienza come hanno evidenziato i fenomeni di allagamento in occasione di piogge critiche verificatisi nel capoluogo.

Le zone di maggior criticità si riscontrano nell'area centro settentrionale, circa tra il Quartiere Soave e Via Guido Da Bagnolo.

La riprofilatura di alcuni assi idrici superficiali, recentemente attuata, come per il fosso che si estende sub parallelamente a via Fornaci, hanno in parte mitigato gli effetti di ambiti ad insufficienza idraulica. Tali lavori effettuati sulla rete scolante nel territorio, richiedono comunque ulteriori adeguamenti, come ad esempio per il Cavo Ariolo, in funzione degli interventi urbanistici degli ultimi 10 anni che hanno determinato l'incremento delle aree impermeabilizzate.

6.1 Rischio idraulico

L'analisi relativa agli eventi di esondazione o allagamento in occasione di piogge critiche è stata attuata in base ai dati pubblicati dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, congiuntamente ad un dipendente della stessa residente a Bagnolo in Piano, ai censimenti di tali fenomeni effettuati dall'Ufficio Tecnico Comunale dal 1986 al 2000. Oltre a ciò si è fatto riferimento all'assetto topografico e geomorfologico del territorio comunale.

In relazione agli eventi di allagamento successivi al 1986 si sono adottate diverse simbologie distinguendo le aree esondate da quelle allagate in occasione di piogge critiche. Per quanto riguarda i valori di queste ultime si sono assunti quelli con intensità maggiore di 40 mm/ora.

Le differenti visualizzazioni grafiche derivano dai diversi effetti prodotti da detti fenomeni. Infatti tracimazioni ed esondazioni da cavi e canali possono indurre spessori della lama d'acqua superiori a $0,5 \div 0,6$ m, allagamenti per piogge critiche determinano generalmente altezze del battente idrico inferiori a 0,2 m. Ne consegue che limitate sopraelevazioni di $0,4 \div 0,6$ m rispetto al piano campagna esistente determinano condizioni di sicurezza nei confronti di piogge critiche mentre per fenomeni di esondazione necessitano sopraelevazioni non inferiori a $0,8 \div 1,0$ m.

Nell'ambito di tali problematiche è inoltre opportuno l'utilizzo di tecniche ed accorgimenti rivolti a limitare gli incrementi di carico idrico sulla rete di scolo superficiale

conseguenti all'aumento della superficie impermeabilizzata nelle aree di nuovo insediamento.

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

- Nelle aree di nuovo insediamento 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., può determinare il formarsi di battenti idrici con altezza superiore a 0,4 m in occasione di piogge critiche.
- Per evitare incrementi di carico idraulico negli assi di scolo superficiale conseguenti all'aumento di aree impermeabilizzate nei nuovi siti di urbanizzazione, è opportuno eseguire idonee aree di ritenzione delle acque piovane; queste ultime saranno gradualmente restituite alla rete idrica superficiale dopo un adeguato intervallo di tempo dalla fase di piena della rete di scolo superficiale.

Le aree di laminazione o "vasche di prima pioggia" potranno essere costituite da superfici di terreno depresse rispetto ai settori circostanti collegate con idoneo scarico, regolamentato, alla rete idrica di superficie.

In relazione al grado di efficienza dei corpi arginali nei settori all'intorno delle aree insediate, 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, operati dal competente Consorzio di Bonifica, mantengono in essere l'adeguata efficacia delle arginature dei canali.

Per quanto riguarda l'evento esondante del 1979 che ha coinvolto il Comune di Bagnolo In Piano, si riscontra che i massimi assoluti di piovosità, avvenuti il 19/08/79, corrispondenti a 180 mm, si sono verificati in un periodo nel quale i cavi e canali erano al massimo delle capacità di invaso per soddisfare le esigenze di irrigazione e quindi nell'impossibilità di ricevere acque per lo scolo.

La ricettività delle acque di pioggia è altresì soddisfacente nei periodi ad elevata piovosità: Ottobre e Novembre (cfr. fig. 1 e 2) nei quali inoltre le medie annuali ed i massimi mensili (cfr. fig. 3) sono superiori a quelle di agosto.

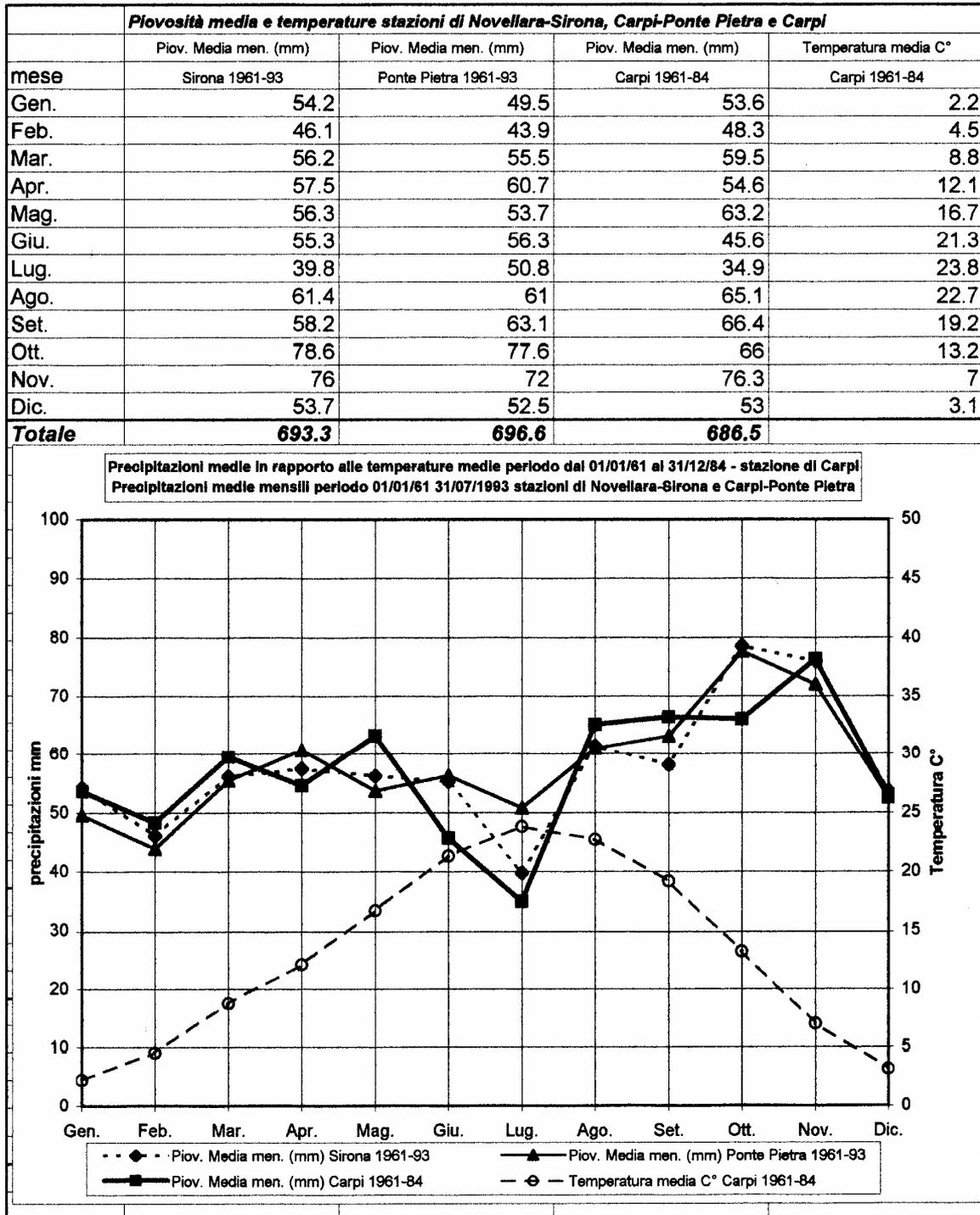


Figura 1a - Bagnolus e Gaussen

Precipitazioni medie in rapporto alle temperature medie periodo dal 01/01/61 al 31/07/93 - Novellara - Reggio Emilia

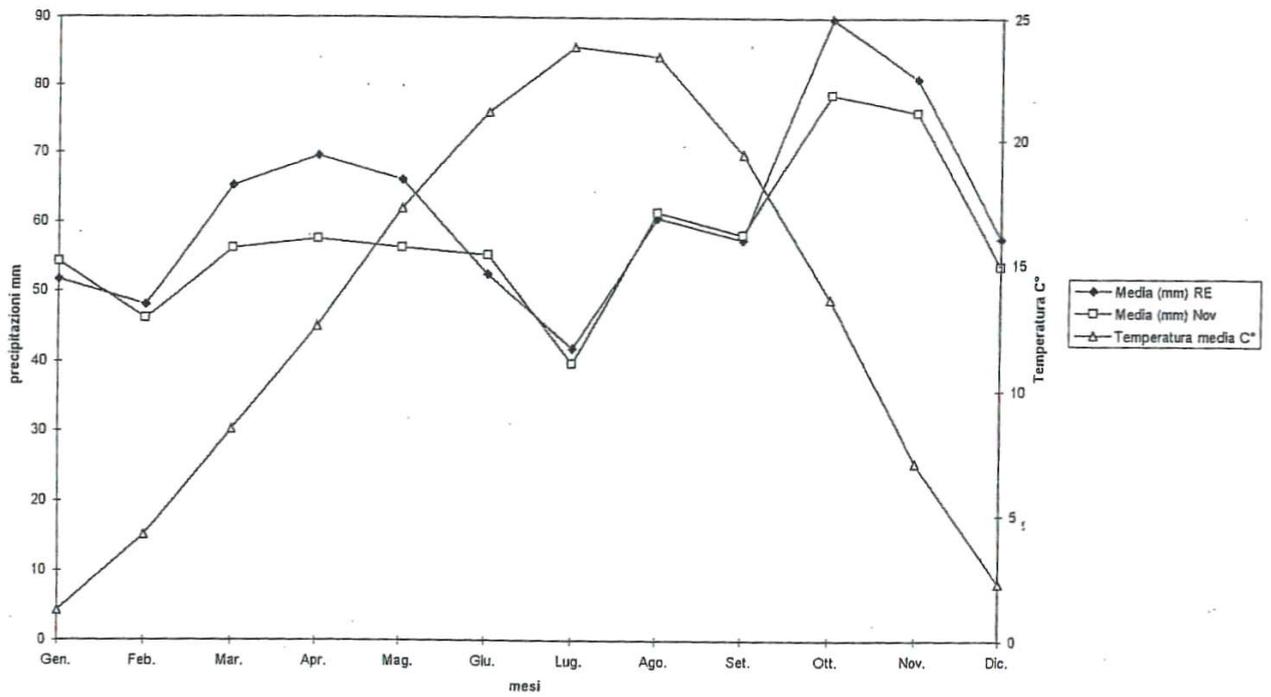
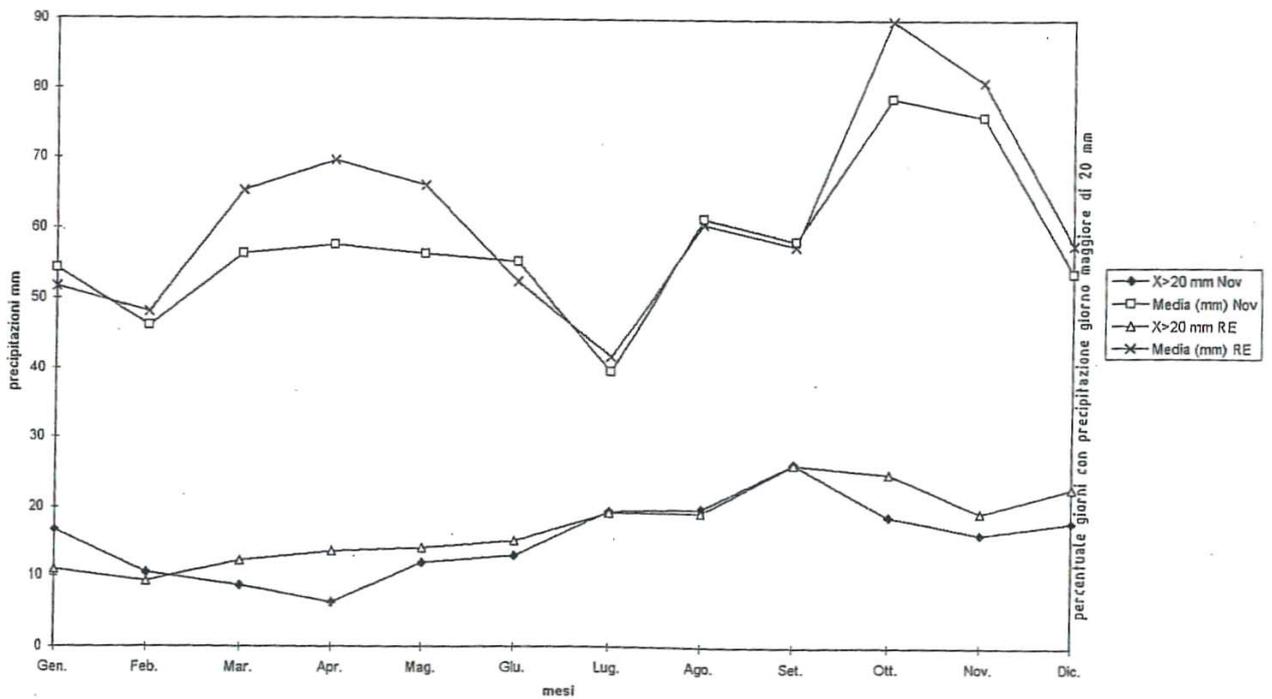


FIGURA 1

Precipitazioni periodo dal 01/01/61 al 31/07/93 - Novellara Sirona - Reggio Emilia - medie e X>20 mm



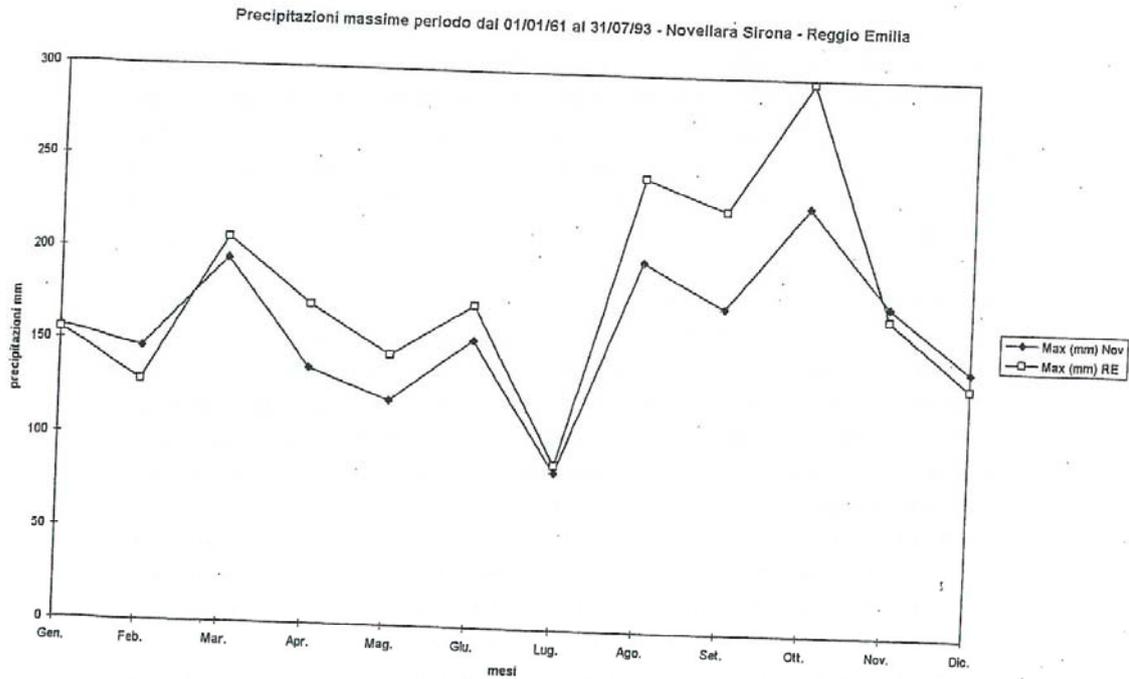
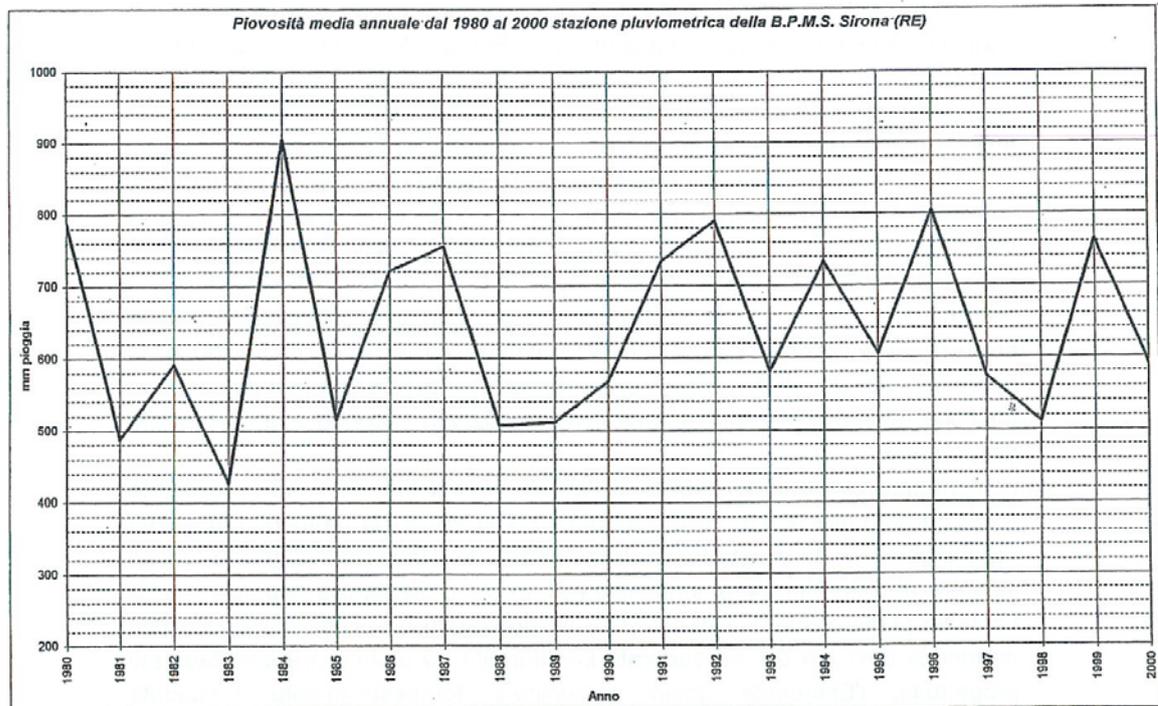


FIGURA 3



Per quanto riguarda gli eventi di allagamento verificatisi nel 1992 nel capoluogo e nel suo immediato intorno, conseguenti a piogge con massima giornaliera di 75 mm e massima mensile di 143 mm, risulta che detti fenomeni sono conseguiti ad un inadeguato funzionamento della rete fognaria urbana.

Gli interventi di ripristino e manutenzione di quest'ultima, effettuati successivamente, hanno evitato generalmente il ripetersi di allagamenti dal 1992 ad oggi, ad eccezione del 1998 – 99. Tali condizioni sono state affrontate e risolte, per quanto riguarda la parte meridionale del territorio comunale, in funzione della realizzazione degli interventi previsti in detto settore dell'area comunale del progetto della rete fognaria urbana redatto dal *Prof. Ing. Alberto Bizzarri*.

6.2 Ambiente Idrico Sottterraneo

L'analisi sulle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, in funzione delle condizioni di pericolosità che possono insorgere per sovrappressioni indotte sulla falda idrica sotterranea per sollecitazione sismica, che possono indurre processi di liquefazione, è stata rivolta alla falda freatica.

L'individuazione dell'assetto di quest'ultima e sue peculiarità, è stato effettuato in base ai rilevamenti pozzi e raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni eseguite nel contesto delle analisi di QC.PSC 2008 (*Centrogeo Survey snc*).

La conoscenza sull'assetto della falda freatica, oltre a quanto sopra descritto, fornisce sostanziali informazioni per le previsioni urbanistiche relativamente alle opere e/o corpi di fabbrica che si approfondiscono nel sottosuolo e quindi di prevederne l'opportunità o meno e gli eventuali accorgimenti e tecniche da adottare.

6.3 Definizione del sistema idrogeologico

Il territorio di Bagnolo in Piano 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 clastici del Quaternario Continentale e del Quaternario Marino 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 grossolani e fini ghiaie e sabbie che diminuiscono progressivamente nelle granulometrie passando dalle fasce pedemontane alla Pianura Padana, depositi dal T.Crostolo – T.Modolena – T.Rodano, dai fiumi appenninici e dal Po.

La base dell'acquifero, utilizzabile a scopo idropotabile è formata da orizzonti poco permeabili o impermeabili, saturati da acque salmastre e/o salate.

6.4 Interfaccia Acque Dolci – Acque Salmastre/Salate

La base delle acque dolci, in relazione ai dati *AGIP, SPI, ENI, IDROSER, RER*, studio Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna, si localizza nel sottosuolo dell'area

in oggetto a profondità mediamente comprese tra -400 e -450 metri dal piano campagna e tende ad essere meno profonda nelle zone settentrionali dell'area comunale dove è rinvenibile tra -400 e -350 m p.c.

6.5 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale

La successione idrogeologica presente nel sottosuolo di Bagnolo in Piano (RE) ed in zone limitrofe, è stata desunta dalle analisi di sezioni geofisiche eseguite da AGIP, dai dati contenuti in Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna (R.E.R. – ENI – AGIP), dai dati del Servizio Tecnico dei Bacini affluenti del Po, settore di Reggio Emilia - Modena.

I caratteri litotecnici e l'assetto degli orizzonti acquiferi evidenziano che il sottosuolo del territorio di Bagnolo in Piano è suddivisibile in due unità a caratteristiche diverse. La prima, quella più superficiale, costituisce l'acquifero freatico, formato da livelli acquiferi di modesto spessore prevalentemente nastriformi e ad assetto spiccatamente lenticolare, denota una geometria d'insieme complessa nella quale le alternanze di orizzonti argilloso limosi, a livello territoriale, tendono a confinare i corpi sabbiosi sede di circolazione idrica. Tali condizioni non costituiscono però condizioni di falda protetta poiché in corrispondenza delle fasce di antico canale fluviale estinto o in prossimità di cavi e canali si ha il contatto praticamente diretto con le acque di circolazione e di filtrazione idrica dalla superficie.

La seconda unità è costituita dagli acquiferi confinati o artesiani, formati da un complesso essenzialmente impermeabile nel quale prevalgono nettamente le sequenze argilloso limose che assumono spessori rilevanti ed inglobano subordinati strati sabbiosi, generalmente di modesto spessore e ad assetto lentiforme.

Le caratteristiche di detta successione sono attribuibili all'Unità Idrogeologica della Media Pianura.

6.5.1 Serie Idrogeologica Locale Serie Idrogeologica Locale

In riferimento alle sopra descritte indagini ed in particolare ai dati acquisiti da AGIP - ENI -RER, la successione sedimentaria dei primi 350 ÷ 400 m del sottosuolo (età Pleistocene inferiore – Olocene) è localmente suddivisibile in quattro complessi acquiferi. Questi ultimi, in funzione del periodo nel quale si sono sedimentati, evidenziano variabili livelli di influenza dei processi deformativi e variazioni climatiche che hanno coinvolto il bacino padano. Detti eventi hanno generato complessi delimitati alla base ed alla sommità da discontinuità significative, anche alla scala sub-regionale, che ne consentono la suddivisione in UBSU (Unconformity Bounded Stratigraphic Unit) e quindi in unità stratigrafiche. Queste ultime sono quindi unità cartografabili, che differiscono da quelle sottostanti e soprastanti per il fatto di essere separate da esse da superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità.

La successione e gli assetti geometrici dei complessi acquiferi sono visualizzate nell'elaborato: Sezioni Geologiche.

Complesso Acquifero A0 (Unità geologica AES8): è correlabile prevalentemente a deposizioni di ambiente continentale di età olocenica (12.000 – 14.000 anni b.p fino all'attuale). Non evidenzia generalmente pronunciate influenze dei processi deformativi che hanno interessato il bacino padano ma altresì si riscontrano effetti correlabili a variazioni climatiche. Lo spessore dell'unità in oggetto nel territorio di Bagnolo in Piano oscilla mediamente tra 18 ÷ 22 m ed assume potenze relative inferiori nelle zone a settentrione in territorio di Novellara 15/16 m, tendenzialmente incrementa nelle zone occidentali meridionali, dove si rinviene generalmente sino a -22 / -23 m dal piano campagna.

In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica hanno geometria nastriforme contraddistinta da spiccata lenticolarità e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche, con arricchimenti nelle componenti sabbiose nelle zone settentrionali e meridionali e con pronunciati incrementi nelle percentuali rappresentate dalle frazioni limose limoso argillose nelle zone centro settentrionali dell'area comunale.

Dette componenti fini costituiscono fasce che limitano sensibilmente le velocità della circolazione idrica sotterranea orizzontale.

La diffusa presenza nei primi 4 ÷ 5 m del sottosuolo di litotipi argillosi determina frequentemente condizioni di falda acquifera confinata; tale caratteristica a scala territoriale è discontinua e pertanto l'acquifero freatico è, a zone, 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 nelle zone centrali settentrionali orientali si riscontrano tra -4 ÷ -5 e -7 ÷ -8 ÷ -10 m pc, -10 ÷ -12 m pc localmente -14 ÷ -16 m pc.

Complesso Acquifero A1 (Unità geologica AES7a-b): è correlabile a deposizioni avvenute tra 12-14.000 e 125.000 anni b.p. denota l'assenza di influenza di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano e presenza di modificazioni molto blande alla base, nelle zone orientali e centrosettentrionali del territorio di comunale, connesse a subsidenza differenziata.

Tale unità nel territorio di Bagnolo in Piano presenta spessori generalmente compresi tra 55 e 60 m, con potenze relative minori nelle zone orientali e centrosettentrionali corrispondenti in media a 50 ÷ 55 m; gli spessori più rilevanti si riscontrano nelle fasce meridionali occidentali: 60 m; si rinviene generalmente sino a -70 ÷ 80 m dal piano campagna.

Gli orizzonti acquiferi a maggior grado relativo di continuità laterale in tale unità, si riscontrano a profondità tra -23/-24 -40/-45, -55/-60 m p.c. queste ultime nelle zone a sud del capoluogo e nello stesso e nelle aree occidentali del comune.

Complesso Acquifero A2 (unità geologica AES6): è correlabile a deposizioni avvenute tra 125.000 e 200/210.000 anni b.p. localmente denota l'assenza di influenze di deformazioni correlabili ai processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano ed evidenzia moderate deformazioni alla base dell'unità nelle zone orientali e centrosettentrionali (S.Michele – S.Tommaso della Fossa) per subsidenza differenziata correlata ai minori spessori dei depositi post pliocenici. Tale insieme presenta potenze generalmente comprese tra 30 e 40 m con

spessori relativi maggiori delle unità sabbiose nelle zone orientali e settentrionali; si rinviene generalmente sino a -100 ÷ -110 ÷ -120 m dal piano campagna.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale in tale unità, si riscontrano a profondità tra -70 ÷ -80 m pc e -90 ÷ -110 m pc e tendono ad assottigliarsi in direzione sud ed ovest.

Complesso Acquifero A3 (unità geologica AES5): è correlabile a deposizioni avvenute 200/210.000 e 300/310.000 anni b.p. denota una blanda influenza di deformazioni correlabili a processi di subsidenza differenziale per autoconsolidazione nelle aree occidentali e relativamente più accentuate nelle aree orientali e centrosettentrionali. Tale complesso presenta spessori medi generalmente di 30/40 m con potenze relative minori nella zona nord orientale corrispondenti in media a 30 m; si rinviene generalmente sino a 150 ÷ 160 m da piano campagna.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale si riscontrano a profondità tra -120 ÷ -130 m pc. Nel territorio di Bagnolo in Piano, Correggio ovest, Novellara, tale complesso non evidenzia la presenza di discontinuità correlabili a faglie.

Complesso Acquifero A4 (AES4) parte basale del Sintema Alluvionale Superiore: localmente evidenzia una influenza di deformazioni correlate ai movimenti tettonici del bacino padano tra 250.000 e 400.000 ÷ 450.000 anni b.p.; gli effetti prevalenti sono connessi a variazioni eustatiche e climatiche, le deformazioni alla base dell'unità nelle zone a ad oriente e centrosettentrionali (S.Michele - S.Tommaso) conseguono a subsidenza per autoconsolidazione differenziata. Tale insieme presenta spessori generalmente compresi tra 40 m e 50 m con potenze che incrementano in direzione meridionale ed occidentale; si riscontra tra le profondità di -150 ÷ -160 m pc. e -190/-200/-220 m pc.

Gli insiemi che formano gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale relativo sono presenti prevalentemente tra -170 e -180 m pc ed hanno spessore di 4 ÷ 8 m. Nelle zone orientali del territorio, carpigiano, tale complesso denota discontinuità laterali per processi di faglia.

Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale Inferiore - AEI): evidenzia sia alla base che al tetto significative influenze dei processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400.000 a 650.000 anni b.p.; la distinzione rispetto all'unità superiore è correlata essenzialmente a caratteristiche di ambiente deposizionale.

Nel territorio di Bagnolo in Piano è individuabile tra -190/-200/-220 m pc e tra -280/-300 ÷ -320/-350 m pc.; le profondità relative minori si rinvengono nella zona orientale settentrionale -290/-300 m pc e si approfondisce nelle direzioni ovest, est e settentrionale.

Gli orizzonti permeabili più significativi sono presenti al tetto dell'unità -200/-210 m pc dove costituiscono il livello di transizione, con spessore di 5 ÷ 10 m, al soprastante complesso (AES); sono stati individuati anche altri livelli discontinui, con spessori di 5-10 metri, a profondità variabili tra -250/-260 e -270/-280 m pc.

6.5.2 Conducibilità idraulica acquiferi

In base ai valori di trasmissività e permeabilità medi territoriali, pubblicati da RER, le unità sabbiose presenti nel sottosuolo di Bagnolo in Piano sono contraddistinte da valori equivalenti a:

$$- T = 1.2 \div 3.2 \cdot 10^{-4} \text{ mq/sec}$$

$$- K = 2.4 \div 6 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec}$$

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 150/200 m del sottosuolo, sussistono velocità di ricarica molto lenta.

6.6 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 QC.PSC 2008 (*Centrogeo*).

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

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

La determinazione delle quote del piano campagna nei punti di misura del livello idrico si è effettuata in base ai punti quotati, riportati sugli elementi C.T.R. Emilia Romagna in scala 1:5.000, integrata da livellazioni dal mezzo mediante autolivello mod. *Kern. GKO 100*.

6.6.1 Piezometria dell'acquifero freatico

La conformazione della superficie piezometrica è condizionata, oltre che dall'andamento del substrato praticamente impermeabile, dai valori di trasmissività ($T = \text{mq/sec}$), dall'assetto topografico e dal reticolo idrografico superficiale. Questa tavola evidenzia la geometria dei deflussi idrici sotterranei e fornisce utili parametri per la redazione di altre carte sintesi.

La carta delle isopieze visualizza quindi:

- ◆ Le quote in m s.l.m delle curve di livello dell'acqua nel sottosuolo
- ◆ Le modalità e direzioni di diffusione dei fluidi nel sottosuolo
- ◆ L'efficacia o la carenza dei sistemi di drenaggio o di irrigazione dal confronto con il reticolo idrografico superficiale

Oltre a ciò l'elaborato in oggetto consente di definire le velocità di deflusso idrico sotterraneo, conoscendo i valori di permeabilità e di porosità efficace dei terreni.

6.6.2 Isopieze dell'acquifero

Dall'esame d'insieme si evidenzia che le fasce sud occidentali e nord occidentali del territorio circostante il capoluogo, sono caratterizzate da linee piezometriche con concavità rivolta nel senso di moto della falda indicanti la presenza di assetto a falda conica convergente che si contraddistingue, nel settore meridionale, con un asse di drenaggio idrico sotterraneo a direttrice nord ovest - sud est estendentesi circa sub parallelamente all'allineamento Vacchella - La Corte - C. Alberini, nella zona nord ovest l'asse drenante si allunga sub parallelamente a via Fornaci (cfr. tav.3).

Analoga condizione a falda conica convergente si riscontra nella zona nord orientale del territorio esaminato, tra I Ronchi - Pieve Rossa e via Bondeno, dove si osserva un asse di drenaggio idrico sotterraneo a direttrice sud sud est - nord nord ovest che si estende circa da via Ronchi a via Bondeno, collocandosi ad una distanza di 0,3 ÷ 0,5 km ad est dell'asse ferroviario Reggio E. - Mantova.

Successivamente al Cavo Bondeno il suddetto asse drenante flette in verso occidentale orientandosi in direzione della Chiesa di S. Tommaso.

Le principali fasce di alimentazione idrica sotterranea si rilevano nella zona ad ovest - nord est del capoluogo, dove la superficie piezometrica evidenzia una geometria delle direttrici di moto della falda convessa testimoniante la presenza di una falda conica divergente.

Quest'ultima si contraddistingue con un asse di alimentazione idrica sotterranea estendentesi in direttrice sud nord, circa da Case La Valle a C. Panarini - Pieve Rossa - S. Tommaso Della Fossa. Una conformazione equivalente a falda conica divergente si rileva anche ad occidente del capoluogo dove si evidenzia un asse di alimentazione a direzione est - ovest, che si estende con andamento sub parallelo alla Strada Tassone.

La struttura piezometrica d'insieme dell'area analizzata evidenzia che l'alimentazione dell'acquifero avviene in direzione sud est - nord ovest e sud nord in accordo con la geometria degli orizzonti sabbiosi affioranti al piano campagna e con l'andamento territoriale dei tratti di antico percorso fluviale estinto che caratterizzano la zona in esame.

La variazione dell'equidistanza e quindi diminuzione del gradiente idraulico, nel settore a nord est del capoluogo: area via Ronchi e Ferrovia Reggio E. - Mantova, e nella fascia ad occidente del centro storico circa tra La Vacchella ed T.Tassone, è correlabile ad aumenti della trasmissività nei primi 8 ÷ 12 m del sottosuolo.

Gli emungimenti praticati nel territorio, nel periodo Agosto 1997 e Luglio 2001, sono risultati sostanzialmente in equilibrio con le potenzialità idrogeologiche dell'acquifero freatico. I coni di depressione osservabili nell'ambito sud occidentale tra La Corte e C. Alberini e nella zona nord occidentale tra Pd.re Guglielmo e incrocio via Fornaci - Cavo Ariolo, in rapporto alla loro ampiezza e conformazione, sono correlabili a sensibili depressioni dell'acquifero di base con elevato arricchimento in sequenze argillose. Quanto esposto concorda con la presenza dell'ambito vallivo pianiziale allungato in senso sud nord rilevato circa tra il T. Tassone e la sP Reggio E. - Novellara.

I valori del gradiente idraulico, ovvero la perdita di carico unitaria dell'acquifero, rapportata alla distanza, corrispondono ad:

$$i = 2 \div 3 \cdot 10^{-3}$$

nella fascia di territorio ad oriente del Canale di Reggio:

$$i = 1 \div 2 \cdot 10^{-3}$$

nell'area circa compresa tra il Canale di Reggio - T.Tassone - via Scappa.

Nella zona a settentrione di quest'ultima e ad ovest del Canale di Reggio:

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

Nella parte settentrionale del territorio analizzato: S. Maria - S.Tommaso della Fossa, si riscontra:

$$i = 3 \div 4 \cdot 10^{-3}$$

ad occidente della s.p. N° 3 Reggio E - Novellara, ad oriente della stessa ed a nord di via Bondeno - S. Michele:

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

6.6.3 Identificazione temporale del sistema idrogeologico freatico

L'analisi tra le carte elaborate nel settembre 1997 (VG.PRG) e quelle redatte nel luglio 2001, evidenzia assetti dei deflussi idrici sotterranei ad elevato grado di corrispondenza; le modeste differenze conseguono sia dal diverso numero di pozzi censiti nelle rilevazioni sopra indicate che dalle differenti condizioni climatiche di alimentazione dell'acquifero e dalla scala di elaborazione delle carte.

L'esame d'insieme degli elaborati piezometrici in narrativa evidenzia congruenza delle direttrici di moto della falda che risultano sempre orientate territorialmente in direttrice sud est - nord ovest.

In particolare risultano essere conservative nel tempo le fasce costituenti gli assi di drenaggio idrico sotterraneo estendentesi in direttrice ovest est con andamento sub parallelo a via Fornaci e l'asse orientato in senso est ovest ad occidente del capoluogo circa esteso secondo le località La Corte - C.Albertini; analoga valutazione risulta estendibile all'asse drenante a direttrice sud nord osservabile ad est della ferrovia Reggio E. - Mantova tra i Ronchi e S. Maria della Fossa.

Condizioni e caratteristiche di conservatività equivalenti, relativamente alle condizioni di ricarica dell'acquifero freatico, si osservano anche per le fasce di spartiacque idrogeologico a direttrice sud est - nord ovest e sud nord riscontrate, per la zona di ravvenamento circa da C. la Valle a C. Panarini - Pieve Rossa - S. Tommaso della Fossa.

Detto Ambito costituisce una delle principali fasce di alimentazione della falda freatica nel settore di territorio in analisi.

Valutazioni equivalenti sono estendibili alla zona allungata sub parallelamente alla strada Tassone.

Le analisi relative alla dinamica temporale del sistema idrogeologico freatico evidenziano quindi che le principali fasce di alimentazione e di drenaggio idrico sotterraneo sono praticamente costanti nel tempo.

Per quanto riguarda il campo di escursione della falda freatica verificatosi dal 1996 al 2001, si ha una limitata variazione negativa corrispondente a:

$$\delta h \approx 0,5 \div 1,0 \text{ m}$$

6.6.4 Soggiacenza Acquifero Freatico

L'analisi dell'andamento della profondità dell'acqua nel sottosuolo evidenzia che nell'area alla quale appartiene il capoluogo, la soggiacenza è risultata mediamente equivalente a:

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

nella fascia ad ovest della s.p. N° 3 Reggio E. - Novellara e quella a sud di strada Tassone:

$$\delta H_2O \approx -2 \div -3 \text{ m p.c.}$$

tra la suddetta strada e via Fornaci la profondità dell'acqua nel sottosuolo è mediamente rilevabile tra:

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

Profondità dell'acqua nel sottosuolo, corrispondenti a:

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

si sono riscontrate ad oriente dell'allineamento delle località I Ronchi - Crocile - Cimitero Comunale.

Nella parte settentrionale del territorio comunale, ad occidente della ferrovia Reggio E. - Mantova tra S.Tommaso Della Fossa e Sollevamento S.Maria, la profondità dell'acqua nel primo sottosuolo è mediamente rilevabile tra :

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

Nella fascia ad est di detto asse ferroviario, compresa tra via Ronchi – Ponte della Beviera – via Bondeno – S. Michele, la soggiacenza è mediamente corrispondente a:

$$\delta H_2O \approx -2 \div -3 \text{ m p.c.}$$

Come precedentemente accennato dette quote della tavola d'acqua dal 1984 al 1997 al 2001 sono state soggette ad un campo di escursione negativo circa equivalente a:

$$\delta h \approx 0,5 \div 1,0 \text{ m p.c.}$$

6.7 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica freatica

In funzione delle disamine descritte nei paragrafi precedenti la definizione della condizione al limite dei settori circostanti il capoluogo può essere schematizzata come di seguito indicato:

- Limite sud: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite est: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite nord: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
- Limite Ovest: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita.
- Limite di tetto: nelle aree con presenza di orizzonti argilloso limosi - limoso argillosi nei primi 1 ÷ 3 m dal p.c., si ha un flusso molto basso; d'altra parte nei settori in cui detto livello è sostituito da limi sabbiosi e sabbie limose (fasce di paleoalveo) o dove di hanno incisioni di cavi e canali che si spingono a quote sottostanti i -2 ÷ -3 m p.c., si ha un flusso idrodinamico in entrata a portata imposta (infiltrazione per piovosità, per irrigazione, per fertirrigazione).
- Limite di letto: substrato argilloso limoso, condizione idrogeologica a flusso nullo.

7 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10 ÷ 20 m del sottosuolo del territorio di Bagnolo in Piano sono state determinate in base alle analisi geomorfologiche, all'esame delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche in tomografia elettrica, basi topografiche IGM relative al primo impianto 1881 e delle notizie e pubblicazioni storico – geomorfologiche, Studio Geologico Ambientale – Analisi Sismica del QC. PSC 2008 di Bagnolo in Piano, 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 dinamica.

In funzione di quanto esposto sono pertanto 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 – 3 m, nei primi 5/10 ÷ 15 m del sottosuolo. Le classificazioni delle unità prevalentemente limoso argillose – argilloso limose - argillose esprimono la netta prevalenza di detti litotipi nei primi 5 ÷ 10/15 m dal piano campagna.

7.1 Carta geologico tecnica

Il territorio in oggetto, circa compreso l'autostrada del Sole e l'allineamento Novellara - Correggio è stato costituito principalmente dalle evoluzioni idrografiche T.Crostolo – T.Modolena – T.Rodano, condizionate da quelle del F.Po e dei suoi affluenti, che hanno colmato il golfo padano delimitato dagli affioramenti appenninici a sud e da quelli alpini a nord.

L'area a cui appartiene Bagnolo in Piano presenta caratteristiche differenziate tra settori centrale ed orientale settentrionale a quelli occidentali ed orientali.

Il primo, contraddistinto da quote mediamente comprese tra 31 e 28 m slm, con pendenze generalmente variabili tra 3 ÷ 4/5‰, è costituito da litotipi prevalentemente limoso argilloso – limosi; il settore centro orientale, circa tra la ferrovia Reggio – Mantova e la S.P. Reggio – Novellara, è formato da componenti sabbioso limose che definiscono una fascia allungata in senso sud nord correlabile ad un antico percorso di corpo fluviale estinto.

La zona settentrionale orientale, circa tra Cavo Bondeno – S.Michele - confine comunale est, presenta caratteristiche equivalenti contraddistinte da litotipi prevalentemente sabbiosi – sabbioso limosi – sabbioso argilloso, correlati alla preesistenza di un antico percorso fluviale estinto apparentemente al sistema paleogeografico meno recente, che si estende circa dalle zone a sud est di Novellara a San Michele – Fosdondo – Correggio.

Il settore occidentale, circa compreso tra il T. Tassone e la S.P. Reggio E. – Novellara è principalmente costituito, nei primi 5 – 15 m del sottosuolo, da litotipi argilloso – argilloso limoso correlabili ad un ambiente vallivo di pianura.

L'area orientale, tra la ferrovia Reggio – Mantova a San Michele è formata essenzialmente da termini argilloso limosi che nel settore sud si arricchiscono in

componenti argillose; tali sequenze in corrispondenza di via Beviera, inglobano corpi sabbiosi lentiformi alle profondità di -6/7 ÷ -10/-11 m pc.

8 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio Vs, delle unità litotecniche che costituiscono i primi 40 ÷ 60/70 m del sottosuolo, sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione sia con metodo integrato attivo/passivo Multichannel Analysis Surface Waves - Refraction Microtremor (MASW – Re.Mi) che metodo passivo Re.Mi, mediante stendimenti ad antenna monodimensionale con lunghezza di 69 m e verticali puntuali a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Queste ultime sono state sempre eseguite congiuntamente alle prospezioni MASW/Re.Mi. Di tali prospezioni 10 sono state effettuate con metodo integrato MASW- Re.Mi e 19 con metodo Linear Array: Re.Mi.

Alle suddette indagini si sommano ulteriori 11 profili sismici effettuati nei territori comunali contermini a quello di Bagnolo in Piano.

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 di Vs dei vari tipi di terreni presenti nel territorio di Bagnolo in Piano.

Le indagini effettuate in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato il territorio con 1 punto di analisi ogni 0.9 kmq di superficie.

8.1 Microtremori con la tecnica HVSr

Le indagini a stazione singola di acquisizione di microtremori ambientali effettuate in 29 punti distribuiti nell'area comunale con maglia statisticamente rappresentativa, a cui si aggiungono ulteriori 11 analoghe acquisizioni ubicate nei territori comunali contermini, sono state eseguite utilizzando un sismometro GEOBOX ad elevata dinamica (24 bits) attrezzato con geofono tridirezionale da 4,5 Hz di frequenza propria.

Le acquisizioni sono state effettuate campionando il segnale a 200 Hz per una durata di circa 20 ÷ 30 minuti.

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

L'elaborazione HVSr dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nelle allegate schede "Indagine HVSr" in cui la linea rossa continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee sottili rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata.

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

Le prospezioni, effettuate in numero di 29 (più 11 nelle aree contermini), 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 stendimento di 69 m.

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

Il procedimento del “metodo passivo” presenta caratteristiche geometriche dello stendimento uguali a quelle del sistema attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (microtremore) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche esaminano bande spettrali differenti: il metodo attivo consente di acquisire in modo dettagliato una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo (fino a circa 10-20 m di profondità); il metodo passivo permette di determinare e definire una curva di dispersione nelle bande di frequenza tra 2 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli orizzonti litotecnici più profondi.

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento e della densità dei terreni.

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

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

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

In tale spettro mediato si evidenziano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, permettendo un riconoscimento visivo delle onde di superficie (che hanno carattere dispersivo), da quelle riconducibili ad altri modi e tipi (onde di superficie di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

In funzione di quanto esposto è possibile effettuare un “*picking*”, attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* (*p* o *1/velocità di fase*) ed ottenere una “*curva di dispersione*”.

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

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

Tale procedura consente di ottenere uno spettro nella banda di frequenza compresa tra i valori di $2 \div 40$ Hz e permette la ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-80 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento e densità dei terreni.

L'elaborazione del segnale, consiste nell'analisi dell'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico *p-f*. Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

Il modello di V_s è modificabile in sede di elaborazione, variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, adottando la curva di dispersione calcolata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

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

9 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

9.1 Carta delle indagini

In riferimento all'analisi delle caratteristiche litotecniche territoriali è stata effettuata una raccolta dati, mediante un censimento, delle indagini geognostiche e geofisiche realizzate per varie finalità nel territorio oggetto di analisi, presso le Amministrazioni Pubbliche Locali: Ufficio Tecnico Comunale, Servizio Tecnico Degli Affluenti del Po.

In considerazione del contesto geo-litologico in primo luogo sono state considerate, oltre alle indagini sismiche di tipo Re.Mi, ed HVSr eseguite dallo scrivente, prove penetrometriche statiche CPT, CPTU effettuate da RER, 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:

- 220 prove penetrometriche statiche, CPT-Rm.
- 7 prove penetrometriche statiche CPTU
- 2 perforazioni profonde per ricerca idrocarburi
- 14 Sondaggi meccanici (SM)
- 6 Stendimenti sismici a rifrazione con rilevazione delle velocità di onde P ed S (BS)
- 27 Stendimenti geoelettrici con interpretazione tomografica (ERT)

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

- 29 misure di sismica a rifrazione con metodo combinato attivo/passivo con antenna monodimensionale MASW/Re.Mi. a cui si aggiungono 11 analoghe acquisizioni eseguite nei territori comunali contermini;
- 29 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R.
- Ai quali cui aggiungono 11 analoghe acquisizioni eseguite nei territori comunali contermini.

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale ed hanno coperto quest'ultimo secondo una maglia sub quadrata – rettangolare con lati di 500 ÷ 700 m nell'area del capoluogo e delle principali frazioni, con interassi di 900 ÷ 1300 m nella rimanente parte di territorio.

9.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

Il territorio comunale di Bagnolo in Piano è stato oggetto di una estesa campagna di prospezioni geofisiche che ha permesso di determinare le caratteristiche di risposta a sollecitazioni dinamiche dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato, di previsto sviluppo ed aree a case sparse.

A tale finalità sono state utilizzate:

- 29 Verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori (HVSR) a cui si aggiungono 11 analoghe verticali effettuate nei territori comunali contermini di Novellara e Correggio

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), risulta evidente l'utilità di detta tipologia di indagine per individuare, come previsto dal primo livello di approfondimento degli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, le aree con comportamento sismico omogeneo - equivalente.

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

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

Dette associazioni sono state riportate nella tavola "Frequenze Naturali Terreni"; le misure sono state identificate attraverso una serie di simboli con colori e dimensioni differenti. Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

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

I valori delle frequenze principali sono inferiori a 1 Hz ad eccezione di una verticale all'estremità sud est con valore praticamente equivalente: 1,05 Hz, indicando in accordo con quanto evidenziato dalle sezioni geologiche, spessore dei depositi soggetti ad amplificazione maggiori di 100 m.

Generalmente i valori relativi maggiori: $0,8 \div 1$ Hz caratterizzano il settore orientale – settentrionale: aree ad est del Cavo Bondeno sino al confine comunale est, la zona

settentrionale centrale: S.Tommaso della Fossa tra la ferrovia RE/MN – Via Salvi – Fosso Nuovo – Via S. Antonio, il settore orientale meridionale centrale: tra via Beviera – Cavo Bondeno - C. Beatrice/C. Canossi/C. Cattania, la zona centrale settentrionale del capoluogo circa tra ferrovia RE/MN – Via Leopardi, Parco Urbano, V.G. Da Bagnolo – sP. Reggio Emilia – Novellara, nelle quali le formazioni preplioceniche sono relativamente più prossime alla superficie.

Contestualmente a quanto sopra esposto si riscontra che la distribuzione spaziale dei valori di frequenza relativa maggiori ($F_0 \geq 0,8 \div 1$ Hz) tende ad assecondare, nel settore orientale del territorio di Bagnolo in Piano, la conformazione del tetto del Pliocene e del substrato prepliocenico rinvenibili in detta zona alle profondità relative inferiori rispetto al piano campagna corrispondenti rispettivamente a $-1.1 \div -1.2$ km pc e -2.5 km pc.

I valori di frequenze minori generalmente compresi tra $F_0 = 0,63 \div 0,68$ Hz, contraddistinguono il settore occidentale del territorio zone ad ovest della ferrovia RE-MN, indicando l'aumento in spessore dei depositi soggetti ad amplificazione, in accordo con l'approfondimento del tetto del substrato prepliocenico che si attesta a $-3 \div -3.5$ km pc.

Analoga condizione con minimi relativi $F_0 = 0.59 \div 0.63$ Hz si osserva nel settore meridionale, dove i depositi sono generalmente contraddistinti da alti contrasti di impedenza $A = 2.8$ ed il tetto del substrato prepliocenico si riscontra a $-3 \div -3.5$ km dal pc. Condizioni equivalenti si rilevano nella zona orientale settentrionale e nella parte settentrionale centro occidentale.

I valori più elevati delle ampiezze si riscontrano nella fascia orientata ovest est da Ponte Forcole al T. Tassone, compresa tra via Fornaci e via Scappa, dove $A = 3.5 \div 4$; tale settore si estende assecondando l'andamento ovest est di uno sovrascorrimento presente nel substrato prepliocenico che si sviluppa circa secondo l'allineamento Pieve Rossa – Zurco.

Un'analoga zona a valori di ampiezza tra 2.9 e 3, estesa in verso est sud est – ovest nord ovest si osserva nella fascia settentrionale dell'area comunale, secondo l'allineamento S. Michele – S. Tommaso della Fossa – via Salvi.

9.3 Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

Tetto sabbie

Gli elementi nel sottosuolo delle zone di pianura che possono influenzare 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.

La carta del tetto delle sabbie, ottenuta dall'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT - CPTU, stratigrafie di sondaggi meccanici, dei valori di resistività ottenuti dai profili in tomografia elettrica bidimensionale e dei pronunciati contrasti di impedenza nei primi $5 \div 20$ m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali Re.Mi - MASW/Re.Mi. eseguite, visualizza la profondità in m rispetto al piano campagna delle litozone nelle quali prevalgono le componenti sabbiose.

L'assetto del tetto delle sabbie denota geometrie sostanzialmente lentiformi tendenzialmente allungate in senso sud nord e l'isobata che delimita la zona indica la terminazione laterale del corpo sabbioso. La distribuzione areale dei corpi sabbiosi

sostanzialmente concorda con la presenza delle fasce di canale fluviale estinto (paleovalvei) individuate mediante l'analisi geomorfologica.

L'assetto spaziale nel sottosuolo del tetto delle sabbie evidenzia che il corpo di maggior estensione e spessore è rappresentato dalla fascia estesa sud nord, larga di $0.25 \div 0.5$ km, dalla sP. n° 47 (Strada Beviera) a Chiesa di S.Tommaso con andamento sub parallelo alla ferrovia RE-MN

Altre significative unità con presenza di alternanze lentiformi sabbiose – sabbioso limose si riscontrano nella fascia centrale della zona a uso produttivo sud, in corrispondenza di Via L.V. Beethoven da Corte Valle alla sP. n° 47 e nel settore centrale di quest'ultima tra Ponte Beviera e C. Beatrice. Ulteriori significativi corpi sabbiosi sono presenti nella zona centro occidentale tra Via Scappa e via Vico Secco e nella parte settentrionale dell'area Produttiva di S.Tommaso. Simili condizioni si osservano nella zona ad oriente di S.Michele anch'essa contraddistinta da corpi sabbiosi lentiformi.

Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

L'individuazione delle profondità del piano campagna e l'assetto spaziale, dell'unità litotecnica che localmente indica comportamento rigido, assimilabile al bedrock sismico (bedrock like), è stata valutata in funzione dei valori di frequenza principale ottenuti dalle prospezioni HVSR, e delle velocità delle onde sismiche di taglio della successione litotecnica che costituisce i primi 250 – 300 m del sottosuolo determinate in base ai dati ottenuti dalle prospezioni Linear Array : Re.Mi.

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'andamento spaziale denota in generale la tendenza ad assecondare l'assetto del substrato prepliocenico, evidenziando le profondità relative del bedrock like minori: $-120 \div -130$ m pc, nella fascia orientale del territorio comunale e centrosettentrionale.

Le profondità assumono valori maggiori nel settore occidentale, zone ad ovest del Canale di Reggio, dove i terreni assimilabili al bedrock sismico si attestano a $-160 \div -170$ m pc in accordo con l'approfondimento in tale areale del tetto del pliocene e del substrato prepliocenico.

Fa in parte eccezione a quanto esposto la zona centro settentrionale circa tra Quartiere Soave – Pieve Rossa – C. Massa, dove la profondità dell'unità litotecnica a comportamento rigido si rinviene a -170 m pc.

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

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

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

Nell'individuazione e delimitazione delle aree in narrativa oltre alle documentazioni territoriali prove penetrometriche CPT – CPTU, sondaggi meccanici, profili in tomografia elettrica, sono state utilizzate le verticali di indagine geofisica di tipo lineare ed antenna monodimensionale (Re.Mi - MASW/Re.Mi.) che puntuali a stazione singola (HVSr) direttamente eseguite, per una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da Vs considerabili tra esse praticamente equivalenti.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS tav. 1.6, scala 1:10.000, costituisce pertanto una zonazione di primo livello di approfondimento di tipo avanzato.

Al fine di individuare le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica sono stati utilizzati gli elaborati cartografici, prospezioni geognostiche precedentemente effettuate, integrando dette documentazioni con valutazioni redatte con criterio geotecnico.

Nel contesto delle analisi territoriali sono inoltre state utilizzate 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, di prima fase, redatti nell'ambito del PTCp della Provincia di Reggio Emilia, relazione geologica – analisi sismica Q.C: PSC 2008 di Bagnolo in Piano, banca dati del U.T. del Comune di Bagnolo in Piano.

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

9.4.1 Definizione successioni a comportamento sismico equivalente

L'individuazione delle sequenze litotecniche - sismiche delle aree a comportamento equivalente in occasione di sollecitazioni sismica, è stata definita in funzione delle prospezioni geotecniche e geofisiche ed elaborazioni eseguite nel contesto dello studio di microzonazione di primo livello del territorio di Bagnolo in Piano precedentemente effettuato: Tav 18.

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

In riferimento a quanto esposto sono state quindi individuate le sequenze delle zone stabili nelle quali gli effetti sono correlati ad amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche: zone 1 – 2 – 3 e le zone suscettibili di instabilità: aree a, b e c, d. In queste ultime sono state distinte le successioni nelle quali sono presenti nei

primi 5 - 15 - 20 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi moderatamente addensati e $V_s < 200$ m/sec con spessori compresi tra 2 e 4/5 m, soggetti a potenziale suscettività alla liquefazione: aree a.

Nelle condizioni in cui nelle successioni litologiche sono presenti sequenze di strati sabbioso limosi – limoso sabbiosi, ad assetto prevalentemente lentiforme con spessori di insieme compresi tra 1.0 e 2.5 m, e $V_s < 150/170$ m/sec nei primi 7 m pc, si è considerato che gli effetti siano correlabili ad addensamenti differenziati e/o a potenziali ad addensamenti per le liquefazione di sottili strati sabbioso limosi, ai quali conseguono cedimenti differenziali: aree b.

Le successioni prevalentemente argilloso limose e limoso argillose 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 e nei primi 6 ÷ 8 m del sottosuolo equivalenti a $V_s < 130$ m/sec, rappresentano aree nelle quali sono attesi cedimenti differenziali: aree c.

Condizioni nelle quali si sono riscontrate presenza di sequenze prevalentemente sabbioso limose – sabbie poco addensate ($q_c < 8 \div 10$ kgf/cm²) con intercalate alternanze limose – limoso argillose poco consistenti ($q_c < 7$ kgf/cm²) e $V_s < 150/200$ m/sec, gli effetti conseguenti allo scuotimento sismico sono correlabili a potenziale suscettività alla liquefazione e cedimenti differenziali: aree d.

Aree Suscettibili di Effetti Locali e di instabilità

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

Zone suscettibili di instabilità

alle quali sono riconducibili le caratteristiche di seguito descritte:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche tali da indurre effetti locali, zone 1 – 2 – 3 – 4 di legenda, secondo quanto previsto dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall'allegato 1 della D.A.L. 112/2007.
- **Zone suscettibili di instabilità:** appartengono a tale categoria tutte le aree nelle quali le caratteristiche litostratigrafiche evidenziano la presenza di alternanze di strati sabbiosi – sabbioso limosi che nei primi 5 ÷ 15 ÷ 20 m del sottosuolo che presentano spessori di 3 ÷ 5 m o maggiori, potenzialmente suscettibili a rischio di liquefazione – ZA_{LQ1} ; le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori di 1,0 – 2.0 m, moderatamente addensati, suscettibili a cedimenti differenziali; le successioni argilloso limose – limoso argillose poco consistenti

nei primi 5 ÷ 8 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle $V_s < 130 \div 150$ m/sec, suscettibili a cedimenti differenziali; le sequenze prevalentemente sabbioso limose poco addensate nei primi 6 ÷ 8 m del sottosuolo e con $V_s < 150 \div 200$ m/sec soggette a potenziale suscettività alla liquefazione e cedimenti differenziali e le successioni litotecniche a medio elevata compressibilità ($q_c < 7$ kgf/cmq).

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

ZONA 1: stabile suscettibile di amplificazioni locali			
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
0 - 2	ML Limi argillosi	Moderatamente consistente	24 130/160
2 - 4	SM Sabbie limose	moderatamente addensato	
4 - 6	SM Sabbie limose	moderatamente addensato	12 150 / 200/ 230
6 - 8	ML Limi argillosi / argille limose	moderatamente consistente	
8 - 10	SM Sabbie limose	moderatamente addensato	12 23
10 - 12	CL Argille limose	consistente	
12 - 14	SM Sabbie limose	moderatamente addensato	12 23
14 - 16	ML Limi argillosi	consistente	
16 - 18	SM Sabbie limose	moderatamente addensato	12 23
18 - 20	CL Argille-Argille limose	consistente	
20 - 22	CL Sabbie pulite poco assortite	addensato	11 240 / 280 / 320
22 - 24	SP Sabbie pulite poco assortite	moderatamente consistente	
24 - 26	CL Sabbie pulite poco assortite	moderatamente addensato	12 23
26 - 28	CL Argille limose	consistente	
28 - 30	CL Argille limose	consistente	23 320 / 350
30 - 32	CL Argille limose	consistente	
32 - 34	CL Argille limose	consistente	23 320 / 350
34 - 35	CL Argille limose	consistente	

ZONA 1 - Limi - limi argillosi - argille limose, moderatamente consistenti, (ML/CL-24), consistenti (23) a profondità sottostanti 7 m dal pc, contenenti sottili corpi lentiformi sabbioso limosi - limoso sabbiosi con spessore tra 1 e 2 m moderatamente addensati (SM-12);

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

ZONA 2: stabile suscettibile di amplificazioni locali			
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
0-2	CL Argille limose		100/120
2-4	ML Limi argillosi	moderatamente consistente	24
4-6	SM Sabbie limose	moderatamente addensato	
6-10	Argille limose	consistente	23
10-12	SM Sabbie limose	moderatamente addensato	
12-14	SM Sabbie - Sabbie limose	moderatamente addensato	12
14-16	CL Argille limose	consistente	
16-20	CL Argille limose	consistente	24
20-22	CL Argille	moderatamente consistente	
22-24	CL Argille	moderatamente consistente	24
24-26	SP Sabbie pulite poco assortite	addensato	
26-30	CL Argille	moderatamente consistente	24
30-35	CL Argille	moderatamente consistente	

ZONA 2: argille limose - argille, moderatamente consistenti (CL-24), consistenti (23) a profondità sottostanti 5/6 m dal pc, con intercalati subordinati corpi lentiformi limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24) e sabbioso limosi moderatamente addensati (SM-12);

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

ZONA3/ZA _{LQ1} : suscettibile di amplificazione/instabilità per liquefazione				
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza		Vs = m/sec
ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	120/130
SM	Sabbie limose	moderatamente addensate	12	
ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24	
ML	Limi argillosi	consistente	23	140/200
SM	Sabbie poco assortite - Sabbie limose	moderatamente addensate	12	
ML	Limi argillosi	consistente	23	240/280
CL	Argille limose	consistente	23	
SP	Sabbie pulite poco assortite	moderatamente addensate	12	
CL	Argille	consistente	23	
SM	Sabbie - Sabbie limose	moderatamente addensate	12	280/ 400 /450
CL	Argille	consistente	23	
SP	Sabbie pulite poco assortite	addensate	11	
CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
SP	Sabbie pulite poco assortite	moderatamente addensate	12	
CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	

ZONA 3/ZA_{LQ1} - Sabbie e sabbie limose, in strati con spessori tra 2 e 4/5 m, moderatamente addensate (SM-12) e con Vs<200 m/sec nei primi 10 m da pc, con intercalate alternanze limose - limoso argillose moderatamente consistenti (ML-24);

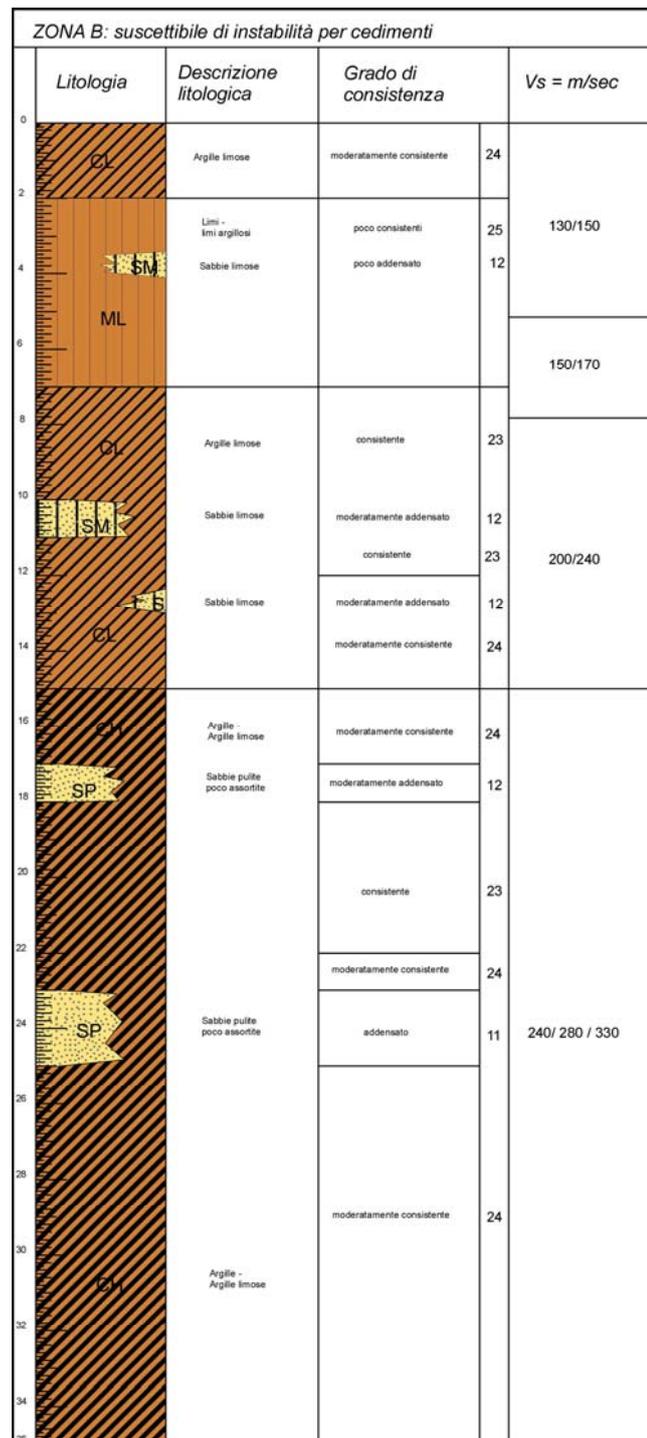
effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

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

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

ZONA 4: stabile suscettibile di amplificazioni locali				
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec	
CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	100/130
ML	Argille - limi argillosi	moderatamente consistente	24	130/160
CH	Argille	consistente	23	
SM	Sabbie limose	poco addensate	12	180/240
SM	Sabbie limose	moderatamente addensate	12	
CL	Sabbie - Sabbie limose	moderatamente addensate	12	240/310
CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
CH	Argille	moderatamente consistente	24	310/390
SP	Sabbie pulite poco assortite	addensate	11	
CH	Argille	moderatamente consistente	24	

ZONA 4 - Argille - argille limose, moderatamente consistenti (CH/CL-24), consistenti (23) a quote sottostanti 4/5 m dal pc, con intercalati subordinati corpi lentiformi limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24) e lenti sabbioso limose poco addensate (SM-13);
effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;
microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

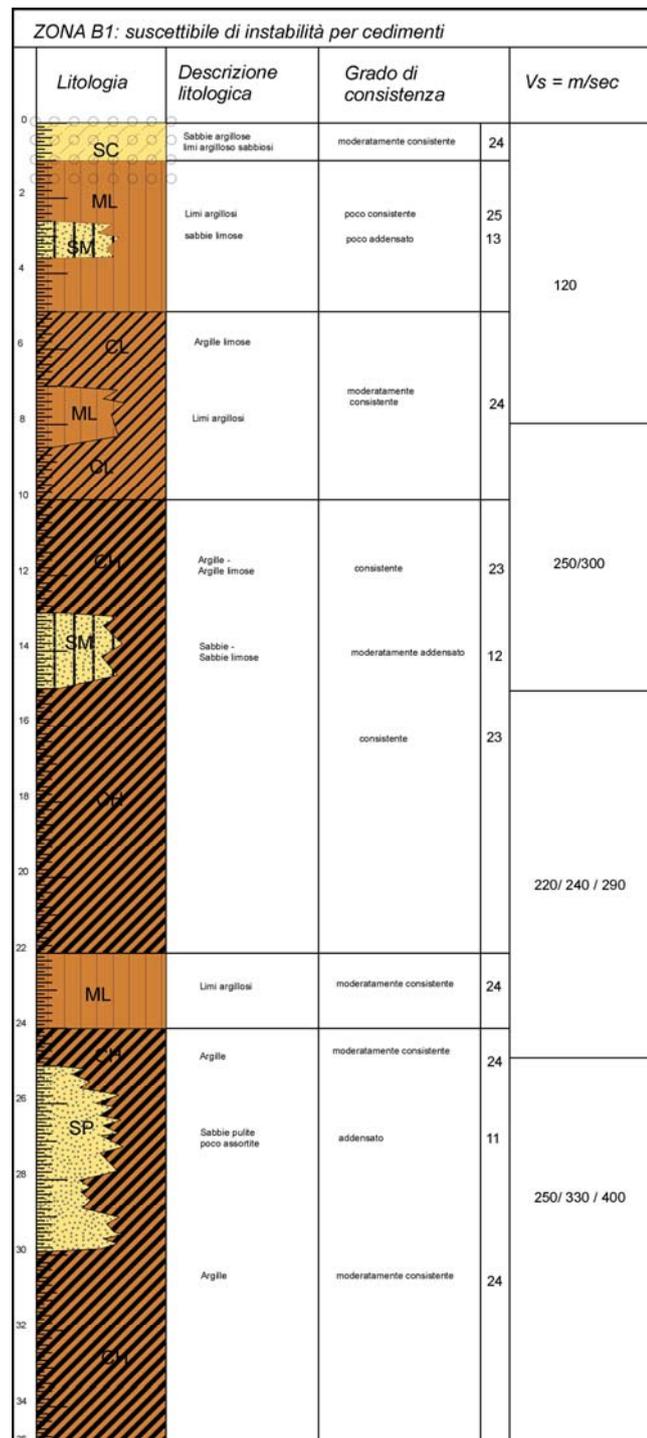


ZONA B: limi - limi argilloso sabbiosi, poco consistenti (CL/ML-25) con corpi sabbiosi lentiformi da poco addensati a moderatamente addensati (SM-13/12) con spessori da 1 a 2,0 m e Vs<150/170 m/sec, nei primi 7 m dal piano campagna;

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.

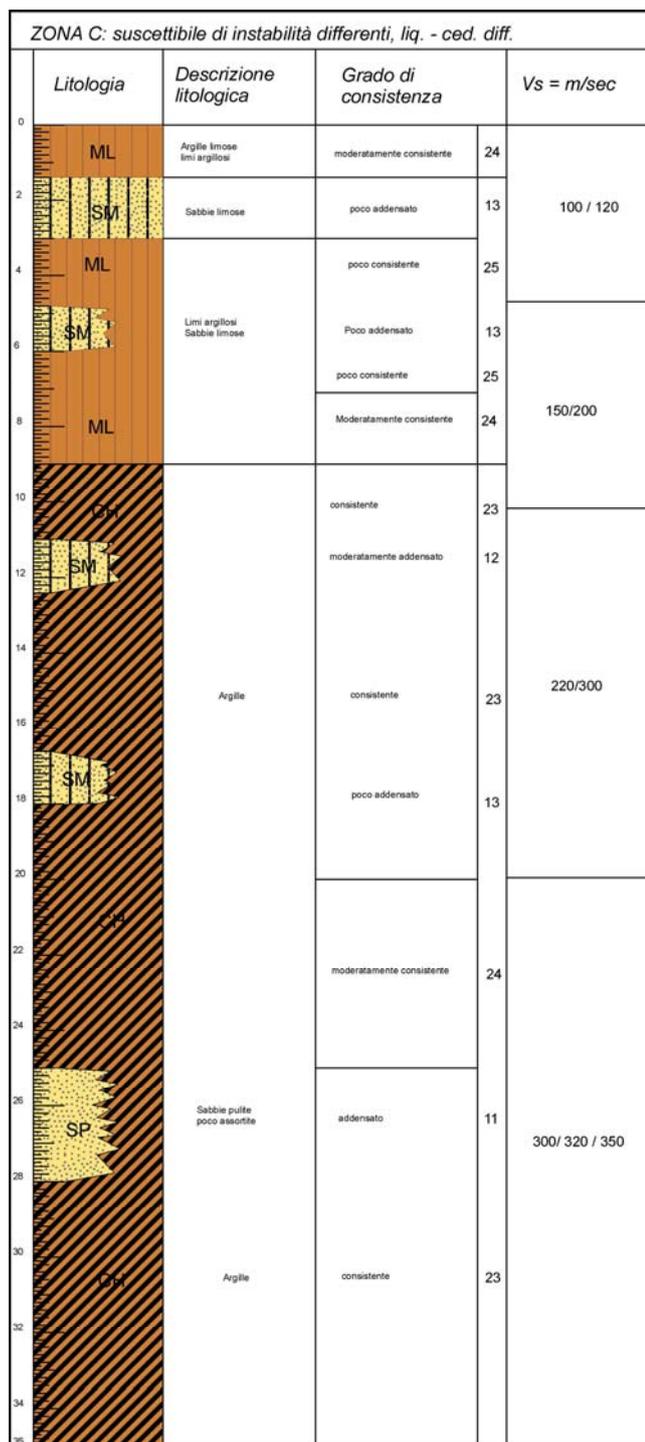


ZONA B1 - Argille limose - limi argillosi poco consistenti (ML/CL-25) – sabbie argillose moderatamente consistenti (SC-24), con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi, con spessori tra 1 e 2 m, da moderatamente a poco addensati (SM-12/13) con Vs<130 m/sec, nei primi 5-8 m dal pc; con l'aumento della profondità argille limose - limi argillosi moderatamente consistenti (CL-24) con Vs>220 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziali cedimenti differenziali di terreni poco consistenti e densificazione/liquefazione di sottili strati sabbioso limosi;

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

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



ZONA C - Sabbie limose e sabbie poco addensate (SM-13) e limi - limi argillosi poco consistenti (ML-25) con Vs<150/200 m/sec, nei primi 6/8 m dal pc; con l'incremento della profondità argille limose - argille consistenti (CH/CL-24), sabbie pulite addensate (SP-11) con Vs>250 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione e cedimenti differenziali;

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

microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per valutazione di suscettività alla liquefazione e stima dei cedimenti differenziali.

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

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

nelle quali dovranno essere sviluppate le verifiche di stabilità dei fronti di scavo con metodo pseudostatico o dinamico.

10 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E RISPOSTA SISMICA LOCALE

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

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, nel territorio in esame sviluppata con codice di calcolo Proshake (risposta sismica locale), le elaborazioni definiscono i tipi degli approfondimenti di terzo livello, integrativi, da effettuarsi, specificando le disamine da sviluppare.

Le zonizzazioni di secondo livello di approfondimento sono state effettuate per gli areali urbanizzati, di previsto nuovo sviluppo e principali infrastrutture i cui perimetri sono visualizzati nelle allegate tavole 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6.

10.1 Carta delle nuove indagini

Detto elaborato visualizza esclusivamente l'ubicazione delle nuove verticali di indagine geofisica: Re.Mi - MASW/Re.Mi. - HVSR, effettuate per la microzonazione delle aree urbanizzate e di nuovo insediamento previsto.

La simbologia e caratteristiche degli elementi riportati in carta, relative ai punti di indagine sono conformi allo standard di rappresentazione e archiviazione informatica previste nell'allegato della Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (Art. 5, comma 7 dell'OPCM 13/11/2010, n°3907) versione 2.0 del 11/06/2012.

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

10.2 Substrato a comportamento rigido

L'analisi comparata tra i valori delle frequenze principali (HVSR) rapportata ai valori di V_s ottenuti dalle verticali MASW/Re.Mi ed alle sezioni geologiche, indica che il tetto della litozona a comportamento assimilabile a bedrock sismico (bedrock like) tende generalmente ad approfondirsi in direzione ovest e sud.

L'assetto del substrato a comportamento rigido (bedrock like) asseconda quello del substrato pliocenico e prepliocenico, evidenziando le profondità relative minori nella parte orientale del territorio, zona ad est del Cavo Bondeno ed a nord della sP. n° 47 (Strada Beviera) dove è mediamente rinvenibile a $-120 \div -130$ m pc; equivalenti profondità medie: -130 m pc, si riscontrano anche nell'area centrale settentrionale alla quale appartengono la zona nord del capoluogo e Ponte delle Frambole.

Procedendo in direzione occidentale, zone ad ovest del Canale di Reggio, ed in verso

meridionale, aree a sud di via Boiardo – Via A. Secchi, il tetto del bedrock like tende ad approfondirsi, concordemente con l'andamento della profondità del tetto del substrato prepliocenico, attestandosi a profondità di $-150 \div -170$ m dal piano campagna.

Fa in parte eccezione a quanto esposto la zona centro settentrionale, tra Quartiere Soave – Pieve Rossa – C. Massa, dove l'unità litotecnica a comportamento rigido si riscontra a $-160 \div -170$ m pc. Tale condizione è con tutta probabilità correlabile ad un'area nella quale il substrato prepliocenico è interessato da intersezione di linee di sovrascorrimento e/o faglia.

Il raffronto tra l'assetto geometrico delle unità che costituiscono il Sintema Emiliano Romagnolo Superiore e le profondità del tetto della litozona a comportamento assimilabile a bedrock sismico, indica che tale orizzonte, nelle zone orientali del territorio comunale, è correlabile alla base del complesso A2, analoga correlabilità si riscontra anche nei settori occidentali settentrionali.

Detta condizione è in accordo con le litozone prevalentemente rappresentate nei sopraddetti settori e con la profondità negli stessi del substrato prepliocenico, rinvenibile nelle aree orientali del territorio a -2.5 km dal pc; detto assetto ha influenzato i processi subsidenti dei depositi quaternari continentali inducendo consolidamenti differenziati rispetto alle aree occidentali e meridionali nelle quali il substrato si approfondisce a $3.8 \div 3.5$ km pc. Nelle zone occidentali e meridionali dove gli spessori dei depositi continentali sono maggiori il comportamento relativo più rigido è correlabile alla base del complesso A3. Tale caratteristica unitamente ad una prevalente presenza delle sequenze argilloso limose, è attribuibile al maggior tasso di subsidenza di detti depositi.

10.3 Carta delle velocità delle onde di taglio V_s

La carta delle velocità delle onde di taglio (V_s), visualizza per le aree oggetto di microzonazione 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) ottenuti dalle indagini effettuate: Re.Mi - MASW/Re.Mi..

In generale le elaborazioni delle acquisizioni eseguite hanno evidenziato valori oscillanti tra un massimo di 290 m/sec ed un minimo di 210 m/sec.

I valori maggiori si riscontrano nella zona settentrionale centrale del territorio comunale, tra S. Tommaso della Fossa e confine nord, con valori compresi tra V_{s30} $250 \div 390$ m/s. Analoghe zone con valori relativi maggiori si riscontrano nel settore meridionale - orientale del capoluogo tra via Galvani ed il confine sud, dove $V_{s30} = 260 \div 280$ m/s e nelle aree a valori di medio massimo della porzione settentrionale del Quartiere Soave con $V_s = 250$ m/sec.

Nella rimanente parte del territorio, i valori sono generalmente compresi tra $V_{s30} = 220 \div 240$ m/s.

Fanno in parte eccezione due areali di limitata estensione con minimi di $V_s = 210$ m/sec a meridione tra il T. Tassone e la tangenziale sud e nella fascia con andamento sub parallelo alla sP. n°47, dal suo incrocio con via Fosdondo a Ponte Beviera – C. Salsi – C. Comasbini.

10.4 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica

La microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento, con determinazione dei fattori di amplificazione mediante codice di calcolo, individua aree a comportamento sismico equivalente attribuendo alle stesse indici quantitativi che definiscono in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche l'amplificazione sismica attesa ($T_r = 475$ anni; $\zeta = 5\%$).

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati i valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) determinati mediante codice di calcolo proshake per la MS del Comune di Bagnolo in Piano.

In funzione di tali elaborazioni sono stati visualizzati nelle tavole i valori dei fattori di amplificazione FA. PGA. ed FA.IS. riferiti agli intervalli 0.1 – 0.5 sec, 0.1 – 0.3 sec, 0.3 – 0.5 sec, 0.5 – 1.0 sec, 1.0 - 2.0 sec, attinenti alle microzone individuate.

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

All'intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec sono 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.

All'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec sono correlabili la prevalenza delle costruzioni ad uso produttivo manifatturiero, commerciale, industriale con altezze sottotrave inferiori a 8 m ed edifici ad uso civile a telaio in C.A. sino a 5 – 6 piani fuori terra.

All'intervallo $0.5 < T < 1.0 < T < 1.5$ sec possono corrispondere strutture a telaio in C.A. o Fe con elevazioni maggiori di 6 ÷ 7 piani, magazzini verticali, manufatti alti e stretti quali silos, torri in genere, ecc.

10.5 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)*².

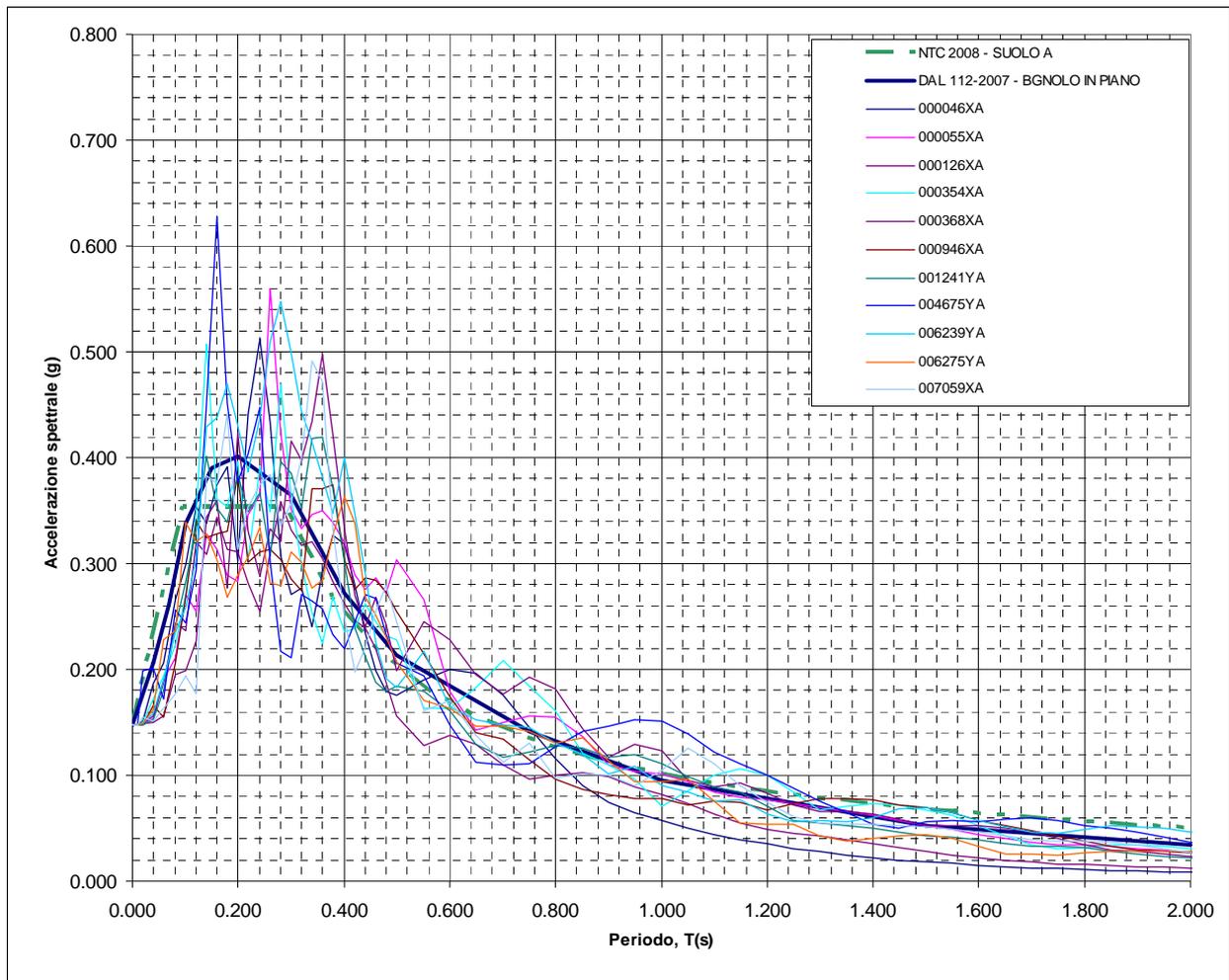
Tale schema prevede:

- *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.

² 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.

- *Scelta dei moti di riferimento*: attraverso la selezione di accelerogrammi reali da banche dati attraverso la comparazione degli spettri di risposta con quello determinato con metodo probabilistico.
- *Analisi delle amplificazioni a scala locale* mediante simulazioni di propagazione verticale delle onde SH.
- *Zonazione finale* con determinazione di aree a caratteristiche omogenee.

La definizione degli input sismici utilizzati per le simulazioni di scuotimento in superficie è stata effettuata confrontando lo spettro di risposta degli accelerogrammi selezionati opportunamente scalati, con quella dello spettro a probabilità uniforme determinato secondo le indicazioni della DAL 112-2007, 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 database" <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 dei comuni di Bagnolo in Piano, Correggio, San Martino in Rio, Rio Saliceto.



Spettro di risposta a probabilità uniforme (Periodo di ritorno di 474 anni, smorzamento=5%) costruito con i parametri esposti nella delibera dell'assemblea legislativa ER – DAL112-2007, spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2008 e spettri di risposta degli accelerogrammi selezionati normalizzati.

10.6 Calcolo degli effetti di sito

Per il calcolo dello scuotimento in superficie è stato utilizzato un modello numerico 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, desumendo i parametri di decadimento da dati bibliografici per litotipi simili a quelli dei terreni di Bagnolo in Piano.

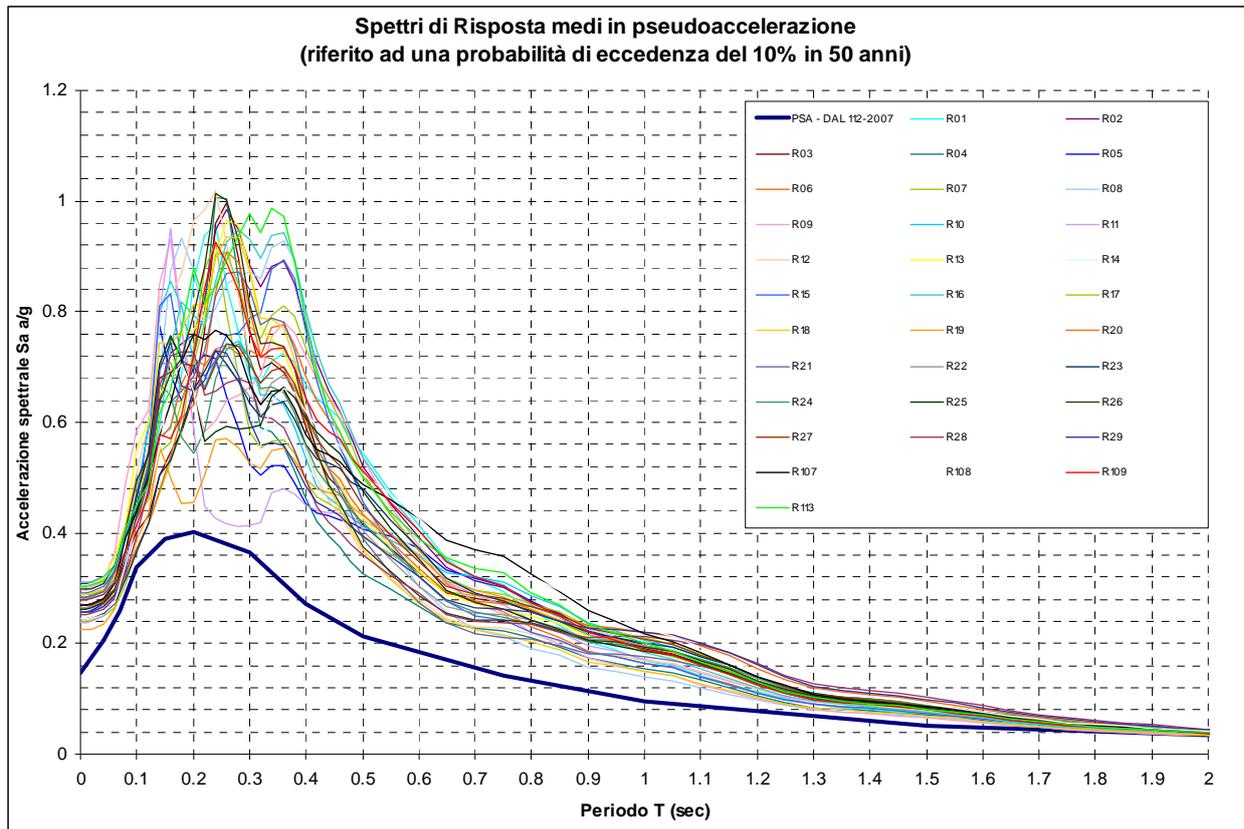
Il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni di scuotimento in superficie è *Proshake* (*EduPro Civil System, Inc*) si basa quasi completamente sul modello di calcolo di *Shake91* (*Idriss e Sun, 1992*)³, modificandone l'interfaccia di immissione dati per un più facile utilizzo.

³ 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..

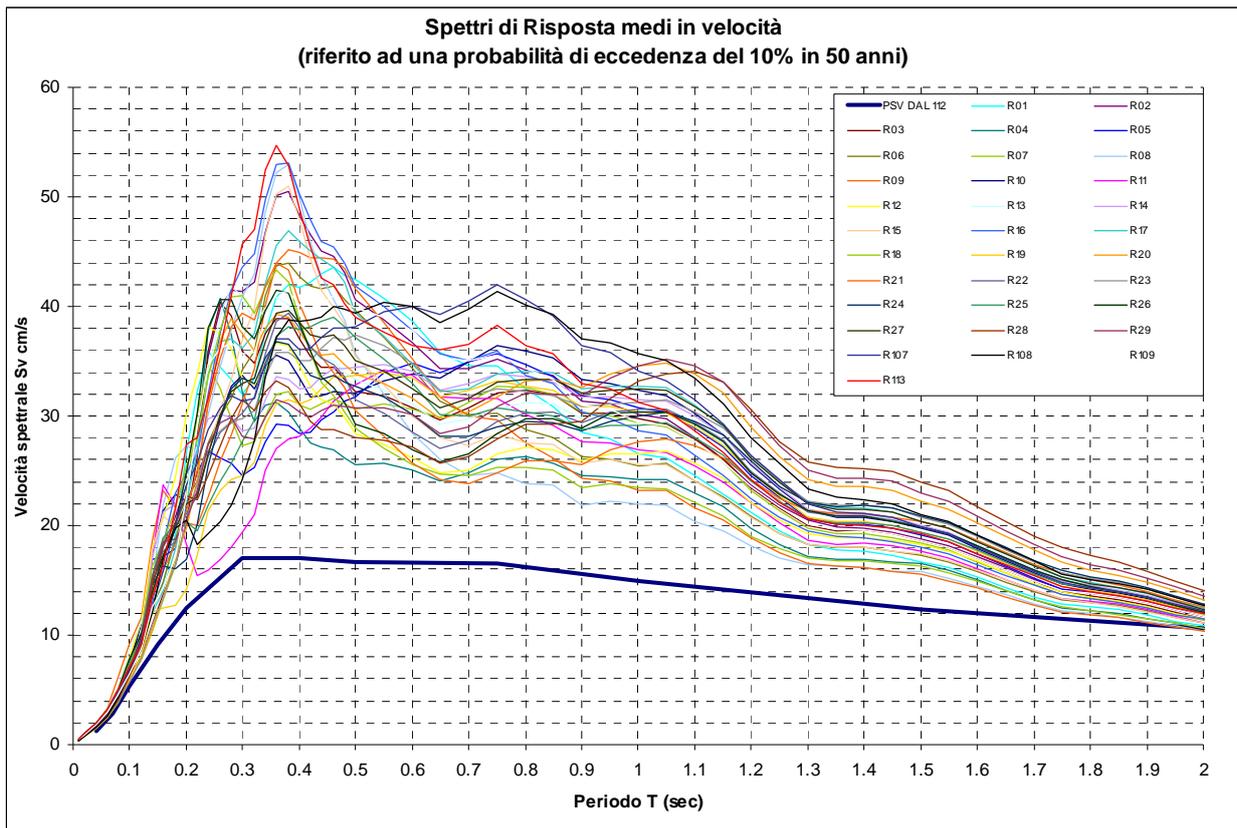
Sulla base delle risultanze delle indagini geofisiche, sono stati discretizzati i profili delle onde S, estrapolando i valori e le profondità sino al raggiungimento del bedrock sismico assunto con V_s corrispondente a 700 m/sec (bedrock like).

Per ogni verticale sismostratigrafica, è stato calcolato lo spettro di risposta in superficie derivante dalla media delle varie simulazioni applicando i moti di riferimento al tetto del bedrock sismico ($V_s=700$ m/sec).

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



Spettri di risposta in superficie definiti mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scuotimenti selezionati alle verticali sismostratigrafiche. Tutte le simulazioni presentano i maggiori valori di accelerazione nei periodi compresi tra 0,1 e 0,5 sec. I valori di amplificazione si mantengono comunque alti sino a periodi di circa 1,2 sec.



Spettri di risposta in superficie visualizzati in termini di pseudovelocità (smorzamento 5%).

10.7 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 precedentemente illustrati, è stata effettuata sia con la determinazione del rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀) che mediante la determinazione dell’intensità di Housner⁴ (o intensità dello spettro di risposta) SI/SI₀, definita come:

$$SI = \int_{T1}^{T2} PSV(T, \xi) dt$$

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

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

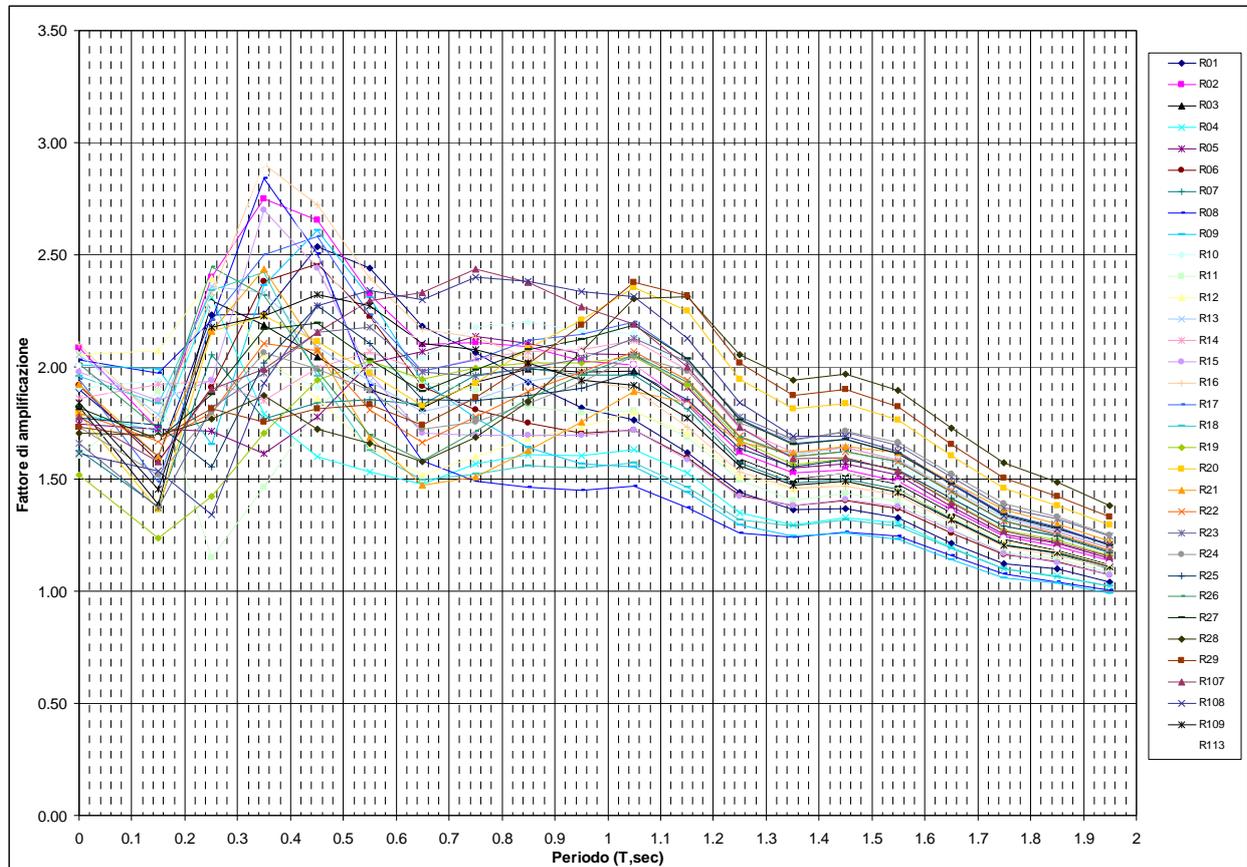
Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in relazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

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.

⁴ Housner G.W., 1952; Intensity of ground motion during strong earthquakes, California Institute of Technology, August.

Nel contesto del presente studio, l'approccio per la definizione dei periodi di integrazione, è stato effettuato sia considerando le tipologie strutturali prevalentemente presenti nel territorio di Bagnolo in Piano, che 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:



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

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

- I fattori di amplificazione presentano 2 massimi corrispondenti rispettivamente a $T=0,3 \div 0,5$ sec con FA mediamente corrispondente a $2 \div 2,5$ e per $T= 1 \div 1,2$ sec con FA pari ad $1,5 \div 2$.
- In tutte le simulazioni per periodi superiori a 1,2 sec è presente un generale decremento dei fattori di amplificazione
- Per periodi compresi tra 0,3 ed 1,2 sec le simulazioni presentano evidenti diversità di comportamento.

Sulla base di queste considerazioni sono stati definiti i seguenti periodi per la determinazione dei valori di intensità spettrale:

0,1 \div 0,5 sec e 0,5 \div 1,0 sec, con ulteriore suddivisione nelle classi 0,1 \div 0,3 sec; 0,3 \div 0,5 sec; 1.0 \div 2.0 sec

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

Verticale N°	pga (g)	FA pga	FA IS e periodi		FA IS e periodi di integrazione			
			0,1 – 0,5	0,5 – 1,0	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 1,0	1,0 – 2,0
R01	0,281	1,90	2,22	2,09	1,99	2,39	2,09	1,36
R02	0,309	2,09	2,47	2,13	2,14	2,70	2,13	1,52
R03	0,270	1,82	2,05	1,92	1,95	2,12	1,92	1,50
R04	0,265	1,79	1,86	1,56	2,08	1,70	1,56	1,30
R05	0,258	1,75	1,70	2,08	1,72	1,70	2,08	1,55
R06	0,284	1,92	2,16	1,88	1,78	2,42	1,88	1,37
R07	0,241	1,63	1,80	1,92	1,80	1,81	1,92	1,48
R08	0,301	2,03	2,44	1,59	2,12	2,67	1,59	1,23
R09	0,298	2,01	2,19	1,85	1,78	2,49	1,85	1,24
R10	0,282	1,90	1,94	2,11	1,91	1,96	2,11	1,61
R11	0,238	1,61	1,55	1,90	1,43	1,64	1,90	1,41
R12	0,304	2,06	2,09	1,63	2,27	1,96	1,63	1,44
R13	0,304	2,06	2,18	1,90	2,14	2,21	1,90	1,60
R14	0,275	1,86	1,93	2,05	1,93	1,92	2,05	1,62
R15	0,293	1,98	2,30	1,75	1,91	2,57	1,75	1,37
R16	0,311	2,10	2,52	2,14	2,11	2,81	2,14	1,45
R17	0,288	1,95	2,29	2,10	1,94	2,54	2,10	1,66
R18	0,290	1,96	2,18	1,55	2,15	2,19	1,55	1,28
R19	0,225	1,52	1,63	2,00	1,35	1,82	2,00	1,56
R20	0,265	1,79	2,04	2,00	1,86	2,17	2,00	1,80
R21	2,285	1,92	2,13	1,61	1,95	2,26	1,61	1,58
R22	0,265	1,79	1,95	1,82	1,75	2,09	1,82	1,60
R23	0,245	1,66	1,89	2,03	1,65	2,06	2,03	1,67
R24	0,256	1,73	1,89	1,83	1,69	2,03	1,83	1,66
R25	0,262	1,77	1,93	1,92	1,63	2,14	1,92	1,55
R26	0,298	2,01	2,16	1,76	2,17	2,15	1,76	1,59
R27	0,269	1,82	2,03	2,02	1,80	2,18	2,02	1,65
R28	0,252	1,71	1,77	1,76	1,74	1,80	1,76	1,89
R29	0,256	1,73	1,78	1,92	1,76	1,78	1,92	1,85
R107	0,270	1,78	1,95	2,34	1,78	2,07	2,34	1,60
R108	0,246	1,62	1,82	2,35	1,41	2,10	2,35	1,69
R109	0,280	1,84	2,12	2,09	1,90	2,28	2,09	1,47
R113	0,305	2,01	2,43	2,15	2,06	2,69	2,15	1,51

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 DAL RER 112/2007.

10.8 Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale massima FA.PGA

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA₀, elaborata per gli sviluppi visualizzati nella relativa tavola, evidenzia i valori massimi nel settore orientale del territorio comunale zone ad est della SP Reggio – Novellara dove descrivono un'area estesa in senso sud - nord con larghezza media di 1,0 km nelle zone sud del capoluogo, di 1.7 km nella parte centrale e settentrionale a cui appartiene lo stesso e nella porzione settentrionale del territorio ed est della ferrovia Reggio Mantova.

In detto settore i valori medi rappresentati corrispondono ad FA.PGA. = 1.9 – 2.1.

È inoltre riscontrabile un'altra area con valori elevati corrispondenti ad FA PGA = 1.9 nella zona occidentale in corrispondenza di Via Fornaci, tra Pd.re Guglielmo – Pd.re S. Elena – Casaletto Sopra – C.Tamagnini.

La parte di territorio ad occidente del capoluogo, zone ad ovest della sP. Reggio – Novellara, ad eccezione del sopradescritto areale di Via Fornaci, denota valori relativi inferiori FA.PGA = 1.7 ÷ 1.8; in detto settore tra la tangenziale ovest ed il T. Tassone, circa in corrispondenza della Strada Tassone, si riscontra l'area di minimo relativo del territorio comunale caratterizzata da FA.PGA = 1.6.

La distribuzione territoriale dei valori di FA PGA indica corrispondenza delle aree a relativa minore amplificazione con zone nelle quali il substrato prepliocenico, si attesta alle maggiori profondità, settori occidentali, dove si rinviene a -3 ÷ -3.5 km dal piano campagna. L'eccezione del massimo relativo locale, circa in corrispondenza di via Fornaci, è correlabile alla presenza di una linea di sovrascorrimento nel substrato estesa ovest – est che evidenzia direzione con elevato grado di similitudine all'andamento della suddetta strada.

A riscontro di quanto esposto concorrono i valori di amplificazione maggiori delle zone orientali nelle quali il substrato prepliocenico, successivamente alla linea di sovrascorrimento orientata sud ovest – nord est, - ovest est dal Capoluogo a Pieve Rossa – Santa Maria – Canolo, si innalza a -2.5 km ed il tetto del pliocene a -1.1 ÷ -1.2 km dal piano campagna (*Enciclopedia del Petrolio e del Gas Naturale, VI Volume, ENI*).

10.9 Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner

In funzione delle tipologie edilizie prevalentemente presenti nel territorio comunale sono state elaborate le analisi relative agli intervalli nei quali generalmente rientrano i fabbricati ad uso civile sino a 3 ÷ 4 piani per le strutture a telaio in c.a. e sino a 4 ÷ 5 piani per gli edifici in muratura, che sono caratterizzati principalmente dai periodi $0,1 < T < 0,3$ sec. Sono inoltre state individuate le parametrizzazioni per gli intervalli dei periodi nei quali di solito rientrano le strutture di tipo produttivo, gli edifici a telaio in c.a sino a 5 ÷ 6 piani, contraddistinti prevalentemente dai periodi $0,3 < T < 0,5$ sec.

Dette suddivisioni dei campi di periodo principale e relative delimitazioni delle aree che a loro competono, assumono particolare significato nel contesto delle previsioni di sviluppo urbanistico poiché consentono di indirizzare le scelte per la destinazione residenziale dove i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo

$0,1 < T < 0,3$ sec sono inferiori. Analogamente tale criterio di preferenza per i valori di FA. IS. minori, nell'intervallo $0,3 < T < 0,5$ sec, è significativo per le destinazioni di parti del territorio ad uso produttivo.

La discretizzazione degli intervalli sopraindicati è inoltre di sostanziale ausilio nella valutazione del grado di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente.

In conformità a quanto previsto nella DGR 1302/2012 e degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS2008) sono state elaborate le carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli FA.IS. $0.1 < T < 0.5$ sec ed FA.IS. $0.5 < T < 1.0$ sec.

10.10 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec

La distribuzione generale dei valori di FA IS in tale intervallo, denota andamento concordante con quello dei valori di FA PGA presenti ad est della SP Reggio E. – Novellara evidenziando i valori di amplificazione relativi maggiori nelle fasce orientali con FA IS = $1.9 \div 2.1$, ed aree settentrionali: zona a nord di via Formigine e ad est del Diversivo Bresciana con equivalenti valori.

Il settore occidentale: aree ad ovest della sP. Reggio E. – Novellara, ad eccezione della parte nord del capoluogo e quella sud est sede dell'area produttiva, è contraddistinta da valori relativi inferiori equivalenti ad FA.IS. = $1.7 \div 1.8$. In tale zona tra la tangenziale ovest - via Scappa/Cavo Argine/C. Pansa - T. Tassone - via Case Modena - Pd.re Tassone, si riscontrano i valori relativi inferiori corrispondenti ad FA.IS. = $1.5 \div 1.6$ e che giungono ai minimi del territorio equivalenti ad FA.IS. = 1.4 nella fascia estesa est – ovest in pratica coincidente con l'andamento della Strada Tassone.

Come sopra accennato nella parte settentrionale del capoluogo tra la tangenziale – Ponte Frambole – ferrovia RE-MN – via De Gasperi, sono presenti i valori più elevati: FA:IS. = $2 \div 2.1$ con massimo di 2.2 ad ovest del Quartiere Soave. Analogamente nella parte meridionale orientale, sede dell'area produttiva sud, si rilevano valori di FA.IS. = $2.2 \div 2.3$.

La distribuzione areale dei valori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec. denota correlabilità con la suddivisione zonale dei valori di FA.PGA. e l'assetto del tetto del Pliocene e di quello del substrato prepliocenico.

Si riscontrano infatti corrispondenza dei valori di intensità maggiori con le aree dove il tetto del pliocene e del substrato prepliocenico sono meno profondi rispettivamente $-1.1 \div -1.2$ km pc e -2.5 km. Contestualmente dove questi ultimi sono più profondi si osserva la correlabilità con i valori di FA.IS. relativi inferiori.

10.11 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec.

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo, denota andamento concordante con quello dei valori di FA. PGA, evidenziando valori di amplificazione relativi

maggiori nel settore orientale del territorio comunale, zona ad est della sP. Reggio E. – Novellara sino a Caseificio di S. Tommaso della F.sa e ad est della ferrovia RE – MN e da quest'ultima al confine Comunale nord, dove i valori di amplificazione sono compresi nell'intervallo FA.IS. = 2.2 ÷ 2.4. In tale area si riscontrano i valori massimi tra Ponte Beviera- Pieve Rossa – Quartiere Soave – C. Canossi – Incrocio sP.47/Via Ronchi e quest'ultima, corrispondenti a FA.IS. = 2.6 ÷ 2.8. Equivalenti peculiarità presenta l'area ad est di via San Michele contraddistinta da FA.IS. = 2.5 ÷ 2.6.

Il settore orientale caratterizzato dai valori massimi relativi si allarga in verso occidentale nella zona compresa tra Pieve Rossa – Caseificio S. Tommaso – C. Bosco, assumendo FA.IS = 2.2 ÷ 2.5.

Analoga zona di massimo relativo con FA.IS. = 2.2 ÷ 2.4 si riscontra nella parte occidentale centrale del territorio nel settore di via Fornaci – Via Vico Secco, compreso tra Pd.re S. Guglielmo – La Colombaia – Pd.re Casaletto – Casaletto sopra – C. Pansa – C. Tamagnini.

Ad eccezione dell'area sopra descritta, territorio comunale occidentale, si rileva che il settore compreso tra via Lazzari a nord e di via C. Scappa a sud, è caratterizzato da FA.IS. = 1.9 ÷ 2.1.

La fascia settentrionale del territorio tra via Formigine – Via Casaletto ad ovest e Cn.le di Reggio ed est, presenta valori minori relativi corrispondenti ad FA.IS. = 1.7 ÷ 1.8.

Analoghe condizioni contraddistinguono l'area meridionale occidentale ad ovest della tangenziale delimitata a nord da via Scappa ed a sud da via Pd.re Tassone, dove FA.IS. = 1.7 ÷ 1.8.

La distribuzione dei valori di FA.IS. nell'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec evidenzia un elevato grado di corrispondenza con l'assetto del substrato costituito dal tetto del Pliocene e di quello delle formazioni preplioceniche e con le principali linee di sovrascorrimento che coinvolgono i medesimi. Dette formazioni delle zone ad est della sP. Reggio E. – Novellara sono contraddistinte da profondità relative minori rispetto al piano campagna: tetto Pliocene -1.1 ÷ 1.3 m pc – substrato prepliocenico -2.5 km pc.

Equivalenti corrispondenza si ha nella zona di via Fornaci – via Vico Secco dove, il substrato prepliocenico è interessato da uno sovrascorrimento orientato est – ovest esteso circa secondo l'allineamento Pieve Rossa – Zurco.

10.12 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.1 < T < 0.5$ sec

I valori di FA.IS. nell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec, evidenziano una distribuzione areale molto simile a quelli dell'FA.PGA, e descrivono una suddivisione del territorio in tre zone: orientale, centrale, settentrionale e meridionale. La prima di queste, individuata dall'area ad est del Canale Bondeno – ferrovia RE-MN – Provinciale Reggio E. / Novellara nelle zone sud del capoluogo, è contraddistinta dai valori di amplificazione più elevati: FA.IS = 2.2 ÷ 2.5; la fascia centrale estesa est ovest, tra via Lazzari e via Scappa, è caratterizzata da valori medio elevati: FA.IS = 1.9 ÷ 2.1, con un locale FA.IS = 2.16 (C. Valentini) e si estende nella parte settentrionale del territorio sino a sud di via Lazzari nell'area compresa tra Strada

S.Tommaso della Fossa – Strada S.Maria – Via Bondeno/S.Michele, nella porzione meridionale dell' area comunale, il settore a nord i C.Pansa – Via Scappa e ad oriente della tangenziale ovest sino alla sP. Reggio E./Novellara e ferrovia RE/MN ad eccezione dell'area produttiva e del Quartiere Soave.

I valori di amplificazione relativi inferiori caratterizzano la zona occidentale settentrionale, tra Via Lazzari ed il confine comunale nord, dove $FA.IS = 1.7 \div 1.8$ ed il settore occidentale meridionale tra C.Pansa – Via Scappa – tangenziale ovest – via Pd.re Tassone, dove sono presenti analoghi valori; in tale zona si riscontrano i minimi relativi del territorio equivalenti ad $FA.IS = 1.5 \div 1.6$ nella fascia che si estende assecondando la Strada Tassone, compresa tra via C.se Modena e Via Scappa.

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione di intensità sismica di Housner nell'intervallo $FA.IS. 0.1 < T < 0.5$, denota andamenti molto simili a quelli di FA.PGA e di quelli relativi all'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec, tutti assecondanti l'assetto del tetto del Pliocene e del substrato prepliocenico e dei principali sovrascorrimenti/faglie che li interessano.

Infatti i valori relativi maggiori di FA.IS. superiori a 2.1 caratterizzano il settore orientale del territorio comunale dove il tetto del Pliocene è rinvenibile a $-1.1 \div -1.3$ km pc, ed il substrato prepliocenico a -2.5 km pc; analogamente i valori relativi medio elevati con $FA.IS. = 1.9 \div 2.1$ con locale 2.16, che contraddistinguono la fascia centrale orientata est-ovest, si estendono assecondando l'andamento dello sovrascorrimento nel substrato prepliocenico orientato est-ovest circa secondo l'allineamento Pieve Rossa – Zurco.

10.13 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.5 < T < 1.0$ sec

I valori dei fattori di amplificazione relativa maggiori $FA.IS. = 2.2 \div 2.3$ si riscontrano nella zona all'estremità orientale dove si estendono secondo una fascia allungata in direzione nord est – sud ovest che asseconda l'andamento della sP. n°47.

La rimanente parte del territorio, ad eccezione di alcuni areali, successivamente descritti, è generalmente caratterizzata da $FA.IS. = 1.9 \div 2.1$ con i valori maggiori: 2.1, che assecondano l'andamento della sP. n°47. Tale zona è delimitata a nord del tratto di via Salvi compreso tra il Diversivo Bresciana e Canale di Reggio, che si estende ad ovest sino al Cavo Bondeno; fanno eccezione le aree settentrionali e meridionali del capoluogo. In queste ultime tra il Canale di Reggio – via 7 Gennaio – via G. Da Bagnolo – Cimitero Comunale – Via Pioppa si riscontrano i valori minori equivalenti a $FA.IS = 1.6 \div 1.8$ con un minimo di 1.6 tra via Secchi e via Galvani. Analoga zona di minimo, $FA.IS. = 1.6 \div 1.8$, caratterizza la parte settentrionale del capoluogo tra il Quartiere Soave e Pieve Rossa. Equivalenti caratteristiche presenta il territorio a settentrione di S.Tommaso della F.ssa, esteso secondo la direzione di via Salvi tra il Cavo Bondeno e Diversivo Bresciana, dove si osservano valori di $FA.IS. = 1.7 \div 1.8$ con minimi di 1.6 all'intorno dell'intersezione Canale di Reggio/sP. Reggio E. – Novellara.

La distribuzione dei valori dei fattori di amplificazione di intensità sismica nell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec denota andamenti molto simili a quella della FA.PGA e di quella relativa all'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec, tutte assecondati l'assetto del tetto del

Pliocene e del substrato prepliocenico e dei principali sovrascorrimenti/faglie che li coinvolgono.

Infatti i valori relativi maggiori di FA.IS, superiori a $2.0 \div 2.1$, caratterizzano il settore orientale del territorio comunale dove il tetto del Pliocene è rinvenibile a $-1.1 \div -1.2$ km pc, e quello del substrato prepliocenico a -2.5 km pc.

10.14 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $1.0 < T < 2.0$ sec.

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione nell'intervallo $1.0 < T < 2.0$ sec, caratterizza con i valori minori la fascia del territorio comunale estesa sud nord assecondante la ferrovia RE-MN, circa dall'incrocio sP. n°47/Via Don Sturzo a Caseificio di S.Tommaso della F.sa., contraddistinta da FA.IS. = $1.3 \div 1.4$. Analoghi valori di minimo relativo contraddistinguono la fascia orientata sud est nord ovest che si estende assecondando via S. Michele sino a Via Bondeno – S.Michele dove si orienta ad ovest sub parallelamente all'andamento di via Salvi sino al Diversivo Bresciana.

Un'equivalente zona di minimo è presente nella fascia all'estremità occidentale tra il Cavo Ariolo ed il T. Tassone, circa delimitata a nord da via Vico Secco ed a sud da Strada Tassone.

I valori relativi più elevati: FA.IS. = $1.7 \div 1.8$ caratterizzano la parte centro occidentale del capoluogo tra la Vacchella, la sP. Reggio E. – Novellara, via F.lli Cervi; equivalenti condizioni individuano il settore sud ovest tra Canale di Reggio – C. Cavazza, Tangenziale ovest, T. Tassone; la zona ad ovest del capoluogo tra il cimitero comunale, via Don G. Barbieri – C. Catania - confine comunale sud est. Un analogo valore di massimo relativo si osserva nella zona ad ovest della sP. Reggio E. – Novellara tra via Scappa, Via Vico Secco e l'allineamento C.se Scappa – Caseificio – S.Tommaso.

La rimanente parte del territorio è contraddistinta da valori intermedi corrispondenti ad FA.IS. = $1.5 \div 1.6$.

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione nell'intervallo $1.0 < T < 2.0$ sec, non denota significativa correlabilità con l'assetto del substrato prepliocenico e degli sovrascorrimenti che lo interessano..

STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO

Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI

BIBLIOGRAFIA

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA 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 CARATA 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 CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 220 CASALECCHIO DI RENO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di L.MARTELLI, A.BERNINI, M.T.De NARDO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2005) alla scala 1:50.000, foglio 1199 PARMA SUD. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G DI DIO, S. LASAGNI, A. MARTINI, G.ZANZUCCHI.
- AA.VV. (2013) Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana, Regione Emilia Romagna – Toscana, Università di Siena 1240.
- DGR1051/2011. Deliberazione della Giunta Regionale n. 1032/2012, “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all’OPCM 3907/2010 e ss.mm”. Boll. Off. Reg. Emilia-Romagna n. 120 del 02/08/2011.
<http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/>
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di) (2011) . BDM11, la versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.ingv.it/DBM11>
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008). “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833
- DAL 111/2007. Deliberazione dell’assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.112 del 2/5/2007: Approvazione dell’atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”. Boll. Off. Reg. Emilia-Romagna n.64 del 17/05/2007. <http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regioneemilia-romagna.it/geologia/>
- MELETTI C. e VALENSISE G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: “Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003”. Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- BOCCALETTI M. – MARTELLI L. – AA.VV. (2004) – Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003: “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”. G.U. n. 155, 08/05/2003, suppl. ord. N. 72.
- L.MARTELLI, A.MANICARDI, G.P. MAZZETTI, C. UGOLETTI. (2009). PTCP MODENA carte della sicurezza del territorio, riduzione del rischio sismico, carte delle aree suscettibili di effetti locali.
- A. CAMPISI, M. GUERRA, F. MANENTI, L. MARTELLI, G. P. MAZZETTI (2007) PTCP DI REGGIO EMILIA: rappresentazione della pericolosità sismica locale provinciale e indirizzi per la pianificazione comunale, 26° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Novembre
- MOLINARI F.C. – BOLDRINI G. et ALII (2007) – Risorse Idriche Sotterranee della provincia di Ferrara; DB MAP, Firenze.
- G.P. MAZZETTI (2006), Evoluzione geologica del territorio reggiano,. pp. 8-20 in “Una Provincia allo Specchio: Reggio Emilia”; Telesio Editrice, Carnate, Milano.
- G.P. MAZZETTI (2008), Indagine Geologico Ambientale – Analisi Sismica, Quadro Conoscitivo Preliminare Piano Strutturale Comunale, dati non pubblicati.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di Castelnovo ne’ Monti, Convegno Nazionale, Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida, C.N.R., Roma.
- SERVIZIO TECNICO DEI BACINI ENZA E SECCHIA (2005) – Stratigrafie catasto pozzi, dati non pubblicati.
- AA.VV. (1970-1980) – Rapporti ed indagini geognostiche sul territorio di Bagnolo in Piano (RE). Documenti inediti.
- M. PANIZZA ET ALII (1978). Geomorfologia dell’area circostante la Pietra di Bismantova; Servizio Geologico d’Italia, vol. XCVII, C.N.R.
- G.P. MAZZETTI- NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospection, Atti 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. Tecnophysiscs.
- VEGGIANI A. (1974) – Le variazioni idrografiche del basso corso del fiume Po negli ultimi 3.000 anni. Padusa Riv. C. Palesano St. Stor. Arch. E Etr.. Rovigo.
- ENI (1972) - Acque dolci sotterranee - ENI
- ENI (1965) – Enciclopedia del petrolio e del gaso naturale, volume VI, Carlo Colombo Editore.
- AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padana Veneta.-Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI
- LOSACCO U. (1949) - La glaciazione quaternaria dell’Appennino Settentrionale. Riv geografia It, 56 (2)