



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 CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA RELAZIONE TECNICA

Regione Emilia-Romagna Comune di Correggio



<p>Regione Emilia Romagna</p> <p><i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 4007/2012.</i></p> <p><i>Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico</i> Luca Martelli</p>	<p>Soggetto realizzatore Studio Geologico CENTROGEO</p> <p><i>Progetto:</i> Gian Pietro Mazzetti</p> <p><i>Collaboratori:</i> Stefano Gilli, Andrea Arbizzi, Mauro Mazzetti</p> <p><i>ELaborazioni GIS:</i> Studio Benaglia Professionisti Associati Corrado Ugoletti</p>	<p>Amministrazione comunale</p> <p><i>Sindaco:</i> Marzio Iotti</p> <p><i>Assessore all'Urbanistica:</i> Paolo Pozzi</p> <p><i>Dirigente Settore Territorio:</i> Fausto Armani</p>	
		<p>Data Ottobre 2013</p>	

Provincia di Reggio Emilia

comune di Correggio

**MICROZONAZIONE SISMICA
MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE
GEOLOGICO TECNICA E SISMICA
CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA
RELAZIONE TECNICA**

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	1
1.1	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	2
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	4
2.1	Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento.....	13
3	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	15
3.1	Caratteri sismotettonici.....	21
3.2	Assetto strutturale depositi del quaternario continentale.....	23
3.2.1	Subsistema AES8.....	24
3.2.2	Subsistema AES7.....	24
3.2.3	Sistema AES.....	24
3.2.4	Sistema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI.....	25
3.2.5	Subsistema Quaternario Marino Superiore.....	26
3.3	Attività tettonica.....	27
3.4	Subsidenza.....	29
3.5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	30
3.5.1	Caratteri Geomorfoloici.....	30
3.6	IDROGEOLOGIA.....	33
3.6.1	Idrografia di superficie.....	33
3.6.2	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	36
3.6.3	Definizione del sistema idrogeologico.....	36
3.6.4	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	37
3.7	Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale.....	41
3.7.1	Piezometria dell'acquifero freatico.....	43
3.7.2	Isopieze dell'acquifero.....	43
3.7.3	Soggiacenza Acquifero freatico.....	45
3.7.4	Identificazione temporale del sistema Idrogeologico.....	46
3.7.5	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	46
4	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	48
4.1	Carta geologico tecnica.....	48
4.2	Caratteristiche litotecniche.....	50
5	INTERPRETAZIONI.....	51
5.1	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	52
6	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	55
6.1	Microtremori con la tecnica HVSr.....	55
6.2	Prospezione sismica a rifrazione attiva/passiva Re.Mi. e MASW/Re.Mi.....	56
7	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	57
7.1	Carta delle indagini.....	57
7.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	58
7.3	Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico like.....	60
7.4	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	61
7.4.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	62
8	SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	72
8.1	Carta delle nuove indagini.....	72
8.2	Substrato a comportamento rigido.....	72
8.3	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	73
8.4	Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica.....	74
8.5	Definizione degli input sismici.....	74
8.6	Calcolo degli effetti di sito.....	76
8.7	Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	78
8.8	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale FAPGA.....	81
8.9	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	81
8.10	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.3 sec.....	82
8.11	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.3<T<0.5 sec.....	83
8.12	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.1<T<0.5 sec.....	83
8.13	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.5<T<1.0 sec.....	84
8.14	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 1.0<T<1.5 sec.....	84
9	CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI.....	85
10	ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA.....	89
10.1	Breve descrizione degli elaborati.....	89

ELABORATI

Tav. 1.1	Carta delle indagini pregresse e nuove – Nord-Est	1:10.000
	Carta delle indagini pregresse e nuove – Nord-Ovest	
	Carta delle indagini pregresse e nuove – Sud	
Tav. 1.2	Carta geologico - tecnica – Nord-Est	1:10.000
	Carta geologico - tecnica – Nord-Ovest	
	Carta geologico - tecnica – Sud	
Tav. 1.2.1	Sezioni geologiche – Dip	1:25.000/1:1.000
	Sezioni geologiche – Strike	
Tav. 1.3	Carta isopieze primo acquifero – Nord-Est	1:10.000
	Carta isopieze primo acquifero – Nord-Ovest	
	Carta isopieze primo acquifero – Sud	
Tav. 1.4	Carta Soggiacenza primo acquifero – Nord-Est	1:10.000
	Carta Soggiacenza primo acquifero – Nord-Ovest	
	Carta Soggiacenza primo acquifero – Sud	
Tav. 1.5	Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido – Nord-Est	1:10.000
	Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido – Nord-Ovest	
	Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido – Sud	
Tav. 1.6	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) – Nord-Est	1:10.000
	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) – Nord-Ovest	
	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) – Sud	
Tav. 1.7	Carta delle frequenze naturali dei terreni – Nord-Est	1:10.000
	Carta delle frequenze naturali dei terreni – Nord-Ovest	
	Carta delle frequenze naturali dei terreni – Nord-Sud	
Tav. 2.1	Carta delle indagini nuove – Nord-Est	1:10.000
	Carta delle indagini nuove – Nord-Ovest	
	Carta delle indagini nuove – Sud	
Tav. 2.2	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30) – Nord-Est	1:10.000
	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30) – Nord-Ovest	

	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30) – Sud	
Tav. 3.1	Carta di microzonazione sismica Livello 3 - FA PGA – Nord-Est	1:10.000
	Carta di microzonazione sismica Livello 3 - FA PGA – Nord-Ovest	
	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA PGA – Nord-Sud	
Tav. 3.2	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,1 – 0,5 – Nord-Est	1:10.000
	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,1 – 0,5 – Nord-Ovest	
	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,1 – 0,5 – Sud	
TAV. 3.4	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,5 – 1,0 – Nord-Est	1:10.000
	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,5 – 1,0 – Nord-Ovest	
	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,5 – 1,0 – Sud	

ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche di nuova esecuzione

Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

1 INTRODUZIONE

L'individuazione delle condizioni del grado di sicurezza riferite al comportamento dei terreni durante un evento sismico e dei conseguenti possibili effetti locali, del territorio comunale di Correggio (R.E.) è stata sviluppata mediante analisi di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica e della pericolosità sismica di base – azione sismica; tale disamina, finalizzata alla mitigazione del rischio sismico, è stata indirizzata alle valutazioni delle possibilità delle scelte d'uso urbanistico del territorio urbanizzato, di previsto sviluppo e delle fasce interessate dalle principali infrastrutture.

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. 1302/2012, “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).

La 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**, l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza è stata elaborata in coordinamento con Ing. Maria Romani della **Regione Emilia Romagna**.

Le valutazioni di fattibilità per le scelte d'uso urbanistiche, sono state svolte in riferimento alle condizioni geologico strutturali e di risentimento sismico, 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 Correggio 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, in riferimento alle indicazioni contenute nelle sopraccitate DGR 1302/2012, DAL 112/2007, “I.C.M.S.” indirizzi del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Detti elaborati, propedeutici all'elaborazione del PSC, rappresentano 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 mediante rilevamenti ed indagini direttamente effettuati che hanno integrato ed approfondito quelle precedentemente eseguite nel contesto delle analisi del P.T.C.P. di Reggio Emilia visualizzati negli elaborati cartografici di riduzione del rischio sismico: Carta Degli Effetti Attesi (Tav.P9a: 183 SO – 201 NO) sono inoltre state

utilizzate le tavole ed analisi del Documento Preliminare del Quadro Conoscitivo del PSC di Correggio 4/2009, *Centrogeo Correggio RE*.

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Correggio, RE**, Determina Dirigenziale del n° 291/2012 del 19/11/2012 del V Settore Qualità Urbana *Ing. Fausto Armani*.

La microzonazione sismica del territorio di Correggio, realizzata con il contributo di cui all'OPCM 4007/2012, è stata sviluppata in coordinamento con il Servizio Geologico, Sismico e dei suoli, Dr. Luca Martelli, della Regione Emilia Romagna e con il Settore Urbanistica del Comune di Correggio, *Ing. Fausto Armani*.

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

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

1.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il Comune di **Correggio** ricade nelle tavolette:

CORREGGIO II NO per i settori centrale e settentrionale;

CARPI II NE per il settore orientale;

S.MARTINO IN RIO per il settore meridionale.

appartenenti al Foglio REGGIO NELL'EMILIA N° 74 I.G.M., zona 32 T, quadrato PQ.

Il territorio comunale si estende in senso sud ovest - nord est, su una superficie di 7776 ha ed è delimitato dai meridiani, sistema *Gauss Boaga*,

1634600 - 1645800

e dai paralleli:

4950500 - 4964100

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

Il territorio in esame è contraddistinto da quote comprese tra 36 ÷ 42 m slm nel settore meridionale: zone a sud di via Lemizzone, da quote comprese tra 30 ÷ 36 m slm nella parte centrale: tra la sopraddetta strada e Fosdondo – Correggio Capoluogo – Zona Industriale di Correggio; a nord di quest'ultimo allineamento i terreni presentano quote comprese tra 24/25 e 30 m slm.

Il territorio declina generalmente in senso sud sud ovest – nord nord est, caratterizzandosi con fasce dorsate ed ambiti a morfologia leggermente depressa rispetto ai settori circostanti, che descrivono un paesaggio ad assetto blandamente ondulato in senso ovest – est.

Le pendenze sono mediamente variabili tra 1,5 ÷ 2‰ nelle zone a meridione di Via Lemizzone, con locali incrementi equivalenti a 3 ÷ 4,5‰ in corrispondenza di dossi

topografici allungati sud ovest – nord est; nella parte centrale del territorio, tra via Lemizzone e l'allineamento Fosdondo – Capoluogo – Zona Industriale la clivometria varia tra, 1 ÷ 1,6‰ con eccezione della fascia ovest est alla quale appartengono il capoluogo – Fosdondo – Zona Industriale, caratterizzata da $p = 1,8/2 \div 2,5‰$; sono inoltre presenti areali con pendenze $p = 0,75/0,9/1,0‰$ nelle zone occidentali centrali: tra Budrio e Fosdondo, a sud del Capoluogo: Zona Produttiva di Via Modena, aree ad est di San Biagio, che costituiscono zone più depresse rispetto a quelle circostanti, correlabili a preesistenti ambiti vallivi di pianura; la parte settentrionale del territorio presenta assetti clivometrici generalmente compresi tra 1 e 2‰ con locali incrementi in corrispondenza di alcuni dossi allungati sud nord (Canolo – Mandrio – S. Martino Piccolo) nei quali $p = 2/2,5 \div 4/4,5‰$.

La fascia di dosso di maggior significato, estesa in senso sud ovest – nord est, si rileva in corrispondenza del tracciato del Cavo Naviglio – s.S.468 circa dall'Autosole a Correggio Capoluogo e, successivamente a quest'ultimo, prosegue assecondando Via San Martino; analoghe caratteristiche di primaria importanza sull'evoluzione del territorio sono attribuibili al dosso Prato – Lemizzone – Fazzano, al dosso Castellazzo – Gazzata – San Martino in Rio – Zona Industriale di Correggio osservabile al bordo orientale del territorio, alla fascia estesa da Fosdondo a Canolo – Campagnola Emilia. I principali dossi ovest est, si rilevano nella zona centrale e centro settentrionale del territorio esaminato tra San Michele della Fossa – Fosdondo – Correggio Capoluogo, e secondo l'allineamento Cognento – Osteriola – sud di Rio Saliceto Capoluogo.

L'assetto morfologico territoriale d'insieme è tendenzialmente caratterizzato da geometrie convesse nelle parti meridionali e centrali del territorio, che si attenuano, con varia gradualità, tra Via Lemizzone e Fosdondo – Capoluogo – Zona Industriale, diminuiscono ulteriormente in acclività sino a conformare ambiti a pendenza molto bassa configuranti assetti vallivi di pianura, nel settore occidentale a sud del Cavo Argine fino a Via Fazzano, ad est di San Biagio sino al Cavo Tresinaro, tra Canolo – Cognento – Santa Maria ad occidente; analoghe caratteristiche di ambito vallivo denota l'areale a settentrione della Zona Industriale.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La sismicità del territorio, prevalentemente correlata alle strutture superficiali (primi 15 km) e di media profondità (15 ÷ 35 km), è collegata a meccanismi focali compressivi e trascorrenti, mentre sono nettamente secondari e subordinati i meccanismi focali distensivi.

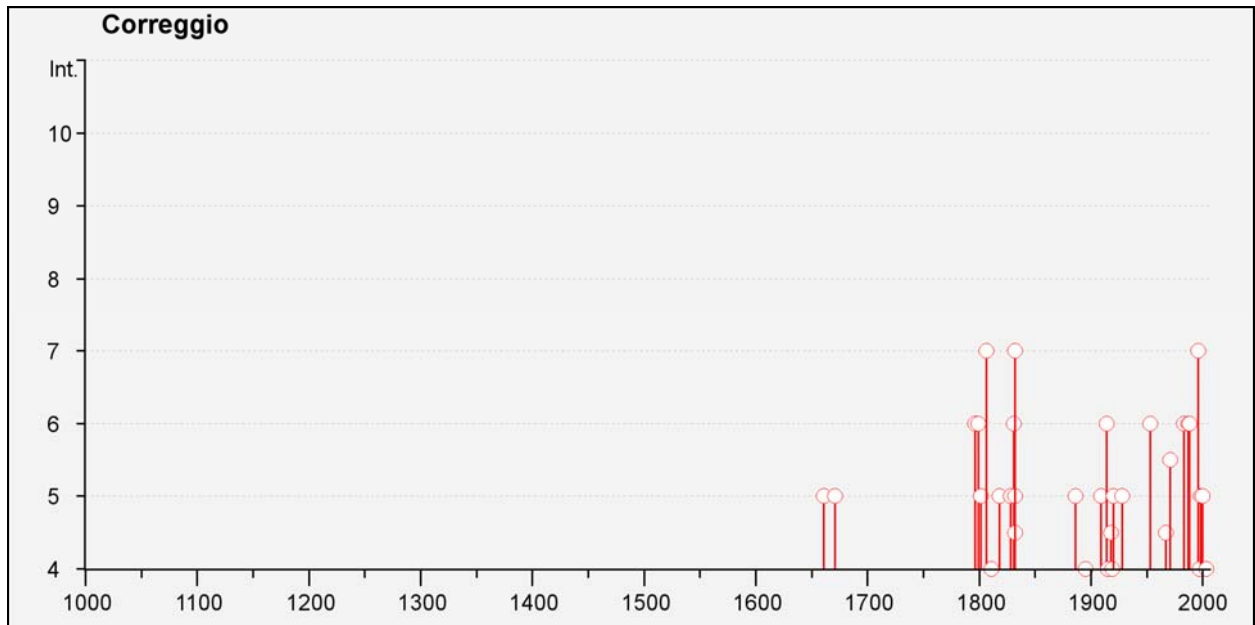
Nell'ambito territoriale al quale appartiene Correggio, il *Database Macrosismico Italiano DBMI11* (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi), utilizzato per la compilazione del *catalogo parametrico CPTI11* (Gruppo di lavoro CPTI, 2011 – INGV, Bologna), documenta eventi sismici giungenti al 7° grado della Scala Mercalli - Cancani – Sieberg, con intensità variabile tra $M_w = 5,2 \div 5,44$, $M_w=5,9$ Mirandola – Finale Emilia.

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

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'OGLIO	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		
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'Illassi	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

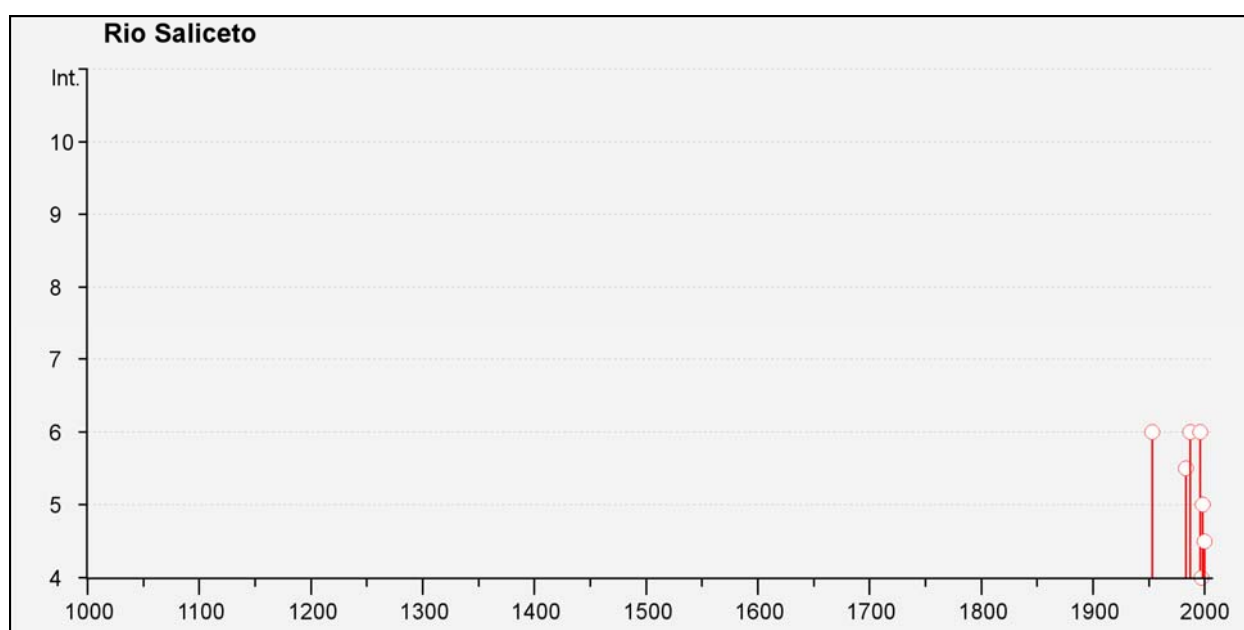
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
6	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
4	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6	5.02 ±0.22
4-5	1918 05 06 08:05	Reggiano	8	5-6	4.52 ±0.69
4	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
5	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
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 Rio Saliceto

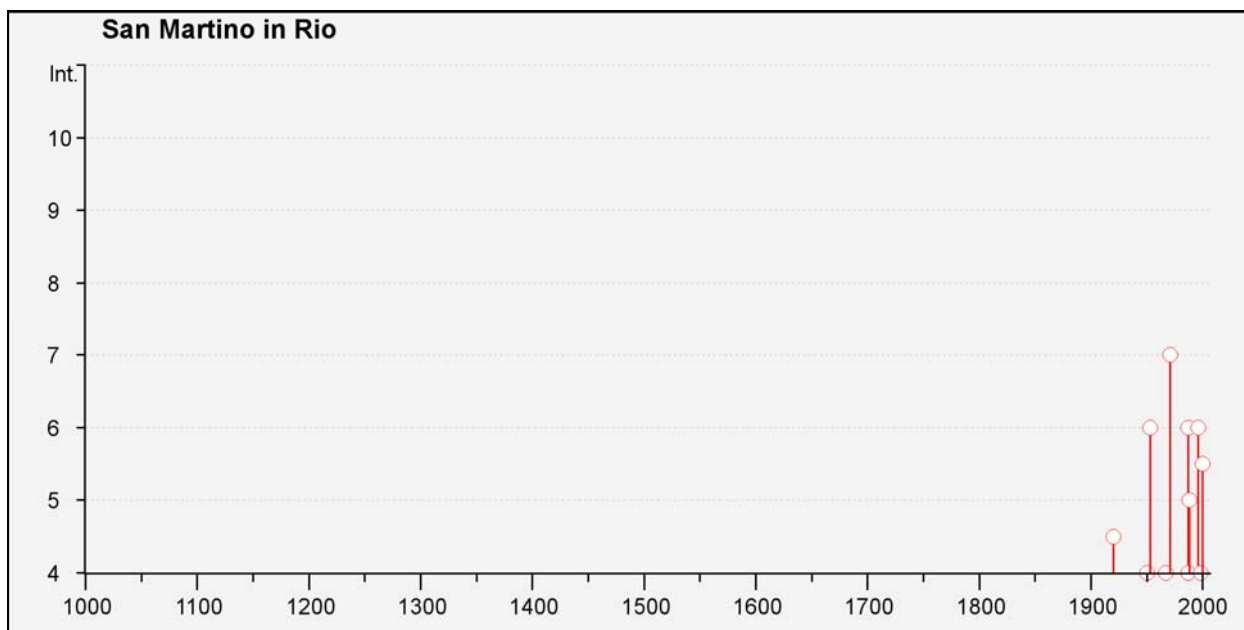
Numero di eventi: 9

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS I]	Data	Ax	Np	Io	Mw
6	1953 08 22 05:26	Reggiano	6	6	4.77 ± 1.00
5-6	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
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
6	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
4-5	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6	4.43 ± 0.09



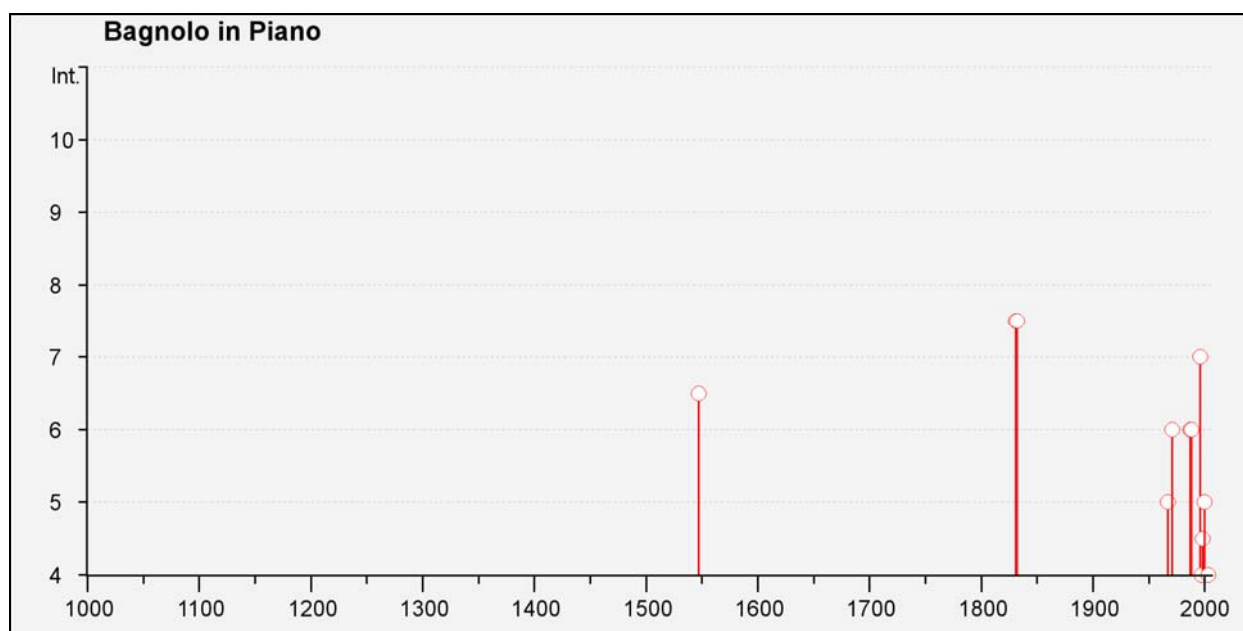
Storia sismica di San Martino in Rio
Numero di eventi: 16

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
4-5	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
4	1950 05 06 03:43	Reggiano	4	4	4.25 ±0.25
6	1953 08 22 05:26	Reggiano	6	6	4.77 ±1.00
3-4	1957 08 27 11:54	ZOCCA	58	5	4.65 ±0.21
4	1967 04 03 16:36	Reggiano	47	5-6	4.69 ±0.19
7	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8	5.64 ±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
4	1987 05 08 11:10	Bassa modenese	17	6	4.57 ±0.23
5	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
6	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7	5.41 ±0.09
3-4	1997 05 12 22:13	Reggiano	56	4-5	4.22 ±0.27
4	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
5-6	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6	4.43 ±0.09



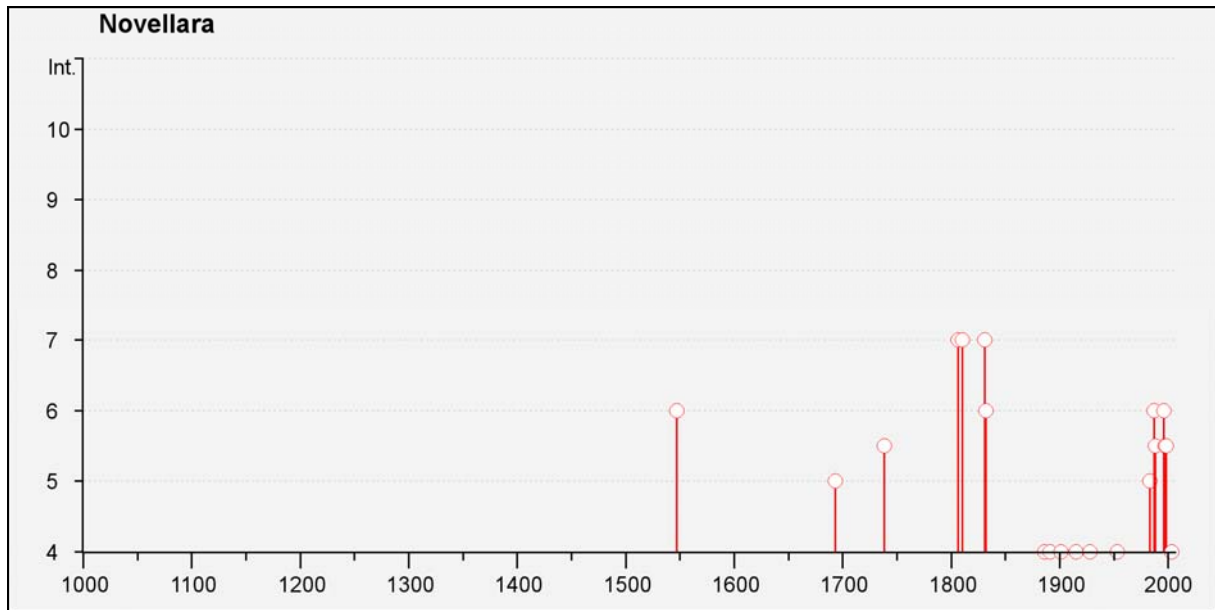
Storia sismica di Bagnolo in Piano
Numero di eventi: 16

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
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

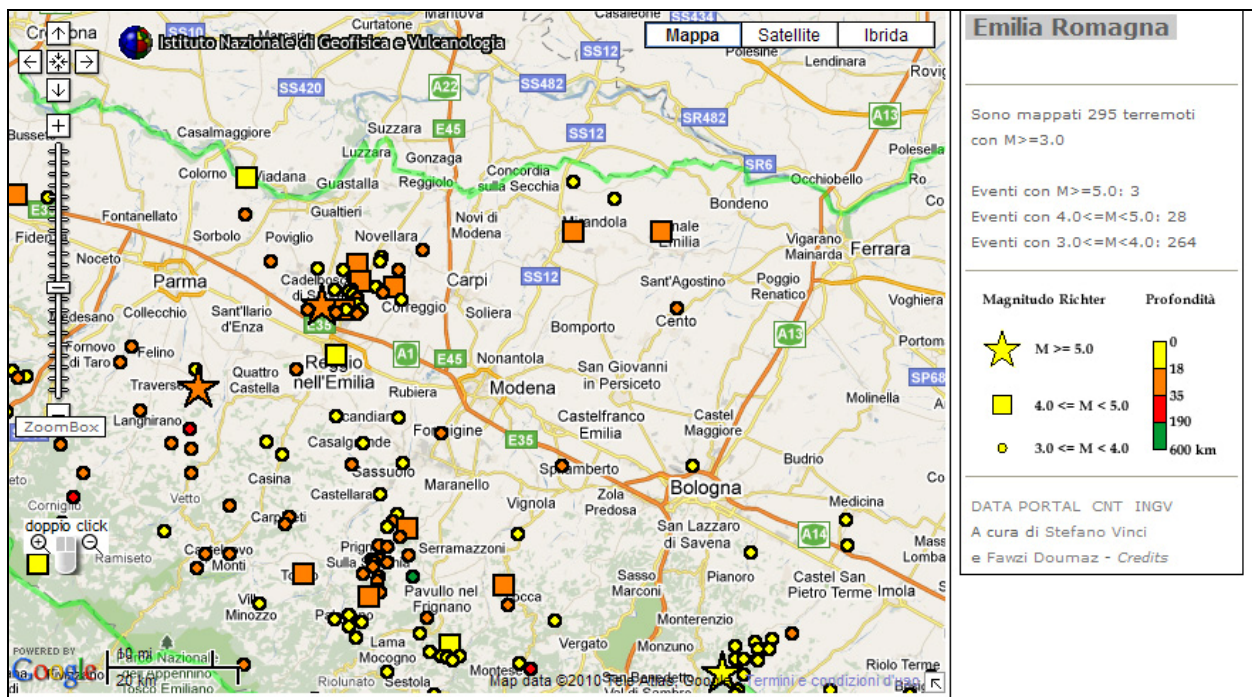
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS J	Data	Ax	Np	Io	Mw
6	1547 02 10 13:20	Reggio Emilia	13	7	5.14 ±0.34
F	1570 11 17 19:10	Ferrara	60	7-8	5.46 ±0.25
NR	1591 05 24	REGGIO EMILIA	4	6	4.72 ±0.34
5	1693 07 06 09:15	GOITO	13	7	5.22 ±0.72
3	1732 02 04 18:20	Parma	9	5-6	4.65 ±0.41
5-6	1738 11 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'Ilasi	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
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



(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 Correggio ed al suo intorno ha una discreta testimonianza ed estensione temporale (il primo evento documentato risale al 1591)
- la sismicità è di tipo medio - medio elevato con intensità massime percepite equivalenti 7 ÷ 8 grado MCS, corrispondente a magnitudo stimate in $M_w = 5.5 \div 5.6$
- le massime intensità sismiche sono state prodotte da eventi di elevata intensità sismica a piccola distanza e di tipo superficiale, mentre gli effetti di sismi ad elevata intensità e distanti contribuiscono in maniera meno rilevante



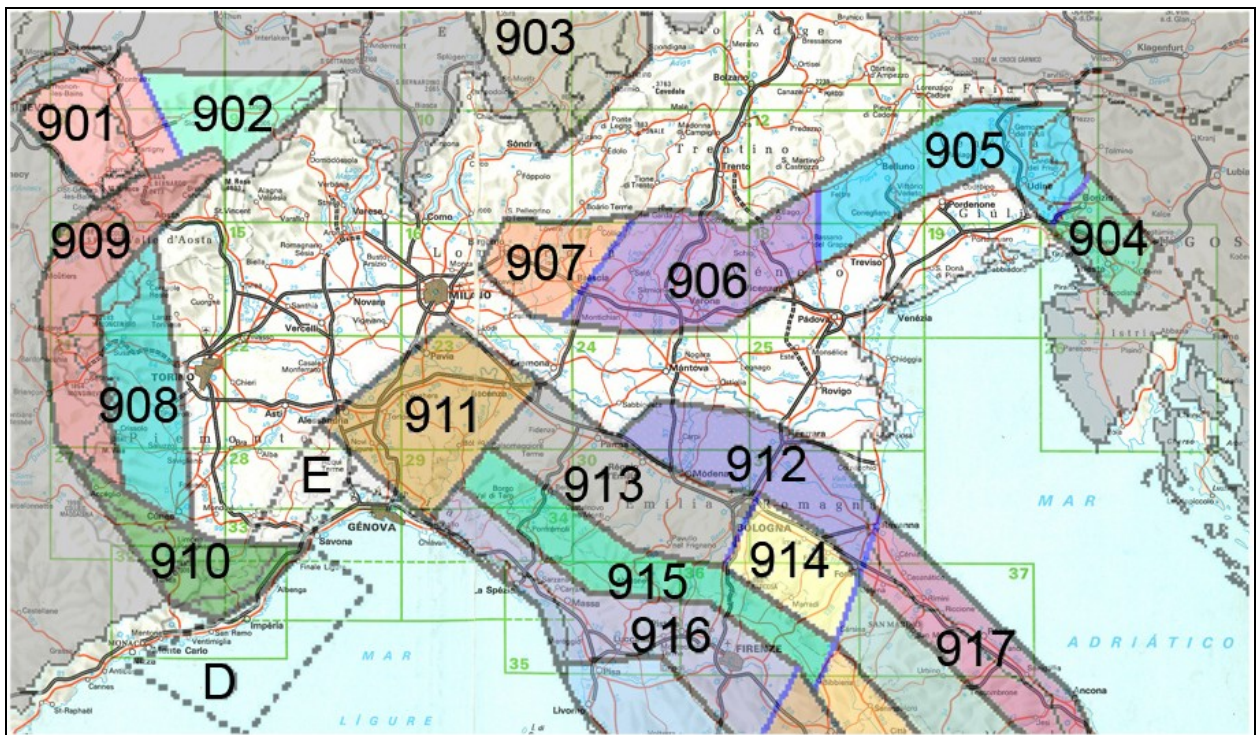
Epicentri dei principali terremoti ($M > 3$) rilevati da INGV tra il 1981 ed il 2006 nell'intorno dell'area di interesse

Risentimenti sismici locali

Gli eventi sismici che hanno determinato i risentimenti più rilevanti nel territorio di Correggio sono rappresentati dai terremoti del 1832 e del 1996. Al primo di questi, con epicentro tra Campegine e Cadelbosco di Sopra e di Sotto, al quale è attribuita $M_w = 5.53$, le fonti storiche indicano sia correlabile il parziale crollo dell'ala nord ovest del Convento di San Domenico (attuale Convitto) e gravi danneggiamenti a fabbricati. Il sisma del 1996, con $M_w = 5.48$ ha indotto ingenti danni al patrimonio edilizio, caduta di comignoli e tegole, senza crolli di fabbricati e parti degli stessi.

Zone Sorgente

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'area comunale di Correggio alla zona sismogenetica 912, ambito di dominio dell'Arco delle Pieghe Ferraresi, sita ad una distanza di circa 10 km dal bordo settentrionale della zona sismogenetica 913, costituita del dominio delle Pieghe Pedepenniniche 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.

Dalla documentazione della storia sismica sopra esposta si evince che il territorio di Correggio e le zone circostanti: San Martino in Rio, Rio Saliceto, sono principalmente interessati dai meccanismi focali che si originano nella Dorsale Ferrarese, interna ed esterna,

ma risentono anche dell'attività sismica del margine appenninico e, seppur in modo subordinato, della sismicità della zona alpina.

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

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

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

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

La riclassificazione sismica del territorio nazionale OPCM 3274/2003, NTC 14/01/2008 attribuisce il Comune di Correggio, alla zona 3 con grado di sismicità equivalente ai precedenti ambiti S6.

In riferimento all'allegato A4 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n°112/2007, alle zone sismogenetiche del territorio comunale correggese compete un valore dell'accelerazione orizzontale dello spettro di risposta elastico, corrispondente a:

$$\text{Correggio } a_{gref} = 0,152 \text{ g}$$

I valori di a_g elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS (2004) pubblicati in Appendici della Protezione Civile, INGV Milano – Roma dello 08-09/2006, attribuiscono, alla fascia territoriale a cui appartiene il comune in oggetto valori di accelerazione compresi tra:

$$\text{Correggio } a_g = 0,1481 \div 0,1594 \text{ g}$$

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

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

La riclassificazione sismica del territorio nazionale NTC 14/09/2005 – OPCM 3274, attribuisce il comune di Correggio 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 Correggio, Reggio Emilia, RE, ha risentito di effetti corrispondenti al V grado MCS, il territorio comunale è stato inserito nei comuni appartenenti al cratere sismico. (Fonte: *“Rilievo Macrosismico MCS Speditivo” – Rapporto Finale – Protezione Civile – Giugno 2012*).

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

Area Correggio, 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

Area Prato - Lemizzone

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

Area Canolo - Mandrio

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

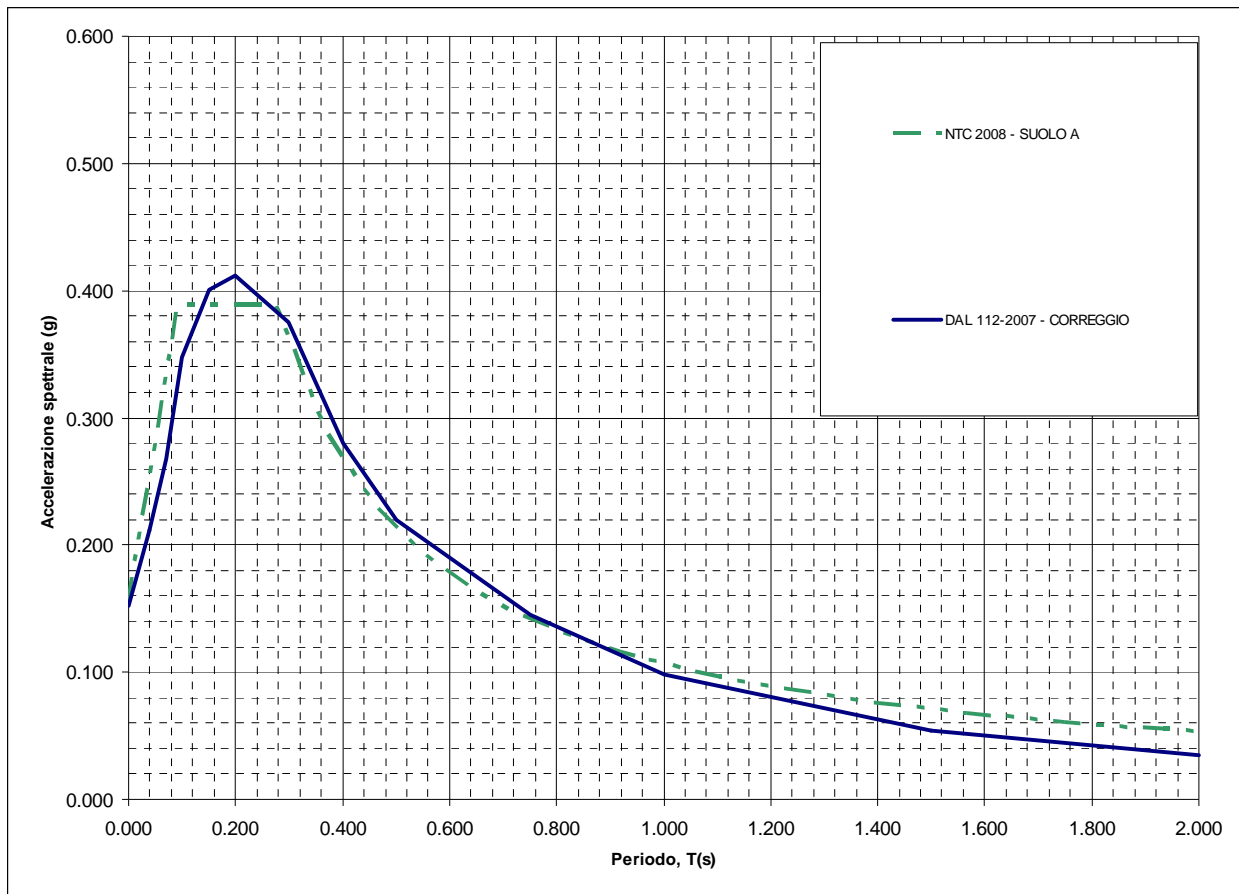
L'evento più gravoso per le strutture site sul territorio comunale è risultato quindi essere quello del **29 maggio 07.00.03 (GMT) $M_L=5.8$** .

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.

2.1 Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento

La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (*Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>*) varia nell'intervallo 0,125 ÷ 0,175g. Tali dati sono anche stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione dei tabulati contenuti nella 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 0,152 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 Correggio, 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 Correggio. Smorzamento pari al 5%. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera dell'assemblea legislativa ER – DAL112-2007, mentre con linea verde tratteggiata è riportato lo spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2008.

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

3 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio del comune di Correggio 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; la più superficiale di tali zone è di tipo continentale e quella sottostante di ambiente marino e le stesse sono tra loro separate da una discontinuità correlata ad una fase tettonica. Il più recente di detti complessi, 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 esondabile 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.

Dette successioni costituiscono litozone che includono corpi ghiaiosi a diverso spessore e caratterizzate da differente prevalenza in componenti fini limoso argillose – limoso sabbiose, conseguita 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 tale complesso deposizionale soggiacciono le successioni sabbiose, arenacee, marnoso argillose del Supersintema del *Quaternario Marino* da 0,65 a 0,9/1,72 Ma (*Pleistocene med. Inf.*). Detti insieme 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 1000/1500/2000 e 5000/6000 m di profondità e 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. Queste ultime nell'alto strutturale di Novi Mo/Mirandola si sollevano a – 1,8 ÷ -2,3 km dal pc e mediamente faglie e sovrascorrimenti localmente sostituiscono lateralmente le formazioni plioceniche.

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

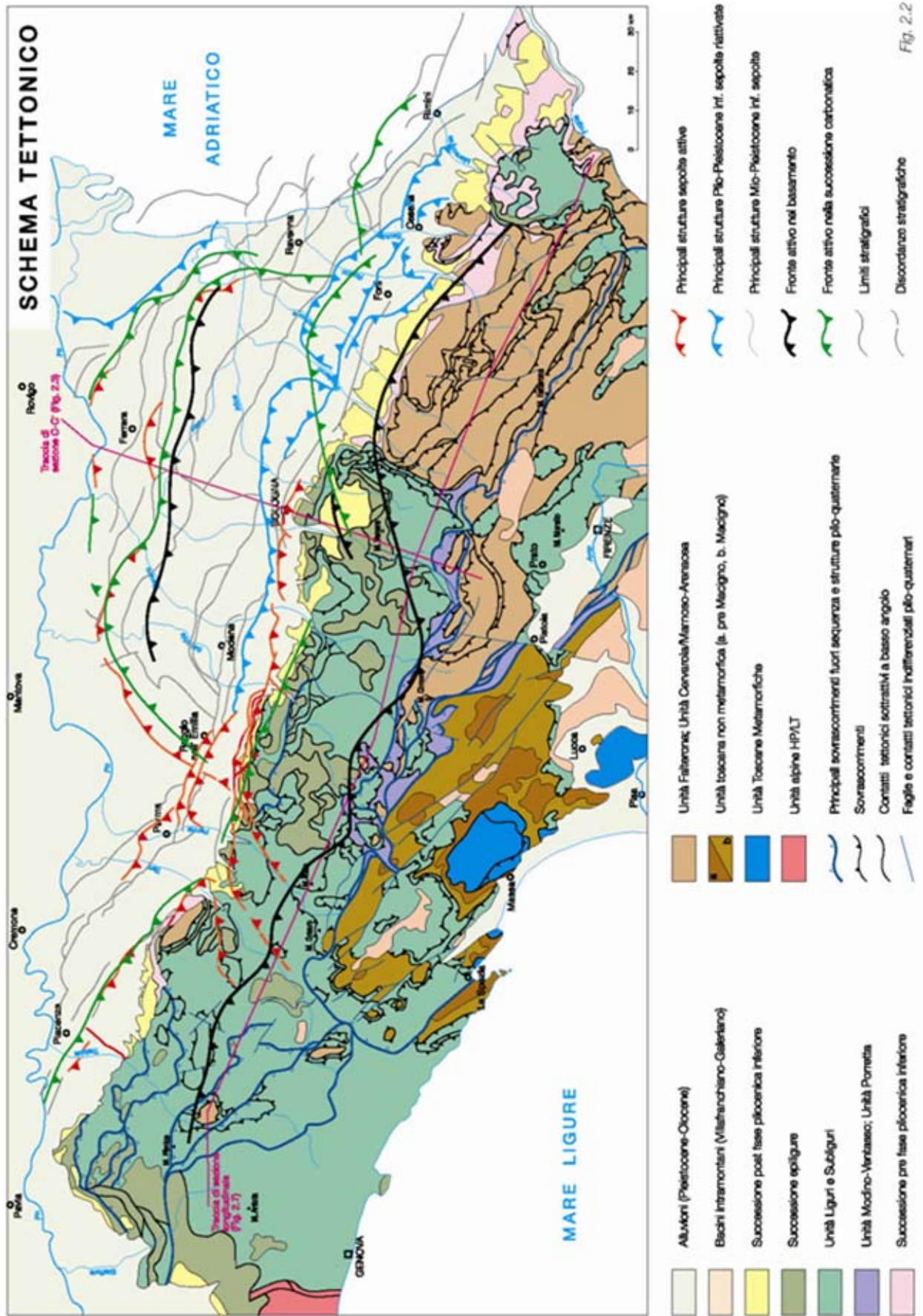
¹ Milioni di anni.

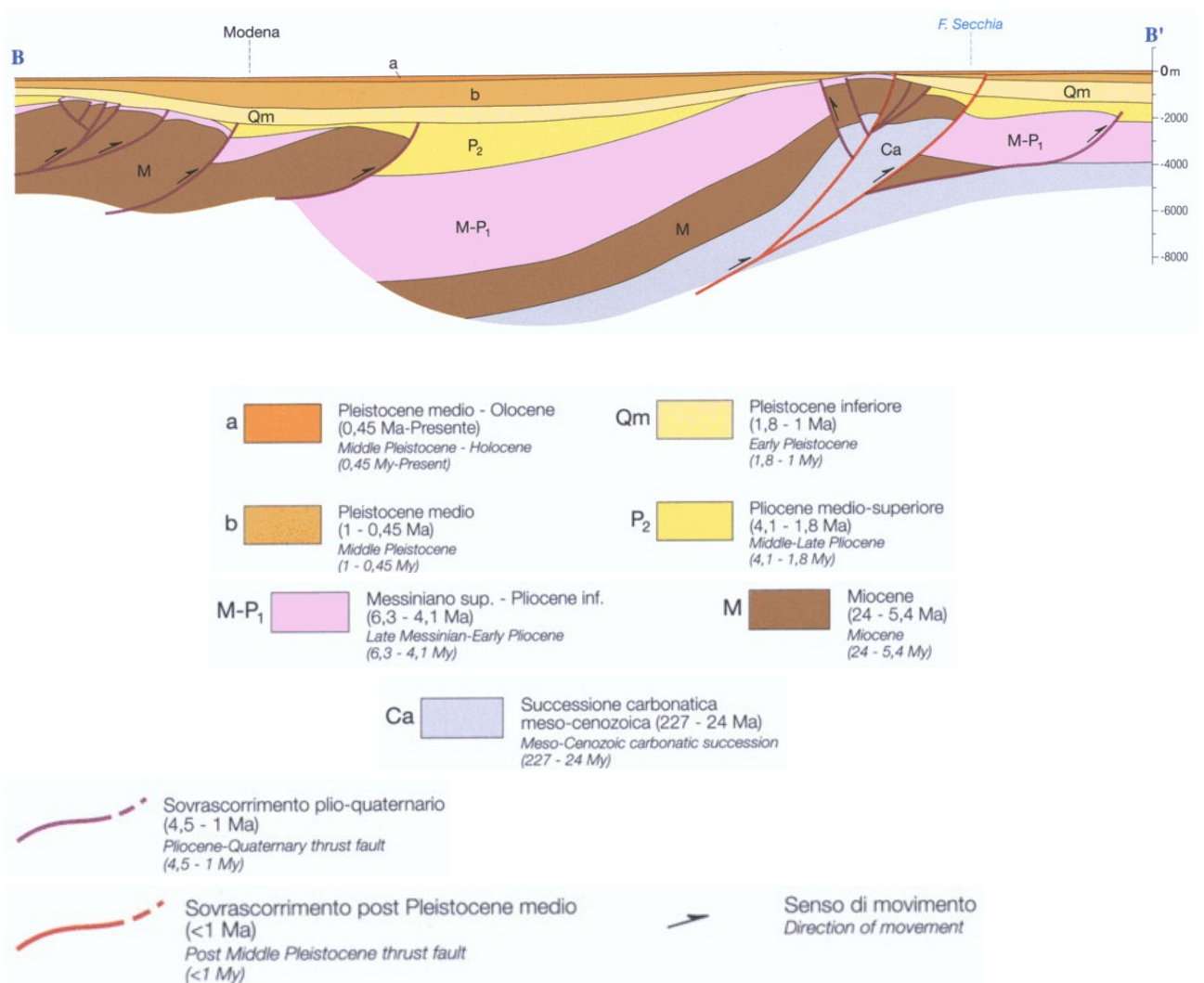
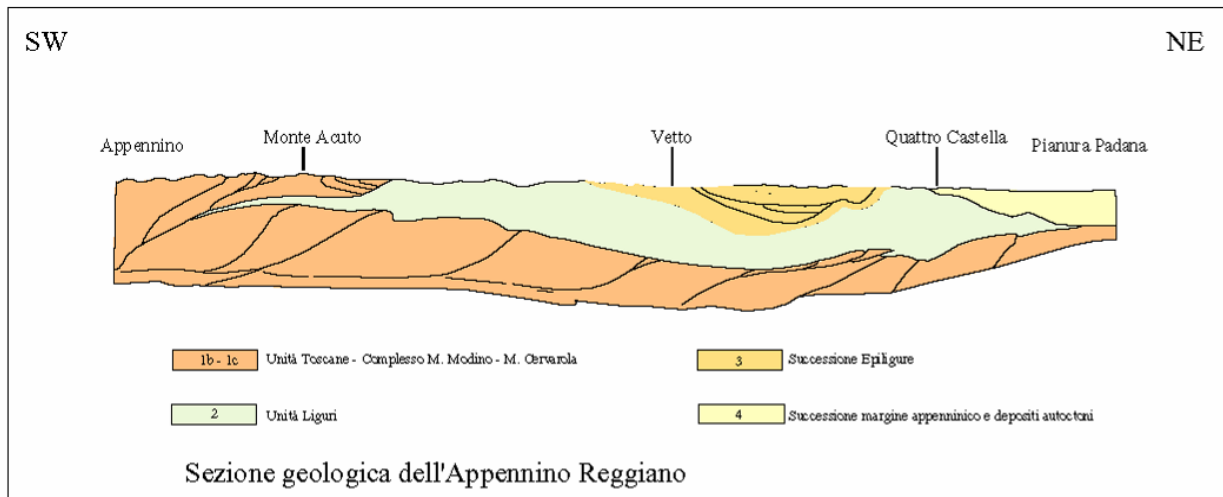
complessi sedimentari fluvio deltizi progradanti, a loro volta coperti al tetto da depositi eminentemente continentali messi in posto dalle alluvioni dei fiumi alpino - appenninici.

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

Tale complesso 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.





SCALA GEO-CRONOMETRICA IN MA		SCALA CRONOSTRATIGRAFICA	
EPOCHES		STANDARD AGE	
0	PLEISTOCENE	1.7	CALABRIANO
5	Pliocene	2.6	PIACENZIANO
		4.2	TABIANIANO
		5.2	MESSINIANO
		6.6	ROSSEL LIANO
10	MIOCENE SUPERIORE	11.5	TORTONIANO
15	MIOCENE MEDIO	15.5	SERRAVALLIANO
		16.5	LANGHIANO
20	MIOCENE INFERIORE	22.5	BURDIGALIANO
		24	AQUITANIANO
25	OLIGOCENE SUPERIORE		CATTIANO
30	OLIGOCENE INFERIORE	32	RUPELIANO
35	EOCENE SUPERIORE	37	PRIABONIANO
40	EOCENE MEDIO	40	BARTONIANO
		44	LUTEZIANO
45	EOCENE INFERIORE	49	YPRESIANO
50	PALEOCENE SUPERIORE	53.5	THANETIANO
55	PALEOCENE INFERIORE	60	DANIANO
65		65	

UNITA' DELLA SCALA STANDARD				ALTRE UNITA'	UNITA' LOCALI E NOMI ABBANDONATI	
PERIODI	EPOCHES	ETAs				
CENozoico	QUATERNARIO	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO	IRECENTEI	
		PLEISTOCENE	TIRRENIANO			
			MILAZIANO	CROTONIANO		
			SICILIANO			
NEOGENE	PLIOCENE	PIACENZIANO	SANTERNANO	VELLAFRANCAIANO	ASTIGIANO	
		ZANCLEANO			TABIANIANO	
	MIOCENE	MESSINIANO	PONTICO		ANDALUSIANO	
		TORTONIANO	PANORICO	SARMAZIANO	TELYZIANO	
		SERRAVALLIANO				
		LANGHIANO				
		BURDIGALIANO				
		AQUITANIANO				
		OLIGOCENE	CATTIANO			
			RUPELIANO	LATIFORIANO	TONGRIANO	LUZIANO
PRIABONIANO			BARTONIANO	LEONIANO		
PALEOGENE	EOCENE	LUTEZIANO	BIARRIZIANO	SAUVESIANO		
		YPRESIANO	CUSIANO	SPARNACIANO		
PALEOCENE	PALEOCENE	THANETIANO	SPLECCIANO	ILANDEIANO		
		MONTIANO				
MESozoico	CRETACICO	DANIANO				
		MAASTRICHTIANO				
		superiore SENONIANO				
		CAMPANIANO				
		SANTONIANO				
		CONIACIANO				
		TURONIANO				
		CENOMANIANO				
		ALBIANO				
		inferiore APTIANO				
RZOOZOICO	GIURASSICO	BARREMIANO				
		NEOCOMIANO				
		HAUTERIVIANO				
		MALM				
		DOGGER				
		LIAS				
		TOARCIANO				
		PLEIENSBACHIANO				
		SINEMURIANO				
		HETTANGIANO				
PZOOZOICO	TRIASSICO	superiore RETICO				
		CARNICO				
		medio LADINICO				
		ANISICO				
		inferiore SCITICO				
		TATARIANO				
		KAZANIANO				
		KUNGURIANO				
		AHTINSKIANO				
		SARKARIANO				
CZOOZOICO	PERMIANO	ORENBURGIANO				
		GZELIANO				
		MOSCOWIANO				
		BASHKIRIANO				
		SERPUKHOVIANO				
		DINANTIANO				
		superiore VISEANO				
		TOURNAISIANO				
		FAMENNIANO				
		FRASNIANO				
OZOOZOICO	CARBONIFERO	medio GIVETIANO				
		EIFELIANO				
		EMSIANO				
		inferiore SIEGEMANO				
		GEDINNIANO				
		PRIDOLIANO				
		LUDLOVIANO				
		WENLOCKIANO				
		inferiore LLANDOVERIANO				
		VALENTIANO				
IZOOZOICO	DEVONIANO	superiore ASHGILLIANO				
		CARADOCIANO				
		inferiore LLANDELIANO				
		LLANVIRNIANO				
		ARENIGIANO				
		SKIDDAVIANO				
		TREMADOCIANO				
		superiore				
		medio				
		inferiore				
OZOOZOICO	SILURIANO	superiore				
		inferiore				
		superiore				
		inferiore				
		superiore				
		inferiore				
		superiore				
		inferiore				
		superiore				
		inferiore				
OZOOZOICO	ORDOVICIANO	superiore				
		inferiore				
		superiore				
		inferiore				
		superiore				
		inferiore				
		superiore				
		inferiore				
		superiore				
		inferiore				
OZOOZOICO	CAMBRIANO	superiore				
		medio				
		inferiore				
		superiore				
		inferiore				
		superiore				
		inferiore				
		superiore				
		inferiore				
		superiore				

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

I processi che hanno determinato i piegamenti del substrato, esplicitatisi in fasi di sollevamento del fondo bacino, si sono verificati principalmente in due periodi distinti collocabili tra il *Miocene* ed il *Pliocene* (25.2 - 5.2 Ma), 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* (0.8/0,85 Ma bp) che ha indotto il rapido spostamento della fascia di transizione tra la scarpata sottomarina e la piana bacinale verso nord est - est, la fase 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 disposizioni che ricalcano l'andamento del substrato preplioceno 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, che hanno condizionato anche la base di AES7, ultimi 125.000 anni.

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.

3.1 Caratteri sismotettonici

Il sottosuolo dell'area pianiziale delle province di Reggio Emilia e Modena appartiene alla Regione delle Pieghe Padane che in detta zona formano l'Arco delle Pieghe Ferraresi e 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, contraddistinto da vergenza settentrionale, ed è suddiviso 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 assume direzione sud ovest - nord est da Novi MO a Novellara a Bagnolo in Piano. La flessione dell'anticlinale tra Novi Mo e Rolo pare imputabile ad alcune faglie antiappenniniche trascorrenti, a direttrice 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 pianiziale Reggiano – Parmense.

Nell'ambito di quanto esposto è inoltre determinante la presenza delle faglie che delimitano le ali occidentali ed orientali della Dorsale Ferrarese e quella del fronte di accavallamento della successione carbonatica meso-cenozoica che si estende in direttrice sud ovest – nord est, circa secondo l'allineamento Villa Sesso – Campagnola Emilia – Fabbrico.

Il bordo dell'ala occidentale della Dorsale Ferrarese interna, corrispondente alla linea di sovrascorrimento che la mette a contatto con la monoclinale alpina, presenta direzione sud ovest – nord est e si estende circa secondo l'allineamento Fabbrico – Novellara – Cadelbosco di Sotto e di Sopra. A dette linee tettoniche regionali si associano fasce di fratturazione a direttrice sia appenninica che antiappenninica, come denotano le zone di frattura individuate a profondità di 1000 - 1200 m dal piano campagna nel campo pozzi AGIP di Correggio: zona S. Michele – S. Giovanni della Fossa (AGIP, 1952, Campo di Correggio). In essa si evidenzia

una fascia a direttrice sud ovest - nord est ad occidente del suddetto capoluogo, ad una distanza di 4-5 Km, che circa tra Fosdondo e S. Michele della Fossa interseca un'altra zona di frattura orientata est - sud est - ovest nord ovest che con tutta probabilità, in rapporto all'assetto delle isobate del tetto del *Pleistocene superiore*, si estende anche in direzione sud est assecondando l'andamento di via Fosdondo sino all'omonima frazione. 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.

Al bordo orientale del territorio in esame, zona centro settentrionale occidentale del carpignano, 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.

Tali fasce 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 sP. Rio Saliceto- Rolo / Cavo Bondione interessando il sottosuolo all'estremità nord orientale del comune di Rio Saliceto e quella al 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.

3.2 Assetto strutturale depositi del quaternario continentale

Gli assetti delle successioni alluvionali continentali, nell'area compresa Cavo Tassone/Torrente Crostolo ad ovest, Cavo Tresinaro ad est e delimitata a sud dall'Autostrada del 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 auto consolidazione dei sedimenti, che hanno generato deformazioni più o meno pronunciate in funzione dello spessore ed età delle successioni continentali.

3.2.1 Subsistema AES8

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

3.2.2 Subsistema AES7

Simili caratteristiche evidenziano le sequenze deposizionali del ciclo deposizionale A1 (12/14000 ÷ 125000 bp) con spessori di 40/60 m nei settori nord est e di 60/70 m delle zone occidentali che giungono rispettivamente a profondità di -50/-60 m pc a nord est e di -80/-90 m pc ad ovest e sud; tali successioni generalmente non presentano significative deformazioni; queste ultime si manifestano blandamente alla base della sequenza ed indicano una modesta accentuazione nei settori nord orientali prossimi alla culminazione assiale della Dorsale Ferrarese interna (Novi MO). Dette condizioni sono essenzialmente correlate a subsidenza differenziata per processi di auto consolidazione, legati ai diversi spessori delle fasi deposizionali e diminuiscono sensibilmente in direzione nord est.

3.2.3 Sintema AES

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

Le sequenze deposizionali, con spessori e percentuali rappresentate dei corpi sabbioso ghiaiosi / sabbiosi sono relativamente minori nella parte inferiore del sintema ed aumentano in potenza in senso ovest, sud e sud ovest, con l'allontanarsi della fascia di asse della Dorsale Ferrarese e concordemente con il suo approfondimento in direzione sud ovest; gli spessori corrispondono mediamente a 120/150 e la base del sintema raggiunge profondità di -180/-220 ÷ -220/-240 m pc nelle zone occidentali e sud occidentali.

Le geometrie dei corpi sabbiosi evidenziano deformazioni inferiori e maggior frequenza in percentuale rappresentata, nei settori centrali del territorio in esame: Correggio centro nord – Bagnolo in P. centro nord – Novellara centro sud, appartenenti alla fascia di asse della

Dorsale Ferrarese, che si approfondisce progressivamente da -2,5 ÷ -3,0 (Correggio/Novellara sud) a -4,0/-5,0 km (Bagnolo I.P. sud – Reggio Emilia).

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

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

Le caratteristiche delle deformazioni locali del Sintema AES modificano nettamente nel settore nord orientale dell'area in esame: zone a nord est di Correggio al bordo orientale – nord orientale del confine comunale di Rio Saliceto e territorio nord occidentale di Carpi.

In dette aree gli spessori e profondità delle sequenze deposizionali diminuiscono sensibilmente e nella parte medio basale, profondità sottostanti -120/-140 m pc, i corpi sabbiosi sono discontinui lateralmente e sfalsati in senso verticale. Tali discontinuità evidenziate in prospezioni geofisiche profonde (analisi *F.C. Molinari, 2014*) oltre alla parte basale di AES, risulta coinvolgono anche tutta la successione deposizionale sottostante AEI ed anche porzione del *Pliocene inferiore* sino ad almeno -2000/-2500 m dal piano campagna.

Dette condizioni, che innalzano la base di AES a -120/-140/-170 m pc e dell'AEI a -180/-200-250 m pc, in relazione al contesto strutturale nel sottosuolo del territorio a nord est di Correggio e ad est – nord est di Rio Saliceto, sono correlabili a faglie distensive di “collasso creatale” (*F.C. Molinari; 2014*) e pare abbiano indotto rigetti stimabili in 40/50 m.

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

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

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

3.2.4 Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI

Le sequenze del Sintema AEI, che costituiscono la parte più antica del Supersintema Emiliano – Romagnolo (400/450.000 ÷ 650/750.000 anni bp), sono contraddistinte da

geometrie deposizionali deformate correlate sia dall'assetto del substrato pliocenico – prepliocenico che delle linee di sovrascorrimento e faglie che li coinvolgono e loro periodi di attività, ed a subsidenza differenziata per processi di auto consolidazione.

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

Gli spessori e profondità maggiori rispettivamente 80/100/140 m e -260/-300/-350 m pc si riscontrano nei settori occidentali e meridionali (Bagnolo I.P. – Correggio – Novellara) e raggiungono i massimi nella zona nord ovest (Novellara nord) dove con potenze di 120/150 m si attestano a -400 m pc e presentano inclinazioni di $1,5^\circ \div 1,8^\circ$ in direzione ovest e sud che si accentuano a $2,0^\circ \div 2,5^\circ$ nei settori nord ovest. Nelle zone centrali dell'area in esame, corrispondenti alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese, le deformazioni, spessori e profondità, sono minori e corrispondono rispettivamente a 90/120 m e -260/-280 m pc. Nel settore nord orientale (nord est di Correggio /est – nord est di Rio Saliceto) le deformazioni si accentuano ed i corpi sabbiosi sono discontinui e tra loro sfalsati, evidenziando la prosecuzione in profondità della faglia diretta individuata nel settore nord occidentale del territorio Carpigiano; in quest'ultimo l'inclinazione dei livelli sabbiosi è orientata ad est e varia tra 2° e $2,8^\circ$.

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

3.2.5 Subsintema Quaternario Marino Superiore

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

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

3.3 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), nel *Pleistocene medio* (0,8 e 0,65 Ma), *Pleistocene 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 pc ed aumenta in direzione orientale, attestandosi a 15 ÷ 20/25 m pc 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 delle successioni 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 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 successiva 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 delle 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 $0,3 \div 0,2$ Ma, e con tutta probabilità anche in epoche successive come suggerisce la diversione verso occidente del T. Enza, confermando 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 Correggio alla zona 3 con grado di sismicità equivalente agli ambiti S6.

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

$$\text{Correggio } a_g = 0,150 \div 0,158 g$$

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

I valori di a_g elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS (2004) pubblicati in Appendici della Protezione Civile, INGV Milano – Roma dello 08-09/2006, attribuiscono, alle fasce territoriali

alle quali appartiene l'area in esame valori di accelerazione compresi tra:

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

con diminuzione di tali parametri da sud – sud ovest a nord – 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 Correggio, a:

$$a_{gref} = 0,152 \text{ g}$$

3.4 Subsidenza

I fenomeni subsidenti nel territorio di Correggio sono correlabili ai processi di auto consolidazione naturale dei depositi delle aree di pianura che nella zona in esame denotano un elevato grado di influenza connesso all'assetto del substrato pliocenico e prepliocenico.

Tali fattori sono evidenziati dalle variabilità in spessore e geometrie dei complessi acquiferi che formano i primi 300 ÷ 400 m del sottosuolo.

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 nella fascia circa corrispondente all'asse della Dorsale Ferrarese dove equivalgono a 70 ÷ 80 m e tendono ad aumentare in potenza sia in direzione ovest che est con incrementi relativi maggiori in verso orientale, passando da spessori di 75/80 m ad ovest a 80/90 m ad est – sud est.

Detta caratteristica si rimarca in verso ovest, a settentrione di Novellara, evidenziando spessori medi di 85 ÷ 90 m in concomitanza dell'approfondimento del substrato prepliocenico con isobate che si attestano a -5 ÷ -6 km dal p.c.; d'altra parte nel settore occidentale del territorio di Correggio (S. Michele) nel quale la fascia assiale della Dorsale Ferrarese, si approssima alla superficie, il tetto del pliocene si rinviene a -1.1 ÷ -1.3 km pc ed il substrato prepliocenico a circa -2.5 km dal p.c., le potenze dell'AS7 corrispondono a 60 ÷ 70 m.

Caratteristiche simili, con deformazioni più accentuate e spessori più differenziati evidenziano le unità che costituiscono la parte mediana basale del Sintema AES (cicli A2 – A3 – A4) le cui deposizioni sono state condizionate sostanzialmente dai cambiamenti climatici del bacino padano da 125.000 a 400.000 anni b.p. Nei settori meridionali, zona di pertinenza dell'asse della Dorsale, la presenza della base dell'AES si riscontra a -190 ÷ -200 m e tende gradualmente a risalire in verso nord est attestandosi a -170 ÷ -190 m p.c. nella zone di confine tra i comuni di Correggio e Rio Saliceto. Nelle aree occidentali meridionali (ad ovest di Bagnolo in Piano) si rileva un abbassamento a profondità di -170 ÷ -220 m pc; in direzione nord si riscontrano caratteristiche equivalenti ma con variazioni di profondità in diminuzione, con soggiacenze della base AES, che passano a -160 ÷ -190 m pc al confine settentrionale.

Analoghe caratteristiche di variazione di spessori ad assetto geometrico evidenzia la base delle unità del Sintema Alluvionale Inferiore: AEI (400.000 ÷ 650.000/800.000 anni b.p.)

sul quale hanno influito sia i cambiamenti climatici che i movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano in detto periodo; la base di tale sintema è rinvenibile a -270 ÷ -280 m p.c. nelle zone occidentali (asse dorsale) e si approfondisce rapidamente in direzione ovest attestandosi a -300/-320 ÷ -360 m p.c.; simili condizioni si osservano anche in direttrice est dove le profondità corrispondono a -300 /-320 m.

Procedendo in verso settentrionale, zone nord di Rio Saliceto, la base dell'AEI tende a risalire a -220 ÷ -250 m pc, tale condizione pare sia correlabile alla presenza di fasce di faglia per processi distensivi che coinvolgono la parte basale di AES e medio alta di AEI.

Oltre ai sopradescritti processi di tipo naturale, sono rinvenibili localizzati settori nei quali emungimenti idrici in disequilibrio con le potenzialità idrogeologiche dell'acquifero freatico, determinano processi di subsidenza differenziale locale, generalmente circoscritti al raggio d'azione del pozzo. Quest' ultimo, in base a campi prova di emungimento in pozzi captanti la falda freatica (primi 10/20 m del sottosuolo) attrezzati con piezometri, effettuati dallo scrivente nel territorio di Correggio, si fa risentire con effetti non trascurabili sino a distanze di 6 ÷ 10/15 m dall'opera di captazione; successivamente a queste gli abbassamenti, in regime transitorio, sono praticamente trascurabili: 0.2 ÷ 0.3 m.

3.5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'analisi geomorfologica, individuando la passata evoluzione territoriale, consente, utilizzando criteri attualistici, di indicare le possibili modificazioni morfologico paesaggistiche naturali future.

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

L'analisi fotogeologica è stata eseguita in base ai fotogrammi PROV. RE/C, in scala approssimata 1:24.000, voli Aprile 1989, fotogrammi IGM/BN in scala 1:35.000 voli 1955, sulla foto satellite LANSAT in scala 1:200.000 e riprese consultabili in rete su Google Heart; l'esame topografico sulle basi cartografiche C.T.R. E.R. in scala 1:5.000 - 1:10.000.

3.5.1 *Caratteri Geomorfologici*

Il territorio in oggetto, circa compreso tra l'Autostrada del Sole e la SP1 Carpi – Guastalla, appartiene alla Fascia della Media Pianura Appenninica costituita dalle evoluzioni idrografiche del F. Po e dei suoi affluenti, che hanno colmato il golfo padano delimitato dagli affioramenti appenninici a sud e da quelli alpini a nord.

In tali ambiti planiziali, i fiumi, ad assetto pensile, svolgono prevalentemente un'azione sedimentante per colmare le aree più depresse. Ne consegue che, in occasione delle variazioni climatiche comportanti fenomeni di piena fluviale, si generano rotte e/o tracimazioni che causano la mutazione nelle direzioni degli alvei. I tratti residui di fiume così

originati costituiscono ostacoli alle successive impostazioni del reticolo idrografico.

Un sistema paleoidrografico come quello descritto è chiaramente osservabile a meridione di Correggio, dove si rilevano alcuni tratti di canale fluviale estinto a direzione sud ovest – nord est, quale quello allungato sub parallelamente al Cavo Naviglio - SP 468, che con l'approssimarsi al capoluogo flettono in senso ovest – est, aggirando un dosso morfologico a direttrice ovest – est estendentesi circa secondo l'allineamento Fosdondo – S. Prospero – Centro Storico – Cantona, attribuibile, nel tratto più occidentale, ad un estinto tracciato fluviale appartenente al paleo sistema idrografico più antico che ha formato il territorio. Detto percorso idrico estinto, ha ostacolato l'impostazione dei successivi assi fluviali orientati in direzione nord – nord ovest e quindi i deflussi idrici verso settentrione.

Un'analoga influenza a barriera idraulica è stata esercitata da un tratto residuale di paleoalveo ad andamento ovest – est che si estende circa secondo l'allineamento Cognento – S. Lodovico – Rio Saliceto sud capoluogo, e dal dosso esteso ovest est da Campagnola E a Fabbrico – Rolo – Novi di MO, e settentrione del comune di Rio Saliceto.

Assetti geomorfologici simili a quelli sopra descritti si osservano anche nelle zone orientali, dove i tratti di antico canale fluviale del Tresinaro, nell'area tra S. Martino in Rio e Villaggio Piccola e Media Industria di Correggio, flettono verso oriente; analoga condizione si osserva nel settore ad occidente del confine comunale di Correggio dove un dosso correlato ad un tracciato fluviale estinto, esteso tra Massenzatico e Bagnolo in Piano, devia in verso ovest.

La presenza dei tratti residuali di paleoalveo ha determinato un difficoltoso colmamento nelle fasce centro occidentali meridionali, centro meridionali a sud del capoluogo, orientali centrali – centro settentrionali del territorio. Quanto esposto trova riscontro negli ambiti vallivi pianiziali nel settore occidentale dell'area comunale: Ronchi di Fosdondo, della zona circa tra Budrio –Fosdondo – Ponte della Beviera – Pieve Rossa, nell'ambito a sud sud est di Correggio circa tra Fazzano – Case Nuove – Viazza – Colamborone, nell'area della Zona Industriale di Correggio circa compresa tra via San Martino – via Vecchia Carpi – Cavo Tresinaro – Statale 468 per Carpi, nel settore occidentale settentrionale tra via Canolo – via del Medico – via Cognento.

Altri elementi concordanti con quanto esposto sono rappresentati dalle morfostrutture a cono di rotta alluvionale come quella che si origina circa 0,2 km ad ovest di Ponte Marina e si estende in direttrice nord, allungandosi ed allargandosi a ventaglio sino al Cavo Allacciamento Tarozzo – Via Carletti, e dell'analoga morfologia che si genera circa 0,5 km a nord di Osteriola e si sviluppa con geometrie a ventaglio in direzione nord sino circa all'altezza del Cavetto Vettigano.

Le caratteristiche geomorfologico paesaggistiche che contraddistinguono il territorio secondo il quale si estende la sP. n° 4 Bagnolo – Correggio, circa da Madonna della Rosa a Fosdondo e successivamente alla strada per Santa Maria, sono riconducibili ad un paleoalveo, di incerta attribuzione, correlabile ad un sistema paleoidrografico meno recente. Un'analoga caratteristica è attribuibile al dosso ovest-est esteso tra Cognento e Rio Saliceto capoluogo sud; a tale antico sistema idrografico e correlabile il tratto residuale di paleoalveo ovest est, notevolmente rimaneggiato, che si estende circa da Ca di Sotto a Case Matte a Budrio nel settore occidentale meridionale del Correggese.

Oltre alle sopradette morfostrutture si riscontrano antichi percorsi fluviali di età più recente che si estendono in senso sud nord.

I principali di questi sono rappresentati, procedendo da ovest verso est, dal dosso Fosdondo – Canolo – Campagnola E., dal paleoalveo esteso sub parallelamente al Cavo Naviglio – SP.468 circa all’Autosole a Correggio Capoluogo dove, dopo una flessione in direzione est, riassume orientamento nord est assecondando la strada per S Martino Piccolo, dal dosso Prato – Lemizzone – Fazzano, dosso di S. Faustino e Giovitta – S. Agata – Bottignana Vecchia, il paleoalveo esteso a nord est da Castellazzo – Gazzata – S. Martino in Rio ovest capoluogo – Calabrone che successivamente flettendo in senso orientale si dirige verso Traglio.

Sono inoltre presenti ulteriori antichi tracciati di secondo ordine nel territorio a settentrione di Correggio quali il dosso poco pronunciato circa tra Pd.re Trinacria ed est di S. Lodovico, quello assecondante la strada Correggio – Mandrio – Rio Saliceto.

L’accrescimento del paesaggio nel settore di Fosdondo - Villa S. Prospero si è sviluppato in modo relativamente rapido ed in tempi recenti, come indicano rinvenimenti archeologici di età romana, nell’area di Cava Lanterna 1, ad una profondità dal piano campagna naturale di circa -4 ÷ -6 m.

Le successioni litologiche dei primi 10 ÷ 15 m dal piano campagna sono generalmente contraddistinte dalla presenza di alternanze di strati argilloso limosi e limosi con intercalati subordinati strati lentiformi sabbioso limosi e torbosi con spessore di 0,4 ÷ 1 ÷ 1,5 m, nelle aree comprese tra i dossi di antico percorso fluviale e gli ambiti vallivi; sono inoltre presenti sequenze prevalentemente argillose – argilloso limose con subordinate sottili intercalazioni lentiformi limose – limoso sabbiose nelle zone vallive; tali sequenze sono localmente sostituite lateralmente da alternanze prevalentemente limose – limoso sabbiose e sabbiose, ad assetto spiccatamente lentiforme e geometrie nastriformi, presenti nei primi 4 ÷ 6 ÷ 8 m del sottosuolo, corrispondenti alle zone di dosso correlate ad antichi percorsi fluviali estinti.

Le sequenze litostratigrafiche dei primi 5 ÷ 6 m del sottosuolo descritte, concordano con i caratteri geomorfologici territoriali ascrivibili alle zone di piana esondabile contraddistinte in condizioni naturali da un medio elevato grado di instabilità idraulica.

I tratti residuali di paleoalvei presenti nell’area in esame sono attribuibili sostanzialmente ai Torrenti Crostolo e Tresinaro, il primo dei quali, sino circa 12° secolo d.C., antecedentemente alla rotta del Po a Ficarolo, avvenuta tra il 1152 ed il 1192 (*Ciabatti, 1966*), passava ad est di Reggio Emilia e proseguiva verso nord est, transitando nell’area compresa tra Budrio – Correggio – Cognento; successivamente proseguiva, deviando verso oriente, estendentesi secondo l’allineamento Novellara – Campagnola Emilia – Fabbrico – Rolo – Novi, confluendo successivamente nel Po nei pressi di Bondeno di Ferrara, dopo aver raccolto le acque del Fiume Secchia. Il T. Tresinaro, precedentemente alla deviazione del XIV sec. che lo immise al Secchia presso Rubiera, dal tratto corrispondente alla Tresinara Vecchia proseguiva in direzione di Castellazzo e si estendeva da Gazzata a S. Martino in Rio capoluogo ovest - Traglio e successivamente si allungava in direzione nord est assecondando dapprima il tracciato del Cavo Tresinaro e poi dopo via Vecchia Carpi fletteva ad oriente transitando tra Budrione e Fossoli.

Sull'evoluzione idrografica naturale ha esercitato una sensibile influenza l'uomo, come evidenzia l'analisi di alcune carte storiche del 1600 – 1700 che visualizzano antichi tratti fluviali che denunciano opere di rettifica e regimazione antropica.

Gli agenti descritti hanno formato una topografia blandamente ondulata in senso ovest – est con quote medie del piano campagna naturale comprese tra 42 e 36 m slm nelle zone meridionali, (sud di via Lemizzone) tra 36 e 30 m slm nelle aree centrali, tra 30 e 24/25 m slm. nelle fasce settentrionali.

3.6 IDROGEOLOGIA

3.6.1 Idrografia di superficie

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

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

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

I deflussi idrici delle acque di superficie, per la parte che non si infila nel sottosuolo, avvengono tramite un sistema di scoli e fossi minori tributari dei cavi: Bondeno e Dugale dei Principi – Fossa Mana– Cavo Linarola per il settore occidentale, Cavo Naviglio per la fascia centrale, Cavo Tresinaro per la zona orientale; gli assi idrici più significativi, adduttori dei sopraddetti cavi, sono rappresentati dal Cavo Bondianella, Scolo Rabbioso, Dugale e Fossetta di Fosdondo, per quanto riguarda il Cavo Bondeno; la Fossetta di Frassinara – Cavo di Cognento – Fossetta Nasciuti Alta per il Dugale dei Principi, Fossa Mana – Cavo Linarola; per quanto riguarda il settore centrale i cavi adduttori significativi sono Cavo Fiumicello – Arginetto di Prato, Fossetta Imbreto, Fossetta dei Ronchi, Fossetta delle Monache, Allacciate Terrozzo, Fossetta di Canolo, Scolo Lupi, Scolo Carpi, Tributari del Cavo Naviglio; nel settore orientale gli scoli più significativi sono Fossetta di Fazzano, Cavo Argine, Cavo di Rio, Scolo Mandrio, Cavo Naviglietto, Affluenti del Cavo Tresinaro; il Cavo Bondione, Cavo Fossatelli, Fosso della Vela e della Risaia, tributari del Collettore Acque Basse Modenesi.

I principali assi scolanti: Cavo Bondeno, Cavo Naviglio, Cavo Tresinaro mediante il Cavo Fossa Raso, affluiscono al Cavo Parmigiana Moglia. Quest'ultimo confluisce al Secchia mediante l'Impianto Idroforo Mondine in località Bondanello.

Per alcuni degli assi drenanti della rete idrica sopracitati, si riscontra che in parte insistono su porzioni di antichi percorsi fluviali naturali.

In tali casi necessita un attento controllo sulla qualità delle acque immesse in detti tratti

della rete idrica poiché l'interscambio con la falda freatica in tali fasce del territorio è particolarmente attivo.

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

- Cavo Parmigiana Moglia
- Cavo Bondeno
- Cavo Naviglio
- Cavo Tresinaro
- Fossa Marza
- Fosso Raso
- Canale di Migliarina
- Torrente Tassarola
- Naviglietto
- Naviglietto di Rolo
- Scolo di Rio Saliceto

Dal punto di vista del funzionamento della rete idrica superficiale si riscontra una moderata efficienza per le esigenze odierne.

Infatti i parametri di calcolo utilizzati, tra il 1920 ed il 1926, per il progetto delle dimensioni e sezioni dei cavi e canali erano riferiti a gradi di urbanizzazione del territorio ed a condizioni del dissesto idrogeologico dei bacini montani sensibilmente diversi dagli attuali.

Ne consegue, considerando i fenomeni di tracimazione verificatisi nel 1958 – 1964 – 1979 – 1992 - 1996, che il sistema di scolo superficiale richiede un adeguamento alle necessità di oggi in relazione ai mutati coefficienti idrometrici e tempi di corrivazione.

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

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

3.6.1.1 Rischio idraulico

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

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

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

Le differenti visualizzazioni grafiche derivano dai diversi effetti che conseguono a 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 $0,2 \div 0,3$ m. Ne consegue che limitate sopraelevazioni di $0,4 \div 0,6$ m, rispetto al piano campagna esistente, ed un adeguato sistema fognario per le acque bianche, determinano condizioni di sicurezza nei confronti di piogge critiche. D'altra parte per fenomeni di esondazione necessitano sopraelevazioni non inferiori a $0,7 \div 1,0$ m.

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 in zone di difficoltoso drenaggio, dovrà essere prevista una sopraelevazione minima di 0,4 m, rispetto al piano campagna esistente; tale quota dovrà essere idoneamente incrementata nei settori ove la presenza di barriere idrauliche, naturali o antropiche quali rilevati stradali, argini, ecc., non dotati di idonee cunette con bypass, può determinare il formarsi di battenti idrici con altezza superiore a 0,4 m in occasione di piogge critiche. Oltre a ciò, nelle aree esondabili dovrebbero essere evitate realizzazioni di opere destinate allo stoccaggio temporaneo o permanente di liquidi e liquami inquinanti. Qualora risultassero in essere dette tipologie di opere è opportuno prevedere la loro messa in sicurezza mediante interventi di presidio ambientale quali contro arginature, sopraelevazione dei corpi arginali, ecc.
- Per evitare incrementi di carico idraulico negli assi idrici di scolo superficiale, conseguenti all'aumento di aree impermeabilizzate nei siti di nuovo insediamento, dovranno essere previste ed eseguite idonee aree di ritenzione delle acque piovane, queste ultime saranno gradualmente restituite alla rete idrica superficiale dopo un adeguato intervallo di tempo dalla fase di piena della rete superficiale. Le aree di laminazione o "vasche teste di pioggia e di prima pioggia" potranno essere costituite da superfici di terreno depresse rispetto ai settori circostanti collegate con idoneo scarico, regolamentato, o ai collettori di vettoriamento ad impianti di trattamento acque reflue (primi 5 mm) o alla rete idrica superficiale.

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

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

In riferimento a quanto esposto si osserva che le continue manutenzioni e verifiche di adeguata efficienza, effettuati dal competente Consorzio di Bonifica

dell'Emilia Centrale, in funzione degli andamenti meteoclimatici rilevati negli ultimi 10 anni e dei tempi di realizzazione dei rilevati arginali, è opportuno siano continuate ed implementate

3.6.2 Ambiente Idrico Sotterraneo

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, con potenziale generazione di processi di liquefazione, è stata rivolta principalmente all'assetto della falda freatica.

L'analisi di quest'ultima e gli elementi che contraddistinguono gli orizzonti idrogeologici che la costituiscono: sono stati attuati mediante rilevamento diretto nei pozzi e raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni.

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

3.6.3 Definizione del sistema idrogeologico

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

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

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

La base dell'acquifero utilizzabile a scopo idropotabile è formata da orizzonti poco permeabili o impermeabili, saturati da acque salmastre e/o salate che, in corrispondenza della Dorsale Ferrarese tendono a risalire in modo più o meno rapido, passando da -450 ÷ -350 m dal piano campagna, nel territorio di S. Martino in Rio – Correggio – Rio Saliceto, a -26 ÷ -50 m p.c. nell'area di Novi di Modena.

3.6.3.1 Interfaccia Acque Dolci - Acque Salate

Per quanto riguarda la base delle acque dolci, i dati *AGIP*, *SPI*, *IDROSER*, *RER*, dello studio Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna, dello Studio Idrogeologico del Ex Comprensorio Bassa Reggiana ed Ex Comprensorio Carpi - Correggio, indicano che tale interfaccia si localizza nel sottosuolo dell'area in oggetto a profondità mediamente comprese tra -300 e -500 metri dal piano campagna.

Le zone dove la base delle acque dolci è più profonda corrisponde al territorio correggese e di S. Martino in Rio, dove generalmente detta base si colloca a -450 ÷ -500 m dal piano campagna e risale a circa -400 m pc procedendo in direzione nord verso

Rio Saliceto. Nel sottosuolo di quest'ultimo l'interfaccia acque dolci acque salmastre risale a -360 ÷ -330 m dal piano campagna procedendo in direttrice nord est e successivamente, proseguendo in tale senso, la base delle acque dolci sale rapidamente verso il piano campagna attestandosi a -200 ÷ -150 m pc nel settore orientale di Rolo per poi attestarsi a -130 ÷ -80 ÷ -50 m in territorio di Novi di MO dove in corrispondenza di Cavone si colloca a -25 m pc.

3.6.4 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale

La successione idrogeologica presente nel sottosuolo di Correggio, S. Martino in Rio, Rio Saliceto ed in zone limitrofe, è stata desunta dalle analisi di sezioni geofisiche eseguite da AGIP-ENI elaborate da *Dr. Fabio Molinari-2014*, dagli inquadramenti territoriali elaborati dal *Ex Comprensorio della Bassa Reggiana* e dal *Ex Comprensorio Della Media Pianura Carpi – Correggio*, ai dati pubblicati da *IDROSER*, a quelli contenuti in *Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna (R.E.R. – ENI – AGIP)*.

Tali caratteri e l'assetto geometrico degli acquiferi contraddistinguono l'Unità Idrogeologica della Media Pianura.

3.6.4.1 Serie Idrogeologica Locale

In riferimento alle sopra descritte indagini ed in particolare ai dati acquisiti da RER ed AGIP, la successione sedimentaria (età *Pleistocene inferiore – Olocene*) localmente, è suddivisibile in quattro complessi acquiferi. Questi ultimi, in funzione del periodo nel quale si sono sedimentati, evidenziano diversi 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 si differenziano sulla verticale semplicemente per il fatto di essere separate tra loro da superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità.

Complesso Acquifero A0 (Unità geologica AES8):

è correlabile a deposizioni prevalentemente di ambiente continentale di età olocenica (12.000 – 14.000 anni b.p fino all'attuale). Non evidenzia generalmente pronunciate influenze dei processi deformativi di origine tettonica che hanno interessato il bacino padano ma altresì si riscontrano effetti correlabili principalmente a variazioni climatiche ed in subordine a subsidenza. Lo spessore dell'unità in oggetto nel territorio di Correggio oscilla mediamente tra 18/20 m, localmente 23/24 m, ed assume gli spessori relativi inferiori: 16/18 m nelle zone settentrionali orientali e settentrionali al confine con Rio Saliceto; detta litozona evidenzia potenze tendenzialmente maggiori nelle zone centro occidentali e meridionali occidentali dove si rinviene generalmente sino a -22 ÷ -24 m dal piano campagna.

In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica hanno geometria prevalentemente nastriforme e spiccatamente lenticolare e denotano

pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche con arricchimenti nelle frazioni sabbiose nelle zone centrali delle fasce di paleoalveo; queste ultime sono generalmente più rappresentate nel settore centrale del territorio comunale esteso in senso sud nord da Prato a Correggio Capoluogo – Canolo – S. Lodovico; in detta zona, oltre ai litotipi sopra indicati, sono presenti successioni prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose. Nei settori occidentali centrali, meridionali occidentali ed orientali centro settentrionali si riscontrano e pronunciati incrementi nelle percentuali rappresentate dalle frazioni argilloso limose limoso argillose – limose.

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

Negli areali nei quali è generalmente prevalente la presenza nei primi 4 ÷ 5 m del sottosuolo di litotipi argillosi (Budrio – sud di Fosdondo) sono frequenti condizioni di falda acquifera localmente 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 costituiscono fasce allungate in direzione sud ovest – nord est e si riscontrano nei settori occidentali settentrionali (Fosdondo - Canolo), centrali (Budrio – Capoluogo – San Martino Piccolo – Mandrio), nelle zone centro meridionali (Prato – Fazzano – S.Bartolomeo), orientali: fascia assecondante il Cavo Tresinaro; in tali aree i corpi sabbiosi si rilevano in genere a profondità tra -2 e -5/6 m pc; gli spessori maggiori di tali corpi: -8/-10/-12 m, sono raggiunti a sud di Prato, tra Casino Salvioli ed intersezione Cavo Tresinaro / sP. Correggio, Zona Industriale.

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 influenze 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 per auto consolidazione.

Tale unità presenta spessori generalmente compresi tra 45/50 e 60/65 m, con potenze relative minori nelle zone settentrionali – settentrionali orientali, corrispondenti in media a 50 m. Gli spessori più rilevanti si riscontrano nelle fasce occidentali e meridionali: 60/65 m; si rinviene generalmente sino a -70 / 80 m dal piano campagna nelle zone centrali e sino a -80/-90 m pc nei settori meridionali occidentali.

Gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale relativa in tale unità, sono rilevabili a profondità tra -35/ -45 m pc e -55/-65 m p.c.

Complesso Acquifero A2 (unità geologica AES6):

è correlabile a deposizioni avvenute tra 125.000 e 200/210.000 anni b.p. localmente denota in pratica l'assenza di influenza di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano ed evidenzia moderate deformazioni alla base dell'unità nelle zone occidentali (S. Michele) per subsidenza differenziata correlata ai minori spessori dei

depositi post pliocenici. Tale insieme presenta potenze generalmente comprese tra 50 e 60 m con spessori relativi maggiori delle unità sabbiose nei settori occidentali; si rinviene generalmente sino a -110 ÷ -130 m dal piano campagna.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale in tale unità, sono riscontrabili a profondità tra -80/90 e -100 / -110 m pc e tendono ad essere meno profondi nelle zone occidentali dove si rinvengono tra -70/-80 m pc e -90/-100 m pc e si assottigliano in direzione sud ed est.

Complesso Acquifero A3 (unità geologica AES5):

è correlabile a deposizioni avvenute 200/210.000 e 300/310.000 anni b.p. denota influenze di deformazioni attribuibili a processi di subsidenza differenziale per auto consolidazione nei settori meridionali, occidentali e nord occidentali; nelle zone nord orientali si riscontrano assetti deformativi collegati ed a processi distensivi.

Tale complesso presenta spessori generalmente compresi tra 30 e 40 m con potenze relative minori in direzione nord est e risulta discontinuo nelle zone ad oriente del territorio di Correggio - Rio Saliceto nel settore nord ovest del carpigiano; si rinviene generalmente sino a -140 ÷ -160 m da piano campagna nelle aree meridionali e sino a -130/-150 m pc nelle zone settentrionali orientali.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale si rilevano a profondità tra -120 e -130 m pc.

La discontinuità orizzontale del complesso A3, rinvenibile nel territorio di Carpi ad oriente dei confini comunali est di Correggio e Rio Saliceto, è correlabile a faglia per processi distensivi

Complesso Acquifero A4 (AES4) parte basale del Sintema Alluvionale Superiore:

evidenzia influenze di deformazioni sia per subsidenza differenziale che collegate a processi tettonici del bacino padano tra 250.000 e 400.000 ÷ 450.000 anni b.p.; le geometrie deposizionali dei corpi sabbioso ghiaiosi evidenziano effetti connessi a variazioni eustatiche e climatiche; le deformazioni alla base dell'unità nelle zone a ad occidente e meridione conseguono a subsidenza per auto consolidazione differenziata; nell'area ad est - nord est dei territori di Correggio e Rio Saliceto si osservano deformazioni più accentuate correlate sia alle geometrie del bacino di deposizione, che hanno determinato minori effetti subsidenti, alle quali si associano discontinuità laterali nel complesso A4 correlate a processi distensivi indicati dalla irregolarità/interruzione delle unità sabbiose, collegabili ad una faglia con rigetto di 40/50 m.

Tale insieme presenta spessori generalmente compresi tra 40 e 50 m con potenze che incrementano in direzione meridionale ed occidentale; si riscontra sino alle profondità di -200/-220 m pc nelle zone meridionali e -180/-200 m p.c. nelle aree settentrionali orientali; nel territorio ad oriente di Correggio - Rio Saliceto, settore nord occidentale del carpigiano, ad oriente della faglia le profondità corrispondono a -120/-150 m pc..

Gli insiemi che formano gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale relativo sono presenti prevalentemente a profondità tra -150/-160 e -180/-200 m pc ed hanno spessore di 4 ÷ 8 m.

Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale Inferiore - AEI):

evidenza sia alla base che al tetto significative influenze degli effetti 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 Correggio presenta mediamente spessori di 90/110 m e tende ad assottigliarsi a 80/90 m nelle zone settentrionali in prossimità del confine con Rio Saliceto; è individuabile sino a -280/-300/-350 m pc nelle zone meridionali ed occidentali e si riscontra sino a -270/-300 m pc nei settori nord orientali; ad est nel carpignano si rileva a -200/-220 m pc.

Procedendo in direzione sud ovest rispetto al territorio di Correggio si approfondisce a -320/-380 m pc e gli spessori incrementano a 120/160 m.

Gli orizzonti permeabili più significativi sono presenti al tetto dell'unità dove costituiscono il livello di transizione, con spessore di 5 ÷ 10 m, al soprastante complesso (AES); sono inoltre presenti altri significativi orizzonti permeabili nella parte medio alta - media del complesso : -320/-330 m pc, -360/-380 m pc.

Nelle zone ad est del territorio di Correggio - Rio Saliceto si osservano discontinuità orizzontali dei corpi sabbiosi di tale complesso correlabili ad una faglia per processi distensivi con rigetto di 40/60 m ed il tetto dell'unità e si rinviene a -220/-230 ÷ -260 m pc.

3.6.4.2 Conducibilità idraulica degli acquiferi

I livelli idrogeologici individuati formano orizzonti tra loro separati da potenti bancate sostanzialmente impermeabili. Detti acquiferi, nelle zone a settentrione dei territori di Correggio - Rio Saliceto, tendono a convergere in direzione nord ed a fondersi con le spesse bancate sabbiose del Po e contestualmente in tale area si osserva che i livelli sabbiosi sono tendenzialmente inclinati in senso meridionale.

Procedendo in direzione sud gli acquiferi tendono ad assottigliarsi e ad arricchirsi in granulometrie fini sino circa all'Autostrada del Sole - via Emilia, successivamente a queste ultime, procedendo in direzione meridionale, si arricchiscono in componenti ghiaiose, aumentano di spessore e si fondono con le unità idrogeologiche dei con alluvionali

I valori di trasmissività medi del territorio, pubblicati da *IDROSER*, equivalgono a:

- $T = 3,5 \cdot 10^{-4} / 1,5 \cdot 10^{-3}$ mq/s (Campagnola Emilia)
- $T = 1,19 \cdot 10^{-4} / 3,18 \cdot 10^{-4}$ mq/s (Bagnolo in Piano)
- $T = 1 / 1,2 \cdot 10^{-2} \div 3 / 5 \cdot 10^{-3}$ mq/sec (Bassa Modenese)

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

$$V = 0,1 \div 0,02 \text{ m/g}$$

Ne consegue che per gli acquiferi dell'unità della media pianura presenti nei primi 150/200 m del sottosuolo, sussistono velocità di ricarica molto lenta.

I caratteri idrochimici pubblicati dall'Amministrazione Provinciale di Reggio E. indicano che le acque nel sottosuolo del territorio in esame sarebbero alimentate prevalentemente da acque di origine appenninica.

Le analisi isotopiche delle acque sotterranee della media pianura (*G. Martinelli, et alii, 2014*) indicano che una consistente parte della risorsa idrica degli acquiferi confinanti presenti nel sottosuolo è stata immagazzinata in periodi precedenti ad 8000 anni b.p.

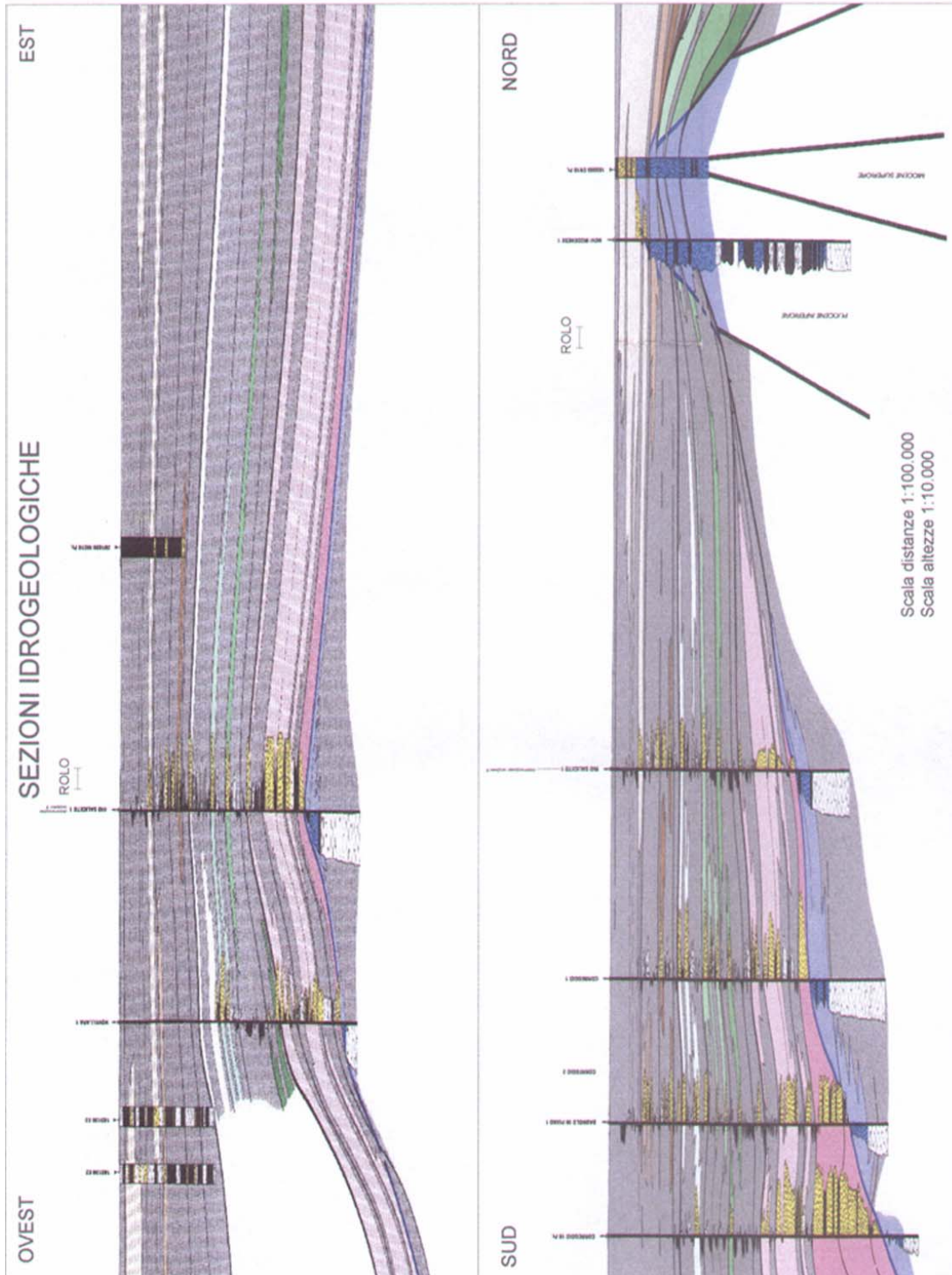
3.7 Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale

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 comunali effettuate nel contesto delle analisi di QC. PSC nel gennaio – febbraio 2008 (*Centrogeo*).

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

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

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*.



3.7.1 Piezometria dell'acquifero freatico

La conformazione della superficie piezometrica è condizionata, oltre che dall'andamento del substrato, dai valori di trasmissività ($T = mq/sec$), dall'assetto topografico e dal reticolo idrografico superficiale. Questo elaborato, evidenzia la geometria dei deflussi idrici sotterranei e fornisce utili parametri per la redazione di altre elaborazioni cartografiche.

La carta delle isopieze visualizza:

- ◆ 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
- ◆ Profondità dei terreni saturati da falda idrica per la stima della pericolosità di liquefazione

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.

3.7.2 Isopieze dell'acquifero

L'assetto isopiezometrico generale identifica una conformazione prevalentemente a falda conica divergente, con direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei territorialmente orientati in verso sud ovest - nord est, evidenziante che i flussi idrici nel sottosuolo si sviluppano principalmente secondo i corpi sabbiosi di paleoalveo sia superficiali che sepolti. Questi ultimi denotano condizioni di ricarica con gli afflussi sotterranei e superficiali provenienti dalle zone a sud dell'Autosole - via Emilia e con le acque circolanti nella rete idrica superficiale.

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

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

Detti ambiti, a geometria nastriforme, suddividono il sottosuolo del territorio comunale in sottobacini idrogeologici.

Le fasce di ricarica principale, o spartiacque idrogeologico sotterraneo, si estendono prevalentemente in direzione sud ovest - nord est, ed in subordine nel settore occidentale del territorio in esame si orientano in verso nord ovest.

Le principali fasce di alimentazione idrica sotterranea sono estese secondo gli allineamenti Case Matte - Fosdondo - Canolo - Casino Cesis ad ovest; nella zona centrale le fasce di ricarica si sviluppano sub parallelamente alla sP. 468 - Cavo Naviglio circa dagli Ex stabilimenti Drago a Budrio e successivamente si dirigono verso Giardino - centro storico di Correggio, superato il quale assumono direzione nord in direzione di Mandrio - Rio Saliceto; ad oriente gli assi di alimentazione assecondano l'andamento della sS. Correggio - S. Martino

in Rio da quest'ultimo a S. Biagio e successivamente, flettendo in direttrice nord est, si dirigono alla Zona Industriale di Correggio; nel settore meridionale sono presenti assi di ricarica orientati a nord ovest circa da Ponte dell'Agrato – Prato a Case Matte, più a settentrione si riscontra un asse di ravvenamento esteso sub parallelamente alla sP. Correggio – Bagnolo in Piano circa da Fosdondo a S. Michele della Fossa – S. Maria.

Tali fasce di ricarica suddividono il territorio in esame in quattro sottobacini idrogeologici.

Nelle zone comprese tra i suddetti assi di spartiacque idrico sotterraneo, le isopieze assumono un assetto concavo con direzioni di deflusso delle acque nel sottosuolo rivolte all'interno delle isolinee, evidenziano ambiti a falda conica convergente che si contraddistinguono con fasce secondo le quali si raccolgono i deflussi idrici sotterranei.

Le principali di queste ultime si estendono in direzione sud ovest nord est nella zona centrale circa da Casino Tirelli ad Espansione sud di Correggio e successivamente, transitando nel sottosuolo della zona est del capoluogo, si dirige verso Bernolda con andamento sub parallelo al Cavo Argine e prosegue poi verso Colombara; ad occidente si rileva una fascia di raccolta dei deflussi idrici sotterranei orientata a nord ovest circa da Case Matte a Ponte della Beviera, e più a nord da Fosdondo a Bonaccina a Canolo di Mezzo.

Sono inoltre presenti ulteriori assi idrici sotterranei secondari tra i quali quelli più significativi si riscontrano ad ovest di Correggio circa da S. Prospero a intersezione via Carletti – Cavo Naviglio; nella zona centro settentrionale circa da ovest di Canolo di Mezzo a sud capoluogo Rio Saliceto; nel settore meridionale un analogo asse si rileva circa da Gazzata ad intersezione Cavo Brigna – via del Dinazzano.

Dal raffronto tra i principali assi idrici sotterranei sopra descritti ed i corpi di paleoalveo e/o canali – cavi della rete idrica superficiale, si riscontra che svolgono funzione alimentante, nei confronti dell'acquifero freatico, il paleoalveo ed il Cavo Naviglio estesi sub parallelamente alla sP. n°468 nel tratto circa da Ex Stabilimenti Drago – Budrio – Cs.no Davoli e successivamente al capoluogo il tratto di paleoalveo sub parallelo a via per S. Martino piccolo; nella zona orientale svolge funzione alimentante il tratto di paleoalveo allungato sub parallelamente alla sP. S. Martino in Rio – Correggio sino a S. Biagio e successivamente a quest'ultimo quello esteso sub parallelamente al cavo Tresinaro sino a Ponte S. Quirico; analoga caratteristica evidenzia il paleoalveo Fosdondo – Canolo – Casino Cesis; in dette fasce territoriali si ha un interscambio molto attivo tra falda freatica e le acque che defluiscono nei cavi e canali ivi presenti; ne consegue che eventuali contaminazioni degli assi idrici superficiali si potrebbero diffondere velocemente nel sottosuolo, pertanto è opportuno che le acque di tali canali siano rigidamente controllate nella loro qualità.

D'altra parte si riscontra un'azione prevalentemente drenante nei confronti dell'acquifero freatico esercitata dal Cavo Bondeno nelle zone occidentali; il Cavo Argine tra Correggio e Bernolda svolge alternativamente azione alimentante o drenante, con prevalenza di quest'ultima, in funzione dell'andamento della piovosità stagionale.

Per quanto riguarda gli assetti drenanti della falda freatica nelle zone sud ovest di Fosdondo, ad ovest nord ovest di Canolo, si evince che tali caratteristiche sono correlate a depressioni dell'acquifero di base in corrispondenza degli ambiti vallivi planiziali ivi presenti.

Il gradiente idraulico, ovvero la perdita di carico idraulico per unità di lunghezza

dell'acquifero, evidenzia valori medi compresi tra:

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

nelle zone a sud dell'allineamento S. Martino in Rio - Budrio;

i gradienti idraulici variano tra

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

nelle fasce centrali tra il sopradetto allineamento e Canolo – Mandrio i gradienti idraulici sono compresi in media tra

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

nelle zone settentrionali oscillano tra

$$i_m = 0,8 \div 2 \cdot 10^{-3}$$

3.7.3 Soggiacenza Acquifero freatico

L'analisi sull'assetto della profondità dal piano campagna a cui si rinviene la falda evidenzia una suddivisione in ambiti a distinte caratteristiche.

Uno di questi, identificato dalla parte occidentale del territorio circa compreso tra Ponte dell'Agrato – Budrio – Fosdondo – Canolo – Osteriola, è contraddistinto da valori di soggiacenza mediamente compresi tra:

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

Analoghe condizioni di profondità della tavola d'acqua si osservano anche nella fascia estesa ovest est, nella zona centro settentrionale circa tra Canolo – Mandriolo – Cantona – Cavo Argine e Migliarina – Mandrio – Castello di Canolo.

Nelle rimanenti parti del territorio esaminato la soggiacenza è mediamente compresa tra:

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

Sono altresì riscontrabili zone localizzate contraddistinte da accentuate depressioni della falda freatica per azioni antropiche.

Tra queste quelle più evidenti si osservano tra P.te Marina – Cavo Naviglio – S. Caterina e tra Canale dei Ronchi e via Ronchi Rabbioso, e sono correlate ad attività estrattive; queste ultime comunque non hanno determinato modifiche sensibili sulla capacità d'uso e agro vegetazionale dei terreni.

Fanno eccezione a quanto esposto gli ambiti vallivi planiziali nei quali la falda freatica è localmente confinata degli orizzonti argillosi che presentano spessori variabili tra 4 ÷ 5 e 6 ÷ 8 m. In tali zone fintantoché non è perforato il sopradetto spessore di terreni argillosi, le acque sotterranee rimangono confinate a quote sottostanti -3 ÷ -4 m dal piano campagna.

Oltre alle sopra descritte zone si riscontrano altri areali, di limitata estensione, nei quali le profondità relative maggiori del tetto della tavola d'acqua sono correlate a locali intensi emungimenti idrici dal sottosuolo, come si riscontra a nord ovest di Correggio circa in corrispondenza dell'intersezione Cavo Naviglio Piccolo – Allacciante Tarozzo, a nord ovest del capoluogo tra S. Martino e Cavo Argine, a nord di Osteriola.

Le profondità della falda riscontrate sono mediamente rappresentative per i periodi a medie condizioni di ricarica per piovosità e per perdite subalvee da cavi e canali.

3.7.4 Identificazione temporale del sistema Idrogeologico

L'analisi comparata tra la carta dell'assetto piezometrico dell'acquifero, elaborata in base ai rilievi del gennaio – febbraio 2008 e quelle precedentemente redatte nell'ambito di altri studi territoriali a corredo del P.T.C.C. Carpi – Correggio 1982 – 1984, PIAE provincia di Reggio Emilia 1993, PRG di Correggio 1998, evidenzia assetti dei deflussi idrici sotterranei a medio elevato grado di corrispondenza; le modeste differenze conseguono essenzialmente dalle diverse condizioni climatiche di alimentazione dell'acquifero e del suo regime di sfruttamento, dal maggior numero di pozzi censiti nel gennaio – febbraio 2008, che hanno consentito un'elaborazione più dettagliata per la ricostruzione dell'assetto piezometrico.

L'analisi di quest'ultimo evidenzia che le direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei sono territorialmente orientate in direzione sud ovest – nord est sia relativamente al 1984 - 1993 che al 1998 ÷ 2000 ÷ 2008.

Tutti i periodi di rilevamento, sono caratterizzati da fasce di ricarica principale o aree di spartiacque sotterraneo, orientate in senso sud ovest – nord est. Quella di queste che presenta maggior continuità asseconda l'andamento della sP. 468 – Cavo Naviglio, sino al capoluogo e poi prosegue in direzione di S. Martino Piccolo – Mandrio; analoghe caratteristiche hanno la fascia di alimentazione estesa da Case Matte a Fosdondo a Canolo a Campagnola E, e quella sub parallela alla sS. Correggio – S. Martino in Rio da quest'ultimo a S. Biagio e successivamente ad esso in direzione della Zona Industriale di Correggio.

Caratteristiche simili evidenziano l'asse di ricarica esteso sub parallelamente a via Fosdondo sino a S. Michele della Fossa, e l'asse di alimentazione da Ponte dell'Agrato – Prato ad Ex Stabilimenti Drago.

Equivalenti aspetti conservativi nel tempo evidenziano le fasce di drenaggio idrico sotterraneo principali quale l'asse drenante parallelo al Cavo Bondeno tra Case Matte e Ponte della Beviera, la fascia drenante a sud est di Correggio circa da Case Nuove a Cantona – Bernolda – Colombara sub parallela al Cavo Argine.

3.7.5 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica

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

- Limite sud:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
Limite ovest: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
Limite nord: idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
Limite est: idrodinamica a potenziale imposto con flusso prevalentemente in uscita, ad eccezione del settore da Zona Industriale di Correggio a Migliarina dove è in entrata.
Limite di tetto: nelle aree con presenza di orizzonti argilloso limosi - limoso argillosi nei primi 1 ÷ 5 m dal p.c., si ha un flusso molto basso, praticamente nullo,

ambito vallivo pianiziale; d'altra parte nei settori in cui detto livello è sostituito da limi sabbiosi e sabbie limose (fasce di paleoalveo) o dove si hanno incisioni di cavi e canali che si spingono a quote sottostanti i -2 m p.c., si ha un flusso idrodinamico in entrata a portata imposta (infiltrazione per piovosità, per irrigazione, per fertirrigazione).

Limite di letto: condizione geologica a flusso nullo per presenza di spessi orizzonti argillosi praticamente impermeabili.

4 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10 ÷ 20 m del sottosuolo del territorio di Correggio sono state determinate in base alle analisi geomorfologiche, all'esame delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM primo impianto: 1881, alle documentazioni e pubblicazioni storico – geomorfologiche, allo Studio Geologico Ambientale – Analisi sismica del QC. PSC 2009 di Correggio, *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 state identificate come aree prevalentemente sabbiose – sabbioso limose anche le fasce di territorio dove detti litotipi non affiorano in superficie ma sono presenti con spessori significativi, maggiori di 2 – 3 m, nei primi 5 ÷ 10/15 m del sottosuolo (paleoalvei). Le classificazioni delle unità prevalentemente limoso argillose – argilloso limose - argillose esprimono la netta prevalenza di detti litotipi nei primi 5 ÷ 10 m dal piano campagna.

4.1 Carta geologico tecnica

Il territorio in oggetto, circa compreso l'Autostrada del Sole e la sP 1 Carpi – Guastalla, appartiene alla fascia della media pianura, costituita principalmente dalle evoluzioni idrografiche dei fiumi e torrenti appenninici: T. Crostolo – T. Modolena – T. Rodano, T. Tresinaro e da quelle del F. Po, che ha condizionato le possibilità di afflusso dei suoi affluenti. Detti agenti hanno colmato il golfo padano delimitato dagli affioramenti appenninici a sud e da quelli alpini a nord.

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

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

Un sistema deposizionale come quello descritto è chiaramente osservabile a meridione di Correggio, dove si rilevano alcuni tratti di paleoalveo a direttrice sud ovest – nord est, tra i quali quello allungato sub parallelamente a Cavo Naviglio – sP. 468, che con l'approssimarsi al capoluogo tendono a flettere in verso ovest – est, aggirando un dosso morfologico a direttrice ovest – est che si estende circa secondo l'allineamento Fosdondo – S. Prospero – Centro Storico – Cantona, attribuibile, nel tratto più occidentale, al sistema idrografico più

antico che ha formato il territorio correggese; tale morfostruttura ha ostacolato l'impostazione dei successivi percorsi degli assi fluviali in direzione settentrionale.

Un'analoga influenza è stata esercitata da un tratto di alveo abbandonato (paleolveo), ad andamento ovest – est esteso da Cognento – S. Lodovico – Rio Saliceto sud del capoluogo.

Assetti geomorfologici simili si riscontrano anche nelle zone dove il tratto residuale del T. Tresinaro tra S. Martino in Rio e Zona Industriale di Correggio, flette verso oriente.

La presenza di detti tratti di alveo abbandonato hanno determinato difficoltoso colmamento nelle aree centrali – centrosettentrionali e settentrionali del territorio, come evidenzia la presenza degli ambiti vallivi planiziali dei Ronchi di Fosdondo, tra Budrio – Fosdondo – Ponte della Beviera – Pieve Rossa, dell'area a sud sud est di Correggio circa tra Fazzano – Case Nuove – Viazza – Colombarone, nella zona a nord est di S. Martino in Rio – S. Biagio ed alla confluenza tra Cavo Tresinaro e Fossa Marza, nella Zona Industriale di Correggio compresa tra via San Martino – via Vecchia Carpi – Cavo Tresinaro – Statale 468 per Carpi, il settore occidentale settentrionale tra via Canolo – via del Medico – via Cognento; analoghe condizioni si riscontrano a settentrione del correggese, nella zona nord del comune di Rio Saliceto, Valli di Cà de Frati, circa compresa tra la sP. Carpi Guastalla – Cavo Naviglio – Varesina - Cavo Tresinaro.

Altri elementi concordanti con quanto esposto sono rappresentati dalle morfostrutture a cono di rotta alluvionale come quella che si origina circa 0,2 km ad ovest di Ponte Marina e si estende in direttrice nord, allungandosi ed allargandosi a ventaglio sino al Cavo Allacciamento Tarozzo – Via Carletti e dell'analoga morfologia che si genera circa 0,5 km a nord di Osteriola e si sviluppa con geometrie coniformi in direzione nord sino circa all'altezza del Cavetto Vettigano.

Le azioni sedimentate hanno generato una morfologia pianeggiante movimentata di adalazioni ad ampio raggio prevalentemente allungate in senso sud ovest – nord est ed in subordine sud nord, nelle quali si riscontrano localizzate presenze di dossi sopraelevati di 2 – 3 m rispetto alle zone latitanti, generalmente rimarcate da rilevati arginali di assi idrici e di sedi stradali.

Dette evoluzioni hanno determinato diverse caratteristiche tra i settori centrali e quelli orientali ed occidentali del territorio.

La zona centrale estesa sud nord da Prato al capoluogo a Canolo/Mandrio, con quote comprese tra 40 e 30 m s.l.m. e pendenze generalmente tra 1.5 e 3.4 ‰, è contraddistinta dalla presenza di corpi sabbiosi – sabbioso limosi a geometria nastriforme principalmente allungati sud ovest nord est, ed in subordine ovest est da Fosdondo al capoluogo ed al confine settentrionale dell'area comunale.

Ai lati di detti corpi e nelle zone comprese tra gli stessi, sono prevalentemente presenti terreni limosi – limoso argillosi ed argilloso limosi di deposizioni di piana alluvionale.

I settori occidentali centro meridionali, meridionali (sud di Prato) ed orientali (fascia ad ovest del T. Tresinaro da S. Biagio a confine nord) sono prevalentemente costituiti da sequenze argilloso – argilloso limose correlabili ad aree vallive planiziali.

4.2 Caratteristiche litotecniche

Gli areali sopra descritti in funzione delle indagini geognostiche precedentemente eseguite nel territorio di Correggio, sono schematicamente suddivisibili in tre zone litotecniche come di seguito descritto:

Successione litotecnica

Verticale tipo A: CRA

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità CRA1 da piano campagna a -10,0 ÷ -12,0 m p.c.	Alternanze di strati prevalentemente argilloso limosi - limoso argilloso, inglobanti sottili livelli limoso sabbiosi ed a luoghi corpi lentiformi sabbiosi in corrispondenza dei depositi di paleoalveo, talvolta contenenti lenti torbose, in genere di modesto spessore; detti terreni sono prevalentemente normalconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,7$ kgf/cm ² , a luoghi denotano caratteristiche di medio elevata compressibilità: $q_{cm} < 6$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,2 \div 0,3$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1,5 ÷ -2 m p.c..
Unità CRA2 Da -10 ÷ -12 a -15 ÷ -20 m p.c.	Litotipi prevalentemente argillosi – argilloso limosi, localmente contenenti corpi sabbiosi più o meno lentiformi, da leggermente sovraconsolidati a sovraconsolidati, contraddistinti da $q_{cm} > 20 \div 24$ kgf/cm ² e da $f_{sm} > 1,1 \div 1,2$ kgf/cm ² .

Successione litotecnica

Verticale tipo B: CRB

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità CRB1 da piano campagna a -14,0 ÷ -17,0 m p.c.	Alternanze di strati prevalentemente argilloso limosi - limoso argilloso, contenenti intercalazioni limose ed in subordine limoso sabbiose; a luoghi sono presenti corpi lentiformi sabbiosi corrispondenti a depositi di canale fluviale estinto, talvolta si riscontrano lenti torbose con spessore giungente anche a 1 ÷ 1,5 m, generalmente a quote sottostanti -9 ÷ -10 m p.c.; detti terreni sono prevalentemente normalconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 9 \div 11$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm ² , a luoghi si riscontrano terreni con caratteristiche di medio elevata compressibilità; $q_{cm} < 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,2 \div 0,3$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1,5 ÷ -2 m p.c..
Unità CRB2 Da -14 ÷ -17 a -20 ÷ -25 m p.c.	Litotipi prevalentemente argillosi – argilloso limosi, localmente contenenti corpi sabbiosi più o meno lentiformi; detti terreni sono leggermente sovraconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} > 18 \div 20$ kgf/cm ² e da $f_{sm} > 1,0 \div 1,2$ kgf/cm ² .

Successione litotecnica**Verticale tipo: Ponte dell'Agrato, PA**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità PA1 da piano campagna a - 6,0 ÷ - 7,0 m p.c.	Alternanze prevalentemente argillose – argilloso limose da leggermente sovraconsolidate a sovraconsolidate generalmente contraddistinte da $q_{cm} = 10 \div 15 \div 20$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,8 \div 1,2$ kgf/cmq. Sono localmente presenti lenti torbose; dette sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1,5 ÷ -2 m pc.
Unità PA2 Da -6 ÷ -7 a -15 ÷ -25 m p.c.	Litotipi prevalentemente argillosi – argilloso limosi sovraconsolidati, contraddistinti da $q_{cm} > 22 \div 24$ kgf/cmq e da $f_{sm} > 1,2$ kgf/cmq.

5 INTERPRETAZIONI

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

- **Verticale litotecnica A (CRA):** si estende per la maggior parte dell'area del territorio esaminato, circa 60%÷70%; le caratteristiche geotecniche d'insieme indicano che per le strutture che non impongono elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi ammissibili corrispondenti in genere a:

$$q_a = 0,7 \div 0,9 \text{ kgf/cmq}$$

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

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

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

- **Verticale litotecnica B (CRB):** si riscontra nel settore orientale centrale dell'area comunale e costituisce circa il 10÷20%; del territorio esaminato. Le caratteristiche geotecniche d'insieme indicano che per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri che trasmettono tensioni al terreno non eccedenti 100 Ton complessive, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 0,8 \div 1,0 \text{ kgf/cmq}$$

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

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

Per strutture con carichi totali superiori alle 100 Ton per pilastro è da valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali; analogamente per

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

- **Verticale litotecnica Ponte dell'Agroto (PA):** contraddistingue il settore sud occidentale del territorio comunale di Correggio, nella zona a nord dell'intersezione Autostrada del Sole – Canale di Prato e si estende su una ridotta porzione areale minore del 3% ÷ 5% della superficie comunale; le caratteristiche geotecniche d'insieme sono contraddistinte dalla presenza di litotipi argillosi sovraconsolidati già nei primi metri del sottosuolo; per strutture che non impongono elevate tensioni sul suolo e per pilastri che non eccedono 120 ÷ 130 Ton di carico complessivo, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi ammissibili corrispondenti a:

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

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

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

Per edifici con più di quattro piani fuori terra o carichi totali superiori alle 120 ÷ 130 Ton per pilastro, sono da valutarsi l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

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

Ne consegue che sebbene le sopra descritte caratteristiche siano significative per valutazioni generali preliminari, per analisi e considerazioni di dettaglio sono necessari idonei ed adeguati approfondimenti con indagini in sito.

5.1 SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

In relazione alla presenza nei primi 10/15/20 m del sottosuolo di strati sabbiosi – sabbioso fini e sabbioso limosi, generalmente in percentuale rappresentata inferiore rispetto alle componenti limoso argillose ed argilloso limose, saturati dalla falda idrica sotterranea, si è effettuata l'analisi di risposta dei terreni in rapporto a condizioni di sollecitazione dinamica.

In funzione delle condizioni locali le verifiche sono state sviluppate per i terreni saturi escludendo da tale analisi i litotipi con contenuto in granulometria più fine di 0,005 mm superiore al 20%, poiché non liquefacibili.

La valutazione è stata eseguita in condizioni *free field* poiché è la configurazione più sfavorevole per il rischio di liquefazione.

Accelerazione attesa nel sito

In funzione delle risultanze ottenute nell'analisi di risposta sismica locale si sono applicate accelerazioni al suolo comprese tra:

$$a_{\max}/g = 0.25 \div 0,33$$

In riferimento a detto parametro e considerando una magnitudo $M_w = 6,1$, è stata sviluppata la verifica della suscettività alla liquefazione.

Suscettività alla liquefazione

L'analisi delle condizioni di rischio per i litotipi potenzialmente liquefacibili si è eseguita mediante il metodo di *Robertson & Wride modificato (1997b)*, utilizzando il fattore di scala della magnitudo per $M_w < 7,5$ raccomandato da *Yould ed alii (2001)* che definisce la suscettività alla liquefazione in rapporto ai valori di qc ed alla sollecitazione tangenziale ciclica.

Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione è stato determinato mediante la relazione:

$$FSL = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \cdot MSF$$

dove:

FSL = coefficiente di sicurezza

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(qc_{ln})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08$$

dove:

$(qc_{ln})_{cs}$ = valore resistenza alla punta normalizzato, funzione di CF (% componenti fini) e di K, funzione di IC (indice del tipo di terreno); kPa

$$CSR = \frac{\tau_d}{\sigma'_0} = 0,65 \frac{A}{g} \frac{\sigma_0}{\sigma'_0} (1 - 0,015z)$$

dove

τ_d = tensione tangenziale ciclica; τ_e = resistenza del terreno

σ_0 = tensione verticale totale; σ'_0 = tensione verticale efficace

A/g = valore di accelerazione; z = profondità dello strato

Δn_f = coefficiente funzione del contenuto in materiali fini

$CRR_{7,5}$ = capacità di resistenza ciclica riferita a $M = 7,5$

MSF = fattore di magnitudo riferito all'intensità attesa in sito

Il modello di calcolo elabora gli intervalli potenzialmente suscettibili alla liquefazione in funzione del contenuto di materiali fini, restituendo i coefficienti di sicurezza sulla verticale della prova penetrometrica.

I risultati sono espressi mediante il valore dell'indice del potenziale di liquefazione I_L , definito come:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui z è la profondità dal piano campagna in metri e $w(z) = 10 - 0,5z$.

Ad una data quota z il fattore $F(z) = F$ vale (*Sonmez, 2003*):

$$\begin{array}{ll} 0 & \text{per } F_L > 1,2 \\ 2 \cdot 10^6 \cdot e^{-18,427 \cdot F_L} & \text{per } 0,95 < F_L \leq 1,2 \\ 1 - F_L & \text{per } F_L \leq 0,95 \end{array}$$

ove F_L è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

In riferimento al valore di accelerazione al sito come sopra esposto, si è sviluppata l'analisi di suscettività alla liquefazione, considerando presenza della falda freatica a quote variabili tra -1 e -2,0 m dal piano campagna, come hanno evidenziato le quote dei livelli idrici rilevati e visualizzati nella carta della soggiacenza dell'acquifero.

Le elaborazioni sviluppate hanno evidenziato, nelle verticali di indagine esaminate, la presenza di strati sabbiosi – sabbioso limosi, saturati dalla falda idrica sotterranea con valori del coefficiente di sicurezza alla liquefazione inferiori a 1 ed in netta prevalenza prossimi a tale valore.

In funzione di detti coefficienti è stato calcolato l'Indice del Potenziale di Liquefazione (IL – *Iwasaki*, 1982).

La classificazione proposta da *Somnez (2003)*, per potenziali di liquefazione pari a 0 definisce una pericolosità di liquefazione assente nulla, per $0 \leq IL < 2$ la pericolosità è bassa, per $2 \leq IL < 5$ la pericolosità è moderata, per $5 \leq IL < 15$ è elevata.

I valori puntuali di LPI sono evidenziati, per le prove analizzate, nelle carte dei fattori di amplificazione.

I valori ottenuti hanno evidenziato per il 52% delle verticali $IL = 0 \div 0.05$ e pertanto a grado di pericolosità di liquefazione da nullo a molto basso – praticamente trascurabile; per quanto riguarda il campo dei valori di $IL 0.1 \div 1.0$ corrispondente al 21% la pericolosità di liquefazione è di grado molto basso - basso; in percentuale inferiore: 17%, i terreni appartengono al campo 1.0 – 2.0 a pericolosità di liquefazione bassa; una percentuale nettamente inferiore: 8% denota pericolosità moderata $IL = 2 \div 5$ ed in percentuale molto bassa: 2% pericolosità alta $IL = 5 \div 15$. Quest'ultima generalmente circoscrive gli areali nei quali si estende il tratto di paleoalveo ovest – est tra Ponte dell'Agrato e Prato nel settore meridionale del territorio comunale.

Analoghe caratteristiche di pericolosità alta evidenziano locali areali di ridotta estensione presenti nel settore di canale fluviale estinto orientato ovest est al quale appartiene Fosdondo e quello orientato sud nord che da quest'ultimo si sviluppa verso Canolo; equivalenti condizioni si riscontrano nella fascia a sud ovest del capoluogo tra lo stesso e C.no Rovighi, nella parte centrale del Quartiere Espansione sud, nella striscia nastriforme tra Madonna della Rosa e Centro storico, parte meridionale e settore orientale della zona industriale tra C. Merlina e la sP. Correggio – Campagnola E.

Le valutazioni effettuate, sviluppate in base a 756 verticali di indagine CPT, evidenziano che la netta prevalenza del territorio comunale è contraddistinta da pericolosità di liquefazione da nulla a bassa per il 90% delle verticali esaminate, una percentuale bassa 8% a pericolosità moderata e una percentuale molto bassa 2% a pericolosità alta. Tali peculiarità concordano con le caratteristiche geomorfologiche territoriali: area di media pianura.

Nell'insieme le analisi svolte esprimono un indice territoriale di pericolosità di liquefazione da nullo a basso nettamente prevalente 90%.

6 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio V_s , 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 con metodo passivo Re.Mi, mediante stendimenti ad antenna monodimensionale con lunghezza di 69 m, integrati da verticali puntuali a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Queste ultime sono state sempre eseguite congiuntamente alle prospezioni MASW/Re.Mi. Di tali prospezioni 20 sono state effettuate con metodo integrato MASW- Re.Mi e 39 con metodo Linear Array: Re.Mi.

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 V_s anche in altri siti al fine di individuare i valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio dei vari tipi di terreni presenti nel territorio di Correggio; a tale scopo sono inoltre state utilizzate analoghe prospezioni eseguite nei territori comunali adiacenti in prossimità dei confini amministrativi. Le indagini effettuate in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato il territorio con 1 punto di analisi ogni 0.4 kmq di superficie per le aree urbanizzate e di 1,7 ÷ 2,3 ÷ 3,5 kmq per le zone extraurbane.

6.1 Microtremori con la tecnica HVSr

Le indagini a stazione singola di acquisizione di microtremori ambientali effettuate in 51 punti, aggiungendo a questi quelli precedentemente eseguiti e quelli ubicati nei territori comunali confinanti si ottiene un totale di 64 punti, distribuiti nell'area comunale con maglia statisticamente rappresentativa, sono state eseguite utilizzando un sismometro GeoBox ad elevata dinamica (24 bits) attrezzato con geofono tridirezionale da 4,5 Hz di frequenza propria ed un analogo strumentazione TROMINO. Dette verticali sono state integrate da 2 analoghe prospezioni precedentemente eseguite dallo scrivente nel 2010.

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

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

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

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

Le prospezioni, effettuate in numero di 59, 20 delle quali con metodo integrato MASW/Re.Mi. sono state eseguite con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 3 m per una lunghezza totale di ogni stendimento di 69 m. Tali indagini sono state integrate da analoghe prospezioni eseguite in prossimità dei confini dei territori comunali adiacenti.

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

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

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

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 40-100 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 $1/\text{velocità di fase}$) ed ottenere una “*curva di dispersione*”.

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

I risultati ottenuti ed i relativi diagrammi di elaborazione sono visualizzati nelle allegate schede “*indagine 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 40-80 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 Vs è modificabile in sede di elaborazione, variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, adattando 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*”- *Re.Mi.*, riportanti lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

7 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

7.1 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 ed in quelli dei comuni confinanti, presso le Amministrazioni Pubbliche Locali: Ufficio Tecnico Comunale, Servizio Tecnico Degli Affluenti del Po, database Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione Emilia Romagna.

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

Successivamente è stata effettuata una selezione di dette documentazioni in base alla valutazione dell’attendibilità del dato.

In sintesi tra le indagini esistenti sono stati selezionati complessivamente:

- 734 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 22 prove penetrometriche statiche CPTU
- 3 prove penetrometriche dinamiche leggere (DPL)
- 6 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM)
- 9 perforazioni profonde per ricerca idrocarburi
- 27 Sondaggi meccanici (SM)
- 11 Stendimenti sismici a rifrazione con rilevazione delle velocità di onde P ed S (BS)
- 14 Stendimenti geoelettrici con interpretazione tomografica (ERT)
- 13 Trincee esplorative
- 13 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: Re.Mi.
- 13 prospezioni sismiche con metodo passivo sismico passivo con tecnica a stazione singola H.V.S.R.
- 11 prospezioni a rifrazione attiva ad antenna monodimensionale MASW

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

- 46 prospezioni di sismica a rifrazione con metodo combinato attivo/passivo con antenna monodimensionale MASW/Re.Mi.; pertanto comprendendo quelle precedentemente eseguite e quelle effettuate nei territori comunali confinanti, si ottiene un n° complessivo di 75 siti di misura
- 51 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R., che considerando quelle precedentemente eseguite e quelle effettuate nei territori comunali confinanti equivalgono ad un complessivo di 80 siti di misura

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale; le prospezioni geofisiche hanno coperto quest'ultimo secondo una maglia sub quadrata – rettangolare con lati di 400 ÷ 600 m nell'area del capoluogo, zona industriale e delle principali frazioni, con interassi di 900 ÷ 1000 ÷ 1300 ÷ 1500/2000 m nelle zone extraurbane.

7.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

La campagna di prospezioni geofisiche ha permesso di determinare le caratteristiche dinamiche dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato, di previsto sviluppo, frazioni, aree a case sparse, del territorio di Correggio.

A tale finalità sono state utilizzate:

- 80 Verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori (HVSR)

Nel contesto delle indagini effettuate, relativamente alle analisi di approfondimento di primo livello, sono risultate significativamente efficienti le verticali con acquisizione di microtremori con stazione singola: HVSR. I dati ottenuti dalle elaborazioni di tali indagini consentono infatti di definire le modalità di vibrazione del terreno ed individuare sia la frequenza di risonanza (F_0) che l'ampiezza (A) dei rapporti spettrali in corrispondenza delle frequenze.

Considerando che sussiste una correlazione diretta (anche se non lineare) tra i fenomeni di "risonanza" e l'amplificazione del moto del suolo in concomitanza di sollecitazione sismica (effetti di sito), 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
$0,5 < F_0 \leq 0,8$	$1,5 < A < 2,0$
$F_0 = 0,8 \leq 1$	$2,0 \leq A < 3,0$
	$A \geq 3,0$

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 e sviluppare alcune considerazioni qualitative sull'area oggetto di studio.

I valori delle frequenze principali sono inferiori a 1 Hz ed indicano, in accordo con quanto evidenziato dalle sezioni geologiche, spessori dei depositi soggetti ad amplificazione maggiori di 100 m.

La netta prevalenza dei valori che caratterizzano il territorio appartiene al campo $f_0 = 0.5/0.6 \div 0.8$ Hz ($T = 2.0/1.6 \div 1.25$ sec) fanno eccezione areali di limitata estensione contraddistinti da valori $0.8 \div 0.9$ Hz ($T_0: 1.25 \div 1.1$ sec) nella zona di territorio compresa tra Fosdondo – Canolo – S.Michele della Fossa, che descrivono una fascia allungata in direttrice sud est – nord ovest, assecondante l'andamento del confine orientale dell'area comunale, e che indicano un allineamento correlabile con gli equivalenti valori ad ovest di Canolo Castello (0.9 Hz); altri settori con analoghi valori maggiori si osservano nell'area tra V.le Varsavia – Via Quattro Novembre – via Saltini – via Don Manzoni (0.9 Hz), sP. Correggio – Rio Saliceto zona sede Protezione Civile / magazzini Carboni (0.88 Hz), nel settore Centrale orientale: Cimitero di S. Biagio (0.85 Hz).

Le frequenze relative minori comprese tra $f_0 = 0.5 \div 0.65$ Hz (periodi: $2 \div 1.54$ sec.), si osservano in una fascia estesa ovest – est da Prato a Ml.no di Gazzata. Analoghi valori di

minimo contraddistinguono l'area centro occidentale tra Fazzano – Zona Produttiva di via Modena - Budrio. Tali frequenze, nei settori immediatamente a nord est del capoluogo, si estendono in direzione est da Quartiere Giardino a San Martino Piccolo e caratterizzano inoltre la fascia orientale della Zona Industriale sino al confine con Carpi.

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

Gli elementi nel sottosuolo delle zone di pianura che influenzano il moto in superficie sono rappresentati da depositi a comportamento relativo più rigido quali le unità o corpi prevalentemente sabbiosi più o meno lentiformi nei primi 10 ÷ 15/20 m del sottosuolo e la profondità del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.

Tetto sabbie

La carta del tetto delle sabbie, ottenuta dall'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT - CPTU, stratigrafie di sondaggi meccanici, dei pronunciati contrasti di impedenza nei primi 5 ÷ 20 m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali Re.Mi - MASW/Re.Mi. eseguite, evidenzia la profondità in m rispetto al piano campagna delle litozone nelle quali le componenti sabbiose sono significativamente prevalenti.

L'assetto del tetto delle sabbie denota geometrie sostanzialmente nastriformi tendenzialmente allungate in senso sud nord ed assetto lentiforme; l'isobata che delimita la zona indica la terminazione laterale del corpo sabbioso e relativa profondità. La distribuzione areale dei corpi sabbiosi sostanzialmente concorda con la presenza delle fasce di canale fluviale estinto (paleoalvei) individuate mediante l'analisi geomorfologica.

L'assetto spaziale nel sottosuolo del tetto delle sabbie evidenzia che i corpi di maggior estensione e spessore sono rappresentati dalla fascia estesa sud ovest nord est, larga di 0.25 ÷ 0.6 km, con andamento sub parallelo alla sP n°468 di Correggio da Budrio – Ponte di Marina – Capoluogo – S. Martino Piccolo – Mandrio, dalla zona nastriforme larga 0.2 ÷ 0.5 km con analogo orientamento presente al bordo orientale del territorio comunale da Prato a S.Biagio – Zona Industriale, la fascia allungata sud nord larga 0.3 ÷ 0.6 da Lemizzone a Fazzano – S. Bartolomeo allungata secondo via Nuova Lemizzone, la fascia sud nord larga 0.15 ÷ 0.3 km da Fosdondo a Canolo a confine comunale nord asseccante la sP. Campagnola – S. Michele F.sa, la zona nastriforme orientata ovest est larga 0.3 ÷ 0.5 km da S. Michele della Fossa a Fosdondo a Fornace – S. Caterina.

Altre significative unità con presenza di alternanze lentiformi sabbiose – sabbioso limose si osservano nella zona meridionale tra Ponte dell'Agrato e C. Montanari – C. Cornacchia, nel settore orientale nella Zona Industriale, nell'area settentrionale tra Trinacria – Ponte dei Lupi – Merlina, da Villa Mandriolo a C. Silvestri – C. Camilla, tra Ca. Vecchia – Mandrio – Casino Schiatti.

Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico like

L'individuazione delle profondità dal piano campagna e l'assetto spaziale, dell'unità litotecnica che localmente indica comportamento rigido, assimilabile al bedrock sismico, 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 200 – 250/300 m del sottosuolo, determinate in base ai dati delle Vs ottenuti dalle prospezioni Linear Array: Re.Mi/MASW.

In riferimento a tali dati mediante la relazione:

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

si è stimata la profondità dal piano campagna alla quale sono rinvenibili gli orizzonti litotecnici assimilabili al bedrock sismico.

L'andamento spaziale denota in generale la tendenza ad assecondare l'assetto del substrato prepliocenico, evidenziando le profondità relative del bed rock like minori: -120 ÷ -130 m pc, nella fascia occidentale centrale – centrale – settentrionale occidentale. D'altra parte, il bed rock sismico si approfondisce in direzione delle zone meridionali – meridionali orientali dove il substrato a comportamento rigido si attesta a -160 ÷ -170 m pc in accordo con l'approfondimento in tale zona del tetto del pliocene e del substrato prepliocenico.

Fa in parte eccezione a quanto esposto la zona settentrionale centrale tra Mandriolo e S. Lodovico, dove la profondità dell'unità litotecnica a comportamento rigido si rinviene a -170 m pc; in tale area la carta della base del pleistocene identifica la presenza di intersezioni tra linee di sovrascorrimento.

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

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. Delle Regioni e PA, DGR.ER 1302/2012, e DAL 112/2007, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica. Per dette aree sono stati definiti gli approfondimenti di indagine ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento da effettuarsi in funzione delle condizioni di pericolosità sismica che ad esse compete.

Nell'individuazione e delimitazione 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 nell' area correggese e quelle effettuate nei territori dei comuni confinanti, 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 2009 di Correggio, banca dati del U.T. del Comune di Correggio.

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

7.4.1 Definizione successioni a comportamento sismico equivalente

L'individuazione delle sequenze litotecniche - sismiche delle aree a comportamento equivalente in occasione di sollecitazioni sismiche, 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 Correggio precedentemente effettuato: (Tav.G.11, 2009).

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-b1, c. In queste ultime sono state distinte le successioni nelle quali sono presenti nei primi 5 - 15 - 20 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi moderatamente addensati con $V_s < 200$ m/sec, con spessori compresi tra 2 e 4/5 m, potenzialmente soggetti a suscettività alla liquefazione: aree a LQ.

Nelle condizioni in cui nelle successioni litologiche prevalentemente limose – argilloso limose sono presenti intercalazioni di strati sabbioso limosi – limoso sabbiosi, ad assetto prevalentemente lentiforme con spessori inferiori ad 1 m e che nell'insieme dei primi 15 m pc. sono inferiori a 2.5 m, contraddistinti da $V_s < 150/170$ m/sec nei primi 7 m pc, si è considerato che gli effetti siano correlabili ad addensamenti differenziati e/o a potenziali ad addensamenti di sottili strati sabbioso limosi, ai quali conseguono cedimenti differenziali: aree b. Le successioni prevalentemente argilloso limose e limoso argillose, nei primi 6-8 m del sottosuolo, contenenti livelli sabbiosi lentiformi con spessore inferiore a 0.6 m, contraddistinte valori di insieme di resistenza alla punta al penetrometro statico corrispondenti a $q_c < 7$ kgf/cm² e valori di velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio equivalenti a $V_s < 140$ m/sec, rappresentano aree nelle quali sono attesi cedimenti differenziali: aree b1.

Condizioni nelle quali si sono riscontrate presenza di sequenze prevalentemente sabbioso limose – sabbie poco addensate ($q_c < 8 \div 10/16$ kgf/cmq) con intercalate alternanze limose – limoso argillose poco consistenti ($q_c < 7$ kgf/cmq), $V_s < 150/200$ m/sec, gli effetti conseguenti allo scuotimento sismico sono correlabili a potenziale suscettività alla liquefazione e cedimenti differenziali: aree c, sovrapposizione di instabilità differenti.

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 $5 \div 15 \div 20$ m del sottosuolo presentano spessori superiori a $2 \div 5$ m, potenzialmente suscettibili a rischio di liquefazione ($Z_{A_{LQ1}}$); le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori inferiori ad 1 m, moderatamente addensati, suscettibili a cedimenti differenziali (Zona B); le successioni argilloso limose – limoso argillose poco consistenti nei primi $5 \div 8$ m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle $V_s < 130 \div 150$ m/sec, suscettibili a cedimenti differenziali (Zona B1); le sequenze prevalentemente sabbioso limose poco addensate nei primi $6 \div 8$ 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 ($q_c \leq 7$ kgf/cmq) (Zona C).

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

Zona 1

Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
ML	Limi argillosi - limi	Consistente	120/140
CL	Argille limose	23	
SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensate	12
ML	Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	24
SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensate	12
ML	Limi argillosi - limi	Moderatamente consistente	150/190
CL	Argille limose	24	
CL	Argille limose	Moderatamente consistente	180/200
SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensate	
SP	Sabbie pulite	Addensate	11
CL	Argille	Consistente	250/290
SP	Sabbie pulite	Addensate	
CL	Argille limose	Moderatamente consistente	280/300
SM	Sabbie - sabbie limose	Poco addensate	
CL	Argille limose		24
			300/380

ZONA 1 – Aree stabili con presenza di sequenze limose – limoso argillose – limoso sabbioso argillose, moderatamente consistenti (ML/CL - 24), contenenti sottili corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori 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/ZA_{LQ1}

Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
CL ML	Argille limose - limi argillosi	Moderatamente consistente	24
ML	Limati - limi argillosi	Moderatamente consistente	24
SM	Sabbie Sabbie limose	Moderatamente addensato	12
ML	Limati - limi argillosi	Moderatamente consistente	24
SM ML	Limati - limi argillosi	Poco consistente	25
SM	Sabbie - e sabbie limose	Moderatamente addensato	12
SM CL	Sabbie - e sabbie limose	Moderatamente addensato	12
CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
SM	Sabbie - e sabbie limose	Poco addensato	13
CL	Argille limose	Consistente	23
SP	Sabbie pulite	Adensato	11
CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
SP	Sabbie pulite	Moderatamente addensato	12
CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24

ZONA 2/ZA_{LQ1} – Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di canale fluviale prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi, in strati con spessori tra 2 e 4/5 m, moderatamente addensati (SM - 12) 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 suscettività alla liquefazione;

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

Zona 3

Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
ML	limi argillosi - limi	Moderatamente consistente	24
OL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
ML	limi argillosi	Moderatamente consistente	24
SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
ML	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
ML	Argille	Consistente	23
ML	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
ML	Argille	Moderatamente consistente	24
SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
SP	Sabbie pure	Addensato	11
OL	Argille	Moderatamente consistente	24
SP	Sabbie pure	Addensato	11
ML	limi - limi argillosi	Moderatamente addensato	24

ZONA 3: Aree stabili con presenza di sequenze prevalentemente argilloso limose - argillose, moderatamente consistenti (CL - 24), sino a -5/-6 m p.c., 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.

Zona 4

Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec	
CH	Argille	Consistente	23	110/120
CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24	
SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensate	13	200/230
SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensate	24	
SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensate	13	
SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensate	24	
SM	Sabbie limose - sabbie	Consistente	23	230/250
SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensate	13	
CL	Argille		23	
SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensate	12	
SM	Sabbie limose - sabbie	Consistente	23	
SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensate	12	
ML	Argille limose	Moderatamente consistente	24	250/320/380
ML	Lini argillosi		24	
SP	Sabbie pulite	Addensate	11	
SM	Sabbie limose	Poco addensate	13	
CL	Argille	Moderatamente consistente	24	

ZONA 4: Argille – argille limose, moderatamente consistenti (CH/CL - 24), sino a -4/-5 m pcp, con intercalati subordinati corpi lentiformi limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24) e sabbioso limosi 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

Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec	
0-2	Argille limose Limi argillosi - limi	Moderatamente consistente	24	130/140
2-4	Sabbie limose - limi argillosi	Moderatamente addensato Poco consistente	12 25	
4-6	Limi argillosi Sabbie - sabbie limose	Poco consistente Poco addensato - addensato	25 13	140/170
6-8	Sabbie - sabbie limose	Poco addensato	25 13	
8-10	Argille limose	Poco consistente	25	180/240
10-12	Sabbie - sabbie limose Limi argillosi Argille limose	Moderatamente addensato Moderatamente consistente	12 24	
12-14	Sabbie - sabbie limose	Poco addensato	13	
14-16	Argille limose	Moderatamente consistente	24	
16-18	Sabbie - sabbie limose	Poco addensato	13	220/270
18-20	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12	
20-22	Argille limose	Moderatamente consistente	24	260/300
22-24	Argille limose	Moderatamente consistente	24	
24-26	Argille limose	Moderatamente consistente	24	300/350
26-28	Argille limose	Moderatamente consistente	24	
28-30	Sabbie pulite	Addensato	11	
30-32	Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	24	300/350
32-34	Sabbie pulite	Addensato	11	
34-35	Sabbie pulite	Addensato	11	

ZONA B – Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di piana alluvionale prevalentemente limosi – limoso argilloso sabbiosi, poco consistenti (CL/ML – 24/25) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi di modesto spessore: <1 m, da moderatamente addensati a poco addensati (SM – 13/12);

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali

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

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

Zona B1

Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
ML	Limi - limi argillosi	Poco consistente	25
ML	Argille limose	Poco consistente	25
SM	Sabbie limose - limo argillosi	Poco addensato	13
ML	Limi - limi argillosi	Poco consistente	25
SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensato	13
CL	Argille limose	Poco consistente	25
ML	Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	24
CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
ML	Limi - limi argillosi	Moderatamente addensato	24
SM	Sabbie limose	Poco addensato	13
CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
ML	Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	24

ZONA B1 : Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi argilloso limosi e limoso argillosi poco consistenti (CL/ML – 24/25) con intercalati subordinati corpi lentiformi sabbioso limosi – limoso sabbiosi con modesto spessore: <0.6 m, da moderatamente a poco addensati (SM – 12/13) nei primi 12 ÷ 13 m dal piano campagna.

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

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

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

Zona C

Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
ML	Limi - Limi argillosi	Moderatamente consistente	24
ML	Limi - limi argillosi	Poco consistente	25
SM	Sabbie - sabbie limose	Poco addensato	13
ML	Limi - Limi argillosi	Poco consistente	25
SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
ML	Limi - Limi argillosi	Poco consistente	25
SM	Sabbie limose	Moderatamente addensato	12
SM	Sabbie	Addensato	11
ML	Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	24
CL	Argille limose	Consistente	23
SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
SP	Sabbie pulite poco assortite	Addensato	11
CL	Argille limose	Consistente	23
SP	Sabbie pulite	Addensato	11

ZONA C – Aree suscettibili di sovrapposizione di instabilità differenti: aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di canale fluviale e/o piana alluvionale prevalentemente sabbioso limosi - sabbiosi poco addensati (SM - 13) e limi – limi argillosi, poco consistenti (ML/CL – 24/25) con Vs < 160 m/sec nei primi 7/8 m pc;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziali cedimenti differenziali di terreni poco consistenti e densificazione/liquefazione di 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 e valutazione della suscettività alla liquefazione.

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

8 SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

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

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, sviluppata con codice di calcolo Proshake, le elaborazioni individuano gli approfondimenti di terzo livello, integrativi, da effettuarsi, specificando le disamine da sviluppare.

8.1 Carta delle nuove indagini

Detto elaborato visualizza esclusivamente l'ubicazione delle nuove verticali di indagine geofisica: Re.Mi - MASW/Re.Mi. - HVSR, eseguite 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 i siti delle verticali di indagine effettuate nel territorio per l'individuazione dei fattori di amplificazione e caratteristiche geotecniche che competono alle varie aree esaminate.

8.2 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 bed rock sismico tende generalmente ad approfondirsi in direzione meridionale – meridionale orientale.

L'assetto del substrato a comportamento rigido (bed rock light) asseconda quello del substrato pliocenico e prepliocenico, evidenziando le profondità relative minori nella parte di territorio occidentale tra lo Scolo Bondeno – via Mandrio Fosdondo – via Felicità e la sP. n°47 - Strada Beviera, dove è mediamente rinvenibile a $-120 \div -130$ m pc; equivalenti profondità medie: -130 m pc, caratterizzano il settore centrale a cui appartiene il capoluogo, la fascia occidentale settentrionale ad ovest del Canale di Correggio, la parte al confine orientale tra quest'ultimo e l'allineamento Zona Industriale – C. Cavazzoni – Mandrio – C. Bartoli. Procedendo in direzione meridionale – meridionale orientale, zone a sud di via Ronchi San Prospero – via San Prospero, il tetto del bed rock sismico light 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 al generale assetto a minore profondità delle zone settentrionali l'area compresa tra San Lodovico – Mandrio – Villa Mandriolo dove l'unità litotecnica a comportamento rigido si rinviene a $-160 \div -170$ m pc. Tale condizione è con tutta probabilità correlabile alla presenza di intersezioni di linee di sovrascorrimento e/o faglia del substrato prepliocenico.

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 bed rock sismico, indica che tale orizzonte, nelle zone occidentali del territorio comunale, è correlabile alla base del complesso A2, analoga correlabilità si riscontra anche nelle aree centrali e 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 occidentali 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 meridionali – meridionali orientali nelle quali il substrato si approfondisce a $3.5 \div 4.5$ 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; detta caratteristica unitamente ad una prevalente presenza delle sequenze argilloso limose, è attribuibile al maggior tasso di subsidenza di tali depositi.

8.3 Carta delle velocità delle onde di taglio V_s

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

Le elaborazioni delle acquisizioni hanno evidenziato valori oscillanti tra un massimo di 290 m/sec ed un minimo di 190 m/sec.

I valori maggiori si riscontrano nelle zone settentrionali occidentali del territorio comunale, in corrispondenza di Canolo, e settore centro orientale del capoluogo, con valori che sono compresi tra $V_{s_{30}} 240 \div 290$ m/s. Simili valori relativi elevati, leggermente inferiori, si riscontrano nella fascia allungata sud nord nel settore Espansione sud – Stabilimenti Carboni, nell'area estesa ovest est assecondante l'andamento di V.le Saltini, che definiscono zone contraddistinte da $V_{s_{30}} = 240 \div 250$ m/sec.

Nella rimanente parte del territorio, che rappresenta la prevalente percentuale della superficie, i valori sono generalmente compresi tra $V_{s_{30}} = 200 \div 240$ m/s.

Fanno in parte eccezione due areali di limitata estensione con minimi di $V_s = 200$ m/sec a meridione tra il Cavo Argine e la nuova tangenziale sud e nella fascia con andamento sub parallelo via Felicità/via Fornacelle, tra via Fosdondo e Canolo di Mezzo.

8.4 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica

La microzonazione sismica di terzo livello di approfondimento 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 Correggio.

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 vigenti norme urbanistiche sono previste nella percentuale maggiore.

Detti fabbricati sono generalmente ascrivibili ai campi di seguito descritti:

-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 sotto trave 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.

8.5 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.

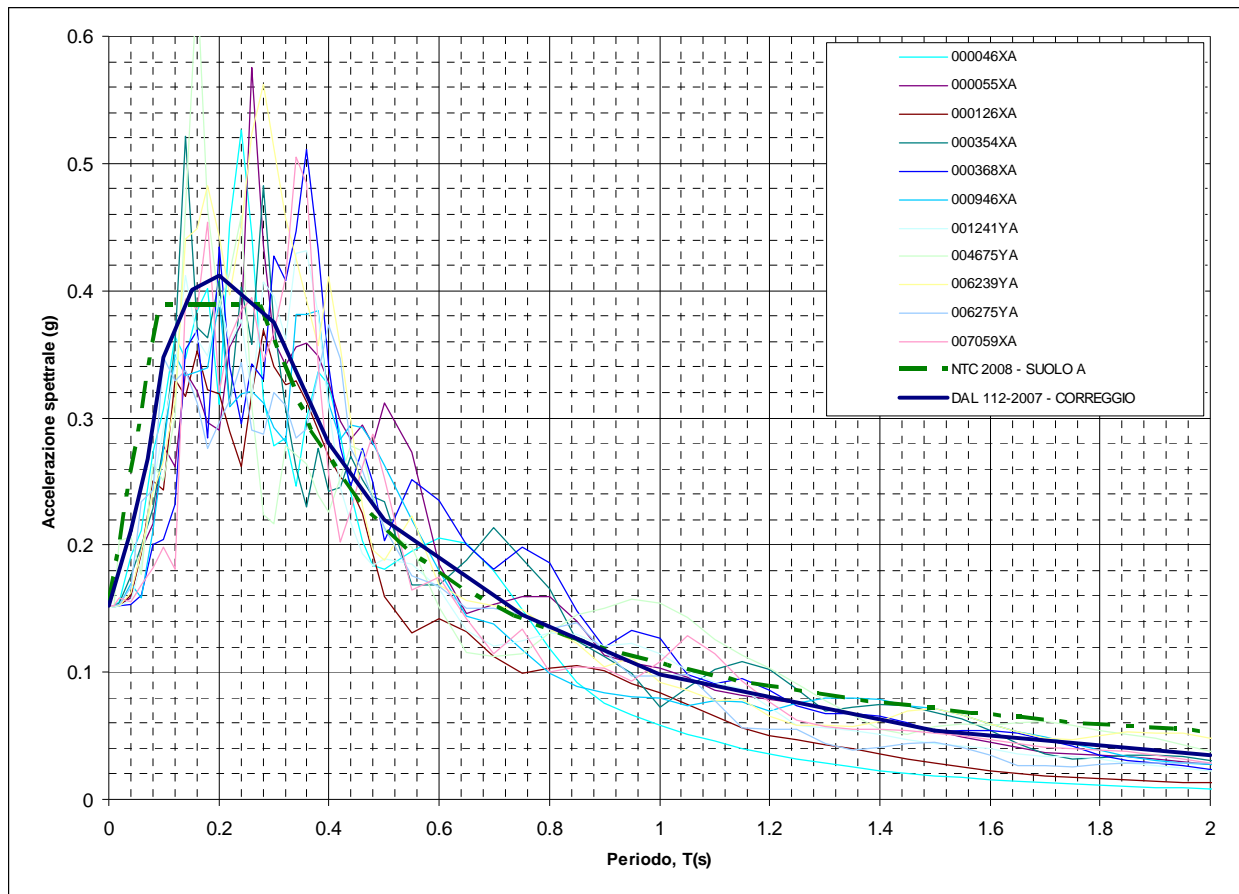
Tale schema prevede:

- *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 eseguita 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 databse" <http://www.isesd.hi.is/> (accelerogrammi 000946xa, 001241ya) e sei derivati dalla definizione di accelerogrammi di riferimento per l'argine destro del Po redatta da A. Marcellini, D. Albarello, D. Gerosa (accelerogrammi 000055xa, 000368xa, 004675ya, 006239ya, 006275ya, 007059xa) messi a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, per le analisi di microzonazione 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.

8.6 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, assumendo come parametri di decadimento quelli indicati da dati bibliografici per litotipi simili a quelli dei terreni di Correggio ed alle schede caratterizzazione geotecnica dello Allegato 1 delle Analisi di Microzonazione Sismica delle Aree Epicentrali dei Terremoti della Pianura Emiliana di Maggio –Giugno 2012, *L. Martelli e M. Romani R.E.R. 2013*.

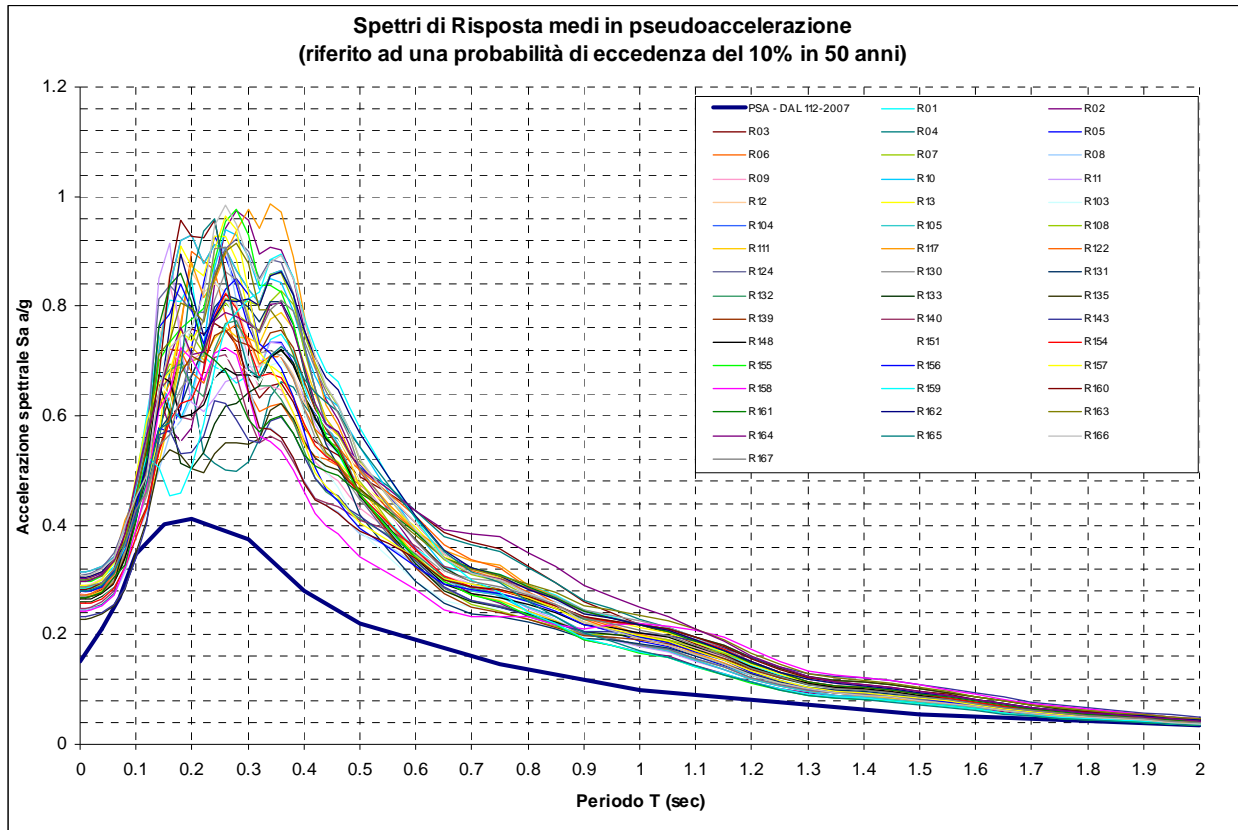
Il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni di scuotimento in superficie *Proshake* (*EduPro Civil System, Inc*) si basa quasi completamente sul modello di calcolo di *Shake 91* (*Idriss e Sun, 1992*)³, modificandone l'interfaccia di immissione dati per un più agevole utilizzo.

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..

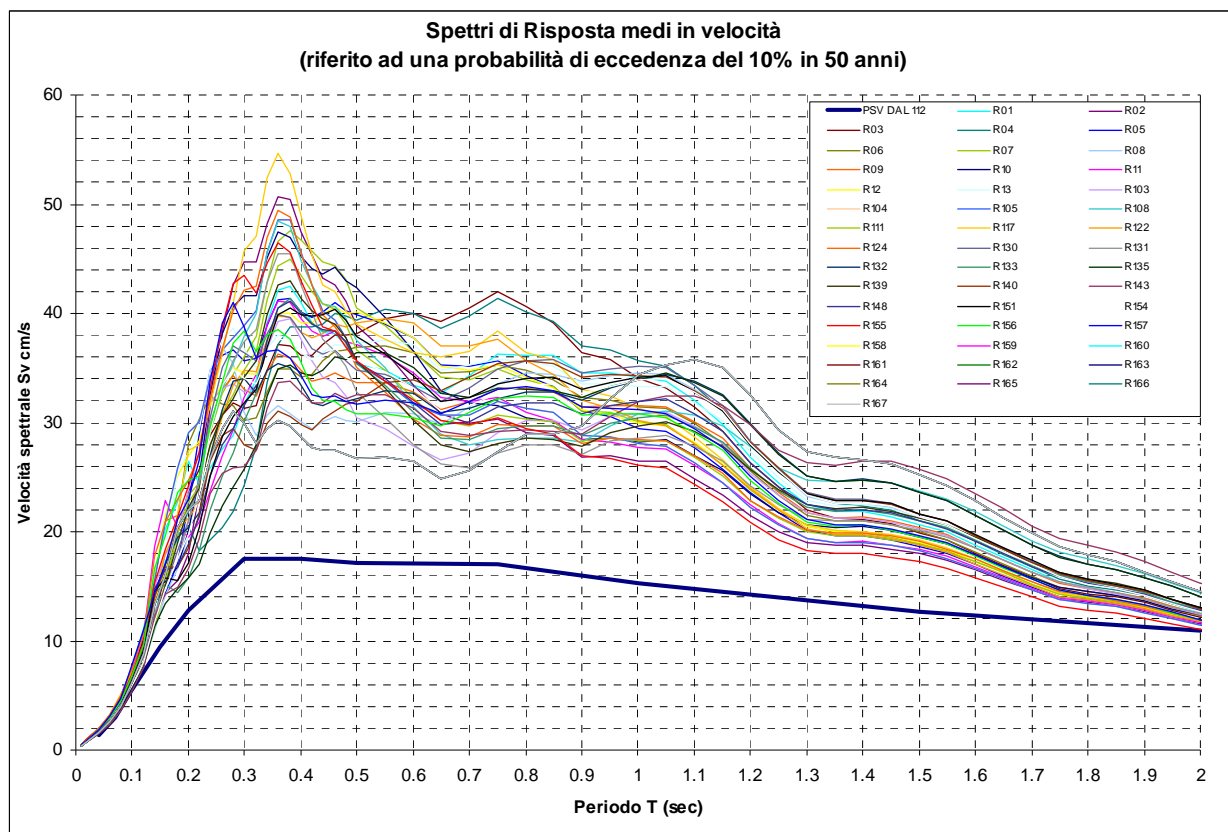
Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche, sono stati discretizzati i profili delle onde S, estrapolando i valori e le profondità sino al raggiungimento del bedrock sismico con V_s corrispondente a 700 m/sec.

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 0,4 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%).

8.7 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 in precedenza illustrati, è stata effettuata sia con la determinazione del rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) che mediante la determinazione dell'intensità di Housner⁴ (o intensità dello spettro di risposta) SI/SI_0 , 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 (considerato convenzionalmente = 5%).

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

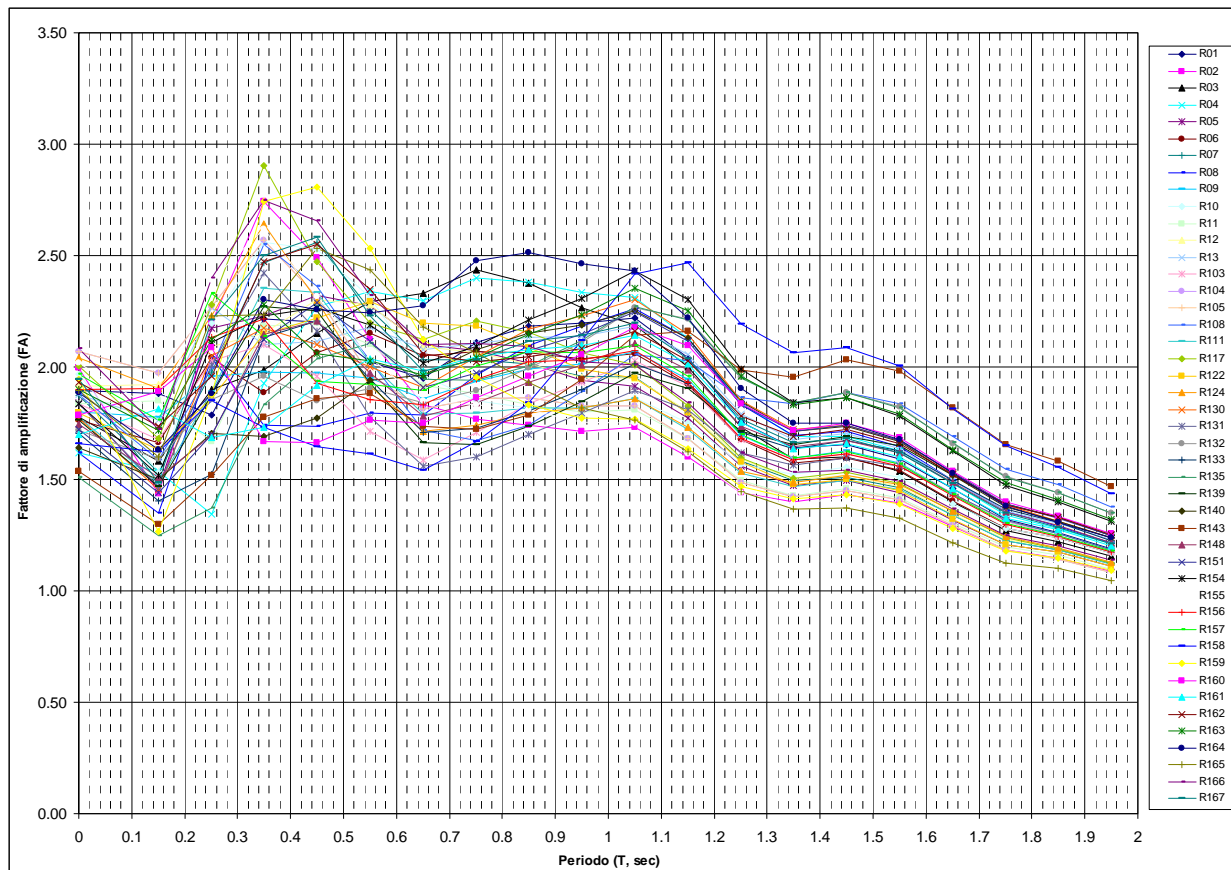
Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

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

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 considerando le tipologie strutturali prevalentemente presenti nel territorio di Correggio, 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 d'insieme dell'andamento dei fattori di amplificazione dell'intensità spettrale evidenzia le seguenti caratteristiche:

- I fattori di amplificazione presentano 2 massimi corrispondenti rispettivamente a $T=0,3 \div 0,5$ sec. con FA mediamente corrispondente a $2 \div 2,9$ e per $T= 1 \div 1,2$ sec. con FA pari ad $1,6 \div 2,4$.
- 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 ÷ 0,5 sec. e 0,5 ÷ 1,0 sec, con ulteriore suddivisione nelle classi 0,1 ÷ 0,3 sec; 0,3 ÷ 0,5 sec; 1.0 ÷ 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 – 1,5
R01	0,288	1,90	2,05	2,09	1,82	2,21	2,09	1,64
R02	0,303	2,00	2,33	1,84	1,91	2,62	1,84	1,39
R03	0,270	1,78	1,95	2,34	1,78	2,07	2,34	1,60
R04	0,246	1,62	1,82	2,35	1,41	2,10	2,35	1,69
R05	0,280	1,84	2,12	2,09	1,90	2,28	2,09	1,47
R06	0,268	1,77	1,94	2,08	1,90	1,98	2,08	1,57
R07	0,285	1,87	2,22	2,06	1,81	2,51	2,06	1,49
R08	0,246	1,62	1,76	1,96	1,78	1,74	1,96	1,69
R09	0,274	1,80	1,94	1,95	1,89	1,98	1,95	1,59
R10	0,299	1,97	2,30	1,96	1,95	2,55	1,96	1,50
R11	0,279	1,84	2,00	1,91	1,74	2,19	1,91	1,42
R12	0,291	1,92	2,15	2,08	2,03	2,23	2,08	1,50
R13	0,285	1,88	2,10	2,13	2,08	2,11	2,13	1,67
R103	0,279	1,84	1,98	1,75	1,90	2,03	1,75	1,58
R104	0,315	2,07	2,33	1,87	2,16	2,44	1,87	1,42
R105	0,263	1,73	1,91	1,70	1,65	2,09	1,70	1,49
R108	0,286	1,88	2,20	1,81	1,84	2,46	1,81	1,78
R111	0,270	1,78	2,09	1,85	1,74	2,35	1,85	1,46
R117	0,305	2,01	2,43	2,15	2,06	2,69	2,15	1,51
R122	0,273	1,80	2,02	2,16	1,77	2,19	2,16	1,48
R124	0,310	1,92	2,32	1,80	2,11	2,47	1,80	1,47
R130	0,270	1,77	2,01	2,07	1,82	2,14	2,07	1,72
R131	0,279	1,84	2,09	1,68	1,80	2,29	1,68	1,54
R132	0,261	1,72	1,84	1,95	1,75	1,91	1,95	1,82
R133	0,259	1,71	1,88	1,82	1,47	2,17	1,82	1,62
R135	0,229	1,51	1,68	2,02	1,32	1,94	2,02	1,82
R139	0,268	1,76	2,04	1,77	1,72	2,26	1,77	1,63
R140	0,249	1,64	1,69	2,06	1,63	1,73	2,06	1,71
R143	0,233	1,54	1,66	1,81	1,43	1,82	1,81	1,90
R148	0,265	1,74	1,95	1,91	1,63	2,18	1,91	1,64
R151	0,262	1,72	1,96	2,04	1,60	2,21	2,04	1,71
R154	0,257	1,84	2,10	2,16	1,89	2,25	2,16	1,84
R155	0,297	2,02	2,34	1,86	2,17	2,47	1,86	1,38
R156	0,280	1,90	2,06	1,94	2,05	2,07	1,94	1,58
R157	0,290	1,97	2,07	1,99	2,12	2,04	1,99	1,60
R158	0,244	1,66	1,72	1,75	1,76	1,69	1,75	2,00
R159	0,286	1,95	2,31	2,05	1,65	2,78	2,05	1,40
R160	0,282	1,79	1,81	1,88	2,01	1,67	1,88	1,71
R161	0,269	1,70	1,79	2,05	1,73	1,82	2,05	1,63
R162	0,305	1,93	2,25	2,12	1,88	2,51	2,12	1,68
R163	0,300	1,90	2,09	2,08	1,97	2,17	2,08	1,82
R164	0,299	1,89	2,08	2,39	1,79	2,28	2,39	1,75
R165	0,281	1,90	2,22	2,09	1,99	2,39	2,09	1,36
R166	0,309	2,09	2,47	2,13	2,14	2,70	2,13	1,52
R167	0,288	1,95	2,29	2,10	1,94	2,54	2,10	1,66

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.

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

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA₀, elaborata in base ai punti di indagine eseguiti nel territorio comunale ed a quelli effettuati in prossimità dei confini con i comuni adiacenti, è stata sviluppata per gli areali sede del capoluogo e delle principali zone urbanizzate e di prevista urbanizzazione, visualizzati negli sviluppi, evidenzia i valori massimi, compresi tra 2.0 - 2.1, contraddistinguono le zone settentrionali del territorio comunale, nord di V.le Saltini - sS 468 ad est di Cavo Argine, la fascia al confine occidentale tra Canolo di Mezzo - C. Munara - C. Ferrari - Boncinella - Budrio, il settore occidentale centro meridionale tra Budrio - Case Nuove - Fazzano - C.no Tirelli - rotatoria nuova tangenziale sud/sP 29.

Valori medio elevati di FA PGA corrispondenti a 1,9 caratterizzano la parte meridionale della superficie comunale a sud di via Imbreto.

Le zone dove i valori dell'amplificazione sono relativamente inferiori Fa.PGA = 1.7/1.8, costituiscono la fascia centrale estesa ovest est da Fosdondo al centro storico capoluogo alla Zona Industriale; tale area è delimitata a nord dall'allineamento Canolo di Mezzo - incrocio sP. 47 / sS. 468 ed a sud della linea Budrio - Case Nuove; successivamente a quest'ultima la zona in oggetto si estende in direzione est verso S. Biagio costituendo la fascia orientale centrale dell'area comunale.

I minimi con FA.PGA = 1.5/1.6 caratterizzano la parte centro orientale della zona Industriale: aree a sud di via del Progresso e ad est di via Oratorio, la parte centrale settentrionale di Fosdondo tra via Felicità e Via Fosdondo.

La distribuzione territoriale dei valori di FA PGA non indica un evidente correlabilità con l'assetto del substrato preplioceno, come denotano i valori relativi inferiori FA. PGA 1,6 ÷ 1,8 che caratterizzano la fascia centrale estesa ovest - est da Fosdondo al capoluogo sud a zona industriale, nella quale il substrato si attesta a -2500 ÷ -3000 m pc ad occidente e procedendo ad est si approfondisce, con discreta regolarità, a -4000 ÷ -4500 m pc.

Si osserva una tendenziale corrispondenza tra i valori medio elevati: FA PGA = 1,9 con l'approfondimento del substrato nel settore meridionale del territorio comunale, zone a sud di via Imbreto, dove si attesta a -4000 ÷ -5000 m pc.

Possibili correlazioni tra i valori relativi maggiori FA.PGA = 2 - 2,1, sono osservabili nella fascia estesa ovest sud ovest - est nord est da S. Michele della Fossa a Canolo - S. Lodovico - sud di Rio Saliceto capoluogo, nel sottosuolo della quale è individuata una presenza relativa maggiore di linee di sovrascorrimento ed intersezioni sia tra le stesse che con faglie.

8.9 Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner

In funzione delle tipologie edilizie prevalentemente presenti nel territorio comunale sono state elaborate, per gli sviluppi visualizzati nelle Tav. 3.1-.2-.3-.4-.5-.6, 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 $5 \div 6$ piani, contraddistinti prevalentemente dai periodi $0,3 < T < 0,5$ sec.

Dette suddivisioni di campi di periodo principale e relative delimitazioni delle aree che a loro competono, assumono particolare significato nel contesto delle previsioni di sviluppo urbanistico poiché consentono di indirizzare le scelte per la destinazione residenziale dove i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo $0,1 < T < 0,3$ 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 privilegiare le destinazioni di parti del territorio ad uso produttivo.

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

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.

8.10 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, relativi agli sviluppi visualizzati nelle Tav. 3.4, indica andamento tendenzialmente concordante con quello dei valori relativi inferiori di FA.PGA rilevabili nel settore occidentale centrale: all'intorno di Fosdondo, nella zona orientale centro settentrionale: Zona industriale ed area al confine orientale centrale tra Botte di Sopra – S. Biagio – C. Vecchi, nelle quali FA.IS = 1.4/1.6/1.7.

Simile condizione denotano i valori relativi maggiori presenti nella fascia settentrionale estesa ovest est da S. Michele a Canolo Castello – confine Correggio – Rio Saliceto, dove FA.IS = 2.1 - 2.2; tale zona in corrispondenza di Ponte dei Lupi di allunga in direzione sud verso Villa Mandriolo – Quartiere Giardino e da qui si estende ad est verso S. Martino Piccolo. Comparabili condizioni di parametri più elevati – contraddistinguono la fascia al confine meridionale occidentale tra La Corte – Pd.re dell'Agrato – incrocio A1/via Calvetto.

Nella rimanente parte del territorio, percentuale di area con estensione prevalente, i valori di FA.IS sono generalmente compresi tra 1.8 e 1.9.

La distribuzione areale dei valori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec. indica correlabilità dei parametri maggiori nella fascia settentrionale estesa ovest sud ovest – est nord est da San Michele a Canolo – S. Lodovico-Confine Correggio/Rio Saliceto, nel sottosuolo della quale sono presenti più linee di sovrascorrimento e di intersezioni tra le stesse e faglie che scompongono il tetto del substrato preplioceno.

8.11 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, relativa agli sviluppi visualizzati nelle Tav. 3.5, denota andamento tendenzialmente concordante con quello dei valori di FA. PGA, evidenziando valori di amplificazione relativi inferiori nella fascia centrale estesa ovest – est da Fosdondo a capoluogo sud a zona industriale nella quale FA.IS = 1,8 – 2,1.

Analoga correlabilità si riscontra per i valori relativi maggiori, FA.IS = 2,3 – 2,5, che caratterizzano il settore occidentale centrale e che prosegue nella fascia a direzione est nord est da S. Michele della Fossa a Canolo a Rio Saliceto sud/Mandrio/S. Martino Piccolo.

In tale area si riscontrano i valori massimi tra Ponte Beviera/Pd.re Basa Grande - Canolo Castello di sopra, con FA.IS. = 2.5 ÷ 2.6. Equivalenti caratteristiche presentano le aree tra Quartiere Giardino – San Martino Piccolo – via dell'Apicoltore – Trinacria – sP. Correggio/Campagnola E. la zona circostante Fazzano ed aree di Ponte dell'Agrato e di Mulino di Gazzata, con Fa.IS = 2,3 – 2,5.

Simili condizioni si osservano nel settore centromeridionale tra Lemizzone – Fazzano – Casinetto - Budrio, dove i parametri dell'amplificazione sono compresi nell'intervallo FA.IS = 2,3/2,5.

Procedendo in direzione meridionale i valori dei fattori di amplificazione tendono a diminuire attestandosi mediamente ad FA.IS = 1.9 ÷ 2.0; simili condizioni contraddistinguono la fascia al confine sud occidentale tra La Corte – S. Sisto – Pd.re dell'Agrato – C. Prunello. I valori di minimo relativo si riscontrano in una ridotta area a sud del centro storico, nel settore meridionale della Zona Industriale e nella fascia al confine orientale centrale tra Botte di Sopra – Colombarone – S. Biagio – S. Chiara, nei quali FA.IS = 1.8 ÷ 1.7.

La distribuzione dei valori di FA.IS. nell'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec. evidenzia un tendenziale grado di correlabilità tra la presenza di sovrascorrimenti ed intersezioni tra gli stessi e faglie nel substrato prepliocenico nella fascia settentrionale tra S. Michele F.sa – Canolo – Rio Saliceto sud/Mandrio/San Martino Piccolo, contraddistinta da FA.IS = 2.5 /2.7; una simile condizione indica anche la tendenziale diminuzione dei valori di amplificazione procedendo in direzione orientale.

8.12 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, relativi agli sviluppi visualizzati nelle Tav. 3.2, evidenziano una distribuzione areale simile a quelli dell'FA.PGA nella fascia settentrionale orientata ovest sud ovest – est nord est da San Michele F.sa a Canolo – San Lodovico, contraddistinta da valori relativi maggiori: FA.IS. = 2.2/2.4/2.5; analoghi parametri si osservano nella zona allungata nord sud da Mandrio a S. Martino Piccolo – Quartiere Giardino – Villa Mandriolo: dove FA.IS = 2.3/2.4; simili condizioni con valori relativi più

elevati: FA.IS. = 2.1 ÷ 2.2 caratterizzano la fascia occidentale e sud occidentale: Pd.re Ronchi – Budrio – Fazzano - M.no di Gazzata – Cavo Tresinaro.

I valori relativi inferiori FA.IS. = 1.7/1.9, contraddistinguono la fascia centrale estesa ovest est da Fosdondo al capoluogo – Zona Industriale – San Biagio, ad eccezione della parte orientale del capoluogo aree ad est di via Fosse Ardeatine – Via Vela, nella quale FA.IS. = 2.0/2.1.

I minimi relativi si osservano nella Zona Industriale, nella fascia orientale tra Botte di Sopra e C. Vecchi, in un limitato areale a sud del centro storico, nelle quali FA.IS. = 1,8.

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 simili a quelli di FA.PGA ed a quelli relativi all'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec, ed indica la correlabilità tra l'assetto del tetto del *Pliocene* ed i valori relativi maggiori nelle aree settentrionali contraddistinte nel sottosuolo da sovrascorrimenti ed intersezioni tra gli stessi e faglie che coinvolgono il substrato prepliocenico.

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

I valori dei fattori di amplificazione maggiori FA.IS. = 2.3 ÷ 2.4, relativi agli sviluppi visualizzati nelle Tav. 3.3, si riscontrano nella zona occidentale centrale tra Via Fossa Ronchi – Fornace Fosdondo – Canolo di Mezzo – S. Michele F.sa – S. Martino; analoghi valori – caratterizzano le aree a meridione dell'Autostrada A1.

La rimanente parte del territorio, ad eccezione di alcuni areali, è generalmente caratterizzata da FA.IS. = 1.9 ÷ 2.1, con i valori maggiori: 2.1 ÷ 2.0 nella fascia settentrionale del territorio e quella sud occidentale da Budrio a Pd.re dell'Agrato che si orienta poi in direzione est ed est nord verso Gazzata – M.no Gazzata.

I valori minori equivalenti a FA.IS. = 1.7 ÷ 1.8 si riscontrano nell'area tra il capoluogo e la Zona Industriale ed in due areali, di limitata estensione, all'intorno di Ponte dei Lupi e zona sud est di Prato.

La distribuzione areale dei valori di FA.IS nell'intervallo $0.5 < T < 1.0$ sec, denota la corrispondenza tra l'andamento dell' amplificazione in diminuzione con il progressivo approfondimento del substrato prepliocenico in direzione orientale.

8.14 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $1.0 < T < 1.5$ sec

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione nell'intervallo $1.0 < T < 1.5$ sec, relativa agli sviluppi visualizzati nelle Tav. 3.6, caratterizza con i valori minori la fascia settentrionale del territorio comunale estesa ovest est: area a nord di via del Frullo, la zona a settentrione del capoluogo tra Via Circondaria – via dell'Astrologo – via S. Martino – Mandrio – confine nord – Trinacria – Ponte dei Lupi, il settore centro meridionale occidentale tra Budrio – Fazzano – Lemizzone – incrocio via Lunga/ via confine – sP. 468, nei quali

FA.IS. = 1.6. D'altra parte i massimi relativi equivalenti a FA.IS. = $1.9 \div 2$, caratterizzano l'areale circostante Fosdondo, il settore del capoluogo al quale appartiene il centro storico e la zona parco/pista sportiva, la fascia al confine orientale del territorio comunale da sud a nord.

La rimanente parte del territorio è generalmente contraddistinta da FA.IS. = $1.7 / 1.8$.

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione nell'intervallo $1.0 < T < 2.0$ sec, non denota evidenze di correlabilità tra valori di amplificazione e l'assetto e profondità del substrato prepliocenico.

9 CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI

Le documentazioni relative agli effetti conseguiti agli eventi sismici verificatesi in passato sono essenzialmente riconducibili ai terremoti del 1831/1832, 1986/87 e 1996, 2012.

Le informazioni degli effetti sono prevalentemente riferite all'area del capoluogo, nella quale sono localizzati gli edifici principali e pertanto l'analisi della distribuzione delle zone di territorio che hanno subito i maggiori risentimenti è sensibilmente influenzata da detto aspetto.

L'individuazione dei fabbricati che hanno subito i danni maggiori è stata effettuata congiuntamente con *Ing. Daniele Soncini LL.PP.UT. del Comune di Correggio, RE*.

Dalle documentazioni relative al periodo successivo alle scosse sismiche avvenute nel reggiano nel 1831/1832 rispettivamente con $M_w = 5,54 \pm 0,32$ ed $M_w = 5,53 \pm 0,18$, con epicentri che hanno indotto effetti maggiori nell'intorno di Campegine – Cadelbosco di Sotto e di Sopra, si evince che si sarebbero verificati anche parziali crolli di fabbricati o gravi danneggiamenti degli stessi. Tali danni si sarebbero verificati, con tutta probabilità, anche nell'area sede di Correggio capoluogo come si evince dal confronto tra la cartografia della pianta della Città di Correggio al 1816 e la pianta databile al 1880.

Detti documenti evidenziano nel 1880 l'assenza della parte di corpo di fabbrica dell'ala nord ovest del complesso edilizio: Convento di S. Domenico (attuale sede del Convitto Nazionali Rinaldo Corso) che risultava presente al 1816; oltre a quanto esposto nel campanile di tale complesso è assente la cuspide; altri danni documentati sono il crollo del campanile della Chiesa di S. Maria, ricostruita nel 1840/42, ed il danneggiamento molto grave di una volta della Chiesa di San Quirino ricostruita nel 1832.

Concorrono inoltre a confermare importanti risentimenti degli edifici esistenti all'epoca le informazioni contenute negli archivi storici locali nei quali sono documentati, negli anni immediatamente successivi al 1831/32; diffusi interventi di ristrutturazione dei principali fabbricati esistenti (analisi delle documentazioni redatta da *Arch. Pietro Losi, Ing. Corrado Prandi*).

L'evento sismico del 1986/87 con $M_w = 4,74 \pm 0,09$ non ha causato sensibili danni al patrimonio edilizio esistente.

Gli effetti conseguiti alle scosse del 1996 con $M_w = 5,41 \pm 0,09$ hanno prodotto ingenti danni sul patrimonio edilizio esistente e, ad eccezione del grave danneggiamento e parziale crollo di un fabbricato in costruzione e sua successiva demolizione, non hanno causato crolli;

si sono verificate diffuse cadute di comignoli e tegole che hanno reso da molto difficoltosa a impraticabile la viabilità del capoluogo. In occasione di tale evento non sono stati segnalati/rilevati fenomeni di liquefazione e/o di accentuati cedimenti post sismici, evidenziando che gli effetti conseguiti sono correlabili ad amplificazione per effetti della stratigrafia.

La distribuzione dei danni ha diffusamente interessato l'area sede del capoluogo con un tendenziale sviluppo dei danni maggiori secondo una fascia ellissoidica orientata ovest est dal cimitero monumentale al capoluogo a Fosdondo – S. Michele della Fossa; nell'area sede del capoluogo è inoltre identificabile una fascia di maggior risentimento estesa in direzione sud ovest – nord est circa allungata da C.no Rovighi a incrocio V.le Risorgimento/V.le dei Mille - incrocio Via Filatoio/Via del Carmine – incrocio via Carlo V°/V.le Saltini - incrocio Via Circondaria/Via San Martino; effetti simili sono stati rilevati nella fascia estesa sud nord da Lemizzone a Fazzano. Le distribuzioni dei maggiori danni sopra descritti indica una tendenziale corrispondenza delle fasce di maggior risentimento con le zone nelle quali sono presenti i principali corpi sabbiosi di alveo fluviale estinto.

D'altra parte non si osservano chiare correlabilità tra i danni riscontrati ed in valori di amplificazione dell'intensità sismica, ottenuti dalle analisi di risposta sismica locale, con parziale eccezione dell'intervallo FA.IS = 0.3 – 0.5 sec. per la zona di Fazzano – Lemizzone e per la fascia settentrionale del capoluogo; per la zona di Fosdondo si ha correlabilità tra danni, crollo della volta della Chiesa, ed i fattori di amplificazione nel campo FA.IS. = 0.5 – 1.0 sec. Quanto esposto, come precedentemente accennato, è influenzato in elevato grado dai censimenti danni che riguarda in percentuale maggiore il patrimonio pubblico e l'areale del capoluogo.

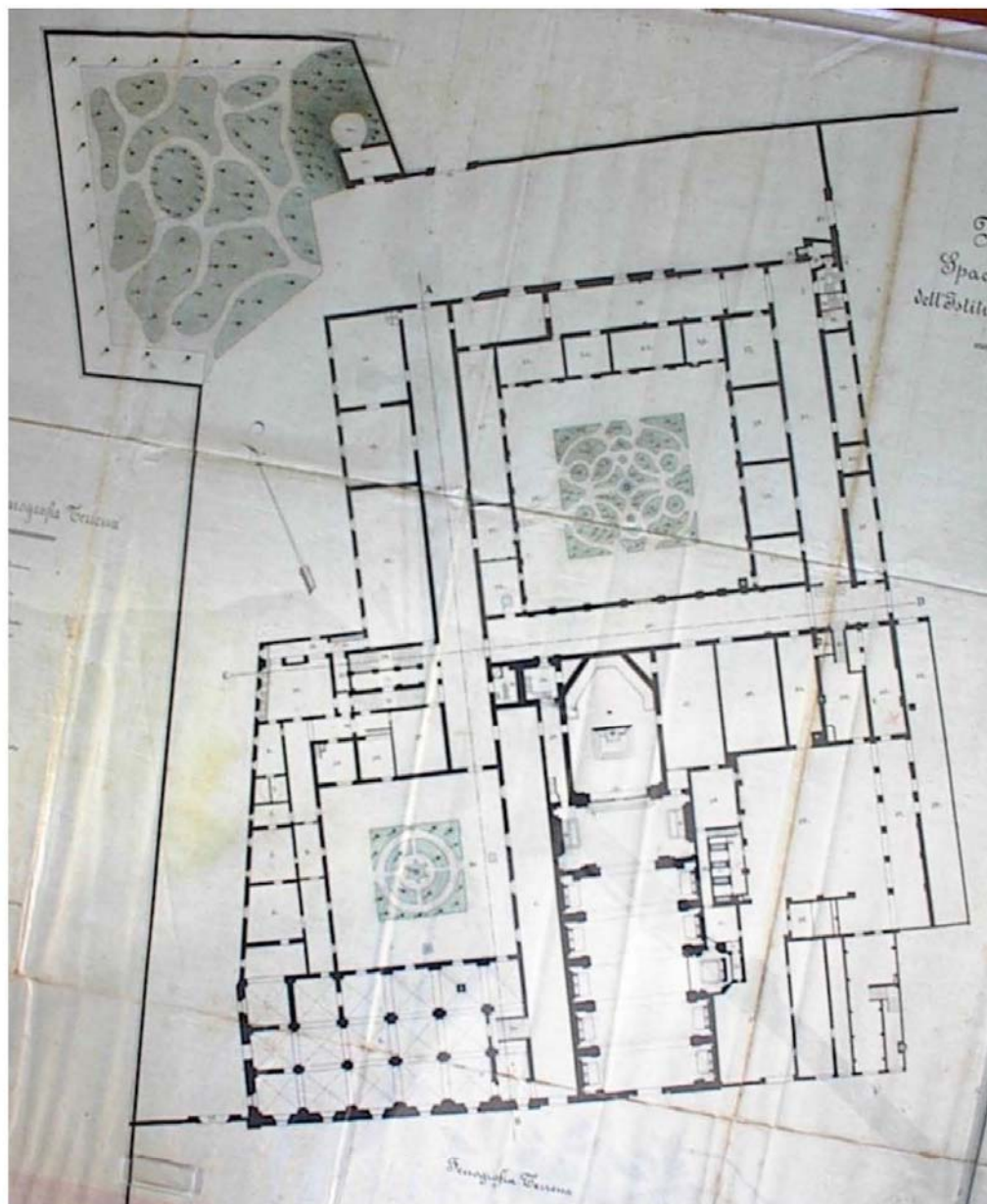
I risentimenti sismici del 2012 sono stati maggiormente avvertiti nella scossa delle 12,58 del 29/03, durante la quale gli scuotimenti sono stati recepiti maggiormente nel settore orientale del capoluogo e ad est dello stesso.

Quanto esposto concorda con il progressivo graduale incremento dello spessore dei depositi che sovrastano il substrato prepliocenico in direzione orientale, che passa da -2 ÷ -2.5 ÷ -3 km nelle zone occidentali: Fosdondo, S.Michele della Fossa a -4 ÷ -5 km nella zona Industriale a -6 ÷ -7.5 km nel carpigiano.

In concomitanza dell'evento sismico del 29/05/2012 in una stazione sismica provvisoria messa in opera dallo scrivente alle ore 11,30 del 29/05/2012 nel settore orientale del capoluogo, è stata registrata un'accelerazione di 0.15 g ed uno spostamento orizzontale di 4 cm.



*Particolare della pianta della città di Correggio databile al 1816.
La conformazione dei corpi di fabbrica
che si affacciano sul cortile minore ad Est è difforme rispetto a quella attuale.*



*Pianta del pianoterreno del complesso databile al 1880.
 La conformazione, salvo modifiche alla distribuzione e dei setti interni, corrisponde a quella attuale;
 sono presenti le estensioni dei corpi di fabbrica sul cortile minore ed
 è compreso il corpo di fabbrica a sud-est oggi alienato;
 manca una ampia parte del corpo di fabbrica a nord-ovest, forse gravemente danneggiato dal sisma del 1832,
 è presente lo scalone principale, manca l'appendice esterna all'angolo nord-ovest ed i contrafforti allo stesso corpo di
 fabbrica, che invece sono già presenti per il corpo di fabbrica a nord.*

10 ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA

L'analisi della CLE comunale redatta in collaborazione con l'*U.T. Comunale Ing. Fausto Armani – Ing. Giulia Neviani*, è finalizzata all'individuazione di un sistema coordinato di gestione dell'emergenza a seguito del verificarsi di eventi sismici, con l'obiettivo di definire il miglior grado di efficienza in rapporto alle caratteristiche degli insediamenti urbanizzati.

In riferimento a quanto esposto, in prima istanza, sono stati individuati gli edifici strategici (ES), le aree di emergenza (AE) suddivise in aree di Ammassamento ed Aree di Ricovero, necessarie a garantire le funzioni strategiche e quindi le viabilità di collegamento; sono state inoltre individuati i tracciati di connessione tra i suddetti elementi e tra detto sistema di relazioni ed il contesto di accessibilità territoriale, sviluppando un'analisi comparata con il piano di protezione civile comunale e quella sovracomunale.

In tale contesto è stata esaminata la capacità di risposta agli eventi sismici, in funzione delle possibilità di utilizzazione delle componenti e del sistema gestione nel suo complesso: il rapporto con il sistema territoriale (connessione) e rispetto al contesto (accessibilità), distribuzione delle funzioni strategiche nell'intero territorio comunale. Detta analisi è stata integrata in diverse parti edificate, con particolare attenzione per il centro storico, poiché rappresenta il contesto di maggiore vulnerabilità, con l'individuazione degli edifici ritenuti fondamentali della gestione dell'emergenza.

Il sistema degli edifici strategici ha identificato gli edifici (ES) destinati ad ospitare le funzioni pubbliche a seguito di terremoto, individuati anche per le funzioni di ricovero coperto e COC.

Le connessioni tra gli elementi individuati, rispetto al contesto territoriale, sono state definite avendo attenzione alla minor interferenza dei fabbricati sulla variabilità ed assicurando una adeguata ridondanza dei percorsi.

In tale contesto sono stati analizzati gli aggregati strutturali e le unità strutturali individuati come interferenti, al fine di garantire infrastrutture di connessione e accessibilità sempre praticabili dai mezzi di soccorso.

Le scelte individuate dall'analisi della CLE dovranno essere assunte e trasposte nelle forme opportune, nella pianificazione comunale e sovracomunale dell'emergenza.

10.1 Breve descrizione degli elaborati

Schede di analisi della CLE

Le schede della CLE contengono le caratteristiche degli elementi che la compongono:

- edifici strategici (ES), in numero di 11 come di seguito indicato:

ID ES	DESCRIZIONE	ID FUNZIONE	Note
03502000000040400999	Centro Sportivo Prato – Sala da ballo	004	-
03502000000041000999	Centro Sportivo Prato – Spogliatoi	004	-

ID ES	DESCRIZIONE	ID FUNZIONE	Note
035020000000041000999	Centro Sportivo Prato - Tensostruttura	004	-
035020000000228400004	Sede COC – Magazzini Comunali	001	L'edificio fa parte di un aggregato strutturale
035020000000293100001	Ospedale corpo 1	002	L'edificio fa parte di un aggregato strutturale
035020000000293100002	Ospedale corpo 2	002	L'edificio fa parte di un aggregato strutturale
035020000000293100003	Ospedale corpo 3	002	L'edificio fa parte di un aggregato strutturale
035020000000293100004	Ospedale corpo 4	002	L'edificio fa parte di un aggregato strutturale
035020000000312500001	Centro XXV Aprile – Ricovero in Emergenza	006	L'edificio fa parte di un aggregato strutturale
035020000000589400002	Caserma Carabinieri	005	L'edificio fa parte di un aggregato strutturale
035020000000589400003	Caserma Carabinieri	005	L'edificio fa parte di un aggregato strutturale

Gli identificativi delle funzioni operative assegnate corrispondono a:

001 – Coordinamento interventi

002 – Intervento sanitario

003 – Intervento operativo (funzione non presente sul territorio comunale)

004 – Accoglienza popolazione - Ricovero coperto

005 – Vigilanza e sicurezza del territorio

006 – Ricovero in emergenza

- aree di emergenza (AE), suddivise in aree di ammassamento (1), aree di ricovero (4) ed aree di ammassamento-ricovero (3) come di seguito indicato:

ID AE	DENOMINAZIONE	TIPOLOGIA	Note
0000000001	Stadio "W. Borelli" e campi da calcio	Ammassamento-Ricovero	-
0000000002	Area fiere ed emergenze	Ammassamento-Ricovero	La cartografia RER individua nell'area l'aggregato 000000467400, demolito e non più presente
0000000003	Pista atletica	Ammassamento-Ricovero	-
0000000005	Campo sportivo Lemizzone	Ricovero	-
0000000006	Parco Urbano Correggio	Ricovero	-
0000000007	Campo sportivo parrocchiale Mandrio	Ricovero	-
0000000008	Centro sportivo Prato	Ricovero	-
0000000009	Parco Espansione Sud	Ricovero	-
0000000010	area magazzini comunale - protezione civile	Ammassamento	-

- infrastrutture di accessibilità e connessione (AC), per un totale di 51 (compresa la AC 035 attraversante l'adiacente comune di San Martino in Rio) suddivise in 7 infrastrutture di accessibilità e 44 infrastrutture di connessione;
- aggregati strutturali (AS) contenenti edifici strategici o unità strutturali interferenti, corrispondono ad un totale 9, la cui numerazione deriva dalla carta aggregati RER, in cui si sono rese necessarie a seguito di sopralluogo le seguenti variazioni :

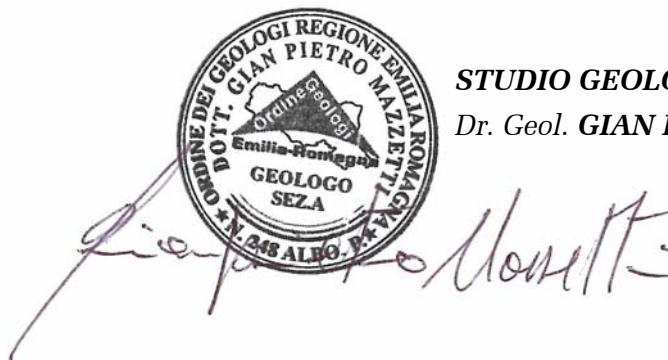
ID RER ORIGINALE	DESCRIZIONE	VARIAZIONE ID	MOTIVAZIONE
000000293100 000000294400 000000284100 000000284300 000000284400	Ospedale Via Circondaria	Unico aggregato 000000293100	I cinque aggregati sono uniti in uno unico a sua volta suddiviso un quattro unità strutturali
000000312500	Centro XXV Aprile	Unico aggregato 000000312500	Diversa geometria dell'aggregato diviso in due unità strutturali
000000228400 000000228500	Magazzini Comunali	Unico aggregato 000000228400	I due aggregati sono un unico aggregato con diversa geometria suddiviso in quattro unità strutturali
000000188800 000000189000	Edifici in Via Canolo/Via Lupi e Sabbietta	Unico aggregato 000000188800	Aggregati adiacenti in grado di interagire sotto azione sismica suddivisi in dieci unità strutturali

- le unità strutturali (US) individuate corrispondono a 47, di cui 29 facenti parte di aggregati strutturali e 18 costituite da unità strutturali interferenti isolate. In queste ultime la numerazione deriva dalla carta aggregati RER, in cui si sono rese necessarie, a seguito di sopralluogo, le seguenti variazioni:

ID RER ORIGINALE	DESCRIZIONE	VARIAZIONE ID	MOTIVAZIONE
000000163900	Edificio Via Canolo 77	Assegnato id 000000163900	Diversa geometria dell'aggregato in quanto il basso servizio posteriore è stato demolito
- non identificata	Spogliatoi Via Mandrio	Assegnato id 000000703800	Assegnato primo id libero in quanto non identificata sulla carta aggregati RER
- non identificata	Bar Bocciofila Via Manzotti	Assegnato id 000000703900	Assegnato primo id libero in quanto non identificata sulla carta aggregati RER

Cartografia di analisi della CLE

La mappa del Comune è stata realizzata in scale idonee per la lettura delle informazioni significative sull'interno territorio e per le porzioni edificate, e rappresentano le informazioni relative agli elementi sopracitati e costitutivi della CLE: ES, AE, AC, AS e US, individuando inoltre zone oggetto di restituzione in scala 1: 2.000 del capoluogo e delle principali frazioni del territorio comunale.

**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.
- L.MARTELLI, M.ROMANI; 2013: Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio giugno 2012. Relazione Illustrativa, (ordinanza del commissario delegato – presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012),
- A.FRAULINI, A.MANICARDI, B.MENGOLI C.UGOLETTI, G.P.MAZZETTI; 2013: Riduzione del rischio: esiti della microzonazione sismica nelle carte e norme degli strumenti urbanistici. Atti 32° GNSTS, Trieste.
- G.P.MAZZETTI, S. GILLI; 2013: Geological characters and structural seismic response of litho units between ridge Apennine foot hills: area of the Municipalities of Montese, Zocca, Guiglia, Marano s/P, Atti IX Forum Italiano di Scienze della Terra, Geitalia, Pisa,
- AA.VV. (2013) Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana, Regione Emilia Romagna – Toscana, Università di Siena 1240.
- DGR1051/2011. Deliberazione della Giunta Regionale n. 1032/2012, “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm”. Boll. Uff. 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) . BDMI11, *la versione 2011 del Database Microsismico Italiano*. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.ingv.it/DBM111>
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008). “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833
- DAL 111/2007. Deliberazione dell'assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.112 del 2/5/2007: Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”. Boll. Uff. Reg. Emilia-Romagna n.64 del 17/05/2007. <http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regioneemilia-romagna.it/geologia/>
- 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. Tecnophysics.

VEGGIANI A. (1974) - Le variazioni idrografiche del basso corso del fiume Po negli ultimi 3.000 anni. Padusa Riv. C. Palesano St. Stor. Arch. E Etr.. Rovigo.

ENI (1972) - Acque dolci sotterranee - ENI

ENI (1965) - Enciclopedia del petrolio e del gaso naturale, volume VI, Carlo Colombaro Editore.

AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padano Veneta.-Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI

LOSACCO U. (1949) - La glaciazione quaternaria dell'Appennino Settentrionale. Riv geografia It, 56 (2)