



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

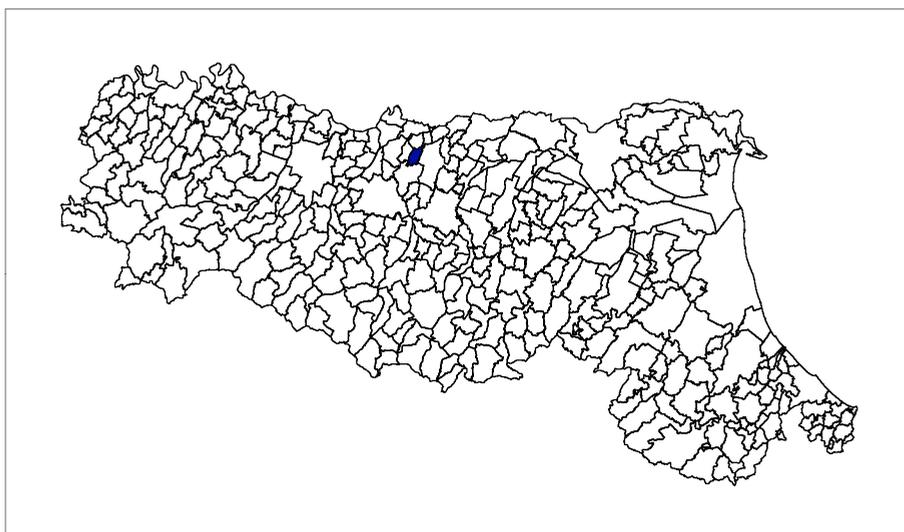
# MICROZONAZIONE SISMICA

## MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO TECNICA E SISMICA

### CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA

#### RELAZIONE TECNICA

Regione Emilia-Romagna  
 Comune di Rio Saliceto



<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> Lucio Malvasi</p> <p><i>Responsabile Servizio Patrimonio e Ambiente:</i> Stefano Faglioni</p> <table border="1" data-bbox="961 1957 1411 2064"> <tr> <td data-bbox="961 1957 1187 2064"> <p>Data Maggio 2015</p> </td> <td data-bbox="1187 1957 1411 2064"></td> </tr> </table>	<p>Data Maggio 2015</p>	
<p>Data Maggio 2015</p>				

**Provincia di Reggio Emilia**  
**Comune di Rio Saliceto**

**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.....	11
3	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	13
3.1	Caratteri sismotettonici.....	19
3.2	Assetto strutturale depositi del quaternario continentale.....	21
3.2.1	Subsistema AES8.....	22
3.2.2	Subsistema AES7.....	22
3.2.3	Sintema AES.....	22
3.2.4	Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI.....	23
3.2.5	Subsistema Quaternario Marino Superiore.....	24
3.3	Attività tettonica.....	24
3.4	Subsidenza.....	26
3.5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	28
3.6	Caratteri Geomorfoloici.....	28
3.7	IDROGEOLOGIA.....	31
3.7.1	Idrografia di superficie.....	31
3.7.2	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	34
3.7.3	Definizione del sistema idrogeologico.....	34
3.7.4	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	35
3.8	Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale.....	39
3.8.1	Piezometria dell'acquifero freatico.....	41
3.8.2	Isopieze dell'acquifero.....	41
3.8.3	Soggiacenza Acquifero freatico.....	42
3.8.4	Identificazione temporale del sistema Idrogeologico.....	43
3.8.5	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	43
4	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	45
4.1	Carta geologico tecnica.....	45
4.2	Caratteristiche litotecniche.....	46
4.3	Successioni Litotecniche.....	47
4.4	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	49
5	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	52
5.1	Microtremori con la tecnica HVSr.....	52
5.2	Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. - Re.Mi./MASW.....	53
6	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	55
6.1	Carta delle indagini.....	55
6.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	56
6.3	Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	57
6.4	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	58
6.4.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	59
6.5	Zone a comportamento sismico equivalente.....	68
7	SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	69
7.1	Carta delle nuove indagini.....	69
7.2	Substrato a comportamento rigido.....	69
7.3	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	70
7.4	Carte dei fattori di amplificazione - microzonazione sismica.....	71
7.5	Definizione degli input sismici.....	71
7.6	Calcolo degli effetti di sito.....	73
7.7	Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	75
7.8	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FAPGA.....	78
7.9	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	78
7.10	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.3 sec.....	79
7.11	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.3<T<0.5 sec.....	79
7.12	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.1<T<0.5 sec.....	80
7.13	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.5<T<1.0 sec.....	81
7.14	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 1.0<T<1.5 sec.....	81
8	CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI.....	82
9	ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA.....	83
9.1	Breve descrizione degli elaborati.....	83

---

## ELABORATI CARTOGRAFICI

Tav. 1.1	Carta delle indagini pregresse e nuove	1:10.000
Tav. 1.2	Carta geologico tecnica	1:10.000
Tav. 1.2.1 OE	Sezioni geologiche Ovest - Est	1:100.000/1:2.000
Tav. 1.2.1 SN	Sezioni geologiche Sud - Nord	1:100.000/1:2.000
Tav. 1.3	Carta isopieze primo acquifero	1:10.000
Tav. 1.4	Carta Soggiacenza primo acquifero	1:10.000
Tav. 1.5	Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido	1:10.000
Tav. 1.6	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 1.7	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 2.1	Carta delle indagini nuove	1:10.000
Tav. 2.2	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 3.1	Carta di microzonazione sismica Livello 3 - FA PGA	1:10.000
Tav. 3.2	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
TAV. 3.3	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
TAV. 3.4	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,1 – 0,3 sec	1:10.000
TAV. 3.5	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,3 – 0,5 sec	1:10.000
TAV. 3.6	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 1,0 – 1,5 sec	1:10.000

---

## ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche di nuova esecuzione

Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

# 1 INTRODUZIONE

L'analisi delle condizioni del grado di sicurezza in funzione del comportamento dei terreni durante un evento sismico e dei conseguenti possibili effetti locali, del territorio comunale di Rio Saliceto (R.E.) è stata sviluppata mediante disamine di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica e della pericolosità sismica di base – azione sismica. Tale studio, finalizzato alla mitigazione del rischio sismico, è stato indirizzato alle valutazioni delle zone sede del territorio urbanizzato, di prevista urbanizzazione e delle fasce interessate dalle principali infrastrutture.

Le analisi di microzonazione sismica, realizzate con i contributi di cui all'OPCM 4007/2012, sono state effettuate in conformità alla 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).

Le sopra indicate valutazioni sono state inoltre eseguite in riferimento ai dettati delle leggi nazionali, D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. n° 30483 del 24/09/88; L.R. n°20 del 24/03/2000, 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.

Le disamine del tipo di risentimento sismico atteso nelle varie zone del territorio comunale sono state sviluppate in funzione delle condizioni geologico strutturali, delle tipologie dei processi morfogenetici che hanno costituito il territorio, dell'estensione delle zone sede dell'urbanizzato e di possibile previsto sviluppo.

La determinazione della pericolosità sismica dell'area del Comune di Rio Saliceto è stata effettuata mediante la realizzazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di secondo 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 un sostanziale strumento conoscitivo per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità sismica e forniscono informazioni di primaria importanza per definire i gradi di priorità per gli interventi di mitigazione/messa in sicurezza sismica del patrimonio edilizio esistente.

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 sviluppate negli studi del P.T.C.P. di Reggio Emilia relativi alla cartografia per la riduzione del rischio sismico: Carta Degli Effetti Attesi (Tav.P9a: 183 SO); sono state inoltre utilizzate le tavole ed elaborazioni del Documento Preliminare del Quadro Conoscitivo del PSC di Rio Saliceto 4/2009, *Centrogeo Correggio RE*.

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Rio Saliceto, RE**, Determina Dirigenziale del 16/11/2012 n° 244/2012 del III Settore Assetto ed uso del territorio Arch. *Stefano Faglioni*.

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza di Rio Saliceto, realizzate 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*, e con Ing. *Maria Romani*, Regione Emilia Romagna e con il Settore Assetto ed uso del territorio del Comune di Rio Saliceto, Arch. *Stefano Faglioni* e Geom. *Cristian Gambetti*.

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 territorio comunale di **Rio Saliceto** ricade prevalentemente nei settori nord orientali e sud orientali delle tavolette *CORREGGIO II NW* e *NOVELLARA I SW* ed in parte minore, per le aree settentrionali orientali, nelle zone nord occidentali e sud occidentali delle *CARPI II NE* e *NOVI DI MODENA I SE*, appartenenti al F° REGGIO NELL'EMILIA N° 74 I.G.M. zona 32 T quadrato PQ.

L'area comunale si estende prevalentemente in senso sud sud ovest – nord nord est, con superficie di 2256 ha, ed è delimitata dai meridiani, sistema U.T.M.:

639400 – 646000

e dai paralleli:

4962000 – 4969500.

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

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi circa tra 28 e 20 m s.l.m. e le pendenze oscillano mediamente tra 0,5 ÷ 2‰, declinando territorialmente in direttrice sud sud ovest – nord nord est.

Analizzando la carta delle curve di livello del piano di campagna si riscontra un andamento pianeggiante, blandamente ondulato in senso ovest – est, caratterizzato dalla presenza di un dosso topografico esteso in senso ovest est che delimita il bordo meridionale di un estesa area con pendenze inferiori allo 0,5 % che, si sviluppa in direzione nord – nord est che forma le zone a settentrione del capoluogo.

Detto territorio a bassa acclività, nelle zone a tende nord est, si associa alle aree vallive di Fabbrico e di Novi Mo – Carpi.

Sono inoltre presenti altri assetti a dosso, debolmente pronunciati, che si estendono in direzione sud nord, osservabili al confine occidentale del territorio comunale nel settore centro meridionale e centrale, sub parallelamente alla s.P. Rio Saliceto – Rolo dal capoluogo a Casinetto. Altri assetti morfologici simili sono osservabili nella zona meridionale in

corrispondenza del Cavo Naviglietto sino a C. Camilla e del Cavo Naviglio da Ponte dei Lupi a Merlina Grande.

## 2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La sismicità del territorio, prevalentemente correlata ai sistemi di fratturazione delle strutture superficiali (primi 15 km) ed in subordine a quelle di media profondità (15 ÷ 35 km), è collegata a meccanismi focali compressivi e trascorrenti, mentre sono nettamente secondari e subordinati i meccanismi focali distensivi.

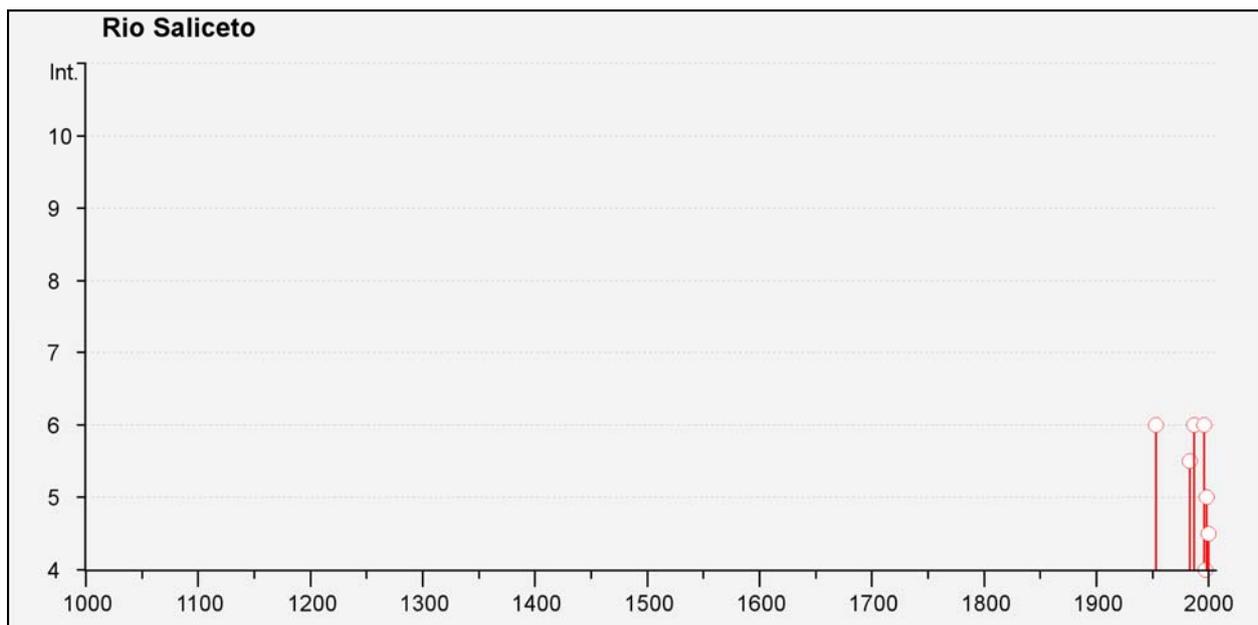
Nell'ambito territoriale al quale appartiene Rio Saliceto e zone ad esso adiacenti, il *Database Macrosismico Italiano DBMI11* (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi), utilizzato per la compilazione del *catalogo parametrico CPTI11* (Gruppo di lavoro CPTI, 2011 – INGV, Bologna), documenta eventi 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 Rio Saliceto

Numero di eventi: 9

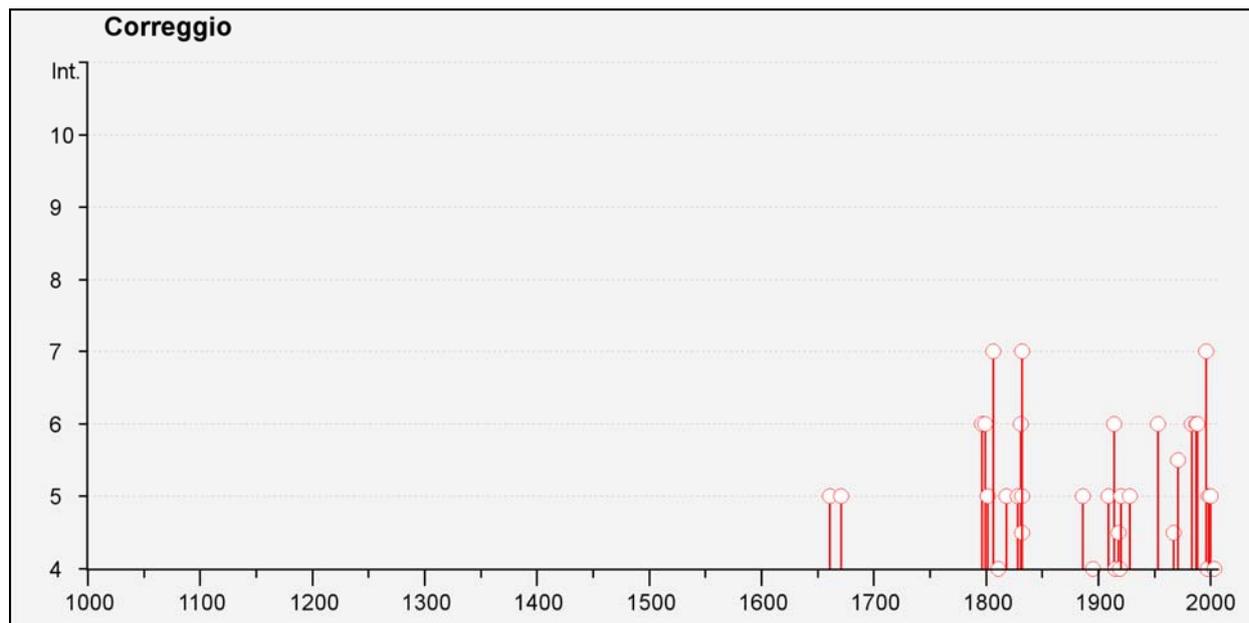
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
6	<a href="#">1953 08 22 05:26</a>	Reggiano	6	6	4.77 ±1.00
5-6	<a href="#">1983 11 09 16:29</a>	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	<a href="#">1984 04 29 05:02</a>	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
NF	<a href="#">1986 12 06 17:07</a>	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
6	<a href="#">1987 05 02 20:43</a>	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
6	<a href="#">1996 10 15 09:56</a>	Correggio	135	7	5.41 ±0.09
4	<a href="#">1997 05 12 22:13</a>	Reggiano	56	4-5	4.22 ±0.27
5	<a href="#">1998 02 21 02:21</a>	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
4-5	<a href="#">2000 06 18 07:42</a>	Parmense	300	5-6	4.43 ±0.09



**Storia sismica di Correggio**  
Numero di eventi: 53

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
NR	<a href="#">1591 05 24</a>	REGGIO EMILIA	4	6	4.72 ±0.34
5	<a href="#">1661 03 21 23:00</a>	Modenese	4	6-7	4.93 ±0.34
5	<a href="#">1661 03 22 12:50</a>	Appennino romagnolo	79	9	6.09 ±0.16
5	<a href="#">1671 06 20 10:00</a>	Modena-Reggio Emilia	8	7	5.25 ±0.72
6	<a href="#">1796 10 22 04:00</a>	Emilia orientale	27	7	5.61 ±0.36
6	<a href="#">1799 02 22 05:45</a>	Correggio (RE)	2	5	4.30 ±0.34
5	<a href="#">1801 10 08 07:52</a>	Bologna	6	6	5.07 ±0.83
3	<a href="#">1802 05 12 09:00</a>	VALLE DELL'OGLIO	85	8	5.64 ±0.22
7	<a href="#">1806 02 12</a>	NOVELLARA	28	7	5.19 ±0.39
4	<a href="#">1811 07 15 22:44</a>	SASSUOLO	21	6-7	5.25 ±0.40
5	<a href="#">1818 12 09 18:55</a>	Parmense	26	7	5.28 ±0.35
5	<a href="#">1828 10 09 02:20</a>	Valle Staffora	114	8	5.76 ±0.15
F	<a href="#">1831 07 14 15:30</a>	Reggiano	8	5-6	4.69 ±0.44
6	<a href="#">1831 09 11 18:15</a>	Reggiano	25	7-8	5.54 ±0.32
5	<a href="#">1832 03 11 06:45</a>	Carpi (MO)	14	5	4.80 ±0.37
4-5	<a href="#">1832 03 11 08:45</a>	Reggiano	14		
7	<a href="#">1832 03 13 03:30</a>	Reggiano	98	7-8	5.53 ±0.18
F	<a href="#">1834 02 14 13:15</a>	Valle del Taro-Lunigiana	112	9	5.83 ±0.15
F	<a href="#">1834 07 04 00:45</a>	Lunigiana-Parmense	24		
3	<a href="#">1834 10 04 19:00</a>	Bolognese	12	6	4.85 ±0.43
F	<a href="#">1837 04 11 17:00</a>	Alpi Apuane	60	9	5.81 ±0.20
5	<a href="#">1886 10 15 02:20</a>	COLLECCHIO	44	6	4.70 ±0.24
F	<a href="#">1887 02 23 05:21</a>	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
F	<a href="#">1891 06 07 01:06</a>	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.86 ±0.06
3-4	<a href="#">1894 11 27 05:07</a>	FRANCIACORTA	183	6	5.07 ±0.10
4	<a href="#">1895 04 14 22:17</a>	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
NF	<a href="#">1904 11 17 05:02</a>	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
5	<a href="#">1909 01 13 00:45</a>	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
3-4	<a href="#">1913 11 25 20:55</a>	Val di Taro	73	4-5	4.84 ±0.20
6	<a href="#">1914 10 27 09:22</a>	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
4	<a href="#">1915 10 10 23:08</a>	REGGIO EMILIA	30	6	5.02 ±0.22
4-5	<a href="#">1918 05 06 08:05</a>	Reggiano	8	5-6	4.52 ±0.69
4	<a href="#">1919 06 29 15:06</a>	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
5	<a href="#">1920 09 07 05:55</a>	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
3	<a href="#">1923 06 28 15:11</a>	FORMIGINE	22	6	4.88 ±0.24
5	<a href="#">1928 06 13 08:00</a>	CARPI	35	6	4.78 ±0.23
3	<a href="#">1939 10 15 14:05</a>	Garfagnana	62	6-7	5.08 ±0.16
6	<a href="#">1953 08 22 05:26</a>	Reggiano	6	6	4.77 ±1.00
NF	<a href="#">1965 11 09 15:35</a>	ALTA V. SECCHIA	32	5	4.74 ±0.25
4-5	<a href="#">1967 04 03 16:36</a>	Reggiano	47	5-6	4.69 ±0.19
5-6	<a href="#">1971 09 11 23:18</a>	Correggio	15	5	4.23 ±0.31
6	<a href="#">1983 11 09 16:29</a>	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	<a href="#">1984 04 29 05:02</a>	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
2	<a href="#">1986 12 06 17:07</a>	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
6	<a href="#">1987 05 02 20:43</a>	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
6	<a href="#">1988 03 15 12:03</a>	Reggiano	160	6	4.66 ±0.12

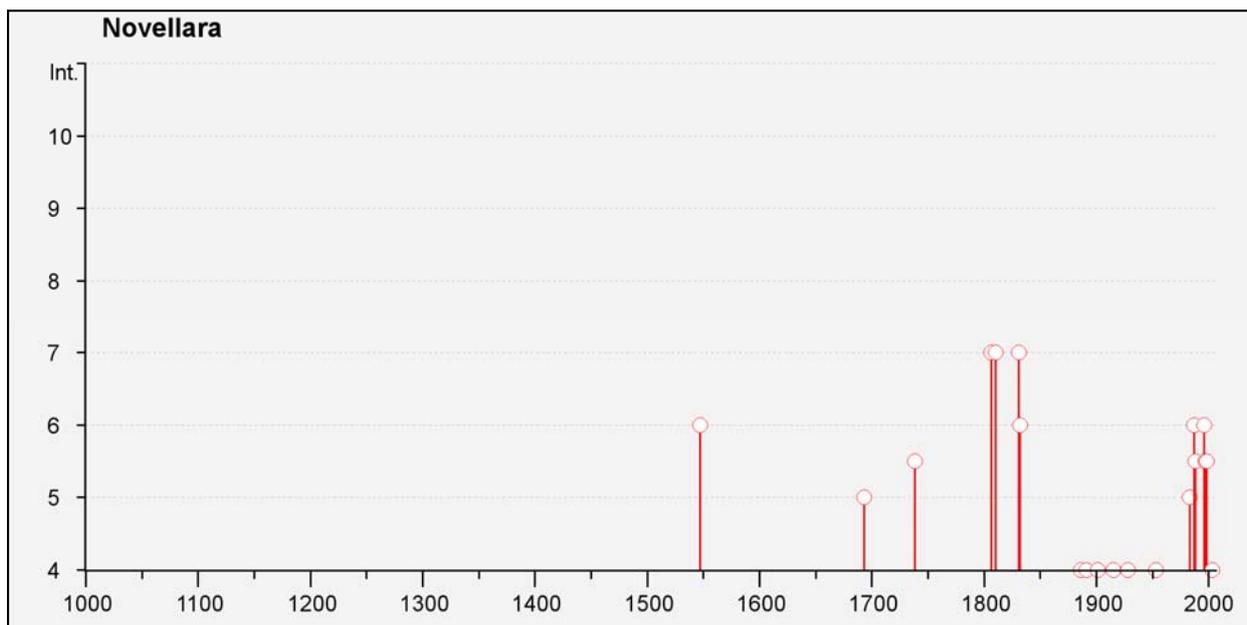
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
3	<a href="#">1995 10 10 06:54</a>	LUNIGIANA	341	7	4.85 ± 0.09
7	<a href="#">1996 10 15 09:56</a>	Correggio	135	7	5.41 ± 0.09
4	<a href="#">1997 05 12 22:13</a>	Reggiano	56	4-5	4.22 ± 0.27
5	<a href="#">1998 02 21 02:21</a>	Reggiano	104	5	4.34 ± 0.17
3-4	<a href="#">1998 03 26 16:26</a>	Appennino umbro-marchigiano	408	6	5.29 ± 0.09
5	<a href="#">2000 06 18 07:42</a>	Parmense	300	5-6	4.43 ± 0.09
4	<a href="#">2003 09 14 21:42</a>	Appennino bolognese	133	6	5.29 ± 0.09



## Storia sismica di Novellara

Numero di eventi: 34

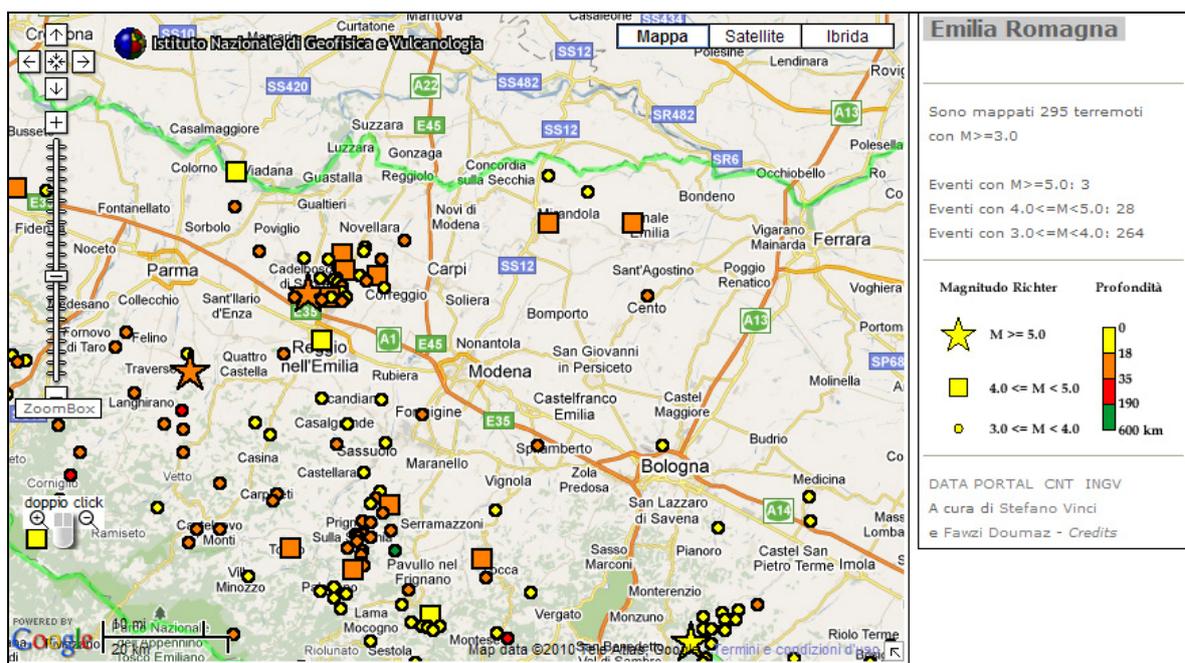
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
6	<a href="#">1547 02 10 13:20</a>	Reggio Emilia	13	7	5.14 ±0.34
F	<a href="#">1570 11 17 19:10</a>	Ferrara	60	7-8	5.46 ±0.25
NR	<a href="#">1591 05 24</a>	REGGIO EMILIA	4	6	4.72 ±0.34
5	<a href="#">1693 07 06 09:15</a>	GOITO	13	7	5.22 ±0.72
3	<a href="#">1732 02 04 18:20</a>	Parma	9	5-6	4.65 ±0.41
5-6	<a href="#">1738 11 05 00:30</a>	PARMA	10	7	5.14 ±0.34
7	<a href="#">1806 02 12</a>	NOVELLARA	28	7	5.19 ±0.39
7	<a href="#">1810 12 25 00:45</a>	NOVELLARA	33	6	5.29 ±0.22
7	<a href="#">1831 09 11 18:15</a>	Reggiano	25	7-8	5.54 ±0.32
6	<a href="#">1832 03 13 03:30</a>	Reggiano	98	7-8	5.53 ±0.18
F	<a href="#">1873 05 16 19:35</a>	REGGIANO	15	6-7	5.09 ±0.59
4	<a href="#">1886 10 15 02:20</a>	COLLECCHIO	44	6	4.70 ±0.24
F	<a href="#">1887 02 23 05:21</a>	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
4	<a href="#">1891 06 07 01:06</a>	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.86 ±0.06
F	<a href="#">1895 04 14 22:17</a>	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
3-4	<a href="#">1898 03 04 21:05</a>	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
4	<a href="#">1901 10 30 14:49</a>	Salò	190	8	5.70 ±0.10
NF	<a href="#">1904 11 17 05:02</a>	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
3	<a href="#">1907 04 25 04:52</a>	Veronese	122	6	4.91 ±0.15
4	<a href="#">1915 10 10 23:08</a>	REGGIO EMILIA	30	6	5.02 ±0.22
3	<a href="#">1919 06 29 15:06</a>	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
4	<a href="#">1928 06 13 08:00</a>	CARPI	35	6	4.78 ±0.23
NF	<a href="#">1937 09 17 12:19</a>	Parmense	34	7	4.65 ±0.25
4	<a href="#">1953 08 22 05:26</a>	Reggiano	6	6	4.77 ±1.00
3-4	<a href="#">1971 09 11 23:18</a>	Correggio	15	5	4.23 ±0.31
5	<a href="#">1983 11 09 16:29</a>	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	<a href="#">1984 04 29 05:02</a>	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
NF	<a href="#">1986 12 06 17:07</a>	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
6	<a href="#">1987 05 02 20:43</a>	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
5-6	<a href="#">1988 03 15 12:03</a>	Reggiano	160	6	4.66 ±0.12
6	<a href="#">1996 10 15 09:56</a>	Correggio	135	7	5.41 ±0.09
5-6	<a href="#">1997 05 12 22:13</a>	Reggiano	56	4-5	4.22 ±0.27
5-6	<a href="#">1998 02 21 02:21</a>	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
4	<a href="#">2003 09 14 21:42</a>	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 Rio Saliceto ed al suo intorno ha una discreta testimonianza ed estensione temporale (il primo evento documentato risale al 1591 per il comune di Correggio)
- la sismicità è di tipo medio - medio elevato con intensità massime percepite equivalenti 7 ÷ 8 grado MCS, corrispondente a magnitudo stimate in Mw = 5.5 ÷ 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



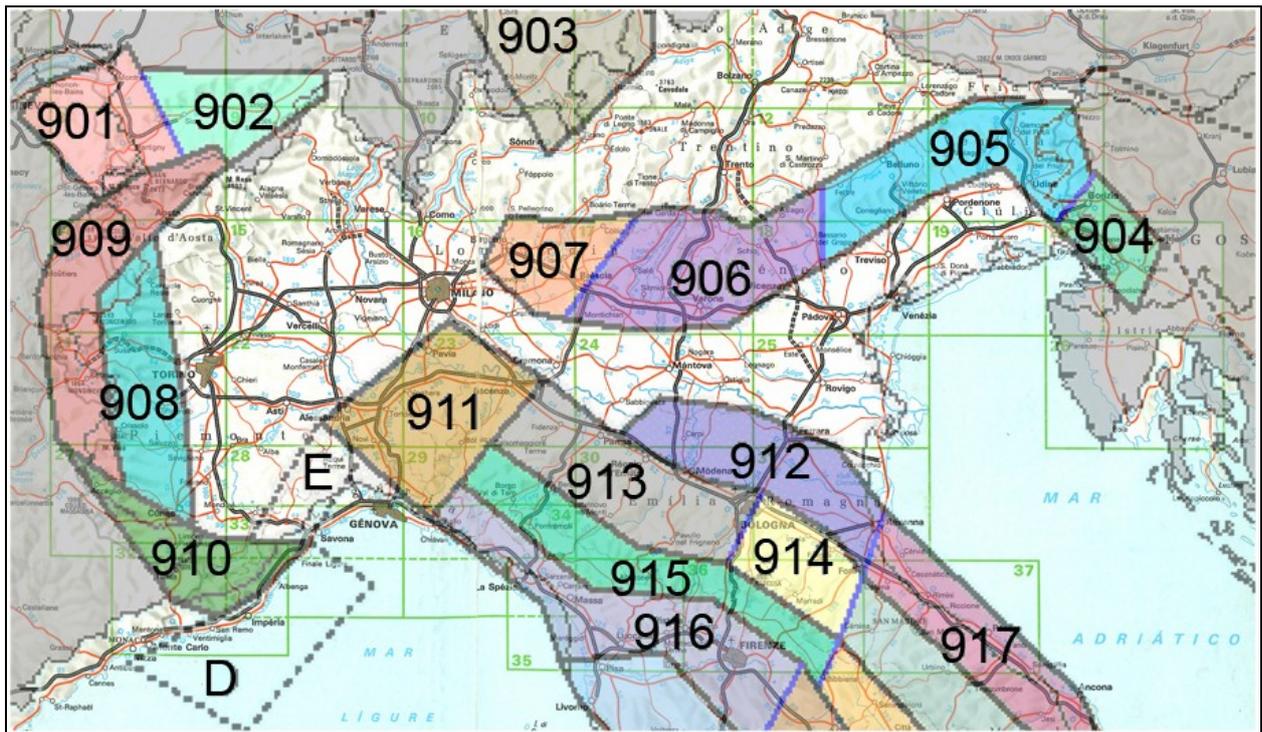
*Epicentri dei principali terremoti (M>3) rilevati da INGV tra il 1981 ed il 2006 nell'intorno dell'area di interesse*

### Risentimenti sismici locali

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Rio Saliceto ha risentito dei massimi effetti con gli eventi del 29 maggio e 3 giugno, con oltre 80 edifici inagibili ed più di 200 sfollati, mentre ha risentito in modo nettamente inferiore della scossa principale del 20 maggio. Storicamente gli eventi sismici che hanno determinato i risentimenti più rilevanti nel territorio di Riese sono rappresentati dai terremoti del 1831-1832 e del 1996. Al primo di questi, con epicentro tra Campegine e Cadelbosco di Sopra e di Sotto è attribuita  $M_w = 5.48 - 5.59$ . Il sisma del 1996, con  $M_w = 5.41$  ha indotto 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 Rio Saliceto alla zona sismogenetica 912, ambito di dominio dell' Arco delle Pieghe Ferraresi, sita ad una distanza di circa 20 km dal bordo settentrionale della zona sismogenetica 913, costituita del dominio delle Pieghe Pedeappenniniche sia Emiliane che Romagnole.



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

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

Dalla documentazione della storia sismica sopra esposta si evince che il territorio di Rio Saliceto e le zone circostanti: Correggio, Novellara, Carpi, sono principalmente interessati dai meccanismi focali che si originano nell'arco delle Pieghe Ferraresi sia interne che esterne, 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 media - medio elevata magnitudo.

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

In riferimento all'allegato A4 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n°112/2007, alle zone sismogenetiche del territorio comunale di Rio Saliceto compete un valore di picco massimo dell'accelerazione orizzontale, corrispondente a:

$$\text{Rio Saliceto } a_{\text{gref}} = 0,147 \text{ g}$$

I valori di  $a_g$  elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (Meletti C., Montaldo V., 2007. *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di 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:

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

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

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio emiliano il 20 e 29 maggio 2012 l'area di Rio Saliceto, 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 Rio Saliceto, capoluogo, zona centro meridionale del comune**

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,061	4,03	0,137	0,040	0,009
29-05-2012 – 5.8	0,107	6,09	0,206	0,071	0,012
29-05-2012 – 5.3	0,088	12,35	0,274	0,105	0,028
03-06-2012 – 5.1	0,096	8,75	0,190	0,014	0,011

**Area centro settentrionale del territorio comunale**

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,067	4,37	0,148	0,042	0,009
29-05-2012 – 5.8	0,129	9,05	0,263	0,094	0,015
29-05-2012 – 5.3	0,125	18,13	0,389	0,151	0,042
03-06-2012 – 5.1	0,140	12,86	0,266	0,017	0,015

I valori massimi di accelerazione libera in superficie (PGA) sono stati registrati negli eventi del **29 maggio 07.00.03 (GMT)  $M_L=5.8$**  per la zona meridionale del territorio comunale e del **03 giugno 19.20.43 (GMT)  $M_L 5.1$**  per la zona settentrionale. L'evento più gravoso per le strutture (PSA) site sul territorio comunale è risultato invece essere quello del **29 maggio 10.55.57 (GMT) ML 5.3**.

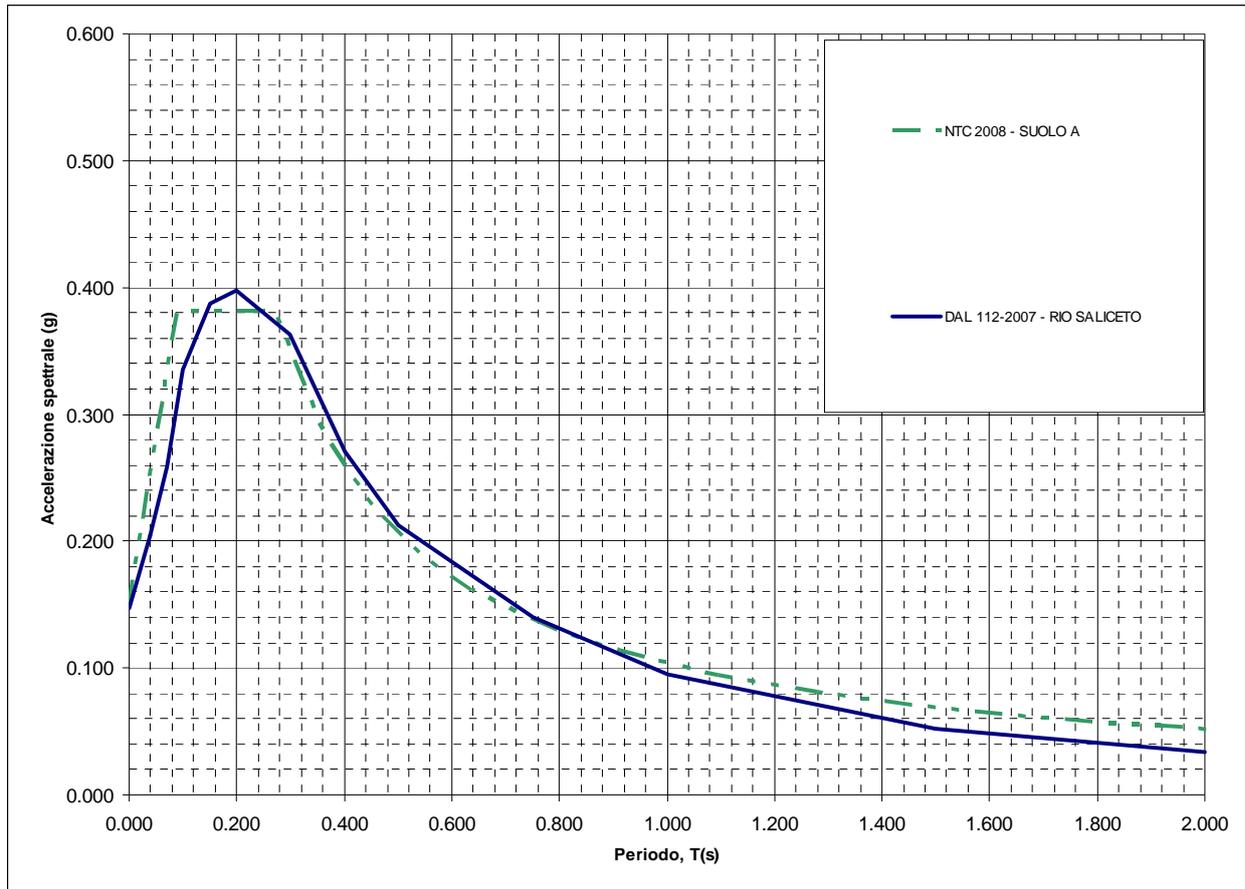
I valori di PGA-PSA degli eventi sopra elencati sono inferiori a quelli di progetto della griglia INGV (terreno cat. C – SLU-SLV) e delle tabelle A2.1.2 dell'allegato 2 DAL 112/2007.

Una stazione sismica provvisoria, messa in opera dallo scrivente il 29 maggio 2012, circa 5 km a meridione, nel settore centrale orientale di Correggio capoluogo, nell'evento delle 12.58, ha rilevato: PGA = 0.15 g ed uno spostamento massimo orizzontale di 4 cm.

**2.1 Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento**

La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni, riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (*Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>*) varia nell'intervallo 0,125 ÷ 0,175g. Tali dati sono anche stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione delle tabelle contenute 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 0,147 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 Rio Saliceto, 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 Rio Saliceto. 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 Rio Saliceto appartiene al bacino della Pianura Padana, estendentesi su una superficie di circa 46000 kmq, che costituisce la zona di saldatura tra Alpi ed Appennini ed è formata da un'ampia e profonda depressione nella quale si distinguono nettamente due complessi sedimentari dei quali quello più superficiale è di tipo continentale ed quello sottostante di ambiente marino, tra loro separati da una discontinuità correlata ad una fase tettonica. Il più recente di detti insiemi, è suddiviso in due supersintemi, il primo dei quali: Supersintema Emiliano Romagnolo, da oggi a 0,65 Ma<sup>1</sup>, a sua volta distinto in due sintemi: Emiliano Romagnolo Inferiore ed Emiliano Romagnolo Superiore, tra loro separati da una discontinuità correlata ad una fase tettonica di rilevanza regionale.

Tale complesso è costituito da depositi alluvionali prevalentemente rappresentati da sabbie, ghiaie, argille e limi di piana e da sedimentazioni di delta conoide e marine marginali, formate da sabbie ed arenarie poco cementate alternate ad argille e limi e talora ad orizzonti conglomeratici.

Tali successioni costituiscono litozone a diverso spessore dei corpi ghiaiosi e differente prevalenza in componenti fini limoso argillose – limoso sabbiose, 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 detto 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.). Tali insiemi coprono le unità inferiori rappresentate dalle formazioni plioceniche – mioceniche – mesozoiche (da 1,72 a 24 – 247, Ma) identificate essenzialmente da depositi di ambiente marino sia costiero che di piattaforma e/o bacinale a faune pelagiche.

Lo spessore dei depositi continentali formanti il Supersintema Emiliano Romagnolo è mediamente compreso tra 200/300 e 500/600 m, localmente nell'alto strutturale di Novi Mo – Mirandola è inferiore a 100 m, ed è seguito dalle formazioni pleistoceniche generalmente rinvenibili tra 200/400 – 600 e 1000 – 2000 m di profondità. A queste soggiacciono le sequenze litostratigrafiche plioceniche generalmente comprese tra 1000/2000 e 5000/6000 m di profondità che giungono a -7000 ÷ -8500 m pc rispettivamente a nord ed a sud est della Dorsale Ferrarese. Ad esse seguono le successioni dal Miocene al Mesozoico, individuate in base ad analisi geofisiche, sino a -10.000 ÷ -11.000 m dal piano campagna.

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

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

---

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

Tale complesso deposizionale è suddiviso dal punto di vista idrogeologico in tre gruppi acquiferi (G.Di Dio, 1998) costituiti da alternanze di orizzonti argillosi, limo sabbiosi e ghiaiosi, a spessore estremamente variabile, da alcuni metri a decine di metri, attribuibili sia a depositi alluvionali di pianura in ambiente emerso che di delta conoide e marino marginale.

L'assetto e gli spessori di detta successione sono stati sensibilmente influenzati dalla conformazione del substrato prepliocenico e pliocenico, dagli eventi tettonici e subsidenti che hanno coinvolto gli stessi, dalle variazioni del livello medio del mare correlate sia all'apertura del Mediterraneo successiva al *Messiniano* che, ai mutamenti climatici che hanno interessato l'area padana negli ultimi 0.65 Ma.

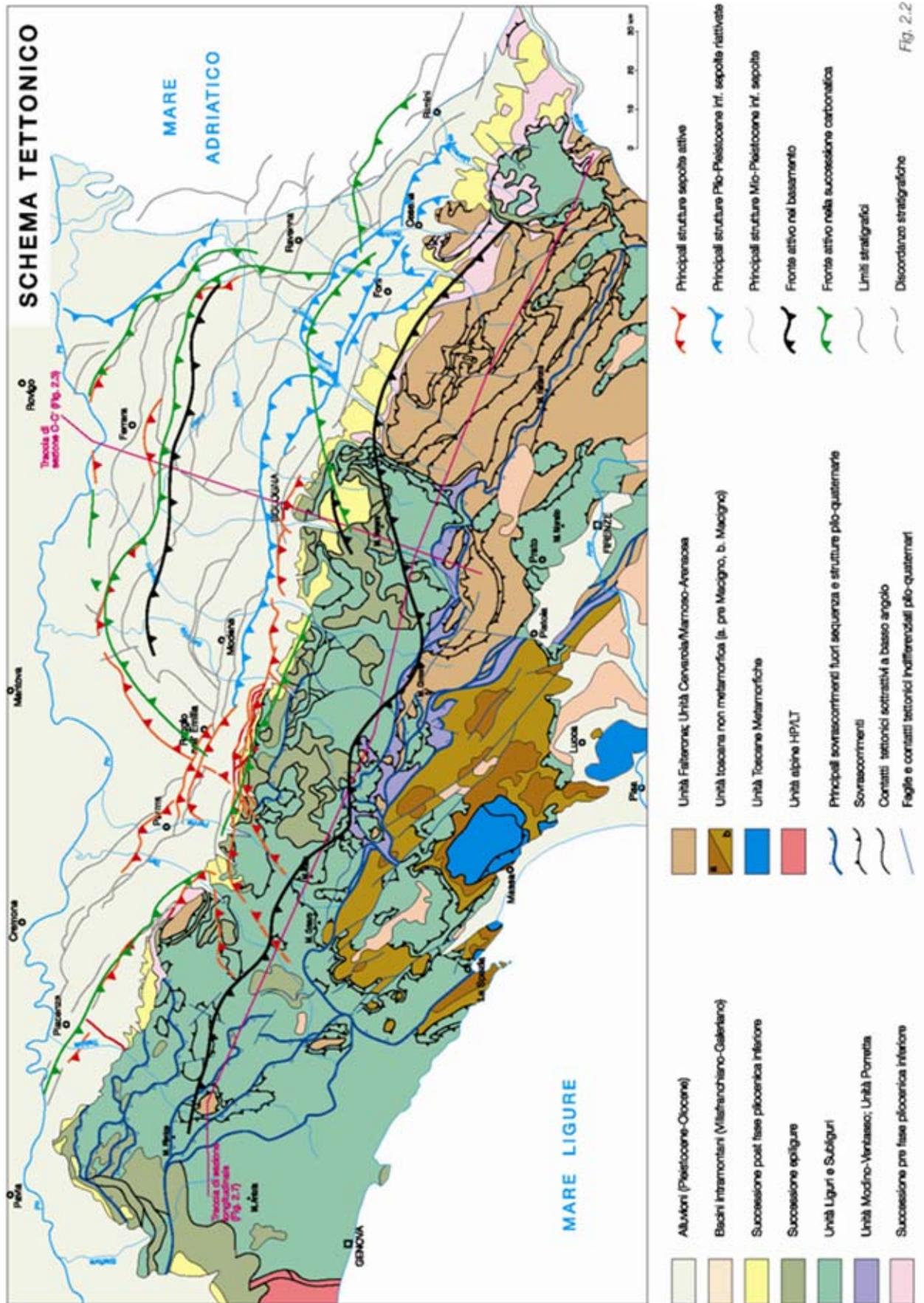
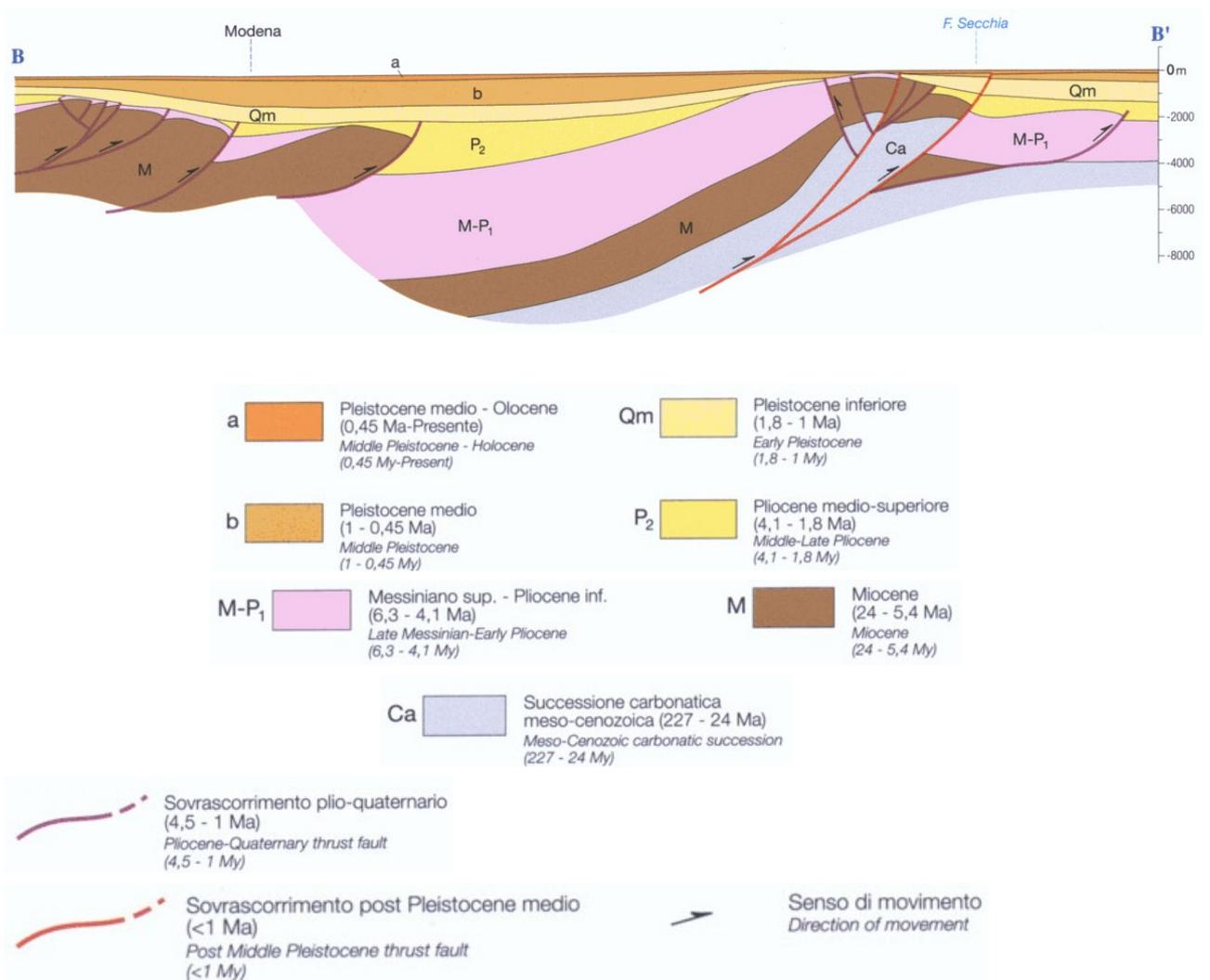
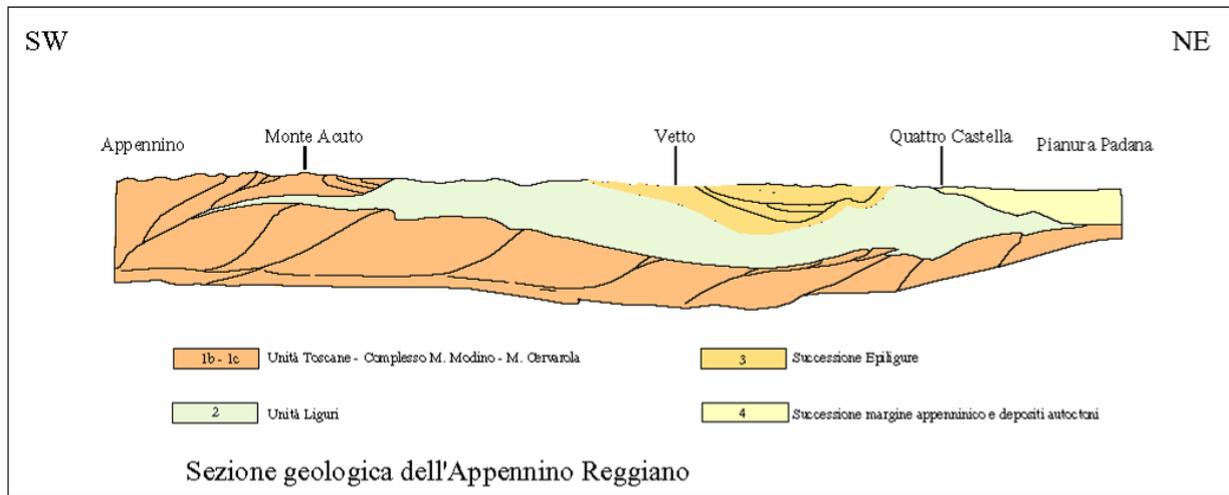


Fig. 2.2





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		CASTELLANIANO
		11.5	TORTONIANO
15	MIOCENE MEDIO		CESSOLANZIANO
		15.5	SERRAVALLIANO
		16.5	LANGHIANO
20	MIOCENE INFERIORE		GIRONDIANO
		22.5	BURDIGALIANO
		24	AQUITANIANO
25	OLIGOCENE SUPERIORE		CATTIANO
30	OLIGOCENE INFERIORE		RUPELIANO
35	EOCENE SUPERIORE		PRIABONIANO
		40	BARTONIANO
		44	LUTEZIANO
45	EOCENE MEDIO		YPRESIANO
50	EOCENE INFERIORE		THANETIANO
55	PALEOCENE SUPERIORE		DANIANO
60	PALEOCENE INFERIORE		
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	VELLA-		
			ZANCLEANO	FRANCRANO	ASTIGIANO		
		MIOCENE	MESSINIANO	PONTICO		(TABIANIANO)	
			TORTONIANO	PANORICO	SARMAZIANO	ANDALUSIANO	
			SERRAVALLIANO			(ELYZIANO)	
			LANGHIANO				
BURDIGALIANO							
AQUITANIANO							
PALEOGENE			OLIGOCENE	CATTIANO	LATORFIANO	(ONGRIANO)	LUZIANO
				RUPELIANO		BARTONIANO	
	EOCENE	PRABONIANO			SAUVESIANO		
		LUTEZIANO	BIARRIZIANO				
	PALEOCENE	YPRESIANO	CUSIANO	SPILICCIANO	SPARNACIANO		
		THANETIANO			(LANDEMANO)		
		MONTIANO					
		DANIANO					
		MAASTRICHTIANO					
		SENONIANO					
CRETACICO	superiore	CAMPANIANO					
		SANTONIANO					
	inferiore	CONIACIANO					
		TURONIANO					
		CENOMANIANO					
		ALBIANO					
		APTIANO					
		BARREMIANO					
		HAUTERIVIANO					
		MALINGIANO					
BERRIASIANO							
PORTLANDIANO							
GIURASSICO	MALM	KIMMERIDGIANO					
		OXFORDIANO					
	DOGGER	CALLOVIANO					
		BATHONIANO					
	LIAS	BAJOCIANO					
		AALENIANO					
		TOARCIANO					
		PLIENS-BACHIANO					
		SINEMURIANO					
		HETTANGIANO					
TRIASSICO	superiore	REIICO					
		NORICO					
	medio	CARNICO					
		LADINICO					
	inferiore	ANISICO					
		SCITICO					
		TATARIANO					
		KAZANIANO					
		KUNGURIANO					
		ARTINSKIANO					
PERMIANO	SILESIANO	SARKARIANO					
		ORENBURGIANO					
	DINANTIANO	GZELIANO					
		MOSCOWIANO					
		BASHKIRIANO					
		SERPUKHOVIANO					
		WISEANO					
		TOURNAISIANO					
		FAMENNIANO					
		FRASNIANO					
DEVONIANO	superiore	GIVETIANO					
		EIFELIANO					
	inferiore	EMSIANO					
		SIEGEMANO					
		GEDINNIANO					
		PRIDOLIANO					
		LUDLOVIANO					
		WENLOCKIANO					
		LLANDOVERIANO					
		VALENTIANO					
ORDOVICIANO	superiore	ASHGILLIANO					
		CARADOCIANO					
	inferiore	LLANDELIANO					
		LLANVIRNIANO					
		ARENIGIANO					
		SKIDDAVIANO					
		TREMADOCIANO					
		CAMBRIANO					
		superiore					
		medio					
inferiore							

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

I processi che hanno determinato i piegamenti del substrato, esplicitatisi in fasi di sollevamento del fondo bacino, si sono verificati principalmente in due periodi distinti collocabili tra il Miocene ed il Pliocene (25.2 - 5.2 Ma), 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, quella del *Pleistocene med. Sup* (0.45/0.6 Ma bp) e la fase che individua la suddivisione tra AEI ed AES attivatasi tra 0.26 e 0.22 Ma b.p.

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

I conseguiti diversi spessori dei materiali depositi sono stati oggetto di sensibile subsidenza. Detti abbassamenti, per processi di auto consolidazione, non si sono verificati uniformemente ed hanno manifestato intensità maggiore nelle fasce centrali delle sinclinali e minore nelle zone prossime ai settori delle fasce di asse di anticlinale che hanno diversamente influenzato il grado di possibilità di consolidazione dei terreni. Queste condizioni più o meno influenzate da fasi tettoniche, in taluni casi hanno indotto, in circoscritte aree, accentuazioni dei fenomeni subsidenti ai quali si è associato, localmente, lo svilupparsi di faglie distensive che non giungono in superficie e sono sigillate dall'unità AES7.

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

### **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 e presenta vergenza settentrionale ed è suddivisa in due dorsali una più interna: Struttura Bagnolo in Piano - Campagnola E. - Rolo - Novi MO - Mirandola - Cento ed una esterna: Struttura Quarantoli - Bondeno - Ferrara.

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

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

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

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

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

Lo spessore della successione mesozoica, che nel settore di "Bagnolo in Piano" è caratterizzata dall'omonima piattaforma carbonatica, presente circa tra 4500 e >5730 m, conferisce un incremento relativo della rigidità della sequenza formante i primi 10 - 12 Km del sottosuolo tutt'altro che trascurabile. Detti elementi, unitamente all'esistenza della linea tettonica denominata *Emilian fault* (A. Bosellini; 1981), determinano condizioni d'insieme significativamente influenti sul tipo di attività sismica dell'area 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 con

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

Nel settore orientale del territorio in esame, zona 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 faglie dirette 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) 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 dell’area comunale.

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

### **3.2.1 Subsintema AES8**

Il complesso deposizionale più recente AES8 (ciclo Ao), contraddistinto 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 Subsintema AES7**

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

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

Le geometrie dei corpi sabbiosi evidenziano deformazioni inferiori e maggior frequenza in percentuale rappresentata, nei settori centrali del territorio in esame: Correggio centro nord – Bagnolo I.P. centro nord – Novellara 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 di fascia gli spessori relativi e le profondità sono minori, rispettivamente 110/120 m e -180/-200 m pc e contestualmente evidenziano assetti orizzontali – sub orizzontali; questi ultimi procedendo in direzione ovest sud evidenziano deformazioni che generano inclinazioni di  $1^\circ \div 1,5^\circ$  dei corpi sabbiosi in direzioni sud – ovest.

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

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

In dette 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 e sfalsati in senso verticale. Tali discontinuità evidenziate in prospezioni geofisiche profonde (analisi *F.C. Molinari*) 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 crestale” (*F.C. Molinari*) e pare abbiano indotto rigetti stimabili in 40/50 m.

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

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

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

### **3.2.4 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 autoconsolidazione.

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  $2^\circ$  e  $2,8^\circ$ .

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

### **3.2.5 Subsintema Quaternario Marino Superiore**

I corpi sabbiosi del Quaternario Marino Superiore (0,75/0,8 ÷ 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) e nel Pleistocene medio (0,8 e 0,65 Ma) che med sup (tra 0,45 e 0,6 Ma bp e tra 0,22 e 0,26 Ma bp) che nell'area reggiano - parmense sono probabilmente collegati all'interazione della parte più interna delle Pieghe Ferraresi (Struttura di Bagnolo) con il settore più esterno della Struttura di Reggio (*G.Barbacini et alii, 2002*).

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

Le variazioni delle condizioni dei bacini sedimentari nel tardo Pleistocene sarebbero confermate dalla ridotta profondità della base dell'Olocene (10.000 / 12.000 anni bp) che ad occidente di Reggio Emilia e zone a settentrione della stessa, corrisponde circa a 10 ÷ 15/20 m ed aumenta in direzione orientale, attestandosi a 15 ÷ 20/25 m nelle zone a settentrione di Modena e con l'avvicinarsi al bolognese tende ad approfondirsi ulteriormente.

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

Le fasi tettoniche più recenti, che denotano l'attività delle strutture nel Pleistocene superiore – Olocene sono testimoniate da dislocazioni e basculamenti che interessano le conoidi alluvionali, piegamenti che coinvolgono i depositi mindelliani e rissiani al piede dei colli (anticlinali del Ghiardo, Montecchio, Monticelli), dalle discontinuità individuate nei profili sismici che, denotano l'attività degli sovrascorrimenti sepolti delle Pieghe Ferraresi, evidenziati dalle geometrie arcuate della base delle sequenze alluvionali della parte medio basale di AES e di quelle di AEI.

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

L'assetto delle strutture profonde visualizzato nella *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (*M. Boccaletti – L. Martelli; 2004*) indica attività della linea di sovrascorrimento, al bordo occidentale della Dorsale Ferrarese, orientata sud ovest – nord est circa da Cadelbosco di Sopra – Cadelbosco di Sotto – Novellara ovest – Fabbrico, e dei fronti di accavallamento della successione Carbonato Mesozoica e del Basamento, nel settore formante la fascia circa estesa secondo l'allineamento Villa Sesso – Pieve Rossa – Campagnola Emilia – Fabbrico – Rolo – Concordia sS.

Oltre alle sopra descritte zone ad oriente di Correggio ed immediatamente ad ovest di San Martino in Rio, è presente una linea di sovrascorrimento, interessata da possibili riattivazioni, che si estende circa secondo Prato – S. Martino in Rio – Zona industriale di Correggio e, con 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, conferma ulteriormente l'attività sismica del territorio in oggetto.

In tali aree l'attività dei sollevamenti delle strutture trova riscontro nei minori tassi di abbassamento,  $< 1$  cm anno, rispetto alle fasce di Pianura più ad oriente: est Correggio – Carpi – Ravarino:  $1.5/2$  cm anno.

La distribuzione degli ipocentri focali denota che il territorio in oggetto è interessato principalmente da un'attività sismogenetica, correlata a faglie compressive e trascorrenti, di tipo superficiale: primi 15 km del sottosuolo; la diffusione dei fuochi che si generano tra – 15 e – 35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

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

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

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

I valori di  $a_g$  elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (*Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di 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:

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

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

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

$$\mathbf{a_{gref} = 0,147 \text{ g}}$$

### **3.4 Subsidenza**

I fenomeni subsidenti nel territorio di Rio Saliceto sono correlabili ai processi di auto consolidazione naturale dei depositi delle aree di pianura che nella zona in esame denotano

un elevato grado di influenza connesso all'assetto del substrato pliocenico e prepliocenico; a tali condizioni si sommano gli effetti correlati alle estrazioni di fluidi dal sottosuolo.

Questi ultimi interessano prevalentemente i primi 100/200 – 250 m del sottosuolo ed hanno determinato abbassamenti dei terreni in superficie di  $1 \div 2,5$  cm anno, con valori minimi nella parte settentrionale – centro settentrionale del territorio e massimi relativi nel settore meridionale orientale.

Tali fattori trovano corrispondenza nella variabilità in spessore e geometrie dei complessi acquiferi che formano i primi 300  $\div$  400 m del sottosuolo con le linee di uguale abbassamento del terreno (isocinetiche) relative al periodo 1992/2011 corrispondenti a 10/25 mm/anno (arpa.RER; [www.arpa.emr.it/dettaglio\\_generale.asp?Id20512divello=1423](http://www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp?Id20512divello=1423)).

Le sezioni idrogeologico strutturali mostrano infatti che le unità idrogeologiche AES8 ed AES7 (dal presente a 125.000 b.p.) le cui deposizioni sono state influenzate sostanzialmente dai cambiamenti climatici che hanno interessato il bacino padano nel sopracitato periodo, sono caratterizzate da spessori relativi inferiori nel settore più prossimo alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese dove equivalgono a 70  $\div$  80 m e tendono ad aumentare in potenza in direzione sud ed ovest con incrementi relativi equivalenti sia in verso meridionale che occidentale meridionale che assumono spessori di 90  $\div$  95 m.

Dette caratteristiche si rimarcano in verso settentrionale con l'approssimarsi all'asse della Dorsale Ferrarese dove si riscontrano spessori medi di 60 m che si riducono ulteriormente a 50/30 m in direzione nord est (Rolo – Novi MO) d'altra parte in verso meridionale orientale ed nord occidentale (rispettivamente Carpi – Novellara), in concordanza con l'approfondimento del substrato prepliocenico, gli spessori incrementano gradualmente raggiungendo 100 m.

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

La presenza della base dell'AES si riscontra a profondità diverse tra i settori di territorio occidentali, ai quali appartiene il comune di Rio Saliceto, e quelli più orientali: zona di Carpi. Nei primi: Rio Saliceto – Campagnola E. – Correggio, la base dell'AES è rinvenibile tra -170/-100 m pc e -200/-230 m pc con approfondimenti in direzione occidentale – meridionale occidentale; nelle zone ad oriente dal confine comunale est di Rio Saliceto, la base dell'AES si riscontra tra -120/-150 m pc e -170/-180/-210 m pc, con approfondimento in verso orientale meridionale.

Dette differenze di profondità, desunte da profili sismici a riflessione e stratigrafie di perforazioni per pozzi, sono con tutta probabilità correlate a processi di faglia.

Questi ultimi non si trasmettono in superficie e sono sigillati dai depositi del subsintema AES7 ed unità superiore del sintema AES, nei quali non si riscontrano.

Analoghe caratteristiche di variazione di spessori ad assetto geometrico evidenziano la base delle unità del Sintema Alluvionale Inferiore: AEI (400.000  $\div$  650.000/800.000 anni b.p.) sul quale hanno influito sia i cambiamenti climatici che i movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano in detto periodo; la base di tale sintema nei settori occidentali:

Rio Saliceto – Campagnola E., Correggio è rinvenibile a -260 m pc e -300/-340 m p.c. con rapidi approfondimenti in direzione ovest dove si attesta a -360/-400 m p.c.

Nei territori ad est del confine orientale di Rio Saliceto la base dell'AEI si rinviene tra -180/-200 m pc e -230/-260/-300 m pc, con approfondimento in direzione est – sud est; come per il sistema sovrastante, tali differenze di profondità della base, sono correlabili a faglie distensive.

Oltre ai sopradescritti processi di tipo naturale, sono documentati nel territorio di Rio Saliceto le rilevazioni della rete regionale di monitoraggio della subsidenza di ARPA.ER. documentano isocinetiche di abbassamento di 1-2 cm/anno con incremento dei valori a 2 ÷ 2.5 cm/anno in direzione meridionale, nel periodo 1992-2011.

Tali condizioni sono correlabili agli emungimenti idrici dal sottosuolo che risultano essere in disequilibrio con le potenzialità e tempi di ricarica degli acquiferi confinati presenti nei primi 200/300 m del sottosuolo. Quanto esposto è confermato da recenti studi delle caratteristiche isotopiche delle acque sotterranee della Pianura Padana emiliana (*G. Martinelli et alii*, 2014) dai quali risulta che una consistente parte delle acque presenti nel sottosuolo è stata immagazzinata in periodi precedenti ad 8000 anni bp contraddistinti da condizioni climatiche più fredde di quelle attuali.

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

### **3.5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

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

Detta disamina si è redatta mediante un'analisi delle caratteristiche topografiche del microrilievo, fotogeolitologiche, del reticolo idrografico superficiale, degli interventi antropici, delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM 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 fotosatellite 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.

### **3.6 Caratteri Geomorfologici**

Il territorio di Rio Saliceto appartiene alla fascia della Media Pianura Padana Appenninica costituitasi tra l'area dei coni alluvionali pedeappenninici e la zona di dominio del Po. Detto settore è caratterizzato nel sottosuolo da sequenze di spessi orizzonti

prevalentemente argillosi - argilloso limosi, ai quali si intercalano subordinate sequenze di strati sabbiosi generalmente di modesto spessore.

Negli ambiti planiziali i corsi d'acqua svolgono prevalentemente un'azione sedimentante e pertanto in tali condizioni i fiumi sono liberi di espandere le proprie acque sulle aree che li fiancheggiano in occasione delle piene.

In tali modelli di accrescimento, i materiali in carico alle acque si distribuiscono in modo che quelli più grossolani, cioè le sabbie, formino, oltre alle barre, le sponde naturali d'alveo; mentre i più fini come le argille limose, si depositano nei punti più distanti dagli argini e quindi nelle depressioni comprese tra un fiume e l'altro. Di conseguenza le parcellizzazioni litologiche superficiali evidenziano, nelle componenti granulometriche sabbiose ambienti sedimentari ad energia idrodinamica discretamente alta, tratti d'alveo, mentre le aree costituite da litotipi argilloso - limosi definiscono settori di bassa energia a sedimentazione lenta concordanti con ambienti palustri.

L'ambito evolutivo naturale della pianura padana, caratterizzato da una condizione di equilibrio dinamico, è stato fortemente influenzato dall'azione dell'uomo. Quest'ultimo, per cautelarsi dalle esondazioni, ha costretto i corsi d'acqua a scorrere sempre negli stessi alvei, elevando gli argini di pari passo all'innalzamento dei letti fluviali. Tale irrigidimento della rete idrografica naturale ha accentuato i dislivelli tra i fiumi ed i territori che li fiancheggiano sia per un mancato apporto di materiali che per l'incremento di subsidenza differenziale.

Le caratteristiche di trasformazione descritte concordano con le emergenze morfologiche presenti nell'area comunale di Rio Saliceto. Infatti si rileva una conformazione pianeggiante con ondulazioni principali, ad ampio raggio, allungate in senso ovest - est e sud ovest - nord est, correlate a dossi minori, che nell'insieme delimitano estese aree vallive che caratterizzano il territorio a settentrione del capoluogo. Gli assetti a dossi di maggior importanza si riscontrano: a nord del confine comunale settentrionale, circa secondo l'allineamento Fabbrico - Rolo e nella fascia meridionale estesa sub parallelamente all'allineamento via S. Lodovico - via Castelli alla quale appartiene il capoluogo. I dossi minori si riscontrano al confine territoriale occidentale tra Campagnola E. e Rio Saliceto, sub parallelamente al Cavo di Correggio - Cavo Naviglio, al limite ovest del territorio contraddistinto da un dosso esteso sub parallelamente al Cavo Bentivoglio - Cavo Tresinaro.

Tali zone delimitano aree a pendenza molto bassa <0,8%, che tendono a riunirsi all'estremità settentrionale del comune costituendo le valli tra Rio Saliceto - Fabbrico - Campagnola E. - Fossoli. In questa zona si rileva la presenza di un tratto d'alveo residuale secondario, probabilmente correlabile ad un antico asse idrico di colmata, esteso secondo la strada che dal capoluogo procede verso Berniera - Casinetto perdendo di identità in prossimità di quest'ultimo toponimo.

Detti paleoalvei conseguono dalle passate divagazioni fluviali dei fiumi appenninici e del Po, derivate sia dalle variazioni climatiche che, con tutta probabilità, da movimenti tettonici che hanno interessato la Dorsale Ferrarese (Veggiani A. 1974).

Nell'ambito dell'evoluzione geomorfologica del territorio di Rio Saliceto hanno svolto un'azione importante il T. Tresinaro ed il T. Crostolo. Quest'ultimo circa sino al 12° secolo d.C. quindi prima della rotta di Ficarolo avvenuta tra il 1152 ed il 1192 (Ciabatti, 1966), passava ad est di Reggio Emilia, da qui proseguiva verso nord est attraversando l'area

compresa tra Budrio - Correggio - Cognento e, deviando verso oriente, assumeva un andamento ESE-WNW, assecondando l'allineamento: Campagnola E. - Fabbrico - Rolo - Novi. Successivamente, raccogliendo le acque del Secchia, confluiva al Po nei pressi di Bondeno di Ferrara (Veggiari A., 1974).

Per quanto riguarda il Tresinaro è storicamente documentato che prima dello sbarramento di Fellegara avvenuto circa nel 1300 d.C., si dirigeva da Roncadella verso S. Martino In Rio e proseguiva poi con il canale di Migliarina sino al Cavo Parmigiana Moglia.

Oltre alle strutture geomorfologiche precedentemente descritte si rileva la presenza di un paleoalveo, sensibilmente rimaneggiato, di primaria importanza, esteso in direttrice ovest - est circa secondo l'allineamento Cognento - Rio Saliceto - S. Marino. Tale morfologia ha governato territorialmente le condizioni di accrescimento della fascia a settentrione di Rio Saliceto capoluogo. Infatti detta struttura fluviale estinta, costituendo un dosso debolmente pronunciato rispetto al piano campagna naturale circostante, ha ostacolato in questa zona l'impostarsi del reticolo idrografico appenninico a direttrice sud nord, causando un rallentamento e ritardo nel colmamento delle fasce territoriali a nord di Cognento - Rio Saliceto - S. Marino.

Tale area inoltre non poteva ricevere gli apporti delle alluvioni provenienti da settentrione poiché il dosso topografico, attribuibile al T. Crostolo, allungantesi secondo i capoluoghi Campagnola E., Fabbrico, Rolo, Novi, ha impedito ai materiali in carico alle acque, derivanti da rotte e tracimazioni che si originavano a nord, di colmare i territori tra Campagnola E., Rio Saliceto e Carpi - Rolo.

Alle condizioni geomorfologiche descritte è conseguita l'instaurazione di un ambiente vallivo palustre, caratterizzato dalla deposizione di materiali, essenzialmente argillosi con intercalati subordinati sottili e discontinui livelli sabbioso fini limosi, contrassegnati a livello territoriale da un forte grado di lenticolarità.

Dette peculiarità di ambiente vallivo contraddistinguono la quasi totalità del territorio di Rio Saliceto a settentrione di via Bondione sino ai confini con i comuni di Fabbrico e Rolo. Tale conformazione qualificata dalla presenza di terreni praticamente esclusivamente argillosi nei primi 10 ÷ 12 m del sottosuolo, conferisce alla parte di territorio in oggetto un elevato grado naturale di protezione dall'inquinamento per gli acquiferi presenti nel sottosuolo.

Altra peculiarità geomorfologica di interesse nell'ambito comunale è rappresentata dal cono di rotta che si riscontra nella fascia occidentale, al confine con Campagnola Emilia, circa tra C. Manicardi - C. Bruschi e Corno Grande.

Tra gli interventi antropici sul territorio spicca la cassa di espansione del Cavo Tresinaro, nel settore nord orientale dell'area Comunale, ubicata tra l'omonimo cavo, la sP. Rio Saliceto - Rolo e via Grilli.

Per quanto riguarda gli insediamenti antropici sono stati riscontrati siti che indicano la presenza di aree emerse durante la preistoria.

Il paesaggio che si profilava in tale periodo non era però generalmente stabile dal punto di vista idraulico. Infatti i più decisi insediamenti umani diffusi sul territorio di Rio Saliceto e sulle zone ad esso circostanti risalgono solitamente ad epoche successive al 1.000 d.C. e vanno via via affermandosi con il Medioevo.

Una comprova di relativa diminuzione dell'instabilità idraulica locale del territorio è indicato dalla presenza di siti di rinvenimento archeologico di età romana, (*J. Tirabassi, 1980 in: Storia Popolare di Rio Saliceto*) nella fascia a settentrione del capoluogo (Ca' de Frati) dove, a nord ovest, si denotano inoltre tracce riconducibili a centuriazione.

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

Nel contesto evolutivo geomorfologico del territorio comunale ha esercitato una sensibile influenza l'assetto geostrutturale del substrato prepliocenico e delle formazioni plioceniche.

Infatti il Po tendeva progressivamente a migrare verso nord allontanandosi dalla Dorsale Ferrarese. Quest'ultima ha probabilmente subito movimenti nel medioevo come suggeriscono i numerosi e violenti terremoti verificatisi nella Valle Padana dal 1100 al 1600.

In conclusione l'evoluzione morfopaesaggistica del territorio in esame è legata alle grandi trasformazioni idrografiche del Po ed è correlabile prevalentemente a fenomeni di sovralluvionamento degli alvei fluviali coincidenti con l'alternarsi di cicli climatici a diversa piovosità, subsidenza differenziata legata sia al diverso grado di costipamento dei terreni, che a fenomeni tettonici profondi, conformazione strutturale della Dorsale Ferrarese ed ai relativi spostamenti tettonici che l'hanno interessata.

Gli ultimi fattori hanno indotto fenomeni di subsidenza differenziata e quindi anche diversi equilibri di sedimentazione locale concordanti con gli aspetti morfopaesaggistici riscontrati.

Attualmente la tendenza evolutiva del territorio è relativamente conservativa dato che le principali linee di drenaggio sono regimate dall'uomo.

### **3.7 IDROGEOLOGIA**

#### **3.7.1 *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 che alla naturale evoluzione dei Fiumi Secchia e Po, torrenti Enza e Crostolo, 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 nel quale gli spartiacque superficiali più importanti sono costituiti dal Cavo

Naviglio, Cavo Tresinaro, il dosso Migliarina - Rio Saliceto - Cognito e la S.P. Fabbrico - Rolo - Novi.

Il funzionamento dello scolo idrico superficiale è subordinato, prevalentemente, al funzionamento degli impianti di sollevamento meccanico.

I bacini sopra descritti sono a loro volta suddivisi in microbacini che tramite una fitta rete di fossi e scoli convogliano i deflussi idrici, relativi alle acque che non si infiltrano nel sottosuolo, nei collettori principali che solcano il territorio.

Questi ultimi risultano essere i cavi: Naviglio, Tresinaro, Bondione, Fossatelli, primi trasmettono il proprio carico idrico nel Cavo Parmigiana Moglia; mentre i secondi confluiscono al Collettore Acque Basse Modenesi; quest'ultimo, tramite il Canale Emissario, affluisce al F. Secchia mediante l'Impianto Idrovoro di S. Siro dal quale le acque giungono al F. Po. Il Cavo Parmigiana Moglia si riversa nel Secchia, in località Bondanello, dal quale i deflussi giungono al Po.

Osservando dettagliatamente la rete idrica superficiale si riscontrano differenze nell'organizzazione degli scoli minori, in rapporto alla parcellizzazione agraria, conseguente a preesistenze morfologico strutturali territoriali. Dette strutture possono coincidere con aree di antica sistemazione fondiaria, che sfruttava tratti di estinti drenaggi naturali, evidenziati da tracciati sensibilmente sinuosi.

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

Nel territorio studiato si rileva che gli spartiacque superficiali ad occidente ed a meridione del capoluogo decorrono sub parallelamente a tratti di asse idrogeologico sotterraneo. Questi tendono ad estendersi secondo paleoalvei e quindi in zone a permeabilità relativa di grado medio - medio elevato, come lungo la fascia con andamento sub parallelo a via S. Lodovico - Canale di Rio, quella assecondante il Naviglietto, a sud, e quella tra Riscossa e C. Magnanini a nord del capoluogo.

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

- Cavo Naviglio
- Cavo Naviglietto
- Cavo Tresinaro
- Fossa Marza

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 in passato, che il sistema di scolo superficiale richiede una continua manutenzione ed 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, è opportuno valutare anche la realizzazione di vasche di laminazione delle acque di prima pioggia corredate di comparti separati per la raccolta delle acque di testa delle piogge.

### **3.7.1.1 Rischio idraulico**

L'analisi relativa agli eventi di esondazione o allagamento in occasione di piogge critiche è stata sviluppata 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 distinte le aree esondate da quelle allagate in occasione di piogge critiche o con difficoltoso drenaggio.

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

Tale differenziazione deriva dai diversi effetti prodotti da detti fenomeni. Infatti tracimazioni ed esondazioni da cavi e canali possono indurre spessori della lama d'acqua superiori a 0,5 ÷ 0,6 m; allagamenti per piogge critiche determinano generalmente altezze del battente idrico inferiori a 0,2 ÷ 0,3 m. Ne consegue che limitate sopraelevazioni di 0,4 ÷ 0,6 m, rispetto al piano campagna esistente, ed un 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 ÷ 1,0 m.

Oltre a tali interventi, per evitare incrementi del carico idraulico negli assi di scolo superficiale è opportuno siano eseguite aree di ritenzione temporanea delle acque meteoriche quali vasche di prima pioggia al servizio sia di aree di nuovo insediamento che di zone già urbanizzate.

Le zone del territorio di Rio Saliceto che sono state soggette in passato ad esondazioni sono costituite dalla fascia tra la sP. Rio Saliceto – Rolo (a settentrione dell'allineamento C. Berniera – C. La Casetta) e l'area ad oriente del Cavo Naviglio, tra lo stesso e la sP n°48 ad ovest delimitata a nord da via Lodovico – L'Osteriola ed a sud da via Lupi – Sabbietta.

Nel settore occidentale settentrionale dal territorio tra la sP. Rio Saliceto – Rolo ed il Canale Naviglio a settentrione di via Bondione, formata dall'area valliva di Cà de' Frati, sono presenti condizioni di difficoltoso drenaggio.

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 sopra indicate.

In relazione al grado di efficienza dei corpi arginali, degli assi idrici superficiali, rilevazioni sul campo, hanno evidenziato l'adeguata 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 meteorologici rilevati negli ultimi 10 anni e dei tempi di realizzazione dei rilevati arginali, è opportuno siano continuate ed implementate

### **3.7.2 Ambiente Idrico Sotterraneo**

In funzione delle condizioni di pericolosità che possono insorgere per sovrappressioni indotte sulla falda idrica sotterranea delle sollecitazioni sismiche, con potenziale generazione di processi di liquefazione, l'analisi delle caratteristiche idrogeologiche locali è stata rivolta principalmente all'assetto della falda freatica.

Gli elementi che contraddistinguono gli orizzonti idrogeologici che costituiscono detto acquifero sono stati individuati in base ai rilevamenti diretti nei pozzi e raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni eseguiti nel contesto del QC.PSC.

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

### **3.7.3 Definizione del sistema idrogeologico**

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

Detto ambito è formato da depositi clastici del Quaternario Continentale 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. Per quanto riguarda il tetto delle acque salate se ne riscontra la presenza a -350 ÷ -400 m dal piano campagna e tende ad approssimarsi a quest'ultimo in direttrice nord est, raggiungendo -170 m nella fascia a settentrione di Rio Saliceto in comune di Rolo.

#### **3.7.3.1 Interfaccia Acque Dolci - Acque Salate**

I dati ottenuti da prospezioni geofisiche con metodo geoelettrico eseguite dallo Scrivente e le indagini ed elaborazioni di: *AGIP, IDROSER, Studio Idrogeologico Della Bassa Reggiana*, indicano che le acque salate si rinvergono generalmente tra -400 e -200 m dal piano campagna.

Tale limite tende ad approssimarsi alla superficie nelle zone nord orientali del territorio, dove si riscontra a -200 ÷ -150 m dal p.c., in comune di Rolo. Questo innalzamento dell'interfaccia si verifica concordemente con l'avvicinarsi alla fascia di culminazione assiale della Dorsale Ferrarese, presente nell'area di Novi di Modena.

Sopra detto limite si rinvengono acque dolci e salate miscelate che formano un'unità a conducibilità delle acque mediamente oscillante tra 2.000 e 3.000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

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

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

La successione idrogeologica presente nel sottosuolo di Rio Saliceto, Correggio, S. Martino in Rio, ed in zone limitrofe, è stata desunta dalle analisi di profili geofisici eseguiti da AGIP-ENI elaborate da *Dr. Fabio Molinari*, 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.

#### **3.7.4.1 Serie Idrogeologica Locale**

In riferimento alle sopra descritte indagini ed in particolare ai dati acquisiti da RER ed AGIP, la successione sedimentaria (età Pleistocene inferiore – Olocene) è localmente, 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 delle 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 in funzione della separazione tra loro da superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità.

Complesso Acquifero A0 (Unità geologica AES8): è correlabile a deposizioni prevalentemente di ambiente continentale di età olocenica (12.000 – 14.000 anni b.p fino all'attuale).

I corpi acquiferi, rappresentati in percentuale subordinata rispetto agli orizzonti in componenti fini argilloso limose, sono contraddistinti da geometrie prevalentemente nastriformi; la base dell'unità è caratterizzata da sequenze argilloso limose con diffusa presenza di sostanza organica in livelli da centimetrici a decimetrici che nell'insieme

costituiscono orizzonti con spessori di 0,5/1,5 m e si rinvencono a profondità variabili tra -14/-15 m pc e -16/-18 m pc, correlabili ad impaludamenti connessi a fasi di ingressione marina.

Generalmente le litozone prevalentemente sabbiose non evidenziano 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 Rio Saliceto oscilla mediamente tra 15 ÷ 20 m ed assume gli spessori relativi inferiori: 15/18 m nelle zone settentrionali - settentrionali orientali al confine con Rolo – Fabbrico; la sequenza evidenzia potenze tendenzialmente maggiori nelle zone centro occidentali e meridionali, dove si rinviene generalmente sino a -20 m dal piano campagna.

In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica hanno geometria spiccatamente lentiforme e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche, con arricchimenti nelle frazioni sabbiose nelle zone centrali delle fasce di paleoalveo, generalmente più rappresentate nel settore meridionale del territorio comunale nella zona nastriforme estesa ovest est da Osteriola a sud Capoluogo – Stabilimenti Goldoni.

Analoghe condizioni si riscontrano nei settori occidentali ed orientali dove si rilevano incrementi nelle percentuali rappresentate dalle frazioni sabbioso – sabbioso limose.

Le parti di territorio centrali e settentrionali sono generalmente caratterizzate dalla presenza nei primi 10 ÷ 15/20 m del sottosuolo, di litotipi argillosi (Cà De Frati); che determinano condizioni di falda acquifera localmente confinata; tale caratteristica a scala territoriale è discontinua e pertanto l'acquifero freatico nelle zone occidentali, orientali e meridionali in diretta comunicazione con i fluidi che scorrono e si infiltrano dalla superficie.

I livelli sabbiosi saturi in acqua che presentano un maggior grado di continuità laterale relativa costituiscono la fascia allungata in direzione ovest – est (Osteriola – stabilimenti Goldoni); sono inoltre presenti aree di limitata ampiezza con analoghe caratteristiche, estese in senso sud nord nelle zone sud occidentali (Merlina Grande – C. Camilla) e nella fascia centro orientale dal capoluogo a Berniera allungata circa sub parallelamente alla sP. Rio Saliceto - Rolo.

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 connesse ai processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano e presenta modificazioni molto blande alla base; queste ultime tendono ad accentuarsi nel sottosuolo a nord est del territorio di comunale, con l'approssimarsi alla fascia di asse della Dorsale Ferrarese; gli assetti deformativi sono collegati a subsidenza differenziata per auto consolidazione.

Tale unità presenta spessori generalmente compresi tra 40/50/60 m, con potenze relative minori nelle zone settentrionali orientali, corrispondenti in media a 40/50 m. Gli spessori più rilevanti si riscontrano nei settori occidentali meridionali: 55/60 m; si rinviene generalmente sino a -60/-80 m dal piano campagna nelle aree sud e a -60/-70 m pc nelle zone nord est.

Gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale relativa in tale unità, sono rilevabili a profondità tra -60/-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 collegate a processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano ed evidenzia moderate deformazioni alla base dell'unità nelle zone nord orientali connesse a subsidenza differenziata conseguita ai minori spessori dei depositi post pliocenici. Tale insieme presenta potenze generalmente comprese tra 30 e 40 m con spessori relativi maggiori delle unità sabbiose nelle zone sud occidentali; si rinviene generalmente sino a 100 ÷ 110/120 m dal piano campagna.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale, sono riscontrabili a profondità tra -75/-80 m pc e tendono ad essere meno profondi nelle zone nord orientali dove si rinvencono tra -85/-95 m pc.

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 a nord orientali si riscontrano assetti deformativi collegati ed a processi distensivi.

Tale complesso presenta spessori generalmente compresi tra 25 e 30/40 m con potenze relative minori in direzione nord est e risulta discontinuo nelle zone ad oriente del territorio di Rio Saliceto nel settore nord ovest del carpigiano; si rinviene generalmente sino a 120 ÷ 140 m da piano campagna nelle aree meridionali e sino a -110/-120 m 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 rinvenibili nel territorio ad oriente del confine comunale est di 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 influenze connesse 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 del territorio di Rio Saliceto si osservano deformazioni più accentuate correlate alle sia alle geometrie del bacino di deposizione che hanno determinato minori effetti subsidenti si associano discontinuità nel complesso A4, che a processi distensivi indicati dalla irregolarità/interruzione delle unità sabbiose, associabili 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 tra le profondità di -160/-190 m pc nelle zone meridionali e -150/-180 m p.c. nelle aree settentrionali orientali; nel territorio ad oriente di 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 tra -140/-150 e -160/-170 m pc ed hanno spessore di 4 ÷ 6 m.

#### Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale Inferiore - AEI):

Evidenzia 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 Rio Saliceto evidenzia mediamente spessori di 80 m ed è individuabile sino a -250/-270 nelle zone meridionali ed occidentali e si riscontra sino a -220/-240 m pc nei settori nord orientali; ad est nel carpigiano si rileva a -200/-220 m pc.

Procedendo in direzione sud ovest rispetto al territorio di Rio Saliceto si approfondisce a -300/-360 m pc e gli spessori incrementano a 100/120 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).

Nelle zone ad est del territorio di 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 e si rinviene a -200/-220 m pc.

#### **3.7.4.2 Conducibilità idraulica degli acquiferi**

I livelli acquiferi individuati, precedentemente descritti, formano orizzonti tra loro separati da potenti bancate sostanzialmente impermeabili. Dette unità permeabili a scala territoriale tendono a convergere ed a fondersi, procedendo verso nord, con le spesse bancate sabbiose del Po. Analogamente in senso nord sud, nelle zone a meridione della via Emilia, si osserva che i livelli sabbiosi tendono a convergere ed a fondersi con le unità idrogeologiche dei coni alluvionali.

Nel sottosuolo dell'area settentrionale orientale del territorio comunale, si evidenzia una tendenziale inclinazione degli orizzonti in senso nord - sud. Oltre a ciò detti acquiferi presentano spessori relativi maggiori nelle zone a settentrione di Rio Saliceto, con l'approssimarsi all'Unità idrogeologica del Po. Le bancate prevalentemente sabbiose evidenziano una tendenza più o meno graduale all'assottigliamento procedendo in direzione da est verso ovest. L'assetto lentiforme e le variazioni di potenza che si evidenziano da sud a nord, indicano l'avvicinamento alla fascia di transizione tra zone a caratteri idrogeologici diversi: tra l'Unità Idrogeologica della Media Pianura e L'Unità Idrogeologica del Po.

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

$$- T = 3,5 \cdot 10^{-4} / 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mq/s (Campagnola Emilia)}$$

$$- T = 1 / 1,2 \cdot 10^{-2} \div 3 / 5 \cdot 10^{-3} \text{ mq/sec (Bassa Modenese)}$$

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.

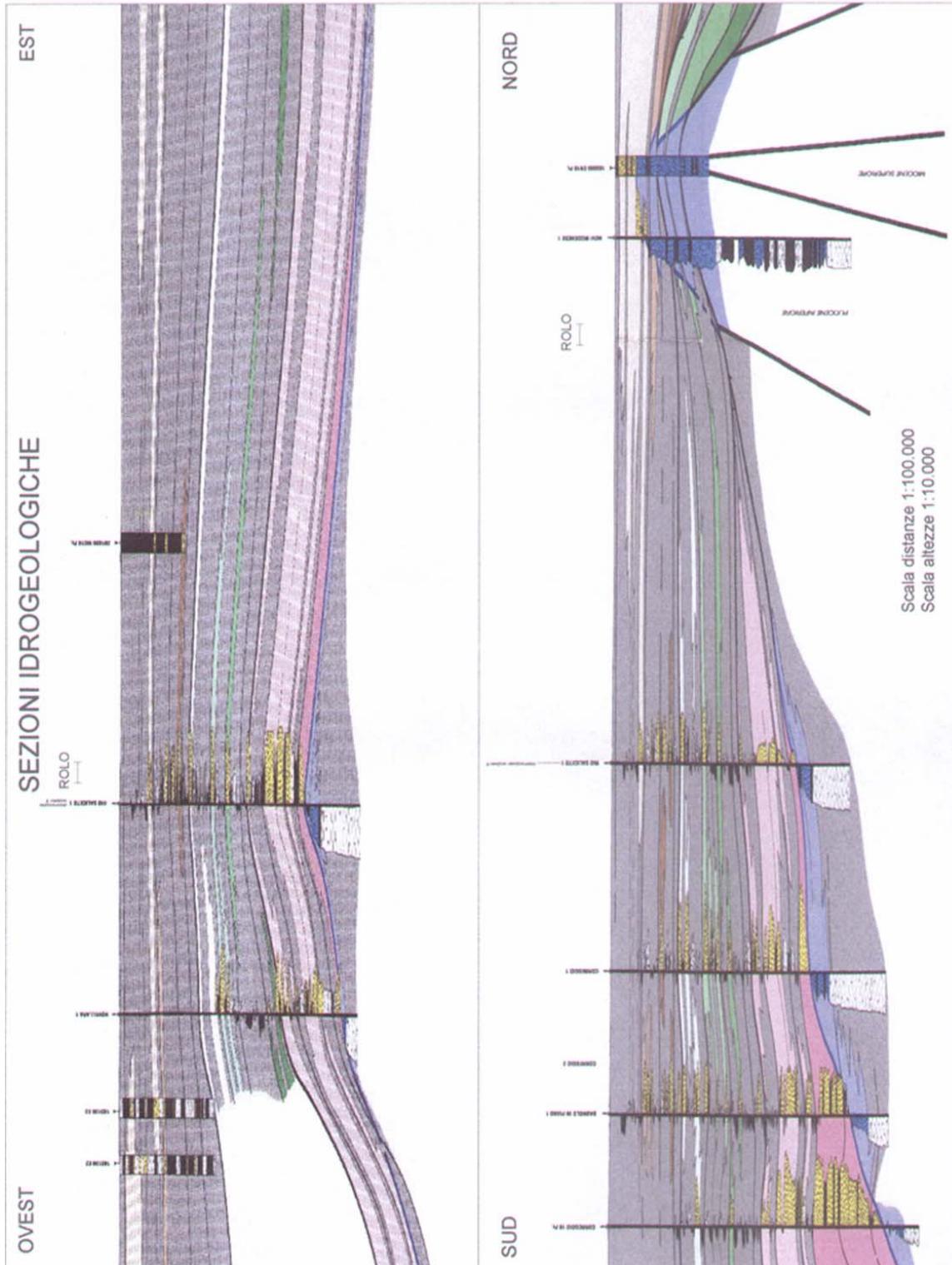
Le analisi isotopiche delle acque sotterranee della media pianura (*G. Martinelli, et alii, 2014*) indicano che una consistente parte della risorsa idrica presente nel sottosuolo è stata immagazzinata in periodi precedenti ad 8000 anni b.p.

### **3.8 Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale**

L'individuazione delle linee generali, dell'assetto dei deflussi idrici delle acque sotterranee del primo acquifero o falda freatica, è stata eseguita in base alle campagne di misurazione del livello d'equilibrio nei pozzi accessibili presenti nell'area 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.



### **3.8.1 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 parametri essenziali per la valutazione della profondità dei terreni saturati dalla 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.

### **3.8.2 Isopieze dell'acquifero**

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

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

La piezometria del primo acquifero sotterraneo nel territorio di Rio Saliceto, presenta un assetto sensibilmente complesso.

Questo si caratterizza con linee piezometriche con concavità rivolta nel senso di moto della falda identificanti la presenza di una falda conica a filetti convergenti nelle fasce di territorio estese in direzione sud ovest - nord est, circa con andamento sub parallelo all'allineamento Osteriola - C. Lodovini - 400 m ovest incrocio V. S. Pietro/Cavo Bondione, tra il confine comunale occidentale e Cavo Bondione.

Analogo assetto a falda conica convergente, si rileva nella parte orientale della superficie comunale, dove si riscontra una fascia di drenaggio idrico sotterraneo a direttrice sud sud ovest - nord nord est, che si estende assecondando l'andamento del confine comunale orientale.

Altra fascia di drenaggio dell'acquifero freatico, si riscontra nel settore meridionale del territorio comunale. In quest'ultimo è presente un asse di drenaggio idrico sotterraneo orientato in senso ovest - est, estendentesi circa da Merlinia a C. Camilla - C. Canossi - C. Bartoli nell'area a meridione del capoluogo.

D'altra parte le zone con isopieze aventi convessità rivolta nel senso di moto della falda, che definiscono una falda conica divergente, si evidenziano nell'area centrale del territorio comunale. Tale fascia è contraddistinta da un asse di ricarica idrica principale orientata sud sud ovest - nord nord est, che si estende circa S. Lodovico - incrocio via Vettigano/sP. Campagnola Rio Saliceto - sP. Rio Saliceto Rolo, assecondando l'andamento di quest'ultima sino al confine comunale settentrionale.

Analogo assetto a falda conica divergente, correlabile ad una fascia di alimentazione a direttrice sud sud est nord nord ovest presente in territorio comunale di Campagnola E, è presente al bordo occidentale dell'area comunale.

Da quanto esposto si evince che la caratteristica saliente della struttura idrogeologica nel territorio esaminato è rappresentata dalla presenza di un asse di alimentazione idrica sotterranea principale, orientato sud nord, che si estende nella fascia centrale della superficie comunale.

Analogo assetto di primaria importanza è rappresentato dalla fascia principale di drenaggio idrico sotterraneo a direzione sud ovest – nord est nel settore occidentale del territorio comunale, che nelle zone a settentrione del capoluogo è correlata alla depressione dell'acquitaro di base della vasta area valliva di Cà de Frati.

L'assetto piezometrico del primo acquifero sotterraneo evidenzia che nel sottosuolo di Rio Saliceto, i deflussi idrici tendono ad assumere una direzione territoriale sud sud ovest – nord nord est..

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

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

nei settori occidentali del territorio comunale,

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

nelle zone settentrionali,

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

nelle aree meridionali,

$$i_m = 0,8 \div 1,0 \div 2,2 \cdot 10^{-3}$$

nelle fasce orientali.

### **3.8.3 Soggiacenza Acquifero freatico**

Questo elaborato (Tav. 1.4) visualizza la profondità, rispetto al piano campagna, alla quale si rinviene il livello d'equilibrio dell'acqua nel sottosuolo.

Nell'ambito delle analisi relative alla falda freatica, data la struttura litotecnica dell'acquifero nelle zone vallive, contraddistinte nei primi 5 ÷ 10 m del sottosuolo da termini essenzialmente argillosi, si osserva che la profondità del livello idrico evidenziata nella tavola in oggetto indica la quota alla quale si ubica l'acqua dopo la completa perforazione dell'orizzonte argilloso.

L'analisi d'insieme dell'elaborato in oggetto evidenzia che la falda rispetto al piano campagna è generalmente più profonda nella fascia settentrionale del territorio comunale: nord via San Pietro, dove è mediamente rinvenibile a:

$$\delta H_2O = -2 \div -2,5 \div -3 \text{ m p.c.}$$

Nell'area centro orientale: sP. Rio Saliceto – Rolo, zona Capoluogo via Fossatelli/Cavo Tresinaro, i valori di soggiacenza corrispondono a:

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

Nella zona centro meridionale, circa tra C. Camilla – S. Lodovico, i livelli corrispondono a:

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

Gli assetti idrogeologici descritti, evidenziano un elevato grado di corrispondenza sia con la struttura geomorfologica del territorio che con la geometria dei livelli acquiferi presenti nell'area comunale di Rio Saliceto.

### **3.8.4 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: P.T.C.C. Carpi – Correggio 1982 – 1984, PIAE provincia di Reggio Emilia 1993, PRG di Rio Saliceto 1998, evidenzia assetti dei deflussi idrici sotterranei ad 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 ÷ 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. Rio Saliceto - Rolo; analoghe caratteristiche hanno la fascia di alimentazione estesa sud ovest nord est nel settore occidentale e quella sub parallela all'andamento del cavo Tresinaro.

### **3.8.5 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 prevalentemente in entrata
- Limite nord:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
- Limite est:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso prevalentemente in uscita.
- Limite di tetto:* nelle aree con presenza di orizzonti argilloso limosi - limoso argillosi nei primi 1 ÷ 5 m dal p.c., si ha un flusso molto basso, praticamente nullo, 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 Rio Saliceto 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 Rio Saliceto, *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 m, nei primi 5 ÷ 10/15 m del sottosuolo (paleoalvei). Le classificazioni delle unità prevalentemente limoso argillose – argilloso limose - argillose, esprimono la netta prevalenza di detti litotipi nei primi 5 ÷ 10 m dal piano campagna.

### 4.1 Carta geologico tecnica

Il territorio in oggetto, appartiene alla fascia tra media e bassa pianura, costituita 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.

Le principali azioni di deposizione in tali ambiti si sviluppano prevalentemente in corrispondenza delle fasce degli assi fluviali che costituiscono corpi sedimentari più rilevati rispetto ai settori ad essi latitanti. In concomitanza delle variazioni climatiche che determinano modificazioni del livello di base per ingressione marina alle quali si associano onde di piena fluviale per intensa piovosità e di afflussi per scioglimento delle nevi nei bacini montani, 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 ed “annegamenti” del sistema idrografico preesistente, con insediamento di ambienti vallivi/palustri.

Sistemi deposizionali come quelli descritti sono osservabili a meridione del Capoluogo e ad ovest dello stesso, circa tra Cognento – Osteriola – S. Lodovico dove si rileva un tratto di paleoalveo a direttrice principale ovest – est che ha ostacolato l'impostazione dei successivi percorsi degli assi fluviali in direzione settentrionale. Analoga influenza ha esercitato anche l'antico tracciato di canale fluviale esteso ovest est esteso sub parallelamente alla sP. Campagnola E. – Fabbriaco – Rolo, a nord del Cavo Cuscina – C.A.B.R., che ha impedito gli afflussi provenienti da settentrione e da occidente.

La presenza di detti tratti di alveo abbandonato hanno determinato difficoltoso colmamento nelle aree centrosettentrionali e settentrionali del territorio, evidenziata dalla presenza degli ambiti vallivi a nord del capoluogo, tra la sP. N° 30, Canale Naviglio, Cavo Tresinaro, confine comunale settentrionale, che a nord di quest'ultimo si riuniscono agli ambiti vallivi delle zone meridionali di Fabbrico – Rolo. Nella fascia centrale meridionale della suddetta area si rileva la presenza di un tratto d'alveo residuale secondario esteso secondo la sP. che dal capoluogo procede verso Berniera - Casinetto perdendo di identità in prossimità di quest'ultimo toponimo con tutta probabilità correlabile ad asse idrico di colmata.

Le azioni sedimentati hanno generato una morfologia pianeggiante con ondulazioni principali, ad ampio raggio, allungate in senso *SSW-NNE* e dossi minori che delimitano fasce vallive più o meno estese.

Nel contesto dell'evoluzione morfologica del territorio un influenza importante è stata svolta dal paleoalveo con orientazione E-W, esteso sub parallelamente alla strada Rio Saliceto – Osteriola – Cognento e dal dosso SW – NE presente lungo l'allineamento Campagnola, Fabbrico, Rolo, Novi.

Detti antichi tracciati naturali hanno costituito un ostacolo all'impostazione dei fiumi a direttrice sud sud ovest – nord nord est di età più recente, causando un ritardo nel colmamento delle zone settentrionali del Comune di Rio Saliceto evidenziato dalle aree vallive presenti che contraddistinguono la quasi totalità del territorio a nord di via Bondione sino ai confini con i comuni di Fabbrico e Rolo.

Tra gli interventi antropici sul territorio un aspetto principale è rappresentato dalla cassa di espansione del Cavo Tresinaro, nel settore nord orientale del territorio, ubicata tra l'omonimo Cavo, la SP. Rio Saliceto – Rolo e via Grilli.

#### **4.2 Caratteristiche litotecniche**

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

**4.3 Successioni Litotecniche****Verticale tipo - Rio Saliceto – RSA: capoluogo – aree meridionali**

<b>Profondità</b>	<b>Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti</b>
<b>Unità RSA1</b> da piano campagna a - 4,0 ÷ - 7,0 m p.c.	Alternanze di strati prevalentemente argillosi – argilloso limosi, limoso argilloso, a luoghi sostituiti lateralmente ad orizzonti sabbiosi – sabbioso limosi, in corrispondenza dei corpi lentiformi di paleoalveo, contenenti lenti o tasche torbose di modesto spessore; detti terreni formano successioni prevalentemente normalconsolidate: qc = 7 ÷ 10 kgf/cmq ed fsm = 0,3 ÷ 0,8 kgf/cmq, a luoghi sono presenti alternanze a medio elevata compressibilità: qcm < 6 kgf/cmq ed fsm < 0,3 kgf/cmq. Tali terreni sono generalmente saturi a profondità sottostanti -1,5 ÷ -2 m p.c..
<b>Unità RSA2</b> Da -4 ÷ -7 a -15 ÷ -20 m p.c.	Litotipi prevalentemente argillosi – argilloso limosi, localmente inglobanti corpi lentiformi sabbiosi, da leggermente sovraconsolidati a sovraconsolidati, contraddistinti da qcm > 18/20 ÷ 24 kgf/cmq e da fsm > 1,0 ÷ 1,2 kgf/cmq, contenenti locali lenti, con spessore inferiore ad 1 m, caratterizzate da qcm = 10/12 kgf/cmq ed fsm = 0,4/0,7 kgf/cmq.

**Verticale tipo – Rio Saliceto – RSB: aree vallive centro settentrionali - settentrionali**

<b>Profondità</b>	<b>Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti</b>
<b>Unità RSB1</b> da piano campagna a -2,0 m p.c.	Litotipi prevalentemente argillosi – argilloso limosi sovraconsolidati, caratterizzati da qcm = 14 ÷ 18 kgf/cmq ed fsm = 0,7 ÷ 1,0 kgf/cmq.
<b>Unità RSB2</b> da -2,0 m a -3,0/-4,0 m p.c.	Alternanze di strati prevalentemente argilloso limosi - limoso argilloso, inglobanti sottili livelli limoso sabbiosi ed a luoghi corpi lentiformi sabbiosi, talvolta contenenti lenti torbose in genere di modesto spessore; detti terreni sono contraddistinti da qcm = 8 ÷ 10/12 kgf/cmq ed fsm = 0,3 ÷ 0,5 kgf/cmq, a luoghi in direzione settentrionale sono sostituiti da argille a medio elevata consistenza qcm = 16/20 kgf/cmq ed fsm < 0,6 ÷ 1,0 kgf/cmq; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -2 m p.c..
<b>Unità RSB3</b> Da -3/-4 m a -15 m p.c.	Litotipi prevalentemente argillosi – argilloso limosi, localmente contenenti sottili corpi limoso sabbiosi addensati, contraddistinti da qcm > 20 ÷ 26 kgf/cmq e da fsm > 1,1 ÷ 1,2 kgf/cmq.
<b>Unità RSB4</b> Da -15 m a -19/-20 m p.c.	Alternanze di strati argillosi – argilloso limosi e limosi – limoso sabbiosi, da normalconsolidati a leggermente sovraconsolidati localmente sostituiti lateralmente da corpi sabbiosi mediamente addensati e/o alternanze di livelli sabbioso limosi/sabbiosi e limoso argilloso, con presenza di livelli ricchi in sostanza organica tra -14/-16 e 17/18 m pc che costituiscono strati con spessori di insieme di 0,5/1,5 m; le sequenze prevalentemente argilloso limose sono contraddistinte da qcm = 10/12 ÷ 18/22 kgf/cmq ed fsm = 0,6 ÷ 0,9 kgf/cmq.

<b>Profondità</b>	<b>Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti</b>
<b>Unità RSB5</b> Da -19/-20 m a -25 m p.c.	Orizzonte a pronunciata variabilità litologica laterale costituito da alternanze di strati argillosi – argilloso limosi ed in subordine strati sabbioso – sabbioso limosi che a luoghi sostituiscono lateralmente le sequenze argilloso limose, i valori di resistenza al poket penetrometer variano tra $r_p = 1,1/1,3 \div 2/2,5$ kgf/cm <sup>2</sup> ed i valori di resistenza al taglio del torvane da campo oscillano tra $c_u = 0,6 \div 1$ kgf/cm <sup>2</sup> nelle componenti argillose e $c_u = 0,25$ kgf/cm <sup>2</sup> nei limi sabbiosi; la alternanze sabbiose – sabbioso limose sono caratterizzate da $r_p = 1 \div 1,5$ kgf/cm <sup>2</sup> .

Le verticali litotecniche individuate assumono estensioni areali differenziate tra la zona meridionale – centro meridionale e centro settentrionale – settentrionale; ad esse sono attribuibili diverse proprietà geotecniche per gli utilizzi edificatori come di seguito descritto:

- **Verticale litotecnica RSA:** si estende su circa il 30/35% del territorio esaminato; le caratteristiche geotecniche d'insieme indicano che per le strutture che non impongono elevate tensioni sul terreno sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzo di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

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

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

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

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi superiori alle 100 Ton per pilastro e per fabbricati con altezze superiori a 8/10 m, è da valutarsi l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticale litotecnica RSB:** caratterizza le aree centro settentrionali – settentrionali della superficie comunale e costituisce circa il 65% 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, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzo di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

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

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

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

Per strutture con carichi superiori alle 100 Ton per pilastro è da valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali; analogamente per corpi di fabbrica con altezze maggiori di 10 m sono da valutarsi fondazioni a platea o su pali.

#### 4.4 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:

$$a_{\max}/g = 0.25 \div 0,30$$

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  $q_c$  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

$\tau_d$  = tensione tangenziale ciclica;  $\tau_e$  = resistenza del terreno

$\sigma_0$  = tensione verticale totale;  $\sigma'_0$  = tensione verticale efficace

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

$\Delta n_f$  = coefficiente funzione del contenuto in materiali fini

**CRR**<sub>7,5</sub> = 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):

$$\begin{array}{ll} 0 & \text{per } F_L > 1,2 \\ 2 * 10^6 * e^{-18.427 * F_L} & \text{per } 0,95 < F_L \leq 1,2 \\ 1 - F_L & \text{per } F_L \leq 0,95 \end{array}$$

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

In riferimento al valore di accelerazione al sito 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, 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 (LPI – Iwasaki, 1982).

La classificazione proposta da Sonmez (2003), per potenziale 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 IL sono evidenziati, per le prove analizzate, nelle carte dei fattori di amplificazione.

I valori ottenuti hanno evidenziato per il 36% delle verticali  $IL = 0 \div 0.1$  e pertanto a grado di pericolosità di liquefazione nullo; per quanto riguarda il campo dei valori di IL  $0.1 \div 0.5$  corrispondente al 31%, la pericolosità di liquefazione è di grado molto basso – praticamente nullo; in percentuale nettamente inferiore: 5% i terreni appartengono al campo  $0.6 - 1.2$  a pericolosità bassa – molto bassa; una percentuale molto ridotta: 1%, denota pericolosità moderata  $IL 2 \div 3$ . Quest'ultima generalmente è localizzata in areali di modesta estensione appartenenti ai tratti di paleoalveo nel settore a meridione del capoluogo.

Le valutazioni effettuate evidenziano che la netta prevalenza del territorio comunale è contraddistinta da pericolosità di liquefazione da nulla a molto bassa – praticamente

trascurabile 82% delle verticali esaminate e da una percentuale non rilevante a grado di pericolosità molto bassa 17%, una percentuale molto bassa (1%) denota pericolosità moderata.

Tali condizioni 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 in pratica per la totalità della superficie dell'area comunale.

## 5 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 con metodo Re.Mi e Re.Mi/MASW, mediante stendimenti ad antenna monodirezionale 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 Re.Mi – Re.Mi/MASW.

Dette indagini, che saranno in maggior dettaglio di seguito elencate, sono state distribuite sul territorio sia in funzione delle finalità di caratterizzazione sismica dell'urbanizzato che degli ambiti suscettibili di urbanizzazione che delle principali infrastrutture; oltre a ciò sono state effettuate verticali di acquisizione delle  $V_s$  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 Rio Saliceto.

Le indagini effettuate in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato il territorio con 1 punto di analisi con maglia di 0,6/1,0 km (0.6 ÷ 1.0 kmq) per le aree urbanizzate del capoluogo e di 1,0÷ 1,2/1,6 km per le zone extraurbane (1,2 ÷ 1,6 kmq).

### 5.1 Microtremori con la tecnica HVSr

Alle indagini a stazione singola di acquisizione di microtremori ambientali effettuate nel territorio di Rio Saliceto in 16 punti, sono state aggiunte quelle eseguite in adiacenza ai confini dell'area comunale nei territori contermini (Correggio – Campagnola E. – Fabbrico – Rolo) costituite da 15 analoghe verticali, ottenendo un totale di 31 punti, distribuiti nell'area comunale con maglia statisticamente rappresentativa che rapportata all'estensione del territorio di Rio Saliceto: 22.56 kmq, ha consentito di esaminare quest'ultimo secondo aree di 0,75 ÷ 1,2 kmq.

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

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

Tali dati sono stati 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.

## **5.2 Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. – Re.Mi./MASW**

Le prospezioni, effettuate in numero complessivo di 31, 15 delle quali con metodo integrato Re.Mi/MASW e 16 con metodo Linear array: 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.

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

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

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

La combinazione delle due tecniche, mediante elaborazione integrata consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 40-80-100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento e della densità dei terreni.

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

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

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

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

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

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

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

## 6 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

### 6.1 Carta delle indagini

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

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

- 165 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 17 prove penetrometriche dinamiche leggere DPL
- 4 perforazioni profonde per ricerca idrocarburi
- 31 Sondaggi meccanici (SM)
- 31 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: Re.Mi.- Re.Mi./MASW
- 31 prospezioni sismiche con metodo sismico passivo con tecnica a stazione singola H.V.S.R.

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

- 16 prospezioni di sismica a rifrazione con metodo passivo con antenna monodirezionale Re.Mi.;
- 16 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R.

Dette indagini sono state integrate da analoghe prospezioni precedentemente eseguite e da verticali effettuate in adiacenza ai confini comunali costituite da:

- indagini integrative 15 RM/MW, 15 HVSR ottenendo un n° complessivo di 31 prospezioni RM e 31 HVSR.

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 600 ÷ 900 m nell'area del capoluogo, zona industriale e delle principali frazioni, con interassi di 1000 ÷ 1300 / 1500 m nelle zone extraurbane.

## 6.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

La campagna di prospezioni geofisiche eseguite nel territorio di Rio Saliceto, integrate da quelle effettuate nelle zone adiacenti al suo confine comunale, ha permesso di determinare le caratteristiche in termini di frequenza di vibrazione dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato, di previsto sviluppo, frazioni, aree a case sparse, del territorio di Rio Saliceto.

A tale finalità sono state utilizzate:

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

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

Considerando che sussiste una correlazione diretta (anche se non lineare) tra i fenomeni di "risonanza" e l'amplificazione del moto del suolo in concomitanza di sollecitazione sismica (effetti di sito), è evidente l'efficienza di detta tipologia di indagine per individuare, come previsto dal primo livello di approfondimento degli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, le aree con comportamento sismico omogeneo - equivalente.

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

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

Dette associazioni sono state riportate nella tavola "Frequenze Naturali Terreni" /Tav. 1.7); le misure sono state identificate mediante una serie di simboli con colori e dimensioni differenti. Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

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

I valori delle frequenze principali sono inferiori a 1 Hz ed indicano, in accordo con quanto evidenziato dalle sezioni geologiche, spessori dei depositi soggetti ad amplificazione maggiori di 100 m: mediamente compreso tra 130 m e 150 m.

La netta prevalenza dei valori che caratterizzano il territorio appartiene al campo  $f_0 = 0.5 \div 0.8$  Hz ( $T = 2.0 \div 1.25$  sec) fanno eccezione areali di moderata estensione contraddistinti da valori  $0.8 \div 0.9$  Hz ( $T_0: 1.25 \div 1.1$  sec) nella zona di territorio a nord di C. Marconcella – Cassa di Espansione T. Tresinaro ed il settore centro orientale del Capoluogo. Le ampiezze sono prevalentemente comprese nel campo  $A = 2/3$ .

### **6.3 Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico**

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

#### **6.3.1.1 Tetto sabbie**

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

L'assetto del tetto delle sabbie denota geometrie sostanzialmente lentiformi tendenzialmente allungate in senso ovest a sud del Capoluogo ed in direzione sud sud ovest – nord nord est a settentrione dello stesso ed in prossimità dei bordi est ed ovest del territorio comunale; l'isobata che delimita la zona indica la terminazione laterale del corpo sabbioso e relativa profondità. La distribuzione areale dei corpi sabbiosi concorda sostanzialmente 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 ovest est, larga di 0.2 ÷ 0.3 km, con andamento sub parallelo alla strada Osteriola – Via Lodovico - Capoluogo, dalla zona nastriforme larga 0.1 ÷ 0.2 km con orientamento circa sud nord presente al bordo meridionale del territorio comunale a nord di Ponte dei Lupi che si allunga subparallelamente al Cavo Naviglio, dalla fascia allungata ovest est sino a Via Marone/via Terracchini ed orientata sud est – nord ovest da queste ultime a incrocio via F.lli Sabbadini/sP. n° 46, larga 0.1 ÷ 0.15 km, che interessa la parte meridionale del Capoluogo.

Altre significative unità con presenza di alternanze lentiformi sabbiose – sabbioso limose si osservano in corrispondenza dell'incrocio tra la sP. Carpi - Guastalla e la sP. Rio Saliceto – Rolo, tra C. Cattini e Berbiera, nella zona meridionale a sud di C. Camilla e nell'estremo nord occidentale del territorio comunale tra Budella Grande e La Fornace.

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

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 m del sottosuolo, determinate in base ai dati delle Vs ottenuti dalle prospezioni 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 bedrock minori equivalenti a: -100 ÷ -120 ÷ -130 m pc, nella fascia settentrionale del territorio comunale, zona a nord dell'allineamento Colombarone – parte meridionale della Cassa di Espansione del T. Tresinaro. D'altra parte, il bedrock sismico si approfondisce nel settore meridionale e sud orientale del territorio comunale dove si attesta a -150 ÷ -160 m pc.

Dal raffronto con le sezioni geologiche si evince che il substrato a comportamento rigido è tendenzialmente correlabile alla parte medio basale del Sintema AES (A3).

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

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. Delle Regioni e P.A., 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, sondaggi meccanici, sono state utilizzate le verticali di indagine geofisica di tipo lineare ed antenna monodirezionale (Re.Mi) che puntuali a stazione singola (HVSR) eseguite, per una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da Vs considerabili tra esse praticamente equivalenti.

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

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*, banca dati dell'UT Comune di Rio Saliceto.

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, ed a quelli individuati nell'analisi sismica di 1° livello del Q.C. PSC 2009 di Rio Saliceto.

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.

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

L'individuazione delle sequenze litotecniche - sismiche delle aree a comportamento equivalente in occasione di sollecitazioni sismica, è stata definita in funzione delle prospezioni geotecniche e geofisiche ed elaborazioni eseguite nel contesto dello studio di microzonazione di primo livello del territorio di Rio Saliceto 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: zone A, B, B1, C.

Le zone A indentificano le successioni nelle quali sono presenti nei primi 5 - 15 - 20 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi moderatamente addensati con  $V_s < 200$  m/sec, con spessori compresi tra 1/2 e 4 m, soggetti a potenziale suscettività alla liquefazione: zone A.

Le zone B individuano successioni litologiche prevalentemente limose – argilloso limose contenenti 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. costituiscono alternanze di livelli con potenza inferiore a 2/3 m, contraddistinte da  $V_s < 150/170$  m/sec nei primi 7 m pc, nelle quali gli effetti sono correlabili ad addensamenti differenziati e/o a potenziali addensamenti di sottili strati sabbioso limosi, ai quali conseguono cedimenti differenziali.

Analoghi effetti caratterizzano le zone B1 costituite da 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 resistenza alla punta di insieme (al penetrometro statico) corrispondenti a  $q_c < 7$  kgf/cm<sup>2</sup> e valori di velocità di propagazione delle onde di taglio equivalenti a  $V_s < 140$  m/sec, nelle quali sono attesi cedimenti differenziali.

Le zone C individuano sequenze prevalentemente sabbioso limose – sabbie poco addensate ( $q_c < 8 \div 10/16$  kgf/cm<sup>2</sup>) con spessori di 1/2 ÷ 3/4 m, con intercalate alternanze limose – limoso argillose poco consistenti ( $q_c < 7$  kgf/cm<sup>2</sup>),  $V_s < 150/200$  m/sec, gli effetti conseguenti allo scuotimento sismico sono correlabili a potenziale suscettività alla liquefazione e cedimenti differenziali: sovrapposizione di instabilità differenti.

#### **6.4.1.1 Aree Suscettibili di Effetti Locali e di instabilità**

Per la redazione “Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS)”, prevista come elaborato 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:

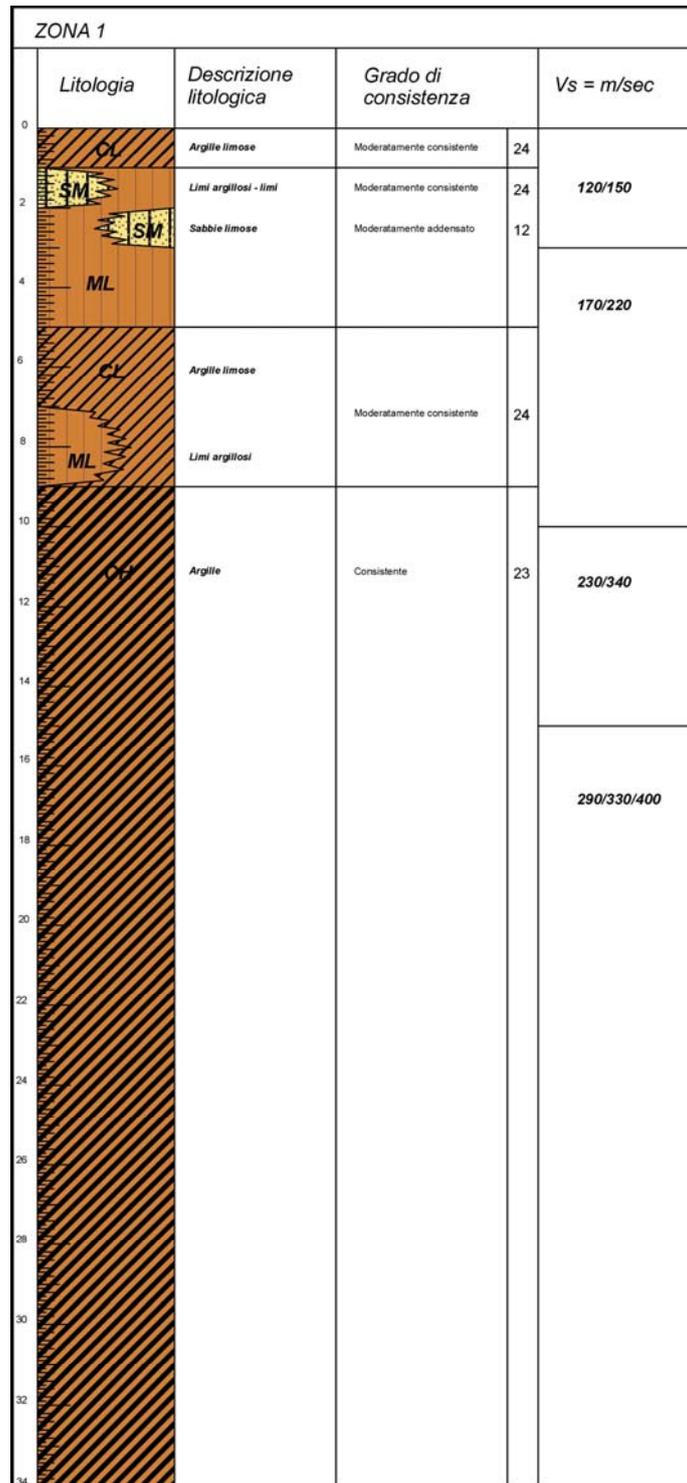
Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

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 nei primi 5 ÷ 15 ÷ 20 m del sottosuolo che presentano spessori compresi tra 1/2 ÷ 4/5 m, potenzialmente suscettibili 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 di cedimenti differenziali (Zona B); le successioni argilloso limose – limoso argilloso poco consistenti nei primi 5 ÷ 8 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle  $V_s < 130 \div 150$  m/sec, suscettibili di cedimenti differenziali (Zona B1); le sequenze prevalentemente sabbioso limose poco addensate nei primi 6 ÷ 8 m del sottosuolo e con  $V_s < 150 \div 200$  m/sec soggette a potenziale suscettività alla liquefazione e cedimenti differenziali e le successioni litotecniche a medio elevata compressibilità ( $q_c \leq 7$  kgf/cmq) (Zona C).

Le delimitazioni delle zone, espone nella legenda della tav. 1.6, sono correlate alle colonne litostratigrafiche, effetti e livelli di approfondimento di seguito esposti:



**ZONA 1 – Aree stabili con presenza di sequenze limose – limoso argillose – argilloso limose, moderatamente consistenti (ML/CL - 24), contenenti sottili corpi lentiformi sabbioso limosi/limoso sabbiosi con spessori non superiori a 1 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 <sub>LQ1</sub>				
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec	
0	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
2	ML	Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	24
	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
4	ML	Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	24
6	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
8	ML	Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	24
10	CH	Argille	Consistente	23
12	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
14				
16				
18	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
20				
22		Argille	Moderatamente consistente	24
	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
24				
26				
28				
30				
32				
34				

**ZONA 2/ ZA<sub>LQ1</sub>** – Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di canale fluviale prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi, in strati con spessori tra 1/2 e 3/ 4 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	
0-2	CL Argille limose	Moderatamente consistente	24	110/150
2-3	ML SM Limi argillosi - limi Sabbie limose	Moderatamente consistente Moderatamente addensato	24 12	
3-4	SM			190/240
4-6	CL Argille limose	Moderatamente consistente	24	
6-8	ML Limi argillosi - limi	Moderatamente consistente	24	
8-10	CA Argille	Consistente	23	
10-12	ML Limi argillosi - limi	Moderatamente consistente	24	
12-14	ML Limi argillosi - limi	Moderatamente consistente	24	
14-16	ML			
16-18	CA Argille	Consistente	23	
18-34	CA Argille	Consistente	23	

**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/limoso sabbiosi moderatamente addensati (SM – 12) con spessori inferiori ad 1 m;

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

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

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

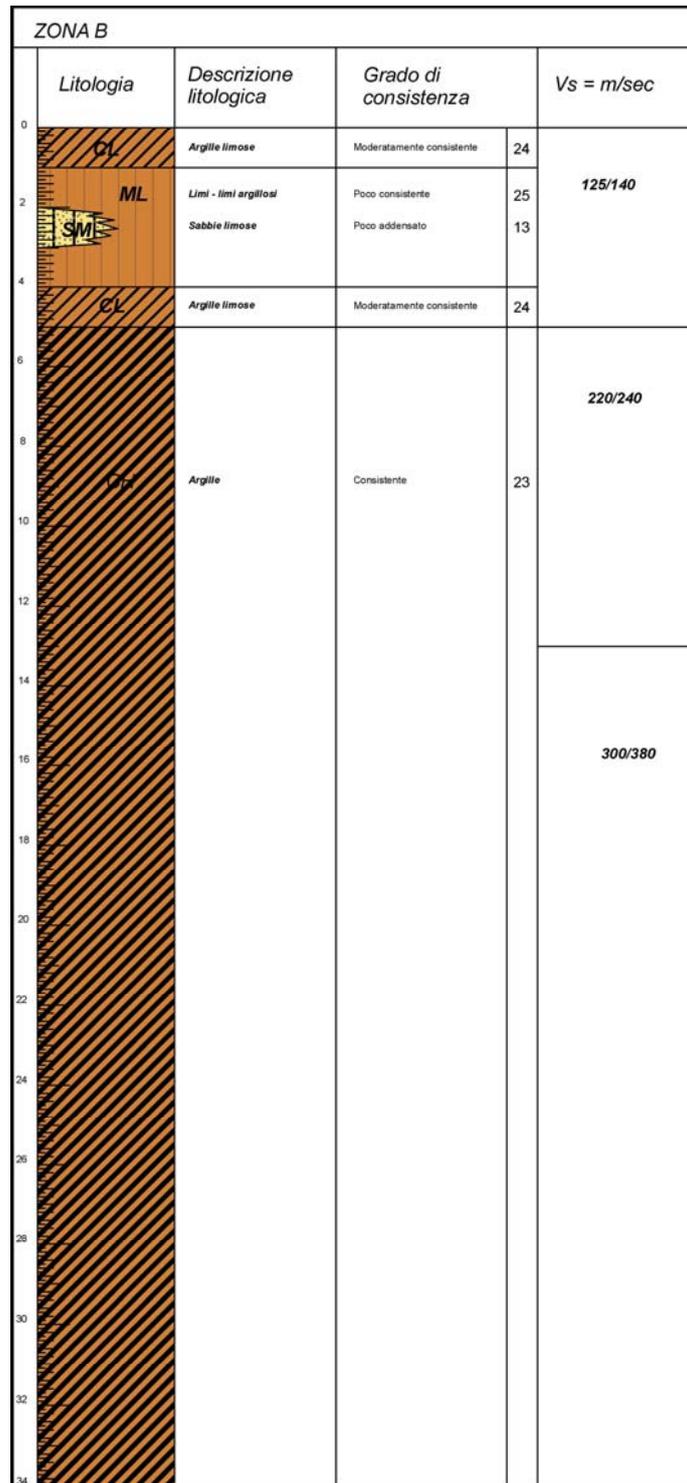
ZONA 4				
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec	
0	CH	Argille	Consistente	100/120
2	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	
4	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	210/240
4	ML	Argille limose Limi argillosi	Moderatamente addensato	
6				190/230
8	CH	Argille	Consistente	
10				220/280/360
12	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	
14				
16	ML	Limi argillosi	Moderatamente consistente	
18	SP	Sabbie pulite	Addensato	11
20				12
22	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	
24				
26	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	
28				12
30				
32				
34				

**ZONA 4:** Zone stabili con presenza di litotipi prevalentemente argilloso limoso – argillosi moderatamente consistenti (CH/CL – 24), sino a -4/-5 m pc, con intercalati subordinati corpi lentiformi limoso argillosi moderatamente consistenti (ML – 24) e sabbioso limosi/limoso sabbiosi poco addensati (SM – 13) con spessore inferiore ad 1 m nei primi 15 m pc.

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

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

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



**ZONA B** – Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di piana alluvionale prevalentemente limosi – limoso argilloso sabbiosi, poco consistenti (CL/ML – 25) con intercalati corpi lentiformi sabbiosi moderatamente addensati (SM – 13/12) con spessori inferiori a 1 m, nei primi 7/10 m dal p.c.;

**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
0	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
2			Poco consistente	
4	CL	Argille limose	Poco consistente	25
6	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
6	SM	Sabbie limose	Poco addensato	180/210
8	CH	Argille	Consistente	
10	CH	Argille	Consistente	23
12				
14				
16				
18				
20				
22				
24				
26				
28				
30	SP	Sabbie pulite	Moderatamente addensato	24
30	SP	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
32	CH	Argille	Moderatamente consistente	24
34				

**ZONA B1** – Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di canale fluviale sabbioso argillosi con spessori inferiori a 1 m, moderatamente consistenti (SC - 24) e/o piana alluvionale prevalentemente argilloso limosi – limoso argillosi poco consistenti (ML/CL – 25);

**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.

ZONA C			
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
0-2	CL Argille limose	Consistente	120/150
2-4	SM Sabbie limose	Poco addensato	
4-6	ML Limi - limi argillosi	Poco consistente	
6-8	SM Sabbie limose - sabbie	Poco addensato	220/240
8-10	CH Argille	Consistente	
10-12	ML Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	
12-14	ML SM Sabbie limose Limi argillosi	Moderatamente addensato Moderatamente consistente	
14-16	CH Argille	Consistente	
16-34	CL Argille limose	Moderatamente consistente	300/380

**ZONA C** – Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di canale fluviale e/o piana alluvionale prevalentemente sabbioso limosi - sabbiosi poco addensati (SM - 13) con spessori di 1 ÷ 3/4 m e limi – limi argillosi, poco consistenti (ML – 25);

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziali cedimenti differenziali, 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 sotterraneo che richiedano scavi che si approfondiscano nel sottosuolo per altezze maggiori di

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

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

### **6.5 Zone a comportamento sismico equivalente**

La prevalente parte del territorio Comunale (70%) è contraddistinta da aree stabili nelle quali gli effetti dello scuotimento sismico sono correlati ad amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche. Detti areali assumono gli sviluppi maggiori nel settore a nord di via Vettigano e nella parte meridionale a sud di Via S. Lodovico – Via Castelli.

La zona a cui appartiene il capoluogo e la fascia allungata sud nord che forma la parte occidentale del territorio comunale, sono contraddistinte da zone suscettibili di instabilità per potenziali cedimenti differenziali; analoga caratteristica presenta la fascia ovest est che si estende sub parallelamente a via Vettigano da L'Osteriola al Capoluogo.

L'areale al quale appartiene quest'ultimo e la parte più prossima a via Vettigano, della sopra citata fascia ovest est, sono suscettibili di instabilità per potenziale liquefazione, in queste ultime si rilevano zone, con estensioni relative minori, nelle quali alla potenziale liquefazione si somma la presenza di successioni litotecniche poco addensate e/o poco consistenti potenzialmente interessate da cedimenti differenziali: zone suscettibili di sovrapposizione di instabilità differenti.

Le analisi di valutazione dell'indice del potenziale di liquefazione, hanno evidenziato valori che attribuiscono alle zone in oggetto una pericolosità di liquefazione di grado basso – molto basso (*Sonmez 2003*), ad eccezione di una verticale a grado di pericolosità moderato, che statisticamente assume significato trascurabile per quanto riguarda le caratteristiche territoriali generali.

## **7 SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**

Il secondo e terzo livello di approfondimento definiscono la suddivisione in dettaglio del territorio delle aree oggetto di microzonazione sismica individuate negli elaborati di primo livello (carta MOPS) con adeguamento dei limiti delle condizioni di pericolosità per liquefazione densificazione, quando necessario, e la determinazione 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 le aree soggette alle integrazioni di approfondimento di terzo livello, specificando le disamine da eseguire.

### **7.1 Carta delle nuove indagini**

Detto elaborato visualizza l'ubicazione delle nuove verticali di indagine geofisica: Re.Mi - MASW/Re.Mi. - HVSR, eseguite per la microzonazione delle aree urbanizzate, di previsto nuovo insediamento e delle analoghe prospezioni geofisiche effettuate in adiacenza ai confini comunali di Rio Saliceto, nei territori di comuni per i quali si sono sviluppate equivalenti analisi di microzonazione sismica.

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.

### **7.2 Substrato a comportamento rigido**

L'analisi dei valori delle frequenze principali (HVSR), rapportata ai valori di  $V_s$  ottenuti dalle verticali Re.Mi ed alle sezioni geologiche, indica che il tetto della litozona a comportamento assimilabile a bedrock sismico tende generalmente ad approfondirsi nel settore sud orientale e nella zona centro settentrionale orientale del territorio comunale.

L'andamento spaziale denota in generale la tendenza ad assecondare l'assetto del substrato prepliocenico, evidenziando le profondità relative del bedrock minori:  $-100 \div -120 \div -130$  m pc, nella fascia settentrionale del territorio, zona a nord di Canale del Duca – Via Grilli; analoghe condizioni si riscontrano al bordo del confine comunale occidentale. D'altra parte, il bedrock sismico si approfondisce nella parte sud orientale del territorio comunale zona ad a sud di Via S. Lodovico – Via Castelli e nella fascia centro settentrionale orientale (est incrocio s.P. 46/via Nuova) dove si evidenzia una fascia estesa ovest – est, con andamento sub parallelo a via Nuova, che si amplia ed approfondisce in direzione orientale.

In dette zone la profondità dell'unità litotecnica a comportamento rigido si rinviene a  $-150 \div 160$  m pc; nel settore sud orientale la carta della base del Pleistocene identifica la presenza di una fascia di linee di sovrascorrimento orientata sud ovest – nord – est che indica corrispondenze con le maggiori profondità del bedrock sismico.

L'approfondimento nella parte centro settentrionale orientale concorda con l'andamento della profondità della base del Pliocene in direzione orientale e sud orientale dove, nel carpigiano, si attesta a  $-5 \div -6$  km pc e/o con la presenza di sistemi di fratturazione che hanno coinvolto la parte medio basale e basale di AES.

Il raffronto tra l'assetto geometrico delle unità che costituiscono il Sintema Emiliano Romagnolo Superiore e le profondità del tetto della litozona a comportamento assimilabile a bedrock sismico, indica che tale unità è correlabile alla parte medio basale del complesso AES (A3)

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 settentrionali del territorio tra  $-2.0 \div 2.5$  km dal pc e tra  $2.5 \div 3$  km pc nelle zone occidentali; detto assetto ha influenzato i processi subsidenti dei depositi quaternari continentali inducendo consolidamenti differenziati rispetto alle aree meridionali nelle quali il substrato si approfondisce a  $3 \div 4$  km pc ed alle zone sud orientali dove si attesta a  $-4.5 \div -5$  km pc.

### **7.3 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)**

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

Le elaborazioni delle acquisizioni hanno evidenziato valori oscillanti tra un massimo di 275 m/sec ed un minimo di 190 m/sec, con valori medi percentualmente prevalenti corrispondenti a:  $220 \div 240$  m/sec.

I valori maggiori si riscontrano nelle zone meridionali centro occidentali del territorio comunale: area capoluogo, e nella fascia centro settentrionale occidentale estesa sub parallelamente a via San Pietro nelle quali si evidenziano valori compresi tra  $V_{s_{30}}$   $250 \div 270$  m/s.

Nelle rimanenti parti del territorio, che rappresentano la prevalente percentuale della superficie comunale, i valori sono generalmente compresi tra  $V_{s_{30}} = 220 \div 240$  m/s e raggiungono i minimi relativi nel settore occidentale centrale tra via di San Giorgio e Canale di Correggio, all'estremità sud orientale all'intorno dell'incrocio di Via Rovertella/via Griminella, nei quali  $V_{s_{30}} = 200 \div 220$  m/sec, nella zona settentrionale tra la Fornace – Cassa espansione Tresinaro – Berecca – Fossa Colombarone dove  $V_s = 210/200$  m/sec.

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

La microzonazione sismica di terzo livello di approfondimento, effettuata per gli sviluppi di interesse delle aree urbanizzate, individua le zone a comportamento sismico equivalente attribuendo alle stesse indici quantitativi che definiscono in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche l'amplificazione sismica attesa ( $T_r = 475$  anni;  $\xi = 5\%$ ).

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

In funzione di tali elaborazioni sono stati visualizzati nelle tavole i valori dei fattori di amplificazione dell'accelerazione in superficie in condizioni di *free field*: FA. PGA e dell'intensità spettrale: FA. IS. Questi ultimi sono riferiti agli intervalli 0.1 – 0.5 sec, 0.1 – 0.3 sec, 0.3 – 0.5 sec, 0.5 – 1.0 sec, 1.0 – 1.5 sec, attinenti alle microzone individuate.

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

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

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

- Fabbricati appartenenti all'intervallo  $0.1 < T < 0.3$  sec: sono a questo attribuibili la maggior percentuale dei fabbricati ad uso civile in muratura sino a 4 – 5 piani di altezza e le costruzioni a telaio in C.A. sino a 3 – 4 piani di altezza.
- Fabbricati appartenenti all'intervallo  $0.3 < T < 0.5$  sec: sono a questo 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 – 7 piani fuori terra.
- Fabbricati appartenenti all'intervallo  $0.5 < T < 1.0$  e  $1.0 < T < 2.0$  sec: possono corrispondere a tale campo strutture a telaio in C.A. o metallo con elevazioni maggiori di 6 ÷ 7 piani, magazzini verticali, manufatti alti e stretti quali silos, torri in genere, ecc.

#### **7.5 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)*<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Marcellini, A., Daminelli, R., Pagani, M., Riva, F., Tenta, A., Crespellani, T., Madiati, C., Vannucchi, G., Frassinetti, G., Martelli, L., Palumbo, A., e Viel, G. (1998). Seismic Microzonation of

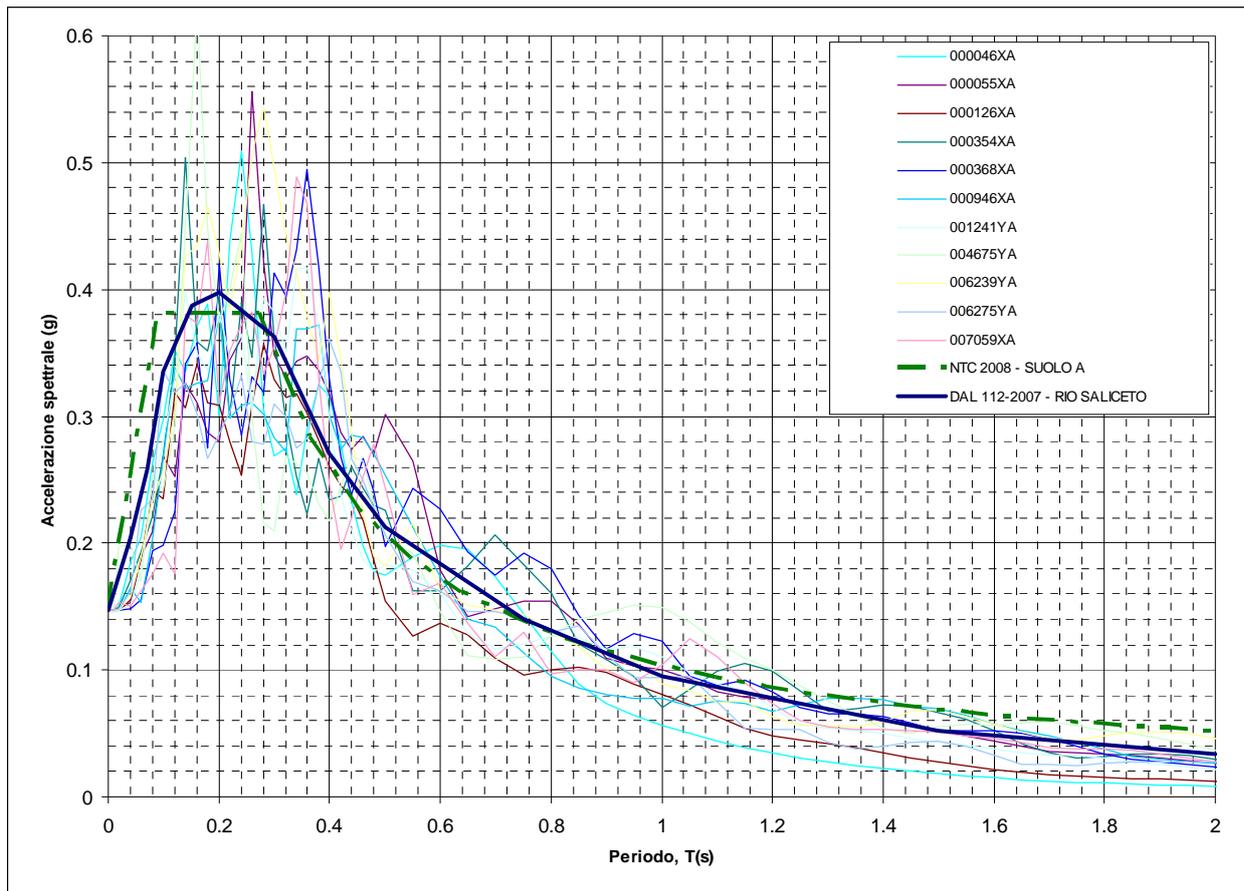
Tale schema prevede:

- *Caratterizzazione della pericolosità sismica a scala locale*: attuata mediante la definizione dello scuotimento al bedrock col 10% di probabilità di almeno una eccedenza in 50 anni mediante metodologia di tipo probabilistico.
- *Scelta dei moti di riferimento*: 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 equivalenti.

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

---

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.



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.

## 7.6 Calcolo degli effetti di sito

Per il calcolo dello scuotimento in superficie è stato utilizzato un modello numerico che simula la propagazione verticale delle 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 Rio Saliceto.

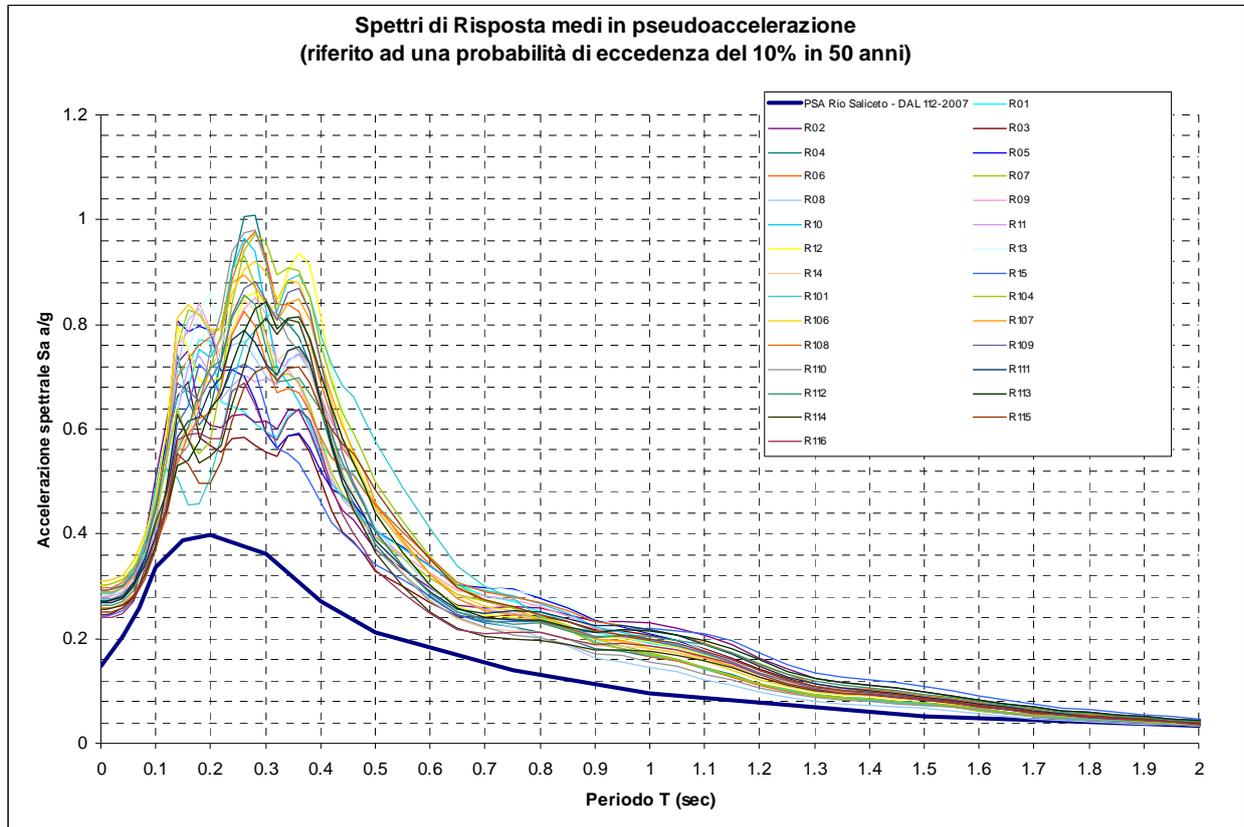
Il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni di scuotimento in superficie *Proshake* (*EduPro Civil System, Inc*) si basa quasi completamente sul modello di calcolo di *Shake 91* (*Isdriss e Sun, 1992*)<sup>3</sup>, modificandone l'interfaccia di immissione dati per un più agevole utilizzo.

<sup>3</sup> 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..

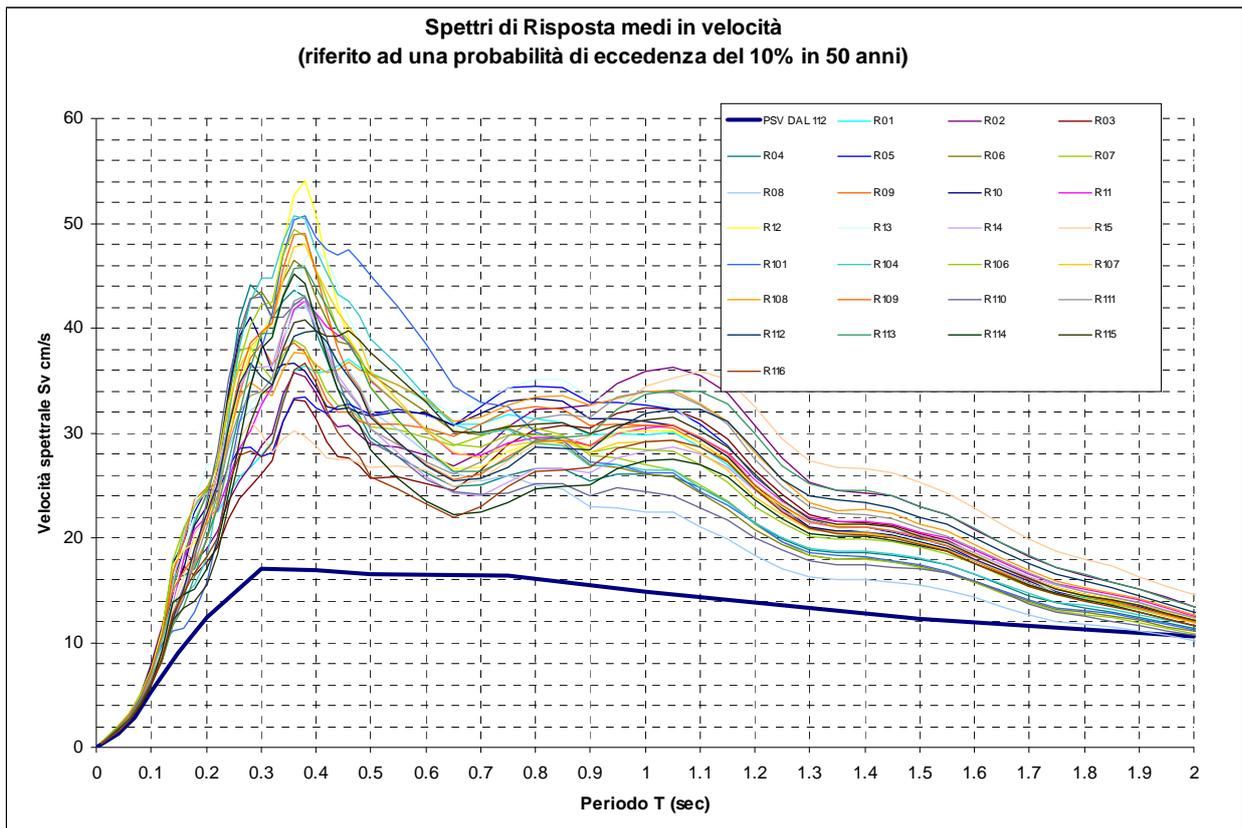
Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche, sono stati discretizzati i profili delle onde S, estrapolando i valori e le profondità sino al raggiungimento del bedrock sismico con  $V_s$  corrispondente a 700 m/sec.

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%).

**7.7 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<sub>0</sub>) che mediante la determinazione dell’intensità di Housner<sup>4</sup> (o intensità dello spettro di risposta) SI/SI<sub>0</sub>, 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).

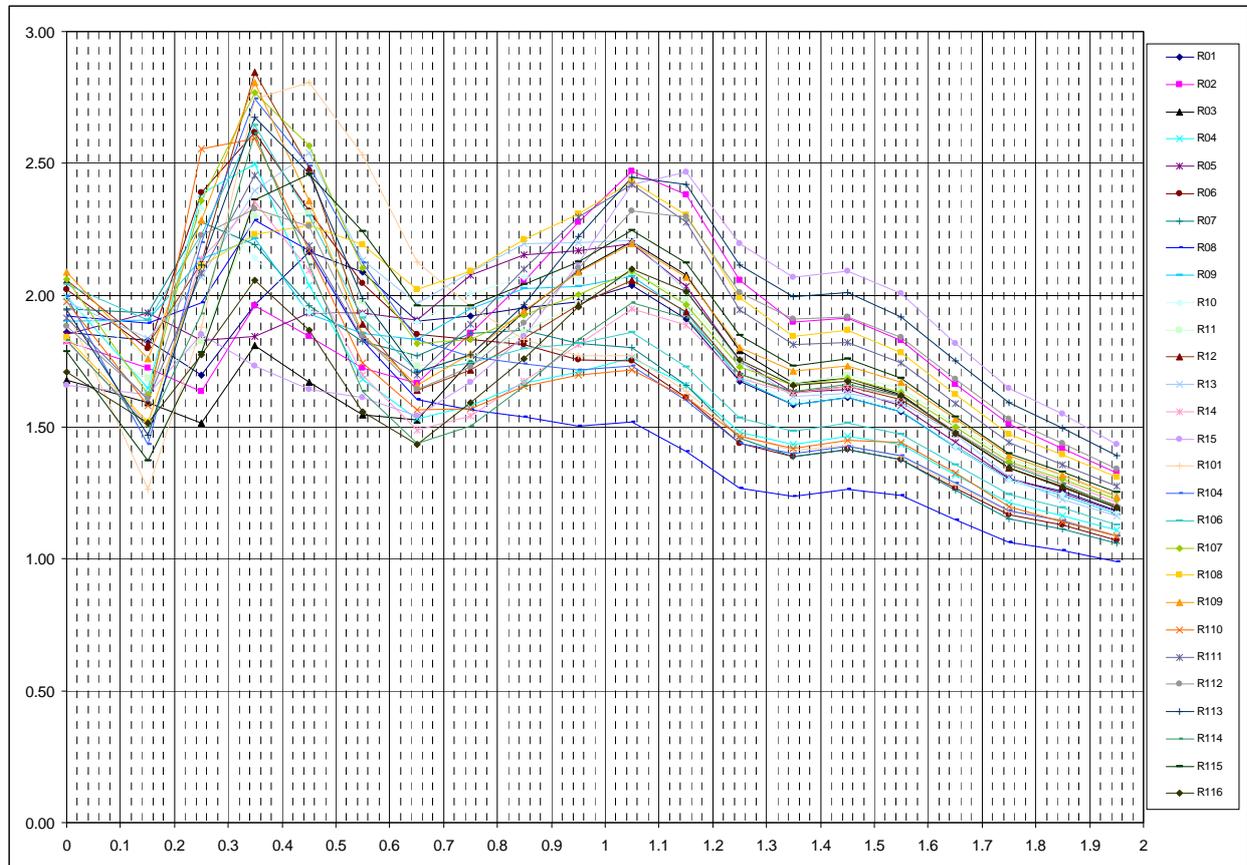
Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

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.

<sup>4</sup> 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 Rio Saliceto, 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  $1,7 \div 2,8$  e per  $T= 1 \div 1,2$  sec. con FA pari ad  $1,5 \div 2,5$ .
- In tutte le simulazioni per periodi superiori a 1,2 sec. è presente un generale decremento dei fattori di amplificazione
- Per periodi compresi tra 0,3 ed 1,2 sec. le simulazioni presentano evidenti diversità di comportamento.

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

0,1  $\div$  0,5 sec. e 0,5  $\div$  1,0 sec, con ulteriore suddivisione nelle classi 0,1  $\div$  0,3 sec; 0,3  $\div$  0,5 sec; 1,0  $\div$  1,5 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	0,273	1,86	1,93	1,97	1,75	2,06	1,97	1,58
R02	0,268	1,83	1,81	1,91	1,67	1,90	1,91	1,88
R03	0,247	1,68	1,66	1,76	1,54	1,74	1,76	1,66
R04	0,293	2,00	2,20	1,63	2,11	2,27	1,63	1,42
R05	0,272	1,85	1,88	2,04	1,87	1,89	2,04	1,63
R06	0,297	2,02	2,34	1,86	2,17	2,47	1,86	1,38
R07	0,286	1,95	2,11	1,83	2,15	2,08	1,83	1,39
R08	0,282	1,92	2,11	1,61	1,94	2,23	1,61	1,23
R09	0,280	1,90	2,06	1,94	2,05	2,07	1,94	1,58
R10	0,290	1,97	2,07	1,99	2,12	2,04	1,99	1,60
R11	0,269	1,83	2,09	1,86	1,77	2,31	1,86	1,65
R12	0,303	2,06	2,39	1,81	2,01	2,67	1,81	1,61
R13	0,290	1,98	2,27	2,11	1,98	2,47	2,11	1,63
R14	0,268	1,82	2,09	1,64	1,90	2,23	1,64	1,60
R15	0,244	1,66	1,72	1,75	1,76	1,69	1,75	2,00
R101	0,286	1,95	2,31	2,05	1,65	2,78	2,05	1,40
R104	0,303	2,00	2,33	1,84	1,91	2,62	1,84	1,39
R106	0,310	2,04	2,32	1,80	2,11	2,47	1,80	1,47
R107	0,288	2,06	2,43	1,94	2,08	2,67	1,94	1,64
R108	0,257	1,84	2,10	2,16	1,89	2,25	2,16	1,84
R109	0,292	2,09	2,38	1,86	2,09	2,58	1,86	1,69
R110	0,276	1,97	2,30	1,65	2,19	2,38	1,65	1,40
R111	0,268	1,91	2,15	1,96	1,90	2,32	1,96	1,80
R112	0,264	1,88	2,17	1,84	1,99	2,30	1,84	1,86
R113	0,272	1,94	2,28	1,93	1,87	2,57	1,93	1,95
R114	0,256	1,83	2,12	1,61	1,77	2,37	1,61	1,60
R115	0,250	1,79	2,09	2,07	1,63	2,41	2,07	1,72
R116	0,239	1,71	1,84	1,65	1,68	1,96	1,65	1,64

*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.*

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

La carta dei fattori di amplificazione  $PGA/PGA_0$ , elaborata per gli sviluppi di interesse delle aree urbanizzate (Tav. 3.1), evidenzia i valori massimi, compresi tra  $1.9 \div 2.0$ , per la parte meridionale alla quale appartiene il capoluogo e per la zona occidentale, settore ad ovest della sP. Rio Saliceto – Rolo sino a Casinetto e successivamente con direzione nord est sino a C.Bosco – Busella Grande.

I minimi con  $FA.PGA = 1.7 \div 1.8$  caratterizzano la parte orientale del comune di Rio Saliceto, ad est della sP. per Rolo delimitata a sud della sP. Carpi – Guastalla e sita sino Casinetto e successivamente del Cavo Bondione e più a nord della Fs.tta Colombarone.

La distribuzione dei valori territoriali di FA PGA non indica un evidente correlabilità con l'assetto del substrato prepliocenico, come denotano i valori relativi inferiori FA. PGA  $1,7 \div 1,8$  che caratterizzano la fascia settentrionale, nella quale il substrato si attesta a  $-2000 \div -2500$  m pc in rapporto agli analoghi valori che si riscontrano nel settore orientale e meridionale, nei quali il substrato si approfondisce, con discreta regolarità, a  $-4000 \div -4500$  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. D'altra parte nel settore orientale del territorio comunale, prossimo alla fascia di faglie per distensione presente nel settore nord occidentale del carpigiano, si riscontrano i valori relativi inferiori  $FA.PGA = 1,7 \div 1,8$ .

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

In funzione delle tipologie edilizie prevalentemente presenti nel territorio comunale sono state elaborate le analisi relative agli intervalli nei quali generalmente rientrano i fabbricati ad uso civile sino a  $3 \div 4$  piani per le strutture a telaio in c.a. e sino a  $4 \div 5$  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  $5 \div 7$  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 preferenzialità 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 e può essere riferimento per le stime di priorità degli interventi di miglioramento / adeguamento sismico.

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.

#### **7.10 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  $0.1 < T < 0.5$  sec (Tav. 3.2) evidenzia i valori relativi inferiori nel settore orientale centro settentrionale del territorio comunale, tra il limite sud della cassa di espansione del Tresinaro est della sP. Rio Saliceto – Rolo ed a nord della direttrice di prolungamento di via Bondione, con valori di FA.IS =  $1.5 \div 1.6$ .

Detti valori tendenzialmente aumentano sia in direttrice ovest che sud, raggiungendo i massimi con valori di FA.IS =  $2,1 \div 2,2$  nella parte ad ovest del Cavo Bondione (nel settore nord occidentale del territorio comunale) ed a meridione del Capoluogo e sud est Via San Lodovico.

I valori di FA.IS tendono poi a diminuire in direzione ovest raggiungendo i minimi corrispondenti a 1,7 in corrispondenza di Osteriola.

Nella rimanente parte del territorio i valori di FA.IS sono generalmente compresi tra  $1.9 \div 2.0$  ad eccezione della fascia estesa sud nord che asseconda l'andamento della sP. Rio Saliceto – Rolo, delimitata a sud della sP. Carpi – Guastalla e che a settentrione del Canale del Duca si allarga in direzione occidentale, nella quale FAIS =  $1.7 \div 1.8$ .

La distribuzione areale dei valori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo  $0.1 < T < 0.3$  sec. non indica significative correlabilità dei parametri con l'assetto del substrato prepliocenico e pliocenico ad eccezione della fascia estesa sud ovest – nord est nel settore all'estremità sud orientale del territorio comunale (sud - sud est del capoluogo) nella quale l'andamento dei valori di FAIS =  $2.1 \div 2.2$  tende ad assecondare l'andamento della fascia di linee di sovrascorrimento/faglia che interessano il substrato prepliocenico; nella zona orientale settentrionale, prossima alla fascia di fagliazione individuata in territorio di Carpi, si riscontrano i valori relativi inferiori FA IS = 1,6.

#### **7.11 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 (Tav. 3.4), denota un andamento che evidenzia un aumento procedendo da est verso ovest secondo settori allungati in direttrice circa sud nord.

I valori relativi inferiori si riscontrano nella fascia orientale tra il T. Tresinaro e Via Fossatelli sino alla omonima cassa di espansione, a nord e delimitata a sud della sP Carpi – Guastalla dove FA.IS = 1,8.

Precedendo in direttrice ovest i valori dei fattori di amplificazione denotano un aumento ad  $FA.IS = 1.9 \div 2.0$  tra la suddetta via e la sP. Rio Saliceto – Rolo; più ad occidente tra detta sP. ed il Cavo Bondione i valori di amplificazione incrementano a  $FAIS = 2.0 \div 2.2$  e successivamente in verso est, tra il sopracitato Cavo e la Fs.tta Bondione sino al canale del Duca dal quale la zona si allarga sino al Cavo Naviglio, i valori si attestano ad  $FAIS = 2.2 \div 2.4$ . Le zone di massimo relativo con  $FAIS = 2.5 \div 2.7$  caratterizzano la fascia di territorio del confine occidentale dell'area comunale tra via San Pietro – Cavo Bondione/Via Affarosa – Impianto di Sollevamento Coppi, raggiungendo il massimo di 2.8 in corrispondenza della frazione l'Osteriola. Fa in parte eccezione la zona ad est di S. Lodovico in cui  $FA.IS = 2,1$ .

La distribuzione dei valori di FA.IS. nell'intervallo  $0.3 < T < 0.5$  sec. non evidenzia significativa correlabilità con l'assetto del substrato prepliocenico e le linee di sovrascorrimento/faglia che lo interessano; nel settore orientale prossima alla fascia di faglia individuata nel carpigiano si riscontrano i valori relativi inferiori  $Fa IS = 1,7/1,8$ .

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

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 3.3), denota un andamento simile a quello dell'intervallo  $0.1 < T < 0.3$  sec ed evidenzia un progressivo aumento dei valori di amplificazione procedendo da est verso ovest che sviluppano fasce allungate in direttrice sud nord.

I valori maggiori:  $FAIS = 2.2 \div 2.4$ , si riscontrano al bordo occidentale, nel settore allungato in senso sud nord da Ponte dei Lupi a l'Osteriola all'intersezione di Via Bondione con l'omonimo Cavo del quale assume direzione nord ovest sino all'incrocio Fs.ta Bondione/via San Pietro e segue quest'ultima sino al Cavo Naviglio.

I valori relativi inferiori con  $FA.IS = 1.7 \div 1.8$ , contraddistinguono la fascia orientale estesa in senso sud nord dalla sP. Carpi – Guastalla e delimitata ad ovest della sP. Rio Saliceto – Rolo e dall'Az. Agricola Varesina al confine comunale settentrionale.

Nelle rimanenti parti del territorio comunale: area di S. Lodovico, zona centrale allungata sud nord, alla quale appartengono il capoluogo e S. Lodovico delimitata a nord dal confine comunale con Fabbrico, i fattori di amplificazione corrispondono ad  $FA.IS = 1,9 \div 2,1$ .

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.IS. degli intervalli  $0.1 < T < 0.3$  sec e  $0.3 < T < 0.5$  sec, ed indica una tendenziale correlabilità dei valori nel settore sud occidentale – occidentale centrale con valori di  $FA.IS. = 2.1 \div 2.3$  con la fascia degli sovrascorrimenti/faglia con interessano il substrato prepliocenico/pliocenico in detta zona; al bordo occidentale tra l'Osteriola e Canale del Duca tale correlabilità è attribuibile alla diminuzione in profondità del tetto del substrato prepliocenico e fasce di linee di sovrascorrimento orientato sud ovest – nord nord est ad occidente del confine comunale di Rio Saliceto in territorio di Campagnola Emilia. Nella zona al confine orientale, adiacente alla fascia di faglia individuata nel carpigiano, si riscontrano i valori relativi inferiori  $Fa. IS. = 1,7/1,8$ .

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

I valori dei fattori di amplificazione variano tra FA.IS. = 2.1/2.2 tra la frazione di Osteriola via Viottolo Basso – S.Lodovico – Via S.Giorgio – C.Bruschi ed FA.IS. = 1,6 nella parte occidentale del Capoluogo zona ad est di via XX Settembre/sP 46 e nella fascia occidentale centro settentrionale a sud ed a nord di Via S. Pietro Cavo Bondione..

La rimanente parte del territorio è contraddistinta dagli intervalli di FA.IS. = 1,7 ÷ 1,8 ed FA.IS. = 1,9 ÷ 2,0. Il primo dei quali caratterizza la fascia ovest - est compresa tra Via Bondione e Canale di Correggio – Via Grilli, il settore meridionale centrale al quale appartiene il capoluogo, la fascia estesa sud ovest nord est che asseconda il bordo settentrionale orientale del territorio comunale.

I valori compresi tra FA.IS. = 1.9 ÷ 2.0, contraddistinguono la fascia sud occidentale compresa tra via Viottolo Basso – S.Lodovico – La Viazza – Via Guastalla ed il confine comunale ovest, l'areale orientale centro meridionale tra Via S. Giorgio – sP. Rio Saliceto – Rolo – l'allineamento C. Salvaroni/La Casetta, la fascia ovest est nella zona settentrionale circa tra La Fornace – C.Bosco – C.Bartoletta e via Colombarone – Via Grilli.

La distribuzione areale dei valori di FA.IS. nell'intervallo  $0.5 < T < 1.0$  sec, non evidenzia significative correlabilità con l'assetto del substrato prepliocenico e delle linee di sovrascorrimento/faglia che lo interessano; nella fascia orientale del territorio si riscontrano valori variabili tra FA.IS. = 1,8 – 2,0 che si alternano in senso sud nord.

### **7.14 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, caratterizza con i valori minori nella fascia meridionale occidentale del territorio comunale estesa sud ovest - est tra il Capoluogo l'Osteriola e delimitata a nord del Canale di Rio, nella quale FA.IS. = 1,4 ÷ 1,6; analoghi valori di minimo relativo con FA.IS. = 1.6 si riscontrano nella zona occidentale centrosettentrionale tra Cerere – C. Quaglierina, Cavo Bondione e via S.Pietro.

I valori relativi maggiori: FA.IS. = 2.0 ÷ 2.1 ÷ 2.2 caratterizzano la fascia estesa sud nord al confine orientale del territorio comunale e che nella zona settentrionale si allarga a nord di C. Bartoletta – Via Grilli sino al confine comunale settentrionale.

La rimanente parte del territorio, che costituisce la percentuale prevalente dell'area comunale, è contraddistinta da valori di FA.IS. = 1.7 ÷ 1.9.

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione nell'intervallo  $1.0 < T < 1.5$  sec, non denota significative correlabilità tra valori di amplificazione e l'assetto e profondità del substrato prepliocenico/pliocenico fatto salvo il progressivo incremento dei valori di FA.IS. nella fascia settentrionale occidentale del territorio che tendenzialmente asseconda l'innalzamento del substrato prepliocenico; nel settore orientale, adiacente alla fascia di fagliazione riscontrata nel sottosuolo del carpigiano, si riscontrano i valori relativi maggiori corrispondenti ad FA.IS. = 2,0 – 2,2.

## 8 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 *Arch. Stefano Faglioni del Comune di Rio Saliceto*.

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Rio Saliceto ha risentito dei massimi effetti con gli eventi del 29 maggio e 3 giugno, con oltre 80 edifici inagibili ed più di 200 sfollati, mentre ha scarsamente risentito della scossa principale del 20 maggio. Storicamente gli eventi sismici che hanno determinato i risentimenti più rilevanti nel territorio di Rio Saliceto sono rappresentati dai terremoti del 1831-1832 e del 1996. Al primo di questi, con epicentro tra Campegine e Cadelbosco di Sopra e di Sotto, è attribuita  $M_w = 5.48 - 5.59$ . Il sisma del 1996, con  $M_w = 5.41$  ha indotto ingenti danni al patrimonio edilizio, caduta di comignoli e tegole, senza crolli di fabbricati e parti degli stessi.

## 9 ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA

L'analisi della CLE comunale redatta in collaborazione con l'*U.T. Comunale Arch. Stefano Faglioni – Geom. Cristian Gambetti*, 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.

### 9.1 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 6 come di seguito indicato:

ID ES	DESCRIZIONE	ID FUNZIONE	Note
03503400000069400999	Edificio p.zza Iqbal	001 – Coordinamento interventi	-
035034000000100800999	Via XX Settembre CCS	003 – Intervento operativo	-

ID ES	DESCRIZIONE	ID FUNZIONE	Note
035034000000102000999	P.zza Carducci Municipio - COC	001 – Coordinamento interventi	-
035034000000076600001	Via Marconi – Magazzini Comunali	003 – Intervento operativo	L'edificio fa parte di un aggregato
035034000000076600002	Via Marconi – Magazzini Comunali	003 – Intervento operativo	L'edificio fa parte di un aggregato
035034000000076600003	Via Marconi – Magazzini Comunali	003 – Intervento operativo	L'edificio fa parte di un aggregato

Gli identificativi delle funzioni operative assegnate corrispondono a:

001 – Coordinamento interventi

002 – Intervento sanitario (funzione non presente sul territorio comunale)

003 – Intervento operativo.

- aree di emergenza (AE), suddivise in aree di ammassamento (2) ed aree di ricovero (1) come di seguito indicato:

ID AE	DENOMINAZIONE	TIPOLOGIA	Note
0000000001	Parco e zona sportiva comunale	Ammassamento	-
0000000002	Area Magazzini comunali	Ammassamento	-
0000000003	Campo sportivo comunale	Ricovero	-

- infrastrutture di accessibilità e connessione (AC), per un totale di 26 suddivise in 9 infrastrutture di accessibilità e 17 infrastrutture di connessione;
- aggregati strutturali (AS) per un totale di 2;
- unità strutturali (US) per un totale di 25 di cui 2 facenti parte di aggregato strutturale e 23 costituite da unità strutturali interferenti isolate.

#### Cartografia di analisi della CLE

La mappa del Comune è stata realizzata in scale idonee per la lettura delle informazioni significative sull'intero 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.
- G.MARTINELLI, A.CHAHOUD, A.DADOMO, A.FAVA (2014) Isotopic features of Emilia-Romagna Region (North Italy) Groundwaters: Environmental and climatological Implications. Articolo del 31 Maggio 2014. Journal of Hydrology.
- 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) . BDM11, la versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.inqv.it/DBM11>
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008). “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.  
[http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15833](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 Castelnuovo 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.
- G.P. MAZZETTI- NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospection, Atti 4<sup>th</sup> 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)