



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

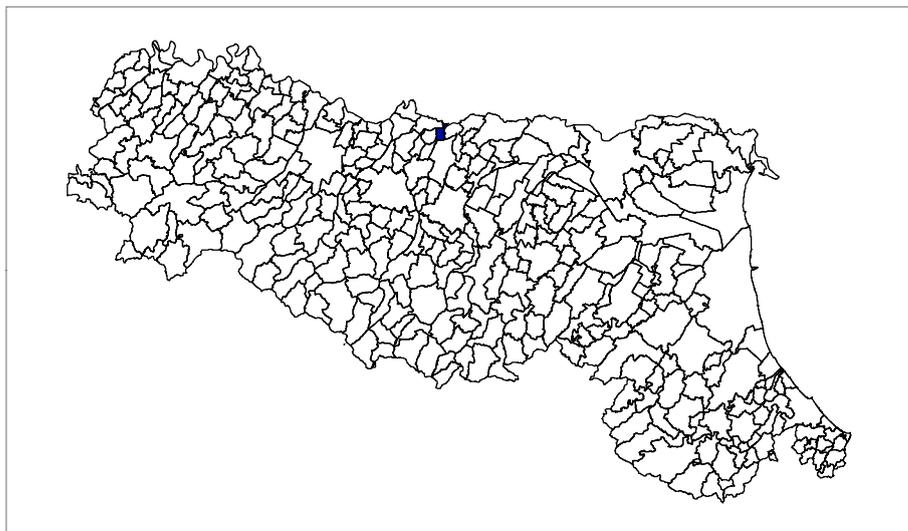
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Modellazione e caratterizzazione geologico sismica e geotecnica

Relazione Tecnica Illustrativa

Regione Emilia-Romagna
 Comune di Rolo



<p>Regione Emilia Romagna</p> <p><i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OCDPC 171/2014 DGR ER 1227/2015.</i></p> <p><i>Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico Luca Martelli</i></p>	<p>Soggetto realizzatore</p> <p>Studio Geologico CENTROGEO</p> <p><i>Progetto:</i> Gian Pietro Mazzetti</p> <p><i>Collaboratori:</i> Stefano Gilli Andrea Arbizzi Mauro Mazzetti</p>	<p>Amministrazione comunale</p> <p><i>Sindaco:</i> Fabrizio Allegretti</p> <p><i>Responsabile Ufficio Tecnico:</i> Maria Giulia Rinaldi</p> <p><i>Ufficio Ricostruzione:</i> Alessandro Marrazzo</p> <table border="1" data-bbox="1023 2018 1481 2107"> <tr> <td data-bbox="1023 2018 1254 2107"> <p>Data Marzo 2017</p> </td> <td data-bbox="1254 2018 1481 2107"></td> </tr> </table>	<p>Data Marzo 2017</p>	
<p>Data Marzo 2017</p>				

Provincia di Reggio Emilia
Comune di Rolo
MICROZONAZIONE SISMICA
MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE
GEOLOGICO TECNICA E SISMICA

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	1
1.1	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	2
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	3
2.1	Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento.....	15
3	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	17
3.1	Caratteri sismotettonici.....	24
3.2	Attività tettonica.....	26
3.3	Subsidenza.....	28
4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	30
4.1	Assetto strutturale depositi del quaternario continentale.....	33
4.1.1	Subsistema AES8.....	33
4.1.2	Subsistema AES7.....	34
4.1.3	Sistema AES.....	34
4.1.4	Sistema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI.....	36
4.1.5	Sistema Quaternario Marino Superiore.....	36
4.2	IDROGEOLOGIA.....	37
4.2.1	Idrografia di superficie.....	37
4.2.2	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	40
4.2.3	Definizione del sistema idrogeologico.....	40
4.2.4	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	41
4.2.5	Serie Idrogeologica Locale.....	42
4.2.6	Conducibilità idraulica acquiferi.....	44
4.3	Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale.....	46
4.3.1	Piezometria dell'acquifero freatico.....	46
4.3.2	Soggiacenza acquifero freatico.....	47
4.3.3	Identificazione temporale del sistema idrogeologico freatico.....	48
4.4	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	49
5	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	50
5.1	Carta geologico tecnica.....	50
5.2	Caratteristiche litotecniche.....	51
5.3	Successioni Litotecniche.....	52
6	MODELLI GEOTECNICI.....	58
6.1	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	62
6.2	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	62
6.3	Microtremori con la tecnica HVSr.....	62
6.4	Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. e passiva/attiva Re.Mi/MASW.....	63
7	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	65
7.1	Carta delle indagini.....	65
7.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	66
7.3	Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	67
7.4	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	70
7.4.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	71
8	SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	82
8.1	Definizione degli input sismici.....	82
8.2	Comportamento non lineare dei terreni.....	84
8.3	Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche.....	85
8.4	Calcolo degli effetti di sito.....	89
8.5	Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	91
8.6	Carta delle nuove indagini.....	93
8.7	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	94
8.8	Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica.....	94
8.9	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FAPGA.....	96
8.10	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	96
8.11	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.5 sec.....	96
8.12	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.5<T<1.0 sec.....	97
8.13	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.5<T<1.5 sec.....	97
9	CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI.....	99
10	BIBLIOGRAFIA.....	101

ELABORATI

Tav. 1.1	Carta delle indagini pregresse e nuove	1:10.000
Tav. 1.2	Carta geologico - tecnica	1:10.000
Tav. 1.2.1	Sezioni geologiche Ovest – Est	1:25.000/1:1.000
Tav. 1.2.2	Sezioni geologiche Sud - Nord	1:25.000/1:1.000
Tav. 1.3	Carta isopieze primo acquifero	1:10.000
Tav. 1.4	Carta Soggiacenza primo acquifero	1:10.000
Tav. 1.5	Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido	1:10.000
Tav. 1.6	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 1.7	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 1.8	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 2.1	Carta delle indagini nuove	1:10.000
Tav. 2.1.1	Punti di verifica RSL con codice di calcolo	1:10.000
Tav. 2.2.1	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA PGA	1:10.000
Tav. 2.2.2	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 2.2.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
Tav. 2.2.4	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,5 – 1,5 sec	1:10.000
Tav. 3.1	Carta Sovrapposizione MOPS - CLE	1:10.000
Tav. 3.2	Carta di sovrapposizione CLE - FA PGA	1:10.000
Tav. 3.3	Carta di sovrapposizione CLE - FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 3.4	Carta di sovrapposizione CLE - FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
Tav. 3.5	Carta di sovrapposizione CLE - FA IS 0,5 – 1,5 sec	1:10.000

ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche di nuova esecuzione

Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

1 INTRODUZIONE

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

Tale disamina, finalizzata alla mitigazione del rischio sismico, è stata indirizzata all'esame delle zone sede del territorio urbanizzato, di prevista urbanizzazione e di un loro adeguato intorno, del patrimonio edilizio esistente, delle fasce interessate dalle principali infrastrutture.

Le analisi di microzonazione sismica, realizzate con i contributi di cui all'OCDPC 171/2014, sono state effettuate in conformità alla Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n° 1227/2015, "Attribuzione Contributi a Favore degli Enti Locali e delle Indicazioni per l'Archiviazione Informatica".

Le sopra indicate analisi sono inoltre state sviluppate in riferimento ai dettati delle leggi nazionali, D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. n° 30483 del 24/09/88; L.R. n°20 del 24/03/2000, N.A. Piano Stralcio Assetto Idrogeologico allegato 7, Disposizioni R.E.R. concernenti l'attuazione del P.A.I. del 06/02, NA PTCP Reggio Emilia, D.M. 14-01-2008, Delibera della Giunta Regionale E.R. n°2193 del 21/12/2015.

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

La determinazione della pericolosità sismica del Comune di Rolo è stata sviluppata mediante l'elaborazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l'individuazione delle zone suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di secondo livello, con definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo mediante elaborazione sviluppata con codice di calcolo, in riferimento alle indicazioni contenute nelle sopraccitate DGR 1227/2015, DGR 2193/2015, "I.C.M.S." Indirizzi del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Dette analisi e relativa zonazione, rappresentano uno strumento efficace per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità sismica e valutazioni per la priorità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente.

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

Tali disamine sono state sviluppate mediante rilevamenti ed indagini dirette che hanno integrato ed approfondito quelle precedentemente eseguite nel contesto delle analisi effettuate negli studi del P.T.C.P. di Reggio Emilia relativi alla cartografia per la Riduzione del Rischio Sismico: Carta Degli Effetti Attesi (Tav.P9a: 183 SO) sono inoltre state utilizzate le tavole ed elaborazioni del PSC di Rolo 2002 e gli studi di Microzonazione Sismica di I° livello 2014 del comune di Rolo (*Centrogeo, Correggio RE*).

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Rolo, RE**, Determina del Responsabile dell'Area Tecnica e Attività Produttive 10/12/2015 n° 284.

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza di Rolo, è stata sviluppata in coordinamento con *il Servizio Geologico, Sismico e dei suoli, Dr. Luca Martelli ed Ing. Maria Romani, Regione Emilia Romagna* e con l'Area Tecnica e Attività Produttiva Comune di Rolo, *Arch. Maria Rinaldi, Ing. Alessandro Marrazzo*.

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

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

1.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il territorio comunale di Rolo ricade per la quasi totalità nel quadrante centro settentrionale occidentale della tavoletta NOVI DI MODENA I° SE ed in minima parte nel settore centro meridionale della tavoletta MOGLIA I° NE, del F° REGGIO NELL'EMILIA N° 74 I.G.M. zona 32 T. quadrato PQ.

L'area comunale con geometria sub rettangolare si estende prevalentemente in senso sud nord su una superficie di 14,03 Kmq ed è delimitata, in riferimento al sistema U.T.M., dai meridiani:

645400 – 650000

e dai paralleli:

4669750 – 4976250.

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi circa tra 18 e 22 m s.l.m. procedendo in senso sud nord dal Cavo Fossa Raso al capoluogo e tra 22 e 17 m s.l.m. sempre in direzione sud nord dall'area urbana di Rolo all'estremità settentrionale del comune.

L'assetto morfologico del territorio presenta andamento pianeggiante movimentato da ondulazioni ad ampio raggio che caratterizzano il territorio con un dosso topografico estendentesi in direzione sud ovest – nord est ed ovest – est dall'incrocio sP4/sP46 Zona Industriale Fabbrico-Rolo a Crocetta al confine Comunale con Novi MO, assecondando l'andamento della sP n° 4; un'analogia struttura si riscontra 1,2 km a nord del Cavo Parmigiana Moglia. Detti dossi delimitano depressioni vallive delle quali la più estesa è sita nella parte meridionale del Comune tra il Cavo Fossa Raso e via Rubona – via Bosco; quelli minori si riscontrano a nord ovest del territorio tra l'autostrada, il confine occidentale con Fabbrico ed i cavi Naviglio e Parmigiana Moglia, a nord est tra il Cavo Naviglio ed il confine con Novi di Modena. I settori occidentale e centrale risultano inoltre movimentati da assetti blandamente convessi ed avvallamenti minori che costituiscono una serie di modellamenti orientati in senso sud nord e sud ovest – nord est.

Detti assetti morfologici in rapporto agli assi infrastrutturali e rilevati arginali inducano condizioni di difficoltoso drenaggio nel settore meridionale tra via Rubona ed il Cavo Fossa Raso, nella zona nord ovest tra l'Autobrennero confine con Fabbrico – Cavo Naviglio e nell'area nord est tra il Cavo Parmigiana Moglia – Cavo Naviglio – ferrovia MO-VR e nel

settore tra via Cervelliera – Cavo Naviglio – confine con Novi MO; analoghe condizioni sono presenti nella parte nord est della superficie comunale tra Cavo Parmigiana Moglia e sP 47 – via Tullie.

Le pendenze territoriali oscillano mediamente tra 3/6 ‰ nella fascia centro meridionale estesa ovest est dell'incrocio sP 4/sP 46 a intersezione confine comunale est/sP4; nei settori a sud ed a nord in detto dosso l'acclività oscilla in media tra 1,5/2,5 ‰ ad eccezione delle zone vallive nella fascia settentrionale ed aree meridionali nelle quali le pendenze sono prevalentemente comprese tra 0,8/1,1 ‰.

Le curve di livello del piano campagna, con equidistanza 1 ml, corrispondono a quelle elaborate dalla *BONIFICAZIONE PARMIGIANA MOGLIA* redatte in base ai rilevamenti dalla stessa eseguiti nel 1930.

Le quote riportate in detti elaborati presentano una differenza negativa di 0,59 m rispetto ai capisaldi del reticolo trigonometrico I.G.M.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

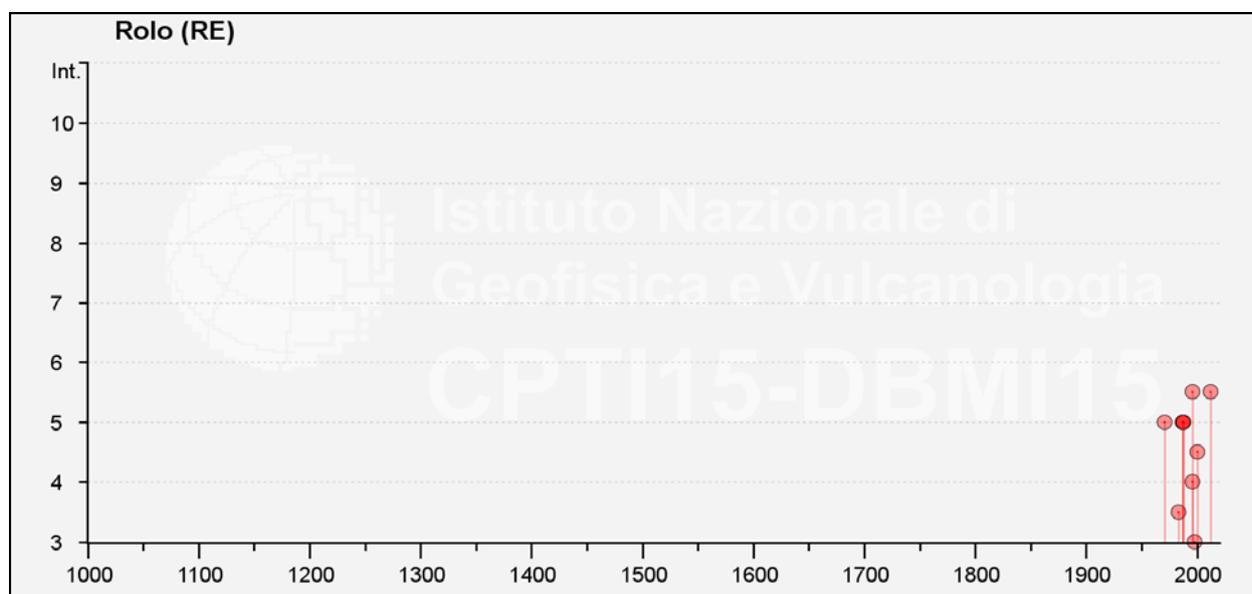
La sismicità del territorio, prevalentemente correlata alle strutture geologiche superficiali (primi 15 km) e secondariamente di media profondità (15 ÷ 25 km), è collegata a meccanismi focali compressivi e trascorrenti, mentre sono nettamente meno rappresentati e subordinati i meccanismi focali distensivi.

Nell'ambito territoriale al quale appartiene Rolo e zone ad esso adiacenti, il *Database Macrosismico DBMI15* utilizzato per la compilazione del *Catalogo Parametrico CPTI15* (a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15*), documenta eventi sismici giungenti al 7° grado della Scala *Mercalli - Cancani – Sieberg*, con intensità variabile tra $M_w = 4,8 \div 5,6$, Correggio – Novellara – Bagnolo in Piano, $M_w=5,9$ Mirandola – Finale Emilia, $M_w > 5,5$ Rubiera.

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

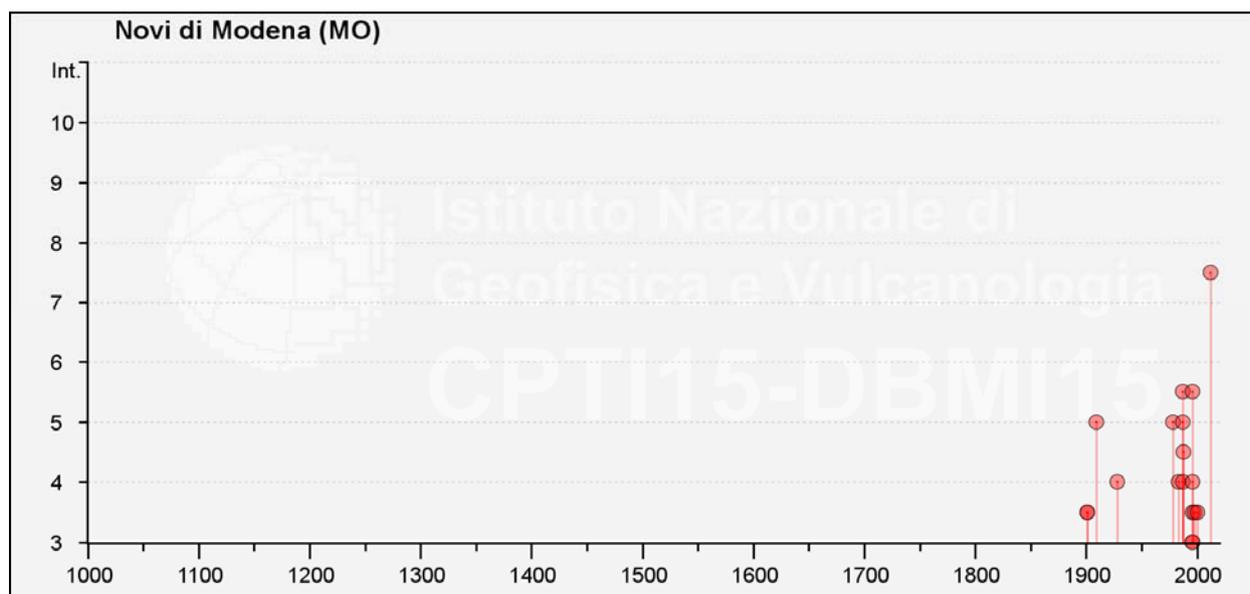
Storia sismica di Rolo
Numero di eventi: 18

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1901 01 20 06 30	Bassa modenese	10	4	3.68
NF	1901 01 20 06 34 2	Bassa modenese	12	5	4.11
5	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
3-4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
5	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5-6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
2	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
2	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
2	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
2-3	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
4-5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
5-6	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90



Storia sismica di Novi di Modena
Numero di eventi: 23

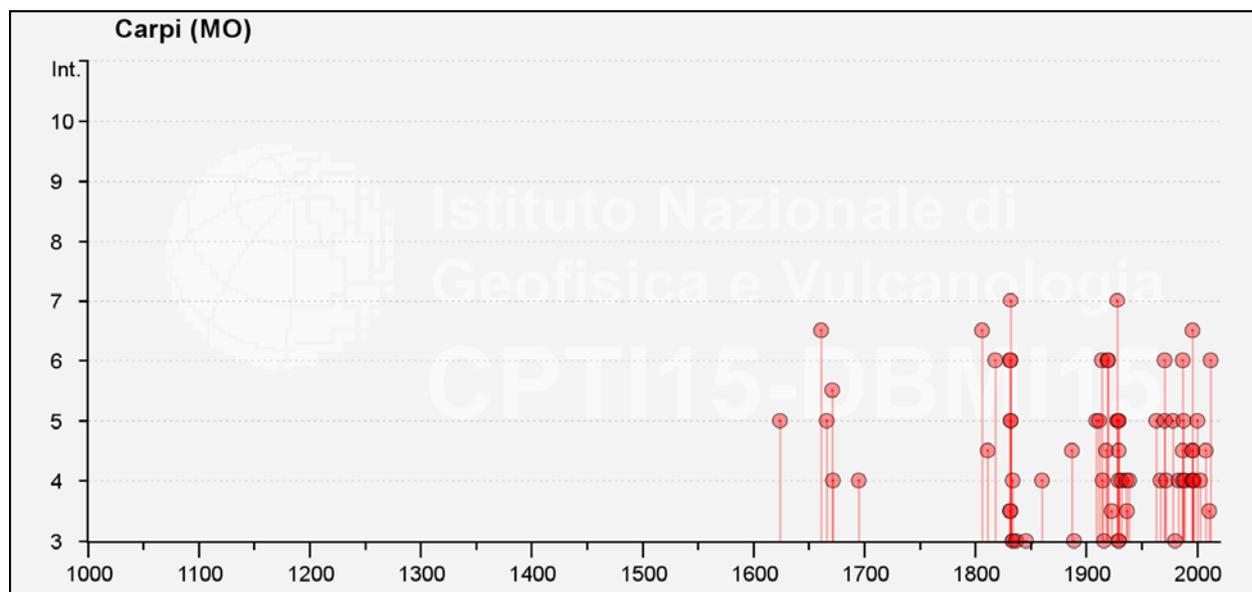
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
5-6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5-6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1978 12 25 22 53 4	Bassa modenese	28	5	4.39
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
4-5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
4	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1987 05 08 11 10 2	Bassa modenese	24	6	4.44
4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3-4	1901 01 20 06 30	Bassa modenese	10	4	3.68
3-4	1901 01 20 06 34 2	Bassa modenese	12	5	4.11
3-4	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
3-4	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
3	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
3	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
2	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
2	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002 11 13 10 48 0	Franciacorta	768	5	4.21



Storia sismica di Carpi Numero di eventi: 74
--

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
HD	1117 01 03 15 15	Veronese	55	9	6.52
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
7	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
6-7	1661 03 21 23	Modenese	4	6-7	4.86
6-7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
6-7	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
6	1818 12 09 18 55	Parmense	26	7	5.24
6	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
6	1832 03 11 06 45	Carpi	14	5	4.51
6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
6	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
6	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
5-6	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	8	7	5.27
5	1624 03 19	Argenta	18	7-8	5.43
5	1666 04 14 18 58	Bolognese	3	5	4.16
5	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
5	1832 04 19 14 14	Reggiano	5		
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1912 09 12 21 15	Carpi	13	4	3.76
5	1928 07 25 01 25	Carpi	3	4-5	3.93
5	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
5	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
5	1963 11 04 15 46	Bassa modenese	5	5	4.16
5	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
5	1978 12 25 22 53 4	Bassa modenese	28	5	4.39
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4-5	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
4-5	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4-5	1918 05 06 08 05	Reggiano	8	5-6	4.41
4-5	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
4-5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4-5	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4-5	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
4	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8	5.59
4	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.40
4	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
4	1860 07 17 13 43 3	Reggiano	5	4-5	3.93
4	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
4	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
4	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
4	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96
4	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1987 05 08 11 10 2	Bassa modenese	24	6	4.44
4	1989 09 13 21 54 0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
4	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
F	1474 03 11 20 30	Modena	3	5	4.16
F	1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	110	8	5.72
F	1831 07 14 15 30	Reggiano	8	5-6	4.60
F	1832 03 14 04 40	Reggiano	5		
F	1832 03 14 07 41	Reggiano	7		
F	1850 09 18 06 20	Modenese	7	5	4.16
3-4	1831 09 13 05 30	Pianura emiliana	7		
3-4	1832 03 12 08 45	Reggiano	7		
3-4	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5.04
3-4	1937 12 10 18 04	Frignano	28	6	5.30
3-4	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79
3	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
3	1834 10 04 19	Bolognese	12	6	4.71
3	1837 04 11 17	Lunigiana	60	9	5.94
3	1846 08 14 12	Colline Pisane	121	9	6.04
3	1889 03 08 02 57 0	Bolognese	38	5	4.53
3	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8	5.82
3	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05

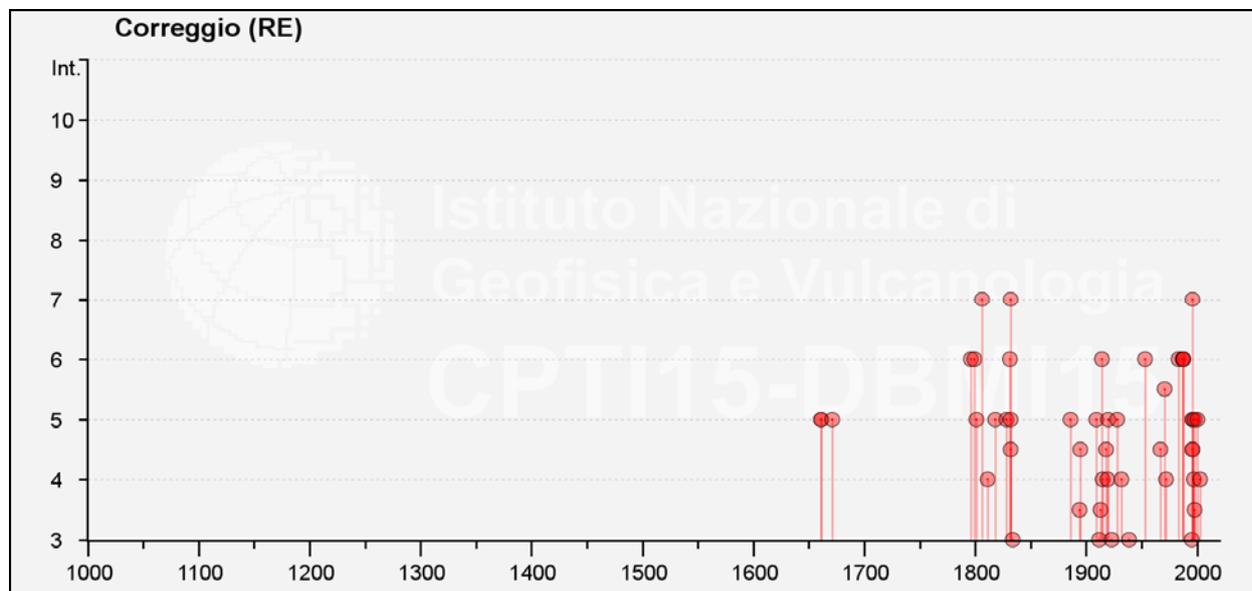


Storia sismica di Correggio

Numero di eventi: 65

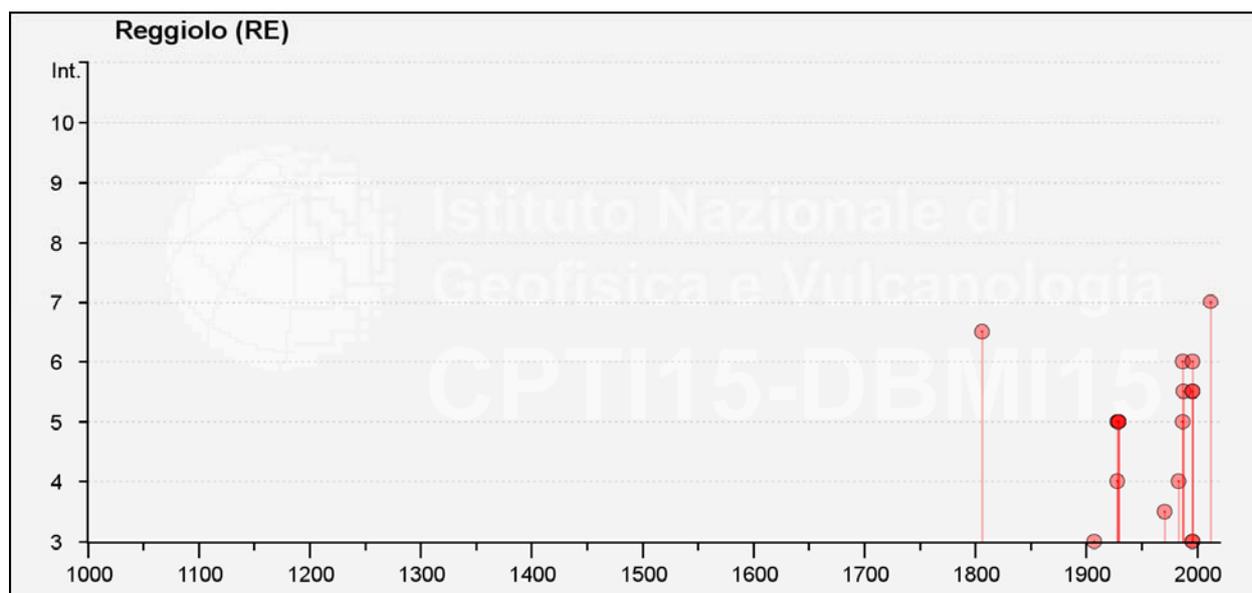
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
7	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
6	1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7	5.45
6	1799 02 22 05 45	Correggio	2	5	4.16
6	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6	1953 08 22 05 26	Reggiano	6	6	4.73
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
6	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5-6	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
5	1661 03 21 23	Modenese	4	6-7	4.86
5	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	79	9	6.05
5	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	8	7	5.27
5	1801 10 08 07 52 5	Bolognese	6	6	4.90
5	1818 12 09 18 55	Parmense	26	7	5.24
5	1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	110	8	5.72
5	1832 03 11 06 45	Carpi	14	5	4.51
5	1886 10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.70
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
5	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
5	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4-5	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
4-5	1895 05 12 20 29	Reggiano	13	4-5	3.98
4-5	1918 05 06 08 05	Reggiano	8	5-6	4.41
4-5	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4-5	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
4	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
4	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
4	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
F	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	94	8	5.60
F	1831 07 14 15 30	Reggiano	8	5-6	4.60
F	1832 03 12 08 45	Reggiano	7		

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1832 03 14 07 41	Reggiano	7		
F	1832 04 19 14 14	Reggiano	5		
F	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
F	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
F	1837 04 11 17	Lunigiana	60	9	5.94
F	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
F	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
F	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
3-4	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
3-4	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
3-4	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
3	1834 10 04 19	Bolognese	12	6	4.71
3	1912 09 12 21 15	Carpi	13	4	3.76
3	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5.04
3	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96
3	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
2	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10
NF	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4.17
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



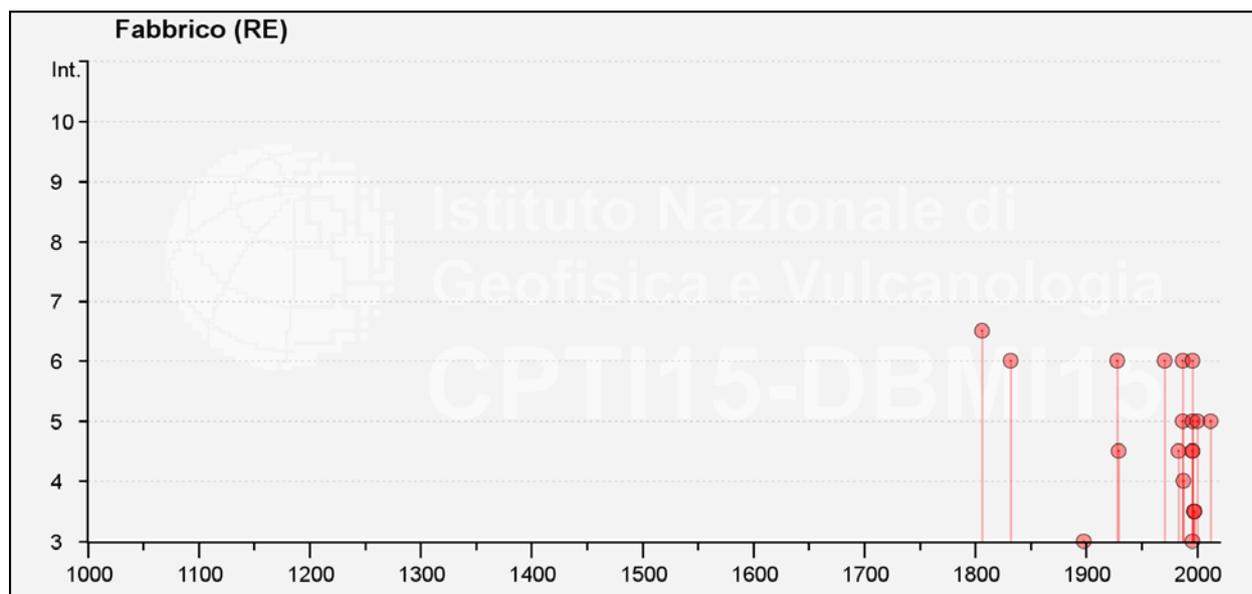
Storia sismica di Reggio
Numero di eventi: 24

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
6-7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
5-6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5-6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5-6	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
5	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
5	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
5	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
5	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
4	1928 07 25 01 25	Carpi	3	4-5	3.93
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
3-4	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
3	1907 04 25 04 52	Veronese	122	6	4.79
3	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
3	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
2	1929 04 19 22 40	Bolognese	12	5-6	4.54
NF	1901 01 20 06 30	Bassa modenese	10	4	3.68
NF	1901 01 20 06 34 2	Bassa modenese	12	5	4.11
NF	1910 01 23 01 50	Piacentino	118	5	4.39
NF	1937 09 17 12 19 0	Parmense	34	7	4.77
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43



Storia sismica di Fabbrico
Numero di eventi: 23

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
6	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
6	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
6	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
5	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
5	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
4-5	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
4-5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4-5	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3-4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3-4	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
3	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
NF	1910 03 22 23 29	Bassa modenese	15	5	4.16
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



(immagini e tabelle reperite dall'archivio DBMI15, consultabile al sito internet <http://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15/>)

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

- la storia sismica di Rolo ed al suo intorno ha una discreta testimonianza ed estensione temporale (il primo evento documentato risale al 1796 per il comune di Correggio)
- il grado di sismicità è di tipo medio – medio elevato con intensità massime percepite equivalenti 7 grado MCS, corrispondente a magnitudo stimata in $M_w = 5.2 \div 5.4$
- le massime intensità sismiche sono state prodotte da eventi di elevata intensità sismica a piccola distanza e di tipo superficiale, mentre gli effetti di sismi ad elevata intensità e distanti contribuiscono in maniera meno rilevante
- Gli eventi sismici registrati nell'area reggiana, con maggior grado di documentazione e di affidabilità dal 1800 al 2012, relativi a sismi con intensità $I_0 = 6 - 7$, evidenziano periodi di crisi sismica di durata media di 10/12 anni che si verificano mediamente con intervalli temporali di $30 \div 20$ anni; di tali eventi quelli che hanno manifestato i numeri di scosse maggiori sono correlabili ai periodi:
 - 1795/1810; 1830/1840; 1870/1880; 1910/1920; 1960/1970; 1985/2000.

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

Risentimenti sismici locali

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Rolo ha risentito dei massimi effetti negli eventi del 29 maggio e 3 giugno prevalentemente localizzati sia nel capoluogo, zone industriali che extraurbane.

I risentimenti hanno reso inagibili 89 edifici, indotto danni di temporanea inagibilità in 41 fabbricati.

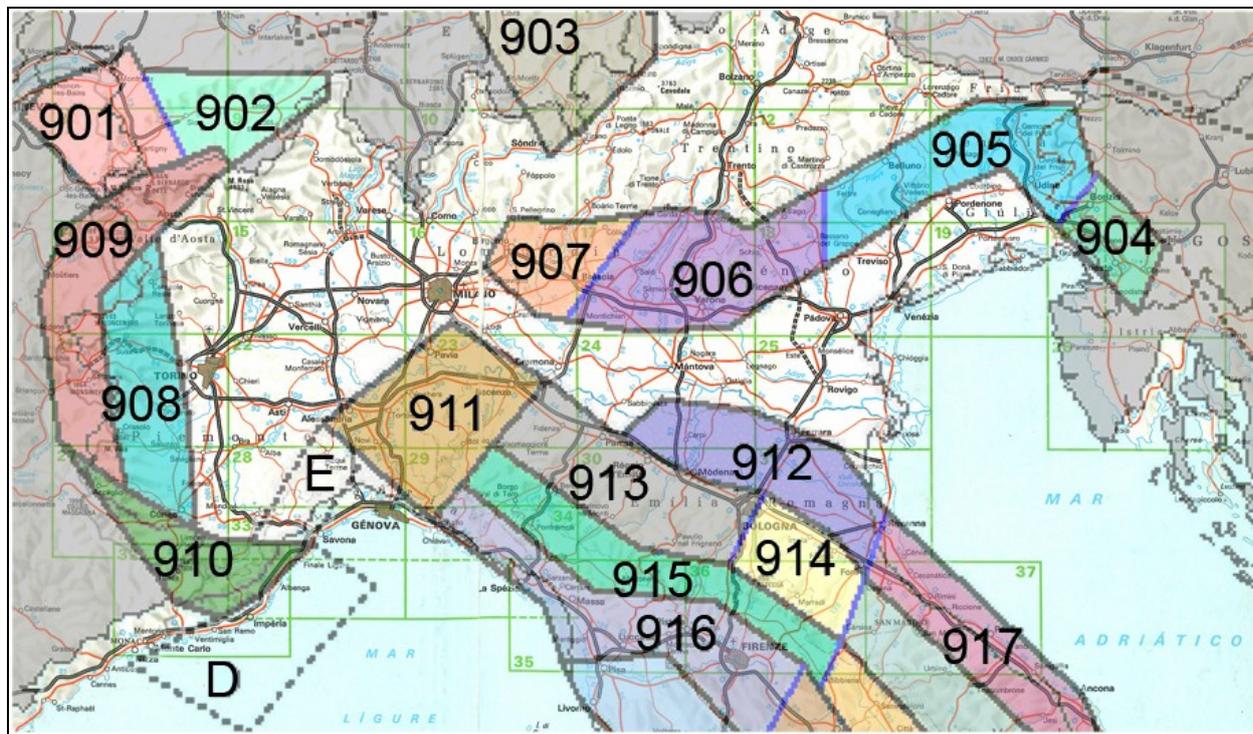
Storicamente gli eventi sismici che hanno determinato i risentimenti più rilevanti nel territorio di Rolo sono rappresentati dai terremoti del 2012 e 1996, del 1987,1971.

I primi di questi maggio/giugno - 2012 con $M_w = 5,9/5,8$ hanno indotto effetti con $I_0 = 7/8$ in Rovereto, Novi Mo e nei comuni di Finale Emilia, Mirandola, Concordia sulla Secchia, il territorio di Rolo ha risentito di Intensità $I_0 = 6$; l'evento sismico del 1996 con epicentro in prossimità di S. Tommaso della Fossa con $M_w = 5,41$ ha indotto effetti $I_0 = 7$ in Correggio, Bagnolo in Piano, Novellara ed intensità $I_0 = 5/6$ in comune di Rolo

In concomitanza degli eventi sismici del 1987-1971 con epicentri a nord est Parma capoluogo – $M_w = 5,5/5,57$ – $I_0 = 8$ e tra santa Maria – San Giovanni della Fossa Bagnolo in Piano/Novellara $M_w = 4,64/4,76$ – $I_0 = 6$, il territorio di Rolo ha risentito di intensità $I_0 = 5$.

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 Rolo alla zona sismogenetica 912, ambito di dominio dell'Arco delle Pieghe Ferraresi. Tale zona è sita ad una distanza di circa 25 km dal bordo settentrionale della zona sismogenetica 913, costituita del dominio delle Pieghe Pedeappenniniche sia Emiliane che Romagnole.



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

La fascia delle Pieghe Ferraresi rappresenta la porzione più esterna della zona in compressione dell'arco appenninico ed è caratterizzata da terremoti storici che hanno raggiunto valori di magnitudo medio elevati: $M_w = 4.7/5.0 \div 5.5$, con tempi di ricorrenza dei periodi di crisi sismica di 10/20 ÷ 30 anni.

Dalla documentazione della storia sismica sopra esposta si evince che il territorio di Rolo e le zone circostanti: Correggio, Rio Saliceto, Fabbrico, Reggiolo, Novi MO, sono egualmente interessati dai meccanismi focali che si originano nell'arco delle Pieghe Ferraresi sia interne che esterne, che dall'attività sismica del margine appenninico: Successione carbonatica meso - cenozoica, successioni del basamento pretriassico, ed in modo subordinato, della sismicità della monclinale alpina.

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

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

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio compreso tra Sant'Ilario D'Enza – Guastalla – Reggiolo – Novi di Modena – Carpi - Rubiera – Reggio Emilia, si sono originati per la

percentuale maggiore nei primi 10/15 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale; la distribuzione degli ipocentri focali che si generano tra - 15 e - 35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

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

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

In riferimento all'allegato A4 della Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna 2193/2015, al territorio comunale di Rolo compete un valore di picco massimo dell'accelerazione orizzontale, corrispondente a:

$$\text{Rolo } a_{\text{ref}} = 0,137 \text{ g}$$

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

$$\text{Rolo } a_g = 0,125 \div 0,150 \text{ g}$$

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

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio emiliano il 20 e 29 maggio 2012 la zona di Rolo, Reggio Emilia, RE, ha risentito di effetti corrispondenti al VI 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 Rolo, capoluogo, zona centro settentrionale del comune

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,074	5,2	0,153	0,049	0,010
29-05-2012 – 5.8	0,162	13,8	0,346	0,127	0,019
29-05-2012 – 5.3	0,159	23,5	0,492	0,191	0,053
03-06-2012 – 5.1	0,188	17,3	0,345	0,020	0,020

Area Industriale Campogrande, zona meridionale del territorio comunale

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,071	4,7	0,156	0,045	0,010
29-05-2012 – 5.8	0,147	11,3	0,305	0,111	0,017
29-05-2012 – 5.3	0,140	20,5	0,435	0,168	0,047
03-06-2012 – 5.1	0,162	14,9	0,301	0,019	0,018

I valori massimi di accelerazione in superficie (PGA) sono stati registrati nell'evento del **03 giugno $M_L=5.1$** , mentre le massime sollecitazioni per le strutture (PSA) sono stati registrati nell'evento del **29 maggio 07.00.03 (GMT) $M_L=5.8$** .

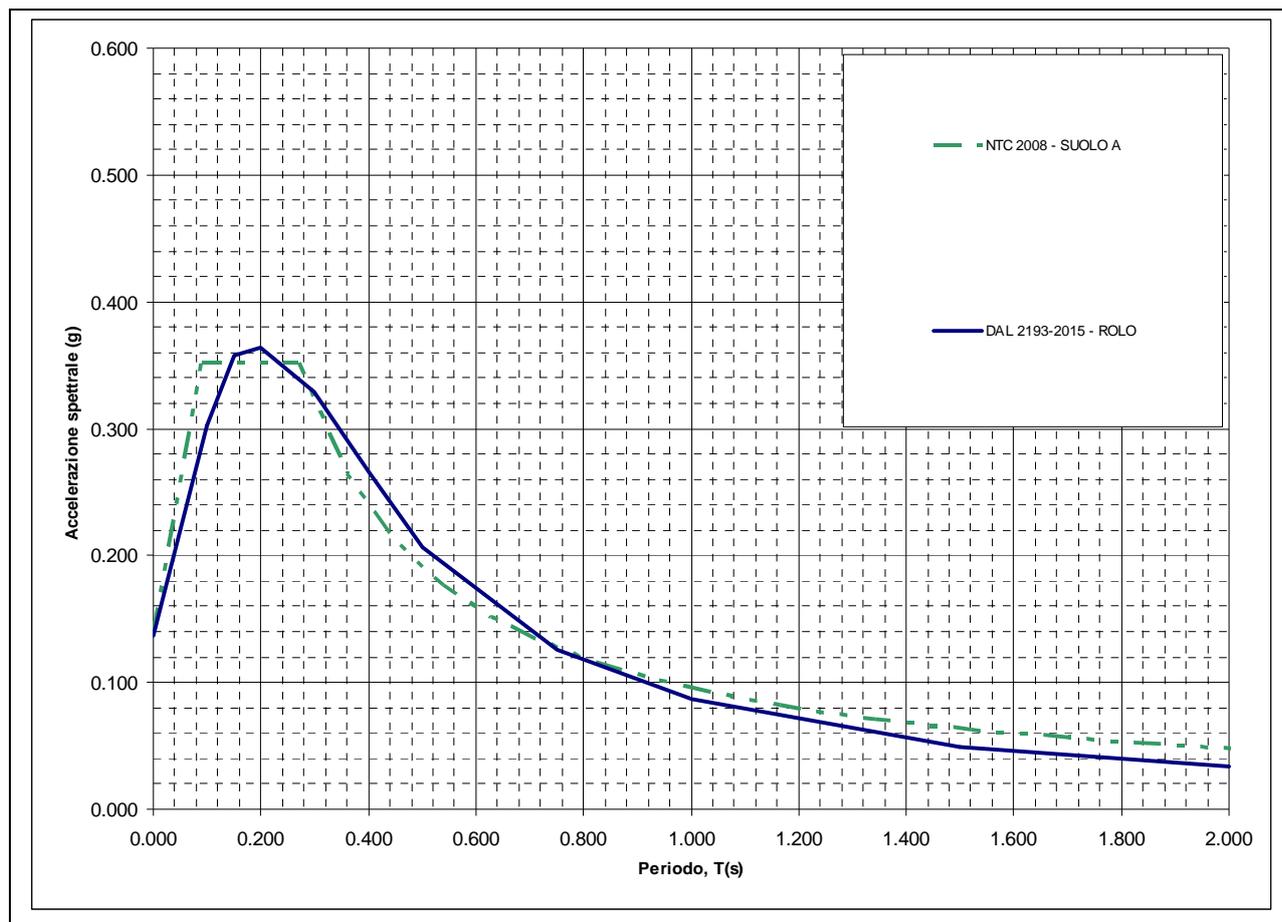
I valori di PGA-PSA degli eventi sopra elencati sono inferiori a quelli di progetto della griglia INGV (terreno cat. C – SLU-SLV) e delle tabelle A2.1.2 dell'allegato 2 DGR 2193/2015.

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

2.1 Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento

La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni, riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (*Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>*) varia nell'intervallo 0,125 ÷ 0,175g. Tali dati sono stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione delle tabelle contenute nella DGR 2193/2015 “Indirizzi per gli studi di Microzonazione Sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica di cui alla DAL 112/2007” dove viene indicata una PGA corrispondente a 0,137 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 Rolo, 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 Rolo. Smorzamento pari al 5%. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera dell'assemblea legislativa ER – DAL112-2007, mentre con linea verde tratteggiata è riportato lo spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2008.

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

3 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio comunale di Rolo appartiene al bacino della Pianura Padana, estendentesi su una superficie di circa 46000 kmq, che costituisce la zona di saldatura tra Alpi ed Appennini ed è formata da un'ampia e profonda depressione nella quale si distinguono nettamente due complessi sedimentari. Di questi quello più recente, è suddiviso in due Supesintemi, il primo dei quali: Supersintema Emiliano Romagnolo, da oggi a 0,65 Ma¹, è rappresentato da depositi alluvionali prevalentemente costituiti da sabbie, ghiaie, argille e limi di piana e da sedimentazioni di delta conoide e marine marginali, formate da sabbie ed arenarie poco cementate alternate ad argille e limi e talora ad orizzonti conglomeratici. Detta litozona è seguita dalle successioni sabbiose, arenacee, marnoso argillose del Supersintema del Quaternario Marino da 0,65 a 0,8 Ma (*Pleistocene med.*) dapprima costituite da depositi fluvio deltizi – marino marginali ai quali soggiacciono le sequenze cicliche sabbiose talora ghiaiose e limoso sabbioso argillose di prodelta – piattaforma – scarpata marina del *Pleistocene inf.* da 0,8 a 1.72 Ma. Tali sintemi coprono l'unità inferiore rappresentata dalle formazioni plioceniche – mioceniche – mesozoiche (da 1,8 a 24 – 247, Ma) costituite essenzialmente da depositi di ambiente marino sia costiero che di piattaforma e/o bacinale a faune pelagiche.

In detto complesso lo spessore dei depositi continentali formanti la prima unità è mediamente compreso tra 200/300 e 500/600 m, localmente nell'alto strutturale di Novi MO – Mirandola è inferiore a 100 m (si rinviene a 120/130 m in prossimità del confine con Rolo) ed è seguito dalle formazioni pleistoceniche generalmente rinvenibili tra -100/200 ÷ 500 – 600 e -1000 / -1300 m di profondità. A queste succedono le sequenze litostratigrafiche quaternarie del *Pleistocene medio inferiore* tra 1000/1300 e 1700/2000 m di profondità. Successivamente le formazioni del *Pliocene* si rinvengono sino a -2/-3/-4 ÷ -5/-6 nella fascia delle Pieghe Ferraresi e si approfondiscono a -6 ÷ -7,5 km in direzione occidentale – nord occidentale con il passaggio alla monoclinale alpina.

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

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

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

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

¹ Milioni di anni.

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

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

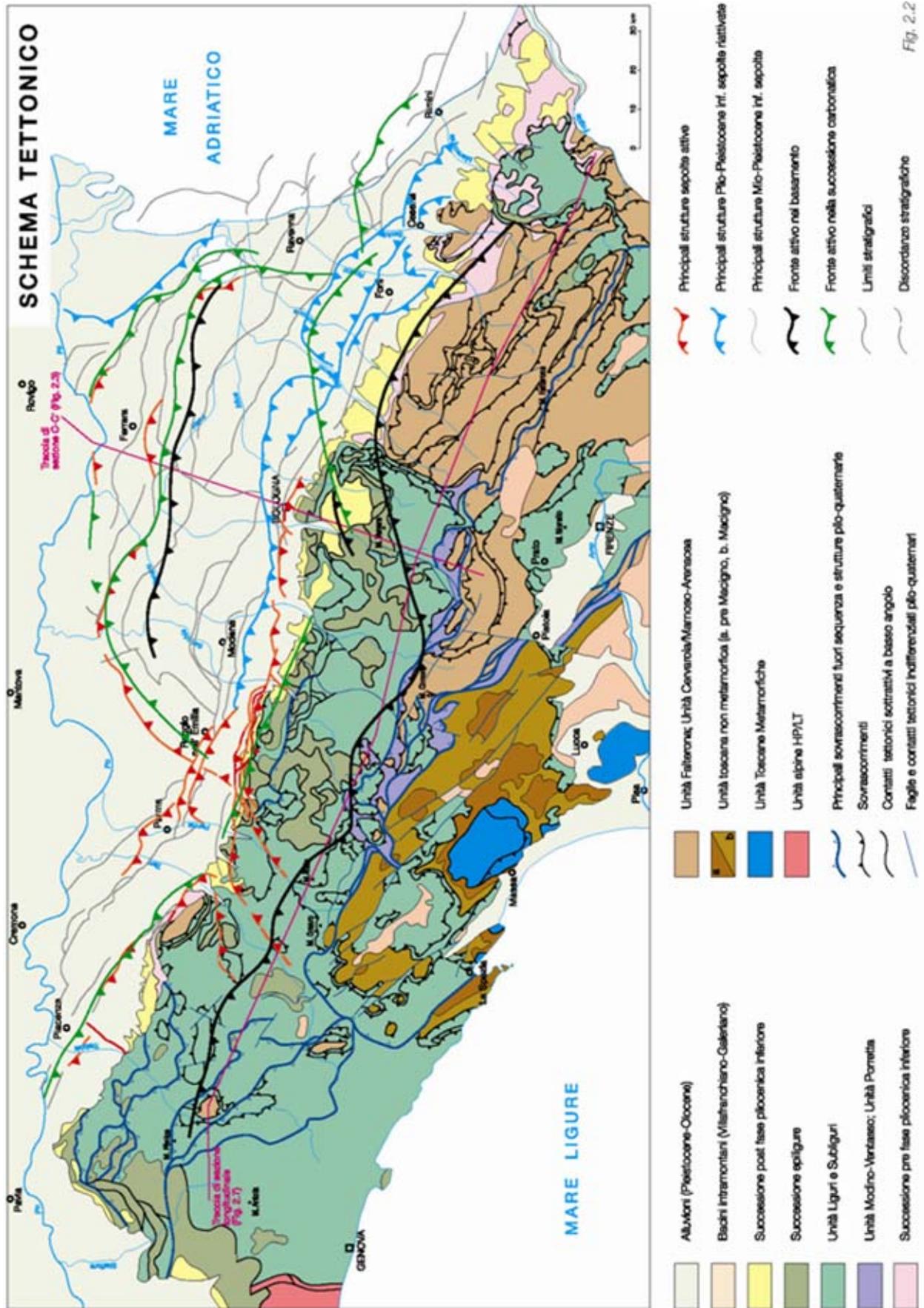
I processi che hanno determinato i piegamenti del substrato, esplicitisi in fasi di sollevamento del fondo bacino, si sono verificati principalmente in due periodi distinti collocabili tra il *Miocene ed il Pliocene* (25.2 - 5.2 Ma), manifestatisi con prevalenza nell'area piacentino - lombarda, e nel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

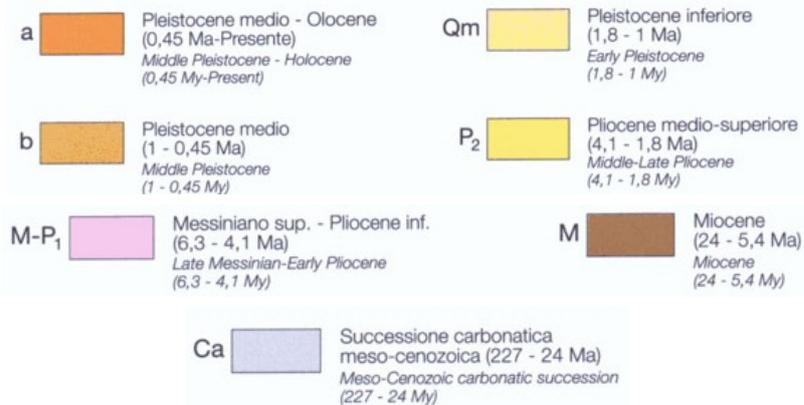
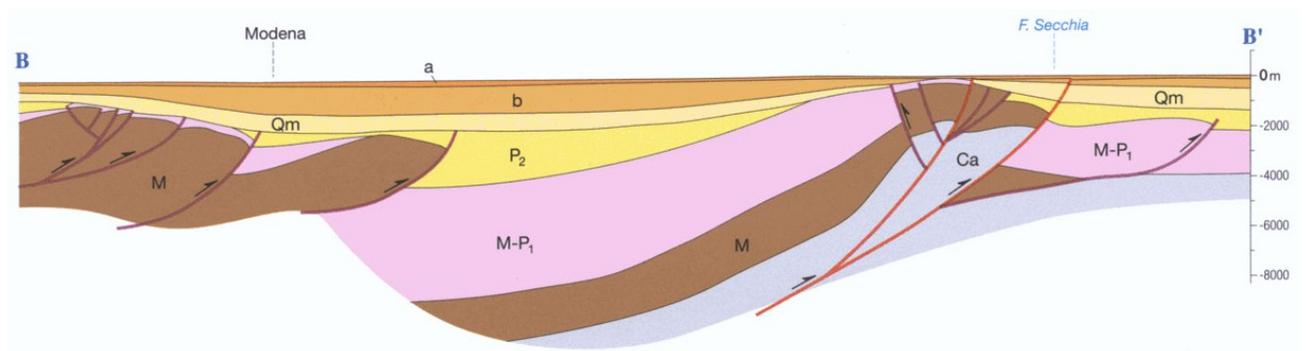
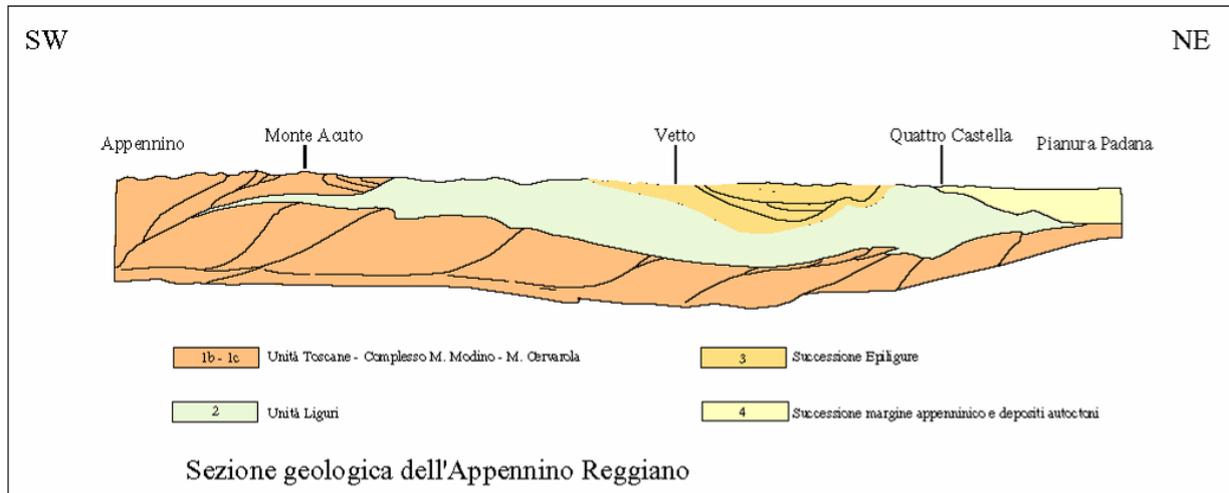
A tali eventi tettonici è seguita un'altra importante fase nel *Pleistocene medio* (0.8 - 0.45 Ma) che ha indotto il rapido spostamento della fascia di transizione tra la scarpata sottomarina e la piana bacinale verso nord est - est, alla quale è seguita una fase secondaria tra 0,26 - 0,22 Ma (*Pleistocene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

I processi in narrativa hanno condizionato la conformazione dei depositi quaternari, alluvionali e marini costieri, che ricalca l'andamento del substrato prepliocenico attenuandone le geometrie, come evidenziano gli assetti blandamente antiformali della base delle unità alluvionali sedimentatesi negli ultimi 650.000 anni b.p.: AEI, e cicli deposizionali basali e medi di AES, 450.000 - 220.000 anni b.p; questi ultimi nel settore di Mirandola - Novi Mo - Rolo si accentuano rimarcando la morfologia della Dorsale Ferrarese.

I conseguenti diversi spessori di materiale sedimentato sono stati oggetto di sensibile subsidenza. Detti abbassamenti, per processi di auto consolidazione, non si sono verificati uniformemente ed hanno manifestato intensità maggiore nelle fasce centrali delle sinclinali e minore nelle zone prossime ai settori di asse di anticlinale condizionando il grado di possibilità di consolidazione dei terreni. Queste condizioni, in taluni casi, ed in circoscritte aree, hanno indotto accentuazioni dei fenomeni subsidenti ai quali si è associato, localmente, lo svilupparsi di faglie distensive che nell'area di Bagnolo in Piano - Novellara - Novi Mo - Carpi - S. Martino in Rio - Correggio 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.

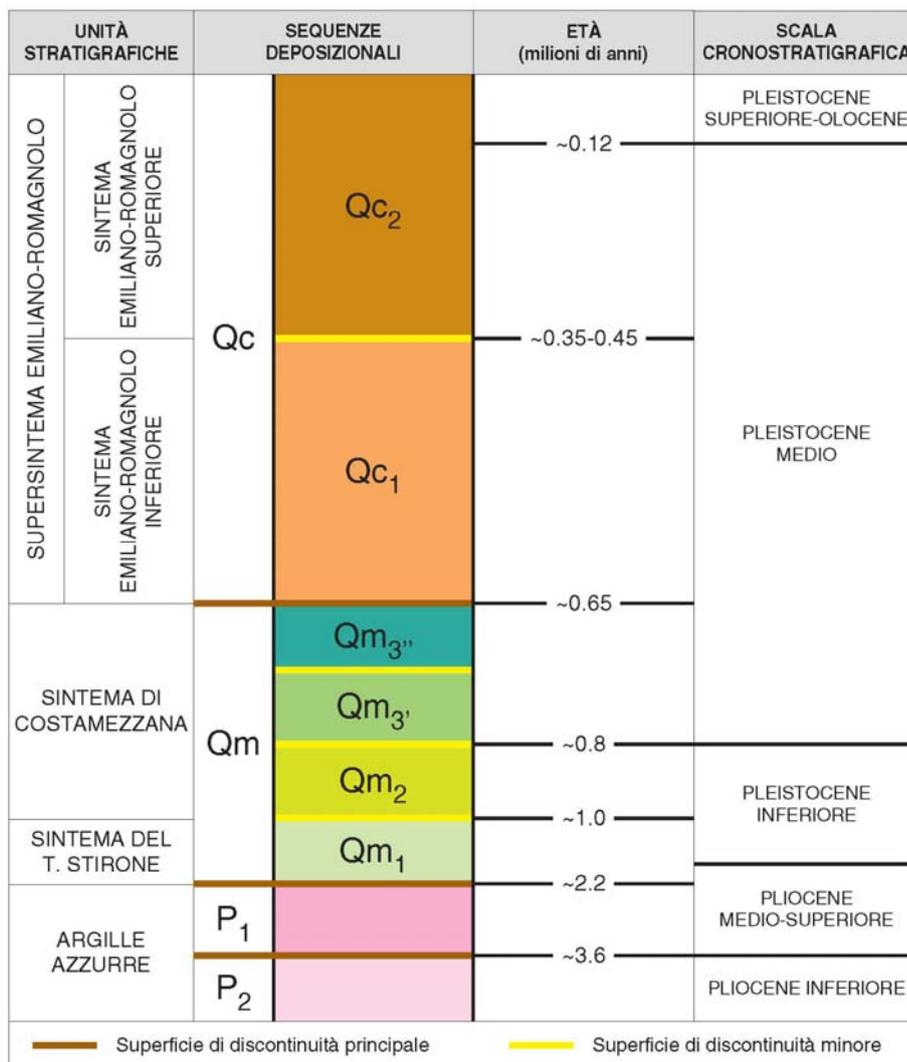




Sovrascorrimento plio-quadernario
(4,5 - 1 Ma)
Pliocene-Quaternary thrust fault
(4,5 - 1 My)

Sovrascorrimento post Pleistocene medio
(<1 Ma)
Post Middle Pleistocene thrust fault
(<1 My)

Senso di movimento
Direction of movement



	ANNI	PERIODI GEOLOGICI	PERIODI STORICI	CIVILTÀ E CULTURE	
CLOCENE	1.200	POSTGLACIALE	ALTO MEDIEVO	v. XII Età Carolingia (V. VII-IX) Età Bizantina-Longobarda (VI-VIII) Età Romano-Barbarica (V-VI)	
	476				
	162		ETÀ ROMANA	Impero (27...)	Età Severiana Età Antoniniana Età Adriano Età Traiana Età Augusto e Claudio
	1.800		ETÀ DEL FERRO	Civiltà Etrusca (...-750) Villanoviana (...-800-550) Protoilliriana (1.100-900)	
	2.800				
	5.200		ETÀ DEL BRONZO	Culture delle terramare Culture adossopennine (1.450-1.100) Culture di Polada (1.750-1.450)	
					6.200
	11.200		ENEOLITICO	Culture di Remedello (2.500-1.800) Culture del vaso campaniforme	
					14.000
30.000	NEOLITICO	Culture della Leggese (3.000-2.500) Culture del vaso a bocca ansata (3.000-3.500) Culture di Fiorano (...-4.500 ?)			
			71.000		
PREISTORIA	6.200	TARDOLACIALE	EPILITICO	a Mesolitico (industria microlitica)	
					11.200
	14.000	IV	PALEOLITICO SUPERIORE (?)	Madrileniano (18.000-9.500) Solutriano (18.000-17.500) Perigordiano (32.500-20.000)	Aurignaciano (32.000-20.000)
	71.000	III	PALEOLITICO MEDIO	Madrileniano Acheuleano lineare	
					120.000
	200.000	II	PALEOLITICO INFERIORE	Acheuleano superiore (300.000-100.000) Acheuleano medio (400.000-300.000) Acheuleano antico (700.000-400.000) Abbevilliano	Protolavauliano Clactoniano Industria su scheggia senza microliti
	500.000	I	INTERGLACIALE	Abbevilliano	
					700.000
700.000	GÜNZ	INTERGLACIALE	Abbevilliano		
				700.000	
				Pebble Culture	

Da: AA.VV. Prov. RE, 1989

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

DATAZIONE IN Ma	UNITA' DELLA SCALA STANDARD				ALTRE UNITA'	UNITA' LOCALI E NOMI ABBANDONATI	
	EON	PERIODE	EPOCHE	ETA'			
							SISTEMI
1,8 5 24 37 53,5 65 96 143 212 247 289 367 416 446 509 575	C E N T O R Z I A O	QUATERNARIO	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO	IRECENTE	
			PLEISTOCENE	TIRRENIANO MILAZZIANO SICILIANO EMILIANO CALABRIANO	CRITONIANO		
		NEOGENE	PLIOCENE	PIACENZIANO ZANCLEANO MESSINIANO	PONTICO	VELA- FRANCIANO ASTIGIANO	TABIANIANO ANDALUSIANO
			MIOCENE	TORTONIANO SERRAVALLIANO LANGHIANO BURDIGALIANO AQUITANIANO	PANNONICO	SARMAZIANO	ELVEZIANO
		PALEOGENE	OLIGOCENE	CATTIANO RUPELIANO	LATORFIANO	TONGRIANO BARTONIANO	LUZIANO ALVERSIANO
			EOCENE	PRIABONIANO LUTEZIANO YPRESIANO	BIARRIZIANO CUSHIANO SPELTIANO	ISPARACIANO	
		PALEOCENE	PALEOCENE	THANETIANO MONTIANO DANIANO			ILANDEMANO
				MAASSRICHTIANO CAMPANIANO SANTONIANO CONIACIANO TUPONIANO CEHOMANIANO ALBIANO APTIANO			
		CRETACICO	CRETACICO	superiore SENONIANO			
				inferiore NEOCOMIANO	BARREMIANO HAUTERIVIANO VALANGINIANO BERRIASIANO PORTLANDIANO KIMMERIDGIANO OXFORDIANO		
		GIURASSICO	GIURASSICO	MALM			
				DOGGER	CALLOVIANO BATHONIANO BAJOCIANO AALENIANO TOARCIANO		
		LIAS	LIAS		PLIENS-BACHIANO SINEMURIANO HETTANGIANO RETICO NORICO		
		TRIASSICO	TRIASSICO	superiore	CARNICO		
				medio	LADINICO		
		ANISICO	ANISICO	inferiore	SCITICO		
				superiore	TATARIANO KAZANIANO KUNGURIANO ARTINSKIANO SARKARIANO ORENBURGIANO GZELIANO MOSCOWIANO BASHKIRIANO SERPUKHOVIANO		
		PERMIANO	PERMIANO	superiore	VISEANO TOURNAISIANO FAMENIANO		
				inferiore	FRASIANO GIVETIANO EIFELIANO EMSIANO SIEGENIANO GEDDINIANO PRIDOLIANO LUDLOVIANO WENLOCKIANO LLANDOVERIANO VALENTIANO		
SILESIANO	SILESIANO		ASHGILLIANO CARADOCIANO LLANDEILIANO LLANVIRNIANO ARENIGIANO SKIDDAVIANO TREMADOCIANO				
DEVONIANO	DEVONIANO	superiore					
		inferiore					
SILURIANO	SILURIANO	superiore					
		inferiore					
ORDOVICIANO	ORDOVICIANO	superiore					
		inferiore					
CAMBRIANO	CAMBRIANO	superiore					
		inferiore					

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

3.1 Caratteri sismotettonici

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

Dette pieghe costituiscono un elemento strutturale sensibilmente complesso caratterizzato da un'intensa tettonizzazione che nella parte più settentrionale (Dorsale Ferrarese) ha determinato un notevole innalzamento del substrato carbonatico mesozoico che presso Novi di Modena (MO) – Camurana, si rinviene già da 215-310 m dal piano campagna (p.Novi 4bis, 1952 – p. Cavone di Carpi 2, 1978) e nelle zone più ad oriente nel ferrarese: Casaglia – Pontelagoscuro si attesta a -120/-150 m pc.

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

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

Nella zona di Reggio Emilia, Bagnolo in Piano, la successione delle formazioni nei primi 4.500/6000 m. è caratterizzata dalla presenza di una formazione carbonatica di mare basso di età *Giurassico sup.* - *Cretacico inf.* Quest' ultima risulta essere assente nelle aree circostanti, come denotano i pozzi perforati da *AGIP*, nei quali il *Cretacico inf.* è rappresentato dalle classiche facies carbonatiche pelagiche (Biancone o Maiolica).

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

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

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

Lo spessore della successione mesozoica, che nel settore di "Bagnolo in Piano" è caratterizzata dall'omonima piattaforma carbonatica, presente circa tra 4500 e >5730 m, conferisce un incremento relativo della rigidità della sequenza formante i primi 10 - 12 Km

del sottosuolo tutt'altro che trascurabile. Detti elementi, unitamente all'esistenza della linea tettonica denominata *Emilian fault* (A. Bosellini; 1981), determinano condizioni d'insieme significativamente influenti sul tipo di attività sismica dell'area pianiziale Reggiano – Parmense come indicano le profondità degli ipocentri nella zona di Bagnolo in Piano – Correggio – Novellara a generalmente comprese tra -5/-6 km.

Nell'ambito di quanto esposto è inoltre determinante la presenza delle faglie che delimitano le ali occidentali ed orientali della Dorsale Ferrarese e quella del Fronte di Accavallamento della successione carbonatica meso-cenozoica rinvenibile a profondità di 8/9 ÷ 11/12 km dal piano campagna con approfondimento in verso meridionale, che si estende in direttrice sud ovest – nord est, circa secondo l'allineamento Villa Sesso – Rolo – 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 Novi MO – Rolo - Fabbrico – Novellara – Cadelbosco di Sotto e di Sopra. A dette linee tettoniche regionali si associano fasce di fratturazione a direttrice sia appenninica che antiappenninica, come denotano le zone di frattura individuate a profondità di 1000 - 1200 m dal piano campagna nel campo pozzi *AGIP* di Correggio: zona S. Michele – S. Giovanni della Fossa (*AGIP*, 1952, Campo di Correggio). In tale area si evidenzia una fascia a direttrice sud ovest - nord est, 4/5 km ad occidente del suddetto capoluogo, che circa tra Fosdondo e S. Michele della Fossa interseca un'altra zona di frattura orientata est sud est – ovest nord ovest che con tutta probabilità, in rapporto all'assetto delle isobate del tetto del *Pliocene medio-superiore*, si estende anche in direzione sud est assecondando l'andamento di via Fosdondo sino all'omonima frazione. Nel settore occidentale, ad ovest di S. Michele della Fossa, detta fascia si associa ad una zona di intensa fratturazione che si sviluppa in senso sud ovest – nord est circa secondo l'allineamento Bagnolo in Piano – Santa Maria.

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

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

La base del *Pliocene* (M. Pieri, G. Groppi; *AGIP*, 1981 – *RER*, AA.VV, 2002) nel sottosuolo del settore di territorio al quale appartiene il comune di Rolo è generalmente rinvenibile tra -1,0/-1,5 km dal piano campagna e si approfondisce in direzione sia sud ovest che sud dal confine comunale con Fabbrico a quello con Campagnola Emilia - Novellara – Bagnolo in Piano ed in direzione sud – sud est con quello di Carpi; tale assetto caratterizza la fascia di asse della Dorsale Ferrarese. Nelle zone a nord – nord ovest di Rolo, dove gli sovrascorrimenti dell'ala settentrionale occidentale di detta Dorsale la giustappungono alla monoclinale alpina, la base del *Pliocene* si attesta a -5/-6 km pc.

La sopracitata linea di sovrascorrimento, che delimita l'ala settentrionale - occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese, si estende in direzione nord est- sud ovest da Novi MO a Fabbrico – Bagnolo in Piano – Reggio Emilia dove si collega, mediante una ripida

monoclinale, alla struttura di Reggio Emilia – Bologna, appartenente alla “Regione Delle Pieghe Pedepenniniche”. Nelle zone ad ovest di Cadelbosco di Sopra – Novellara superata la linea di sovrascorrimento che delimita l’ala occidentale dell’arco delle Pieghe Ferraresi interne, il tetto del substrato prepliocenico si abbassa a -6/-7 km dal piano campagna. Analogamente in direzione sud nei territori di Carpi – Soliera – Nonantola detto substrato si approfondisce a -6/-8,5 km dal piano campagna e costituisce l’assetto sinforme Soliera – San Giovanni in Persiceto.

3.2 Attività tettonica

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

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

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

Le fasi tettoniche più recenti, che denotano l’attività delle strutture nel *Pleistocene superiore* – *Olocene* sono testimoniate da dislocazioni e basculamenti che interessano le conoidi alluvionali, piegamenti che coinvolgono i depositi mindelliani e rissiani al piede dei colli (anticlinali del Ghiardo, Montecchio, Monticelli), dalle discontinuità individuate nei profili sismici che, in particolare, evidenziano l’attività degli sovrascorrimenti sepolti delle Pieghe Ferraresi, messi in risalto dalle geometrie arcuate della base delle unità alluvionali AEI ed AES (0,4 ÷ 0,65 Ma²), come si evidenzia nei territori di Rolo – Novi MO - Mirandola.

Le variazioni delle condizioni degli ambienti sedimentari nel tardo *Pleistocene* sarebbero confermate dalla ridotta profondità della base dell’*Olocene* (11.000/12.000 anni) che ad occidente di Reggio Emilia, corrisponde circa a 10 ÷ 15 m ed aumenta in direzione orientale, attestandosi a 15 ÷ 20 m nelle zone a settentrione di Reggio Emilia e Modena, ad eccezione dei territori di Rolo - Novi MO – Mirandola dove si riscontra a -10÷-15 m pc, procedendo verso est e sud tende ad approfondirsi ulteriormente attestandosi a -25 m dal piano campagna con l’approssimarsi al bolognese.

Concorrono a documentare un’attività tettonica recente le migrazioni verso occidente dei tracciati dei fiumi appenninici e gli antichi depositi di canale che frequentemente perdono di identità prima di giungere all’attuale percorso del Po, la netta deviazione in verso

² Ma = Milioni di anni

settentrionale di detto fiume nella zona di Guastalla, praticamente a ridosso dell'ala occidentale – settentrionale della Dorsale Ferrarese e la presenza nei primi 40/60 m del sottosuolo dei territori di Reggiolo – Fabbriaco nord – Rolo – Novi MO di sequenze sabbiose con spessori di 15/30 m.

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/di Sotto – Novellara ovest – Fabbriaco – Rolo – Novi MO, e dei Fronti di Accavallamento della successione Carbonatica Mesozoica e del Basamento, rispettivamente individuati nel sottosuolo della zona in esame a -8/-9 km e -11/-12 km, nella fascia circa estesa secondo l'allineamento Villa Sesso – Pieve Rossa – Rolo sud – Fabbriaco – Rolo – Concordia sS.

Oltre alle sopra descritte zone ad oriente di Correggio ed immediatamente ad ovest di Rio Saliceto, 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 riorientarsi a nord est in direzione di Rio Saliceto – Fossoli, estendendosi verso S. Antonio in Mercadello – S. Felice sul Panaro - Cento.

Ulteriori fasce di deformazione attiva che influiscono sull'attività sismica del territorio in oggetto sono rappresentate 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; nella fascia settentrionale di dette pieghe si sono verificati gli epicentri sismici di maggior energia con Mw > 5,5 a Ponte Taro, Parma, tra Caprara e Calerno / Ca del Bosco di Sopra, Rubiera.

L'interazione tra le Pieghe Emiliane e la parte più esterna della Struttura di Bagnolo (rampa laterale delle Pieghe Ferraresi interne) ha manifestato influenze che hanno determinato sollevamenti negli ultimi 0,45 ÷ 0,22 Ma, e con tutta probabilità anche in epoca storica come suggeriscono la diversione verso occidente del T. Enza e la presenza in superficie dei depositi dell'unità AES7b nei territori di Campegine – S. Ilario d'Enza, che confermano ulteriormente l'attività sismica del territorio in oggetto.

I sollevamenti delle strutture correlati a dette attività trovano riscontro nei minori tassi di abbassamento, <0,5/1 cm anno, rispetto alle fasce di pianura più a meridione e ad oriente: Correggio – Carpi – Ravarino: 1.5/2 cm anno.

La distribuzione degli ipocentri focali denota che il territorio in oggetto è interessato principalmente da un'attività sismogenetica, correlata a faglie compressive e trascorrenti, di tipo superficiale: primi 10/15 km del sottosuolo, connessa agli stress tettonici che si accumulano nella parte medio basale della successione carbonatica e nella fascia di sovrascorrimento del basamento; la diffusione dei fuochi che si generano tra – 15 e – 35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

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

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

La riclassificazione sismica del territorio nazionale: OPCM 3274/2003, NTC 14/09/2005, attribuisce il Comune di Rolo 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:

$$\text{Rolo } a_g = 0,125 \div 0,150 \text{ g}$$

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

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

$$\alpha_{\text{ref}} = 0,137 \text{ g}$$

3.3 Subsidenza

I fenomeni subsidenti nel territorio di Rolo sono correlabili ai processi di auto consolidazione naturale dei depositi delle aree di pianura che nella zona in esame denotano un elevato grado di influenza connesso all'assetto del substrato Pliocenico e Prepliocenico; a tali condizioni si sommano gli effetti correlati alle estrazioni di fluidi dal sottosuolo, che prevalentemente interessano i primi 100/200 – 250 m dal piano campagna, che indicano abbassamenti dei terreni in superficie di 5 mm/anno nella parte meridionale del territorio e che diminuiscono a 2,5 mm/anno nella parte settentrionale.

Tali fattori evidenziano corrispondenza tra la variabilità in spessore e geometria dei complessi acquiferi che formano i primi 100 ÷ 200 m del sottosuolo e le linee di uguale abbassamento del terreno (isocinetiche) relative al periodo 1992/2011 (ARPA.RER; www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp?Id20512 divello = 1423).

Le sezioni idrogeologico strutturali mostrano infatti che le unità idrogeologiche AES8 ed AES7 (dal presente a 125.000 b.p.) le cui deposizioni sono state influenzate sostanzialmente dai cambiamenti climatici che hanno interessato il bacino padano nel sopracitato periodo, sono caratterizzate da spessori relativi inferiori : 45 m nel sottosuolo orientale della parte settentrionale del territorio comunale, zona nella quale la fascia dell'asse della Dorsale Ferrarese è più prossima alla superficie.

Dette caratteristiche si rimarcano in direzione est, Novi MO, dove la Dorsale Ferrarese dove si innalza progressivamente e gli spessori medi corrispondono a 30/40 m e si mantengono costanti a 30 m in direzione est (Novi MO - Cavone). D'altra parte incrementano a 50/55 m nei settori meridionali e sud occidentali e procedendo in direzione sud – sud ovest (Fabbrico) si attestano a -65/-70 m e successivamente più a sud – sud ovest (Correggio – Novellara) in accordo con l'approfondirsi del substrato prepliocenico, gli spessori aumentano a 90/100 m.

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

La presenza della base dell'AES evidenzia profondità nettamente differenziate tra i settori nord orientali – orientali ai quali appartengono Rolo – Novi MO e quelli occidentali e sud occidentali di Fabbrico – Rio Saliceto – Correggio; nei settori orientali di Rolo è rinvenibile a -40 m dal piano campagna e procedendo in direzione orientale a Novi MO – Cavone si innalza a -30 m pc. In verso occidentale il tetto di detta unità nelle zone ovest di Rolo si attesta a -40 m e si approfondisce a -65/-70 m pc in territorio di Fabbrico e successivamente a -80/-90 m nelle aree di Campagnola E. – Rio Saliceto – Correggio. Tali incrementi di spessore concordano con il progressivo incremento di profondità della fascia di asse della Dorsale Ferrarese in direzione sud ovest. Nei territori a meridione di Rolo – Fabbrico la base dell'AES si riscontra a profondità diverse tra i settori occidentali, ai quali appartengono Correggio – Campagnola E. - Rio Saliceto, e quelli orientali: zona di Carpi; nei primi è rinvenibile tra -180/-200 m pc e -230/-260 m pc con approfondimenti in direzione occidentale – meridionale occidentale; nelle zone ad oriente dei confini comunali est di Correggio - Rio Saliceto, la base dell'AES si riscontra tra -120/-150/-170 m pc si approfondisce in verso orientale meridionale a -190/-200 m pc.

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

Questi ultimi non si trasmettono in superficie e sono sigillati dai depositi dell'unità AES7 e parte superiore dell'unità: AES6 del Sintema AES, nei quali non si riscontrano.

Analoghe caratteristiche di variazione di spessori ad assetto geometrico evidenziano la base delle unità del Sintema Alluvionale Inferiore: AEI (400.000 ÷ 650.000/800.000 anni b.p.) sul quale hanno influito sia i cambiamenti climatici che i movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano in detto periodo; la base di tale sintema nei settori occidentali: Rio Saliceto – Campagnola E., Correggio è rinvenibile a -260 m pc e -300/-340 m p.c. con rapidi approfondimenti in direzione ovest e sud dove si attesta a -360/-400 m p.c.

Nelle zone a sud dei confini comunali di Rolo - Fabbrico, territori più occidentali di Rio Saliceto – Correggio, la base dell'AEI si rinviene tra -280/-300 m pc con approfondimenti a -380/-420 m pc in direzione ovest – sud ovest; nei settori immediatamente a sud est di Fabbrico – Rolo, nel carpignano la base AEI si riscontra a -180/-200 m pc e si approfondisce a -240/-280 m pc in verso sud – sud est nelle aree occidentali e tra -280/-320 m pc in quelle orientali, con approfondimenti in direzione sud – sud est.

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

Come precedentemente descritto oltre alle sopradescritte valutazioni, sono documentati nel territorio di Rolo, dalle rilevazioni della rete regionale di monitoraggio della subsidenza di ARPA.ER. relative al periodo 1992 – 2011, isocinetiche di abbassamento di 2,5 mm/anno con tendenziale incremento dei valori in direzione meridionale.

Tali condizioni sono correlabili agli emungimenti idrici dal sottosuolo che risultano essere in disequilibrio con le potenzialità e tempi di ricarica degli acquiferi confinati presenti nei primi 100/200 m del sottosuolo.

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

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio di Rolo appartiene alla fascia di transizione della Bassa Pianura alla Media Pianura Padana Appenninica costituitasi tra l'area dei coni alluvionali pedeappenninici e la zona di dominio del Po. Detto settore pianiziale, nella parte occidentale meridionale dell'area comunale, è prevalentemente caratterizzato nel sottosuolo da sequenze di orizzonti argillosi - argilloso limosi, ai quali si intercalano sequenze di strati sabbiosi generalmente di spessore relativo inferiore e che tendono ad assottigliarsi in direzione sud ovest.

D'altra parte nelle zone centrali e settentrionali il sottosuolo è contraddistinto da un sensibile arricchimento in alternanze di strati prevalentemente sabbiosi che formano orizzonti sensibilmente spessi (10/20/30 m) che primi 100 ÷ 150 m dal piano campagna risultano rappresentati in percentuali praticamente equivalenti alle unità argillose e tendono a prevalere sulle stesse nelle fasce settentrionali. Queste ultime indicano un incremento in percentuale più rappresentata delle unità argilloso limose con l'incremento della profondità.

I corsi d'acqua negli ambienti di pianura svolgono prevalentemente un'azione sedimentante ed i fiumi sono liberi di espandere le proprie acque sulle aree che li fiancheggiano in occasione delle piene.

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

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

L'accrescimento generale e graduale della pianura, caratterizzato da condizioni di equilibrio dinamico, è stato fortemente influenzato dall'azione dell'uomo che, per cautelarsi dalle esondazioni, ha costretto i corsi d'acqua a scorrere sempre negli stessi alvei elevando gli argini di pari passo all'innalzamento dei letti fluviali. Tale irrigidimento della rete idrografica

naturale ha accentuato i dislivelli tra i fiumi ed i territori che li fiancheggiano sia per un mancato apporto di materiali che per l'incremento di subsidenza differenziale.

Le caratteristiche evolutive descritte concordano con le emergenze morfologiche presenti nel territorio comunale di Rolo. Infatti si riscontra una conformazione pianeggiante blandamente ondulata, contraddistinta da un dosso topografico, estendentesi in modo sub parallelo alla sP Fabbrico – Rolo – Novi MO, e da depressioni vallive nei settori sud, nord – nord ovest e nord est.

Detti assetti topografici, le componenti litologiche e le caratteristiche del microrilievo palesano una loro genesi legata ad antichi tratti fluviali naturali, come visualizzato nella allegata carta litotecnica. Quest'ultima evidenzia, un sistema prevalente a corpi sabbiosi allungati ovest - est.

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

Il paleoalveo di maggior rilievo, quello sul quale è ubicato il capoluogo, è attribuibile con tutta probabilità al T. Crostolo che, circa sino al 12° secolo d.C. quindi prima della rotta di Ficarolo avvenuta tra il 1152 ed il 1192 (*Ciabatti, 1966*), passava ad est di Reggio Emilia. Da qui proseguiva verso nord est attraversando l'area compresa tra Budrio – Correggio – Cognento e, deviando verso oriente, assumeva un andamento est est sud – ovest ovest nord, secondo l'allineamento Campagnola – Fabbrico – Rolo – Novi MO. Successivamente, raccogliendo le acque del Secchia, confluiva al Po nei pressi di Bondeno di Ferrara (*Veggiari, 1974*)

La preesistenza di questo antico tracciato fluviale naturale ha ostacolato l'impostazione del reticolo idrografico più recente, a direttrice sud ovest – nord est, come evidenziano le tendenze a volgere verso occidente oppure ad oriente dei paleoalvei a meridione di Fabbrico-Rolo e la presenza di coni di rota alluvionale, osservabili a nord ovest del capoluogo nella fascia al confine con il comune di Fabbrico e ad est in comune di Novi. L'esistenza di detto paleoalveo ha determinato ritardi nel colmamento delle fasce al bordo settentrionale e delle zone a sud est dell'area comunale.

Un altro agente che ha influito sulla formazione del territorio di Rolo è il T. Tresinaro che, in base a dati storici, prima dello sbarramento di Fellegara avvenuto circa nel 1300 d.C., si dirigeva da Roncadella verso S. Martino In Rio e poi proseguiva, con il Canale di Migliarina, sino al Parmigiana Moglia.

Alle condizioni geomorfologiche descritte, nelle fasce nord occidentali e sud orientali dell'area comunale, è conseguita l'instaurazione di ambienti vallivi palustri, caratterizzati dalla deposizione di materiali essenzialmente argillosi con intercalati subordinati sottili e discontinui livelli sabbioso fini limosi, contraddistinti a livello territoriale da un forte grado di lenticolarità.

Dette peculiarità di ambito vallivo contraddistinguono la maggior parte del territorio di Rolo a meridione di Via Cantonazzo – Via Rubona – Via Bosco. Analoga tipologia ambientale caratterizza l'area a nord di via Cervelliera, compresa tra il Cavo Naviglio, Collettore Acque Basse Reggiane ed il Cavo Fossa Raso.

In tali ambiti territoriali la peculiarità principale è costituita dalla presenza di terreni essenzialmente argillosi-argilloso limosi nei primi 10 ÷ 12 m del sottosuolo, -13/-20 m nella zona più a sud.

Altri aspetti geomorfologici di interesse nei comuni, di Fabbrico – Rolo – Novi MO sono rappresentate dai ventagli generati dai con di rotta alluvionale precedentemente descritti.

L'ubicazione e la conformazione di dette strutture sedimentarie concorda con la difficoltosa possibilità di defluire in direttrice nord – nord est degli antichi tracciati fluviali che sono transitati nel territorio in narrativa, condizionati dalla presenza dell'antico dosso fluviale orientato ovest est, esteso sub parallelamente alla sP 43 Reggiolo - Moglia.

Per quanto riguarda gli insediamenti antropici antichi si osserva che l'esistenza del dosso Fabbrico – Rolo – Novi doveva essere già consolidata nel periodo romano e barbarico, data la presenza di reperti archeologici romani rinvenute tra -0,5 e -2 ml dal piano campagna (*D. Ferretti; 1982*). Ciò è in accordo con le caratteristiche climatiche *dell'Olocene medio* che risultavano contraddistinte da un clima caldo secco in fase di evoluzione verso un periodo fresco umido di tipo sub atlantico che si sarebbe decisamente impostato verso il 1000 ÷ 800 a.C.

I cicli di piovosità che giunsero ai valori massimi tra il 1400 ed il 1300 a.C. (*Mayr; 1964*) causarono variazioni morfologiche degli alvei e quindi rotte e tracimazioni nelle zone di pianura. Fenomeni simili a quello descritto continuarono poi a verificarsi sino al 9° ÷ 6° secolo a.C. Successivamente il paesaggio si consolidava dal punto di vista idrografico come indicano gli insediamenti dapprima etruschi poi romani. Il dosso formato dal paleoalveo del Crostolo costituì una fascia favorevole agli insediamenti umani come evidenziano i reperti romani, barbarici e medioevali – rinascimentali.

L'incremento in presenza dei siti archeologici, dopo il basso medioevo, indica una progressiva stabilizzazione del paesaggio dal punto di vista idraulico anche in ragione delle bonifiche e regimazioni antropiche.

Nel contesto dell'evoluzione geomorfologica territoriale ha esercitato una sensibile influenza l'assetto geostrutturale del substrato prepliocenico, come indicano progressivi spostamenti verso nord del Po che si è via via allontanato dalla Dorsale Ferrarese e le divagazioni degli alvei degli affluenti appenninici all'affluenza a detto fiume. Le attività di detta dorsale è indicata dai numerosi terremoti verificatisi nella Valle Padana tra il 1100 – 1300 - 1600.

La tendenza evolutiva attuale del territorio di Rolo è conservativa dato che le principali linee di drenaggio sono rigidamente regimate dall'uomo. Tuttavia sono presenti, nella parte meridionale della superficie comunale, aree che in occasione di piogge particolarmente intense, sono suscettibili di allagamenti.

Dalle disamine sopra esposte si evince che l'evoluzione morfopaesaggistica del territorio in esame è legata alle grandi trasformazione 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 recenti 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.

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

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

4.1.1 Subsistema AES8

Il complesso deposizionale più recente AES8 (ciclo Ao), nelle fasce più settentrionali, del territorio reggiano – modenese, zone nord di Novellara – Fabbrico – Rolo, Reggiolo – Moglia – Novi MO, è caratterizzato da geometrie dei corpi sabbiosi a sviluppo tendenzialmente tabulare lentiforme, estesi in direzione ovest est con spessori mediamente variabili tra 5 e 10 m e che a sud del sopracitato allineamento (Campagnola E. – Rio Saliceto – Carpi – Correggio) assumono morfologie nastriformi principalmente allungate in senso sud ovest – nord est.

Tale complesso nelle aree settentrionali presenta spessori mediamente compresi tra 15 e 10 m con assottigliamento in verso orientale (Novi MO – Mirandola); le potenze sono generalmente oscillanti tra 15 e 20/25 m nei territori a meridione dell'allineamento Novellara – Campagnola E. – Fossoli ed aumentano in direzione sud est.

L'unità stratigrafica in oggetto 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.

4.1.2 **Subsistema AES7**

Simili caratteristiche evidenziano le sequenze deposizionali del ciclo deposizionale A1 (12/14000 ÷ 125000 bp) con spessori mediamente compresi tra 45/50 m nei settori nord – nord est e che si riducono a 35 ÷ 20 m in direzione orientale (Rolo est – Novi MO), nelle zone occidentali (Campagnola E – Novellara) le potenze aumentano e variano tra 50/65 m con incrementi sia in verso ovest ed in subordine sud est.

Generalmente l'unità in oggetto (AES7) non presenta significative deformazioni correlate a processi tettonici ad eccezione delle zone più orientali (Novi MO) nelle quali la base della successione evidenzia blande dorsature e pronunciate riduzioni degli spessori nei settori prossimi alla culminazione assiale della Dorsale Ferrarese interna (Novi MO). Tali condizioni sono essenzialmente correlate a subsidenza differenziata per processi di auto consolidazione, legati alle diverse potenze delle unità deposizionali che diminuiscono sensibilmente in direzione nord est.

La base del ciclo deposizionale si rinviene in genere sino a -50/-45 m pc e -35 m pc nelle zone più orientali (Novi MO), nei settori occidentali e meridionali di solito giunge a -75/-85/-90 m pc.

4.1.3 **Sintema AES**

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

Le sequenze deposizionali, con spessori e minori percentuali rappresentate relative dei corpi sabbioso ghiaiosi / sabbiosi nella parte inferiore del sintema, aumentano in potenza in senso ovest, sud e sud ovest, con l'allontanarsi della fascia di asse della Dorsale Ferrarese e concordemente con il suo approfondimento in direzione sud ovest; gli spessori corrispondono a 20/30 m nei settori nord orientali (Rolo est – Novi MO) ed aumentano rapidamente a 50/80 m in direzione occidentale sud occidentale (Campagnola E. – Correggio – Novellara) e con ulteriori incrementi a 120/170 m in verso occidentale meridionale (Novellara – Bagnolo in Piano).

La base del sintema raggiunge profondità di 50/70 m pc nelle zone nord orientali (Rolo – Novi MO – Mirandola), -110/-200 m pc nei settori occidentali centrali (Campagnola E. – Rio Saliceto – Correggio), -210/-260 m pc nelle aree più occidentali e meridionali Novellara ovest/sud – Bagnolo in Piano – S. Martino in Rio; analoghi incrementi in spessore e profondità si riscontrano nelle zone nord occidentali (Novellara nord ovest – Guastalla) nelle quali la base AES si attesta a -240/-260 m pc.

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

della Dorsale Ferrarese, che si approfondisce progressivamente da -1,5/-2 km (Rolo – Fabbrico) a -2,5 ÷ -3,5 (Campagnola E. - Correggio) a -4,0/-5,0 km (Bagnolo I.P. sud – Reggio Emilia).

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

Un'analoga condizione si osserva nel settore occidentale – nord occidentale, zone a nord e nord ovest di Novellara, nord ovest di Rolo, 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 e nei territori meridionali di Fabbrico - Rolo.

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

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

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

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

Nel settore ad oriente 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.

4.1.4 Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI

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

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

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

Dette condizioni determinano oltre alle discontinuità laterali, diminuzione degli spessori da 70/80 m a 50 in direzione nord est con l'approssimarsi alla zona di culminazione dell'asse della Dorsale Ferrarese e che nell'area di Novi di MO (Cavone) evidenziano ulteriori riduzioni a 30/20/10 m. Spessori 60/80 m contraddistinguono le successioni di AEI nella fascia allungata sud nord tra l'A22 e settore orientale del Comune di Rio Saliceto e nord est di Correggio, nella quale i corpi sabbiosi denotano dislocazioni di 40/50 m che innalzano base del sintema in narrativa a -180/-200-250 m pc.

4.1.5 Sintema Quaternario Marino Superiore

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

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

4.2 IDROGEOLOGIA

4.2.1 Idrografia di superficie

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

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

Il sommarsi di tali agenti ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti principali orientati sud – nord e sud ovest - nord est tra i quali il Cavo Parmigiana Moglia e CABR che costituiscono i collettori fondamentali per l'efficienza idraulica delle aree comunali Rolo – Fabbrico – Novi MO.

Detta rete consente l'agibilità di un territorio che altrimenti risulterebbe caratterizzato da ampie aree frequentemente allagate in occasione di eventi piovosi intensi.

I deflussi idrici delle acque di superficie nell'area di Rolo, per la parte che non si infiltra nel sottosuolo, avvengono tramite un sistema di scoli e fossi minori che offeriscono ai cavi: Naviglio, Fossa Raso, Parmigiana Moglia, contraddistinti da un sistema di scolo misto, ed alla Fossetta Naviglio ed a il Canalazzo di Rolo, che, a loro volta, convogliano le acque nei collettori: Acque Basse Modenesi – Acque Basse Reggiane, caratterizzate da scolo di tipo meccanico. Detti collettori riversano il carico idrico nel Canale Emissario tramite il quale le acque giungono all'impianto di sollevamento di S. Siro.

Per quanto riguarda gli assi idrici superficiali nel territorio di Rolo, risultano rientrare nell'elenco delle acque pubbliche del T.U. N° 1775 del 11/12/83 i seguenti cavi:

- Cavo Parmigiana Moglia
- Botte Fiuma inf.
- Tresinaro Vecchio
- Canale di Migliarina
- Fossa Raso inf.
- Naviglietto Inferiore
- Naviglio di Rolo
- Fossa Campagnola.

In relazione alla conformazione dei cavi e canali si riscontra a volte un loro andamento sinuoso che denuncia un'impostazione su tratti di antichi drenaggi naturali. In tali casi è consigliabile un attento controllo sulla qualità delle acque immesse in detti tratti di rete poiché l'interscambio di fluidi con la falda freatica è particolarmente attivo.

Dal punto di vista del funzionamento della rete idrica superficiale si riscontrano condizioni sufficienti per le esigenze odierne che però richiedono continue manutenzioni ed adeguamenti.

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

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

In relazione a quanto esposto risulta evidente che necessita porre particolare attenzione alle previsioni progettuali delle aree di sviluppo urbano 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 possibilità di realizzazione di vasche di laminazione delle acque di prima pioggia corredate di comparti separati per la raccolta delle acque di testa delle piogge.

4.2.1.1 Pericolosità idraulica

L'analisi relativa agli eventi di esondazione o allagamento in occasione di piogge critiche è stata sviluppata in base ai dati del *Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale*, alle elaborazioni dell'UTA Correggio per il Piano Sovracomunale di Protezione Civile ed ai censimenti di tali fenomeni effettuati direttamente dal 1986 al 1999, agli elaborati cartografici (in Fase di aggiornamento) del piano di gestione del Rischio di Alluvioni DGR.ER 1300/2016. Oltre a ciò si è fatto riferimento all'assetto topografico e geomorfologico del territorio.

In relazione agli eventi di allagamento successivi al 1986, è opportuna la distinzione tra le aree esondate e quelle allagabili in occasione di piogge critiche o con difficoltoso drenaggio poiché diverse sono le condizioni di possibilità mitigazioni della pericolosità idraulica.

Per quanto riguarda i valori delle piogge critiche sono assunti come soglia critica quella con intensità maggiore di 40 mm/ora.

Tale differenziazione è correlata ai diversi effetti prodotti da detti fenomeni, che nel caso di tracimazioni ed esondazioni da cavi e canali possono indurre spessori della lama d'acqua superiori a 0,5 ÷ 0,6 m; allagamenti per piogge critiche determinano generalmente altezze del battente idrico inferiori a 0,2 ÷ 0,3 m. Ne consegue che limitate sopraelevazioni di 0,4 ÷ 0,6 m, rispetto al piano campagna esistente, ed un efficiente sistema fognario per le acque bianche, determinano condizioni di sicurezza nei confronti di piogge critiche. D'altra parte per fenomeni di esondazione necessitano sopraelevazioni non inferiori a 0,7 ÷ 1,0 m.

Le zone del territorio di Rolo che sono state soggette in passato ad esondazioni con tempo di ritorno di 20-50 anni nell'area comunale (tav. 18350 – Novellara – Piano di Gestione del Rischio di Alluvione – Reticolo Secondario) sono localizzate nella fascia meridionale del territorio comunale tra via Rubona – via Bosco ed il Collettore Acque basse Modenesi – Cavo Fossa Raso.

Un'altra zona interessata da analoghi processi è segnalata nella fascia a settentrione della suddetta strada, circa delimitata a nord dal Canalazzo di Rolo.

Per quanto riguarda le aree allagabili in occasione di piogge critiche (difficoltoso drenaggio), si riscontrano condizioni problematiche nella parte di territorio ad occidente dell'Autostrada

del Brennero, a nord di Molino di Rolo; nell'area compresa tra la ferrovia Verona - Modena, il Cavo Parmigiana Moglia e lo Scaricatore Naviglio; nel settore nord occidentale a nord ovest del Cavo Parmigiana Moglia; a sud della Fossetta Naviglio tra lo stesso ed il Canale della Bionda; a nord est di via Livello; in limitati settori ai lati di via per Novi.

Detti difficoltosi drenaggi sono prevalentemente correlabili agli effetti di barriera idraulica indotti da assi stradali sopraelevati e/o da rilevati arginali di cavi e canali.

Il territorio comunale di Rolo (tav. 18350 – Novellara – Piano di Gestione del Rischio di Alluvione – Reticolo Primario) appartiene alla zona a scarsa probabilità di alluvione correlata ad eventi estremi: area ricompresa nel limite della fascia C del PAI.

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

- Nelle aree di nuovo insediamento in zone con morfologia depressa rispetto alle zone circostanti (aree con drenaggio difficoltoso), dovrà essere prevista una sopraelevazione minima di 0,4 m, rispetto al piano campagna esistente; tale quota dovrà essere idoneamente incrementata nei settori ove la presenza di barriere idrauliche, naturali o antropiche quali rilevati stradali, argini, ecc., non dotati di idonee cunette con bypass, possono determinare il formarsi di battenti idrici con altezza superiore a 0,4 m in occasione di piogge critiche. Oltre a ciò, nelle aree esondabili dovrebbero essere evitate realizzazioni di opere destinate allo stoccaggio temporaneo o permanente di liquidi e materiali inquinanti. Qualora risultassero in essere dette tipologie di opere è opportuno prevedere la loro messa in sicurezza mediante interventi di presidio ambientale quali controarginature, sopraelevazione dei corpi arginali, ecc.
- Per evitare incrementi di carico idraulico negli assi idrici di scolo superficiale, conseguenti all'aumento di aree impermeabilizzate nei siti completamente e/o di nuovo insediamento, dovranno essere previste ed eseguite idonee aree di ritenzione delle acque piovane. Queste ultime saranno gradualmente restituite alla rete idrica superficiale dopo un adeguato intervallo di tempo dalla fase di piena della rete superficiale. Le aree di laminazione o "vasche teste di pioggia e di prima pioggia" potranno essere costituite da superfici di terreno depresse rispetto ai settori circostanti collegate con idoneo scarico regolamentato o ai collettori di vettoriamento ad impianti di trattamento acque reflue (primi 5 mm- teste di pioggia) o alla rete idrica superficiale (prima pioggia).
- Evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio: realizzazione delle pareti perimetrali del solaio di base a tenuta d'acqua;
- Favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

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

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

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

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

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

4.2.2 Ambiente Idrico Sotterraneo

L'analisi delle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, in funzione delle condizioni di pericolosità che possono insorgere per sovrappressioni indotte sulla falda idrica sotterranea per sollecitazione sismica con potenziale generazione di processi di liquefazione, è stata rivolta principalmente all'assetto della falda freatica.

L'analisi di quest'ultima e gli elementi che contraddistinguono gli orizzonti idrogeologici che la costituiscono, è stata sviluppata in base ai rilevamenti diretti nei pozzi e raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni, eseguiti nel contesto del PSC 2002.

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

4.2.3 Definizione del sistema idrogeologico

Il territorio di Rolo 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.

Detta successione idrogeologica è formata da depositi del Quaternario Continentale assemblati in alternanze di livelli più o meno permeabili con rapporti stratigrafici sensibilmente complessi.

Le formazioni superficiali che costituiscono gli orizzonti idrogeologici del sottosuolo della zona in oggetto sono rappresentate prevalentemente da sedimenti medio-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.

4.2.3.1 Interfaccia Acque Dolci - Acque Salmastre/salate

I dati ottenuti dalle indagini ed elaborazioni di: *AGIP, Regione Emilia Romagna, Studio Idrogeologico Della Bassa Reggiana*, dalle indagini geofisiche precedentemente effettuate dallo

scrivente nell'ambito dello studio di PSC -2002 (*Centrogeo*) denotano che le acque salate si rinvencono a profondità differenti dal piano campagna.

Tale limite tende ad approssimarsi sensibilmente alla superficie nelle zone sud orientali del territorio, in prossimità del confine con il comune di Novi MO dove si riscontra a -75/-80 e -90 ÷ -110 m dal p.c. Questo innalzamento dell'interfaccia si verifica concordemente con l'avvicinarsi alla zona di culminazione assiale della Dorsale Ferrarese, presente nell'area di Novi di Modena - Cavone.

Procedendo in direzione occidentale e settentrionale concordemente con l'approfondirsi della fascia di asse di detta Dorsale, la base delle acque dolci tende rapidamente ad abbassarsi a -200 ÷ -250 m pc nelle zone meridionali occidentali ed a -250 ÷ -350 m pc nelle aree settentrionali occidentali nelle quali l'ala settentrionale delle Pieghe Ferraresi Interne si giustappone per sovrascorrimento alla Monoclinale Alpina, rinvenibile nel sottosuolo della fascia a settentrione del Cavo Parmigiana Moglia a -5,5/-6 km del piano campagna (tetto substrato preplioceno).

4.2.4 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale

La successione idrogeologica presente nel sottosuolo di Rolo (RE) ed in zone limitrofe, è stata desunta dalle analisi di sezioni geofisiche eseguite da AGIP/ENI analizzate ed interpretate da *Dr. Fabio Molinari*, dai dati contenuti in Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna (*R.E.R. – ENI – AGIP*), dai dati del Servizio Tecnico dei Bacini affluenti del Po, settore di Reggio Emilia – Modena, dalle elaborazioni e modellazioni effettuate dall' "Ex Comprensorio dalla Media Pianura" Capri – Correggio (*G.P.Mazzetti*, 1984) dalle elaborazioni delle prospezioni geofisiche con metodo geoelettrico effettuate nel contesto delle analisi di PSC 2002 (*Centrogeo*).

I caratteri litotecnici e l'assetto degli orizzonti acquiferi evidenziano che il sottosuolo del territorio di Rolo è suddivisibile in due unità a caratteristiche diverse la prima, quella più superficiale, costituita dall'acquifero freatico, formato da livelli acquiferi a spessore variabile in prevalenza modesto (2/4 m) ed a luoghi medio (3/6 m), ad assetto spiccatamente lentiforme.

Tale unità denota una geometria di insieme complessa nella quale le prevalenti alternanze di orizzonti argilloso limosi, a livello territoriale, tendono a confinare i corpi sabbiosi sede di circolazione idrica. Tali condizioni non costituiscono però condizioni di falda protetta poiché in corrispondenza delle fasce di antico canale fluviale estinto o in prossimità di cavi e canali si ha il contatto praticamente diretto con le acque di circolazione e di filtrazione idrica della superficie.

La seconda unità è costituita dagli acquiferi confinati o artesiani, formati da un complesso ad alternanze di spesse sequenze sabbiose e di orizzonti argilloso limosi e limosi che sono rappresentate in percentuali circa equivalenti. Tali successioni evidenziano la tendenza ad assottigliarsi e ad approfondirsi, rispetto al piano campagna, delle unità prevalentemente sabbiose in direzione sud.

Analoga caratteristica di diminuzione in spessore degli orizzonti sabbiosi a 4/6 m in verso orientale si riscontra nelle zone centrali e meridionali orientali del territorio comunale;

in queste ultime con l'approssimarsi alla fascia di culminazione assiale della Dorsale Ferrarese le unità stratigrafiche AES ed AEI si comprimono a potenze di 125/130 m in adiacenza al confine comunale con Novi MO ed in direzione est si riducono ulteriormente a 60/50 m in prossimità del confine orientale con Concordia sS. – San Possidonio (Cavone).

Le caratteristiche di detta sequenza sono attribuibili all'Unità Idrogeologica del Po.

4.2.5 Serie Idrogeologica Locale

In riferimento alle sopra descritte indagini ed in particolare ai dati acquisiti da RER ed AGIP - ENI, la successione sedimentaria dei primi 300 ÷ 350 ÷ 400 m del sottosuolo (età *Pleistocene inferiore – Olocene*) è localmente suddivisibile in quattro complessi acquiferi. Questi ultimi, in funzione del periodo nel quale si sono depositati, evidenziano variabili livelli di influenza dei processi deformativi e variazioni climatiche che hanno coinvolto il bacino padano. Detti eventi hanno generato cicli deposizionali delimitati alla base ed alla sommità da discontinuità significative, anche alla scala sub-regionale, che ne consentono la suddivisione in UBSU (*Unconformity Bounded Stratigraphic Unit*) e quindi in unità stratigrafiche; queste ultime sono unità cartografabili che differiscono da quelle sottostanti e soprastanti semplicemente per il fatto di essere separate da esse da superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità.

La successione e gli assetti geometrici dei complessi acquiferi sono visualizzate negli elaborati: Sezioni Geologiche (tav. 1.2.1 – 1.2.2).

Complesso Acquifero A0 (Unità stratigrafica AES8): è correlabile a deposizioni prevalentemente di ambiente continentale di età olocenica (12.000 – 14.000 anni b.p. fino all'attuale). Non evidenzia generalmente pronunciate influenze dei processi deformativi che hanno interessato il bacino padano ma altresì si riscontrano effetti correlabili a variazioni climatiche. Lo spessore dell'unità in oggetto nel territorio di Rolo oscilla mediamente tra 10 e 15 m con diminuzione di spessore in direzione orientale nord orientale dove al confine con i comuni di Novi MO e Moglia si attesta a -9/-10 m pc; incrementa in potenza in verso occidentale (Fabbrico) e meridionale (Rio Saliceto) giungendo a 13/16 m dal piano campagna; più a sud in territorio di Rio Saliceto – Carpi e ad ovest, Campagnola E., si approfondisce a -18/-20 m pc.

In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica prevalentemente hanno geometria spiccatamente lentiforme e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche, con arricchimenti nelle componenti sabbiose nelle zone orientali e settentrionali e con pronunciati incrementi nelle percentuali rappresentate dalle frazioni limose limoso argillose in direzione occidentale.

Detti materiali fini costituiscono fasce che limitano sensibilmente le velocità della circolazione idrica sotterranea orizzontale.

Nelle zone dove prevale la presenza nei primi 4 ÷ 5 m del sottosuolo di litotipi argillosi si determinano frequentemente condizioni di falda acquifera confinata; tale caratteristica a scala territoriale è discontinua e pertanto l'acquifero freatico è generalmente in diretta comunicazione con i fluidi che scorrono e si infiltrano dalla superficie.

I livelli sabbiosi saturi in acqua che presentano un maggior grado di continuità laterale relativa nelle zone centrali ed occidentali – sud occidentali si riscontrano tra -3/-5 e -8/-10/-12 m pc; nella fascia settentrionale orientale si rinvencono a -4/-5 m pc e si giustappongono direttamente alle spesse bancate sabbiose (10/25 m) dell'Unità Idrogeologica del Po.

Complesso Acquifero A1 (Unità Stratigrafica AES7a-b):

è correlabile a deposizioni avvenute tra 12-14.000 e 125.000 anni b.p. denota l'assenza di significative influenze di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano con parziale eccezione di blande modificazioni alla base nelle zone nord orientali del territorio comunale e che tendono ad accentuarsi ad est dello stesso; tali caratteristiche, connesse a diversi spessori dei bacini di deposizione, sono correlabili anche a subsidenza differenziata.

Detta unità presenta spessori generalmente compresi tra 35/40 m, nella parte orientale e settentrionale dell'area comunale e variabili tra 50 e 60 m nelle zone occidentali; le potenze relative minori nelle zone orientali e centro orientali corrispondono in media a 30 ÷ 35 m. Gli spessori più rilevanti: 55/60 m si riscontrano al confine con Fabbrico; si rinviene generalmente sino a -45 m pc nei settori orientali e -65 ÷ -70 m pc ad occidente.

Gli orizzonti acquiferi a maggior grado relativo di continuità laterale si riscontrano a profondità tra -15 e -25/-30 m p.c. nelle aree orientali e settentrionali, e tra -15/-20 m p.c. e -30/-40 m pc nelle zone occidentali centro meridionali.

Complesso Acquifero A2 (Unità Stratigrafica AES6):

è correlabile a deposizioni avvenute tra 125.000 e 200/220.000 anni b.p. In territorio di Rolo denota in pratica l'assenza di influenza di deformazioni collegabili ai processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano ed evidenzia moderate deformazioni alla base dell'unità nelle zone orientali – orientali meridionali, che si accentuano in direzione occidentale, connesse a subsidenza differenziata correlata alla variazione degli spessori dei depositi post pliocenici. Tale insieme presenta potenze generalmente comprese tra 10 e 30 ÷ 40/50 m con spessori relativi maggiori nella zona occidentale; si rinviene generalmente sino a -60/-70 m dal piano campagna nelle zone orientali ed -110/-120 m pc in quelle occidentali.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale in tale unità, si riscontrano a profondità tra -40 ÷ -50 m pc ad oriente, tendono ad essere più profondi nelle zone sud occidentali – occidentali dove si rinvencono tra -70/-80 e -90 m pc e contestualmente in tale direzione si assottigliano.

Complesso Acquifero A3/A4 (Unità Stratigrafiche AES5-AES4):

è correlabile a deposizioni avvenute 200/220.000 e 400/450.000 anni b.p. denota influenza di deformazioni collegabili a processi di subsidenza differenziale per auto consolidazione e ad azioni tettoniche nelle aree orientali meridionali del territorio dove si riscontra una discontinuità orizzontale correlabile a faglia per processi distensivi. Tale complesso presenta spessori generalmente compresi tra 25 e 30 m ad ovest – sud ovest ed assume potenze relative minori nelle zone orientali meridionali dove corrispondono in media a 10/20 m; si rinviene generalmente sino a -180 ÷ -200 m da piano campagna nelle zone ad ovest – sud ovest e a -70 ÷ -80 m nei territori ad est – sud est.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale si riscontrano ad ovest a profondità tra -90 e -110 m pc.

Nelle zone orientali – centro orientali la base delle acque dolci giunge a -80 ÷ -90 m dal piano campagna e si approfondisce rapidamente a quote sottostanti -280 ÷ -360 m pc in direzione occidentale e settentrionale.

Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale Inferiore - AEI):

Evidenzia alla base significative influenze dei movimenti tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400.000 a 650.000 anni b.p.; la distinzione rispetto all'unità superiore è correlata a caratteristiche di ambiente deposizionale ed a processi distensivi; è individuabile sino a -120/-150 m pc nelle zone orientali centro meridionali e sino a -250/-260 m p.c. nelle aree occidentali e con approfondimenti a -300 ÷ -350/-400 m pc procedendo in direzione sud ovest ed ovest nord; gli spessori nel territorio di Rolo equivalgono mediamente a 50/70 m ad oriente ed a 70/80 m ad ovest.

Gli orizzonti permeabili più significativi sono presenti al tetto dell'unità, 120/-140 m pc ad est e -180/-190 m pc ad ovest, dove costituiscono il livello di transizione, con spessore di 5 ÷ 10 m, al soprastante complesso; nella fascia a meridionale occidentale i corpi sabbiosi assumono spessori inferiori: 5 metri. L'acquifero è saturato in acque salmastre/salate a profondità sottostanti -80÷-90 m pc nelle zone orientali centro meridionali e da acque dolci nelle aree settentrionali ed occidentali nelle quali il tetto delle acque salmastre soggia -280 ÷ -360 m pc.

Gruppo Acquifero C (Sabbie di Imola):

Evidenzia significative influenze dei movimenti tettonici avvenuti nel bacino padano da 600/650.000 a 800.000 anni b.p. La differenziazione rispetto all'unità superiore è correlata a caratteristiche di ambiente deposizionale; è riscontrabile a quote sottostanti -140 ÷ -170 m p.c. nelle zone orientali ed a profondità soggiacenti -250/-270÷-300÷-400 m nelle aree occidentali e sud occidentali.

4.2.6 Conducibilità idraulica acquiferi

In base ai valori di trasmissività e permeabilità medi territoriali, pubblicati da RER, le unità sabbiose presenti nel sottosuolo dei territori adiacenti a Rolo sono contraddistinte da valori equivalenti a:

$$- T = 1.5/2.0 \cdot 10^{-2} \div 3/5 \cdot 10^{-3} \text{ mq/sec}$$

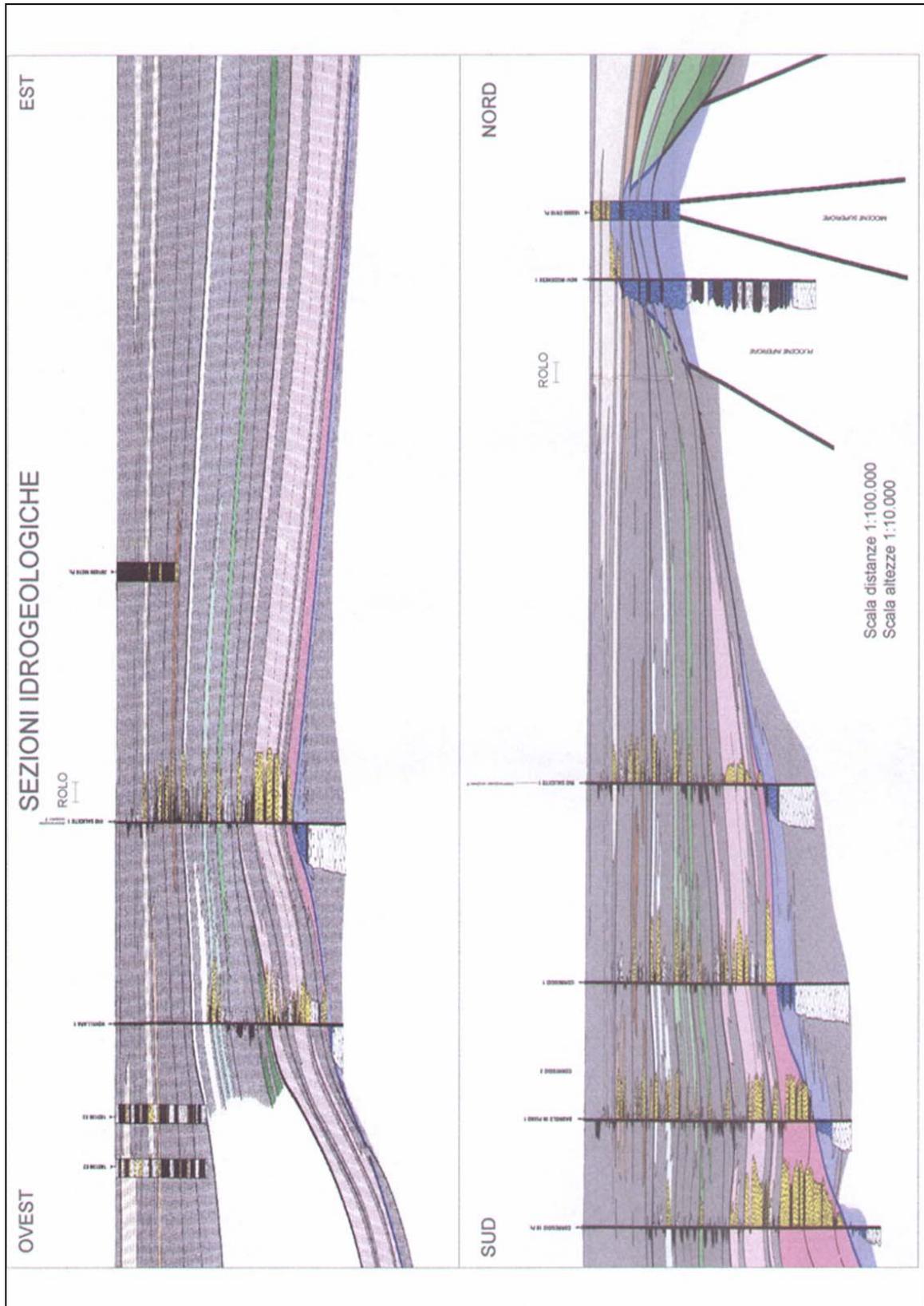
$$- K = 2.0 \cdot 10^{-3} \div 4 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$$

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

$$V = 0,3 \div 0.1 \text{ m/g}$$

Ne consegue che gli acquiferi presenti nei primi 150/200 m del sottosuolo, hanno velocità di ricarica rapida.

Le caratteristiche geometriche degli orizzonti sabbiosi, spessori ed inclinazioni che aumentano in direzione nord, evidenziano equilibri di alimentazione con l'unità idrogeologica del Po.



4.3 Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale

In funzione dell'influenza principale esercitata dal livello idrico nel sottosuolo sulle condizioni di suscettibilità alla liquefazione per gli orizzonti sabbiosi saturi, nelle disamine di pericolosità sismica territoriale assume un significato sostanziale l'individuazione della soggiacenza della prima falda idrica sotterranea. L'analisi dell'assetto dei deflussi idrici delle acque sotterranee, primo acquifero o falda freatica, è stata eseguita in base alle misurazioni precedentemente effettuate nel contesto delle rilevazioni ed elaborazioni sviluppate per il PSC 2002 (*Centrogeo*).

La fase temporale delle rilevazioni in rapporto al periodo dei rilevamenti, contraddistinti da un periodo stagionale piovoso (dicembre 2000), è rappresentativo di condizioni di sub massimo di ricarica della falda freatica.

4.3.1 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. L'analisi della geometria della falda freatica evidenzia zone di alto strutturale corrispondenti ad innalzamenti dell'acquifero di base: spartiacque sotterraneo o zone di alimentazione dell'acquifero.

L'assetto piezometrico nel settore centrale e sud occidentale del territorio evidenzia una falda conica a filetti divergenti, caratterizzata nel settore ovest da una fascia di alimentazione orientata in direzione sud ovest – nord est, dal confine comunale con Fabbrico a C. Governara dove si suddivide in due direttrici una delle quali, quella secondaria, prosegue a nord est verso intersezione Autobrennero/Canale Naviglio – incrocio ferrovia Modena Verona/via Ponte Nuovo; l'altra fascia di ricarica, quella principale, si orienta ovest est assecondando l'andamento della sP4 estendendosi nella fascia meridionale del capoluogo sino Corte Campagna dove assume verso sud nord sino a C. Coccapanà e successivamente si estende sub parallelamente all'andamento del Canale della Bionda sino a sud di Via Ponte Nuovo.

Il settore di territorio descritto costituisce la principale fascia di alimentazione dell'acquifero freatico nell'area comunale.

Altri ambiti a falda conica divergente, con presenza di aree di ricarica secondarie dell'acquifero freatico, si osservano nella zona sud est del territorio comunale, ad ovest dell'asse ferroviario MO-VR tra via Rubona e incrocio Canale Bedollo/sP4, e nel settore nord occidentale circa sub parallelamente alla sP46 tra via Prati ed il C.A.B.R.

Le zone con isopieze contraddistinte da concavità rivolta nel senso di moto della falda, identificanti una falda conica convergente, si evidenziano nelle aree settentrionali – orientali e meridionali del territorio comunale.

La prima di queste è contraddistinta dalla presenza di un asse di raccolta dei deflussi idrici sotterranei a direttrice sud nord, che si estende circa dalla Stazione di Rolo al Cavo Parmigiana Moglia, dove si congiunge ad un analogo asse orientato sud est – nord ovest che si allunga dall'intersezione tra il Cavo Fossa Raso e la sP per Novi con andamento sub parallelo

al Fossa Raso sino a C. Carabina e quindi con direttrice nord ovest da quest'ultima all'intersezione C. Parmigiana Moglia – via Pantano, via Tullie e località Le Tullie.

A sud ovest del capoluogo la fascia di drenaggio idrico sotterraneo si allunga in verso sud sud est circa da incrocio via G. Falcone/Canale Bedollo a Collettore Acque Basse Modenesi.

Da quanto esposto si evince che la caratteristica saliente della struttura idrogeologica nel territorio è rappresentata dalla presenza dell'asse di alimentazione idrica sotterranea principale, orientato in senso dapprima sud ovest – nord est e poi ovest – est, che si estende nella fascia sud orientale dell'area comunale al capoluogo con andamento sub parallelo alla S.P. Fabbrico – Rolo - Novi.

L'assetto Piezometrico dell'acquifero freatico evidenzia che nel sottosuolo di Rolo, i deflussi idrici tendono ad assumere una direzione territoriale prevalentemente orientata sud ovest –nord est nella fascia centro occidentale – centrale - centro orientale, circa dall'area industriale Rolo- Fabbrico alle zone nord est e nord ovest del territorio; nel settore sud orientale i moti di flusso idrico sotterraneo sono orientati prevalentemente in direzione sud est, mentre a settentrione del capoluogo assumono direttrice nord.

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

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

nei settori occidentali meridionali e centrali del territorio comunale,

$$im = 1 \cdot 10^{-3}$$

nelle zone meridionali orientali e nord occidentali

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

nelle aree settentrionali orientali,

I decrementi dei valori del gradiente idraulico nelle zone meridionali indicano incrementi in percentuale rappresentata delle alternanze prevalentemente limose – limoso argillose e quindi diminuzione dei valori di trasmissività.

4.3.2 Soggiacenza acquifero freatico

Le elaborazioni effettuate indicano che la profondità della falda rispetto al piano campagna è generalmente maggiore nella fascia centrale del territorio comunale, nord del Canale Bedollo, dove è mediamente rinvenibile a:

$$h = -2,5 \div -3,0 \text{ m p.c.}$$

ad eccezione dell'area orientale del capoluogo dove si riscontra a:

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

Caratteristiche simili si rilevano nella zona all'estremo settentrionale, a sud della s.P. Reggiolo - Moglia, dove la soggiacenza corrisponde a:

$$h = -2 \div -2,5 \div -4 \text{ m p.c.}$$

I settori dove la falda freatica maggiormente si avvicina al piano campagna, si osservano nell'area a nord ovest del capoluogo, a sud di via Bedollo – Canalazzo di Rolo e

nella zona nord ovest tra l'intersezione Autobrennero – Cn.le Naviglio – Cavo Parmigiana Moglia, nelle quali si rinviene a:

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

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 nel sottosuolo dell'area comunale di Rolo.

4.3.3 Identificazione temporale del sistema idrogeologico freatico

L'analisi comparata tra la carta dell'assetto piezometrico dell'acquifero freatico, elaborato in base ai rilievi del dicembre 2000 e quelle precedentemente redatte nell'ambito dello studio geologico per la V.G. P.R.G. di Rolo, luglio 1982 (*Centrogeo*) e quella per lo studio idrogeologico ambientale del P.T.C.C. Carpi – Correggio 1984 (*G.P.Mazzetti*) evidenzia assetti dei deflussi idrici sotterranei ad elevato grado di corrispondenza sia per quanto riguarda le principali fasce di alimentazione che per quelle di drenaggio; le modeste differenze conseguono sia dal diverso numero di pozzi censiti nelle rilevazioni sopra indicate che dalle differenti condizioni climatiche di alimentazione dell'acquifero.

Nell'ambito di tale disamina si osserva infatti che l'asse di ricarica principale nella fascia sud occidentale - centrale del territorio comunale presenta andamenti e caratteri praticamente equivalenti nell'arco di tempo considerato.

Analoghe caratteristiche si riscontrano anche per l'asse di alimentazione a nord ovest del capoluogo sub parallelo al Cavo naviglio, e per la fascia di ravvenamento ad oriente del capoluogo circa da C.te Campagna a C. Coccapanana che denota una moderata variazione con traslazione verso ovest nella parte più settentrionale.

Nella fascia a sud ovest del territorio si riscontrano contenute variazioni rispetto alle rilevazioni della V.G. P.R.G. 1982, che indicano, per la fascia di drenaggio idrico sotterraneo ivi presente, una più accentuata componente in direttrice sud est in tale periodo.

Per quanto riguarda la zona sud orientale si riscontrano direttrici dei deflussi sotterranei e degli assi di drenaggio sostanzialmente equivalenti.

Le fasce territoriali secondo le quali si raccolgono principalmente i deflussi idrici sotterranei (assi di drenaggio) evidenziano conformazioni ad orientamenti equivalenti dal 1982 al 2000 sia nella zona centro settentrionale dalla stazione di Rolo al Cavo Parmigiana Moglia, che nel settore nord occidentale dall'intersezione Autobrennero – Via Porto all'incrocio Cavo Naviglio – C.A.B.R.

Dal confronto della soggiacenza e della piezometria freatica del 1981 - 1984 con quella del 2000, si riscontra un'escursione positiva territoriale mediamente equivalente a:

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

Nelle zone settentrionali del comune l'escursione positiva risulta relativamente più marcata ed oscilla tra:

$$\delta = +1 \div +2 \text{ m}$$

L'assetto piezometrico territoriale è inoltre caratterizzato dalla presenza di un cono di depressione dell'acquifero freatico all'intorno della stazione di Rolo che denota geometrie praticamente equivalenti dal 1982 al 2000 con soggiacenza oscillante tra:

$$\delta = -3,5 \div -4 \text{ a } -4,5 \div -5 \text{ m p.c.}$$

In funzione delle valutazioni territoriali sono da considerare le profondità di falda freatica corrispondenti a quelle rilevate nel 2000 nelle valutazioni di pericolosità di liquefazione saranno da considerare possibili innalzamenti corrispondenti a:

$$\delta_{H_2O} = +0,5 \text{ m}$$

rispetto alle medie territoriali

4.4 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica

In funzione delle analisi descritte nei paragrafi precedenti, si evince che la condizione al limite dell'acquifero freatico nell'area comunale è contraddistinta dalle caratteristiche identificabili come di seguito descritto:

- Limite sud: Idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
- Limite ovest: Idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite nord: Idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
- Limite est: Idrodinamica a potenziale imposto con flusso 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; d'altra parte nei settori in cui detto livello è sostituito da limi sabbiosi e sabbie - 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; sono possibili flussi in ingresso per differenze delle concentrazioni in tenore salino nelle zone meridionali orientali ed orientali in corrispondenza degli innalzamenti del tetto delle acque salmastre e del substrato pleistocenico – pliocenico med. Inf..

5 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10 ÷ 20/30 m del sottosuolo del territorio di Rolo sono state determinate in base alle analisi geomorfologiche, banca dati del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli RER, esame delle colonne litostratigrafiche di pozzi, basi topografiche IGM relative al primo impianto 1881, delle notizie e pubblicazioni storico – geomorfologiche, prospezioni con metodo geo-elettrico, prove penetrometriche statiche effettuate per lo Studio Geologico Ambientale del PSC 2002 e di Microzonazione Sismica di Primo Livello 2014 (*Centrogeo*), indagini geognostiche di AA.VV reperite presso l'U.T. Comunale.

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 si sono identificate come aree prevalentemente sabbiose – sabbioso limose le fasce di territorio dove anche se detti litotipi non affiorano in superficie sono però presenti con spessori significativi, 2 – 3 m, nei primi 5 m del sottosuolo e spessori non inferiori a 3 – 5 m nei primi 10 m dal piano campagna.

Le classificazioni delle unità prevalentemente limoso argillose – argilloso limose - argillose esprimono la netta prevalenza di detti litotipi nei primi 5 ÷ 10 m dal sottosuolo.

5.1 Carta geologico tecnica

Il territorio in oggetto, appartiene alla fascia della bassa pianura alla transizione con la media pianura, costituita dalle evoluzioni idrografiche del F.Po, che ha condizionato le possibilità di afflusso dei suoi affluenti che per il territorio di Rolo – Fabbrico sono rappresentati dal T. Enza, T. Crostolo – T. Tresinaro – F. Secchia.

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

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

Ai sistemi deposizionali come quelli descritti sono attribuibili le zone settentrionali e meridionali del territorio comunale; nelle prime, a nord del confine in corrispondenza della sP2 Guastalla – Reggiolo – Moglia, è presente un tratto principale di canale fluviale estinto che ha impedito le possibilità di sviluppo dei deflussi verso nord determinando l'instaurazione di un ambito palustre che ha costituito un'area valliva di pianura che si estende a nord del Canale Naviglio e sua intersezione con via Calzolarà sino al Collettore Acque Basse Modenesi.

Un'analoga condizione si è impostata nella zona meridionale a sud del Canalazzo di Rolo nella quale l'antico percorso di canale fluviale ovest est Fabbrico – Rolo – Novi MO ha ostacolato l'importazione dei successivi assi idrici in direzione nord inducendo l'instaurarsi degli ambienti palustri delle Valli di Ca de Frati che si sviluppano verso sud in comune di Rio Saliceto.

La fascia centrale del territorio orientata ovest est, costituita prevalentemente da sabbie limose – limi sabbiosi e sabbie, è correlata alle evoluzioni del sopracitato asse fluviale estinto attribuibile ad un antico percorso del T. Crostolo.

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

Nel contesto dell'evoluzione morfologica del territorio, come sopra descritto, un ruolo importante è stato svolto dal paleoalveo orientato ovest est rinvenibile 1/1,3 km a nord del confine comunale e coincidente con lo stesso nel tratto più orientale nell'area di Reggiolo – Moglia, che ha ostacolato il passaggio dei fiumi a direttrice sud ovest – nord est di età più recente; equivalenti condizioni sono state esercitate dall'analoga struttura geomorfologica ovest est da Campagnola E. a Fabbrico – Rolo – Novi MO.

Gli interventi antropici principali sul territorio sono rappresentati dall'intensa urbanizzazione nell'area sede del capoluogo e zone industriali a sud ovest dello stesso, che hanno modificato le caratteristiche dei suoli mediante riporti e scavi che hanno coinvolto i primi 1/2 m del sottosuolo.

5.2 Caratteristiche litotecniche

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

5.3 Successioni Litotecniche**Verticale tipo IC Zona Industriale Campogrande 1-2-3**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità I1 da piano campagna a -2,0 m p.c	Superato lo strato prevalentemente argilloso limoso dello spessore di 0,6/0,8 m sono presenti terreni prevalentemente limosi – limoso argillosi con intercalati livelli limoso sabbiosi e sabbiosi, contraddistinti da $q_{cm} = 6/8 \div 10$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cmq; a luoghi le successioni litologiche denotano caratteristiche di medio - medio elevata compressibilità; $q_{cm} < 6$ kgf/cmq ed $f_{sm} < 0,2$ kgf/cmq; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1 \div -2 m p.c.
Unità I2 da -2,0 a -5,0/-6,0 m p.c	Orizzonte a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche prevalentemente costituito da sabbie – sabbie limose con intercalazioni o sostituzione orizzontale di strati limosi – limoso sabbiosi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 10/12 \div 20/30$ ed f_{sm} oscilla tra $f_{sm} = 0,1 \div 0,3$ kgf/cmq nelle sabbie; dove prevalgono i limi – limi sabbiosi $q_{cm} = 6 \div 8$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,3$ kgf/cmq; localmente sono presenti lenti torbose a bassa consistenza $q_c < 5$ kgf/cmq, $f_s = 0,05 \div 0,1$ kgf/cmq.
Unità I3 Da -5,0/-6,0 a -7,0/-8,0 m p.c.	Litotipi prevalentemente argilloso limosi - limoso argillosi, contenenti locali corpi limosi più o meno lentiformi; contraddistinti da $q_{cm} = 10 \div 12/14$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cmq.
Unità I4 da -7,0/-8,0 a -9 m p.c	Limi argillosi a medio basso di consistenza con valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cmq e di resistenza all'attrito laterale oscillante tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cmq, fanno eccezione le lenti limoso argillose con $f_{sm} = 0,6 \div 0,8$ kgf/cmq.
Unità I5 da -9,0 a -11/-12 m p.c	Orizzonte a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche e di consistenza costituito da argille – argille limose, leggermente sovraconsolidate orizzontalmente sostituite da sabbie – sabbie limose a medio grado di densità relativa; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra $q_{cm} = 18/20 \div 32$ kgf/cmq e la resistenza all' attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 1,0 \div 1,3$ kgf/cmq; ove prevalgono le sabbie i valori di resistenza oscillano tra $q_{cm} = 40 \div 50$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,3$ kgf/cmq.
Unità I6 da -11/-12 a -13,0/-14,0 m p.c	Strato a pronunciata variabilità laterale del grado di consistenza costituito da argille limose – limi argillosi con valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 10/12 \div 18/22$ kgf/cmq e di f_{sm} oscillante tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,7$ kgf/cmq.
Unità I7 da -13/-14,0 a -30,0 m p.c	Alternanze prevalentemente sabbiose medio grossolane a grado di densità relativa medio elevato contraddistinte da $q_{cm} = 80/100 \div 160/180$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,8 \div 1,5$ kgf/cmq.

L'unità geotecnica IC caratterizza la Zona Industriale Campogrande nel settore meridionale occidentale del territorio comunale.

Verticale tipo CR Zona sud est Crocetta - Rubona

Profondità	Caratteristiche litologico - geotecniche prevalenti
Unità R1 da piano campagna a -2,0 m p.c	Argille limose - limi argillosi, con valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 8 \div 12$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cmq.
Unità R2 da -2,0 a -4,0/-5,0 m p.c	Strato a moderata variabilità laterale delle componenti granulometriche costituito in prevalenza da sabbie limose orizzontalmente sostituite da limi sabbiosi - limi e localmente strati sabbiosi lentiformi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cmq ed f_{sm} oscilla tra $f_{sm} = 0,15 \div 0,3$ kgf/cmq nelle sabbie limose e limi argillosi dove prevalgono le sabbie $q_{cm} = 18/20 \div 30$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,5$ kgf/cmq.
Unità R3 Da -4,0/-5,0 a -7,0/-8,0 m p.c.	Litotipi prevalentemente argilloso limosi, a luoghi contenenti lenti torbose, contraddistinti da $q_{cm} = 12 \div 16/18$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,6 \div 0,7$ kgf/cmq.
Unità R4 da -9,0 a -11/-12 m p.c	Argille - argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, con intercalati locali sottili strati limoso argillosi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 14/16 \div 20$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,3$ kgf/cmq.
Unità R5 da -11/-12 a -15/-20 m p.c	Sabbie medie a grado di densità relativa medio/medio elevato, contraddistinte da $q_{cm} = 50 \div 70$ kgf/cmq ed $f_{sm} 0,7/1,2$ kgf/cmq.

L'unità geotecnica CR caratterizza il settore sud orientale del territorio comunale a sud di via Bedollo/sP n° 8 al quale appartengono Crocetta - via Rubona.

Verticale tipo CP**Zona Capoluogo est Autobrennero – ovest Ferrovia MO/VR**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità C1 Da piano campagna a -4,0/-5,0 m pc	Superato lo strato argilloso limoso sovraconsolidato dei primi 1.0/1.5 m dal piano campagna è presente un orizzonte a moderata variabilità laterale e verticale delle componenti litologico granulometriche e pronunciata differenziazione del grado di consistenza, costituito da alternanze di strati limosi – limoso sabbiosi con lenti sabbiose; i valori di resistenza alla punta variano generalmente tra $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² , localmente sono sostituiti da sequenze compressibili con $q_{cm} < 6$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2$ o da argille limose consistenti contraddistinte da $q_{cm} = 14/16$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm ² .
Unità C2 Da -4,0/-5,0 a -6,0/-7,0 m pc	Orizzonte a pronunciata variabilità laterale granulometrica prevalentemente costituito da limi argillosi – limi orizzontalmente sostituiti da lenti sabbiose - limi sabbiose ed argille limose, a medio grado di consistenza e contenente locali lenti limoso torbose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8 \div 10$ ed f_{sm} oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm ² , ove prevalgono le frazioni argillose sono compresi tra $q_{cm} = 12 \div 14$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm ² ; le lenti limoso torbose sono contraddistinte da $q_{cm} = 4 \div 6$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2$ kgf/cm ² ; dove sono presenti le lenti sabbiose $q_{cm} = 20/30$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,2$ kgf/cm ² .
Unità C3 Da -6,0/-7,0 m a -8/-9,0 m pc	Argille limose – limi argillosi, saturi, con intercalati locali strati lentiformi sabbiosi ed a luoghi i lenti torbose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 12/14 \div 16/18$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,7/0,8$ kgf/cm ² nelle argille limose e limi argillosi fanno eccezione le lenti limoso sabbiose con $q_{cm} = 20/30$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cm ² e le lenti torbose con $q_{cm} = 6$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2$ kgf/cm ² .
Unità C4 Da -11/-12 a -15 m pc	Strato a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche prevalentemente costituito da argille limose – argille orizzontalmente sostituite da sabbie medie – sabbie limose, contenenti locali lenti limoso torbose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 16 \div 20/24$ kgf/cm ² ed f_{sm} oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,0/1,3$ kgf/cm ² nelle componenti argilloso limose; ove prevalgono le sabbie $q_{cm} = 50 \div 80$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,5/0,8$ kgf/cm ² .
Unità C5 Da -11/-12,0 a -15,0/-16,0 m pc	Strato a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche prevalentemente costituito da sabbie – sabbie limose orizzontalmente sostituite, localmente, da argille – argille limose, i valori di resistenza alla punta nelle sabbie variano tra $q_{cm} = 40/50 \div 70$ kgf/cm ² ed f_{sm} oscilla tra $f_{sm} = 0,1/0,3 \div 0,6/0,8$ kgf/cm ² , nelle componenti argillose $q_{cm} = 20 \div 30$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 1,0 \div 1,5$ kgf/cm ² .

L'unità geotecnica CP caratterizza la fascia centrale del territorio compresa tra l'Autobrennero e la Ferrovia MO/VR, alla quale appartiene il capoluogo.

Verticale tipo CE**Zona centrale ad est del capoluogo tra Ferrovia MO/VR e confine Comunale con Novi MO**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità E1 da piano campagna a -2,0 m p.c	Superato lo strato argilloso sovraconsolidato del primo metro dal piano campagna sono presenti argille limose contraddistinte da valori di resistenza alla punta oscillanti tra $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cmq e di resistenza all'attrito laterale variabili tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cmq; ove prevalgono le frazioni sabbiose le resistenze sono comprese tra $q_{cm} = 20/30 \div 60/80$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0.1 \div 0.2/0.3$ kgf/cmq.
Unità E2 da -2,0 a -4,0 m p.c	Strato a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche prevalentemente costituito da argille limose – limi argillosi sostituiti orizzontalmente da sabbie – sabbie limose; i valori di resistenza alla punta nelle componenti argilloso limose – limoso argillose variano tra $q_{cm} = 10 \div 12/16$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cmq; ove prevalgono le sabbie $q_{cm} = 30 \div 40$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,3$ kgf/cmq.
Unità E3 Da -4,0 a -8,0/-10,0 m p.c.	Orizzonte a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche prevalentemente costituito da sabbie – sabbie limose nel settore più orientale lateralmente sostituite in direzione ovest da argille limose – limi argillosi con lenti sabbiose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 30 \div 40$ kgf/cmq tra $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cmq nelle sabbie; ove prevalgono le componenti argilloso limose $q_{cm} = 8 \div 10/12$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cmq.
Unità E4 da -8,0/-10,0 a -14,0/-15,0 m p.c	Unità a marcata variabilità laterale delle componenti granulometriche prevalentemente costituito da argille limose – limi argillosi orizzontalmente sostituite in direzione ovest da sabbie limose; i valori di resistenza alla punta nelle componenti argilloso limose variano tra $q_{cm} = 16 \div 20$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,2$ kgf/cmq; dove sono presenti le sabbie $q_{cm} = 40 \div 50$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,25 \div 0,5$ kgf/cmq.
Unità E5 da -14,0/-15,0 a -18,0/-20,0 m p.c	Orizzonte prevalentemente sabbioso a granulometria media – medio grossolana e grado di densità relativa medio – medio elevato, caratterizzato da $q_{cm} = 50/60 \div 80$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,5 \div 1,0$ kgf/cmq.
Unità E6 da -18,0/-20,0 a -10,0/-21,0 m p.c	Limi – limi sabbiosi a medio elevato grado di consistenza contraddistinti da $q_{cm} = 20 \div 30$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,7$ kgf/cmq.
Unità E7 da -10,0/-12,0 a -30,0 m p.c	Sabbie medie e grossolane a grado di densità relativa medio elevato caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 120/140 \div 180/220$ kgf/cmq e di resistenza all'attrito laterale oscillanti tra $f_{sm} = 0,7 \div 1,3/2,0$ kgf/cmq.

L'unità geotecnica CE caratterizza la fascia centrale del territorio ad oriente del capoluogo compresa tra la ferrovia MO/VR ed il confine comunale con Novi MO.

Verticale tipo NW**Zona settentrionale tra Cavo Naviglio – via Calzolaro e Collettore Acque Basse
Reggiane**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità W1 da piano campagna a -7,0/-8,0 m p.c	Superato lo strato argilloso sovraconsolidato dei primi 0,6/1,0 m dal piano campagna è presente un orizzonte a moderata variabilità laterale sia delle componenti litologico granulometriche che dal grado di consistenza costituito prevalentemente da argille limose – argille con intercalati locali subordinati sottili strati lentiformi limoso sabbiosi che si arricchiscono in componenti limose nella zona centrale; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra qcm = 12 ÷ 16/18 kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale tra fsm = 0,5 ÷ 0,7/0,8 kgf/cm ² ; dove prevalgono le componenti limose qcm = 10 ÷ 14 kgf/cm ² ed fsm = 0,3/0,5 kgf/cm ² .
Unità W2 da -7,0/-8,0 a -10,0/-12,0 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, con intercalati subordinati locali strati lentiformi sabbiosi; a luoghi contenenti lenti torbose; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra qcm = 14 ÷ 20/22 kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra fsm = 0,5/0,6 ÷ 0,8/1,1 kgf/cm ² ; dove sono presenti le lenti sabbiose qcm = 40 ÷ 50 kgf/cm ² fsm = 0,2 ÷ 0,3 kgf/cm ² .
Unità W3 da -10,0/-12,0 a -15,0 m p.c	Sabbie medio e medio grossolane a grado di densità relativa medio elevato – elevato, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabilità qcm = 90/100 ÷ 200/220 kgf/cm ² e di resistenza all'attrito laterale oscillante tra fsm = 0,6 ÷ 1,0/1,3 kgf/cm ² .

L'unità geotecnica NW caratterizza la parte settentrionale del territorio compresa tra l'allineamento Cavo Naviglio – via Calzolaro ed il Collettore Acque Basse Reggiane.

Verticale tipo NE**Zona nord - settentrione del Cavo Acque Basse Reggiane**

Profondità	Caratteristiche litologico - geotecniche prevalenti
Unità N1 da piano campagna a -5,0 m p.c	Alternanze prevalentemente limoso argillose con intercalati locali sottili livelletti lentiformi limoso sabbiosi; localmente sono presenti lenti e tasche torbose; i valori di resistenza alla punta variano mediamente tra $q_{cm} = 12/16 \div 22/26$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm ² .
Unità N2 da -5,0 a -12,0 m p.c	Sabbie medio fini e medie con locali lenti sabbiose con ghiaie fini a grado di densità relativa elevato, contraddistinte da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 80/100 \div 120/130$ kgf/cm ² e di resistenza all'attrito laterale oscillante tra $f_{sm} = 0,2 \div 0,5/0,8$ kgf/cm ² .
Unità N3 da -12,0 a -30,0/-40,0 m p.c	Sabbie medie e medio fini con intercalate subordinate lenti sabbioso fini limose caratterizzate da $N_{SPT} = 27/30 \div 40/60$ e valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 120/150 \div 180/220$ kgf/cm ² ; la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 1,0/1,5$ kgf/cm ²

L'unità NE caratterizza il settore nord orientale del territorio a settentrione del Cavo Acque Basse Reggiane e delimitato dai confini comunali con Reggio – Moglia – Novi MO.

6 MODELLI GEOTECNICI

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

- **Verticale litotecnica IC:** caratterizza il settore sud occidentale del territorio comunale; compreso tra il confine comunale con Fabbrico, via Cantonazzo/via Rubona, via Villa bianca – via Buse – via Bedollo, via Corbella – incrocio via Cantonazzo/Autobrennero, sede della zona ad uso produttivo Campogrande; costituisce circa il 25% del territorio. Le caratteristiche geotecniche d’insieme evidenziano un medio – medio basso grado di consistenza dei terreni che formano i primi 7/8 m del sottosuolo; in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e verifica della compatibilità dei cedimenti, per strutture che non impongano carichi elevati sul terreno e per pilastri che trasmettano al sottosuolo tensioni non eccedenti 80/100 Ton, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

- Comparti a sud della sP 4

$$q_a = 0,6 \div 0,7 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$D = 1,4 \div 2 \text{ m p.c.}$$

- Comparti a nord della sP 4

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

$$D = 1,6 \div 2,0 \text{ m p.c.}$$

Per i sopra indicati valori di pressione sul terreno dovranno essere valutate le ammissibilità in funzione dei cedimenti statici e sismici sia totali che differenziali; qualora detti parametri non rientrassero nel campo dell’accettabilità dovranno essere esaminate soluzioni fondali di tipo profondo su pali o a platea generalizzata.

Per strutture con carichi superiori alle 80/100 Ton per pilastro è da valutare l’adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali; analogamente per corpi di fabbrica con più di 2/3 piani fuori terra sono da valutarsi fondazioni a platea e/o su pali.

- **Verticale litotecnica CR:** costituisce il settore meridionale orientate centrale del territorio esteso ovest est compreso tra la fascia larga 200/250 m a sud della sP 4, il confine comunale con Novi MO, il Cavo Fossa Raso, via Corbella; forma circa il 13 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d’insieme evidenziano un medio grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 4/5 m del sottosuolo, medio – medio elevato grado di compressibilità da -4/-5 a -7 m pc e medio basso grado di compressibilità da -8 a -12/-17 m pc.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 5/8 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e verifica

della compatibilità dei cedimenti, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di ammissibili corrispondenti mediamente a:

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

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

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

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

- **Verticale litotecnica CP:** caratterizza il settore di territorio sede del capoluogo, compreso tra l'Autobrennero, Canale Naviglio – via Ponte Nuovo, asse ferroviario MO/VR, sP 4; costituisce circa l'11 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme dei primi 6/8 m del sottosuolo, a medio grado di consistenza, indicano che per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri che trasmettano tensioni al terreno non eccedenti 100 Ton, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e verifica della compatibilità dei cedimenti, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

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

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

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

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

- **Verticale litotecnica CE:** costituisce la zona centrale orientale compresa tra l'asse ferroviario MO/VR, fascia a sud della sP4 larga 150/200 m e dal Canale della Bionda a nord; forma circa il 7 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, contraddistinte dalla presenza di corpi sabbiosi di 3/6 m di spessore a medio – medio basso grado di densità relativa nei primi 5/10 m del sottosuolo, medio basso grado di compressibilità da -8/-10 a -20 m pc, per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri che trasmettano tensioni al terreno non eccedenti 100 Ton, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e verifica della compatibilità dei cedimenti, evidenziano possibile l'adozione di fondazioni di tipo diretto; per dette condizioni sono utilizzabili 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 più di 3 piani fuori terra sono da valutarsi fondazioni a platea e/o su pali.

- **Verticale litotecnica NW:** caratterizza la parte settentrionale del territorio comunale compresa tra Cavo Naviglio – via Calzolaria, confine comunale con Novi MO, Collettore Acque Basse Reggiane, confine comunale con Fabbrico; costituisce circa il 32 % del territorio.

- Le caratteristiche geotecniche d'insieme dei primi 6/8 m del sottosuolo, a grado di consistenza variabile da medio a medio basso, indicano che per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri che trasmettano tensioni al terreno non eccedenti 100 Ton, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e verifica della compatibilità dei cedimenti, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

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

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

$$D = 1,4 \div 1,6 \text{ m p.c.}$$

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

- **Verticale litotecnica NE:** costituisce la zona settentrionale orientale del territorio compresa tra il CABR ed i confini con Reggiolo-Moglia, Novi MO; forma circa il 12 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano un medio grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 4/5 m del sottosuolo, medio basso grado di compressibilità da -5/-7 a -10 m pc, basso grado di compressibilità da -10 a -30 m pc. In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 4/5 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e della verifica di compatibilità dei cedimenti, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

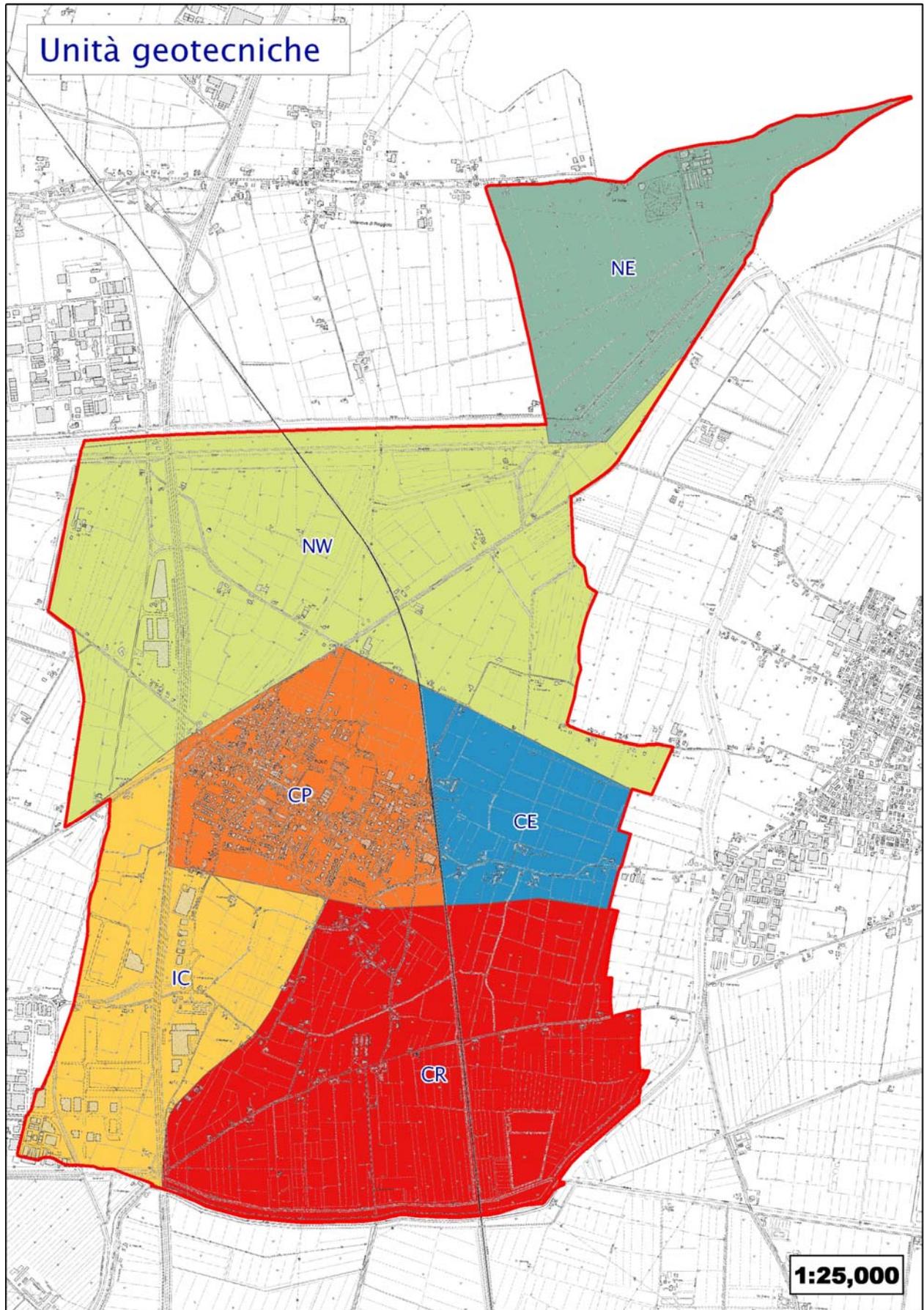
$$q_a = 0,9 \div 1,2 \text{ kgf/cm}^2$$

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

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

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

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



Suddivisione verticali litotecniche

6.1 SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

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

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

Queste ultime sono state sempre effettuate congiuntamente alle prospezioni Re.Mi. e 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 sismiche di taglio dei vari tipi di terreni presenti nel territorio di Rolo.

Le indagini effettuate in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato la superficie del comune di Rolo con una stazione di analisi con mappa 0,4/0,6 kmq per le aree urbanizzate del capoluogo e tra lo stesso e via Rubona – via Boschi, di 0,6/0,7 kmq per le zone industriali, 0,6/0,8 kmq per le zone extraurbane ad eccezione dei settori meridionali tra via Rubona – via Boschi ed il Cavo Fossa Raso e zone settentrionali tra C.A.B.R. e Sp 43 e 47 nei quali la copertura è ogni 0,9/1,4 kmq.

6.3 Microtremori con la tecnica HVSR

Le indagini a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali si sono effettuate in 17 punti, che sono stati integrati da 11 analoghe verticali precedentemente eseguite; pertanto nella zona analizzata sono stati utilizzati in totale di 28 punti, distribuiti con maglia statisticamente rappresentativa che rapportata all'estensione del territorio comunale: 14.03 kmq, ha consentito di esaminare lo stesso secondo dimensioni con unità di area mediamente corrispondente a 0,5 ÷ 0,6 kmq.

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

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

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

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

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

Le prospezioni di nuova esecuzione, effettuate in numero complessivo di 17, sono state eseguite con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 3 m per una lunghezza totale di ogni stendimento di 69 m.

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

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

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

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

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

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

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

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

In funzione di quanto esposto è possibile effettuare un "*picking*", attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* (p o $1/$ 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 V_s che è modificabile in sede di elaborazione. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di dispersione calcolata è adattata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

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

7 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

7.1 Carta delle indagini

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

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

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

In sintesi tra le indagini esistenti sono stati selezionati complessivamente:

- 133 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 10 prove penetrometriche CPTU
- 10 Sondaggi meccanici (SM)
- 5 stratigrafie di Pozzi per Acqua (PA)
- 13 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: MASW - Re.Mi./MASW
- 11 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:

- 17 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo attivo/passivo con antenna monodirezionale Re.Mi/MASW; comprendendo le analoghe indagini precedentemente eseguite nell'area comunale: n° 13 (prospezioni MASW - Re.Mi./MASW), complessivamente sono stati utilizzati i dati di 30 siti di misura.
- 17 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R. comprendendo quelle precedentemente eseguite nell'area comunale: n° 11, sono stati utilizzati complessivamente i dati di 28 siti di misura.

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale; le prospezioni geofisiche hanno coperto quest'ultimo secondo una maglia sub quadrata – rettangolare con lati

di 400 ÷ 800 m nell'area sede del capoluogo, di 400 ÷ 1100 m nelle zone industriali, di 700 ÷ 850 m nelle aree extraurbane, interassi di 800 ÷ 1600 m nelle zone del forese nord e sud.

7.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

La campagna di prospezioni geofisiche eseguite nel territorio di Rolo, integrate da quelle effettuate negli areali adiacenti ai suoi confini comunali, ha permesso di determinare le caratteristiche in termini di frequenza di vibrazione dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato, di previsto sviluppo, frazioni, case sparse, del territorio comunale.

A tale finalità sono state utilizzate:

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

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

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

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

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

Dette associazioni sono riportate nell'elaborato "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 di 100/120 m.

La netta prevalenza dei valori che caratterizzano il territorio appartiene al campo $f_0 = 0.7 \div 0.8$ Hz ($T = 1.43 \div 1.25$ sec); fanno eccezione gli areali di estensione relativa inferiore contraddistinti da valori $0.8 \div 0.9$ Hz ($T_0: 1.25 \div 1.11$ sec) nel settore meridionale orientale al confine con il comune di Novi MO, la parte di territorio a sud del capoluogo tra via Cantonazzo e via G. Falcone, la fascia estesa sud nord del capoluogo allungata concordemente all'andamento di via Papa Giovanni XXIII – via Marconi e tra via via N. Sauro – via Resistenza – Stradello Cimitero – via IV Novembre, l'areale latistante via Porto – sP4 tra l'Autobrennero e Cavo Naviglio, la fascia al bordo orientale estesa concordemente al confine comunale con Novi MO circa da Canale della Bionda a le Tullie.

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

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

7.3.1.1 Tetto sabbie

La carta del tetto delle sabbie (Tav. 1.5), ottenuta dall'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT – CPTU, stratigrafie di sondaggi meccanici, dei pronunciati contrasti di impedenza nei primi $5 \div 20$ m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali Re.Mi/MASW eseguite, stratigrafie di prospezioni geofisiche con metodo geoelettrico verticale precedentemente effettuate nelle analisi di PSC/2002, visualizza la profondità in m rispetto al piano campagna delle litozone nelle quali le componenti sabbiose sono rappresentate in orizzonti di significativo spessore.

In tale elaborato sono state distinte le isobate che individuano la profondità e gli assetti geometrici dei corpi sabbiosi più superficiali relativi ai depositi di canale fluviale estinto relativamente più recenti, sia affioranti che sepolti, dalle isolinee che identificano il tetto del primo acquifero confinato correlato ai depositi del Po.

Per quanto riguarda le unità sabbiose più superficiali l'isobata che delimita la zona esterna indica la terminazione laterale del corpo sabbioso e relativa profondità del letto; le isolinee più interne visualizzano la profondità del tetto dei corpi sabbiosi rispetto al piano campagna.

L'assetto del tetto delle sabbie di questi ultimi denota geometrie lentiformi prevalentemente allungate in direzione ovest sud ovest – est nord est nella parte più occidentale dell'area comunale, conformazioni estese ovest est nei settori centrali orientali assecondanti l'andamento della sP Rolo – Novi MO; in subordine si riscontrano altre fasce di modeste estensioni allungate in senso sud ovest – nord est o ovest sud ovest est nord est, con spessori delle unità sabbiose di $2/3$ m, nel settore sud ovest del capoluogo tra la sP 4 e via Villabianca, nella zona a nord ovest del medesimo circa tra via N. Sauro e via Calzolaria, nell'area centro meridionale del territorio ad est della ferrovia MO-VR ed a nord di via Rubona.

La distribuzione areale dei corpi sabbiosi, concorda con le fasce di canale fluviale estinto (paleovalvei) individuate mediante l'analisi geomorfologica.

L'assetto spaziale nel sottosuolo del tetto delle sabbie evidenzia che le unità con maggior spessore (4/7 m) caratterizzano la fascia di territorio estesa ovest est, assecondante la sP4, dalla zona sud orientale del capoluogo (incrocio via Bedollo/via Crocetta) sino al confine comunale con Novi MO nella quale detta zona assume larghezza di 300/350 m. Equivalenti significativi spessori, 4/5 m, si rilevano nel settore sud occidentale tra l'Area Produttiva Campogrande (incrocio sP46/V. Intagliatori Rolesi) ed la parte centro meridionale del capoluogo (incrocio via G. Falcone/via P. Borsellino) nella quale l'areale esteso sud ovest – nord est assume larghezze di 800 m e si riduce a 300 nella parte ad est di via Campogrande.

In detta zona il tetto del 1° acquifero artesiano si rinviene a profondità tra -20 e -15 m dal piano campagna, tali quote nel sottosuolo si estendono in verso orientale nella parte di territorio a sud di via Rubona sino al confine con Novi MO. Procedendo in direzione settentrionale il tetto del 1° acquifero si approssima progressivamente al piano campagna attestandosi a profondità di -10 m in corrispondenza della sP 4 Rolo – Novi MO, permane a profondità circa equivalenti in tutta la parte del territorio a settentrione di detta sP, nella quale si rinviene mediamente tra -10 e -13 m pc sino al Cavo Parmigiana Moglia; a nord di quest'ultimo nella zona le Tullie il tetto del 1° acquifero si innalza rapidamente a -5 m pc.

Le condizioni descritte denotano che la prevalente parte del territorio comunale di Rolo è interessata da potenziale pericolosità di liquefazione. In riferimento a quanto esposto è comunque da considerare che i valori di densità relativa delle unità sabbiose dei depositi del Po, oscillanti mediamente tra $D_r = 50/70 \%$, indicano una pericolosità di liquefazione bassa – medio bassa.

7.3.1.2 Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

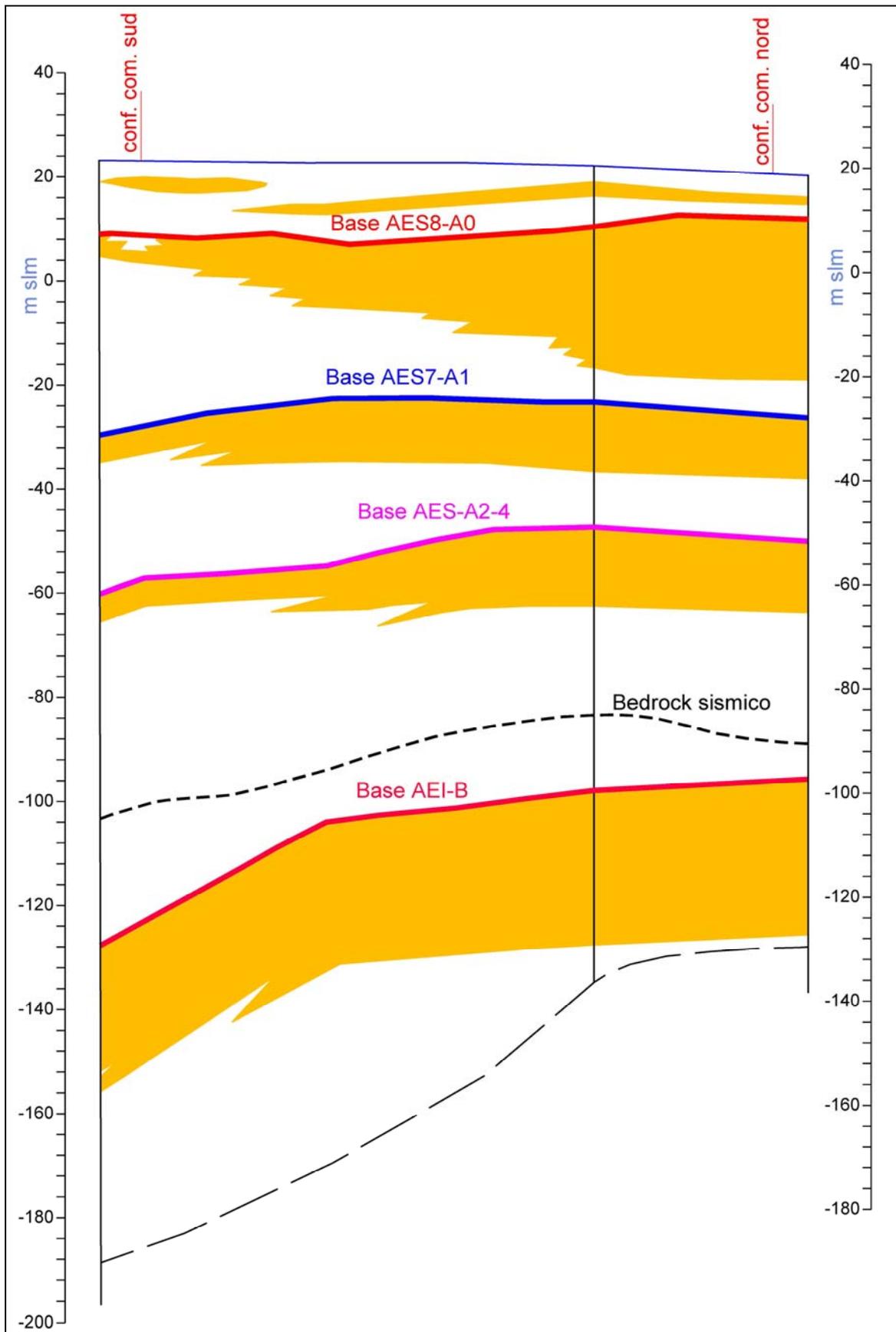
Le profondità dal piano campagna e l'assetto spaziale, dell'unità litotecnica che localmente indica comportamento relativo più rigido, assimilabile al bedrock sismico, sono state individuate in funzione dei valori di frequenza principale ottenuti dalle prospezioni HVSR e delle velocità delle onde sismiche di taglio della successione litotecnica che costituisce i primi 150/200 m del sottosuolo, valutate in base ai dati di V_s ottenuti dalle prospezioni linear array Re.Mi./MASW.

Nel contesto di tale disamina sono state comparate le profondità del bedrock sismico ottenute nelle verticali adiacenti al confine orientale comunale di Rolo: HVSR-Re.Mi./MASW n°7 e 11, con la profondità del tetto del *Pleistocene* riscontrata nel pozzo AGIP Novi 1 bis ubicato in adiacenza del confine comunale Rolo/Novi MO.

In riferimento ai sopracitati 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.



Successione stratigrafica quaternario continentale

L'assetto spaziale indica una generale tendenza ad assecondare le geometrie della base dei depositi continentali e dell'assetto strutturale del substrato prepliocenico.

Le profondità relative maggiori del bedrock: -120 m pc, si riscontrano nel settore meridionale orientale mentre quelle minori, circa -100 m pc, si rinvencono nella zona occidentale estesa sud nord sub parallelamente all'Autobrennero; nella fascia centrale estesa sud ovest – nord est, dall'Area Produttiva Campogrande al centro storico capoluogo - al tratto orientale del C.A.B.R./Canale della Bionda, le profondità corrispondono mediamente a -110 m pc.

L'andamento della profondità dell'unità litotecnica assimilabile al bedrock sismico indica una tendenziale correlabilità con l'orientamento territoriale delle fasce dei principali sovrascorrimenti sepolti a direttrice sud ovest – nord est che interessano il substrato prepliocenico nel sottosuolo di Rolo ed indicativamente descrive la prosecuzione in verso nord est della faglia di collasso crostale (*F. Molinari, 2015*) individuata nelle zone a sud del comune di Rolo e nel settore nord occidentale del carpigiano.

Dal raffronto con le sezioni geologiche si evince che il substrato a comportamento rigido è tendenzialmente correlabile alla parte media – medio basale dell'Unità stratigrafica AEI – ciclo B.

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

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. Delle Regioni e PA, DGR.ER 1227/2015, e DGR 2193/2015, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica. Per dette aree sono stati definiti gli approfondimenti di indagine ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento da effettuarsi in funzione delle condizioni di pericolosità sismica che ad esse compete.

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

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS tav. 1.8, scala 1:10.000, costituisce pertanto una zonazione di primo livello di approfondimento di tipo avanzato.

Al fine di individuare le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica sono stati utilizzati gli elaborati cartografici, prospezioni geognostiche precedentemente descritti, integrando detti dati con valutazioni di carattere geotecnico.

In tale contesto sono inoltre state usate le documentazioni della Regione Emilia Romagna, in particolare le carte topografiche di dettaglio, il modello digitale del terreno e la

banca dati geologica del territorio comunale, resi disponibili in formato digitale dal *Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli*.

Oltre a ciò si è fatto riferimento alle elaborazioni individuanti i differenti scenari di pericolosità sismica locale e degli effetti locali attesi del PTCP 2010 della Provincia di Reggio Emilia, gli elaborati della Relazione Geologica – Analisi Sismica PSC 2002 e della Microzonazione Sismica 2014 del Comune di Rolo (*Centrogeo*).

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

7.4.1 Definizione successioni a comportamento sismico equivalente

L'individuazione delle sequenze litotecniche - sismiche delle aree a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, è stata definita in funzione delle prospezioni geotecniche e geofisiche ed elaborati sopra descritti integrati dalle prospezioni geofisiche direttamente eseguite per lo studio di microzonazione sismica e quelle precedentemente effettuate sia nel territorio comunale che nelle zone adiacenti.

La discretizzazione delle verticali litotecniche, redatta in conformità alle simbologie e criteri degli Standard di MS versione del 10/2015, 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 amplificazione e di instabilità: zone 4-5-6-7, LQ1 e zone suscettibili di cedimenti differenziali.

Tali classificazioni distinguono le successioni nelle quali sono presenti nei primi 5 - 15 - 20 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi moderatamente addensati ($q_c < 20/30$ kgf/cm²) con $V_s < 180$ m/sec, con spessori compresi tra 1/2 e 4/6 m, soggetti a potenziale suscettività di liquefazione: zone LQ₁, e quelle in cui sono attesi incrementi dei consolidamenti per effetti sismici.

Questi ultimi si sviluppano nelle condizioni in cui le successioni litologiche prevalentemente limose – argilloso limose contengono intercalazioni di strati sabbioso limosi – limoso sabbiosi, ad assetto prevalentemente lentiforme, con spessori inferiori/uguali ad 1/1,5 m e che nell'insieme dei primi 15 m pc non superano spessori di 2/3 m, contraddistinti da $V_s < 160$ m/sec nei primi 5/7 m pc; in detti casi possono insorgere effetti correlabili ad addensamenti di sottili strati sabbioso limosi, ai quali conseguono cedimenti differenziali.

Analoghi effetti caratterizzano le successioni prevalentemente argilloso limose e limoso argillose – limose presenti nei primi 6/8 m del sottosuolo, contenenti livelli sabbiosi lentiformi con spessore inferiore/uguale a 1/1,5 m, contraddistinte da valori di resistenza alla punta di insieme al penetrometro statico corrispondenti a $q_c < 7$ kgf/cm² e valori di velocità di propagazione delle onde di taglio equivalenti a $V_s < 150$ m/sec; tali caratteristiche definiscono le aree nelle quali sono attesi cedimenti differenziali.

7.4.1.1 Aree Suscettibili di Effetti Locali e di instabilità

Per la redazione “Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS)”, prevista come elaborato al primo livello di approfondimento, sono state delimitate le porzioni di territorio urbanizzato o suscettibili di trasformazione urbanistiche, classificate in conformità alle categorie previste nell’allegato B della D.G.R. 1227/2015, suddividendole:

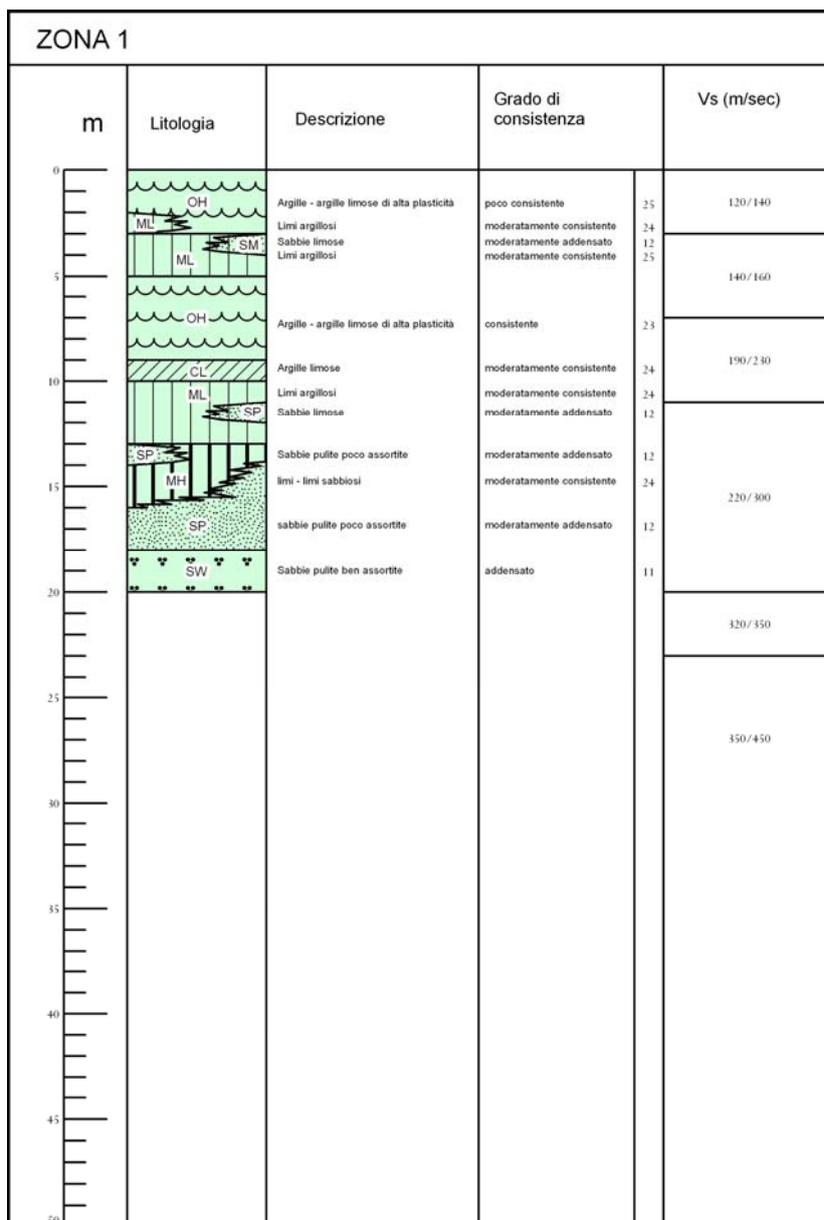
Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

Zone suscettibili di instabilità

alle quali sono riconducibili le caratteristiche di seguito descritte:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche tali da indurre effetti locali, zone 1-2-3 di legenda, secondo quanto previsto dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall’allegato B della DGR.
- **Zone suscettibili di instabilità:** appartengono a tale categoria tutte le aree potenzialmente soggette a deformazioni permanenti nelle quali le caratteristiche litostratigrafiche evidenziano la presenza di alternanze di strati sabbiosi – sabbioso limosi che nei primi 5 ÷ 15 ÷ 20 m del sottosuolo presentano spessori compresi tra 1/2 ÷ 4/6 m, potenzialmente suscettibili di liquefazione zone ZA_{LQ1} – ZA_{LQ2} – ZA_{LQ3} – ZA_{LQ4} ; le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori inferiori ad 1/1,5 m, moderatamente addensati, suscettibili di cedimenti differenziali; le successioni argilloso limose – limoso argillose poco consistenti nei primi 5 ÷ 8 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle $V_s < 150$ m/sec, suscettibili di cedimenti differenziali (ZA_{CD}); le sequenze prevalentemente limoso sabbiose - sabbioso limose poco consistenti nei primi 6 ÷ 8 m del sottosuolo e con $q_c < 20$ kgf/cm² $V_s < 180$ m/sec soggette a potenziale pericolosità di addensamento, cedimenti differenziali, potenziale liquefazione e successioni litotecniche a medio elevata - elevata compressibilità ($q_c \leq 7$ kgf/cm²): zone suscettibili di sovrapposizione di instabilità differenti (ZA_{ID}).

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

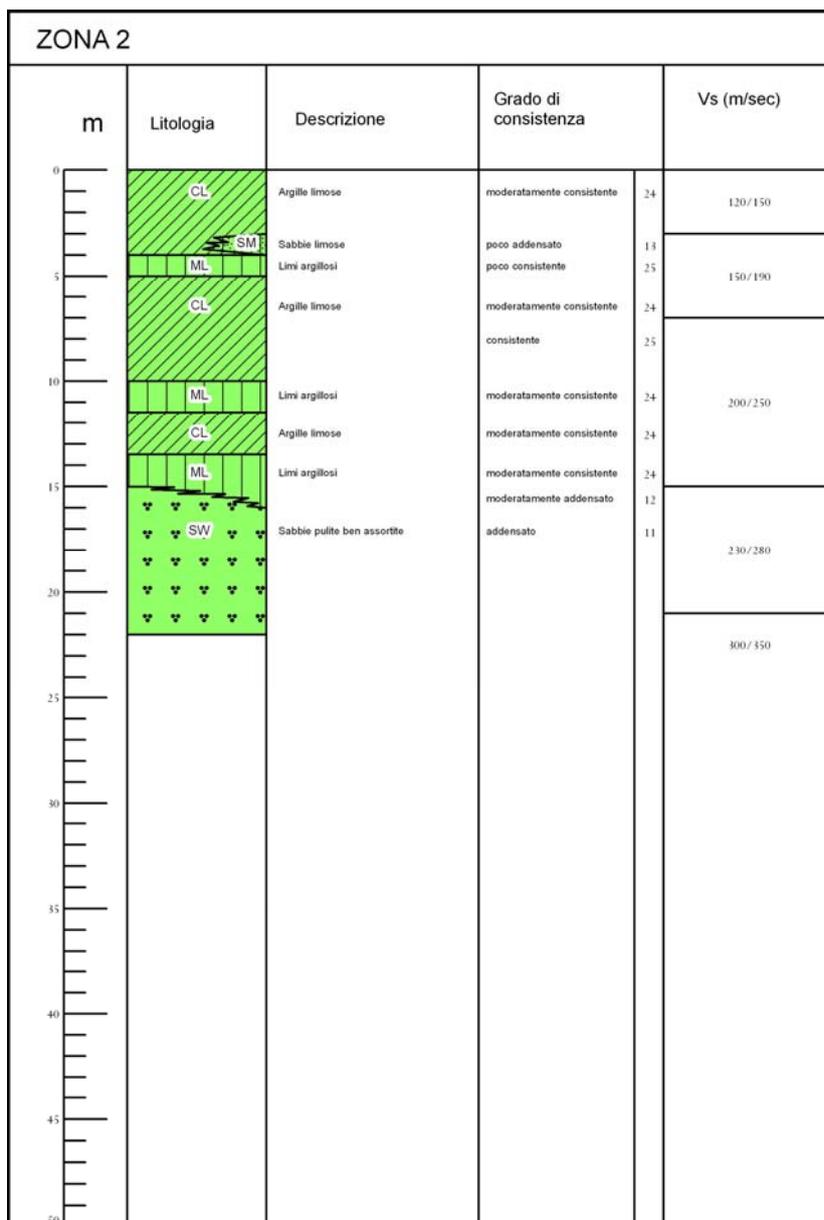


ZONA 1 (2001) – Aree stabili, depositi di piana alluvionale argilloso limosi – limoso argilloso, di media –alta plasticità, moderatamente consistenti (OH/ML – 24) con intercalate lenti sabbioso limose da moderatamente a poco addensate (SM-12) con spessori inferiori a 1 m, con Vs<160 m/sec nei primi 7 m del sottosuolo; argille limose di medio alta plasticità – argille limose, consistenti (OH/CL-23) e limi argillosi – limi sabbiosi moderatamente consistenti (ML/MH - 24) con lenti sabbiose moderatamente addensate (SP-12) con Vs=200/300 m/sec da -7 a -15 m pc; soggiacciono da -15 a -20/-30 m pc sabbie pulite da poco a ben assortite moderatamente addensate – addensate (SP/SW – 12/11) con Vs = 220/300 m/sec.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.



ZONA 2 (2002) – Aree stabili, depositi di piana alluvionale prevalentemente argilloso limosi secondariamente limoso argillosi moderatamente consistenti (CL/ML-24), con intercalate lenti sabbioso limose con spessore inferiore a 1 m poco addensate (SM-13) con Vs<150 m/sec sino a -3 m pc, Vs=150/190 m/sec da -3 a -6 m pc e Vs=200/250 m /sec sino a -14/-15 m pc; a quote sottostanti da -15/-16 a -22/-25 m pc sabbie medie addensate (SW-11) con Vs=230/300/350 m/sec.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

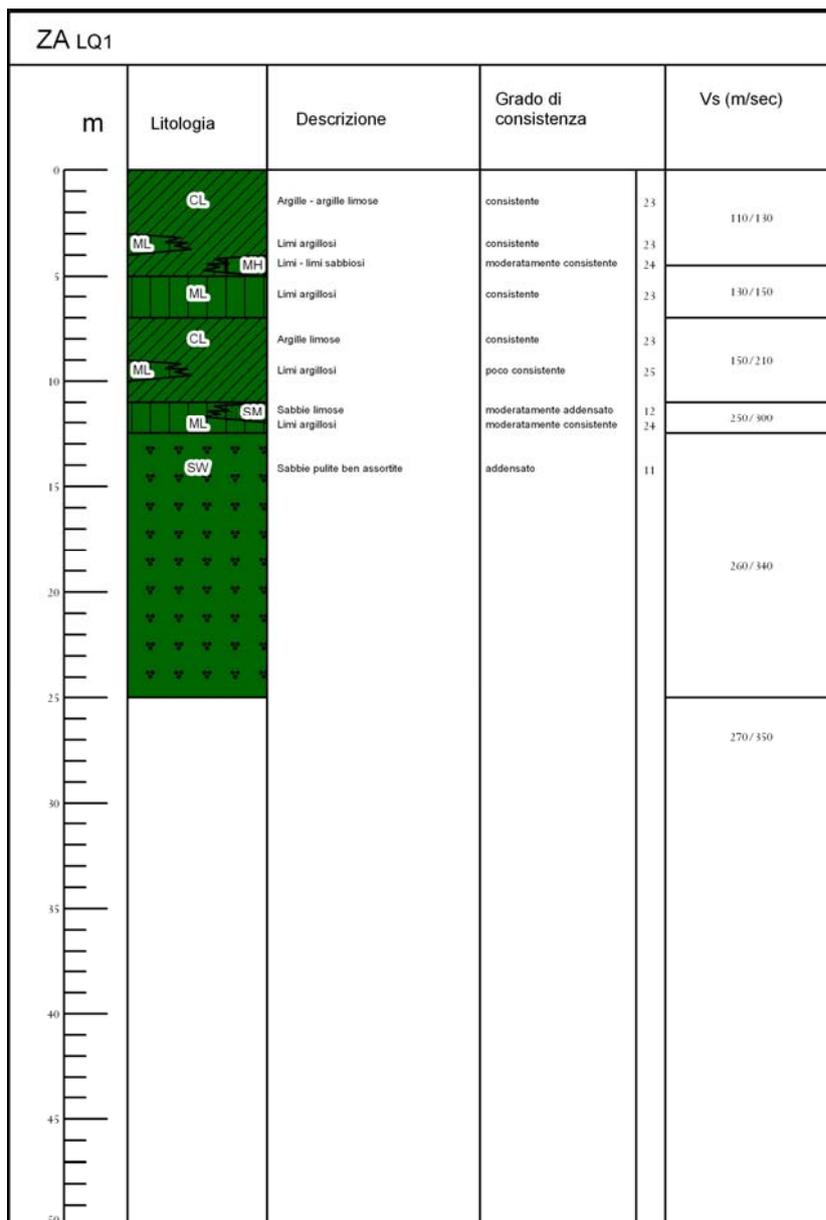
ZONA 3					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)	
0	CL	Argille limose	moderatamete consistente	24	100/130
	ML	Limi - limi argillosi	moderatamete consistente	24	
	SM	Sabbie limose	moderatamete addensato	12	150/160
5	SM	Argille limose	moderatamete consistente	24	
	ML	Limi - limi argillosi	poco consistente	25	
	CL	Argille limose	moderatamete consistente	24	160/250
10	ML	Limi - limi argillosi	moderatamete consistente	24	
	SP	Sabbie pulite poco assortite	moderatamete addensato	12	250/300
	CL	Argille limose	consistente	23	260/350
15	SW	Sabbie pulite ben assortite	addensato	11	
20					800/400
25					
30					
35					
40					
45					
50					

ZONA 3 (2003) – Aree stabili, depositi di piana alluvionale, prevalentemente limoso argillosi e secondariamente argilloso limosi moderatamente consistenti (ML/CL-24) con intercalate lenti sabbioso limose moderatamente addensate (SM-12) con spessori inferiori a 1 m, con Vs<160 m/sec sino a -8 m pc; a profondità sottostanti da -8 a -15/-16 m pc argille limose e limi argillosi moderatamente consistenti (CL/ML-24) con intercalate a -12/-13 m pc lenti sabbiose medio fini moderatamente addensate (SP-12) con Vs=160/250/300 m/sec; a quote sottostanti sino a -22/25 m pc sabbie medie addensate (SW-11) con Vs=250/350 m/sec.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

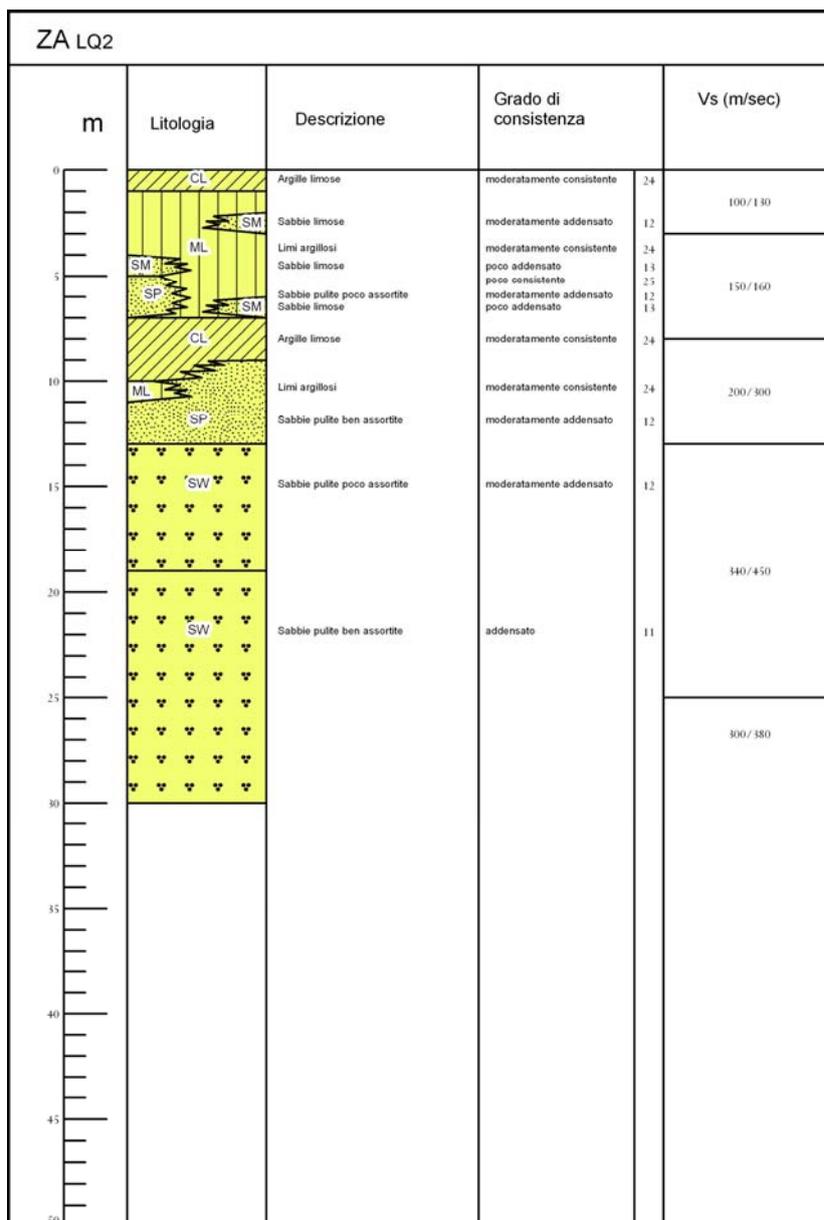


ZA_{LQ1} (3050-2004) – Aree potenzialmente instabili (LQ1), depositi di piana alluvionale prevalentemente argilloso limosi e secondariamente limoso argillosi da moderatamente consistenti a consistenti (CL/ML -24/-23) con Vs<150 m/sec sino a -7 m pc, Vs=150/200 m/sec sino a -11 m pc, ai quali soggiacciono da -11 a -12,5 m pc limi argillosi con lenti sabbioso limose moderatamente consistenti – addensate (ML/SM – 24/12) con Vs=250/300 m/sec, a quote sottostanti-12,5 m p.c. sino a -25/-30 m pc sabbie medie ben assortite addensate (SW-11) con Vs=250/350 m/sec.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale di liquefazione;

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

Microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per stima della pericolosità di liquefazione.

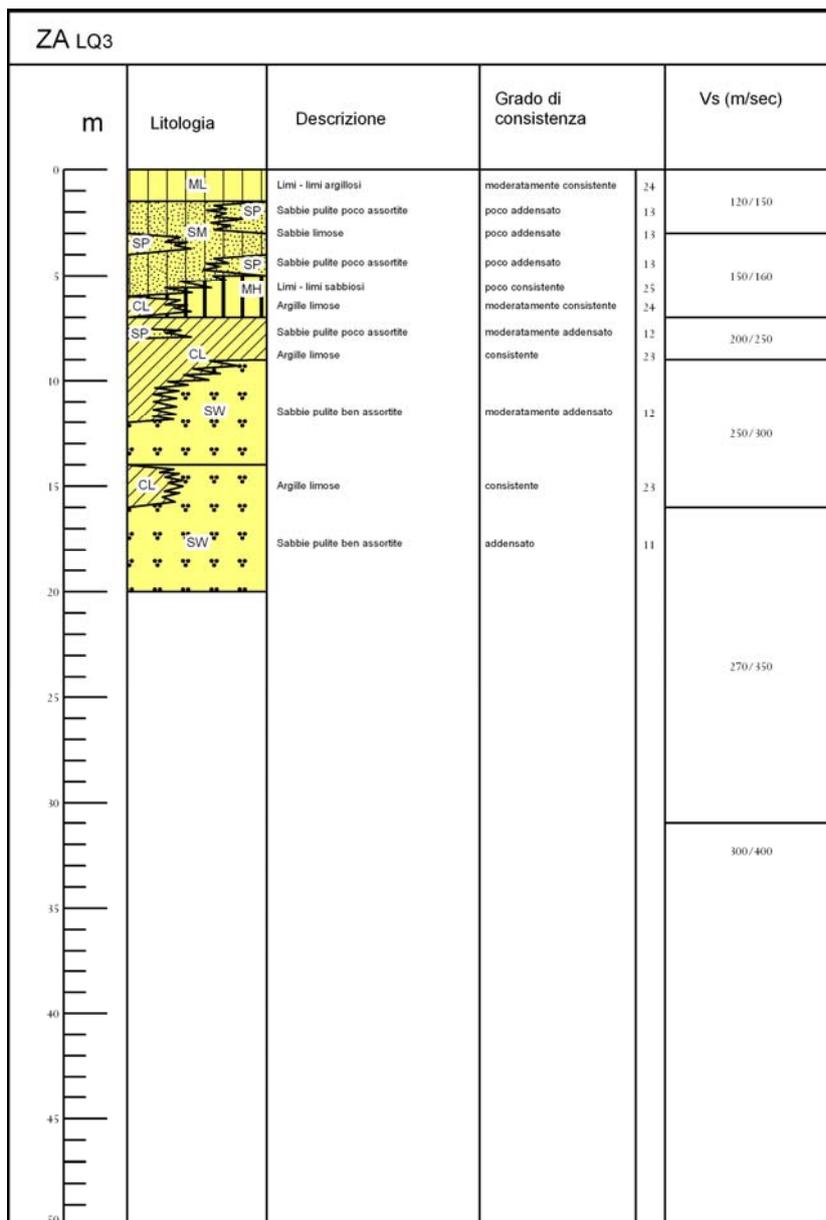


ZA_{LQ2} (3050-2005) – Aree potenzialmente instabili (LQ1), alternanze limoso argillose da moderatamente a poco consistenti (ML-24/25) con intercalati corpi lentiformi sabbioso – sabbioso limosi da poco a moderatamente addensati (SM/SP-13/12) con spessori di 1/2 m e Vs<160 m/sec sino a -7 m pc; a profondità sottostanti sino a -12/-13 m pc argille limose e limi argillosi moderatamente consistenti (CL/ML-24) con lenti sabbiose moderatamente addensate (SP-12) con Vs=200/300 m/sec; a quote soggiacenti sino a -30 m pc, sabbie medie ben assortite da moderatamente ad addensate (SW-12/11) con Vs=300/400 m/sec.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale di liquefazione;

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

Microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per stima della pericolosità di liquefazione.

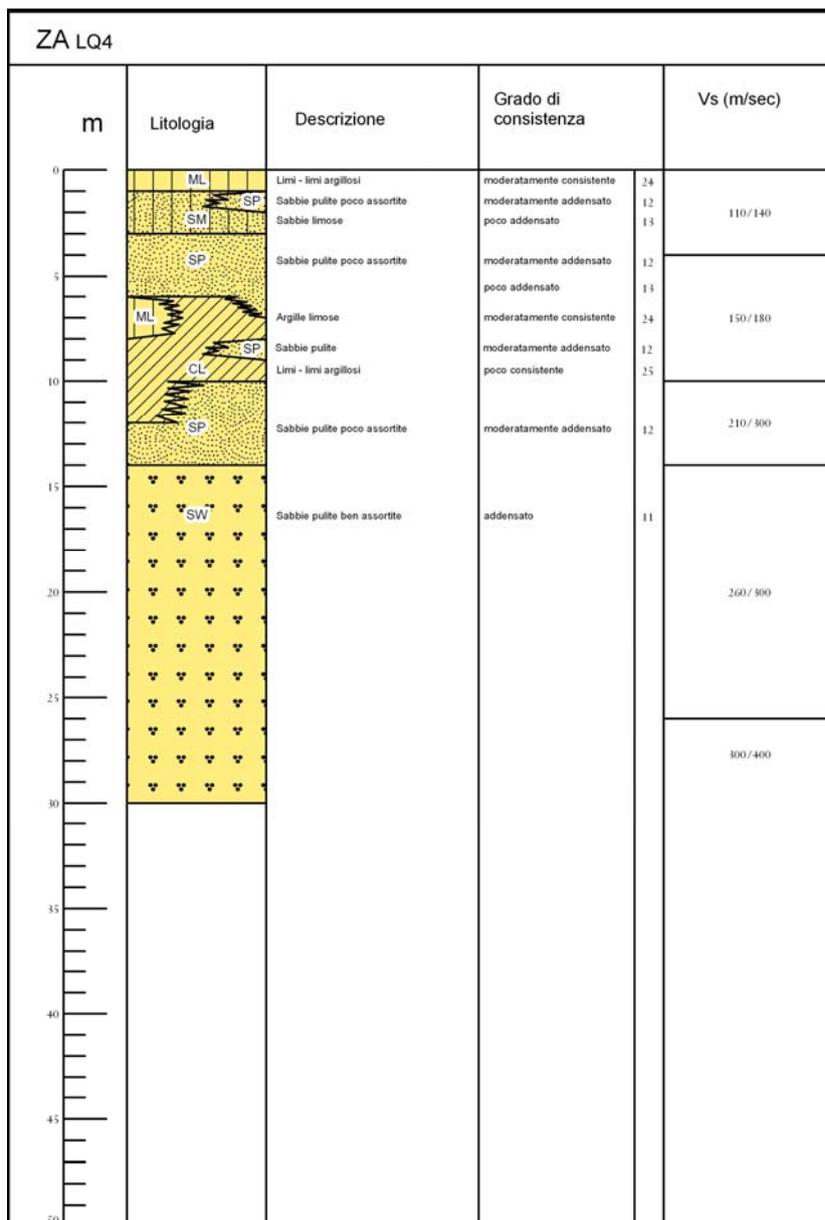


ZA_{LQ3} (3050-2006) – Aree potenzialmente instabili (LQ1) depositi di canale fluviale in sequenze prevalentemente sabbioso limose con lenti sabbiose poco addensate (SM/SP -13) e localmente argilloso limose – limoso sabbiose da poco a moderatamente consistenti (CL/MH-25/24) con Vs<160 m/sec nei primi 7 m del sottosuolo; a profondità sottostanti da -7 a -10/-12 m pc argille – argille limose consistenti (CL-23) con sostituzioni laterali di sabbie medio fini moderatamente addensate (SW-12) con Vs=200/250/300 m/sec; a quote soggiacenti -10/-12 m e sino a -20/-25 m pc sabbie mediamente addensate (SW-11) con lenti argilloso limose consistenti (CL-23) con Vs=250/350 m/sec.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

Studi richiesti: valutazione per caratteristiche litostratigrafiche e della suscettività alla liquefazione;

Microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per stima della pericolosità di liquefazione.



ZA_{LQ4} (3050-2007) – Aree potenzialmente instabili (LQ1), depositi di canale fluviale prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi, in strati con spessori da 3 e 5 m, da moderatamente a poco addensati (SP/SM -12/-13) con Vs<180 m/sec nei primi 6 m del sottosuolo; a profondità sottostanti da -6 a -12 m pc argille limose – limi argillosi moderatamente consistenti (CL/ML-24) con intercalate lenti sabbiose moderatamente addensate (SP-12) con Vs=150/200 m/sec; soggiacciono da -12 a -30 m pc sabbie medio fini – medie da moderatamente addensate ad addensate (SP/SW-12/11) con Vs=250/300 m/sec.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale di liquefazione;

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

Microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per stima della pericolosità di liquefazione.

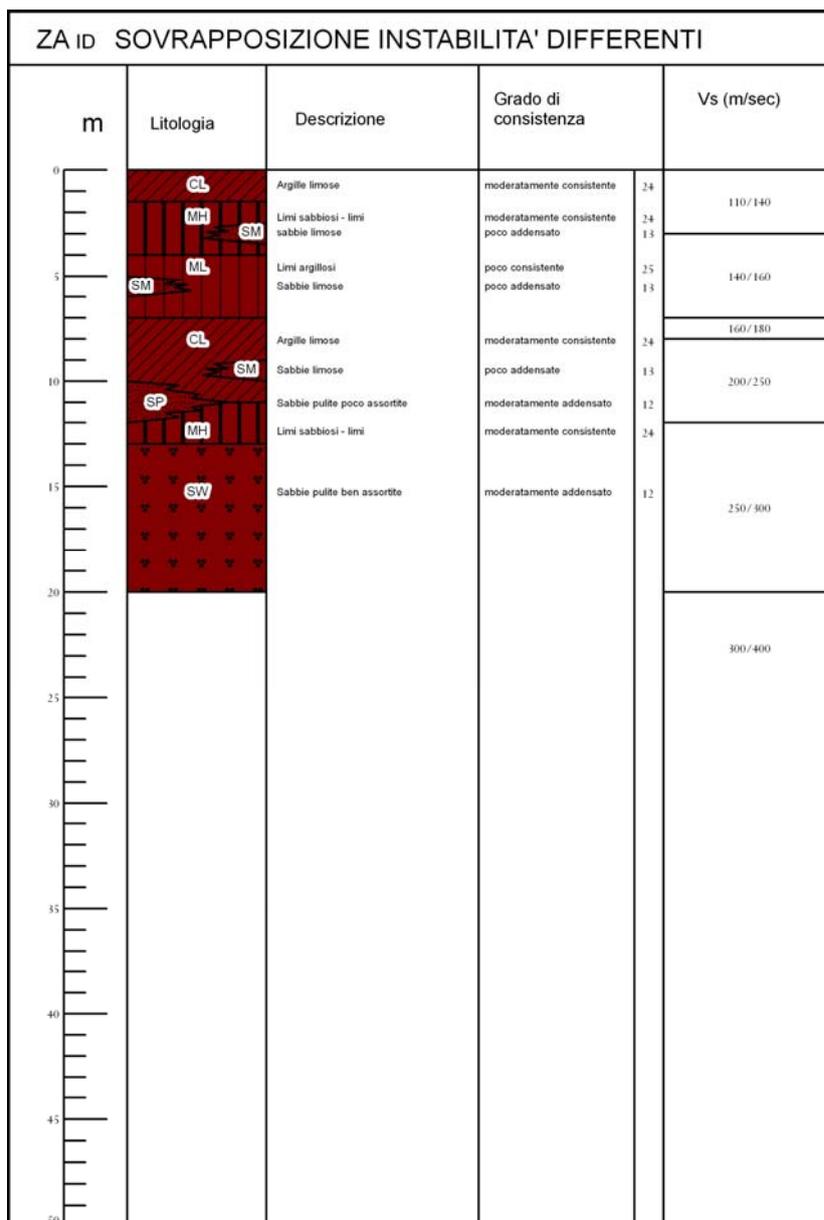
ZA CD CEDIMENTI DIFFERENZIALI				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0	OH	Argille - argille limose di alta plasticità	moderatamente consistente	24
0-1	ML	Limi argillosi	poco consistente	25
1-2	SM	Sabbie limose	moderatamente addensate	12
2-3	ML	Limi argillosi	poco consistente	13
3-4	SM	Sabbie fini limose argillose	poco addensate	13
4-7	OH	Argille limose	consistente	23
7-10	ML	Limi argillosi	poco consistente	25
10-12	SP	Sabbie limose	moderatamente addensate	12
12-13	SM	Sabbie pulite poco assortite	moderatamente addensate	12
13-15	MH	limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24
15-17	SP	sabbie pulite poco assortite	moderatamente addensate	12
17-20	SW	Sabbie pulite ben assortite	addensate	11
20-25				320/350
25-30				350/450

ZA_{CD} - ZONA CEDIMENTI (3080) - Aree potenzialmente instabili, depositi di piana alluvionale argilloso limosi - limoso argillosi, da poco a moderatamente consistenti (OH/ML-24/25) con intercalate lenti sabbioso limose da moderatamente a poco addensate (SM-12/13) con spessori inferiori a 1 m, con Vs<160 m/sec nei primi 7 m del sottosuolo; argille limose consistenti (OH-23) e limi argillosi moderatamente consistenti (ML-24) limi - limi sabbiosi moderatamente consistenti (MH-24) con lenti sabbiose moderatamente addensate (SP-12) con Vs=180/280 m/sec da -7 a -15 m pc; sabbie pulite da poco a ben assortite moderatamente addensate - addensate (SP/SW - 12/11) con Vs=250/300 m/sec da -15 a -20/-30 m pc;

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.



ZA_{ID} - SOVRAPPOSIZIONE INSTABILITA' DIFFERENTI (3070) - Aree potenzialmente instabili suscettibili di sovrapposizione di instabilità differenti, depositi di piana alluvionale prevalentemente limoso argilloso - limoso argilloso sabbiosi, da moderatamente a poco consistenti (ML/MH-24/25) con intercalate lenti sabbioso limose poco addensate (SM-13) con spessori inferiori a 1 m e Vs<160 m/sec, nei primi 6/7 m del sottosuolo; a profondità sottostanti sino a -13 m pc argille moderatamente consistenti (CL-24) con intercalate lenti sabbiose poco/moderatamente addensate (SM/SP-13/12) e limi sabbiosi moderatamente consistenti (MH-24); da -13 a -20/-30 m pc, sabbie moderatamente addensate/addensate con Vs=250/350 m/sec (SW-12/11).

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali; potenziale liquefazione.

Studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, stima dei cedimenti, valutazione potenziale liquefazione.

Microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti e valutazione della pericolosità di liquefazione.

8 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

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

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, le elaborazioni individuano le aree soggette alle integrazioni di approfondimento di terzo livello, specificando le disamine da eseguire; nelle aree a potenziale pericolosità per liquefazione le valutazioni nelle fasi di analisi sismica successive saranno da sviluppare utilizzando i parametri di accelerazione orizzontale massima in superficie a/g max determinata con codice di calcolo che compete alle microzone individuate nelle Tav. 2.2.1-2.2.2.-2.2.3-2.2.4 di seguito descritte.

8.1 Definizione degli input sismici

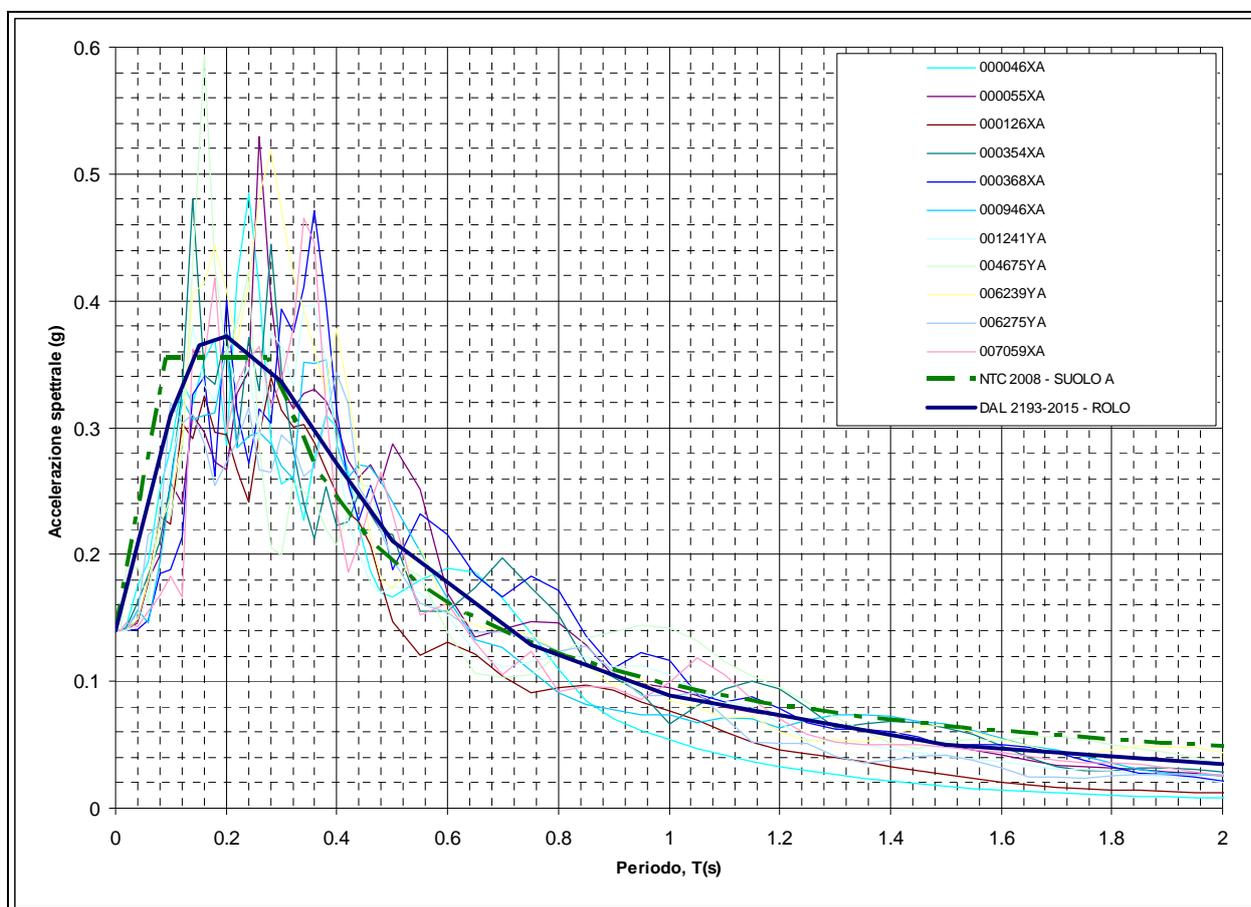
L'analisi della pericolosità sismica del territorio comunale è stata sviluppata in base al modello di studio – elaborazione per la definizione della pericolosità sismica a scala locale proposto da *Marcellini et alii (1998)*³.

Tale schema prevede:

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

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

La definizione degli input sismici utilizzati per le simulazioni di scuotimento in superficie è stata eseguita confrontando lo spettro di risposta degli accelerogrammi selezionati opportunamente scalati, con quella dello spettro a probabilità uniforme determinato secondo le indicazioni della DGR 2193/2015, avendo cura di ottenere una congruenza rientrante nella forma normalizzata \pm la deviazione standard. Tale procedura ha portato alla selezione di 11 accelerogrammi di input, tre dei quali presenti nella banca dati approntata dalla Regione Emilia Romagna, disponibili al sito internet <http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/sismica.htm> (accelerogrammi 000046xa, 000126xa, 000354xa), due ottenuti da selezione nel database internazionale "European strong-motion 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 sismica dei Comuni di Correggio, Rio Saliceto, San Martino in Rio.



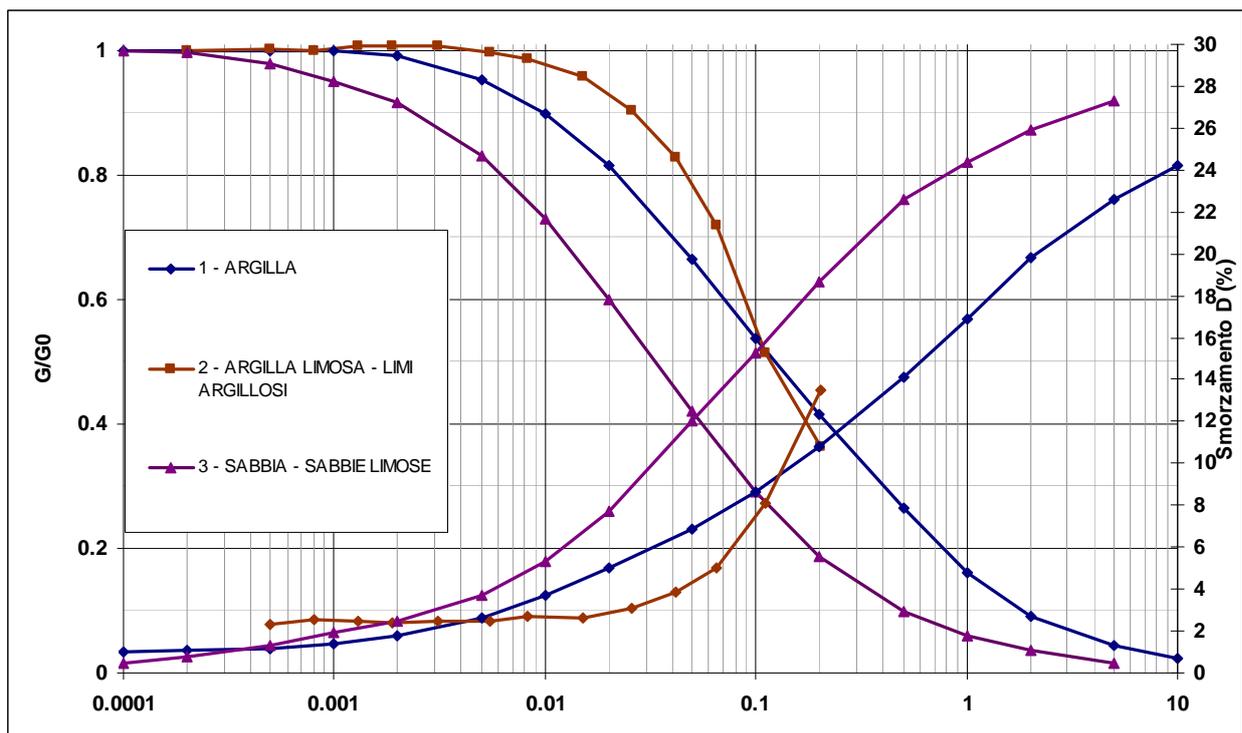
Spettro di risposta a probabilità uniforme (Periodo di ritorno di 474 anni, smorzamento=5%) costruito con i parametri esposti nella delibera della Giunta Regionale ER n° 2193-2015, spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2008 e spettri di risposta degli accelerogrammi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

8.2 Comportamento non lineare dei terreni

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

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

Dette curve sono schematizzate nel seguente grafico:



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

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

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

8.3 Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche

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

Verticale R01						
Spessore (m)	Litotipo n°	V_s (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3.5	1	130	31	18.2	-	-
15.5	2	210	83	18.6	-	-
27	3	250	119	18.8	-	-
3	3	290	162	19.0	-	-
13	3	400	318	19.5	-	-
14	-	500	510	20	2	-
14	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R02						
Spessore (m)	Litotipo n°	V_s (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2.7	1	110	22	18.1	-	-
5.3	1	160	48	18.3	-	-
6	2	250	119	18.8	-	-
25	3	350	240	19.3	-	-
21	3	320	199	19.1	-	-
13	3	400	318	19.5	-	-
14	-	500	510	20	2	-
13	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R03						
Spessore (m)	Litotipo n°	V_s (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1.5	1	80	12	17.9	-	-
8.5	2	160	48	18.3	-	-
27	3	470	447	19.9	-	-
26	3	380	286	19.4	-	-
15	3	400	318	19.5	-	-
16	-	500	510	20	2	-
16	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R04						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
6	1	110	22	18.1	-	-
7	2	210	83	18.6	-	-
12	3	340	226	19.2	-	-
23	3	320	199	19.1	-	-
18	3	410	335	19.6	-	-
19	-	500	510	20	2	-
20	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R05						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2.7	1	120	27	18.1	-	-
6.3	1	150	42	18.3	-	-
4	2	240	110	18.7	-	-
56	3	360	255	19.3	-	-
2	3	390	302	19.5	-	-
14	3	400	318	19.5	-	-
15	-	500	510	20	2	-
15	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R06						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4	1	130	31	18.2	-	-
8	1	150	42	18.3	-	-
16	2	310	187	19.1	-	-
1	3	390	302	19.5	-	-
23	3	400	318	19.5	-	-
24	-	500	510	20	2	-
24	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R07						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	1	110	22	18.1	-	-
6	1	130	31	18.2	-	-
31	2	270	140	18.9	-	-
3	3	330	213	19.2	-	-
21	3	410	335	19.6	-	-
24	-	500	510	20	2	-
24	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R08						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5.7	1	160	48	18.3	-	-
3.3	1	200	75	18.5	-	-
31	2	300	174	19.0	-	-
4	3	350	240	19.3	-	-
17	3	410	335	19.6	-	-
19	-	500	510	20	2	-
20	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R09						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2.5	1	140	36	18.2	-	-
6.5	1	160	48	18.3	-	-
8	2	230	101	18.7	-	-
21	3	310	187	19.1	-	-
16	3	430	370	19.7	-	-
23	-	500	510	20	2	-
23	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R10						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2.2	1	120	27	18.1	-	-
4.8	1	140	36	18.2	-	-
4	2	230	101	18.7	-	-
9	2	280	151	18.9	-	-
1	3	360	255	19.3	-	-
22	3	460	427	19.8	-	-
37	2	410	335	19.6	-	-
23	-	500	510	20	2	-
22	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R11						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1.7	1	110	22	18.1	-	-
7.3	1	150	42	18.3	-	-
16	2	260	130	18.8	-	-
19	3	350	240	19.3	-	-
23	3	340	226	19.2	-	-
1	3	390	302	19.5	-	-
14	3	400	318	19.5	-	-
14	-	500	510	20	2	-
14	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R12						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
8	1	160	48	18.3	-	-
9	2	270	140	18.9	-	-
4	3	380	286	19.4	-	-
19	3	410	335	19.6	-	-
17	3	430	370	19.7	-	-
24	-	500	510	20	2	-
24	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R13						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	1	110	22	18.1	-	-
10	1	150	42	18.3	-	-
19	2	260	130	18.8	-	-
23	3	300	174	19.0	-	-
2	3	390	302	19.5	-	-
20	3	400	318	19.5	-	-
20	-	500	510	20	2	-
20	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R14						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
10	1	150	42	18.3	-	-
26	2	290	162	19.0	-	-
6	3	320	199	19.1	-	-
29	3	360	255	19.3	-	-
10	3	420	352	19.6	-	-
12	-	500	510	20	2	-
12	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R15						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3	1	120	27	18.1	-	-
4	1	140	36	18.2	-	-
4	2	250	119	18.8	-	-
20	2	300	174	19.0	-	-
20	3	420	352	19.6	-	-
24	-	500	510	20	2	-
25	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R16						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
6.5	1	130	31	18.2	-	-
7.5	2	300	174	19.0	-	-
12	3	360	255	19.3	-	-
38	3	380	286	19.4	-	-
1	3	390	302	19.5	-	-
12	-	400	318	19.5	-	-
12	-	500	510	20	2	-
11	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R17						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4	1	150	42	18.3	-	-
8	1	210	83	18.6	-	-
9	2	270	140	18.9	-	-
39	3	320	199	19.1	-	-
5	3	370	270	19.4	-	-
15	3	400	318	19.5	-	-
15	-	500	510	20	2	-
15	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R109						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	1	110	22	18.1	-	-
7	2	220	92	18.6	-	-
3	2	300	174	19.0	-	-
31	3	310	187	19.1	-	-
5	3	370	270	19.4	-	-
16	3	400	318	19.5	-	-
17	-	500	510	20	2	-
16	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R110						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
8	1	150	42	18.3	-	-
10	2	240	110	18.7	-	-
4	3	420	352	19.6	-	-
30	3	440	389	19.7	-	-
9	3	450	408	19.8	-	-
20	-	500	510	20	2	-
19	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

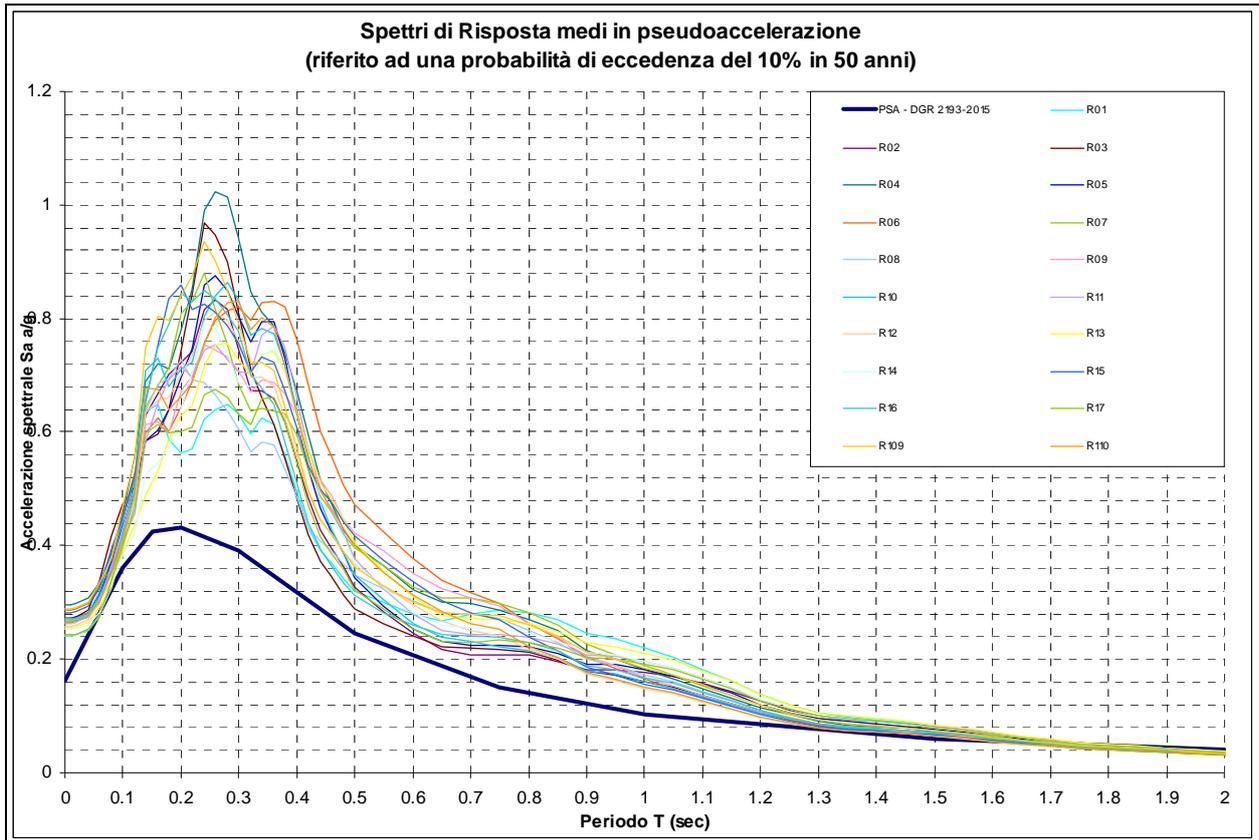
8.4 Calcolo degli effetti di sito

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

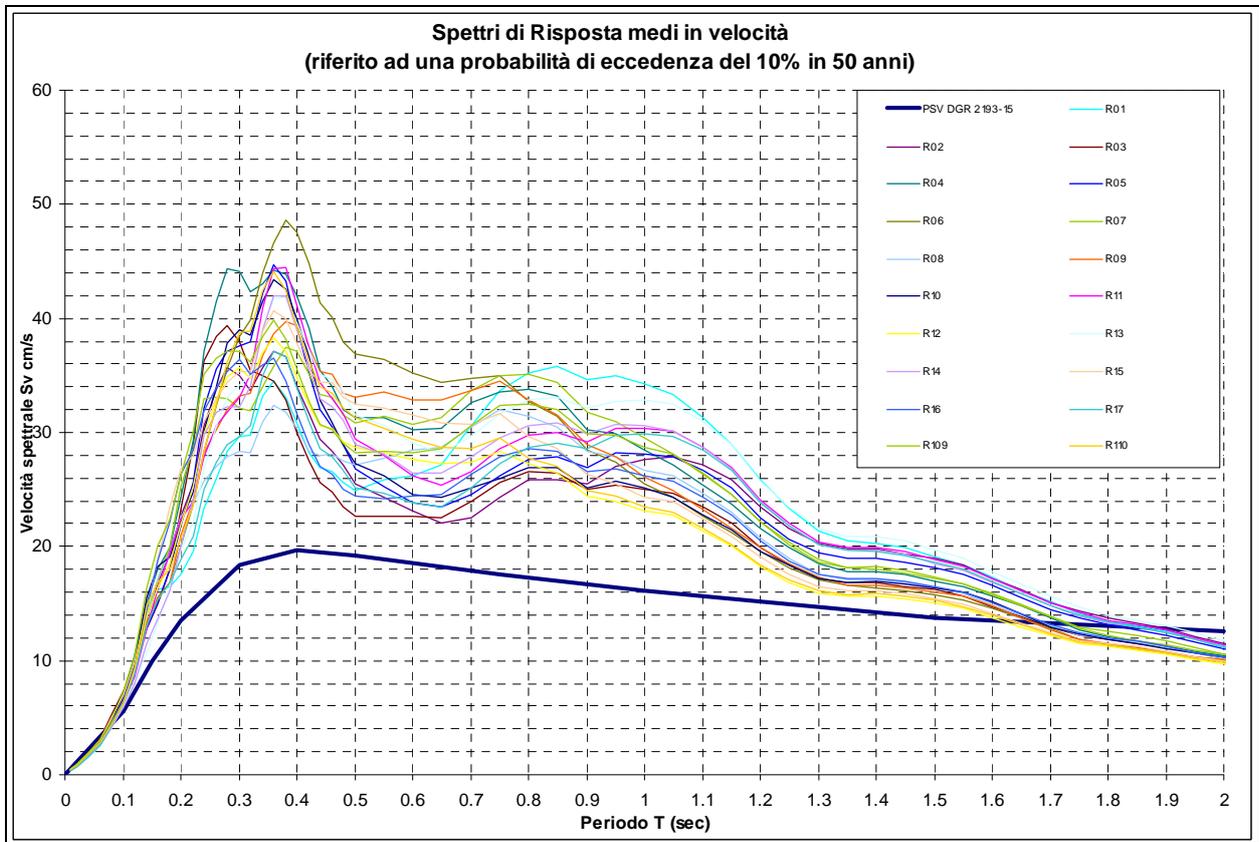
Il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni di scuotimento in superficie *Proshake* (*EduPro Civil System, Inc*) si basa quasi completamente sul modello di calcolo di *Shake 91* (*Idriss e Sun, 1992*)⁴, modificandone l'interfaccia di immissione dati per un più agevole utilizzo.

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

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



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



Spettri di risposta in superficie visualizzati in termini di pseudovelocità (smorzamento 5%). Le simulazioni presentano i maggiori valori di accelerazione nei periodi compresi tra 0,2 e 0,4 sec. I valori di amplificazione si mantengono comunque alti sino a periodi di circa 1,2 sec con un submassimo tra 0,8 ed 1,1 sec.

8.5 Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica

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

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

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

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

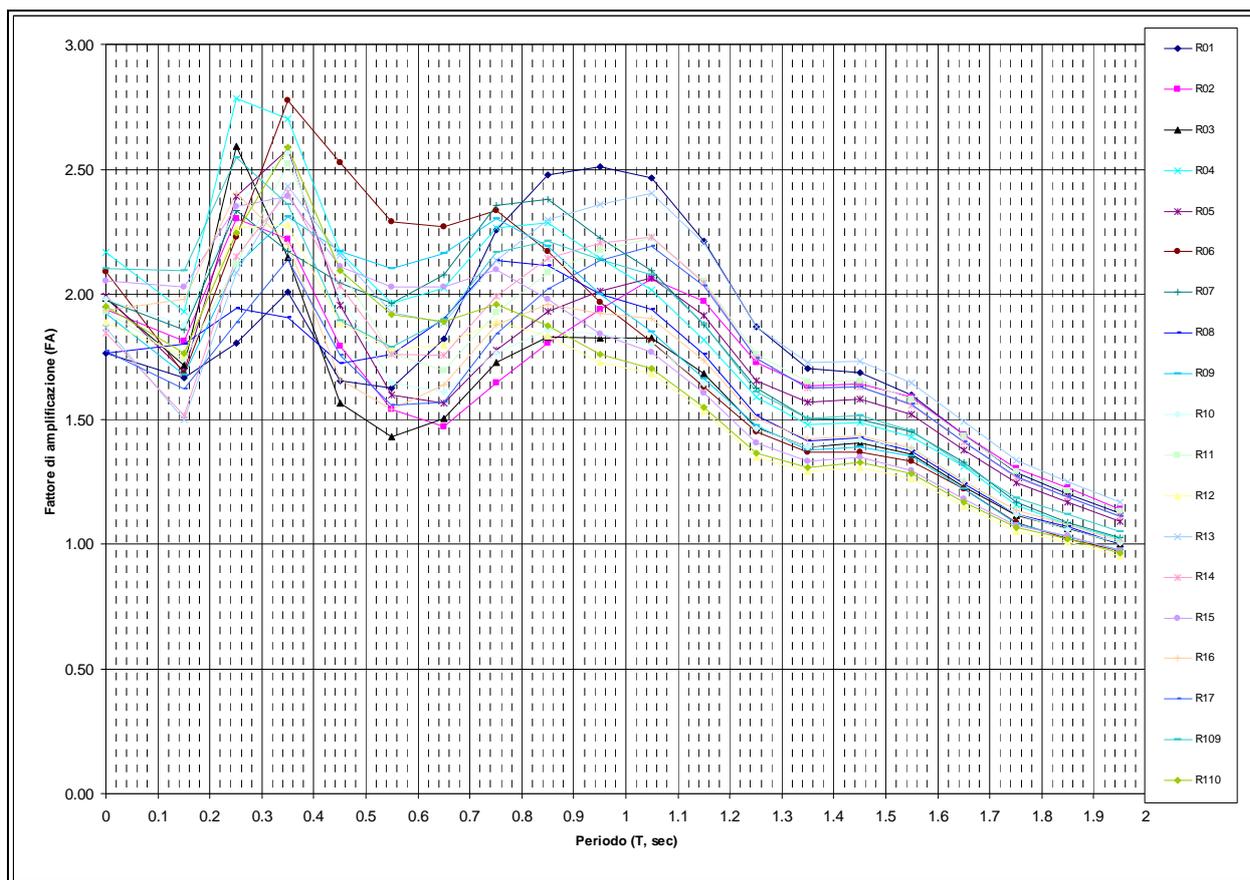
Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

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

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

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

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



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

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

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

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

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

Verticale N°	pga (g)	FA pga	FA IS per periodi di integrazione (sec)		
			0,1 – 0,5	0,5 – 1,0	0,5 – 1,5
R01	0.24	1.8	1.8	1.8	1.8
R02	0.27	1.9	2.1	2.0	2.1
R03	0.27	2.0	2.3	1.9	2.0
R04	0.30	2.2	2.5	2.4	2.4
R05	0.27	2.0	2.1	2.3	2.2
R06	0.29	2.1	2.0	2.7	2.4
R07	0.27	2.0	2.2	2.1	2.1
R08	0.24	1.8	1.9	1.8	1.8
R09	0.26	1.9	2.0	2.2	2.1
R10	0.27	2.0	2.2	2.3	2.2
R11	0.26	1.9	2.0	2.3	2.2
R12	0.26	1.9	2.1	2.1	2.1
R13	0.26	1.9	1.9	2.3	2.1
R14	0.25	1.8	1.9	2.2	2.1
R15	0.28	2.1	2.2	2.3	2.2
R16	0.27	1.9	2.2	1.9	2.1
R17	0.24	1.8	1.8	2.0	1.9
R109	0.29	2.1	2.4	2.1	2.2
R110	0.27	2.0	2.1	2.3	2.2

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

8.6 Carta delle nuove indagini

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

La simbologia e caratteristiche degli elementi riportati in carta (Tav. 2.1), relative ai punti di indagine, sono conformi allo standard di rappresentazione e archiviazione informatica previste nell'allegato della Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (Art. 5, comma 7 dell'OPCM 13/11/2010, n° 3907 – OCDPC 171/2014 – OCDPC 04/2014) Standard versione 4.0b del 10/2015.

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

8.7 Carta delle velocità delle onde di taglio V_{s30} (Tav. 1.6)

La carta delle velocità delle onde di taglio V_{s30} (Tav. 1.6), visualizza i valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti i primi 1.5 m pc, (V_{s30} m/sec) determinate in base alle indagini: Re.Mi/MASW effettuate e reperite d'archivio.

Le elaborazioni delle acquisizioni hanno evidenziato valori massimi 250/300 m/sec nella zona occidentale (Campogrande) e 250/290 m/sec nella fascia centro settentrionale (capoluogo nord) e minimi di 220/230 m/sec nelle fasce occidentali – settentrionali ed orientali. I valori medi percentualmente più rappresentati corrispondono a: $V_{s30} = 230 \div 260$ m/sec.

I valori relativi maggiori si riscontrano nel settore occidentale sede dell'area ad uso produttivo Campogrande contraddistinta da $V_{s30} = 240/300$ m/sec; analoghi valori relativi maggiori caratterizzano la fascia centro settentrionale estesa ovest – est compresa tra via Calzolaria – via Cervelliera e via Roma – sP 4 alla quale appartiene la zona nord del capoluogo, contraddistinta da $V_{s30} = 240 \div 260$ m/sec; equivalenti valori si riscontrano nella zona estesa nord ovest – sud est tra via Villabianca – via Bedollo e via Rubona – via Boschi nella quale $V_{s30} = 240 \div 260$ m/sec.

La fascia centrale ovest est a settentrione di quest'ultima compresa tra via Roma – sP4 e via Villabianca – via Buse – via Bedollo è caratterizzata da valori minimi relativi compresi tra $V_{s30} = 220 \div 230$ m/sec.

Analoghe aree con i minori relativi sono rappresentate dalla fascia occidentale estesa sud nord tra l'Autobrennero e confine comunale con Fabbrico, da quella settentrionale allungata ovest est tra il CABR e via Calzolaria – via Cervelliera, quella estesa sud nord al bordo orientale al confine con Novi MO, nelle quali $V_{s30} = 220 \div 230$ m/sec.

Le rimanenti parti del territorio comunale, zona sud tra via Rubona – via Boschi e Cavo Fossa Raso, fascia nord ovest sud est tra sP 4 e via Rubona, area nord orientale le Tullie, sono contraddistinte da valori intermedi compresi tra $V_{s30} = 230 \div 240$ m/sec.

La distribuzione areale dei valori di V_{s30} denota una tendenziale correlabilità dei minimi medi con la fascia di paleoalveo estesa sud ovest – nord est ed ovest – est che asseconda l'andamento della Sp4, indicando per tale zona un grado di addensamento relativo inferiore dei terreni che formano i primi 15/20 m del sottosuolo rispetto alle aree sia settentrionali che meridionali.

8.8 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica

La microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento, effettuata per gli sviluppi di interesse delle aree urbanizzate, zone industriali e territorio extraurbano, 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, 0.5 – 1.0 e 0.5 – 1.5 sec, attinenti alle microzone individuate.

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

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

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

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

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

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA_0 , elaborata per delle aree urbanizzate zone ad uso produttivo, fasce infrastrutturali, territorio extraurbano (Tav. 2.2.1), evidenzia i valori massimi, compresi tra $2 \div 2.2$, nella parte settentrionale del territorio comunale; simili valori di massimo leggermente inferiori caratterizzano la zona sud occidentale del capoluogo e la parte più settentrionale dell'area produttiva Campogrande, l'areale centro meridionale circostante l'incrocio via Rubona/via Nuova nei quali $PGA/PGA_0 = 2 \div 2,1$.

La rimanente parte del territorio è contraddistinta da $PGA/PGA_0 = 1,9$ ad eccezione delle zone di minimo relativo nel settore sud occidentale (Campogrande), nella parte centro settentrionale del capoluogo tra via Roma – Via Cervelliera – via Livello – via G. Garibaldi/C. Battisti, l'area nord occidentale tra l'Autobrennero – via Prati – confine con Fabbrico, nelle quali $PGA/PGA_0 = 1,8$.

La distribuzione territoriale dei valori di FA.PGA indica una tendenziale correlabilità con l'assetto del substrato prepliocenico, come evidenziano i valori relativi maggiori FA.PGA $2,0 \div 2,2$ che caratterizzano il settore nord orientale, nel quale il substrato si approfondisce rapidamente mediante sovrascorrimenti orientati ovest est e che in territorio di Reggiolo – Moglia attesta il sopraccitato substrato a -5,5/-6 km dal piano campagna; quest'ultimo al bordo nord orientale del comune di Rolo è dislocato da una faglia trascorrente antiappenninica orientata circa sud nord (CNR – AGIP, 1990; CNR-RER 2002). Nel sottosuolo dei comuni di Novi MO- Rolo – Fabbrico sono inoltre presenti sovrascorrimenti orientati sud ovest – nord est ed ovest est ulteriormente dislocati da tratti con direttrice sud est – nord ovest.

8.10 Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner

In conformità a quanto previsto nella DGR 1919/2013 e degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS2008) sono state elaborate le carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli FA.IS. $0.1 < T < 0.5$ sec, FA.IS. $0.5 < T < 1.0$ sec e FA.IS. $0.5 < T < 1.5$ sec.

8.11 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec.

La distribuzione generale dei valori nell'intervallo FA.IS $0.1 < T < 0.5$ sec (Tav. 2.2.2) evidenzia i fattori relativi minori FA.IS = $1,8 \div 2,0$ nel settore sud occidentale (Campogrande) e nella fascia orientata ovest – est tra via IV Novembre – via I° Maggio e via Calzolarà, delimitata ad est dalla ferrovia MO-VR e ad ovest dal confine con Fabbrico, alla quale appartengono la parte settentrionale del capoluogo e la zona industriale a nord ovest del medesimo.

Detti valori aumentano sia in direzione sud-sud est che nord ed est, raggiungendo i massimi con valori di FA.IS = 2,3 ÷ 2,4 nella fascia settentrionale del territorio estesa ovest est a nord della sP4 – Via Ponte Nuovo; analoghi massimi relativi con FA.IS = 2,1 ÷ 2,2 individuano la prevalente parte del territorio con i valori che tendenzialmente aumentano in direzione est sud est e caratterizzando la fascia sud nord al confine orientale con Novi MO; equivalenti valori sono presenti nell'area estesa ovest est che asseconda l'andamento di Via Bosco dall'incrocio della stessa con via Tremulini al sopraccitato confine comunale est; simili massimi relativi con FA.IS = 2,2 identificano la zona sud orientale del capoluogo e la parte di territorio a sud ovest della stessa nell'area tra via XXV Aprile – Via Fermi – Via Buse – sP46.

L'analisi di insieme dei valori di FA.IS nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec, evidenzia un graduale incremento dei fattori di amplificazione dai settori sud orientali – occidentali centro settentrionali alle zone nord ed in direzione est, descrivendo areali con valori più elevati in zone più estese nelle fasce nord est.

Detta distribuzione territoriale concorda con l'approfondimento del substrato prepliocenico – nelle zone settentrionali e con la presenza della fascia di faglia trascendente orientata sud nord individuata nel sottosuolo del comune di Novi MO in prossimità/adiacenza del confine orientale di Rolo.

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

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 2.2.3), evidenzia i valori relativi maggiori FA.IS = 2,1 ÷ 2,2 nella fascia settentrionale estesa ovest-est del territorio comunale; analoghi massimi relativi con FA.IS = 2,1 caratterizzano la zona orientale tra via Nuova e confine est con Novi MO che asseconda l'andamento dell'sP4 e la parte nord orientale dell'area produttiva Campogrande tra via Cantonazzo – sP4 – Autobrennero. La parte centrale e meridionale centrale del territorio estesa sud nord e quella sud ovest sono caratterizzate dai minimi relativi, FA.IS = 1,7 ÷ 1,9; procedendo sia in direzione ovest che est tali valori aumentano ad FA.IS = 2 nella fascia sud nord al confine con il comune di Fabbrico e nella zona al bordo orientale con il comune di Novi MO nella quale detta zona si allunga in direzione ovest assecondando l'andamento della sP4.

La distribuzione dei valori di FA.IS. nell'intervallo $0.5 < T < 1.0$ sec. evidenzia una tendenziale correlabilità con la maggiore profondità del bedrock sismico nella fascia settentrionale estesa ovest – est, al confine con i comuni di Reggiolo e Moglia; analoga tendenziale correlazione è osservabile al bordo nord orientale al confine con Novi MO nel sottosuolo del quale è individuata una faglia trascorrente direzione sud-nord.

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

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 2.2.4), denota caratteristiche simili a quelle della PGA, FA.IS $0,5 < T < 1,0$ sec, evidenziando i valori relativi

maggiori nella fascia settentrionale orientata ovest est e nella zona orientale centrale nelle quali FA.IS = 2,0 ÷ 2,1; i minimi relativi si riscontrano nel settore centrale esteso sud nord dove FA.IS = 1,6 ÷ 1,8; i valori aumentano sia in direzione ovest che est caratterizzando le fasce allungate sud nord ai bordi occidentale ed orientale con FA.IS=2,0.

La distribuzione areale dei valori di FA.IS indica una tendenziale correlabilità dei fattori di amplificazione più elevati della fascia settentrionale con il maggior approfondimento del substrato prepliocenico nel sottosuolo di dette zone.

9 CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI

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

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

L'individuazione dei fabbricati che hanno subito i danni maggiori è stata effettuata dall'Area Tecnica e Attività Produttive *Comune di Rolo*, Responsabile *Arch. Maria Rinaldi, Ing. Alessandro Marrazzo*.

Le informazioni relative ai danni subiti dagli edifici non specificano le condizioni statico strutturali dei fabbricati pre evento sismico e pertanto sono stati assimilati a manufatti in situazione ante sisma praticamente equivalenti, anche se tale assunto induce aspetti limitativi delle valutazioni sviluppate.

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Rolo ha risentito dei massimi effetti durante le scosse del 29/05 e 03/06 con danni che hanno reso inagibili 89 edifici 40 dei quali nel capoluogo, 11 nella fascia sud ovest nord est che comprende via Rubona – via Boschi, 21 tra dette strade e l'allineamento sP4 – via Borgazzo, sul tratto di sP4 ad est della ferrovia via MO-VR, 12 nella parte settentrionale del territorio a nord di via Calzolaro. Gli edifici parzialmente inagibili, in totale 41, sono prevalentemente ubicati nel capoluogo n°23 nel territorio extraurbano, 5 nelle zone settentrionali, 5 lungo la sP4 dal capoluogo al confine con Novi MO, 5 tra Via Canalazzo e Via Rubona, 3 in corrispondenza di quest'ultima.

I fabbricati che hanno subito i danni maggiori appartengono prevalentemente a zone suscettibili di instabilità correlate a potenziale liquefazione potenziali cedimenti (MOPS) ed assecondano l'andamento della fascia di paleoalveo estesa sud ovest – nord est dal confine con Fabbrico a via Buse est e successivamente quest'ultima orientato ovest est sino al confine con Novi MO concordemente alla sP4; un'analogo zona con diffusa presenza di edifici inagibili caratterizza l'area estesa ovest sud ovest – est nord est che asseconda l'andamento di via Rubona – via Boschi costituita da sequenze litologiche prevalentemente argilloso limose nei primi 10/12 m del sottosuolo.

L'area allungata ovest est a nord della sP4, alla quale appartiene il capoluogo, anch'esso con diffusa presenza di fabbricati inagibili, è prevalentemente caratterizzata da zone potenzialmente soggette a deformazioni per cedimenti differenziali e contraddistinta da valori di Vs30 inferiori rispetto alle zone sia a sud che a nord di detta fascia.

Per quanto riguarda gli effetti dello scuotimento sismico si osserva una tendenziale corrispondenza delle zone con presenza di edifici inagibili con il campo dei periodi $0.1 < T < 0.5$ sec per FA.IS = 2,1 ÷ 2,2 e campo $0.3 < T < 0.5$ sec per FA.IS = 2,2 ÷ 2,3.

Risentimenti praticamente equivalenti si sono sviluppati nel territorio settentrionale nel quale, nell'intervallo $0.1 < T < 0,5$ sec, si hanno amplificazioni FA.IS = 2,1 ÷ 2,4; l'inferiore

numero di fabbricati danneggiati in detta area è connessa a minore densità di presenza di edifici e comunque tra inagibili e parzialmente inagibili i danni hanno interessato il 15% del patrimonio edilizio esistente.

Le aree nelle quali i fabbricati hanno subito i minori danni o non sono stati danneggiati corrispondono alle zone con i valori dei fattori di amplificazione relativi inferiori sia di $FA.IS = 1,8 \div 1,9$ che $PGA = 1,8 \div 1,9$, quale la fascia estesa sud est – nord ovest circa tra via Calzolaria e l'allineamento via G. Verdi – via IV Novembre, delimitata ad est dalla ferrovia MO-VR e ad ovest dal confine comunale con Fabbrico.

Nell'area al quale appartiene il territorio di Rolo gli eventi sismici che hanno determinati i risentimenti più rilevanti, storicamente documentati, sono rappresentati dai terremoti del 1996 e 2012 ed in secondo ordine del 1971 e 1987; al primo di questi con epicentro in prossimità San Tommaso della Fossa di Bagnolo in Piano è attribuita $M_w = 5,38$ ed ha indotto effetti con $I_o = 5/6$ nel territorio di Rolo; i terremoti del 2012 con epicentri in prossimità di Midolla e Sant'Antonio in Mercadello e Ponte Pietra, hanno indotto equivalenti risentimenti con $I_o = 5/6$.

Gli eventi sismici del 1971 e 1987 con epicentri rispettivamente a nord di Parma ed in Bagnolo in Piano, rispettivamente con $M_w = 5,51$ e $4,71$, hanno causato effetti con intensità $I_o = 5$ in comune di Rolo ed $I_o = 5/6$ nei comuni di Novi MO e Moglia, $I_o = 6$ in territorio di Fabbrico nel 1971.



STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO

Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI

10 BIBLIOGRAFIA

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2014) alla scala 1:50.000, foglio 200 REGGIO NELL'EMILIA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di M.PIZZOLO, S.SEGADELLI, S.C.VAIANI.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 202 SAN GIOVANNI IN PERSICETO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di F.C. MOLINARI, M.PIZZOLO
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 201 MODENA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G. GASPERI, M. PIZZOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 220 CASALECCHIO DI RENO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di L.MARTELLI, A.BERNINI, M.T.De NARDO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2005) alla scala 1:50.000, foglio 199 PARMA SUD. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G DI DIO, S. LASAGNI, A. MARTINI, G.ZANZUCCHI.
- DGR n°2193/2015 Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n.112.
- DGR 1919/201 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'ordinanza del capo dipartimento della protezione civile n. 52/2013 a favore degli enti locali".
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2016: Microzonazione sismica di III° livello del territorio Comunale di Correggio, dati non pubblicati.
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2015: Microzonazione sismica di III° livello del territorio Comunale di Rio Saliceto, dati non pubblicati.
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2014: Microzonazione sismica di I° livello del territorio Comunale di Fabbriano, dati non pubblicati.
- L.MARTELLI, M.ROMANI; 2013: Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio giugno 2012. Relazione Illustrativa, (ordinanza del commissario delegato – presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012),
- A.FRAULINI, A.MANICARDI, B.MENGOLI C.UGOLETTI, G.P.MAZZETTI; 2013: Riduzione del rischio: esiti della microzonazione sismica nelle carte e norme degli strumenti urbanistici. Atti 32° GNSTS, Trieste.
- G.P.MAZZETTI, S. GILLI; 2013: Geological characters and structural seismic response of litho units between ridge Apennine foot hills: area of the Municipalities of Montese, Zocca, Guiglia, Marano s/P, Atti IX Forum Italiano di Scienze della Terra, Geitalia, Pisa,
- AA.VV. (2013) Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana, Regione Emilia Romagna – Toscana, Università di Siena 1240.
- DGR1919/2013. "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'OCDPD 52/2013.
<http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/>
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di) (2011). BDMI11, la versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.ingv.it/DBMI11>
- CENTROGEO (2005) Indagine Geologica Ambientale – Relazione tecnica PSC Comune di Rolo. Non pubblicato
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008). "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833
- MELETTI C. e VALENSISE G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- BOCCALETTI M. – MARTELLI L. – AA.VV. (2004) – Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze
- OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". G.U. n. 155, 08/05/2003, suppl. ord. n. 72.
- L.MARTELLI, A.MANICARDI, G.P. MAZZETTI, C. UGOLETTI. (2009). PTCP MODENA carte della sicurezza del territorio, riduzione del rischio sismico, carte delle aree suscettibili di effetti locali.
- A. CAMPISI, M. GUERRA, F. MANENTI, L. MARTELLI, G. P. MAZZETTI (2007) PTCP DI REGGIO EMILIA: rappresentazione della pericolosità sismica locale provinciale e indirizzi per la pianificazione comunale, 26° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Novembre.
- MOLINARI F.C. – BOLDRINI G. et ALII (2007) – Risorse Idriche Sotterranee della provincia di Ferrara; DB MAP, Firenze.
- G.P. MAZZETTI (2006), Evoluzione geologica del territorio reggiano. pp. 8-20 in "Una Provincia allo Specchio: Reggio Emilia"; Telesio Editrice, Carnate, Milano.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di Castelnovo né Monti, Convegno Nazionale, Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida, C.N.R., Roma.
- SERVIZIO TECNICO DEI BACINI ENZA E SECCHIA (2005) – Stratigrafie catasto pozzi, dati non pubblicati.
- G.P. MAZZETTI– NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospection, Atti 4th European Congress in Regional Geoscientific Cartography; R.E.R. Ind. Graf. Labanti e Nanni – BO.
- DI DIO G. et ALII (1998) - Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna S.E.L.C.A. Firenze
- SCANDONE P. et ALII (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.
- MAZZETTI G.P. – POZZI P. (1993) – Studio di compatibilità ambientale fisica per la localizzazione di un impianto di scarico controllato in zone pianiziali – Discarica Intercomunale di Novellara (RE) – Atti 8° convegno Nazionale C.N.G.
- BOSELLINI A- MUTTI E - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET
- MAZZETTI G.P. (1983) – studio geologico ambientale del comprensorio di media pianura Carpi – Correggio, Regione Emilia Romagna.
- AGIP (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain. Italy - C.N.R.
- BOSELLINI A. (1981) - The emile fault. A jurassic fracture zone that evolved into a Cretaceous Paleogene sinistral wrench fault. Boll. Soc. Geol. It.

- FERRARI G - POSTPISCHL D. (1981) - Le scale macrosismiche C.N.R. P.F. Geodinamica. Pubbl. N° 387. Ist. Topografia, geodesia e geofisica Mineraria, Univ. BO
- C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - Pubblic. N° 361 ESA Editrice - Roma.
- C.N.R. (1979) - Carte preliminari di scuotibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma
- IST. GEOL. UNIV. MO (1978) - Metodologie e primi risultati di neotettonica nel modenese e territori limitrofi. Mem. Soc. Geol. It.
- CASTANY G. (1976) – 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 Colombo Editore.
- AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padana Veneta -Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI
- LOSACCO U. (1949) - La glaciazione quaternaria dell'Appennino Settentrionale. *Riv geografica It*, 56 (2)