



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

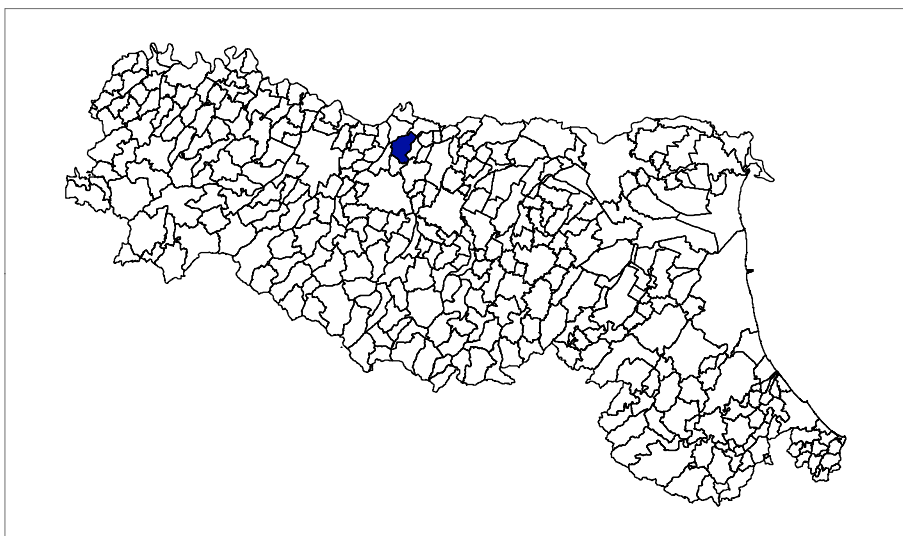
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Modellazione e caratterizzazione geologico sismica e geotecnica

Relazione Tecnica Illustrativa

Regione Emilia-Romagna
 Comune di Novellara



<p>Regione Emilia Romagna</p> <p><i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OCDPC 52/2013 DGR 1919/2013.</i></p> <p><i>Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico Luca Martelli</i></p>	<p>Soggetto realizzatore</p> <p>Studio Geologico CENTROGEO</p> <p><i>Progetto:</i> Gian Pietro Mazzetti</p> <p><i>Collaboratori:</i> Stefano Gilli Andrea Arbizzi Mauro Mazzetti</p>	<p>Amministrazione comunale</p> <p><i>Sindaco:</i> Elena Carletti</p> <p><i>Responsabile 3° Settore Uso ed Assetto del Territorio:</i> Sara Tamborrino</p> <table border="1" data-bbox="1023 2018 1481 2107"> <tr> <td data-bbox="1023 2018 1254 2107"> <p>Data Febbraio 2017</p> </td> <td data-bbox="1254 2018 1481 2107"></td> </tr> </table>	<p>Data Febbraio 2017</p>	
<p>Data Febbraio 2017</p>				

Provincia di Reggio Emilia

Comune di Novellara

MICROZONAZIONE SISMICA MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO TECNICA E SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	1
1.1	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	2
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	3
2.1	Pericolosità sismica - Definizione del moto di riferimento.....	14
3	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	16
3.1	Caratteri sismotettonici.....	23
3.2	Attività tettonica.....	25
3.3	Subsidenza.....	27
3.4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	29
3.5	Caratteri Geomorfoloici.....	29
3.6	Assetto strutturale depositi del quaternario continentale.....	31
3.6.1	Subsistema AES8.....	31
3.6.2	Subsistema AES7.....	31
3.6.3	Sistema AES.....	32
3.6.4	Sistema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI.....	33
3.6.5	Sistema Quaternario Marino Superiore.....	34
3.7	IDROGEOLOGIA.....	34
3.7.1	Idrografia di superficie.....	34
3.7.2	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	39
3.7.3	Definizione del sistema idrogeologico.....	40
3.7.4	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	40
3.8	Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale.....	45
3.8.1	Piezometria dell'acquifero freatico.....	46
3.8.2	Isopieze dell'acquifero.....	46
3.8.3	Soggiacenza Acquifero freatico.....	47
3.9	Identificazione temporale del sistema Idrogeologico.....	48
3.10	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	49
4	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	50
4.1	Carta geologico tecnica.....	50
4.2	Caratteristiche litotecniche.....	51
4.3	Successioni Litotecniche.....	52
5	MODELLI GEOTECNICI.....	58
5.1	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	61
5.2	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	62
5.3	Microtremori con la tecnica HVSR.....	62
5.4	Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. e passiva/attiva Re.Mi./MASW.....	63
6	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	65
6.1	Carta delle indagini.....	65
6.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	66
6.3	Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	67
6.4	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	70
6.4.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	71
7	SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	83
7.1	Carta delle nuove indagini.....	83
7.2	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs 30).....	84
7.3	Carte dei fattori di amplificazione - microzonazione sismica.....	84
7.4	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FAPGA.....	85
7.5	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	85
7.6	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.5 sec.....	86
7.7	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.5<T<1.0 sec.....	87
7.8	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.5<T<1.5 sec.....	87
8	CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI.....	88

ELABORATI

Tav. 1.1 Nord	Carta delle indagini pregresse e nuove	1:10.000
Tav. 1.1 Sud	Carta delle indagini pregresse e nuove	1:10.000
Tav. 1.2 Nord	Carta geologico - tecnica	1:10.000
Tav. 1.2 Sud	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 Nord	Carta isopieze primo acquifero	1:10.000
Tav. 1.3 Sud	Carta isopieze primo acquifero	1:10.000
Tav. 1.4 Nord	Carta Soggiacenza primo acquifero	1:10.000
Tav. 1.4 Sud	Carta Soggiacenza primo acquifero	1:10.000
Tav. 1.5 Nord	Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido	1:10.000
Tav. 1.5 Sud	Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido	1:10.000
Tav. 1.6 Nord	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 1.6 Sud	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 1.7 Nord	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 1.7 Sud	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 2.1 Nord	Carta delle indagini di nuova esecuzione	1:10.000
Tav. 2.1 Sud	Carta delle indagini di nuova esecuzione	1:10.000
Tav. 2.2 Nord	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 2.2 Sud	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 2.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA PGA	1:10.000
Tav. 2.4	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 2.5	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
Tav. 2.6	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,5 – 1,5 sec	1:10.000
Tav. 3.1 Nord	Carta Sovrapposizione MOPS - CLE	1:10.000
Tav. 3.1 Sud	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

Disposizioni normative per la riduzione del rischio sismico

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 Novellara (R.E.) è stata sviluppata mediante studi di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica e della pericolosità sismica di base – azione sismica. Tale disamina, finalizzata alla mitigazione del rischio sismico, è stata indirizzata all'esame delle zone sede del territorio urbanizzato, di prevista urbanizzazione e di un loro adeguato intorno, del patrimonio edilizio esistente, delle fasce interessate dalle principali infrastrutture.

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

Le sopra indicate analisi sono inoltre state sviluppate in riferimento ai dettati delle leggi nazionali, D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. n° 30483 del 24/09/88; L.R. n°20 del 24/03/2000, N.A. Piano Stralcio Assetto Idrogeologico allegato 7, Disposizioni R.E.R. concernenti l'attuazione del P.A.I. del 06/02, NA PTCP Reggio Emilia 17/06/2010, D.M. 14-01-2008, Delibera Assemblea Legislativa R.E.R. n°2193 del 21/12/2015.

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

La determinazione della pericolosità sismica dell'area del Comune di Novellara 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 definiti con approccio semplificato in base alle tabelle dell'allegato A2.1.2 della DGR 2193/2015, in riferimento alle indicazioni contenute nelle sopraccitata, DGR 1919/2013, ed "I.C.M.S." indirizzi del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Dette analisi e relativa zonazione, rappresentano uno strumento utile per indirizzare le scelte urbanistiche in aree 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 2003, Variante PSC 2009, POC 2007 e POC 2011 di Novellara RE (Centrogeo, Correggio RE).

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Novellara, RE**, Determina del 01/03/2014 n° 100 del 3° Settore Uso e Assetto del territorio, responsabile Arch. Sara Tamborrino.

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, è stata sviluppata in coordinamento con il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Dr. Luca Martelli ed Ing. Maria Romani, Regione Emilia Romagna e con il 3° Settore - Uso e Assetto del territorio del Comune di Novellara, Arch. Sara Tamborrino, Geom. Claudio Meschieri.

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

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

1.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il territorio comunale di Novellara appartiene ai settori occidentale ed orientale, rispettivamente delle tavolette: NOVELLARA I SW e GUALTIERI IV SE, per la zona settentrionale e centrale, la parte meridionale del territorio rientra nei settori nord occidentale e nord orientale, rispettivamente, delle tavolette CORREGGIO II NW e CADELBOSCO DI SOPRA III NE; le sopraccitate tavolette appartengono al Foglio REGGIO NELL'EMILIA N° 74 I.G.M., zona 32 T, quadrato PQ.

Il territorio comunale, con forma sub trapezoidale allungata in direzione nord, si estende su una superficie di 5.800 ha ed è delimitato, in riferimento al sistema U.T.M., dai meridiani 630900 - 637500
e dai paralleli 4661500 - 4973250.

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono circa compresi tra 28 e 17 m s.l.m. con diminuzione procedendo in senso sud nord e le pendenze oscillano in media tra:

$$p = 1,4 \div 2 \text{ ‰},$$

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

$$p = 0,5 \div 0,8 \text{ ‰} .$$

I medi massimi, nella fascia orientata sud – nord, alla quale appartengono le principali frazioni ed aree produttive di S. Maria della Fossa, S. Giovanni della Fossa, Zona Industriale Motta, il capoluogo, corrispondono a:

$$p = 2,5 \div 4 \text{ ‰}.$$

Il territorio è contraddistinto da un andamento pianeggiante movimentato da ondulazioni ad ampio raggio che caratterizzano l'area comunale con un dosso topografico principale esteso in senso sud ovest - nord est, al quale appartengono le principali frazioni ed il capoluogo, circa dal confine con il comune di Bagnolo In Piano a quello con il Comune di Reggiolo.

Un'analogha struttura morfologica di importanza sovracomunale è rappresentata dal dosso esteso dapprima in direttrice ovest est nel settore meridionale orientale del territorio

circa in corrispondenza del confine comunale con Campagnola E. da Cognento – via Picenardi al Canale Borgazzo e successivamente a quest'ultimo si orienta sud nord, assecondando Strada del Borgazzo sino a Corte Sabbiona – sud capoluogo e successivamente via Togliatti – via Indipendenza. Un altro dosso principale si riscontra nel settore nord occidentale dell'area comunale dove si evidenzia una morfostruttura orientata in direttrice sud ovest – nord est che si estende con andamento sub parallelo alla sP 81 San Bernardino, circa dal confine comunale con Cadelbosco di Sopra a La Riviera.

Oltre alle forme descritte sono presenti altri dossi secondari debolmente pronunciati e scarsamente percettibili visivamente.

Altri aspetti tipici sono rappresentati da ampie aree depresse rispetto ai settori circostanti attribuibili ad ambiti vallivi planiziali. Quelli più significativi costituiscono la fascia occidentale del territorio nell'area tra Cavo Bondeno – Strada della Vittoria ed il confine con il Comune di Cadelbosco di Sopra e formano la zona nord occidentale e settentrionale circa comprese tra Canale della Minara e la sP 81 S. Bernardino e tra La Riviera ed il Canale Bruciati – Collettore Acque Basse Reggiane (C.A.B.R.) e che si estende ad est di quest'ultimo sino al confine con Campagnola E.

Un altro ambito vallivo, di superficie relativa inferiore, si riscontra nel settore sud orientale del territorio tra San Giovanni della Fossa ed i confini con i Comuni di Campagnola Emilia - Correggio.

La fascia settentrionale di tali zone rappresenta aree di recente bonifica idraulica come testimoniano le aree umide visualizzate nelle cartografie I.G.M. I° Impianto, relative al 1884 – 1886 e del Ducato di Modena: Giuseppe Carandini 1821-1828.

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.

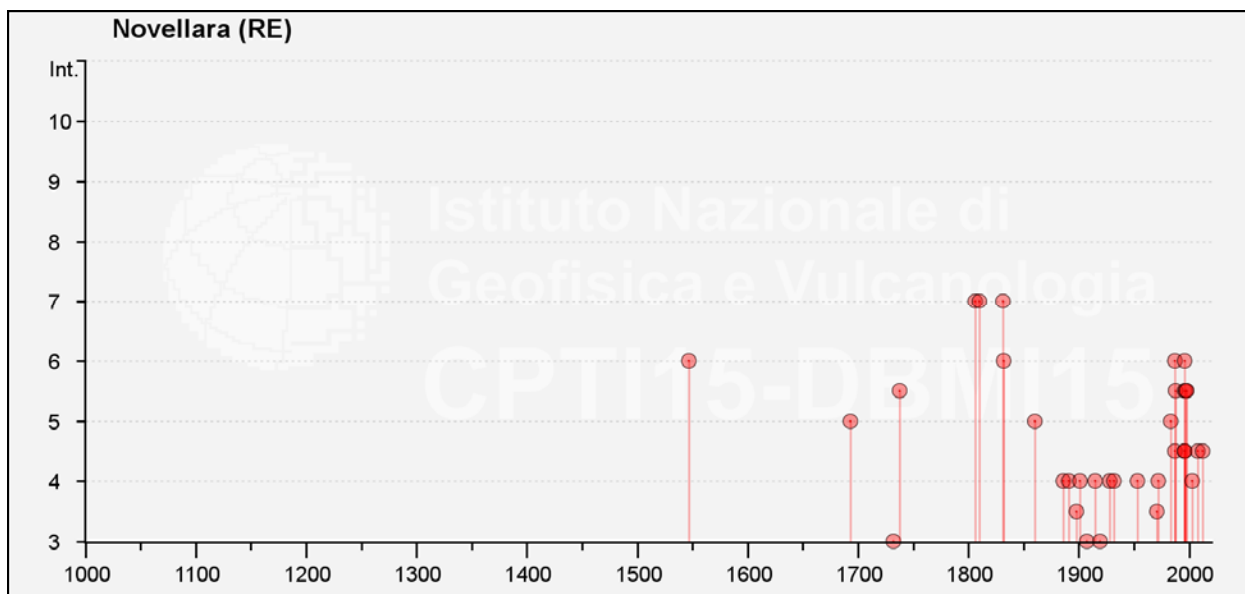
Nell'ambito territoriale al quale appartiene Novellara e zone ad essa adiacenti, il Database Macrosismico DBMI15 utilizzato per la compilazione del *Catalogo Parametrico CPTI15* (a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15*), documenta eventi sismici giungenti al 7°-8° grado della Scala Mercalli - Cancani – Sieberg, con magnitudo stimata variabile tra $M_w = 4,8 \div 5,1$, Correggio – Novellara – Bagnolo in Piano, Campegine, Castelnuovo di Sotto, $M_w=5,9$ 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 Novellara

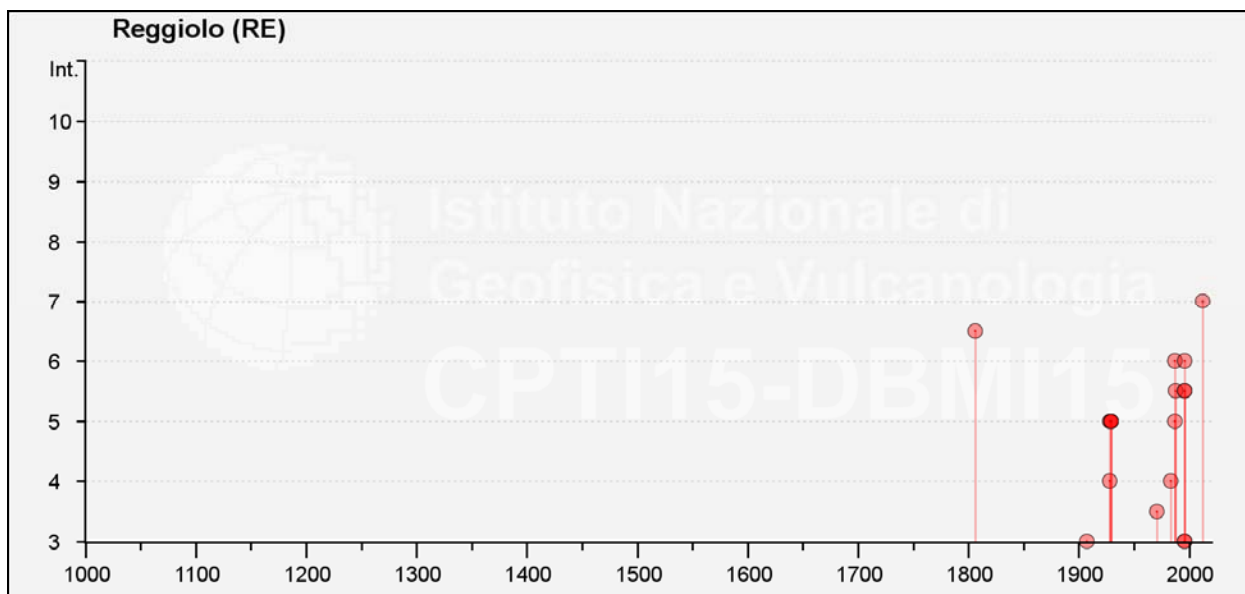
Numero di eventi: 43

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
7	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
6	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
6	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5-6	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7	5.10
5-6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5-6	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
5-6	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
5-6	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5	1693 07 06 09 15	Mantovano	13	7	5.23
5	1860 07 17 13 43 3	Reggiano	5	4-5	3.93
5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
4-5	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4-5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4-5	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4-5	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
4-5	2012 01 25 08 06 3	Pianura emiliana	25	5-6	4.98
4	1886 10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.70
4	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
4	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
4	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
4	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
4	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
4	1953 08 22 05 26	Reggiano	6	6	4.73
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
F	1570 11 17 19 10	Ferrarese	58	7-8	5.44
F	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
F	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3-4	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
3-4	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
3	1732 02 04 18 20	Parma	9	5-6	4.65
3	1907 04 25 04 52	Veronese	122	6	4.79
3	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10
NF	1937 09 17 12 19 0	Parmense	34	7	4.77
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



Storia sismica di Reggiolo
Numero di eventi: 24

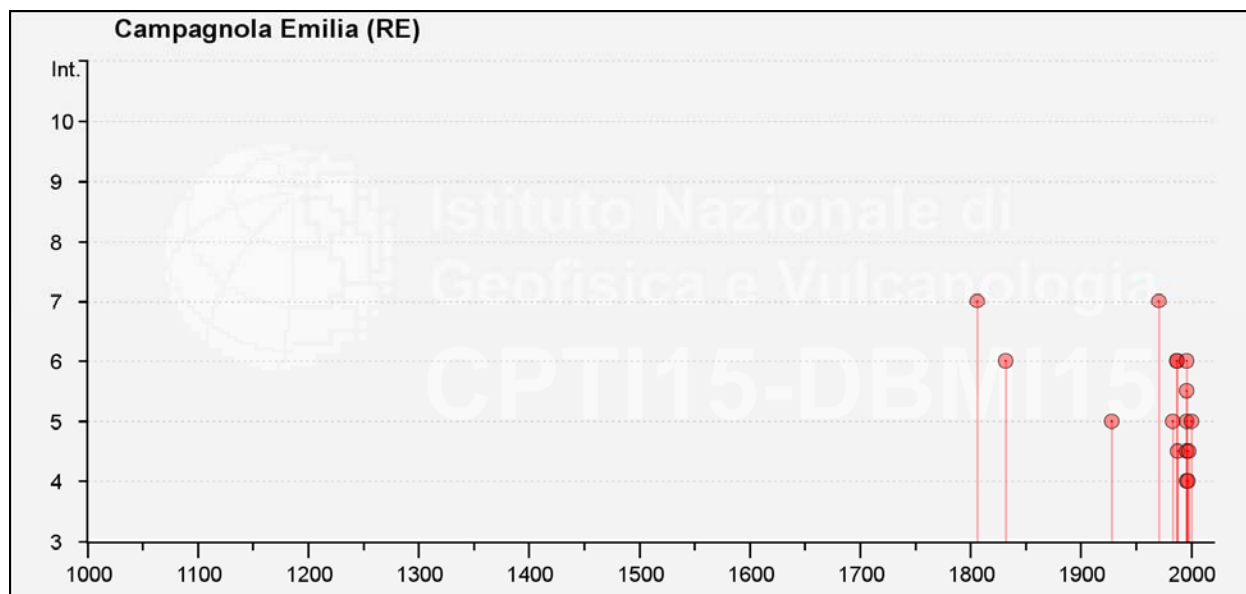
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
6-7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
5-6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano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



Storia sismica di Campagnola Emilia

Numero di eventi: 19

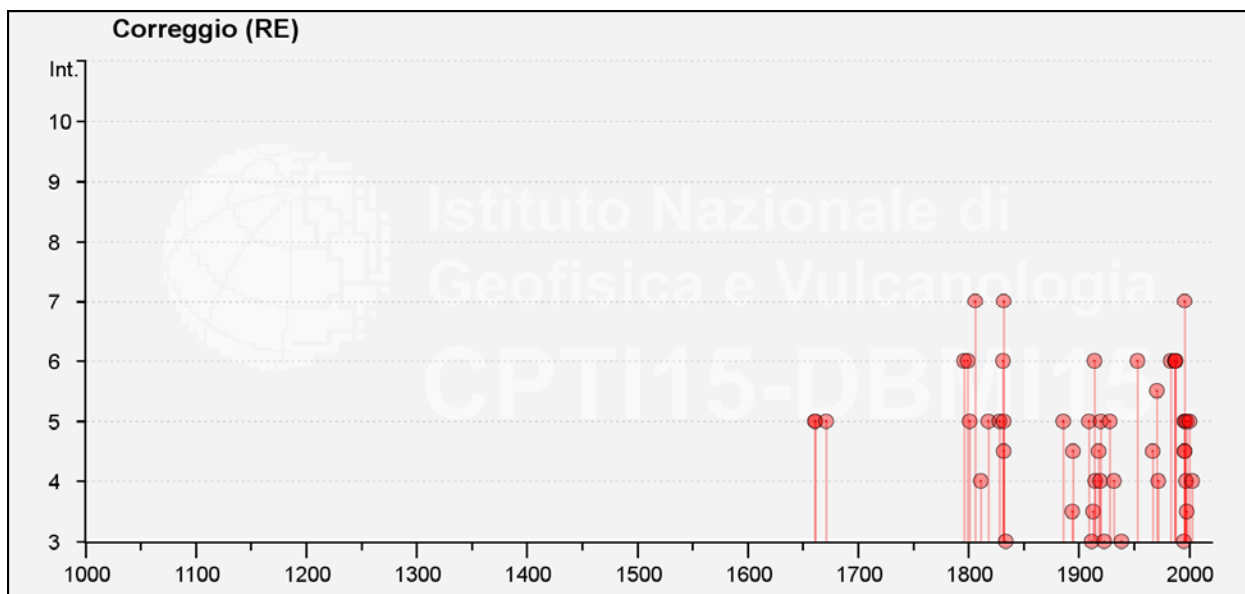
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
6	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5-6	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
5	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
5	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4-5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
4-5	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
4	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



Storia sismica di Correggio
Numero di eventi: 65

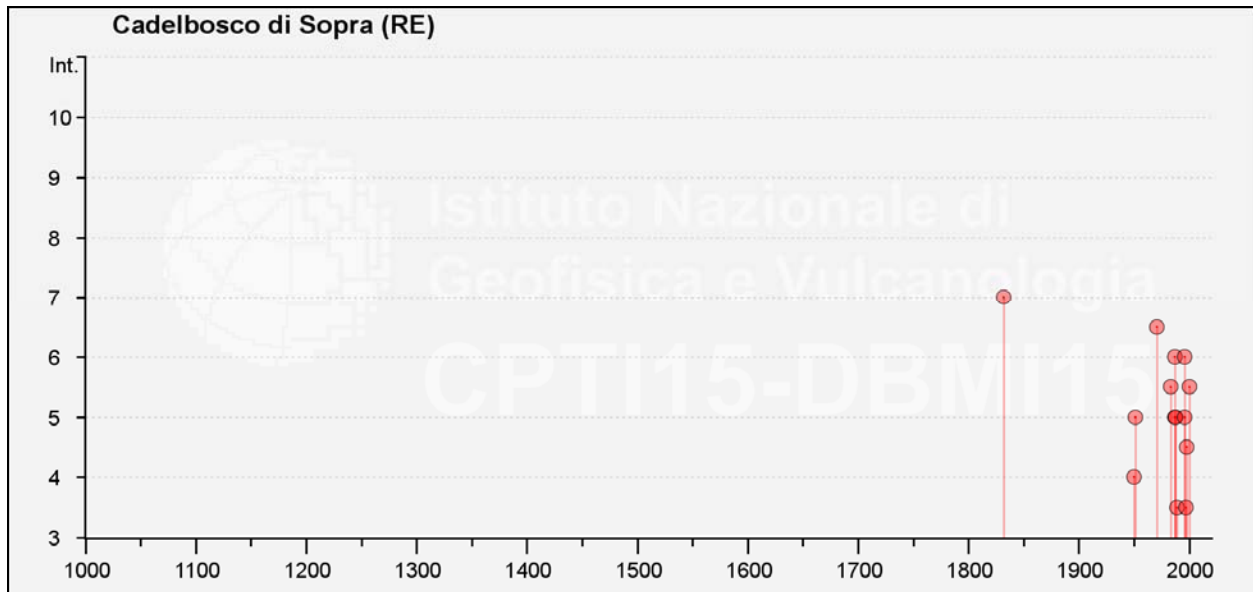
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
7	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
6	1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7	5.45
6	1799 02 22 05 45	Correggio	2	5	4.16
6	1831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

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



Storia sismica di Cadelbosco di Sopra
Numero di eventi: 20

Effetti	In occasione del terremoto del							
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw			
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51			
4	1950 05 06 03 43	Reggiano	4	4	4.41			
5	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17			
6-7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51			
5-6	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			
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71			
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57			
3-4	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04			
1-2	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82			
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38			
NF	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94			
NF	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63			
5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29			
3-4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68			
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93			
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40			
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23			
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 Novellara ed al suo intorno ha una discreta testimonianza ed estensione temporale (il primo evento documentato risale al 1796 per il comune di Correggio)
- il grado di sismicità è di tipo medio – medio elevato con intensità massime percepite equivalenti 7 grado MCS, corrispondente a magnitudo stimata in $M_w = 5.2 \div 5.4$
- le massime intensità sismiche sono state prodotte da eventi di elevata intensità sismica a piccola distanza e di tipo superficiale, mentre gli effetti di sismi ad elevata intensità e distanti contribuiscono in maniera meno rilevante
- Gli eventi sismici registrati nell'area reggiana, con maggior grado di documentazione e di affidabilità dal 1800 al 2012, relativi a sismi con intensità $I_0 = 6 - 7$, evidenziano periodi di crisi sismica di durata media di 10/15 anni che si verificano mediamente con intervalli temporali di 30 ÷ 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

Le documentazioni relative ai principali effetti conseguiti agli eventi sismici verificatesi in passato sono riconducibili ai terremoti del 1547-1806-1810-1831/32-1987-1996-1998-2012.

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

Gli effetti maggiori che hanno interessato il territorio di Novellara con intensità $I_0 = 7$ e magnitudo epicentrale stimata $M_{w_{es}} = 5,06 \div 5,51$, sono conseguiti agli eventi del 02/1806 – 12/1810 – 9/1831 e 3/1832 ($I_0 = 6$), con epicentri rispettivamente a: San Bernardino, tra San Bernardino e Villarotta, tra Cella e Campegine, tra Calerno e Caprara.

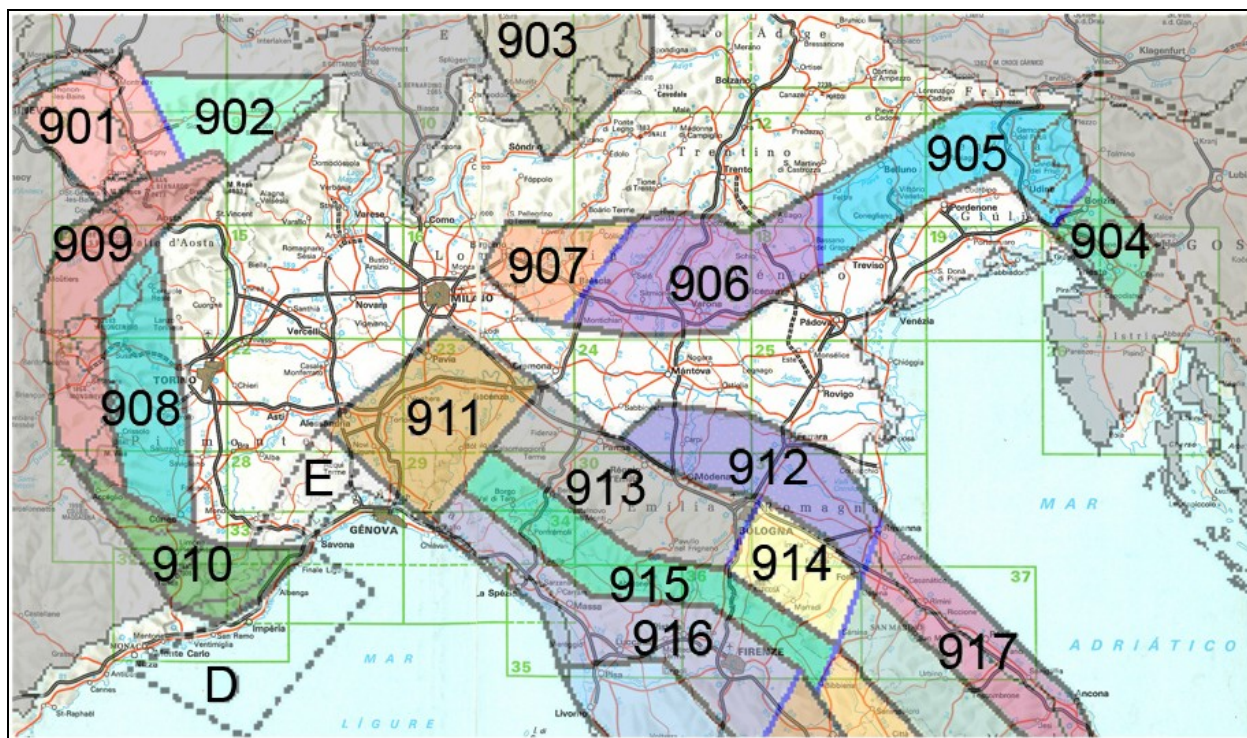
Risentimenti con $I_0 = 6$ ed $M_{w_{es}} = 5,1 \div 4,71$ sono attribuite al terremoto del 02/1547 con epicentro in Reggio Emilia centro storico ed a quello del 05/1987 con epicentro in San Giovanni della Fossa; quest'ultimo si è originato a $-5 \div -0,1$ km di profondità.

Gli effetti conseguiti al sisma del 1996, con epicentro in prossimità di San Tommaso della Fossa ed ipocentro a $-5 \div -0,3$ km, hanno causato gravi danni ai fabbricati del capoluogo con caduta di comignoli, tegole ed assenza di crolli o parziali crolli di fabbricati nei quali si sono generati quadri fessurati che hanno reso temporaneamente inagibili numerosi edifici; analoghi effetti hanno coinvolto la chiesa parrocchiale di San Bernardino ed altri fabbricati e manufatti nel territorio rovese e principali frazioni; gli effetti conseguiti a tale evento nel territorio di Novellara hanno indotto risentimenti con $I_0 = 6/7$.

I terremoti del maggio/giugno 2012, di seguito descritti con maggior dettaglio, con epicentri in Medolla – Cavezzo – Concordia sulla Secchia con $M_w = 5,9 - 5,8 - 5,1$ e sorgenti a $-8,07/-4,3/-8,66$ km dal piano campagna, nel territorio di Novellara hanno indotto effetti $I_0 = 5$, ai quali sono conseguite inagibilità per 15 fabbricati e per la chiesa di San Bernardino, temporanea inagibilità per lesionamenti in 12 fabbricati e parziale inagibilità il 6 edifici; nel capoluogo analoghi effetti hanno coinvolto le zone extraurbane nelle quali i danni sono insorti in edifici in muratura generalmente in condizioni statico strutturali carenti.

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 Novellara alla zona sismogenetica 912, ambito di dominio dell'Arco delle Pieghe Ferraresi. Tale zona è sita ad una distanza di circa 7 km dal bordo settentrionale della zona sismogenetica 913, costituita del dominio delle Pieghe Pedeappenniniche Emiliane e 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: $M_w = 4.7/5.0 \div 5.5 \div 5.9$, con tempi di ricorrenza dei periodi di crisi sismica di $10/20 \div 30$ anni.

Dalla documentazione della storia sismica sopra esposta si evince che il territorio di Novellara e le zone circostanti: Correggio, Campagnola Emilia, Reggiolo, Cadelbosco di Sopra, Guastalla, 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 monoclinale 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 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 Novellara alla zona 3 con grado di sismicità equivalente ai precedenti ambiti classificati S6, i valori delle accelerazioni orizzontali della griglia delle NTC 14/01/2008 sono congruenti con la sopra citata classificazione.

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

$$\text{Novellara } a_{\text{gref}} = 0,135 \text{ g}$$

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

$$\text{Novellara } a_g = 0,100 \div 0,150 \text{ g}$$

Tali valori a scala territoriale diminuiscono da sud est a nord ovest.

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio emiliano il 20 e 29 maggio 2012 l'area di Novellara, Reggio Emilia, RE, ha risentito di effetti corrispondenti al V grado MCS, il territorio comunale è stato inserito nei comuni appartenenti al cratere sismico. (Fonte: "Rilievo Macrosismico MCS Speditivo" – Rapporto Finale – Protezione Civile – Giugno 2012).

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

Area Novellara, capoluogo

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,051	3,0	0,127	0,031	0,008
29-05-2012 – 5.8	0,058	3,2	0,178	0,039	0,007
29-05-2012 – 5.3	0,044	4,3	0,110	0,033	0,007
03-06-2012 – 5.1	0,041	2,9	0,079	0,012	0,003

Area Novellara sud – Zona Industriale Motta

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	0,046	3,0	0,110	0,031	0,007
29-05-2012 – 5.8	0,053	3,2	0,154	0,036	0,007
29-05-2012 – 5.3	0,038	3,3	0,088	0,023	0,005
03-06-2012 – 5.1	0,026	1,6	0,051	0,011	0,002

Area Santa Maria – San Giovanni della Fossa

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,044	2,9	0,104	0,030	0,007
29-05-2012 – 5.8	0,050	3,3	0,144	0,036	0,007
29-05-2012 – 5.3	0,034	3,0	0,080	0,021	0,004
03-06-2012 – 5.1	0,023	1,4	0,046	0,010	0,002

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

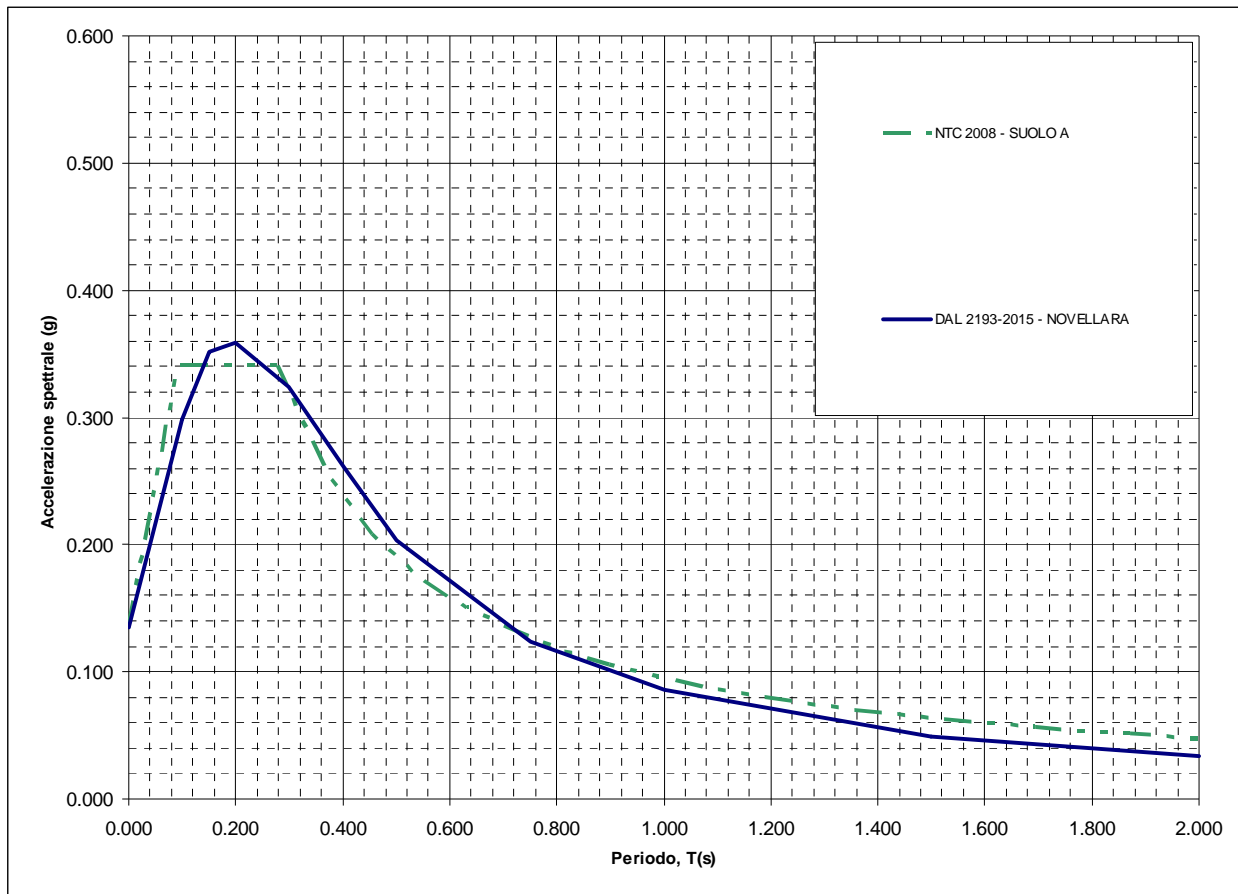
I valori di PGA-PSA degli eventi sopra elencati sono inferiori a quelli di progetto della griglia INGV (terreno cat. C – SLU-SLV) e delle tabelle A2.1.2 dell'allegato 2 DGR 2193/2015.

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

2.1 Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento

La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni, riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (*Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>*) varia nell'intervallo 0,100 ÷ 0,150g. 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” nella quale viene indicata una PGA corrispondente a 0,135 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 Novellara, 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 Novellara. Smorzamento pari al 5%. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera della giunta ER n° 2193-2015, 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 Novellara appartiene al bacino della Pianura Padana, estendentesi su una superficie di circa 46000 kmq, che costituisce la zona di saldatura tra Alpi ed Appennini ed è formata da un'ampia e profonda depressione nella quale si distinguono nettamente due complessi sedimentari. Di questi quello più recente, è suddiviso in due Supesintemi, il primo dei quali: Supersintema Emiliano Romagnolo, da oggi a 0,65 Ma¹, è rappresentato da depositi alluvionali prevalentemente costituiti da sabbie, ghiaie, argille e limi di piana e da sedimentazioni di delta conoide e marine marginali, formate da sabbie ed arenarie poco cementate alternate ad argille e limi e talora ad orizzonti conglomeratici. Detta litozona è seguita dalle successioni sabbiose, arenacee, marnoso argillose del Supersintema del Quaternario Marino da 0,65 a 0,9 Ma (*Pleistocene med.*) alle quali soggiacciono le sequenze cicliche sabbiose talora ghiaiose e limoso sabbioso argillose del *Pleistocene inf.* da 0,9 a 1.72 Ma. Tali sintemi coprono l'unità inferiore rappresentata dalle formazioni plioceniche – mioceniche – mesozoiche (da 1,8 a 24 – 247, Ma) costituite essenzialmente da depositi di ambiente marino sia costiero che di piattaforma e/o bacinale a faune pelagiche.

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

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

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

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

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

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

¹ Milioni di anni.

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

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

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

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

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

I conseguenti diversi spessori di materiale sedimentato sono stati oggetto di sensibile subsidenza. Detti abbassamenti, per processi di autoconsolidazione, non si sono verificati uniformemente ed hanno manifestato intensità maggiore nelle fasce centrali delle sinclinali e minore nelle zone prossime ai settori delle zone di asse di anticlinale, che hanno condizionato il grado di possibilità di consolidazione dei terreni. Questi assetti strutturali, in taluni casi ed in circoscritte aree, hanno indotto accentuazioni dei fenomeni subsidenti ai quali si è associato, localmente, lo svilupparsi di faglie distensive che non giungono in superficie e sono sigillate dall'Unità AES7.

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

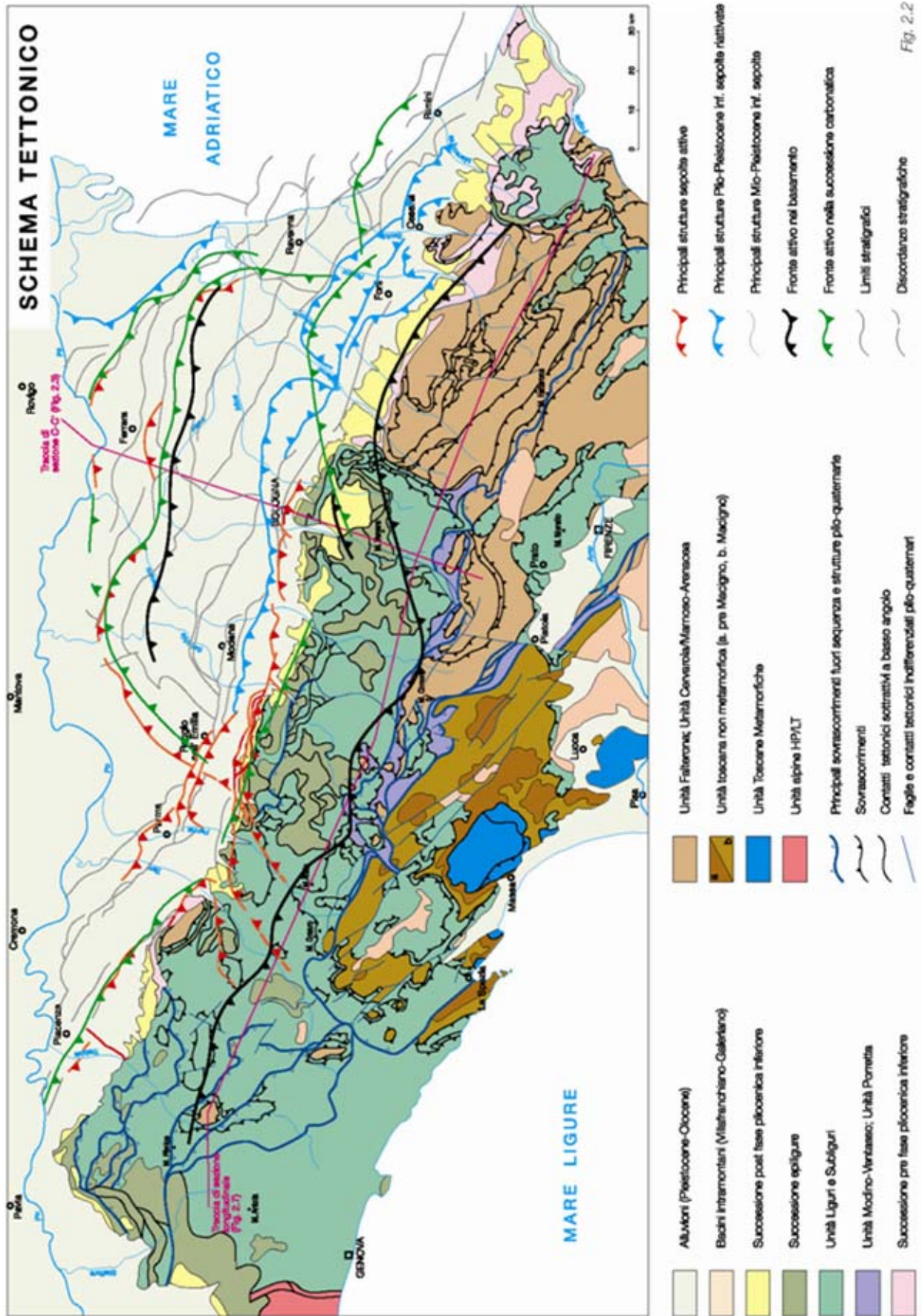
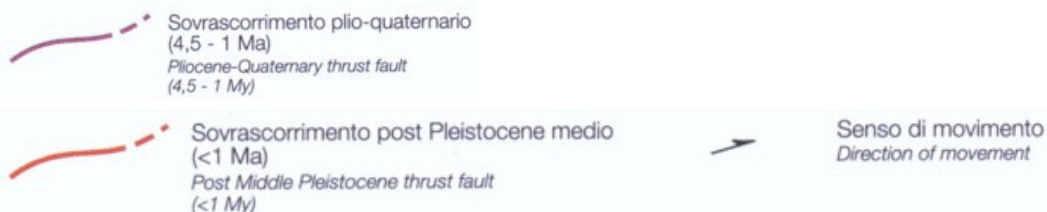
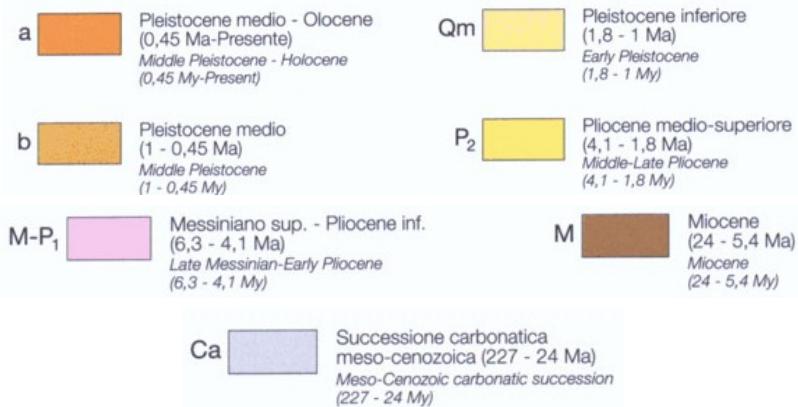
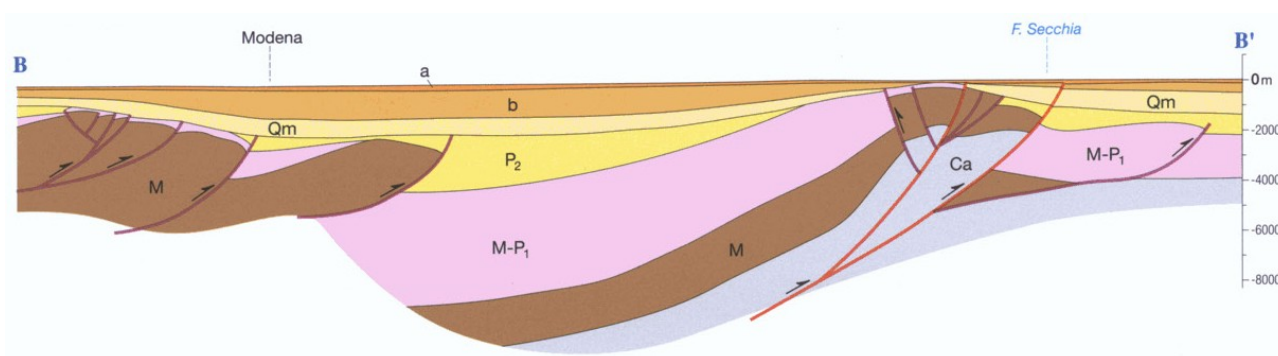
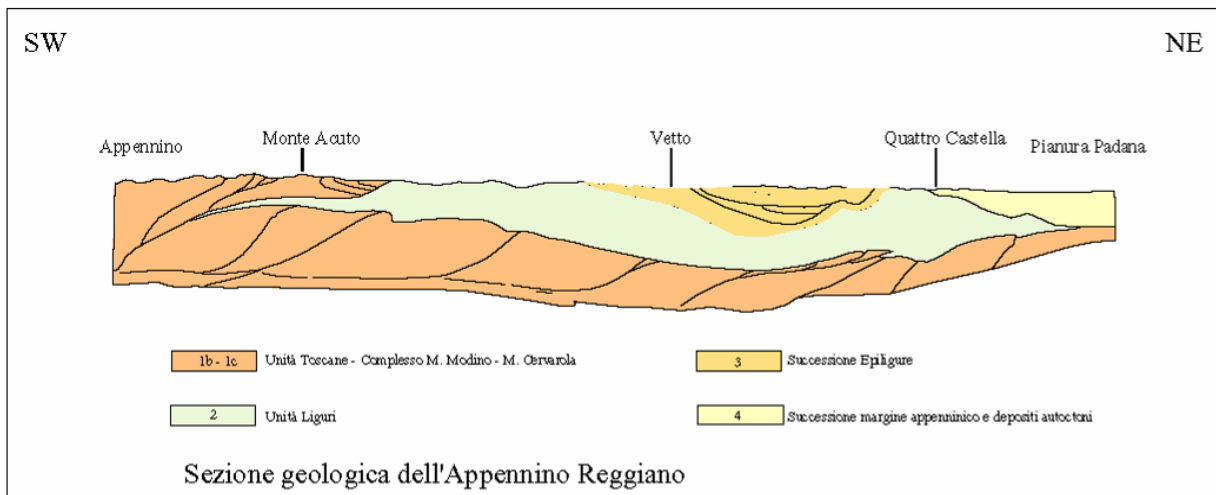
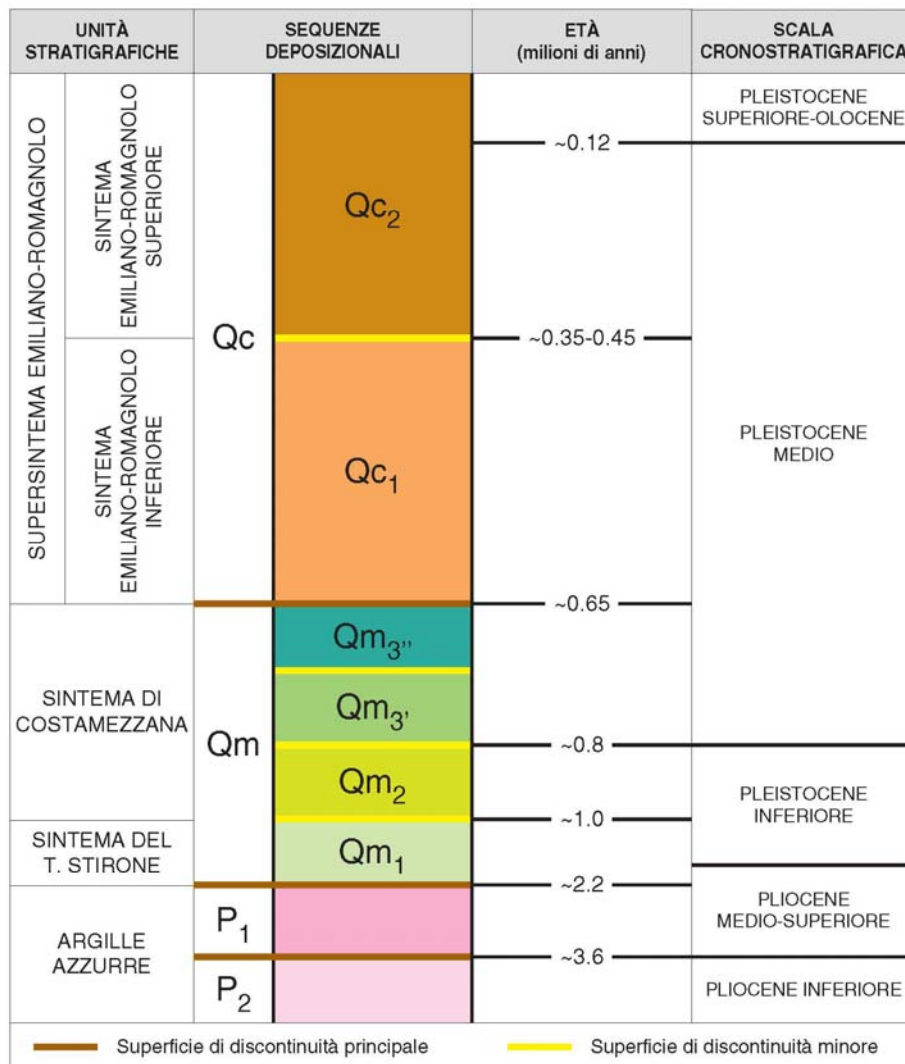


Fig. 2.2





	ANNI	PERIODI GEOLOGICI	PERIODI STORICI	CIVILTÀ E CULTURE	
CLOCENE	1.200 476	POSTGLACIALE	ALTO MEDIEVO	v. XII Età Carolingia (788-843) Età Bizantina-Longobarda (VI-VIII) Età Romano-Barbarica (V-VI)	
			ETÀ ROMANA	Impero (27...) Età Severiana Età Antoniniana Età Adrianea Età Traianea Età Augustea e Claudio	
	162		ETÀ DEL FERRO	Civiltà Etrusca (...-750) Villanoviana (...-550)	Civiltà Gallica (540-180)
			ETÀ DEL BRONZO	Protoilliriana (1.100-900) Culture delle terramare Culture adriatiche (1.450-1.100) Culture di Polada (1.750-1.450)	Cultura subappenninica (1.450-1.100)
	1.800		ENEOLITICO	Culture di Remedello (2.500-1.800) Culture del vaso campaniforme	
	2.800		NEOLITICO	Culture della Leggese (3.000-2.500) Culture del vaso a bocca ansata (3.000-3.500) Culture di Fiorano (...-4.500 ?)	
	5.200		EPIPALEOLITICO	a Mesolitico (industria microlitica)	
	6.200 11.200 14.000		TARDOLACIALE	IV III II I	PALEOLITICO SUPERIORE (?) Madrileniano (18.000-9.500) Sulmonese (18.000-17.500) Pergandiano (12.500-10.000) Aurignaciano (32.000-20.000)
	30.000		PALEOLITICO MEDIO	II I	Madrileniano Acheuleano finale
	75.000		INTERGLACIALE	III II I	Acheuleano superiore (300.000-100.000) Prelovaldiano
120.000	INTERGLACIALE	III II I	Acheuleano medio (400.000-300.000) Clactoniano		
200.000	INTERGLACIALE	III II I	Acheuleano antico (700.000-400.000) Abbevilliano Industria su scheggia senza microliti		
300.000	INTERGLACIALE	III II I			
400.000	INTERGLACIALE	III II I			
500.000	INTERGLACIALE	III II I			
700.000	GUINZ				
				Pebble Culture	

Da: AA.VV. Prov. RE, 1989

SCALA GEO-CRONOMETRICA IN MA		SCALA CRONOSTRATIGRAFICA	
EPOCHES		STANDARD AGE	
0			
5		PLEISTOCENE	1.7 CALABRIANO
5		Pliocene	2.8 PIACENZIANO
5			4.2 TABIANIANO
5			5.2 MESSINIANO
5			6.6
10		SUPERIORE	TORTONIANO
15		MIOCENE	
15		MEDIO	11.5 SERRAVALLIANO
15			15.5 LANGHIANO
15			16.5
20		INFERIORE	BURDIGALIANO
25			22.5 AQUITANIANO
25			24
30		SUPERIORE	CATTIANO
35		INFERIORE	RUPELIANO
40		SUPERIORE	PRIABONIANO
45		MEDIO	40 BARTONIANO
45			44
50		INFERIORE	49 LUTEZIANO
55			53.5 YPRESIANO
60		SUPERIORE	THANETIANO
65		INFERIORE	60 DANIANO
65			65

DATAZIONI IN Ma	UNITA' DELLA SCALA STANDARD				ALTRE UNITA'	UNITE LOCALI E NOMI ABBANDONATI		
	EON	PERIODO	EPOCHES	ETA				
							SISTEMI	SERIE
1.8	CENOTERZIALE	QUATERNARIO	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO	IRECENESE		
5			PLEISTOCENE	TIRRENIANO	MILAZZIANO	CROTONIANO		
5				SICILIANO	EMILIANO			
5		PLIOCENE	PIACENZIANO	ZANCLEANO	SANTERAMO	VILLAFRANCHIANO	ASTIGIANO	
5			MESSINIANO	TORTONIANO	PONTICO	PANNONICO	TABIANIANO	
5		MIOCENE	SERRAVALLIANO	LANGHIANO			ANDALUSIANO	
5			BURDIGALIANO	AQUITANIANO			TELVEZIANO	
5			OLIGOCENE	CATTIANO	RUPELIANO	LATORFIANO		TORGRIANO
5		PALEOGENE	EOCENE	PRIABONIANO			LUZIANO	
5				LUTEZIANO	YPRESIANO	BIARRIZIANO		BARTONIANO
5			PALEOCENE	THANETIANO		KULISIANO	SARMAZIANO	LEZIANO
5		PALEOGENE	PALEOCENE	MONTIANO	DANIANO			ESPARNACIANO
5					MAASTRICHTIANO			
5		MESOZOICO	CRETACICO	superiore	SENONIANO			
5					CAMPANIANO	SANTONIANO		
5				CONIACIANO	TURONIANO			
5				CEMOMANIANO	ALBIANO			
5			inferiore	APTIANO	BARREMIANO			
5				HAUTERIVIANO	VALANGINIANO			WALDIANO
5			NEOCOMIANO	BERRIASIANO				
5				PORTLANDIANO				
5	GIURASSICO		MALM	KIMMERIDGIANO	OXFORDIANO			
5					CALLOVIANO	BATHONIANO		
5				DOGGER	BAJOCIANO	AALENIANO		
5	TRIASSICO		superiore	LIAS	TORCIANO			
5					PLIENS-BACHIANO	SINE-MURIANO		
5				RETICO	NORICO			
5			medio	CARNICO	LADINICO			
5	TRIASSICO	inferiore	ANISICO					
5				SCITICO	TATARIANO			
5			superiore	KAZANIANO				
5	PERMIANO	inferiore	KUNGURIANO	ARTINSKIANO				
5				SAKMARIANO	ORENBURGIANO			
5	CARBONIFERO	SILESIANO	GZELIANO	MOSCOWIANO				
5				BASHKIRIANO	SERPUKHOVIANO			
5			DINANTIANO	VISEANO	TOURNAISIANO			
5	DEVONIANO	superiore	FAMENNANO	FRASNIANO				
5				GIVETIANO	EIFELIANO			
5			medio	EMSANO	SIEGENIANO			
5	DEVONIANO	inferiore	GEDINIANO	PRIDOLIANO				
5				LUDLOVIANO	WENLOCKIANO			
5	SILURIANO	superiore	LLANDOVERIANO	VALENTIANO				
5				ASHGILLIANO	CARADOCIANO			
5	SILURIANO	inferiore	LLANDELIANO	LLANVIRNIANO				
5				ARENIGIANO	SKIDDAVIANO			
5	SILURIANO	superiore	TREMADOCIANO					
5				superiore				
5	CAMBRIANO	inferiore						
5								

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 nell'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 – 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 - Novellara – 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 e Rolo pare imputabile ad alcune faglie trasversali, trascorrenti, a direttrice circa nord ovest-sud est.

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

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

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

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

Lo spessore della successione mesozoica, che nel settore di "Bagnolo in Piano" è caratterizzata dall'omonima piattaforma carbonatica, presente circa tra 4500 e >5730 m,

conferisce un incremento relativo della rigidità della sequenza formante i primi 10 - 12 Km del sottosuolo tutt'altro che trascurabile come indicano gli ipocentri a -5/-5,3 km dei sismi del 1987-1996. Detti elementi, unitamente all'esistenza della linea tettonica denominata *Emilian fault* (A. Bosellini; 1981), determinano condizioni d'insieme significativamente influenti sul tipo di attività sismica dell'area pianiziale Reggiano - Parmense.

Nell'ambito di quanto esposto è inoltre determinante la presenza delle faglie che delimitano le ali occidentali ed orientali della Dorsale Ferrarese e quella del Fronte di Accavallamento della successione carbonatica meso-cenozoica rinvenibili a profondità di 8/9 ÷ 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 - Novellara - Fabbrico.

Il bordo dell'ala occidentale della Dorsale Ferrarese interna, corrispondente alla linea di sovrascorrimento che la mette a contatto con la monoclinale alpina, presenta direzione sud ovest - nord est e si estende circa secondo l'allineamento Fabbrico - Novellara - Cadelbosco di Sotto e di Sopra. A dette linee tettoniche regionali si associano fasce di fratturazione a direttrice sia appenninica che antiappenninica, come denotano le zone di frattura individuate a profondità di 1000 - 1200 m dal piano campagna nel campo pozzi AGIP di Correggio: zona S. Michele - S. Giovanni della Fossa (AGIP, 1952, Campo di Correggio). In tale area si evidenzia una fascia a direttrice sud ovest - nord est, 4/5 km ad occidente del suddetto capoluogo, che circa tra Fosdondo e S. Michele della Fossa interseca un'altra zona di frattura orientata est sud est - ovest nord ovest che con tutta probabilità, in rapporto all'assetto delle isobate del tetto del *Pleistocene superiore*, si estende anche in direzione sud est assecondando l'andamento di via Fosdondo sino all'omonima frazione. Nel settore occidentale, ad ovest di S. Michele della Fossa, detta fascia si associa ad una zona di intensa fratturazione che si sviluppa in senso sud ovest - nord nord est circa secondo l'allineamento Bagnolo in Piano - Santa Maria.

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

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

La base del Pliocene (M. Pieri, G. Groppi; AGIP, 1981 - RER, AA.VV, 2002) nel sottosuolo del territorio al quale appartiene il comune di Novellara è generalmente rinvenibile tra -2,5/-3,5 km dal piano campagna nel settore orientale - sud orientale e si approfondisce a -6/-7 km nelle zone occidentali e settentrionali in direzione dei confini comunali con Cadelbosco di Sopra - Guastalla - Reggiolo. Il primo di tali assetti caratterizza la fascia occidentale dell'asse della Dorsale Ferrarese, mentre la parte occidentale e settentrionale è contraddistinta dagli sovrascorrimenti dell'ala settentrionale occidentale di detta Dorsale che giustappungono la stessa alla monoclinale alpina con notevole approfondimento della base del *Pliocene* (-6/-7 km pc).

La sopracitata linea di sovrascorrimento, che delimita l'ala occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese, si estende in direzione nord est- sud ovest da Novi di MO a Fabbrico -

Bagnolo in Piano – Reggio Emilia dove si collega, mediante una ripida monoclinale, alla struttura di Reggio Emilia – Bologna, appartenente alla “Regione Delle Pieghe Pedeappenniniche”. Nelle zone ad ovest di Cadelbosco di Sopra – Novellara la sopracitata Dorsale è sostituita dalla monoclinale alpina.

3.2 Attività tettonica

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

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

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

Le fasi tettoniche più recenti, che denotano l'attività delle strutture nel *Pleistocene superiore* – *Olocene* sono testimoniate da dislocazioni e basculamenti che interessano le conoidi alluvionali, piegamenti che coinvolgono i depositi mindelliani e rissiani al piede dei colli (anticlinali del Ghiardo, Montecchio, Monticelli), dalle discontinuità individuate nei profili sismici che, in particolare, evidenziano l'attività degli sovrascorrimenti sepolti delle Pieghe Ferraresi, messi in risalto dalle geometrie arcuate della base delle unità alluvionali AEI ed AES (0.4 ÷ 0.65 Ma²).

Le variazioni delle condizioni degli ambienti sedimentari nel tardo *Pleistocene* sarebbero confermate dalla ridotta profondità della base dell'*Olocene* (10.000/12.000 anni) che ad occidente di Reggio Emilia corrisponde circa a 10 ÷ 15 m ed aumenta in direzione orientale, attestandosi a 15 ÷ 20 m nelle zone a settentrione di Reggio Emilia e Modena, ad eccezione di Novi MO – Mirandola dove si riscontra a -15 m pc, e tende ad approfondirsi ulteriormente procedendo verso est attestandosi a -25 m dal piano campagna con l'approssimarsi al bolognese.

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

² Ma = Milioni di anni

L'assetto delle strutture profonde visualizzato nella *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (M. Boccaletti – L. Martelli; 2004) indica attività della linea di sovrascorrimento, al bordo occidentale della Dorsale Ferrarese, orientata sud ovest – nord est circa da Cadelbosco di Sopra – Cadelbosco di Sotto – Novellara ovest – Fabbrico, e dei Fronti di Accavallamento della successione 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 – Novellara – Fabbrico – Rolo – Concordia sS.

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

Ulteriori fasce di deformazione attiva sepolte che influiscono sull'attività sismica del territorio in oggetto sono rappresentate delle linee di sovrascorrimento pedeappenniniche 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 detti fattori trovano riscontro nei minori tassi di abbassamento nella prevalente parte del territorio generalmente <1 cm anno, rispetto alle fasce a meridione e ad oriente: Bagnolo in Piano – Correggio – Carpi – Ravarino: 1.5/2 cm anno.

La distribuzione degli ipocentri focali, generalmente con profondità tra -5 e -10 km pc, denota che il territorio in oggetto è interessato principalmente da un'attività sismogenetica, correlata a faglie compressive e trascorrenti, di tipo superficiale: primi 15 km del sottosuolo, connessa agli stress tettonici che si accumulano nella parte medio basale della successione carbonatica e nella fascia di sovrascorrimento del Basamento; la diffusione dei fuochi che si generano tra - 15 e - 35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

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

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

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

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

$$\text{Novellara } a_g = 0,100 \div 0,150 \text{ g}$$

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

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

$$\alpha_{\text{ref}} = 0,135 \text{ g}$$

3.3 Subsidenza

I fenomeni subsidenti nel territorio di Novellara 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 agli spessori dei depositi continentali (AES) ed 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 5/10 mm/anno nella prevalente parte del territorio e che tendenzialmente si accentuano a 10/15 mm/anno nella fascia al bordo meridionale (ARPA.RER; www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp?Id20512 divello = 1423).

Le sezioni idrogeologico strutturali mostrano 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, nella zona settentrionale – settentrionale occidentale sono caratterizzate nei primi 80/90 m nel sottosuolo della presenza di orizzonti sabbiosi con spessori di 10/20/30 m in frequenza percentuale (35/45%) di poco inferiore a quella di litozone argillose. Queste ultime divergono nettamente prevalenti nelle zone centro meridionali.

Dette caratteristiche assecondano l'andamento della fascia dell'asse della Dorsale Ferrarese che nel sottosuolo del settore centro orientale si attesta a profondità relative inferiori (-3,5/-3 m pc) rispetto alle zone occidentali (-6/-7 km).

La parte medio sommitale delle successive unità (AES6) denota un tendenziale assetto simile con diminuzione degli spessori dei corpi sabbiosi in direzione sud occidentale – occidentale ma con percentuali rappresentate di dette litozone praticamente equivalenti a quelle argillose.

La parte medio basale del sintema AES (AES 5 - 4) evidenzia un deciso incremento della presenza delle litozone argillose ed una maggior influenza dei processi tettonici che hanno interessato il bacino padano tra 0.22 e 0.4/0.45 Ma bp. La base dell'AES si riscontra a diverse

profondità tra i settori centrali – centro occidentali, ai quali appartengono Correggio, Campagnola Emilia, Rio Saliceto, e quelli occidentali – nord occidentali, zone ovest di Novellara, di Bagnolo in Piano – Cadelbosco di Sopra; nei primi è rinvenibile tra -190/-210 m pc e si approfondisce sia in direzione occidentale meridionale che settentrionale (Bagnolo in Piano - Cadelbosco di Sopra – Guastalla) a -230/-260 m pc.

Analoghe condizioni si osservano nelle zone orientali del territorio in esame, est dei confini comunali di Correggio – S. Martino in Rio, Rio Saliceto, nelle quali la base dell'AES si riscontra tra -200/-220 e -250 m pc con approfondimento in verso meridionale – orientale meridionale.

In tale parte del territorio, fascia ad oriente di Correggio – Rio Saliceto, procedendo in direzione settentrionale la base dell'AES si approssima progressivamente al piano campagna attestandosi a -70/-90 m pc nelle aree di Rolo – Novi MO. A detto innalzamento si associa la presenza di una discontinuità della profondità tra le zone orientali e quelle occidentali; nelle prime, aree del carpigiano, la base AES si riscontra a -120/-160 m pc, nelle seconde, territori di Rio Saliceto – Correggio, a -170/-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 di 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.

Simili caratteristiche di variazione di spessori ad assetto geometrico evidenzia la base delle unità del Sintema Alluvionale Inferiore: AEI (400.000 ÷ 650.000/800.000 anni b.p.) sul quale hanno influito sia i cambiamenti climatici che i movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano in detto periodo. La base di tale sintema nei settori occidentali - occidentali settentrionali: Bagnolo in Piano – Cadelbosco di Sopra – Guastalla, è rinvenibile a -320/-340 ÷ -400 m pc con incremento della profondità sia in direzione nord che ovest; nelle zone centrali: Correggio – Campagnola Emilia – Rio Saliceto si riscontra a -260/-280 m pc; nelle aree orientali: carpigiano a -180/-200 ÷ -220/-250 m pc, con approfondimento in direzione est.

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

Oltre alle sopradescritte valutazioni di tipo naturale, sono documentati nel territorio di Novellara, dalle rilevazioni della rete regionale di monitoraggio della subsidenza di ARPA.ER. relative al periodo 1992 – 2011, isocinetiche di abbassamento di 5/15 mm/anno con tendenziale incremento dei valori nella fascia meridionale.

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

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

3.4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

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

Detta disamina si è redatta mediante un'analisi delle caratteristiche topografiche del microrilievo, fotogeolitologiche, del reticolo idrografico superficiale, degli interventi antropici, delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche statiche, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM relative al primo impianto 1884, mappe C. Carandini 1821-1828 e delle notizie e pubblicazioni storico - geomorfologiche.

L'analisi fotogeologica è stata eseguita in base ai fotogrammi PROV. RE/C, in scala approssimata 1:24.000, voli aprile 1989, fotogrammi IGM/BN in scala 1:35.000 voli 1955, riprese consultabili in rete: Google Earth – MOKA RER; l'esame topografico sulle basi cartografiche C.T.R. E.R. in scala 1:5.000 - 1:10.000.

3.5 Caratteri Geomorfologici

Il territorio in oggetto appartiene alla fascia della Media Pianura Padana e della Bassa Pianura Padana Appenninica costituitasi tra l'area dei coni alluvionali pedeappenninici e la zona di dominio del Po. Detto settore planiziale, nella parte meridionale dell'area comunale, circa delimitata a nord dall'allineamento incrocio sP63/sP68 – via San Michele/via Della Vittoria – via San Bernardino/via Nuova (in comune di Campagnola E.), è caratterizzato nel sottosuolo da sequenze di spessi orizzonti prevalentemente argillosi – argilloso limosi, ai quali si intercalano subordinate sequenze di strati sabbiosi generalmente di modesto spessore.

D'altra parte nelle zone a settentrione di detto allineamento il territorio è contraddistinto dall'incremento in alternanze di unità prevalentemente sabbiose che costituiscono spessi orizzonti che nell'insieme dei primi 100 ÷ 150 m del sottosuolo, risultando presenti in percentuali quasi equivalente alle unità argillose. Queste ultime comunque tendono ad essere più rappresentate con l'incremento della profondità.

I corsi d'acqua negli ambienti di pianura svolgono prevalentemente un'azione sedimentante. Ne consegue che un fiume in tali condizioni è libero di espandere le proprie acque sulle aree ad esso circostanti in occasione delle piene.

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

Ne consegue che le unità litologiche superficiali costituite dalle componenti sabbiose, sono correlate a tratti di corpo fluviale, mentre le aree costituite da litotipi argilloso limosi individuano settori, a sedimentazione lenta, concordanti con ambienti palustri.

I corsi d'acqua naturali, una volta raggiunto un determinato livello sui terreni a loro circostanti, in occasione di variazioni climatiche con forti aumenti delle piovosità, esondano mutando il loro corso colmando le aree più depresse comprese fra gli alvei.

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

Dette caratteristiche evolutive concordano con le emergenze morfologiche presenti nel territorio comunale di Novellara.

Infatti si rileva una conformazione pianeggiante con ondulazioni ad ampio raggio prevalentemente allungate in senso sud ovest – nord est che caratterizzano l'area comunale con dossi tra i quali quello più evidente si estende sub parallelamente alla sP3 Reggio Emilia – Novellara dal confine con Bagnolo in Piano al capoluogo. All'altezza di quest'ultimo, detta struttura è affianca tra un altro dosso che si allunga in verso settentrionale assecondando la sP5.

Oltre ai sopracitati tracciati sono presenti dossi meno pronunciati che hanno influito sensibilmente sull'evoluzione del territorio quale quello orientato ovest est che si estende da Rio Saliceto a Osteriola – Cognento – Via Arginone ed in corrispondenza di quest'ultima flette in direzione nord assecondando Strada Borgazzo sino al settore meridionale del capoluogo. Detta morfostruttura unitamente a corpi di canale fluviale estinto allungato secondo la sP n°3 ha ostacolato le possibilità dei deflussi in verso settentrionale inducendo l'instaurarsi degli ambienti palustri che hanno arginato l'area valliva tra sP 3 – Via Cognento – Via Frassinara.

Un'analoga azione che ha condizionato l'evoluzione del territorio ad ovest del sopracitato dosso esteso concordemente alla sP 3, è stata esercitata dal copro di canale fluviale estinto esteso secondo la sP 65 – via Ponte Forca, attribuibile ad un antico percorso del T. Modolena, che unitamente al ramo fluviale estinto del F.Po, allungato concordemente all'andamento di Via Cantone – via Tomarola – Via Gazzine, ha generato l'ampia area valliva che si estende dalla sP40 nella fascia occidentale di Bagnolo in Piano, alla sP 81 ed a settentrione di quest'ultima si allunga in direzione ovest – est sino al Canale della Dogana.

I tratti di antico canale fluviale estinto orientati sud ovest – nord est che transitano nel territorio di Novellara sono attribuibili al Crostolo.

Le caratteristiche geomorfologiche principali dell'area comunale sono rappresentate dell'estesa area valliva tra Bagnolo in Piano ed il Cavo Parmigiana Moglia e dal tracciato di paleoalveo esteso concordemente alla sP 3 e di quello che asseconda l'andamento di Via Borgazzo – via Picenardi – via San Lodovico.

La prima di dette zone, che costituisce la fascia occidentale del territorio comunale, si estende in direzione sud nord con inizio in Comune di Bagnolo In Piano e si estende sino all'Allacciante Cartoccio dove flette in senso sud ovest – nord est, allungandosi sino al Cavo Parmigiana Moglia ed anche oltre lo stesso, assecondando l'andamento della sP 81 San Bernardino.

L'esistenza in tempi recenti dell'attività degli ambiti vallivi pianiziale, è comprovato dalle cartografie IGM di Primo Impianto che denotano zone con presenza di acque stagnanti nel 1884 – 1886. Analogamente, documentazioni storiche fotografiche evidenziano l'esistenza di ambienti palustri almeno sino al 1920 nelle zone settentrionali dell'area comunale.

Quanto esposto trova riscontro nell'assetto litostratigrafico locale che denota la presenza praticamente esclusiva di litotipi argillosi nei primi 10 ÷ 12 ÷ 14 m dal piano campagna per tutta la parte di territorio ad ovest della sP n° 3 Reggio – Novellara, concordanti con la passata presenza di un bacino palustre discretamente profondo.

3.6 Assetto strutturale depositi del quaternario continentale

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

3.6.1 Subsistema AES8

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

3.6.2 Subsistema AES7

Simili caratteristiche evidenziano le sequenze del ciclo deposizionale A1 (12/14000 ÷ 125000 bp) con spessori di 50/60 m nelle zone centrali (Correggio – Rio Saliceto – Campagnola Emilia – S. Giovanni) e che si riducono ulteriormente 40/50 m nei settori nord orientali Novi MO – Carpi nord, dette potenze aumentano a 60/70 m in direzione ovest nord.

Generalmente tale unità non presenta significative deformazioni; queste ultime si manifestano blandamente alla base della successione ed indicano una modesta accentuazione nei settori nord orientali prossimi alla culminazione assiale della Dorsale Ferrarese interna (Novi MO). Tali condizioni sono essenzialmente correlate a subsidenza differenziata per processi di auto consolidazione, legati ai diversi spessori delle unità deposizionali che diminuiscono sensibilmente in direzione nord est.

La base del subsistema si attesta a profondità di 70/80 m nelle zone centrali e di -50 m pc nei settori nord est, si approfondisce a -80/-90 m pc nelle aree occidentali e settentrionali.

3.6.3 Sintema AES

Con questa successione (125.000 – 350/450.000 anni bp) si delineano assetti deformativi correlati alle maggiori o minori distanze dalla fascia 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 minori spessori e 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 zona di asse della Dorsale Ferrarese e concordemente con il suo approfondimento in direzione sud ovest; gli spessori corrispondono mediamente a 130/150 -160 nelle zone nord ovest, -100/-130 m nei settori nord orientali; la base del sintema raggiunge profondità di -200/-220 m pc nelle zone occidentali e sud occidentali e nelle aree centrali, -230/-250 m pc nelle fasce occidentali e meridionali, -260 m pc nelle zone nord occidentali, -70/-120 m pc nei settori nord orientali.

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

In tale zona di asse gli spessori relativi e le profondità sono minori, rispettivamente 110/120 m e -180/-200 m pc e contestualmente evidenziano assetti orizzontali – sub orizzontali; la base di dette unità procedendo in direzione ovest sud evidenziano deformazioni che generano inclinazioni di 1° ÷ 1,5° 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, nelle 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°/2,5° a nord.

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

In dette aree gli spessori e profondità delle sequenze deposizionali diminuiscono sensibilmente e nella parte medio basale, profondità sottostanti -100/-140 m pc, i corpi sabbiosi sono discontinui e sfalsati in senso verticale. Tali discontinuità evidenziate in prospezioni geofisiche profonde (analisi *F.C. Molinari*) oltre alla parte basale di AES, risulta coinvolgono anche tutta la successione deposizionale sottostante AEI ed anche porzione del *Pliocene* inferiore sino ad almeno -2000/-2500 m dal piano campagna.

Dette condizioni, che innalzano la base di AES a -100/-140/-170 m pc e dell'AEI a -180/-200-250 m pc, in relazione al contesto strutturale nel sottosuolo del territorio a nord est di Correggio e ad est - nord est di Rio Saliceto, est di Fabbrico, sono correlabili a faglie distensive di "collasso crestale" (*F.C. Molinari*) e pare abbiano indotto rigetti stimabili in 40/50 m.

In rapporto ai cicli deposizionali interessati da dette faglie: parte medio basale di AES, (cicli A3 - A4) tali processi tettonici sono probabilmente correlabili alla fase di attività 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 70/60 m a sud e di 40 m a nord; i corpi sabbiosi di detta sequenza evidenziano geometrie con immersione di 0,8°/1,7° a sud e ad ovest.

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

3.6.4 Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI

Le sequenze del Sintema AEI, che costituiscono la parte più antica del Supersintema Emiliano - Romagnolo (400/450.000 ÷ 650/750.000 anni bp), sono contraddistinte da geometrie deposizionali deformate; queste ultime sono correlate sia dall'assetto del substrato pliocenico - pre pliocenico 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° ÷ 1,8° in direzione ovest e sud che si accentuano a 2,0° ÷ 2,5° nei settori nord ovest. Nei settori centrali dell'area in esame, Correggio - Novellara, 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°.

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

3.6.5 Sintema Quaternario Marino Superiore

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

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

3.7 IDROGEOLOGIA

3.7.1 Idrografia di superficie

La rete idrica superficiale è costituita dai cavi e canali delle 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 conseguito, oltre che alla naturale evoluzione dei torrenti Enza e Crostolo, Fiumi Secchia e Po, da una serie di successive modificazioni antropiche del sistema scolante iniziate dagli Etruschi e continuate, con fasi alterne, dai Romani, dai Benedettini e successivamente dagli Enti e Consorzi di Bonifica.

Il sommarsi di tali agenti ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti principali orientati prevalentemente in senso sud ovest - nord est quali i Cavi Bondeno e Linarola ad eccezione del Cavo Parmigiana Moglia e Cavo Acque Basse Reggiane con direzione ovest est.

Tale reticolo, oltre ai Cavi sopracitati è costituito dai cavi: Varana, Sissa, Fossetta Rami, Baciocca, Dugale della Vittoria, Dugale Reatino, Cavo Cardinone, Cavetto della Ronca,

Scaloppia Ponte Pietra, Scaloppia della Chiesa – Cavetti, Scaloppia Cornacchino, Fossa Confine, Scolo Riviera, Cavo Redefossi Bassi, Cavetto Bagna, Cavo Valletta, Cavo Bruciati, Dugale Giardino, Cavo Campagnola, tributari del Cavo Acque Basse Reggiane (C.A.B.R.).

I principali canali che solcano il territorio sono rappresentati dal Canale di Reggio, Allacciante Cartoccio, Canale di S. Maria, Canale di S. Rocco – Della Bagna, Canale Confine, Canale di Novellara, Canale della Minara, Canale della Carina, connessi al Canale Derivatore mediante l’Impianto Rinascita ed al Cavo Parmigiana Moglia mediante la Chiusa di Ponte Pietra e le Chiviche Pescatori, della Bagna, Valletta, Battistona.

Lo scolo idrico superficiale avviene per deflusso naturale solo per le zone a meridione di Santa Maria della Fossa - Vezzola ed è subordinato al funzionamento degli impianti di sollevamento meccanico nella parte di territorio a settentrione di detta frazione. Gli spartiacque superficiali principali sono costituiti dalla sP n° 3 Reggio Emilia Novellara, Sp n° 81 di San Bernardino, Strada Borgazzo, via Togliatti; a loro volta suddivisi in sottobacini di rango inferiore, che mediante una diffusa rete di fossi e scoli convogliano i deflussi idrici, relativi alle acque che non si infiltrano nel sottosuolo, nei collettori primari che solcano il territorio.

I principali di questi ultimi a scolo meccanico nell’area di Novellara sono i sopracitati Cavi Varana – Sissa – Cardinale/della Ronca – Dugale Reatino, tributari del Cavo Acque Basse Reggiane; gli assi a scolo misto sono: Canale di S. Rocco – Cavi Bondeno e Linarola – Canale di Reggio – Fossa Mona tributari del Cavo Parmigiana Moglia. Il CABR tramite il Canale Emissario, convoglia il proprio carico idraulico al F. Secchia mediante l’Impianto Idrovoro di S. Siro dal quale le acque giungono al F.Po.

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

La rete idrica superficiale è contraddistinta da differenze nell’organizzazione degli scoli minori, conseguente a preesistenze morfologiche territoriali. Dette strutture possono coincidere con aree di antica sistemazione fondiaria, che sfruttava tratti di estinte linee di drenaggio naturale costituite da corpi di canale fluviale abbandonato.

In tale contesto assume una particolare importanza la qualità delle acque immesse in rete poiché le condizioni idrogeologiche-geomorfologiche determinano un interscambio attivo tra le acque dei cavi e canali e la falda idrica sotterranea. Tale caratteristiche sono attribuibili al Canale di Reggio, Dugale Motta, Dugale Reatino, Fossetta della Pieve, Fossetta Frassinara.

Nel territorio in esame si rileva che lo spartiacque superficiale principale esteso sud nord assecondante la sP 3 e quello esteso concordemente a via Borgazzo via Togliatti, decorrono sub parallelamente a tratti di asse idrogeologico sotterraneo. Questi tendono ad estendersi secondo paleoalvei e quindi in zone a permeabilità relativa di grado medio - medio elevato.

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

- Cavo Parmigiana Moglia
- Cavo Naviglio
- Fossa di Campagnola

Dal punto di vista del funzionamento della rete idrica superficiale si riscontra una moderata efficienza per le esigenze odierne correlata ai parametri e modelli di valutazione utilizzati, relativi agli assetti dei territori tra il 1920 ed il 1926, per il progetto delle dimensioni e sezioni dei cavi e canali; in tale periodo dette caratteristiche erano riferite a gradi di insediamento urbanizzato ed a condizioni del dissesto idrogeologico dei bacini montani sensibilmente diversi dagli attuali.

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

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

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

3.7.1.1 Pericolosità idraulica

L'analisi relativa agli eventi di esondazione o allagamento in occasione di piogge critiche è stata sviluppata in base ai dati del *Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale*, alle elaborazioni dell'UTA Correggio per il Piano Sovracomunale di Protezione Civile ed ai censimenti di tali fenomeni effettuati direttamente dal 1986 al 2003. Oltre a ciò si è fatto riferimento all'assetto topografico e geomorfologico del territorio.

In relazione agli eventi di allagamento successivi al 1986, è sostanziale la distinzione tra le aree esondate da quelle allagate in occasione di piogge critiche o con difficoltoso drenaggio.

Per quanto riguarda i valori di queste ultime sono considerabili tali quelle con intensità maggiore di 40 mm/ora.

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

Le zone del territorio di Novellara che in passato sono state interessate da più esondazioni sono rappresentate dalla fascia di territorio latitante il Cavo Bondeno, per una lunghezza di 500 m in sponda occidentale e di 550 ÷ 700 m in quella orientale circa da Coop. Agricola C.I.L.A. a via Pennelle; la zona a settentrione di quest'ultima e sino al C.A.B.R. nella quale le aree coinvolte sono larghe 200 ÷ 450 m ad ovest e 200 ÷ 300 m ad est; a nord del C.A.B.R. sino all'intersezione col Fosso Confine sono presenti aree esondabili con larghezze variabili da 300 a 600 m in sponda nord occidentale e fasce con larghezza oscillante tra 200 ÷ 300 e 450 m in sponda sud occidentale, ad eccezione delle zone a sud della sP per Guastalla,

dove le larghezze giungono a 700 m e del settore a nord di Barchessina nel quale si hanno larghezze di 700 ÷ 800 m.

A nord dell'intersezione Fosso Confine – Cavo Bondeno, le esondazioni di quest'ultimo sono avvenute in sponda destra (est-sud) ed hanno coinvolto il territorio per fasce larghe 800 ÷ 900 m sino a via Valle ed anche a meridione di quest'ultima ai lati del Cavetto della Ronca e ad est di Corte Caldirona.

Altra fascia sondata più volte si rileva nella striscia larga 150 ÷ 200 m a sud del Canale Confine e che si estende sub parallelamente allo stesso asse idrico sino a Riviera dove si allarga in direzione nord est coinvolgendo tutta l'area compresa tra Cavo Bondeno e Canale Confine. Detta zona esondabile si estende nel territorio a settentrione del confine comunale di Novellara sino al Cavo Parmigiana Moglia.

Altri ambiti territoriali esondati più volte, di estensione areale inferiore a quelle descritte, si riscontrano alla parte sud del territorio comunale, ad ovest di S. Maria della Fossa, tra via Ponte Forca e Cavo Bondeno ed a settentrione di quest'ultimo tra P.te Rami – F.do Rami – F.do Olmi e 150 m ad ovest di C. Lusetti.

Analoghe condizioni si evidenziano a sud ovest dell'intersezione via Levata – Cavo Bondeno, dove l'area esondata giunge sino alla carraia, sita 550 ÷ 600 m a sud di via Levata.

Più fenomeni esondanti hanno interessato l'ambito territoriale in sponda occidentale del Dugale Motta, circa dal fosso interpodere ubicato 430 m a nord di La Sturlona, sino all'incrocio con via Cartoccio ed a sud di quest'ultimo tra il Dugale Motta e Cavo Linarola; a nord di via Cartoccio le esondazioni sono avvenute in sponda orientale del Cavo Linarola ed hanno coinvolto un'area con larghezza di 180 ÷ 200 m.

Esondazioni verificatesi una volta hanno coinvolto i territori ad ovest e ad est della Fossa Mana per larghezze di 50 ÷ 100 ÷ 150 m a sud dell'intersezione della stessa con la sP. Reggio – Rolo e per larghezze di 200 m a settentrione della suddetta s.P.; analoghi processi si sono verificati ai lati di via Gabella nel tratto compreso tra C. Torre e C. Cattania.

Un fenomeno di allagamento, precedente al 1985, conseguentemente ad insufficiente dimensionamento dell'allora resistente rete fognaria urbana, ha interessato la fascia di 150 m ad oriente della ferrovia Reggio – Guastalla circa compresa tra via della Costituzione e V.le Roma e delimitata ad est da via Virgilio.

Per quanto riguarda invece le aree allagabili in occasione di piogge critiche (difficoltoso drenaggio), si riscontrano condizioni problematiche nella parte di territorio occidentale meridionale compresa tra via Ponte Forca – Canale di Reggio – via Pennella – Cavo Sissa.

Analoghe condizioni sussistono a nord del C.A.B.R. sino alla fascia larga 250 – 300 m a sud est della sP. 81 San Bernardino e con andamento sub parallelo alla stessa; detta sP appartiene ad un dosso non allagabile per piogge critiche.

Condizioni equivalenti sussistono anche per la striscia larga 100 ÷ 200 m a nord ovest della suddetta sP. 81 sino a La Riviera.

A settentrione della fascia ora descritta si riscontrano ambiti a difficoltoso drenaggio sino circa 150 m a sud del Canale Confine.

Zone allagabili per piogge critiche sono presenti ad ovest della Strada della Vittoria e Canale della Minara, sino 100 m a nord di Barchessina per fasce con larghezza variabile tra 200 – 300 – 600 m.

La parte settentrionale del territorio comunale sita a nord di via Viazza – via Reatino è contraddistinta da difficoltoso drenaggio sino al confine comunale ad eccezione delle aree esondate più volte.

La zona settentrionale del capoluogo ed a nord dello stesso, sino a via Viazza – Reatino, circa compresa tra la sP. Reggio – Rolo – sP. per Guastalla, via Leningrado – Via Reatino, sP. Novellara – Reggiolo – Cavo Linarola – Cavo Giardino e la fascia a geometria sub triangolare con larghezza massima a sud di 250 m ad est di detto cavo, è soggetta a rischi di allagamento in occasione di piogge critiche.

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.

Ne consegue che in tali ambiti, oltre ad adottare gli accorgimenti di seguito descritti, necessita un'analisi idraulica e morfologica dei siti preliminarmente alle previsioni di interventi di insediamento, trasformazione, riqualificazione, ed una accurata progettazione delle reti fognarie con particolare attenzione alle capacità di ricezione degli assi idrici di conferimento delle acque e delle quote degli stessi.

La mappa della pericolosità dei rischi di alluvioni (DGR 1300/2016, prime disposizioni) del reticolo primario classifica la parte occidentale del territorio di Novellara, aree circa 400 m ad ovest della sP n° 3 Reggio Emilia – Novellara e quella settentrionale: nord della sP n° 42 – sP n° 4 come zona a scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi equivalente a quella delle aree ricomprese nella Fascia C PAI.

Per quanto riguarda il reticolo secondario è attribuito uno scenario di pericolosità con tempo di ritorno tra 20 e 50 anni, alla fascia di territorio in destra del Cavo Bondeno tra Coop Agricola CILA - via Levata - via Casino di Sopra ed in destra dello stesso sino al CABR, le fasce latitanti detto cavo sino alla confluenza al medesimo del Cavetto Bagna ed in destra del CABR sino al confine nord; analoga condizione ha la parte di territorio tra i confini comunali con Bagnolo in Piano e Correggio, via Frassinara sino alla confluenza alla stessa del Dugale la Rossa e delimitata ad ovest dall'allineamento di detto punto con C. Iotti – C. Pratissoli; equivalente caratteristica è attribuita alla fascia adiacente il confine comunale con Campagnola E. circa da Podere Fortunata a Canale Borgazzo. La rimanente parte del territorio di Novellara è interessata da una pericolosità di alluvioni del reticolo secondario poco frequente per tempo di ritorno tra 100 e 200 anni: media probabilità.

In funzione di quanto esposto sono consigliabili le modalità di intervento di seguito esposte:

- Nelle aree di nuovo insediamento in zone con morfologia depressa rispetto alle zone circostanti (aree con drenaggio difficoltoso), dovrà essere prevista una sopraelevazione minima di 0,4 m, rispetto al piano campagna esistente; tale quota dovrà essere idoneamente incrementata nei settori ove la presenza di barriere idrauliche, naturali o antropiche quali rilevati stradali, argini, ecc., non dotati di idonee cunette con bypass, può

determinare il formarsi di battenti idrici con altezza superiore a 0,4 m in occasione di piogge critiche. Oltre a ciò, nelle aree esondabili dovrebbero essere evitate realizzazioni di opere destinate allo stoccaggio temporaneo o permanente di liquidi e materiali inquinanti. Qualora risultassero in essere dette tipologie di opere è opportuno prevedere la loro messa in sicurezza mediante interventi di presidio ambientale quali contro arginature, sopraelevazione dei corpi arginali, ecc.

- Per evitare incrementi di carico idraulico negli assi idrici di scolo superficiale, conseguenti all'aumento di aree impermeabilizzate nei siti di completamento e/o di nuovo insediamento, dovranno essere previste ed eseguite idonee aree di ritenzione delle acque piovane. Queste ultime saranno gradualmente restituite alla rete idrica superficiale dopo un adeguato intervallo di tempo dalla fase di piena della rete superficiale. Le aree di laminazione o "vasche teste di pioggia e di prima pioggia" potranno essere costituite da superfici di terreno depresse rispetto ai settori circostanti collegate con idoneo scarico regolamentato o ai collettori di vettoriamento ad impianti di trattamento acque reflue (primi 5 mm) o alla rete idrica superficiale.
- Evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio: realizzazione delle pareti perimetrali del solaio di base a tenuta d'acqua;
- Favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

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

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

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

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

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

3.7.2 Ambiente Idrico Sotterraneo

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

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

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

3.7.3 Definizione del sistema idrogeologico

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

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

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

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

3.7.3.1 Interfaccia Acque Dolci - Acque Salate

I dati ottenuti da prospezioni geofisiche con metodo geoelettrico eseguite dallo Scrivente e le indagini ed elaborazioni di: AGIP, IDROSER, RER, Ex Comprensorio della Bassa Reggiana, indicano che le acque salate si rinvergono generalmente tra -400 e -450 m dal piano campagna nel sottosuolo della parte occidentale del territorio comunale.

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

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

La profondità dell'interfaccia acque dolci - acque salmastre evidenzia che nel territorio di Novellara gli emungimenti idrici dal sottosuolo non hanno determinato un richiamo significativo verso la superficie delle acque salate.

3.7.4 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale

La successione idrogeologica presente nel sottosuolo di Novellara, ed in zone limitrofe, è stata desunta dalle analisi di sezioni geofisiche eseguite da AGIP-ENI elaborate da Dr. Fabio Molinari, dagli inquadramenti territoriali elaborati dall'Ex Comprensorio Della Bassa Pianura, ai dati pubblicati da IDROSER, a quelli contenuti in Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna (R.E.R. – ENI – AGIP), dalle analisi ed elaborazione del PSC 2003 di Novellara (Centrogeo).

Tali caratteri e l'assetto geometrico degli acquiferi caratterizzano la prevalente parte del territorio in esame con l'Unità Idrogeologica della Media Pianura e con la fascia di meridionale dell'Unità Idrogeologica del Po nella parte settentrionale dell'area comunale a nord dell'allineamento incrocio SP 63/SP 68 – via S. Michele/ via della Vittoria – Sp 5 via Reatino – via San Bernardino/ via Nuova (in comune di Campagnola E.).

3.7.4.1 Serie Idrogeologica Locale

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

Complesso Acquifero A0 (Unità geologica AES8a-8): è correlabile a deposizioni prevalentemente di ambiente continentale di età olocenica (12.000 – 14.000 anni b.p fino all'attuale). Non evidenzia influenze dei processi deformativi di origine tettonica che hanno interessato il bacino padano ma si riscontrano effetti correlabili principalmente a variazioni climatiche ed in subordine a subsidenza. Lo spessore dell'unità in oggetto nel territorio di Novellara oscilla mediamente tra 15 ÷ 20 m con netta prevalenza di 18÷20 m, con potenze relative maggiori nei settori occidentali, meridionali ed orientali e che diminuiscono in direzione nord occidentale in prossimità del confine con Guastalla dove corrispondono a 15/17 m.

In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica nel settore meridionale formano corpi nastriformi allungati in senso sud ovest – nord est con geometria spiccatamente lentiforme e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche, con arricchimenti nelle frazioni sabbiose nelle zone centrali delle fasce sabbiose; tali litozone sono generalmente più presenti nel settore centrale esteso sud nord sub parallelamente alla sP n° 3, nella fascia WSW – ENE che asseconda l'andamento di via Viazzola – Borgazzo; generalmente dette unità si riscontrano a profondità di -3/-5 ÷ -6/-7 m pc.

Nella zona settentrionale i corpi sabbiosi superficiali sono contraddistinti da spiccato assetto lentiforme con spessori medi di 2 m e di solito si riscontrano strati sabbiosi – sabbioso limosi tra -6/-8 m pc.

Le parti di territorio settentrionali ed occidentali centrali e meridionali sono prevalentemente caratterizzate dalla presenza nei primi 10/15 m nord e 15/20 m sud ed ovest del sottosuolo di litotipi argilloso limosi, e principalmente argillosi che a luoghi come nella zona a nord di via Levata, determinano condizioni di falda acquifera confinata; tale

caratteristica a scala territoriale è discontinua e pertanto l'acquifero freatico in dette aree è in diretta comunicazione con i fluidi che scorrono e si infiltrano dalla superficie.

I livelli sabbiosi saturi in acqua che presentano un maggior grado di continuità laterale relativa costituiscono la fascia allungata in direzione sud nord estesa secondo la sP n° 3 nella zona centrale del territorio, e quella orientata ovest est che asseconda via Viazzola - Borgazzo.

Complesso Acquifero A1 (Unità geologica AES7a-b): è correlabile a deposizioni avvenute tra 12-14.000 e 125.000 anni b.p. non evidenzia influenze di deformazioni correlabili ai processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano e presenta modificazioni molto blande alla base nelle zone orientali, che tendono ad accentuarsi in direzione est – sud est in prossimità del passaggio ai territori di Campagnola E. e Correggio, connesse a subsidenza differenziata per auto consolidazione.

Tale unità presenta spessori generalmente compresi tra 55/60 e 70/80 m, con potenze relative minori nelle zone centro orientali e meridionali orientali, corrispondenti in media a 55 m; le potenze maggiori si riscontrano nel territorio occidentale e centrale e settentrionale dove equivalgono in media a 75 m; si rinviene generalmente sino a -75/-80 m dal piano campagna nelle zone orientali – sud orientali e sino a -85/-90 m nelle aree occidentali centrali e settentrionali.

Gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale relativa in tale unità nel settore meridionale sono rilevabili a profondità tra -25/-30 m pc, tra -40/-45 ÷ -50 m pc; nella parte settentrionale (nord via Levata/via Argine Francone – incrocio via Argine S. Alberto/Strada Valle – Bernolda) del territorio i principali corpi sabbiosi presentano assetto prevalente di tipo tabulare e sono contraddistinti da spessori maggiori (10/20 m), si riscontrano in genere tra -20/-30 ÷ -30/-40 m pc e -70/-80 m pc.

Complesso Acquifero ciclo deposizionale A2 (unità geologica AES6): è correlabile a deposizioni avvenute tra 125.000 e 200/220.000 anni b.p. nel sottosuolo di Novellara non evidenzia influenze di deformazioni correlabili ai processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano, denota blande deformazioni alla base dell'unità nelle zone centro orientali meridionali per subsidenza differenziata correlata a profondità relative minori dei depositi pleistocenici medio e superiori. Tale insieme presenta potenze generalmente comprese tra 40/50 e 60 m con spessori che incrementano in direzione occidentali centro settentrionale, si rinviene sino a -120 ÷ -130 m dal piano campagna.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi sono percentualmente più rappresentati rispetto all'unità superiore e quelli a maggior grado di continuità laterale in tale unità sono in genere riscontrabili nelle zone centro meridionali a profondità tra -90/-110 m pc e tra -120/-130 m pc e tendono ad essere più profondi nelle zone sud occidentali.

Nella parte settentrionale del territorio incrementano in spessore attestandosi in media a 5/10 ÷ 15 m e si riscontrano tra -80/-90 ÷ -95 m pc, localmente sino a -115/-120 m pc, evidenziando il passaggio all'unità idrogeologica del Po.

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

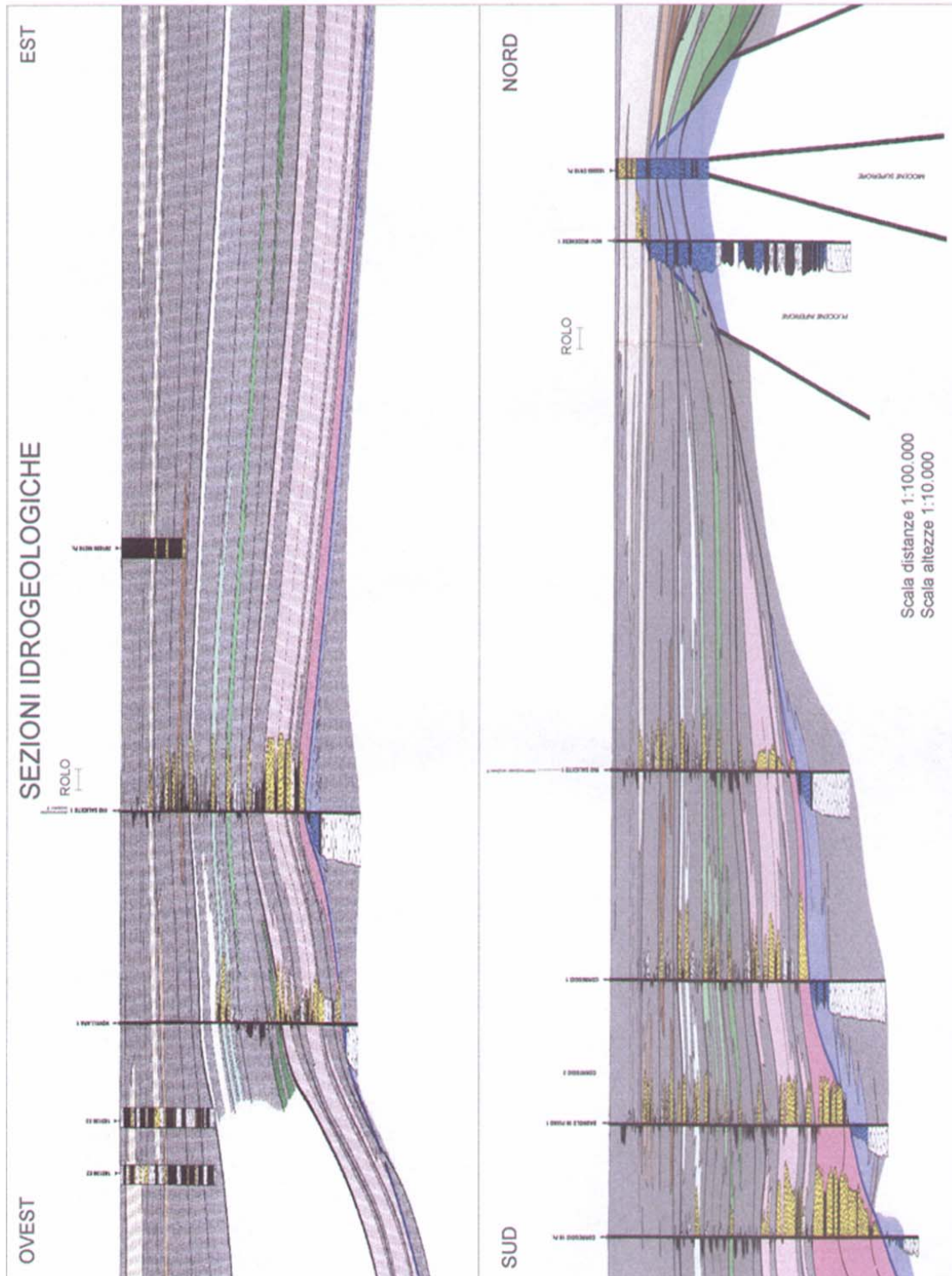
E' correlabile a deposizioni avvenute 200/220.000 ÷ 300/310.000 ÷ 400/450.000 anni b.p. denota influenze di deformazioni connesse a processi di subsidenza differenziale per auto consolidazione ed anche all' assetto del substrato nel sottosuolo delle zone ad oriente (Rio Saliceto/Fabbrico/Carpi); in queste la base dell'AES si innalza a -120/-140 m pc evidenziando effetti correlati a fattori tettonici che hanno indotto processi di faglia distensiva di "collasso crestale" (F.C. Molinari). Tale complesso nel sottosuolo del territorio di Novellara presenta spessori generalmente compresi tra 70/90 m ed aumenta sensibilmente in direzione nord occidentale dove assume potenze di 120/130 m; i corpi sabbiosi a maggior continuità laterale si riscontrano nel sottosuolo delle zone meridionali tra -120/-130/-140 m pc e -200/-210 m pc; nelle aree settentrionali gli orizzonti sabbiosi si riscontrano tra -120/-130 m pc. Nei settori meridionali ed orientali la base dell'unità si rinviene generalmente sino a -200/-220 e si approfondisce a -240/-250 m pc nelle aree nord centro occidentali e settentrionali.

Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale Inferiore - AEI):

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

Nel sottosuolo del territorio di Novellara è individuabile tra -200/-220 m pc e -280/-300 m pc nelle zone orientali centrali e sud orientali; incrementa in profondità a spessori nelle zone occidentali centrali e settentrionali dove il tetto di tale litozona si attesta a -230/-250 m pc e la base a -350/-400/-420 m pc.

Gli orizzonti permeabili più significativi sono presenti al tetto dell'unità, -200/-210 m p.c. e si rinvencono nei settori orientali centro meridionali ed a -220/-230 m pc nelle zone occidentali centrali e settentrionali dove costituiscono il livello di transizione, con spessore di 5 ÷ 10 m, al soprastante complesso AES; si riscontrano inoltre litozone sabbiose di rilievo alle profondità tra -320/-330 m p.c nelle zone est – sud est, tra -350/-360/-370, -400/-420 m pc e -450/-480 m pc in quelle occidentali centro settentrionali.



3.7.4.2 Conducibilità idraulica degli acquiferi

I livelli acquiferi individuati, precedentemente descritti, formano orizzonti tra loro separati da potenti bancate sostanzialmente impermeabili. Dette litozone permeabili a scala territoriale tendono a convergere ed a fondersi in direzione nord con gli orizzonti dell'Unità Idrogeologica del Po; analoga condizione si evidenzia nei territori più a meridione (Reggio Emilia) nei quali procedendo in direzione sud gli orizzonti sabbiosi si congiungono con le unità Idrogeologiche dei Coni Alluvionali nelle aree a meridione della via Emilia.

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

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

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

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

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

Ne consegue che per gli acquiferi dell'unità della media pianura presenti nei primi 100/240 m del sottosuolo, sussistono velocità di ricarica molto lenta.

I caratteri isotopici ed idrochimici di ARPA RER (*G. Martinelli et Alii, 2014; Journal of Hydrology*) indicano che le acque nel sottosuolo del territorio in esame sarebbero alimentate prevalentemente da acque di origine appenninica ed hanno età di immagazzinamento ricondotta ad 8000 anni b.p.

3.8 Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale

L'individuazione delle linee generali, dell'assetto dei deflussi idrici delle acque sotterranee del primo acquifero o falda freatica, è stata eseguita in base alle campagne di misurazione del livello d'equilibrio nei pozzi accessibili presenti nell'area comunale effettuate nel contesto delle analisi di PSC del 2003 (*Centrogeo*).

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

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

3.8.1 Piezometria dell'acquifero freatico

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

3.8.2 Isopieze dell'acquifero

L'analisi d'insieme dell'assetto isopiezometrico della falda freatica (Tav. 1.3) evidenzia zone di alto strutturale corrispondenti ad innalzamenti dell'acquifero di base: spartiacque sotterraneo, caratterizzate da isopieze con linee di deflusso rivolte all'esterno della curva. Viceversa le zone di basso strutturale identificate da direttrici di moto dei flussi idrici rivolte all'interno delle isopieze corrispondono ad assi di drenaggio idrico sotterraneo conseguenti a depressioni dell'acquifero di base.

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

La conformazione della superficie piezometrica del primo acquifero nel territorio di Novellara, evidenzia assetti a falda conica divergente al bordo nord occidentale al confine con il comune di Guastalla e nella fascia centrale estesa sud nord che asseconda l'andamento della sP 3 Reggio Emilia – Novellara- sP 5 Novellara – Reggio; analoghe caratteristiche si osservano nella zona meridionale centro occidentale in corrispondenza di Strada San Giovanni e nel settore centrale orientale nella fascia che asseconda Strada Borgazzo.

Tali assetti caratterizzano fasce di ricarica idrica sotterranea principale la prima delle quali orientata sud nord asseconda l'andamento della sP 3, la seconda nel settore nord occidentale con direzione nord est è estesa concordemente alla sP 81 di San Bernardino.

Nelle zone occidentali, centro meridionali ed quelle settentrionali occidentali del territorio comunale, l'assetto è a falda conica convergente e nel settore sud è caratterizzata da una fascia di drenaggio idrico sotterraneo che si estende con andamento sub parallelo a quello del Cavo Sissa dal confine con Bagnolo in Piano al Cavo Acque Basse Reggiane; un'analogha conformazione convergente, presente nell'area nord occidentale, è contraddistinta da una fascia di drenaggio sotterraneo principale estesa sud ovest – nord est che asseconda l'andamento del CABR dalla sua intersezione con Strada Boschi a la Riviera, a tale asse si congiunge una fascia di drenaggio sotterraneo di secondo ordine orientata sud est – nord ovest da intersezione Canale Minara/Via Frassinello al CABR.

Dette aree che individuano fasce secondo le quali si raccolgono i deflussi idrici sotterranei corrispondono a maggior profondità dell'acquifero di base come si evidenzia nelle zone orientale centrale dove i primi 10/15 m del sottosuolo sono costituiti essenzialmente da terreni argillosi, nell'area sede della Discarica Intercomunale di Novellara (*Centrogeo* 1983-2007).

L'assetto piezometrico territoriale del primo acquifero nel Comune di Novellara è contraddistinto da direttrici di moto dei flussi idrici orientati prevalentemente sud sud ovest – nord nord est.

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

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

nei settori occidentali meridionali del territorio comunale,

$$i_m = 0,8 \div 1,25 \cdot 10^{-3}$$

nelle zone settentrionali, occidentali centrali

$$i_m = 1,7 \div 2,5 \cdot 10^{-3}$$

nelle aree settentrionali orientali,

$$i_m = 1,8 \div 3,5 \cdot 10^{-3}$$

nei settori orientali centrali.

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

nelle fasce meridionali orientali.

3.8.3 Soggiacenza Acquifero freatico

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

L'analisi d'insieme evidenzia che la falda rispetto al piano campagna è generalmente più profonda nelle zone meridionali – meridionali orientali e settentrionali del territorio comunale. Nel primo settore, circa tra Cavo Bondeno – via Levata – Fossetta Frassinara – Strada S. Maria – S. Maria della Fossa, è mediamente rinvenibile a:

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

Analoghi valori di soggiacenza si osservano nella fascia centrale orientale del Comune, dove, secondo la fascia sud nord, allungata sub parallelamente alla s.P. Reggio E. - Guastalla, da S. Maria della Fossa a Zona Industriale Motta, la profondità dell'acqua nel sottosuolo corrisponde ad:

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

Caratteristiche simili ma tendenzialmente con minori profondità si rilevano nell'area settentrionale sita a nord dell'Allacciante Cartoccio e della s.P. per Guastalla, dove la soggiacenza corrisponde mediamente a:

$$h = -1 \text{ m p.c.}$$

Per quanto riguarda la parte occidentale centro meridionale del territorio, zona tra la s.P. Reggio – Novellara e Cn.le Casaletto – via Argine Francone, i valori di soggiacenza rappresentano il livello piezometrico dell'acquifero, localmente confinato, solo successivamente all'avvenuta completa perforazione dell'orizzonte argilloso che forma i primi 8 ÷ 11 m del sottosuolo.

I settori di territorio nei quali la profondità dell'acqua nel sottosuolo è maggiore si riscontrano nella zona del capoluogo dove la soggiacenza corrisponde mediamente:

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

e raggiunge le profondità maggiori nella zona del centro storico, dove:

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

Gli assetti idrogeologici descritti, evidenziano un elevato grado di corrispondenza sia con la struttura geomorfologica del territorio che con la geometria degli orizzonti acquiferi presenti nell'area comunale di Novellara.

3.9 Identificazione temporale del sistema idrogeologico

L'analisi comparata tra la carta isopiezometrica dell'acquifero freatico, elaborata in base ai rilievi del Febbraio 2001 e quelle sia precedentemente che successivamente redatte nell'ambito degli studi geologici per l'analisi ambientale del sito di costruzione della Discarica di via Levata, relativi al 1995 e 2004 (*Centrogeo*) e quella per lo studio di P.R.G. del 1984 (*Geo.Re.Co*), 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 denota infatti che l'asse di drenaggio idrico sotterraneo principale nella fascia occidentale dell'area comunale, presenta andamenti e caratteri praticamente equivalenti nell'arco di tempo considerato.

Analoga considerazione risulta estendibile alle fasce di alimentazione principale a direttrice sud ovest – nord est, subparallela alla s.P. 81 S. Bernardino e la zona di ravvenamento allungata sud nord, sub parallela alla s.P. 3 Reggio E. - Novellara.

Assetti conservativi nel tempo denotano anche le zone di ricarica secondaria a direttrice ovest nord ovest – est sud est, osservabili nel settore centrale del territorio comunale sia ad est che ad ovest della suddetta s.P. 3.

Per quanto riguarda la zona sud orientale si riscontrano direttrici dei deflussi sotterranei e degli assi di drenaggio praticamente equivalenti a quelli rilevati in analisi idrogeologiche in aree al confine comunale tra Novellara e Bagnolo In piano.

Dal confronto della soggiacenza e della falda freatica del 1995 con quelle del 2001/2004 si riscontra una moderata escursione negativa territoriale mediamente equivalente a:

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

Per quanto riguarda le fasce secondo le quali si raccolgono i deflussi idrici sotterranei nella parte meridionale e centro settentrionale del territorio comunale, si riscontra una più accentuata diminuzione del livello idrico nel sottosuolo corrispondente a:

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

ne consegue che, nelle valutazioni territoriali, sono da considerare possibili innalzamenti della falda freatica equivalenti a:

$$\delta H_2O = +0,5 \text{ m p.c.}$$

3.10 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica

In funzione delle disamine 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 entrata
- 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 10 ÷ 11 m dal p.c., si ha un flusso molto basso praticamente nullo (aree tra s.P. Reggio Novellara e Cn.le Casaletto, via Argine Francone); d'altra parte nei settori in cui detta unità è sostituita da limi sabbiosi e sabbie limose (fasce di paleoalveo) (zona centrale orientale sub parallela alla s.P. 3 Reggio Novellara) o dove si hanno incisioni di cavi e canali che si spingono a quote sottostanti i -2 m p.c., si ha un flusso idrodinamico in entrata a portata imposta (infiltrazione per piovosità, per irrigazione, per fertirrigazione).
- Limite di letto:* condizione geologica a flusso nullo per presenza di spessi orizzonti argillosi praticamente impermeabili.

4 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10 ÷ 20 m del sottosuolo sono state determinate in base alle analisi geomorfologiche, all'esame delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche statiche, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM primo impianto: 1884, alle documentazioni e pubblicazioni storico – geomorfologiche, allo Studio Geologico Ambientale del PSC 2003/VG 2009, POC 2007 e 2011 di Novellara (*Centrogeo*).

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

In funzione di quanto esposto sono state identificate come aree prevalentemente sabbiose – sabbioso limose anche le fasce di territorio dove detti litotipi non affiorano in superficie ma sono presenti con spessori significativi, maggiori di 2 m, nei primi 5 ÷ 10/15 m del sottosuolo (paleoalvei). Le classificazioni delle unità prevalentemente limoso argillose – argilloso limose - argillose, esprimono la netta prevalenza di detti litotipi nei primi 5 ÷ 10/13 m dal piano campagna.

4.1 Carta geologico tecnica

Il territorio in oggetto, appartiene prevalentemente alla fascia della media pianura, costituita dalle evoluzioni idrografiche dei fiumi e torrenti appenninici: T.Crostolo – T.Enza – T.Tresinaro e da quelle del F.Secchia, e nella zona settentrionale a quella della bassa pianura di pertinenza del F.Po che ha condizionato le possibilità di afflusso dei suoi affluenti.

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

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

Ai sistemi deposizionali come quelli descritti sono attribuibili la zona settentrionale e fascia occidentale del territorio comunale nelle quali sono presenti assetti a dosso che hanno ostacolato le possibilità di sviluppo dei deflussi verso nord determinando l'instaurazione di ambienti palustri che hanno formato aree vallive di pianura; quella nel settore occidentale meridionale e centrale si estende dal confine comunale con Bagnolo in Piano ed è delimitata ad est dal dosso che si allunga concordemente a via Argine Francone, correlabile ad un antico percorso estinto del T.Modolena, ad ovest dal dosso che si estende secondo la sP 3 e nella parte nord occidentale dal dosso allungato concordemente alla sP 81 di San Bernardino; la struttura geomorfologica principale che ha indotto l'instaurazione degli ambienti palustri

nelle aree a settentrione dei capoluoghi nei territori di Fabbrico, Campagnola E, Novellara e di Guastalla, è costituita dal tracciato di alveo fluviale estinto del F. Po orientato ovest est localmente esteso da Guastalla a Villarotta – Reggiolo - Moglia.

Le azioni deposizionali hanno generato una morfologia pianeggiante con ondulazioni principali, ad ampio raggio, allungate in senso SSW-NNE, con subordinata presenza nel settore a sud del capoluogo di un dosso poco pronunciato esteso ovest est, in direzione di Cognento – Osteriola; analoghe conformazioni sono presenti nel settore meridionale centrale in corrispondenza di Strada San Giovanni e nella fascia estesa ovest est al confine con il comune di Bagnolo in Piano.

Il dosso orientato ovest sud ovest – est nord est sul quale si estende la sP 81 di San Bernardino, costituito nei primi 5/10 m del sottosuolo da terreni prevalentemente argilloso limosi, è correlabile ad azioni antropiche.

Tali zone leggermente più elevate rispetto ai territori adiacenti delimitano aree vallive di ampia estensione che rappresentano la caratteristica territoriale principale del territorio ad occidente della sP 3 e della fascia settentrionale dell'area comunale.

Nel contesto dell'evoluzione morfologica del territorio, come precedentemente descritto, un ruolo importante è stato svolto dal paleoalveo del Po orientato ovest est, rinvenibile 2/2,5 km a nord del confine comunale nell'area Guastalla – Reggiolo, che ha vincolato la confluenza ad esso dei fiumi a direttrice sud sud ovest – nord nord est di età più recente, come evidenziano le flessioni in direzione orientale del tratto di paleoalveo allungato concordemente alla sP 3 e si quello assecondante via Argine Francone.

Un simile effetto sui ritardi di accrescimento del territorio è stato esercitato dal tracciato di alveo estinto presente a meridione del capoluogo che si estende dapprima in direzione sud sud est assecondando l'andamento della Strada Borgazzo e che prosegue a sud sino a incrocio via Arginone/via Picenardi e successivamente si orienta ovest est verso Cognento – Osteriola.

Gli interventi antropici principali sul territorio sono rappresentati dall'intensa urbanizzazione nell'areale sede del capoluogo e sua Zona Industriale Nord, Zona Industriale Motta, frazione di San Giovanni della Fossa; tali azioni hanno modificato le caratteristiche dei suoli mediante riporti e scavi nei primi 1/2 m del sottosuolo.

Modificazioni pronunciate delle caratteristiche del sottosuolo che hanno interessato i primi 6/10 m dal piano campagna sono presenti nell'area di impronta della Discarica Intercomunale di Novellara.

4.2 Caratteristiche litotecniche

Gli areali sopra descritti, in funzione di un'analisi comparata delle indagini geognostiche precedentemente eseguite nel territorio di Novellara, sono schematicamente suddivisibili in sei macrozone litotecniche come di seguito esposto:

4.3 Successioni Litotecniche**Verticale tipo N/CS – Settore Capoluogo, sud di via F.lli Cervi/via Indipendenza – ovest V. Cavour, sud sino a Viazzola del Borgazzo**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità CS1 da piano campagna a -5,0/-6,0 m p.c	Alternanze di strati prevalentemente limosi - limoso sabbiosi, con intercalati strati sabbiosi con spessori di 1/3 m; localmente sono presenti lenti e tasche torbose; le componenti prevalentemente limose – limoso sabbiose sono contraddistinte da $q_{cm} = 6/8 \div 10/12$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² , non di rado denotano caratteristiche di medio elevata compressibilità: $q_{cm} < 6 \div 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,1 \div 0,2$ kgf/cm ² e presenza di materiali di riporto; le intercalazioni sabbiose riscontrabili a profondità tra -2 e -3 m pc e tra -4 e -6 m pc sono caratterizzate da $q_{cm} = 14 \div 18/20$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,2$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1/-1,5 ÷ -2 m pc.
Unità CS2 da -5,0/-6,0 m a -7,0/-9,0 m p.c	Unità a pronunciata variabilità orizzontale costituita da limi argillosi – limi ed argille limose sostituiti lateralmente da corpi sabbiosi, saturi; le componenti limoso argillose – argilloso limose sono caratterizzate da $q_{cm} = 6/8 \div 10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² , a luoghi $f_{sm} = 0,4 \div 0,8$ kgf/cm ² ; non di rado sono presenti strati a medio elevata compressibilità: $q_{cm} < 6 \div 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,2$ kgf/cm ² ; dove prevalgono le componenti sabbiose $q_{cm} = 30/40 \div 80$ kgf/cm ² ed a zone $q_{cm} = 12 \div 16$ kgf/cm ² , $f_{sm} = 0,2 \div 0,3$ kgf/cm ² .
Unità CS3 da -7/-9 a -11,0/-12,0 m p.c	Argille limose, sature, a luoghi contenenti lenti torbose, i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 10/12 \div 16/18$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm ² .
Unità CS4 da -11/-12 a -16/-17 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, con intercalati locali strati lentiformi limoso sabbioso - limosi, generalmente riscontrabili tra -15/-16 m pc; a luoghi presenza di lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 16 \div 22/24$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,1$ kgf/cm ² , fanno eccezione le lenti limoso sabbiose con $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm ² .
Unità CS5 da -16/-17 a -20 m p.c	Unità a pronunciata variabilità granulometrica laterale prevalentemente costituita da argille limose orizzontalmente sostituite da limi sabbiosi - sabbie; le componenti sabbiose sono caratterizzate da $q_{cm} = 30/40 \div 60$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,5$ kgf/cm ² ; dove prevalgono le frazioni limoso argillose – limoso sabbiose $q_{cm} = 12 \div 16/18$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,8/1,0$ kgf/cm ² .

L'unità geotecnica N/CS caratterizza la fascia centrale del territorio comunale alla quale appartiene la parte centro meridionale del capoluogo e che si estende in direzione sud sino a Viazzola del Borgazzo.

Verticale tipo N/CW – Settore Capoluogo, nord via F.lli Cervi/via Indipendenza – ovest v. Cavour/via E. Fermi sino a via Mulino di Sotto – via Caravaggio

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità CW1 da piano campagna a -2,0/-3,0 m p.c	Unità a pronunciata variabilità litologica laterale costituita da argille limose – argille consistenti sostituite orizzontalmente da argille limose – limi argillosi a medio bassa consistenza ed a luoghi da terreni di riporto e/o rimaneggiati; nelle componenti argillose – argilloso limose i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 10 \div 14$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm ² ; dove prevalgono le argille limose – limi argillosi $q_{cm} = 7/8 \div 10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1,5 ÷ -2,5 m pc.
Unità CW2 da -2/-3 m a -7,0/-8,0 m p.c	Alternanze di strati prevalentemente limoso argillosi – argilloso limosi, saturi, con intercalati strati lentiformi sabbiosi con spessori di 1/2 m; localmente sono presenti lenti e tasche torbose; le componenti prevalentemente limose argillose – argilloso limose sono contraddistinte da $q_{cm} = 7/8 \div 10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² ; non di rado denotano caratteristiche di medio elevata compressibilità; $q_{cm} < 6 \div 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,1 \div 0,2$ kgf/cm ² ; le intercalazioni sabbiose riscontrabili a profondità tra -3 e -4 m pc e tra -4 e -6 m pc sono caratterizzate da $q_{cm} = 16/20 \div 30$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,3$ kgf/cm ² .
Unità CW3 da -7,0/-8,0 m a -11,0/-12,0 m p.c	Argille limose, sature, a luoghi contenenti 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 $f_{sm} = 0,7 \div 1,0$ kgf/cm ² .
Unità CW4 Da -11/-12 a -13/-15 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, con intercalati locali sottili strati lentiformi limoso sabbioso – limosi; a luoghi presenza di lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 16 \div 22/24$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 1,0 \div 1,3$ kgf/cm ² , fanno eccezione le lenti limoso sabbiose con $f_{sm} = 0,5/0,6$ kgf/cm ² .
Unità CW5 da -13/-15 a -16,0/-17,0 m p.c	Unità a pronunciata variabilità sia granulometrica che di consistenza laterale prevalentemente costituita da argille limose – limi argillosi orizzontalmente sostituite da corpi sabbiosi addensati generalmente riscontrabili -14/-15 m pc e localmente sino a -16 m pc; le componenti sabbiose sono caratterizzate da $q_{cm} = 30/50 \div 60/80$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cm ² ; dove prevalgono le frazioni limoso argillose – argilloso limose $q_{cm} = 10/12 \div 16/18$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,7/0,8$ kgf/cm ² .
Unità CW6 da -16,0/-17,0 m a -20,0 m p.c	Unità a pronunciata variabilità orizzontale sia litologica che di consistenza costituita da limi argillosi argille limose sostituiti lateralmente da strati sabbiosi, generalmente a profondità di -19,0 m pc; le componenti limoso argillose – argilloso limose sono caratterizzate da $q_{cm} = 10 \div 14/18$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,7/0,8$ kgf/cm ² ; non di rado sono presenti strati a medio elevata compressibilità: $q_{cm} < 10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cm ² ; dove prevalgono le componenti sabbiose $q_{cm} = 40 \div 70$ kgf/cm ² $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cm ² .

L'unità geotecnica N/CW caratterizza la zona centro settentrionale del territorio alla quale appartiene la parte del capoluogo a nord di via F.lli Cervi – via Indipendenza e ad ovest dell'allineamento via Cavour – via E. Fermi.

Verticale tipo N/ZN – Zona Industriale nord – capoluogo nord di via Caravaggio, est via E. Fermi

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità ZN1 da piano campagna a -2,0/-3,0 m p.c	Alternanze argilloso limose e limoso argillose – limose a grado di consistenza variabile lateralmente contraddistinto da $q_{cm} = 8/10 \div 12$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,3/0,4$ kgf/cm ² nelle parti occidentali, da $q_{cm} = 12 \div 14$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm ² in quelle orientali; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1/-1,5 ÷ -2,0 m pc.
Unità ZN2 Da -2/-3 m a -5,0/-6,0 m p.c	Unità limosa - limoso sabbiosa, con arricchimento in componenti limoso argillose argilloso limose nella zona orientale e con intercalazioni o sostituzioni di strati lentiformi sabbiosi con spessori di 0,5 ÷ 1 m, saturi; localmente sono presenti lenti e tasche torbose; dove prevalgono le componenti limose – limoso sabbiose $q_{cm} = 9 \div 12$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,3/0,4$ kgf/cm ² ; le intercalazioni sabbiose riscontrabili a profondità tra -3/-4 m pc sono caratterizzate da $q_{cm} = 14 \div 18/22$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,2$ kgf/cm ² ; nei settori con arricchimenti nelle componenti limoso argillose – argilloso limose $q_{cm} = 12 \div 14/16$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm ² .
Unità ZN3 da -5/-6 a -10,0/-11,0 m p.c	Argille – argille limose, sature, con intercalati locali strati lentiformi limosi, ed a luoghi torbosi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 12 \div 14/16$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm ² .
Unità ZN4 Da -10,0/-11,0 a -13/-15 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, con intercalati locali strati lentiformi limosi - limoso sabbiosi, generalmente riscontrabili tra -14/-15 m pc; a luoghi presenza di lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 16 \div 20/24$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,2$ kgf/cm ² , fanno eccezione le lenti limoso sabbiose con $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cm ² .
Unità ZN5 da -13/-15 a -19 m p.c	Alternanze argilloso limose e limoso argillose con intercalate subordinate sottili lenti sabbioso fini – limoso sabbiose; le componenti argilloso limose – limoso argillose sono caratterizzate da $q_{cm} = 12 \div 14$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm ² ; dove prevalgono le sabbie $q_{cm} = 26/30 \div 40$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm ² .
Unità ZN6 da -19/-20 a -23 m p.c	Sabbie medio fini contraddistinte da $q_{cm} = 30/40 \div 60/80$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,7$ kgf/cm ² .

L'unità geotecnica N/ZN caratterizza la parte settentrionale orientale del capoluogo e la Zona Industriale Nord ad ovest di via C. Colombo.

Verticale tipo N/PM – Zona Industriale Motta

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità PM1 da piano campagna a -7,0 m p.c	Alternanze di strati argilloso limosi - limosi - limoso sabbiosi, ai quali si intercalano o sostituiscono corpi sabbiosi con spessori di $1/2 \div 4$ m; localmente sono presenti lenti e tasche torbose; le componenti prevalentemente argilloso limose – limoso sabbiose sono contraddistinte da $q_{cm} = 6 \div 8/12$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,5$ kgf/cm ² ; non di rado denotano caratteristiche di medio elevata compressibilità; $q_{cm} < 6 \div 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,1 \div 0,2$ kgf/cm ² ; le intercalazioni sabbiose, riscontrabili a profondità tra -2/-4 m pc e -6/-7 m pc, sono caratterizzate da $q_{cm} = 16/20 \div 30/40$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,3$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1/-1,5 \div -2 m pc.
Unità PM2 da -7 a -10,0 m p.c	Argille – argille limose, sature, con intercalati locali strati lentiformi limosi, ed a luoghi torbosi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8 \div 12$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm ² .
Unità PM3 da -10,0 a -16/-17 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, con intercalati locali strati lentiformi limoso argilloso – limosi, generalmente riscontrabili a profondità tra -15 e -16 m pc; a luoghi presenza di lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 16 \div 22/24$ kgf/cm ² , la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,1$ kgf/cm ² , fanno eccezione le lenti limoso sabbiose con $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cm ² .
Unità PM4 da -16/-17 a -20 m p.c	Unità a pronunciata variabilità granulometrica laterale prevalentemente costituita da argille limose – limi argillosi orizzontalmente sostituiti da argille limose leggermente sovraconsolidate; le componenti argilloso limose – limoso argillose sono caratterizzate da $q_{cm} = 6 \div 8$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cm ² ; dove prevalgono le argille – argille limose $q_{cm} = 20 \div 24$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,8 \div 1,2$ kgf/cm ² .
Unità PM5 da -19/-20 a -23 m p.c	Argille limose e limi argillosi contraddistinti da $q_{cm} = 14/18$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,7$ kgf/cm ² , lateralmente sostituiti da corpi lentiformi sabbiosi a medio – medio elevato grado di densità relativa caratterizzati da $q_{cm} = 70 \div 90$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,8$ kgf/cm ² .

L'unità geotecnica N/PM caratterizza la fascia centrale del territorio comunale estesa in senso sud nord con andamento sub parallelo alla SP n° 3 Reggio Emilia – Novellara sede della Zona Industriale Motta

Verticale tipo N/SG – zona centro meridionale, San Giovanni della Fossa

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità SG1 da piano campagna a -8,0 m p.c	Alternanze di strati prevalentemente limosi - limoso sabbiosi, con intercalati strati sabbiosi con spessori di 1/2 m; localmente sono presenti lenti e tasche torbose; le componenti prevalentemente limose – limoso sabbiose sono contraddistinte da $q_{cm} = 6 \div 8/10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,3$ kgf/cm ² ; a luoghi denotano caratteristiche di medio elevata compressibilità; $q_{cm} \leq 6 \div 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} \leq 0,1 \div 0,2$ kgf/cm ² ; le intercalazioni sabbiose, riscontrabili a profondità tra -3 ÷ -5 m pc e -7 ÷ -8 m pc, sono caratterizzate da $q_{cm} = 20 \div 50$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,3$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1/-1,5 ÷ -2 m pc.
Unità SG2 da -8 a -10,0 m p.c	Argille – argille limose, sature, con intercalati locali strati torbosi. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 10 \div 12/14$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm ² .
Unità SG3 da -10 a -15,0 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, sature, con intercalati locali strati lentiformi limoso sabbioso – limosi e localmente torbosi, generalmente riscontrabili tra -11 e -12 m pc; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 14 \div 22/24$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,1$ kgf/cm ² , fanno eccezione le lenti limoso sabbiose con $f_{sm} = 0,5 \div 0,6$ kgf/cm ² .

L'unità geotecnica N/SG caratterizza la fascia meridionale centrale del territorio comunale estesa in senso sud nord con andamento sub parallelo alla SP n° 3 Reggio Emilia – Novellara sede della frazione di San Giovanni della Fossa.

Verticale tipo N/NW**Zona occidentale – settentrionale: da confine sud a S. Bernardino – confine nord est - Bernolda**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità W1 da piano campagna a -5,0 m p.c.	Alternanze prevalentemente argillose argilloso limose, leggermente sovra consolidate sature, localmente sono presenti strati lentiformi di materiali rimaneggiati e/o di riporto a medio bassa consistenza; talvolta si riscontrano lenti torbose con spessore giungente anche a 1 m, generalmente presenti a quote tra -3 ÷ -4 m p.c.; detti terreni sono contraddistinti da $q_{cm} = 14 \div 18/20$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,7 \div 1,2$ kgf/cm ² , localmente si riscontrano strati con caratteristiche a maggior grado relativo di compressibilità: $q_{cm} 8 \div 10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono in genere sature a profondità sottostanti -1,5/-2,5 m pc; in tali terreni fintantoché non sono completamente perforati i primi 5/8 m del sottosuolo eminentemente argillosi non si riscontra presenza di falda idrica sotterranea.

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità W2 Da -5,0 a -8,0 m p.c.	Unità a pronunciata variabilità orizzontale del grado di consistenza costituita da argille – argille limose leggermente sovraconsolidate sostituite lateralmente da argille limose – limi argillosi a grado di consistenza medio – medio basso; i valori di resistenza alla punta nei terreni argillosi oscillano tra $q_{cm} = 16 \div 18/22$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale varia tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,5$ kgf/cmq; nei litotipi limoso argillosi $q_{cm} = 7 \div 12$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,5/0,7$ kgf/cmq.
Unità W3 Da -8,0 a -12 m p.c.	Litotipi prevalentemente argillosi – argilloso limosi, contenenti locali corpi lentiformi sabbiosi e limosi; detti terreni sono leggermente sovraconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 14 \div 18/20$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,7 \div 1,2$ kgf/cmq.
Unità W4 Da -12,0 a -15,0 ÷ -16,0 m p.c.	Unità a sensibile variabilità laterale delle componenti granulometriche costituita argille limose – limi argillosi sostituite orizzontalmente da sabbie - limi sabbiosi; nelle componenti argilloso limose i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 10/12 \div 18/24$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 1,0$ kgf/cmq; dove prevalgono le sabbie $q_{cm} = 50 \div 60$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cmq.
Unità W5 Da -15,0 ÷ -16,0 m a -22,0 m p.c.	Alternanze argilloso limose – limoso argillose con intercalati sottili strati sabbiosi limosi lentiformi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 11 \div 16$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla fra $f_{sm} = 0,4 \div 0,8$ kgf/cmq. Nelle zone settentrionali a profondità sottostanti -14/-15 ÷ -18 m pc sono presenti sabbie addensate $q_{cm}=50/60 \div 100/130$ kgf/cmq, $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cmq, riscontrabili sino a -30 m pc; tali zone si approfondiscono e si assottigliano in direzione sud.
Unità W6 Da -22,0 m a -25,0 m p.c.	Orizzonte a marcata variabilità litologica laterale costituito prevalentemente da argille – argille limose consistenti contraddistinte da $q_{cm} = 14 \div 18$ ed $f_{sm} = 0,8 \div 1,0$ kgf/cmq a luoghi sostituite da corpi sabbiosi a grado di densità relativa medio elevato caratterizzati da $q_{cm} = 80 \div 100$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,6 \div 0,8$ kgf/cmq. Nelle zone settentrionali a profondità sottostanti -14/-15 ÷ -18 m p c sono presenti sabbie addensate $q_{cm}=50/60 \div 100/130$ kgf/cmq, $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cmq, riscontrabili sino a -30 m pc; tali zone si approfondiscono e si assottigliano in direzione sud.

Unità geotecnica N/WN caratterizza i settori occidentali e settentrionali e centro orientali dell'area comunale delimitata a sud dal confine comunale con Bagnolo in Piano ed a nord da quelli di Guastalla-Reggiolo, la fascia centro occidentale si estende da via Costituzione al confine con Campagnola E.

5 MODELLI GEOTECNICI

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

- **Verticale litotecnica N/CS:** caratterizza la fascia centrale - centro settentrionale del territorio comunale, alla quale appartiene la parte del capoluogo a sud di Via F.lli Cervi/via Indipendenza, ad ovest di via Cavour e che si estende in direzione sud sino a Viazzola del Borgazzo, delimitata ad est dall'allineamento parte sud di via Madonnina - Cimitero e ad ovest dall'allineamento incrocio sP 3/Strada dei Boschi - incrocio sP 42/ via F.lli Manfredi; costituisce circa il 3 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme indicano un medio - medio basso grado di consistenza dei terreni che formano i primi 6/7 m del sottosuolo; per strutture che non impongono carichi elevati sul terreno e per pilastri che trasmettano al sottosuolo tensioni non eccedenti 100 Ton, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 0,6 \div 0,8 \text{ kgf/cm}^2$$

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

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

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

- **Verticale litotecnica N/CW:** costituisce la zona centro settentrionale del territorio comunale alla quale appartiene la parte occidentale del capoluogo a nord di via F.lli Cervi - via Indipendenza, ad ovest dell'allineamento via Cavour - via E. Fermi, delimitata ad ovest da Via F.lli Manfredi - Via Valle ed a settentrione dall'allineamento via Mulino di Sotto - via Caravaggio; forma circa il 1 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano un medio grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 6/7 m del sottosuolo e localmente medio - medio elevato grado di compressibilità sino a -3 m pc; successivamente il grado di compressibilità è medio basso - basso.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 3/7 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,6 \div 0,8 \text{ kgf/cm}^2$$

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

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

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

- **Verticale litotecnica N/ZN:** caratterizza la Zona Industriale Nord e nord del capoluogo a settentrione di via Caravaggio compresa tra via E. Fermi - via C. Colombo – Strada Reatino; costituisce circa il 1 % del territorio.

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

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

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

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

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

- **Verticale litotecnica N/PM:** caratterizza il settore centro orientale dell'area comunale, esteso sud nord sub parallelamente alla sP 3, con larghezza media di 700 m, delimitato a nord da via Cartoccio ed a sud da Strada Levata, al quale appartiene la Zona Industriale Motta; costituisce circa il 4 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano la presenza di terreni a medio – medio basso grado di consistenza nei primi 4/5 m del sottosuolo, ai quali seguono litotipi a media consistenza sino a -10/-12 m pc e successivamente sovraconsolidati sino a -15 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, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

- Zone a medio elevato – elevato grado di compressibilità:

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

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

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

- Zone a medio – medio basso di compressibilità

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

per profondità del piano di posa:

$$D = 1,2 \div 1,8 \text{ m pc}$$

Per edifici con più di due/tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 70/80 Ton per pilastro, è da prevedere l'adozione di fondazioni di tipo profondo su pali e/o da valutare soluzioni fondali a platea generalizzata.

- **Verticale litotecnica N/SG:** costituisce il settore meridionale centrale del territorio esteso sub parallelamente alla sP 3 con larghezza di 600/800 m compreso tra il confine comunale con Bagnolo in Piano e via Levata, al quale appartiene la frazione di San Giovanni della Fossa; forma circa il 5 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano un medio elevato - medio grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 5/6 m del sottosuolo, ai quali seguono terreni a medio grado di consistenza sino a -10 m pc e successivamente leggermente sovraconsolidati sino a -15 m pc.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 3/6 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione, per strutture che non impongono elevate tensioni sul suolo, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

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

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

$$D = 1,4 \div 2,0 \text{ m pc}$$

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

- **Verticale litotecnica N/NW:** costituisce la fascia occidentale (ovest sP 3), quella settentrionale (nord Sp 42) e la zona centro orientale del territorio comunale ad ovest del capoluogo e rappresenta l'unità arealmente più estesa; forma circa il 86 % della superficie comunale.

Le caratteristiche geotecniche di insieme evidenziano un medio - medio basso grado di compressibilità nei primi 4/5 m del sottosuolo ed a luoghi un medio elevato grado di compressibilità da -5 a -8 m pc, bassa compressibilità da -7/-8 a -15 m pc. A zone sono presenti materiali di riporto e/o terreni rimaneggiati nei primi 3 m dal pc.

Nella fascia settentrionale del territorio, nord dell'allineamento sP 81 San Bernardino - Bernolda, a profondità sottostanti -14/-15 ÷ -18 m pc sono presenti sequenze sabbiose addensate sino a -30 m pc; dette litozone procedendo in direzione sud rispetto alle sopraindicate sP e località, si approfondiscono rapidamente ed assottigliano e contestualmente si arricchiscono in intercalazioni di orizzonti argilloso limosi sino ad esaurirsi nel territorio a meridione di via Pennella - via Levata.

In rapporto al grado di consistenza dei terreni che formano i primi 5 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione, per strutture che non impongono elevate tensioni sul suolo, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzo di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

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

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

$$D = 1,5 \div -2,0 \text{ m pc}$$

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

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

5.1 SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

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

5.2 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio Vs, delle unità litotecniche che costituiscono i primi 40 ÷ 60/80 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, elaborate con metodo integrato e restituite in un'unica verticale, sono inoltre state eseguite prospezioni puntuali verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Queste ultime sono state sempre effettuate congiuntamente alle prospezioni Re.Mi. Re.Mi/MASW.

Dette indagini, che saranno in maggior dettaglio di seguito elencate, sono state distribuite sul territorio sia in funzione delle finalità di caratterizzazione sismica dell'urbanizzato che degli ambiti suscettibili di urbanizzazione che delle principali infrastrutture; oltre a ciò sono state effettuate verticali di acquisizione delle Vs anche in altri siti al fine di individuare i valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio dei vari tipi di terreni presenti nel territorio di Novellara.

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

5.3 Microtremori con la tecnica HVSr

Le indagini a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali si sono effettuate in 20 punti, integrate da 47 analoghe verticali precedentemente eseguite dallo Scrivente nell'area comunale; pertanto nella zona analizzata sono stati utilizzati in totale di 67 punti, distribuiti con maglia statisticamente rappresentativa che rapportata all'estensione del territorio comunale: 58.16 kmq, ha consentito di esaminare lo stesso secondo dimensioni con unità di area mediamente corrispondenti a 0,85/1,0 ÷ 1,2/1,4 kmq.

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

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

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

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

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

Le prospezioni di nuova esecuzione, effettuate in numero complessivo di 20, integrate da 47 analoghe verticali precedentemente eseguite dallo Scrivente, 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 Vs che è modificabile in sede di elaborazione. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di dispersione calcolata è adattata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

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

6 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

6.1 Carta delle indagini

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

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:

- 278 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 3 prove penetrometriche CPTU
- 21 Sondaggi Meccanici (SM)
- 23 Stratigrafie di Pozzo per Acqua (PA)
- 47 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: Re.Mi.- Re.Mi./MASW
- 47 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:

- 20 prospezioni di sismica a rifrazione con metodo passivo con antenna monodirezionale Re.Mi/MASW; comprendendo le analoghe indagini precedentemente eseguite nell'area comunale dallo Scrivente n° 47, complessivamente sono stati utilizzati i dati di 67 siti di misura.
- 20 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R. comprendendo quelle precedentemente eseguite nell'area comunale n° 47, sono stati utilizzati complessivamente i dati di 67 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 ÷ 1000 m nell'area sede del capoluogo, di 400 ÷ 700 m nelle zone industriali, di 500 ÷

1000 m nelle principali frazioni, con interassi di 1000 ÷ 1200 ÷ 1400 m nelle zone extraurbane.

6.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

La campagna di prospezioni geofisiche eseguite nel territorio di Novellara, 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:

- 67 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
$0,5 < F_0 \leq 0,8$	$1,5 \leq A < 2$
$0,8 < F_0 \leq 1,0$	$2,0 \leq A < 3,0$
$1,0 < F_0 \leq 2,0$	$A \geq 3,0$

Dette associazioni sono riportate nella tavola "Frequenze Naturali Terreni, Tav. 1.6; le misure sono state identificate mediante una serie di simboli con colori e dimensioni differenti. Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

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

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

La prevalenza dei valori che caratterizzano il territorio appartiene al campo $f_0 = 0.5 \div 0.8$ Hz ($T = 2.0 \div 1.25$ sec) ed in percentuale leggermente inferiore al campo $f_0 = 0,8 \div 1,0$ Hz ($T = 1,25 - 1,0$ sec), fanno eccezione di areali di modesta estensione nel settore centro meridionale nell'area circostante Bellaria Nuova (nord ovest di San Giovanni della Fossa) contraddistinti da $f_0 = 1.1$ Hz ($T = \text{sec}$).

I valori delle frequenze principali dei terreni non indicano significative correlazioni con le caratteristiche litologiche più superficiali primi 5/10 m del sottosuolo come evidenziano i valori praticamente equivalenti tra le litozone prevalentemente argillose – argilloso limose e quelle limose – limoso sabbiose – sabbioso limose.

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

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

6.3.1.1 Tetto sabbie

La carta del tetto dei corpi sabbiosi superficiali e tetto del primo acquifero (Tav. 1.5), è stata elaborata in base all'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT - CPTU - stratigrafie di sondaggi meccanici, dei pronunciati contrasti di impedenza nei primi $5 \div 20$ m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali Re.Mi/MASW eseguite, stratigrafie di prospezioni geofisiche con metodo geoelettrico verticale, precedentemente effettuate nelle analisi di PSC 2003; Variante PSC 2009, POC 2007, POC 2011, Novellara.

Tale elaborato visualizza la profondità in m rispetto al piano campagna delle litozone nelle quali le componenti sabbiose sono rappresentate in orizzonti di significativo spessore.

In detta tavola, per quanto riguarda i corpi sabbiosi più superficiali, l'isobata a tratto continuo che delimita la zona esterna indica la terminazione laterale del corpo sabbioso e relativa profondità del letto; l'isobata più interna individua la profondità del tetto dell'unità sabbiosa rispetto al piano campagna.

Le isobate del tetto del primo acquifero (isolinee verdi) visualizzano la profondità rispetto al piano campagna alla quale è rinvenibile il tetto degli orizzonti sabbiosi, a sviluppo prevalentemente tabulare, che formano le spesse bancate dell'unità idrogeologica del Po.

L'assetto del tetto dei corpi sabbiosi superficiali denota geometrie lentiformi prevalentemente allungate in senso sud ovest nord est che principalmente assecondano l'andamento della sP n° 3 Reggio Emilia – Novellara; sono in subordine presenti assetti estesi ovest est nella zona a sud est del capoluogo, circa in corrispondenza di via Borgazzo, e nella fascia meridionale parallela al confine comunale con Bagnolo in Piano.

La distribuzione areale dei corpi sabbiosi, ad eccezione della sopracitata fascia settentrionale correlata ai depositi alluvionali sepolti del Po, concorda sostanzialmente con le fasce di canale fluviale estinto (paleoalvei) individuate mediante l'analisi geomorfologica.

L'assetto spaziale nel sottosuolo del tetto delle sabbie evidenzia che i corpi di maggior estensione e spessore (4/6 m) sono rinvenibili nel settore centrale – centro meridionale nella fascia estesa sud – nord, larga 500/700 m allungata secondo la sP 3 ed in quella che asseconda l'andamento di via Borgazzo sino al confine comunale con Campagnola E. e che da quest'ultimo prosegue ad est in direzione di Cognento – Osteriola.

I corpi sabbiosi presenti nel settore meridionale sono orientati sia sud nord che ovest est; i primi assecondano l'andamento della Strada San Giovanni, i secondi si estendono concordemente alla direzione del confine comunale sud est tra Novellara e Bagnolo in Piano.

Nella parte settentrionale del territorio le unità sabbiose presenti nel sottosuolo a profondità comprese tra -14/-15 e -25/-30 m sono caratterizzate da geometrie tabulari che si sviluppano principalmente in direzione ovest est; tali litozone si approfondiscono ed assottigliano, arricchendosi in intercalazioni argilloso limose, in direzione meridionale sino praticamente ad estinguersi nei settori di territorio a meridione di via Pennella – via Levata.

6.3.1.2 Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

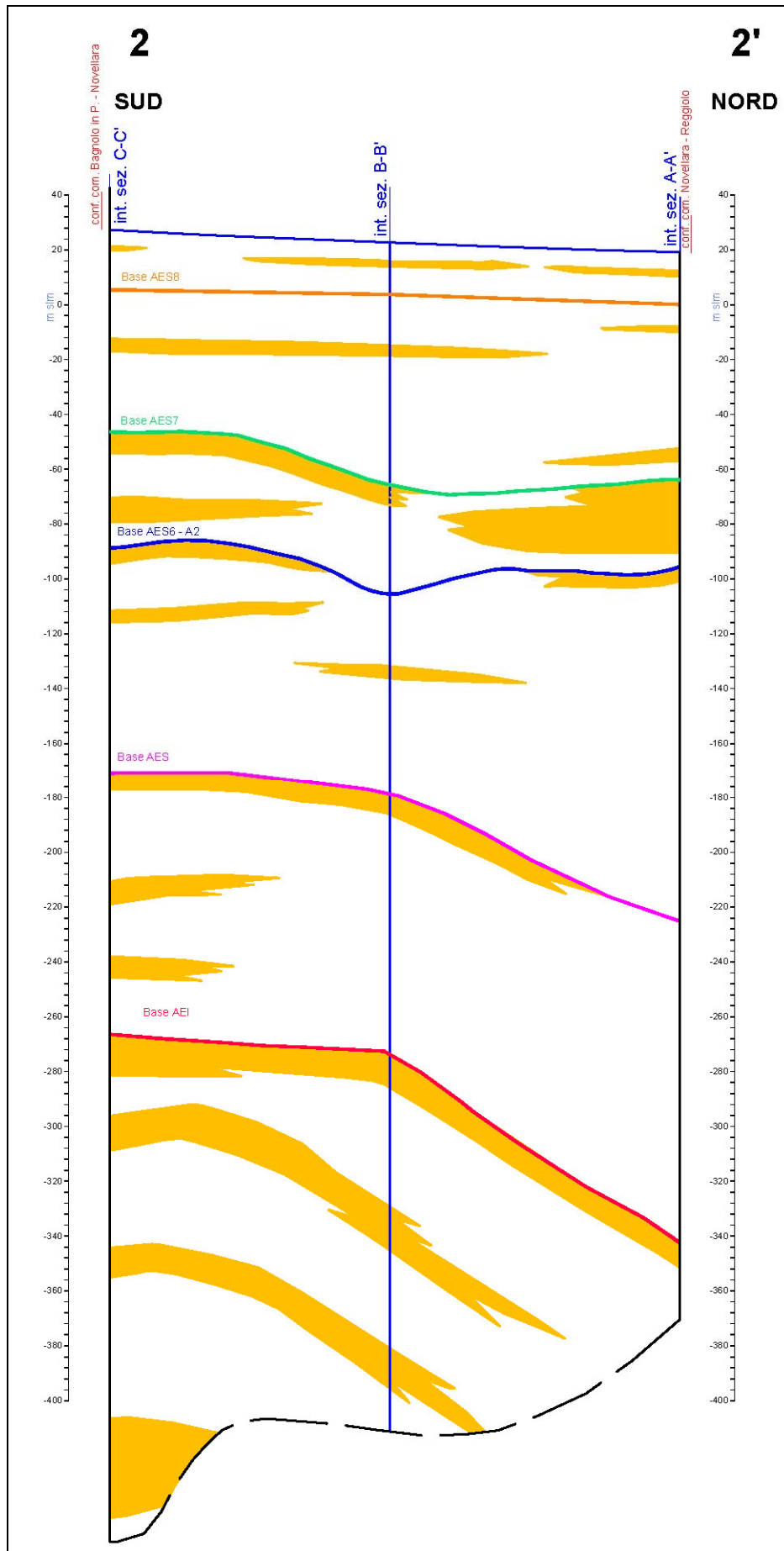
Le profondità dal piano campagna e l'assetto spaziale dell'unità litotecnica che localmente indica comportamento relativo più rigido, assimilabile al bedrock sismico, sono state individuate in funzione dei valori di frequenza principale ottenuti dalle prospezioni HVSR, e dalle velocità delle onde sismiche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

In riferimento a tali dati mediante la relazione:

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

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

L'assetto spaziale indica una generale tendenza ad assecondare le geometrie della base dei depositi continentali ed in subordine del substrato prepliocenico, le geometrie del bedrock evidenziano le profondità relative minori: -110/-120 m pc, nella fascia settentrionale del territorio al confine con Reggiolo - Guastalla, nel sottosuolo della quale sono percentualmente più rappresentati nei primi 100 m dal piano campagna i potenti orizzonti sabbiosi dell'unità idrogeologica del Po. Analoghe inferiori profondità, -110/-120 m pc, si osservano nella zona sud orientale in prossimità del confine comunale con Bagnolo in Piano e Correggio nel sottosuolo della quale il substrato prepliocenico si riscontra a -2000/-2500 m pc.



Successione stratigrafica quaternario continentale

Le profondità relative maggiori -120 ÷ -130/-140 m pc si riscontrano della fascia estesa ovest nella zona centrale del territorio comunale dove il tetto del substrato prepliocenico è caratterizzato da linee di sovrascorrimento con analoga direzione che sono intersecate, circa tra via Boschi ed Allacciante Cartoccio, da sovrascorrimenti orientati sud ovest nord est; simile condizione si riscontra all'estremità nord est dove sovrascorrimenti ovest est e nord est – sud ovest mettono a contatto l'ala nord occidentale della Dorsale Ferrarese con la Monoclinale Alpina.

Dal raffronto con le sezioni geologiche si evince che il substrato a comportamento rigido prevalentemente riscontrabile a -110 ÷ -120 m pc è tendenzialmente correlabile alla parte medio alta del Sintema AES: base AES6 circa corrispondente al letto del ciclo de posizionale A2.

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

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. Delle Regioni e P.A., DGR.ER 1919/2013, e DGR 2193/2015, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica. Per dette aree sono stati definiti gli approfondimenti di indagine ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento da effettuarsi in funzione delle condizioni di pericolosità sismica che ad esse compete.

Nell'individuazione e delimitazione di dette zone oltre alle documentazioni geognostiche prove penetrometriche CPT - CPTU, sondaggi meccanici e 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); detta analisi integrata ha consentito una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da comportamenti in condizioni statiche e dinamiche considerabili tra essi praticamente equivalenti.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS tav. 1.7, 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 le analisi di elaborazione delle prospezioni geognostiche a geofisiche sono state integrate con valutazioni di carattere geotecnico.

Dette disamine sono state sviluppate anche in riferimento alle elaborazioni individuanti i differenti scenari di pericolosità sismica locale e degli effetti locali attesi del PTCP della Provincia di Reggio Emilia, agli elaborati della relazione geologica – analisi sismica PSC 2003, e sua Variante 2007, POC 2007 e POC 2011 del Comune di Novellara.

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

6.4.1 Definizione successioni a comportamento sismico equivalente

L'individuazione delle sequenze litotecniche - sismiche delle aree a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, è stata definita in funzione delle prospezioni geognostiche e geofisiche ed elaborati sopra descritti integrati dalle prospezioni geofisiche direttamente eseguite e quelle precedentemente effettuate dallo scrivente 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 10/2013, è stata eseguita in funzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche che prevalentemente influenzano gli effetti dello scuotimento sismico in superficie, relativamente ai primi 20 – 30 m del sottosuolo.

In riferimento a quanto esposto sono state quindi individuate le sequenze delle zone stabili nelle quali gli effetti sono correlati ad amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche: zone 1-2-3-4-5 e le zone suscettibili di instabilità: zone LQ1, zone cedimenti differenziali, zone sovrapposizione di instabilità differenti.

Tali classi 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 $V_s < 160/200$ m/sec e con spessori compresi tra 1/2 e 4/6 m, soggetti a potenziale pericolosità di liquefazione: zone LQ₁, quelle in cui sono attesi incrementi dei consolidamenti per effetti sismici, le zone nelle quali sussistono condizioni predisponenti a cedimenti e potenziale instabilità di profili di scavo e/o di accumuli in rilevato fuori terra.

Le instabilità per cedimenti si sviluppano nelle condizioni in cui le successioni litologiche prevalentemente limose – argilloso limose contengono intercalazioni di strati sabbioso limosi – limoso sabbiosi, ad assetto prevalentemente lentiforme, con spessori inferiori/uguali ad 1 m e che nell'insieme dei primi 15 m pc non superano spessori di 2/3 m, contraddistinti da $V_s < 140$ m/sec nei primi 7 m pc; in detti casi possono insorgere deformazioni correlate ad addensamenti di sottili strati sabbioso limosi, ai quali conseguono cedimenti differenziali.

Analoghi effetti caratterizzano le successioni prevalentemente argilloso limose e limoso argillose – limose che formano i primi 6/8 m del sottosuolo, contenenti livelli sabbiosi lentiformi con spessore inferiore a 1 m, contraddistinte da valori di resistenza alla punta di insieme al penetrometro statico corrispondenti a $q_c < 7$ kgf/cm² e valori di velocità di propagazione delle onde di taglio equivalenti a $V_s < 120/150$ m/sec; tali caratteristiche definiscono le aree nelle quali sono attesi cedimenti differenziali.

Le zone nelle quali sono presenti nei primi 6/10 m del sottosuolo residui di attività antropiche: rifiuti solidi urbani, poco consistenti, sono soggette a cedimenti per biodegradazione/consolidazione che possano inoltre indurre condizioni di instabilità negli accumuli in rilevato fuori terra e sui profili di scavo negli invasi di contenimento; dette condizioni definiscono le aree con sovrapposizione di instabilità differenti.

6.4.1.1 Aree Suscettibili di Effetti Locali e di instabilità

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

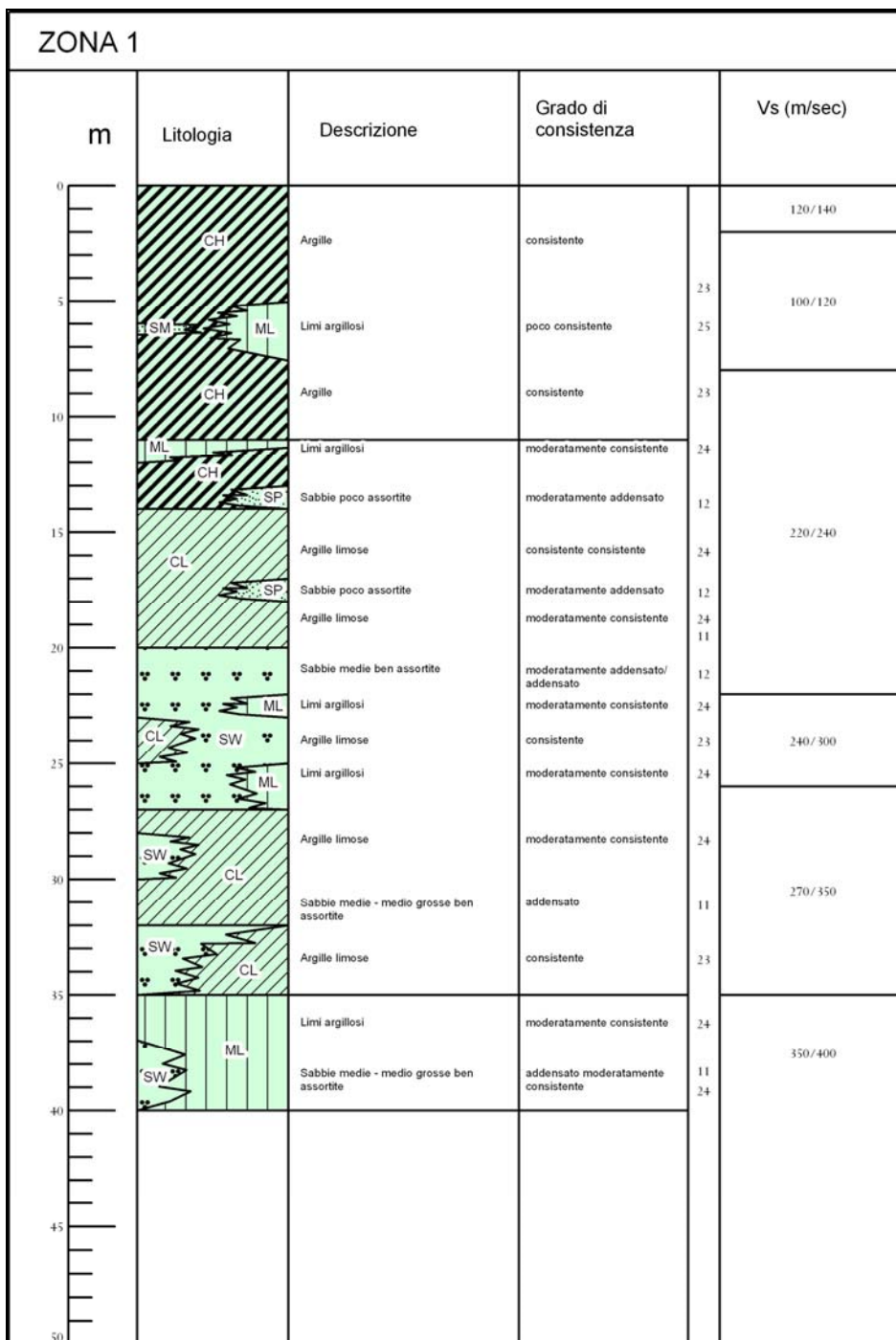
Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

Zone suscettibili di instabilità

alle quali sono riconducibili le caratteristiche di seguito descritte:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche tali da indurre effetti di amplificazione locali, zone da 1 a 8 di legenda, secondo quanto previsto dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall’allegato C della DGR 1919/2013.
- **Zone suscettibili di instabilità:** appartengono a tale categoria tutte le aree potenzialmente soggette a deformazioni permanenti nelle quali le caratteristiche litostratigrafiche evidenziano la presenza di alternanze di strati sabbiosi – sabbioso limosi che nei primi 5 ÷ 15 ÷ 20 m del sottosuolo presentano spessori compresi tra 1/2 ÷ 4/6 m, potenzialmente suscettibili di liquefazione (zona ZA_{LQ1}); le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori inferiori ad 1 m, moderatamente addensati – poco addensati, suscettibili di cedimenti differenziali; le successioni argilloso limose – limoso argillose poco consistenti nei primi 7 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle $V_s < 120 \div 140$ m/sec, suscettibili di cedimenti differenziali; le sequenze prevalentemente limoso sabbiose - sabbioso limose poco consistenti nei primi 6 ÷ 8 m del sottosuolo e con $q_c < 20$ kgf/cm² $V_s < 160 \div 200$ m/sec soggette a potenziale pericolosità di addensamento e cedimenti differenziali e le successioni litotecniche a medio elevata compressibilità ($q_c \leq 7$ kgf/cm²); le aree con resti di attività antropiche nelle quali sussistono condizioni predisponenti a cedimenti e di potenziale e di instabilità dei profili di scarpata e dei rilevati fuori terra.

Le delimitazioni delle zone e relative colonne stratigrafiche, esposte nella legenda della Tav. 1.7, si sono articolate come di seguito esposto:



ZONA 1 (2001): Aree stabili con presenza di sequenze prevalentemente argillose – argilloso limose consistenti – moderatamente consistenti (CH/CL – 23/24); a profondità sottostanti -19/-20 m sabbie medio fini e medio grossolane ben assortite moderatamente addensate (SP – 12); a profondità sottostanti 27/28 m dal p.c. sabbie medie addensate (SW – 11) argille limose – limi argillosi moderatamente consistenti (CL/ML - 24) con intercalati corpi lentiformi di sabbie medie addensate (SW - 11);

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello.

ZONA 2				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0	CH	Argille	consistente	120
5	CL	Argille limose	moderatamente consistente	
	CH	Argille	consistente	120/150
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	
10	CH	Argille	consistente	160/230
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	160/230
	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	
15	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	220/260
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	
	SW	Sabbie ben assortite	addensato	220/260
20	CL	Argille limose	moderatamente consistente	
25	CH	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	240/330
	CL	Argille	moderatamente consistente	
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	240/330
	CL	Argille limose	consistente	
30	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	240/330
	CH	Argille	consistente	
35	SW	Sabbie medie ben assortite	addensato	340/380
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	
40				
45				
50				

ZONA 2 (2002): Aree stabili con presenza di sequenze prevalentemente argilloso limose e secondariamente limoso argillose moderatamente consistenti (CL/ML – 24), con intercalati, a profondità sottostanti -12 m dal piano campagna, subordinati corpi lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi con spessori inferiori a 1 m; a quote sottostanti -20 m pc argille limose – limi argillosi moderatamente consistenti (CL/ML - 24) con intercalate lenti sabbiose con spessori di 1,5/2 m, moderatamente addensate – addensate (SP/SW - 12/11).

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello

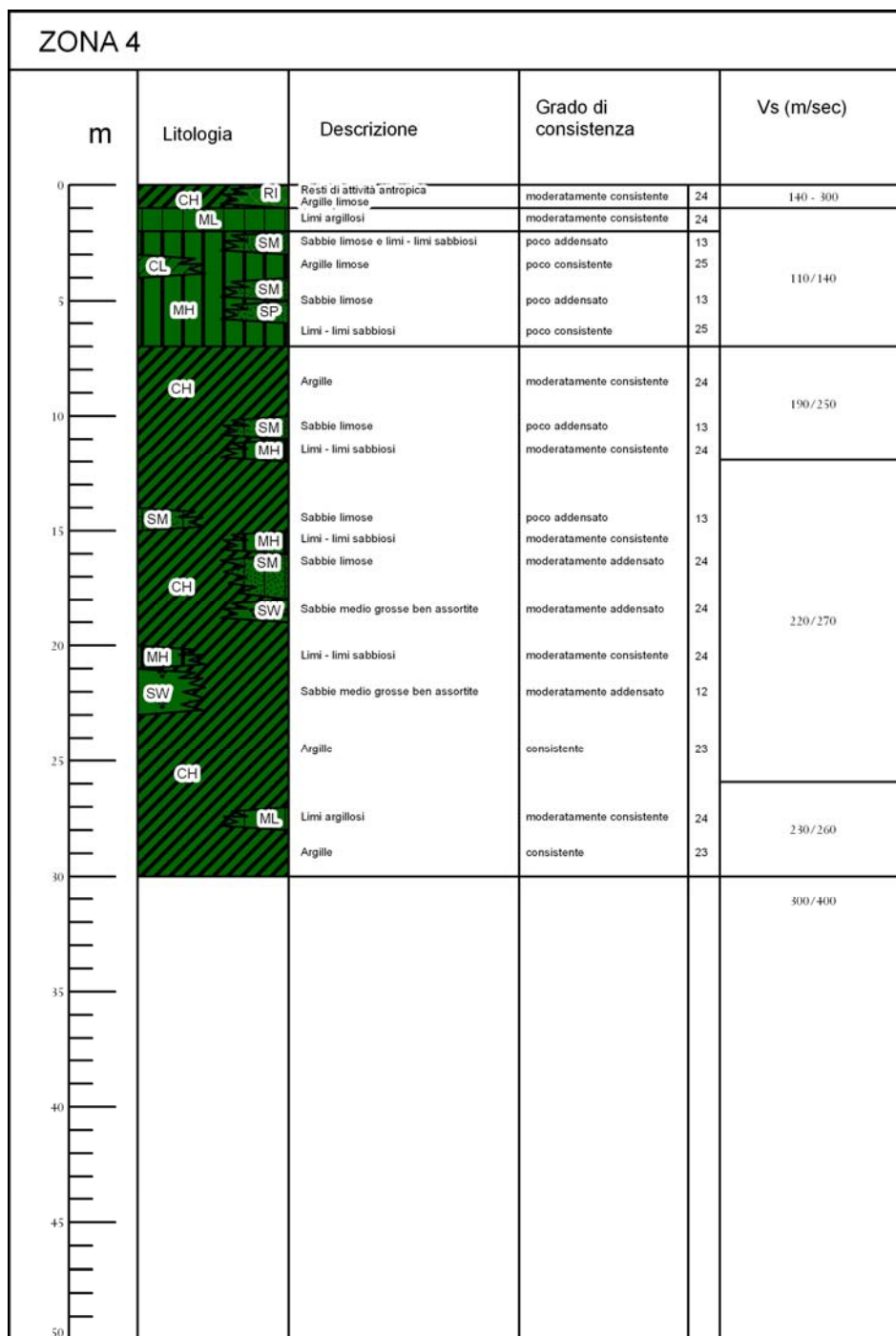
ZONA 3				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0	CH	Argille	consistente	120/140
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	
5	ML	Limi argillosi	consistente	
	CL	Limi - limi sabbiosi	moderatamente addensato	150/200
	MH	Argille limose	moderatamente consistente	
	CL	sabbie limose	moderatamente addensato	
10	SM	Argille	consistente	
	CH	sabbie limose	moderatamente addensato	200/300
	SM	Argille	consistente	
	CH	sabbie medie ben assortite	addensato	
15	SM	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	
	SW	Sabbie medie ben assortite	moderatamente consistente	300/390
	MH	Argille limose	moderatamente consistente	
	CL	Argille	moderatamente consistente	
20	SW	sabbie poco assortite	moderatamente addensato	
	SP	Argille	moderatamente consistente	380/400
	CH	sabbie poco assortite	moderatamente addensato	
	CH	Argille	moderatamente consistente	
25	SP	Argille	moderatamente consistente	
	CH	Argille	moderatamente consistente	
	CH	Argille	moderatamente consistente	
	CH	Argille	moderatamente consistente	
30	CH	Argille	moderatamente consistente	
35				
40				
45				
50				

ZONA 3 (2003): Aree stabili con presenza di alternanze prevalentemente limoso argillose - argilloso limose, moderatamente consistenti (ML/CL - 24), con intercalati subordinati corpi lentiformi sabbiosi - sabbioso limosi da poco a moderatamente addensati (SP/SM/SW - 13/12) con spessori inferiori a 1 m sino a-20 m;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello.

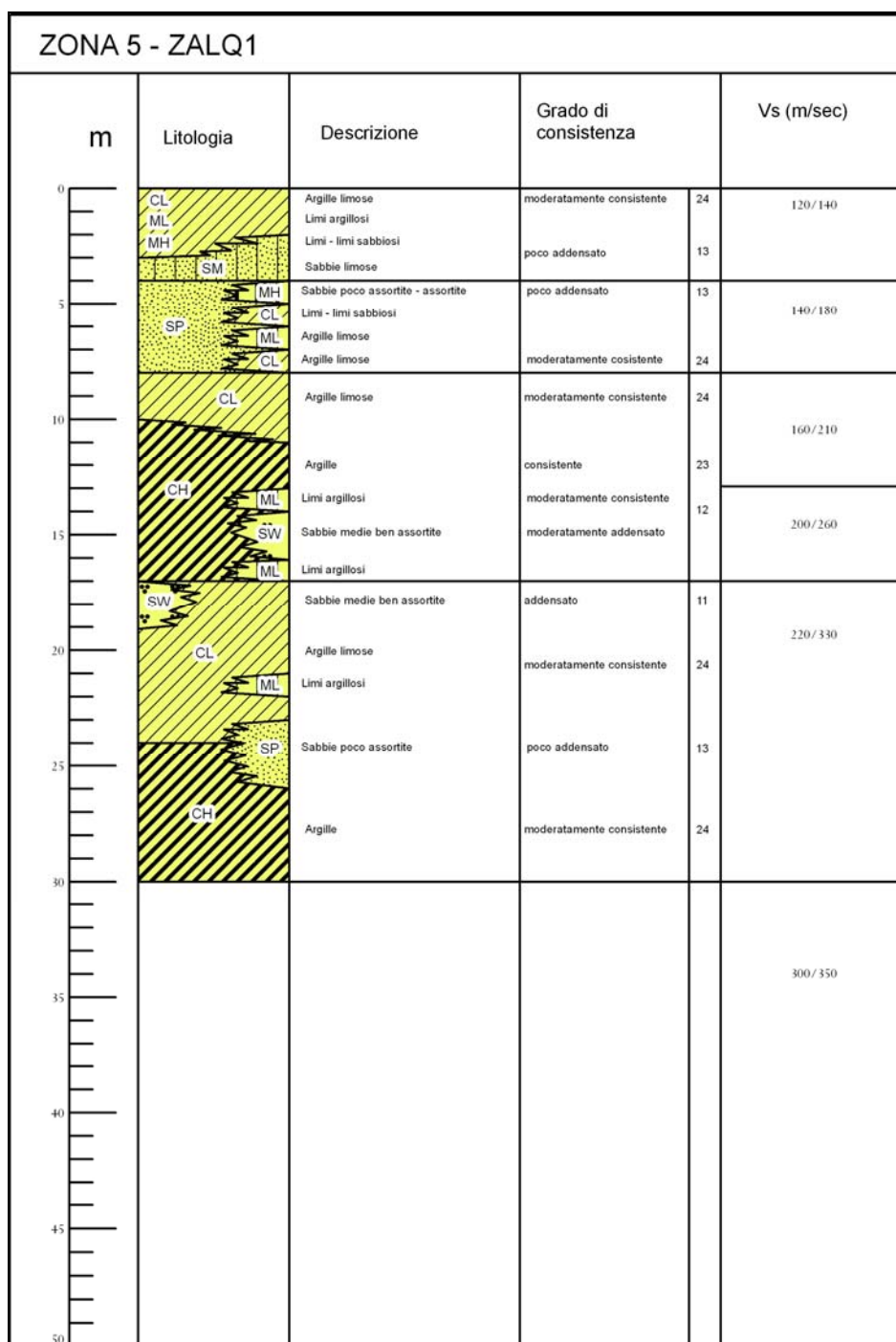


ZONA 4 (2004) – Aree stabili con presenza di sequenze prevalentemente limoso sabbiose – sabbioso limose da moderatamente consistenti - addensate a poco consistenti - addensate (MH/SM/SP – 24/12 – 25/13) con Vs <140 m/sino a -7 m pc; a profondità sottostanti argille con lenti sabbioso limose – limoso sabbiose moderatamente consistenti – poco addensate (CL/SM/MH – 24/13) con Vs = 200/270 m/sec; a profondità soggiacenti -15 m pc sabbie – sabbie limose moderatamente addensate (SW/SM - 12) con Vs = 230/260 m/sec;

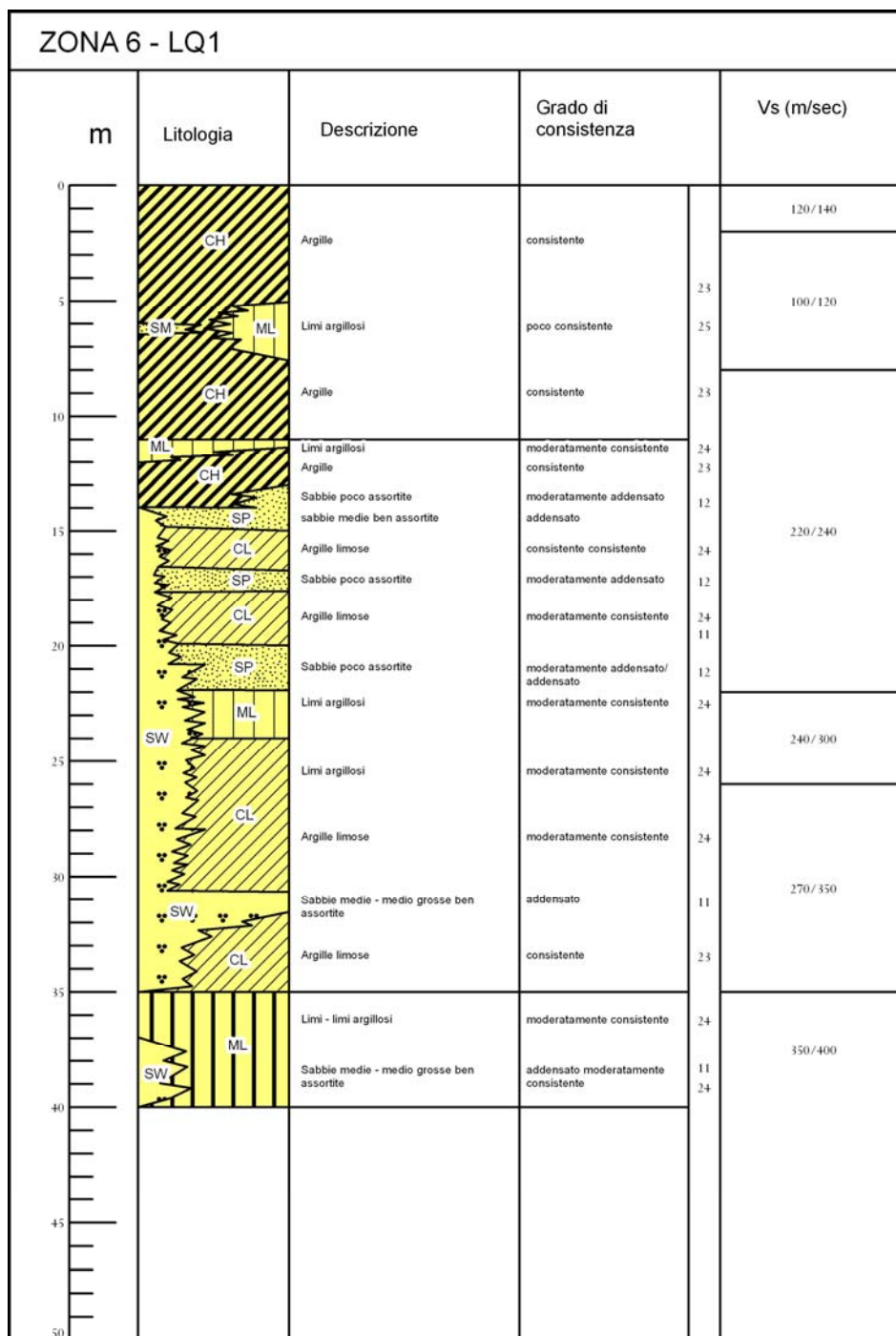
effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello.



ZONA 5 (2005-3050) – Aree stabili – potenzialmente instabili (LQ1) con presenza di sequenze prevalentemente limoso sabbiose – sabbioso limose da moderatamente consistenti - addensate a poco consistenti - addensate (MH/SM – 24/12 – 25/13) con Vs <180 m/sec nei primi 8 m del sottosuolo; a profondità sottostanti argille – argille limose moderatamente consistenti (CH/CL - 24) con Vs = 200/250 m/sec con intercalate lenti sabbiose e limoso argillose da poco a moderatamente addensate (SP/SW 13/12) e limi argillosi moderatamente consistenti (ML - 24) con Vs = 220/230 m/sec;
effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche e della suscettività alla liquefazione;
microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per la stima di suscettività alla liquefazione.



ZONA 6 (2006-3050): Aree potenzialmente instabili (LQ1) con presenza di sequenze prevalentemente argillose – argilloso limose consistenti – moderatamente consistenti (CH/CL – 23/24); a profondità sottostanti -13/-14 m sabbie medio fini e medio grossolane ben assortite moderatamente addensate (SP – 12) con intercalati strati argilloso limosi – limoso argillosi moderatamente consistenti (CL/ML - 24); oltre 24 m dal p.c. sabbie medie addensate (SW – 11) sino a -30/-35 m pc, quindi argille limose e limi – limi sabbiosi moderatamente consistenti (CL/MH - 24) con intercalati i corpi lentiformi sabbie medie addensate (SW-11);

effetti attesi: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione della suscettività alla liquefazione;

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

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

ZONA 7 - LQ1				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0	CH	Argille	consistente	120
5	CL	Argille limose	moderatamente consistente	
5	CH	Argille	consistente	120/150
5	CL	Argille limose	moderatamente consistente	
10	CH	Argille	consistente	160/230
10	CL	Argille limose	moderatamente consistente	
10	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensate	
15	CL	argille limose	moderatamente consistente	220/260
15	SW	sabbie medie ben assortite	addensate	
15	CL	argille limose	moderatamente consistente	
15	CL	argille limose	moderatamente consistente	
15	CL	argille limose	moderatamente consistente	
15	CL	argille limose	addensate	
25	CH	Argille	moderatamente consistente	240/330
25	CL	Argille limose	consistente	
25	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	
25	CL	Argille limose	consistente	
30	CH	Argille	consistente	340/380
30	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	
30	CL	Argille limose	consistente	
35	SW	Sabbie medie ben assortite	addensate	340/380
35	CL	Argille limose	moderatamente consistente	

ZONA 7 (2007-3050): Aree potenzialmente instabili (LQ1) con presenza di sequenze prevalentemente argilloso limose e secondariamente limoso argillose moderatamente consistenti (CL/ML – 24), con intercalati subordinati corpi lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi con spessori inferiori a 1 m; a profondità sottostanti -13/-14 m sabbie medio fini e medio grossolane ben assortite moderatamente addensate (SP – 12); oltre -22 m pc argille – argille limose da consistenti a moderatamente consistenti (CH/CL -23/24) con intercalati corpi lentiformi di sabbie poco assortite, moderatamente addensate – addensate (SP/SW-12/11)

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

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

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

ZONA 8 - LQ1				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0	CH	Argille	consistente	120/140
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	
	ML	Limi argillosi	consistente	
5	CL	Argille limose	moderatamente addensato	150/200
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	
	CL	Argille limose	moderatamente addensato	200/300
	SM	sabbie limose	moderatamente addensato	
10	CH	Argille	consistente	300/390
	SW	Argille	consistente	
	MH	sabbie medie ben assortite	addensato	
	SW	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	
15	CL	Argille limose	moderatamente consistente	380/400
	CH	Argille	moderatamente consistente	
	SW	sabbie medie ben assortite	addensato	
	SW	sabbie medie ben assortite	moderatamente consistente	
	SW	sabbie medie ben assortite	addensato	
20	CH	Argille	moderatamente consistente	
25	CH	Argille	moderatamente consistente	
30	CH	Argille	moderatamente consistente	
35				
40				
45				
50				

ZONA 8 (2008-3050): Aree potenzialmente instabili (LQ1) con presenza di alternanze prevalentemente limoso argillose - argilloso limose, moderatamente consistenti (ML/CL - 24), con intercalati corpi lentiformi sabbiosi – sabbioso limosi da poco a moderatamente addensati (SP/SM/SW – 13/12) con spessori inferiori a 1 m sino a -10/-12 m pc; a profondità sottostanti -13/-14 m sabbie medio fini e medio grossolane ben assortite, addensate (SW-11) sino a -20 m pc; a quote sottostanti argille moderatamente consistenti (CH-24) con intercalati corpi da tabulari a lentiformi di sabbie medio ben assortite addensate (SW-11)

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

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

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

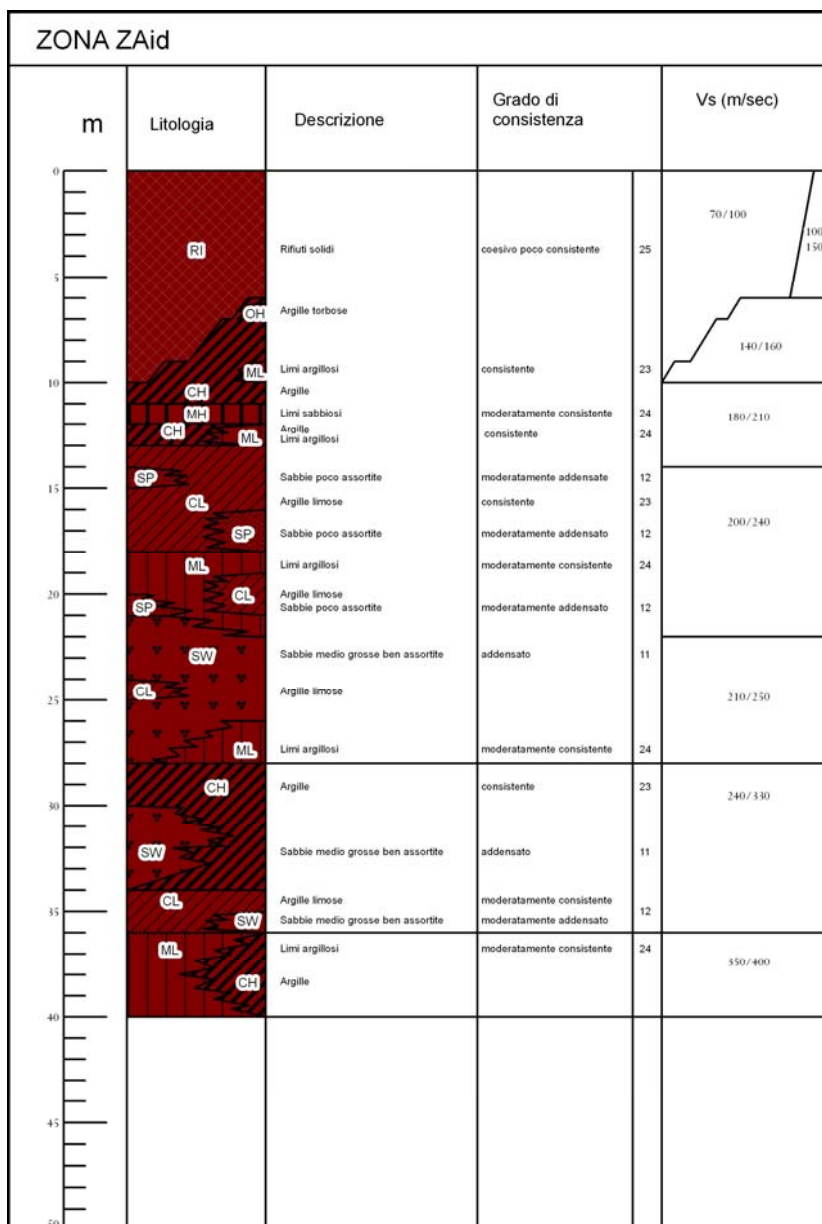
ZONA Cedimenti				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0	CH	Resti di attività antropica	moderatamente consistente	24
	ML	Argille limose	moderatamente consistente	24
	SM	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
	SM	Sabbie limose e limi - limi sabbiosi	poco addensato	13
	CL	Argille limose	poco consistente	25
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13
	SP	Limi - limi sabbiosi	poco consistente	25
	MH	Limi - limi sabbiosi	poco consistente	25
5	CH	Argille	moderatamente consistente	24
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24
10	SM	Sabbie limose	poco addensato	13
	SM	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24
	SW	Sabbie medio grosse ben assortite	moderatamente addensato	24
15	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24
	SW	Sabbie medio grosse ben assortite	moderatamente addensato	12
20	CH	Argille	consistente	23
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
25	CH	Argille	consistente	23
30				300/400

ZAcad ZONA CEDIMENTI – Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di piana alluvionale prevalentemente limoso argillosi – limoso argilloso sabbiosi, da moderatamente a poco consistenti (CL/ML – 24/25) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi poco addensati (SM-13) con spessori inferiori a 1 m e Vs <140m/sec, nei primi 7/8 m del sottosuolo; a profondità sottostanti argille moderatamente consistenti (CH-24) con Vs =200/250 m/sec con intercalati corpi sabbiosi a granulometria medio – medio fine, da poco addensati (SW/SM - 13) a moderatamente addensati (12); a quote soggiacenti -15 m pc sabbie moderatamente addensate (SP/SW – 12) con spessori da 2 a 6 m ed assetti lentiformi e Vs = 200/350 m/sec.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali;

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

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



ZONA ZAid – Area potenzialmente instabile per sovrapposizione di instabilità differenti con presenza di resti di attività antropica **RI**: rifiuti solidi urbani, poco consistenti (25) con Vs = 70/100 m/sec nei primi 6/10 m dal piano compagna, incassati e seguiti da depositi di piana alluvionale prevalentemente argillosi con intercalate subordinate lenti limoso argillose - argilloso limose sino a - 15 m pc, consistenti – moderatamente consistenti (CH/CL/ML – 23/24) con Vs = 160/210 m/sec; a profondità sottostanti -15 m pc argille limose e limi argillosi moderatamente consistenti (CL/ML - 24) con intercalati corpi sabbiosi lentiformi da moderatamente addensati ad addensati (SP/SW – 11/12) con spessori da 2 a 6 m ed assetti lentiformi e Vs = 200/350 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali, instabilità.

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, stima dei cedimenti, valutazione potenziale instabilità di versante;

microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti e valutazione di stabilità di versante.

7 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo livello di approfondisce e definisce la suddivisione in dettaglio del territorio delle aree oggetto di microzonazione sismica individuate negli elaborati di primo livello (carta MOPS) con rideterminazione 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 approccio semplificato utilizzando le tabelle dell'allegato A2.1.2, Pianura 2, della DGR 2193/2015.

PIANURA 2: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.;

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

Pianura 2. Tabella dei Fattori di Amplificazione **PGA, SI1, SI2 e SI3**.

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, le elaborazioni individuano le aree soggette alle integrazioni di terzo livello approfondimento, specificando le disamine da eseguire nelle aree a potenziale pericolosità per liquefazione e per sovrapposizione di instabilità differenti.

7.1 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 V_{s30} sono inoltre identificate anche le analoghe prospezioni geofisiche effettuate sia in precedenza nel territorio comunale che quelle eseguite in adiacenza ai confini di Novellara, 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 Standard versione 3.0, 10/2013.

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

7.2 Carta delle velocità delle onde di taglio V_{s30} (Tav. 2.2)

La carta delle velocità delle onde di taglio V_{s30} (Tav. 2.2), visualizza i valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti i primi 1.5 m pc, (V_{s30} m/sec) determinate in base alle indagini: Re.Mi/MASW effettuate e reperite d'archivio.

Le elaborazioni delle acquisizioni hanno evidenziato valori oscillanti tra un massimo di 270 m/sec nella zona meridionale (sud di S. Giovanni della Fossa), ed un minimo di 180/190 m/sec nella zona centro orientale sede del settore centro meridionale occidentale del capoluogo. I valori medi percentualmente più rappresentati corrispondono a: $V_{s30} = 220 \div 250$ m/sec.

Le velocità relative maggiori si riscontrano nell'area meridionale centrale sede della frazione di S. Giovanni della Fossa contraddistinta da $V_{s30} = 240/270$ m/sec; simili valori relativi maggiori caratterizzano la fascia centrale del territorio estesa ovest - est compresa tra via Levata - Canale Borgazzo a sud e limitata a nord dall'allineamento Strada Boschi - via Cartoccio, racchiusa ad est e ad ovest dai confini comunali; valori simili si rilevano nella fascia ovest est che asseconda l'asse ferroviario Reggio Emilia - Guastalla tra la stazione Capoluogo e via della Vittoria nella quale $V_{s30} = 230/250$ m/sec. I medi minimi relativi $V_{s30} = 200/220$ m/sec caratterizzano la fascia settentrionale estesa ovest est a nord dell'allineamento intersezione allacciante Cartoccio/SP 81 S. Bernardino - Strada Della Vittoria/Canale Minare - Zona Industriale Nord; equivalenti medi minimi si riscontrano nel settore sud orientale ad est di Viazza S. Maria sino ai confini comunali con Correggio e Bagnolo in Piano. I minimi con $V_{s30} = 180/190$ m/sec caratterizzano la parte centro meridionale occidentale del capoluogo compresa tra la Sp 3 e via Togliatti - via XXV Aprile e che a nord di via F.lli Cervi si estende in direzione est sino a intersezione sP 30 / Dugale Giardino.

7.3 Carte dei fattori di amplificazione - microzonazione sismica

La microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento, effettuata per le aree di interesse dell'urbanizzato, identificate dagli sviluppi, 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 in base alla tab. Pianura 2, A 2.1.2, DGR 2193/2015.

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, attinenti alle microzone individuate, sono riferiti agli intervalli 0.1 - 0.5, 0.5 - 1.0 e 0.5 - 1.5 sec come previsto dai testi di indirizzo e DGR 1919/2013.

In funzione delle prevalenti tipologie degli edifici esistenti nel territorio di Novellara e di quelle di prevedibile nuova costruzione, i campi dei periodi sopra indicati evidenziano che le amplificazioni maggiori per quanto riguarda i fabbricati residenziali sono quelli dell'intervallo $FA.IS = 0.1 < T < 0.5$ sec in quanto correlabili a strutture a telaio in CA o in muratura sino a 5/6 piani di altezze e/o a fabbricati ad uso produttivo con altezze sotto trave inferiori a 7 m; d'altra parte al campo dei fattori $FA.IS = 0.5 < T < 1.0$ sec e $0.5 < T < 1.5$ sec appartengono le strutture a telaio in CA con più di 6 piani, quelle ad uso produttivo con altezze sottotrave > 8 m, manufatti alti e stretti tipo torri, magazzini verticali, ecc...

In rapporto ai periodi fondamentali di vibrazione, delle macro-tipologie di fabbricati, in riferimento al metodo di analisi lineare statica previsto dalle NTC 2008 punto 7.3.3, sono di seguito esposti, a titolo esemplificativo, i periodi principali relativi alle strutture prevalentemente presenti nel territorio di Novellara ed in comuni con tessuto urbano con simili caratteristiche.

- Fabbricati appartenenti all'intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec: sono a questi attribuibili la maggior percentuale degli edifici 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 $0.5 < T < 1.0$ sec: possono corrispondere a tale campo strutture a telaio in C.A. o metallo con elevazioni maggiori di 6 ÷ 7 piani, magazzini verticali, manufatti alti e stretti quali silos, torri in genere, ecc.

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

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA_0 , elaborata per l'area di interesse degli sviluppi: capoluogo e sue zone industriali, frazioni di San Giovanni della Fossa – San Bernardino e contermini alle stesse (tav. 2.3), evidenzia che la totalità del territorio è caratterizzata da $FAPGA = 1.7 \div 1.8$.

L'omogenea distribuzione territoriale dei valori di FA PGA non evidenzia correlazioni con l'assetto della base e dello spessore dei depositi continentali AES7/AEI e con l'assetto del substrato prepliocenico e le linee tettoniche sepolte che lo interessano.

7.5 Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner

In conformità a quanto previsto dalla DGR 2193/2015 e degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A., 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 ed $FA.IS. 0.5 < T < 1.5$ sec.

In funzione delle tipologie edilizie prevalentemente presenti nel territorio comunale si evidenzia che gli intervalli nei quali generalmente rientrano i fabbricati ad uso civile sino a

5 ÷ 6 piani per le strutture a telaio in CA o in muratura e fabbricati industriali con altezze sottotrave inferiori a 7 m, sono caratterizzati principalmente dai periodi $0,1 < T < 0,5$ sec; gli intervalli dei periodi ai quali di solito appartengono le strutture di tipo produttivo con altezze sottotrave > 8 m, gli edifici a telaio in c.a. oltre 6 piani, manufatti stretti e alti tipo torri, componibili, magazzini verticali ecc, sono contraddistinti prevalentemente dai periodi $0,5 < T < 1,0$ sec e $0,5 < T < 1,5$ sec.

Dette suddivisioni di campi di periodo principale e relative delimitazioni delle aree che a loro competono, assumono particolare significato nel contesto delle previsioni di sviluppo urbanistico poiché consentono di indirizzare le scelte per la destinazione residenziale dove i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec sono inferiori. Analogamente tale criterio di preferenza per i valori di FA.IS minori, nell'intervallo $0,5 < T < 1,5$ sec, è significativo per privilegiare le destinazioni di parti del territorio ad uso produttivo.

La discretizzazione degli intervalli sopraindicati è inoltre di sostanziale ausilio nella valutazione del grado di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente e può essere riferimento per le stime di priorità degli interventi.

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

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 2.4), denota una modesta variabilità territoriale dei valori dei fattori di amplificazione generalmente compresi tra FAIS = 1.9 ÷ 2.0.

I valori relativi maggiori con FA.IS = 2.0, caratterizzano la fascia settentrionale del territorio comunale estesa ovest est, il settore sud orientale tra San Giovanni della Fossa ed i confini comunali con Correggio – Bagnolo in Piano e la fascia all'estremità orientale centrale che interessa la parte est del capoluogo tra via Cavour – via C. Colombo ed il confine con Campagnola E. ed a nord di via Mascagni.

Analoghi valori contraddistinguono il settore sud occidentale tra via della Tondona – sP 69 – via G. Impastato.

La rimanente parte del territorio è contraddistinta da FA.IS = 1,9.

La distribuzione areale dei fattori di amplificazione di Intensità Sismica di Housner nell'intervallo FA.IS. $0.1 < T < 0.5$, indica una tendenziale correlabilità dei valori maggiori: FA.IS = 2,0 con l'aumento degli spessori dei depositi continentali delle unità AES a settentrione dello sovrascorrimento sepolto Cadelbosco di Sopra e di Sotto – Novellara - Fabbrico.

Possibili correlazioni tra i valori di FAIS maggiori con l'assetto del substrato e le linee tettoniche che lo interessano, sono attribuibili al settore sud orientale del territorio, nell'area tra S. Giovanni della Fossa e confini comunali con Correggio – Bagnolo in Piano, nel sottosuolo dei quali è presente la fascia di faglia/sovrascorrimento S. Michele della Fossa – S. Tommaso della Fossa – la Rocca dove circa in sua corrispondenza si è originato il terremoto del 1996 con sorgente tra -5 e -5,3 km di profondità.

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

La distribuzione territoriale dei valori di FA.IS in tale intervallo (tav.2.5), denota un andamento simile a quello dell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec ed evidenzia valori tendenziale maggiori nella fascia settentrionale, nella zona sud orientale, fascia all'estremità orientale centrale, area sud occidentale tra Cavo Sissa e via G. Impastato, nelle quali FA.IS = 3.0 la rimanente parte del territorio è contraddistinta da FA.IS = 2.7.

La distribuzione dei valori dei fattori di amplificazione di Intensità Sismica di Housner nell'intervallo FA.IS $0.5 < T < 1.0$, denota andamenti simili a quelli, di FA.IS dell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec; nella fascia settentrionale dell'area comunale, in accordo con quanto precedentemente esposto, ai valori maggiori di amplificazione si associa l'aumento di spessore dei depositi continentali AES; analogamente per quanto riguarda la zona sud orientale i valori relativi più elevati indicano una correlabilità con la presenza nel sottosuolo della fascia di faglia/sovrascorrimento S. Michele della Fossa – San Tommaso della Fossa – la Rocca.

7.8 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. 2.6), denota una moderata variabilità territoriale dei valori dei fattori di amplificazione generalmente compresi tra FAIS = 2.8 ÷ 3.4.

I valori relativi maggiori con FA.IS = 3,2 ÷ 3.4, caratterizzano la fascia centrale dello sviluppo a cui appartiene il Capoluogo e tra lo stesso e l'area industriale Motta. Analoghi valori di FA.IS si riscontrano nella zona San Bernardino, mentre le rimanenti porzioni del territorio comunale presentano valori di FA.IS. compresi tra 2,8 e 3.

8 CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI

Le documentazioni relative agli effetti conseguiti agli eventi sismici verificatesi in passato sono essenzialmente riconducibili ai terremoti del 1831/32 – 1996 - 2012.

Le informazioni degli effetti sono principalmente riferite all'area del capoluogo, nella quale sono prevalentemente localizzati gli edifici ad uso residenziale e di culto, ed alla frazione di San Bernardino; in subordine sono elencati i danni ai fabbricati siti nel territorio extraurbano che nell'insieme rivestono in modo discretamente diffuso la superficie comunale.

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Novellara ha risentito dei effetti di $I_0 = 5-6$ che hanno reso inagibili 15 edifici uno dei quali pubblico, parzialmente inagibili 6 fabbricati, temporaneamente inagibili 12 fabbricati uno dei quali pubblico ed uno di culto: chiesa della Bernolda.

Gli effetti conseguiti al sisma del 1996 epicentro in prossimità di San Tommaso della Fossa ed ipocentro a $-5/-5,3$ km, ha reso inagibile la chiesa di Santo Stefano nel capoluogo e caduta di comignoli, tegole, con assenza di crolli anche parziali di fabbricati nei quali sono insorti quadri fessurativi che ne hanno resi numerosi temporaneamente inagibili, evidenti danni alle compagini murarie ed ai solai della Rocca; nel territorio extraurbano si sono generati gravi danni alla chiesa di San Bernardino ed in alcune decine (20-40) in fabbricati e manufatti di diverso tipo del forese resi temporaneamente inagibili, danni che hanno determinato parziale inagibilità ai casini delle Delizie di sopra e di sotto.

Gli effetti conseguiti a tale evento nel territorio di Novellara hanno indotto risentimenti con $I_0 = 6/7$.

Per quanto riguarda i sismi meno recenti le principali documentazioni sono relative ai terremoti del 1831 e 1832 con $M_w = 5,48 - 5,51$, il secondo dei quali ha causato danni alla chiesa parrocchiale di San Bernardino con crollo di parte delle volte e reso pericolante il campanile; simili effetti sono avvenuti a Santa Vittoria con crolli e lesioni di muri, volte in edifici ad uso civile ed ecclesiastici.

I risentimenti più rilevanti di detto terremoto, con epicentro tra Calerno e Campegine, si sono verificati in quest'ultimo con crollo di volte della chiesa, parte del campanile e gravi danni alla canonica ed in Castelnuovo di Sotto con crollo della facciata della chiesa di Sant' Andrea e sconessioni interne di pilastri, archi, volte.

Nell'areale al quale appartiene il territorio di Novellara altri eventi sismici che hanno determinato risentimenti rilevanti, storicamente documentati, sono stati causati dai terremoti del 1806-1810 e del 1987. Al primo di questi, con epicentro in prossimità di San Bernardino, è attribuita $M_w 5,21$ ed ha indotto nel territorio di Novellara effetti con $I_0 = 7$; il sisma del 1810 con epicentro tra Bernolda – S. Bernardino– Viallarotta, con $M_w = 5,1$ ha prodotto effetti con $I_0 = 7$ nell'area di Novellara e con tutta probabilità anche in territorio di Campagnola; al terremoto del 1987 è attribuita $M_w = 4,71$, con effetti $I_0 = 6$.

Per quanto riguarda i terremoti più recenti 1996 e 2012, in base alle informazioni fornite dall'UT di Novellara, si evince che i fabbricati che hanno subito i danneggiamenti appartengono prevalentemente a zone suscettibili di instabilità correlate a potenziali

cedimenti e potenziale liquefazione (MOPS); fanno in parte eccezione i danneggiamenti alla chiesa di San Bernardino ed il fabbricato in località Bettolino per i quali gli effetti sono conseguiti ad amplificazione stratigrafica con tutta probabilità correlata a processi di riflessione/ rifrazione conseguiti dalle notevoli differenze di spessore dei depositi continentali e pliocenici, da 3,5/4 km a 6,5 km, nella zona di passaggio per sovrascorrimento tra la Dorsale Ferrarese e la Monoclinale Alpina ed all' inclinazione dell' ala occidentale settentrionale di detta anticlinale.

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 $FA.IS = 1,9 \div 2,0$ e dell'accelerazione in superficie $pga = 1,7 \div 1,8$.

 **STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO**
Geol. **GIAN PIETRO MAZZETTI**
Gian Pietro Mazzetti

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.
- 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; 2016: Microzonazione sismica di II° livello del territorio Comunale di Campagnola E, dati non pubblicati.
- G.MARTINELLI, A.CHAHOUD, A.DADOMO, A.FAVA, 2014: Isotopic features of Emilia-Romagna region (North Italy) groundwaters: Environmental and climatological implications. Journal of Hydrology.
- L.MARTELLI, M.ROMANI; 2013: Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio giugno 2012. Relazione Illustrativa, (ordinanza del commissario delegato – presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012),
- A.FRAULINI, A.MANICARDI, B.MENGOLI C.UGOLETTI, G.P.MAZZETTI; 2013: Riduzione del rischio: esiti della microzonazione sismica nelle carte e norme degli strumenti urbanistici. Atti 32° GNSTS, Trieste.
- G.P.MAZZETTI, S. GILLI; 2013: Geological characters and structural seismic response of litho units between ridge Apennine foot hills: area of the Municipalities of Montese, Zocca, Guiglia, Marano s/P, Atti IX Forum Italiano di Scienze della Terra, Geitalia, Pisa,
- AA.VV. (2013) Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana, Regione Emilia Romagna – Toscana, Università di Siena 1240.
- DGR 1919/2013 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'ordinanza del capo dipartimento della protezione civile n. 52/2013 a favore degli enti locali".
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di) (2011). BDM11, *la versione 2011 del Database Microsismico Italiano*. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.ingv.it/DBM11>
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2011: POC 2010, analisi di fattibilità geologica – Azione sismica, Ambiti di trasformazione e riqualificazione. Non pubblicato.
- CENTROGEO (2007) Analisi Geologico Tecnica e microzonazione sismica del territorio comunale, POC 2007. Non pubblicato.
- UNIECO, M. RUSTICHELLI (2007) – Progetto della tangenziale di Novellara, 3° stralcio. Non pubblicato.
- CENTROGEO (2005) Indagine Geologico Ambientale – Relazione tecnica PSC Comune di Novellara. 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 en 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. etT ALII (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.
- MAZZETTI G.P. – POZZI P. (1993) – Studio di compatibilità ambientale fisica per la locazione di un impianto di scarico controllato in zone pianiziali – Discarica Intercomunale di Novellara (RE) – Atti 8° convegno Nazionale C.N.G.
- BOSELLINI A- MUTTI E - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET
- MAZZETTI G.P. (1983) – studio geologico ambientale del comprensorio di media pianura Carpi – Correggio, Regione Emilia Romagna.
- AGIP (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain. Italy - C.N.R.
- BOSELLINI A. (1981) - The emile fault. A jurassic fracture zone that evolved into a Cretaceous Paleogene sinistral wrench fault. Boll. Soc. Geol. It.

- FERRARI G - POSTPISCHL D. (1981) - Le scale macrosismiche C.N.R. P.F. Geodinamica. Pubbl. N° 387. Ist. Topografia, geodesia e geofisica Mineraria, Univ. BO
- C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - 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 geografia It*, 56 (2)