



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

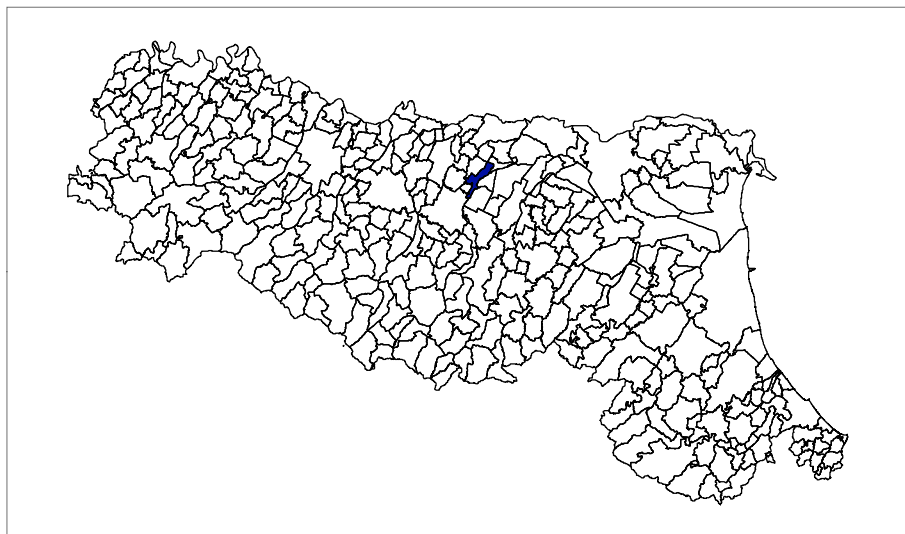
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Modellazione e caratterizzazione geologico sismica e geotecnica

Relazione Tecnica Illustrativa

Regione Emilia-Romagna
Comune di Bomporto



<p>Regione Emilia Romagna</p> <p><i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OCDPC 171/2014 DGR ER 1227/2015. 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> Alberto Borghi</p> <p><i>Responsabile Area Tecnica:</i> Roberto Cremonini</p> <table border="1" data-bbox="1023 2018 1481 2107"> <tr> <td data-bbox="1023 2018 1254 2107"> <p>Data Dicembre 2017</p> </td> <td data-bbox="1254 2018 1481 2107"></td> </tr> </table>	<p>Data Dicembre 2017</p>	
<p>Data Dicembre 2017</p>				

Provincia di Modena
Comune di Bomporto
MICROZONAZIONE SISMICA
MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE
GEOLOGICO TECNICA E SISMICA

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	1
1.1	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	2
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	3
2.1	Pericolosità sismica - Definizione del moto di riferimento.....	17
3	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	19
3.1	Caratteri sismotettonici.....	26
3.2	Attività tettonica.....	27
3.3	Subsidenza.....	29
4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	31
4.1	Assetto strutturale depositi del quaternario continentale.....	34
4.1.1	Unità Stratigrafica AES8 (ciclo de posizionale A0).....	34
4.1.2	Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI - ciclo de posizionale B.....	36
4.1.3	Sintema Quaternario Marino Superiore.....	36
4.2	IDROGEOLOGIA.....	37
4.2.1	Idrografia di superficie.....	37
4.2.2	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	42
4.2.3	Definizione del sistema idrogeologico.....	43
4.2.4	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	43
4.2.5	Serie Idrogeologica Locale.....	44
4.2.6	Conducibilità idraulica acquiferi.....	47
4.3	Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale.....	49
4.3.1	Piezometria dell'acquifero freatico.....	49
4.3.2	Soggiacenza acquifero freatico.....	50
4.4	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	51
5	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	52
5.1	Carta geologico tecnica.....	52
5.2	Caratteristiche litotecniche.....	53
5.3	Successioni Litotecniche.....	54
6	MODELLI GEOTECNICI.....	65
6.1	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	70
6.2	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	70
6.3	Microtremori con la tecnica HVSr.....	70
6.4	Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. e passiva/attiva Re.Mi./MASW.....	71
7	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	73
7.1	Carta delle indagini.....	73
7.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	74
7.3	Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	75
7.4	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	78
7.4.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	79
8	SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	88
8.1	Definizione degli input sismici.....	88
8.2	Comportamento non lineare dei terreni.....	90
8.3	Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche.....	91
8.4	Calcolo degli effetti di sito.....	101
8.5	Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	103
8.6	Carta delle nuove indagini.....	106
8.7	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	106
8.8	Carte dei fattori di amplificazione - microzonazione sismica.....	107
8.9	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FAPGA.....	108
8.10	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	108
8.11	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.5 sec.....	109
8.12	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.5<T<1 sec.....	109
8.13	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.5<T<1.5 sec.....	110
8.14	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.3 sec.....	111
8.15	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.3<T<0.5 sec.....	111
9	CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI.....	113
10	BIBLIOGRAFIA.....	115

ELABORATI

Tav. 1.1 Nord	Carta delle indagini pregresse e nuove	1:10.000
Tav. 1.1 Sud		1:10.000
Tav. 1.2 Nord	Carta geologico - tecnica	1:10.000
Tav. 1.2 Sud		1:10.000
Tav. 1.2.1	Sezioni geologiche	1:25.000/1:2.000
Tav. 1.3 Nord	Carta isopieze della falda	1:10.000
Tav. 1.3 Sud		1:10.000
Tav. 1.4 Nord	Carta Soggiacenza della falda	1:10.000
Tav. 1.4 Sud		1:10.000
Tav. 1.5 Nord	Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido	1:10.000
Tav. 1.5 Sud		1:10.000
Tav. 1.6 Nord	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 1.6 Sud		1:10.000
Tav. 1.7 Nord	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 1.7 Sud		1:10.000
Tav. 1.8 Nord	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 1.8 Sud		1:10.000
Tav. 2.1 Nord	Carta delle indagini di nuova esecuzione	1:10.000
Tav. 2.1 Sud		1:10.000
Tav. 2.1.1 Nord	Carta punti di verifica RSL con codice di calcolo	1:10.000
Tav. 2.1.1 Sud		1:10.000
Tav. 2.2.1 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA PGA	1:10.000
Tav. 2.2.1 Sud		1:10.000
Tav. 2.2.2 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 2.2.2 Sud		1:10.000
Tav. 2.2.3 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
Tav. 2.2.3 Sud		1:10.000
Tav. 2.2.4 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,5 – 1,5 sec	1:10.000
Tav. 2.2.4 Sud		1:10.000
Tav. 2.2.5 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,1 – 0,3 sec	1:10.000
Tav. 2.2.5 Sud		1:10.000
Tav. 2.2.6 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,3 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 2.2.6 Sud		1:10.000
Tav. 3.1 Nord	Carta Sovrapposizione MOPS - CLE	1:10.000
Tav. 3.1 Sud		1:10.000
Tav. 3.2 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA PGA	1:10.000
Tav. 3.2 Sud		1:10.000
Tav. 3.3 Nord	Carta di sovrapposizione CLE-FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 3.3 Sud		1:10.000
Tav. 3.4 Nord	Carta di sovrapposizione CLE-FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
Tav. 3.4 Sud		1:10.000
Tav. 3.5 Nord	Carta di sovrapposizione CLE-FA IS 0,5 – 1,5 sec	1:10.000
Tav. 3.5 Sud		1:10.000

ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche di nuova esecuzione
Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

1 INTRODUZIONE

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

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

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

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

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

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

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

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

Tali disamine sono state sviluppate mediante rilevamenti ed indagini dirette che hanno integrato ed approfondito quelle precedentemente eseguite nel contesto delle analisi effettuate negli studi del P.T.C.P. di Modena relativi alla cartografia per la sicurezza del territorio - Rischio Sismico: Carta della Aree Suscettibili di Effetti Locali (Tav.2.2a.2 – 2.2a.5), sono inoltre state utilizzate le tavole ed elaborazioni del PSC di Microzonazione Sismica di II° livello 2011 e del Piano Della Ricostruzione 2013 del comune di Bomporto (MO).

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Bomporto, MO**, Determina n° 121 del 16/04/2016 del Responsabile dell'Area Tecnica e Servizio Urbanistica, lavori pubblici, manutenzione, ambiente e Protezione Civile *Geom. Roberto Cremonini*.

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza di Bomporto, è stata sviluppata in coordinamento con *il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Dr. Luca Martelli ed Ing. Maria Romani, Regione Emilia Romagna*, con *il Servizio Pianificazione Urbanistica Territoriale e Cartografia Arch. Antonella Manicardi Provincia di Modena*, con *l'Area Tecnica Comune di Bomporto, Geom. Roberto Cremonini*.

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

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

1.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il territorio comunale di Bomporto appartiene prevalentemente (60% circa) alla tavoletta NONANTOLA III° SW ed in parti inferiori alle tavolette S.PROSPERO III° NW e CAMPOSANTO III° NE, del F° MIRANDOLA N° 75 I.G.M. zona 32 T. quadrato PQ.

Nella cartografia RER in scala 1:25.000 la superficie comunale ricade per la quasi totalità nella tavola CREVALCORE 202 NO ed in percentuale molto inferiore allo spigolo NW della Tav NONANTOLA 202 SO, all'estremità orientale centrale della Tav Carpi 201 NE, al bordo meridionale centrale della Tav MIRANDOLA 184 SO.

L'area comunale con geometria sub rettangolare si estende in senso sud ovest – nord est su una superficie di 38,87 Km² ed è delimitata, in riferimento al sistema U.T.M., dai meridiani:

645400 – 650000

e dai paralleli:

4669750 – 4976250.

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi circa tra 27 e 25 m s.l.m. procedendo in senso sud ovest nord est dalla zona ad uso produttivo di Villavara a sud, al capoluogo; la fascia centrale alla quale appartiene quest'ultimo è mediamente compresa tra 24 e 23 m s.l.m. e si innalza a 27/28 m s.l.m. al confine occidentale con Soliera in corrispondenza del F.Secchia ed a 26 m s.l.m. al confine orientale in coincidenza del F.Panaro; procedendo in direzione nord est dall'area urbana di Bomporto all'estremità settentrionale del Comune le quote variano da 23 a 15 m s.l.m. con minimi di 15/16 m s.l.m. tra Case Barbieri ed Il Bottegone a nord est di Solara.

L'assetto morfologico del territorio ad andamento pianeggiante è caratterizzato dal dosso esteso sud ovest – nord est costituito dal F.Panaro che delimita il confine orientale del territorio comunale sino a Solara, dalla quale prosegue assecondando via Bottegone sino al suo incrocio con la sP n°5 Cavezzo – Camposanto che sostituisce il confine settentrionale; dall'intersezione di quest'ultima con la Fossa S.Pietro il confine si orienta a sud ovest secondo detto asse idrico sino a via Beltrama dalla quale prosegue verso ovest sino alla SS n°12 e

dell'incrocio della stessa dapprima a sud sino a Sorbara e poi dalla medesima al F.Secchia che costituisce il limite comunale occidentale sino al Casino Cavazzuti; da quest'ultimo il confine si orienta ad est sino a C.Rangona dalla quale si dirige a sud sino a C.Pastellina – Canale Naviglio e dopo un breve tratto ovest est costituito da detto canale si orienta a sud seguendo il tracciato del Cavo Argine e nel tratto più meridionale quello del Cavo Minutara sino alla fascia circa 250 m a sud di via Caduti in Guerra di Villavara che congiungendosi in direzione est al F.Panaro costituisce il confine comunale meridionale.

L'assetto pianeggiante del territorio è movimentato da ondulazioni ad ampio raggio nelle quali, oltre al dosso principale sopra citato del F.Panaro, si distingue l'analoga morfologia orientata sud ovest – nord est che asseconda l'andamento della via Per Solara dall'incrocio della stessa con la sP n°1 Ravarino – Carpi sino a Il Gorghetto.

Le zone tra i sopra descritti dossi sono costituite da fasce a morfologia concava allungata in direzione sud ovest – nord est con $p = 0,4 \div 0,5\%$ osservabili nell'area sud tra Villavara e via per Bastiglia ed analogamente nella zona a nord di via C.Testa tra via Per Solara ed il F.Panaro nella quale $p = 0,6/0,7 \%$; equivalenti acclività caratterizzano il settore di territorio a nord di via Carrate dove $p=0,6/0,8 \%$, l'area compresa tra detta via e la sP n°5 forma una zona a drenaggio centripeto correlato alle soglie idrauliche costituite dalla sP 5, via Prati Livelli e F.Panaro. Nelle aree sopra descritte le basse pendenze territoriali determinano condizioni di difficoltoso drenaggio. Si distinguono dalle sopra descritte condizioni la fascia estesa ovest est nel settore centrale del territorio al quale appartengono il Capoluogo e la Zona Industriale a nord ovest del medesimo e Sorbara, con pendenze del $1,3 \div 2,0 \%$ e l'area nella zona settentrionale circa compresa tra Solara - F.do Beneficio – C.Gualtieri – S.Michele, nella quale $p=1,6 \div 2,5 \%$.

Le curve di livello del piano campagna, con equidistanza 1 ml, corrispondono a quelle delle tavole in scala 1:25.000 della C.T.R. Emilia Romagna.

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.

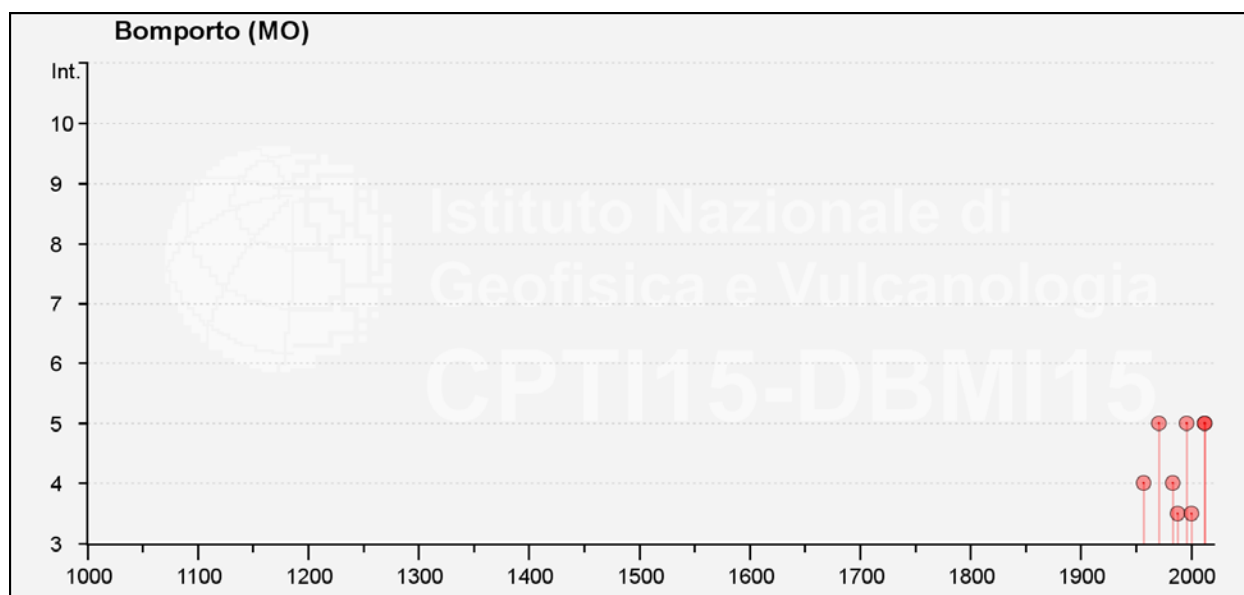
Nell'ambito territoriale al quale appartiene Bomporto e zone ad esso adiacenti, il Database Macrosismico DBMI15 utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI15 (a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue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

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

Storia sismica di Bomporto

Numero di eventi: 17

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	2012 05 20 02 03 5	Pianura emiliana	53	7	6.09
5	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
4	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
3-4	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3-4	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
2	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
NF	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4.17
NF	1992 04 17 11 59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
NF	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
NF	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30

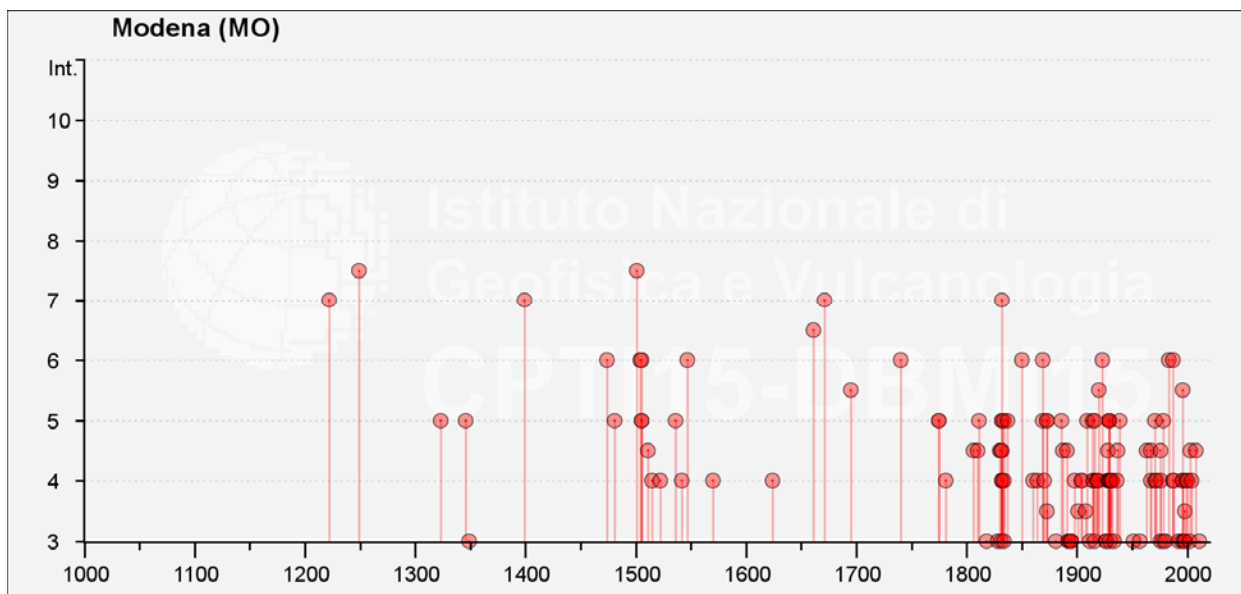
**Storia sismica di Modena**

Numero di eventi (Int>4): 63

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1249 09	Modena	2	6-7	4.86
7-8	1501 06 05 10	Modenese	17	9	6.05
7	1222 12 25 12 30	Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
7	1399 07 20 23	Appennino modenese	6	7	5.10
7	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	8	7	5.27
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1661 03 21 23	Modenese	4	6-7	4.86
6	1474 03 11 20 30	Modena	3	5	4.16
6	1504 12 31 04	Bolognese	15	6	5.02
6	1505 01 03 02	Bolognese	31	8	5.62
6	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
6	1740 03 06 05 40	Garfagnana	32	8	5.64
6	1850 09 18 06 20	Modenese	7	5	4.16
6	1869 06 25 13 58	Appennino bolognese	18	7-8	5.43
6	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5.04
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5-6	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.40
5-6	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
5-6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
HF	1348 01 25	Alpi Giulie	89	9	6.63
5	1323 02 25 19	Bologna	2	5	4.16
5	1346 02 08	Modena	1	5	4.16
5	1481 02 07 22 45	Pianura emiliana	2	5	4.16
5	1505 01 20 23 50	Bolognese	11	5-6	4.76
5	1505 01 27 02 40	Bolognese	2	5	4.16
5	1536 08 17 00 05	Appennino settentrionale	10	6-7	5.12
5	1775 01 04 18	Appennino emiliano	6	4	4.43
5	1775 01 05 22 45	Appennino emiliano	7	5	4.55
5	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
5	1832 03 14 04 40	Reggiano	5		
5	1832 03 14 07 41	Reggiano	7		
5	1834 10 04 19	Bolognese	12	6	4.71
5	1837 04 11 17	Lunigiana	60	9	5.94
5	1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5	4.57
5	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
5	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
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	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
5	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8	5.82
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 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20
5	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
5	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96
5	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5	1978 12 25 22 53 4	Bassa modenese	28	5	4.39
4-5	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32
4-5	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
4-5	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
4-5	1830 01 26 04 30	Alto Reno	11	5	4.53
4-5	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48

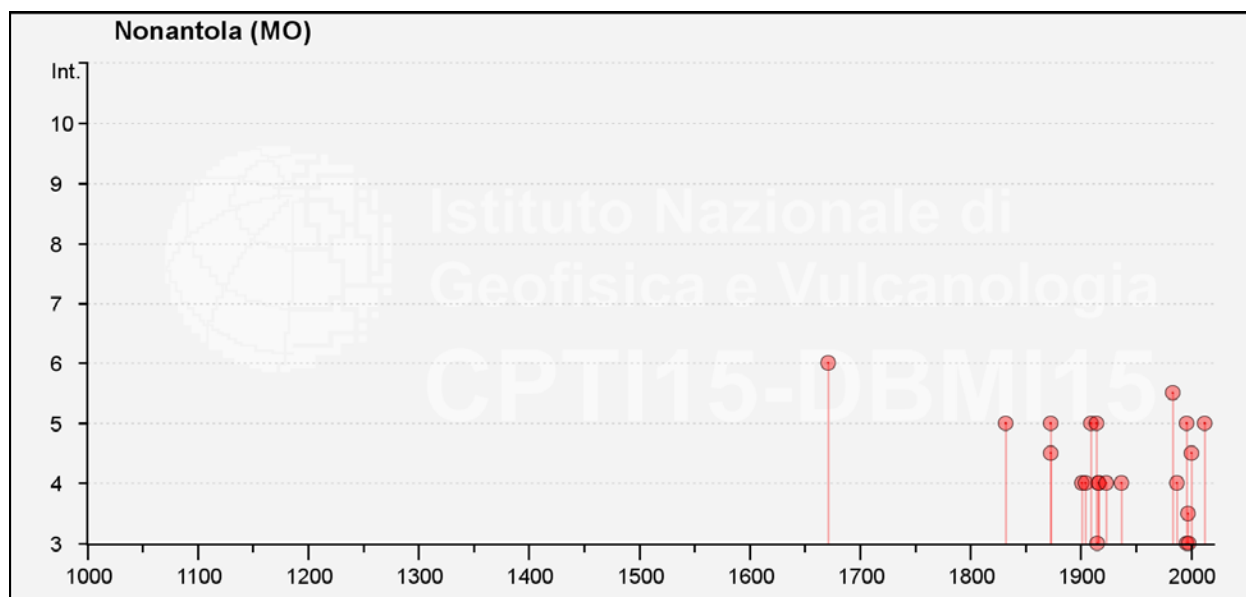
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
4-5	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4-5	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
4-5	1928 07 25 01 25	Carpi	3	4-5	3.93
4-5	1937 12 10 18 04	Frignano	28	6	5.30
4-5	1963 11 04 15 46	Bassa modenese	5	5	4.16
4-5	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
4-5	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
4-5	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
4-5	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36



Storia sismica di Nonantola
Numero di eventi: 35

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
HD	1117 01 03 15 15	Veronese	55	9	6.52
6	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	8	7	5.27
5-6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
5	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
5	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
5	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
4-5	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
4-5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
4	1904 02 25 18 47 5	Reggiano	62	6	4.81
4	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
4	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8	5.82

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5.04
4	1937 12 10 18 04	Frignano	28	6	5.30
4	1987 05 08 11 10 2	Bassa modenese	24	6	4.44
F	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
F	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
3-4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
3	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
2-3	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
2	1931 06 10 17 02	Modenese	14	4	4.59
2	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
NF	1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6	4.59
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10
NF	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4.17
NF	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
NF	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30

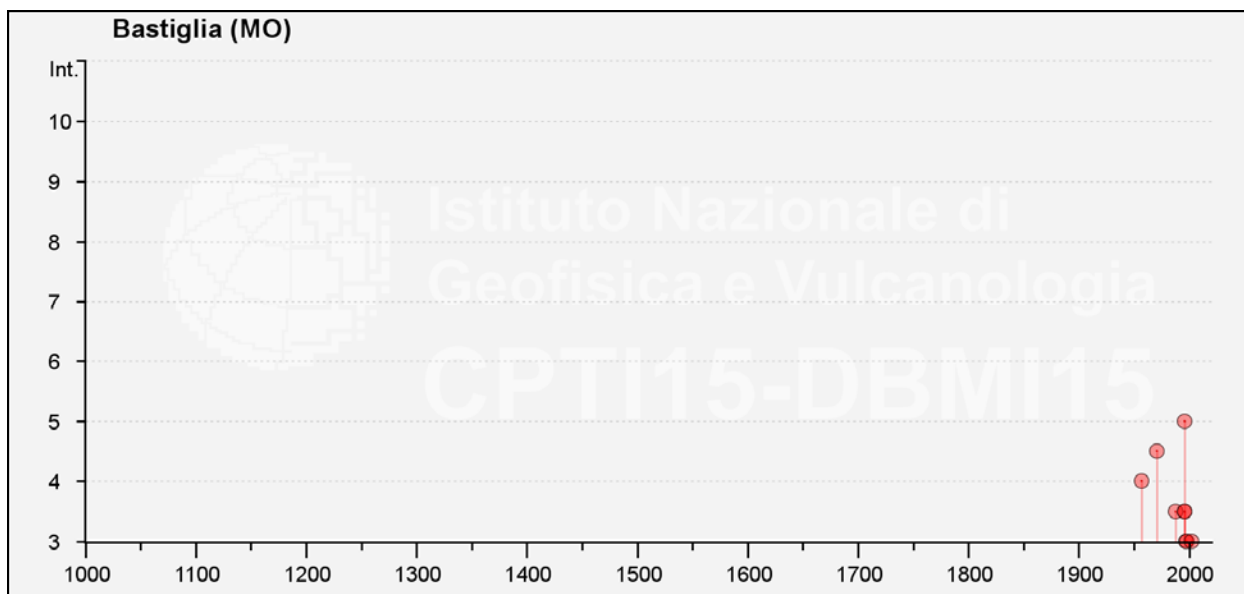


Storia sismica di Bastiglia

Numero di eventi: 14

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
4-5	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
4	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
3-4	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3-4	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
3-4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
2-3	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1992 04 17 11 59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30

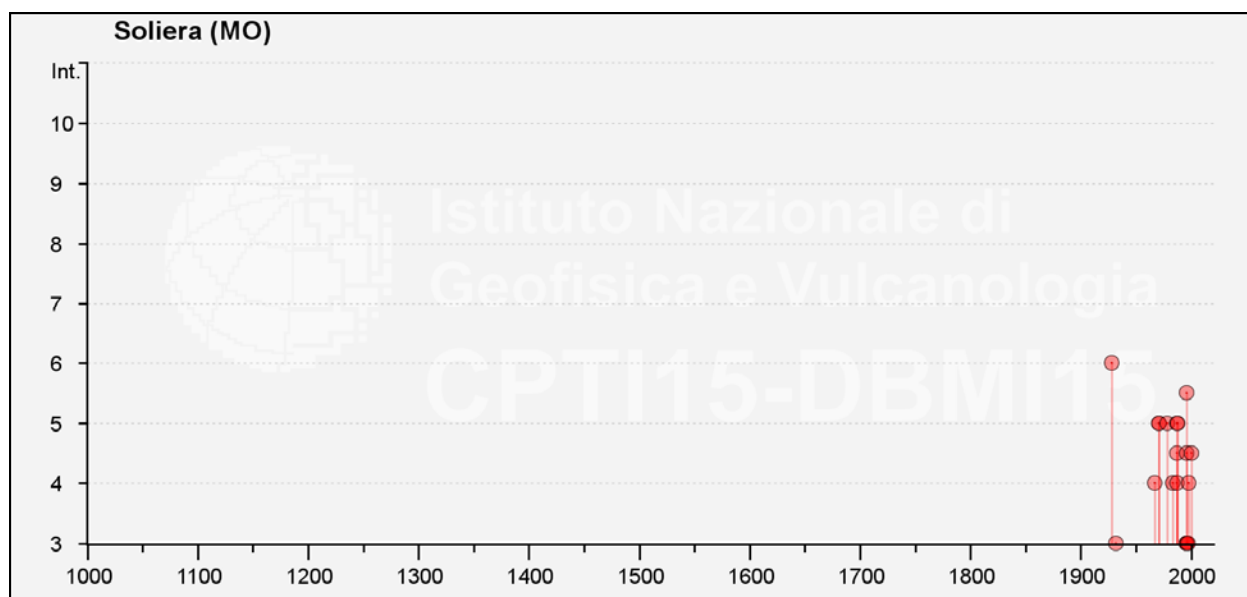


Storia sismica di Soliera

Numero di eventi: 24

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4.67
5-6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
5	1978 12 25 22 53 4	Bassa modenese	28	5	4.39
5	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
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	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1987 05 08 11 10 2	Bassa modenese	24	6	4.44
4	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86

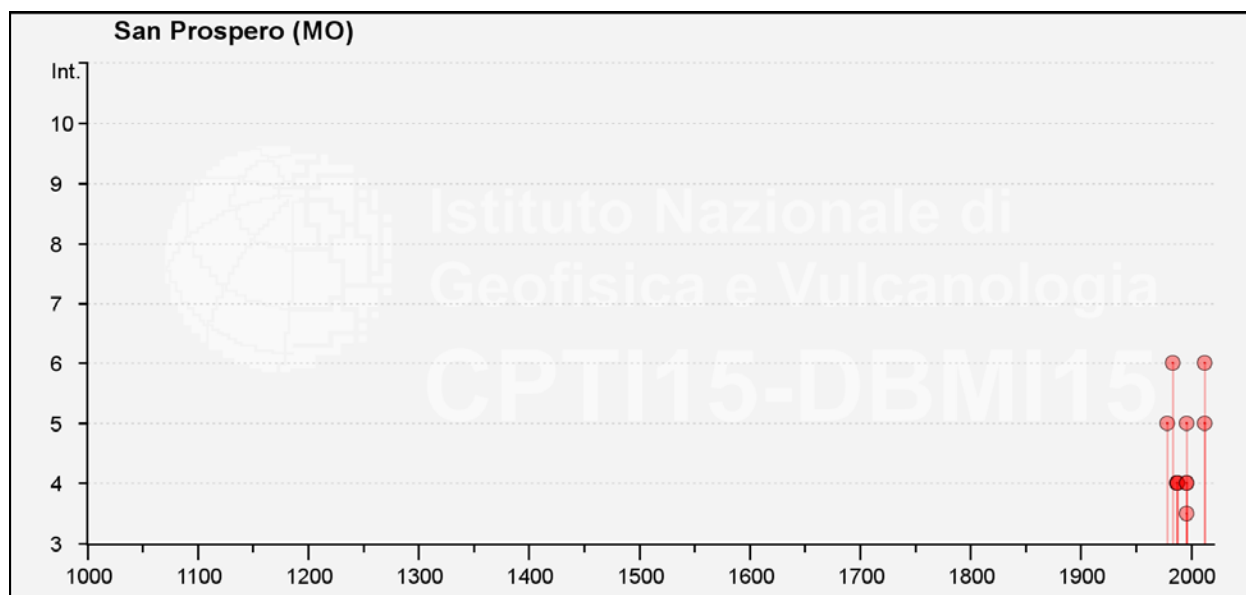
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
3	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
3	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
NF	1902 12 04 16 35 0	Lunigiana	36	5	4.35
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1992 04 17 11 59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03



Storia sismica di San Prospero
Numero di eventi: 18

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
6	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
5	1978 12 25 22 53 4	Bassa modenese	28	5	4.39
5	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	2012 05 20 02 03 5	Pianura emiliana	53	7	6.09
4	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
4	1987 05 08 11 10 2	Bassa modenese	24	6	4.44
4	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
4	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
4	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
F	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79
3-4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
2	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68

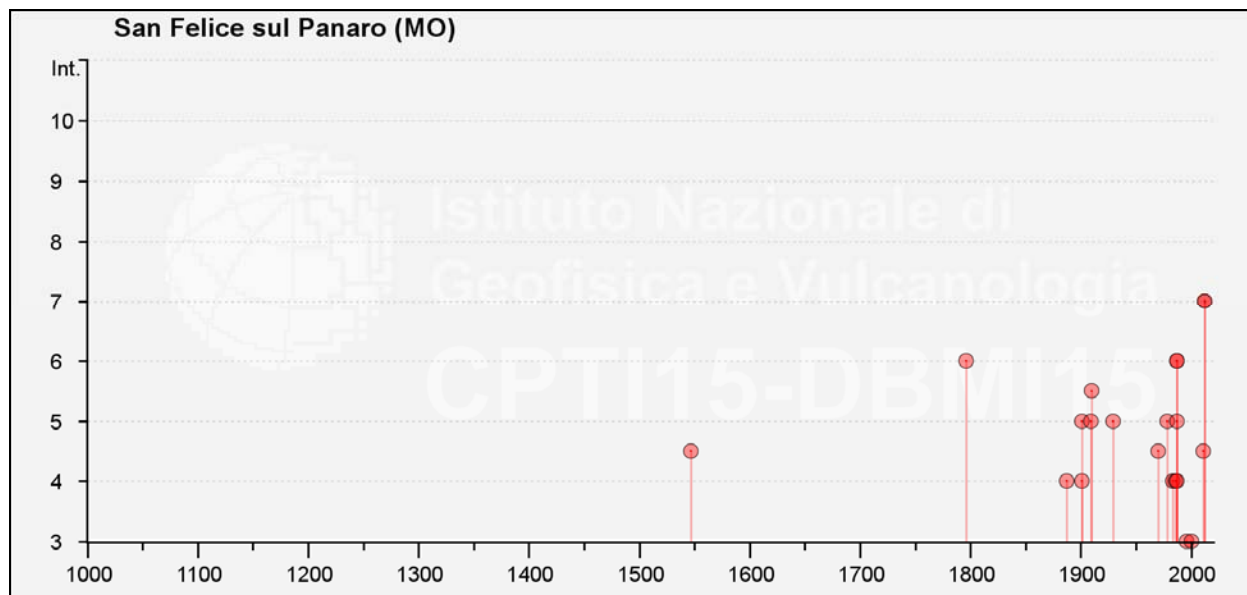
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



Storia sismica di San Felice sul Panaro
Numero di eventi: 30

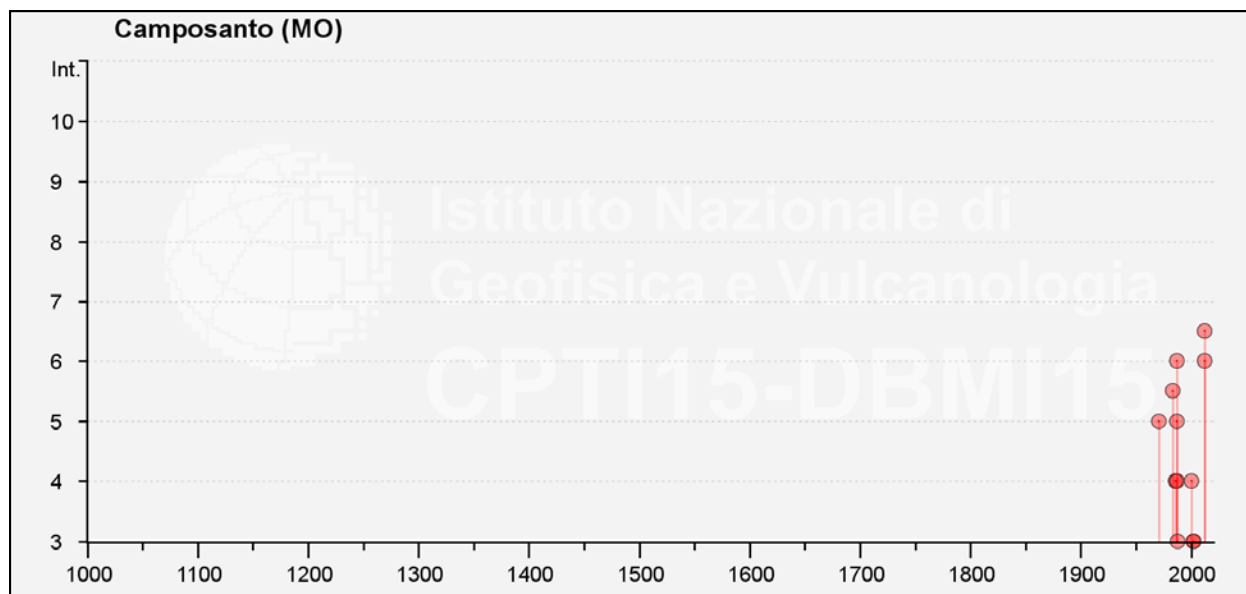
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	2012 05 20 02 03 5	Pianura emiliana	53	7	6.09
7	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
6	1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7	5.45
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1987 05 08 11 10 2	Bassa modenese	24	6	4.44
5-6	1910 03 22 23 29	Bassa modenese	15	5	4.16
5	1901 01 20 06 34 2	Bassa modenese	12	5	4.11
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
5	1978 12 25 22 53 4	Bassa modenese	28	5	4.39
5	1987 07 11 01 46 5	Bassa Bolognese	15	5	4.20
4-5	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
4-5	1970 11 02 08 42 1	Bassa modenese	3	4-5	3.93
4-5	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79
4	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	1901 01 20 06 30	Bassa modenese	10	4	3.68
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
4	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
F	1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7	4.57
3	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
2	1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6	4.59

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1900 03 04 16 55	Asolano	98	6-7	5.05
NF	1907 04 25 04 52	Veronese	122	6	4.79
NF	1910 01 23 01 50	Piacentino	118	5	4.39
NF	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
NF	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26



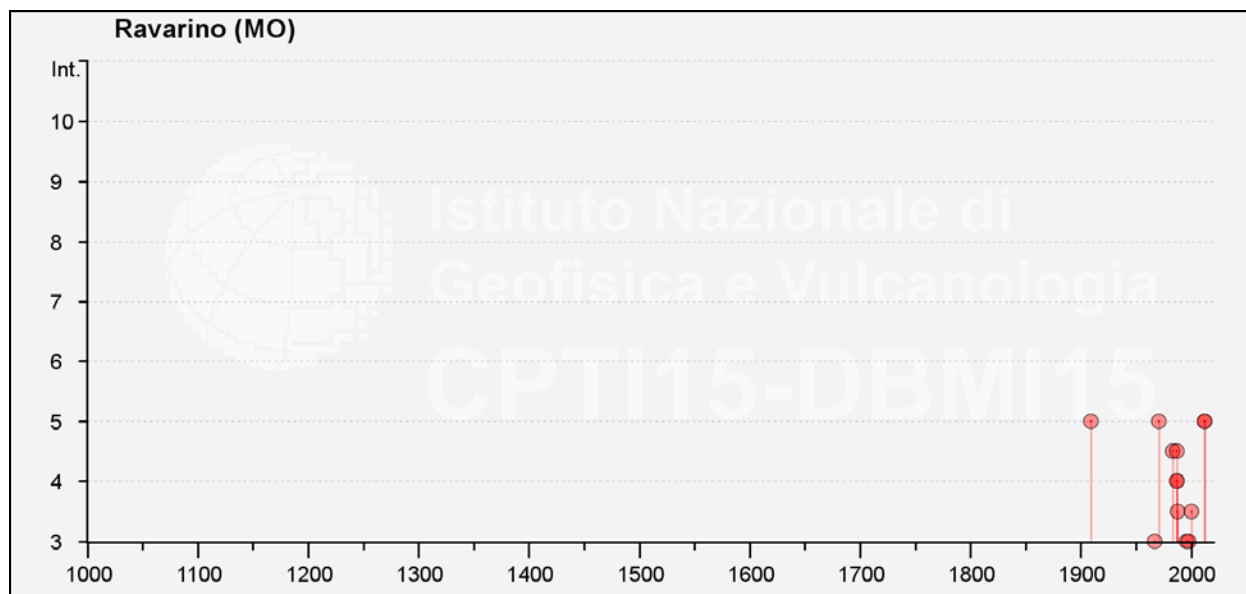
Storia sismica di Camposanto
Numero di eventi: 14

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
6	1987 05 08 11 10 2	Bassa modenese	24	6	4.44
6	2012 05 20 02 03 5	Pianura emiliana	53	7	6.09
5-6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
5	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5	1987 07 11 01 46 5	Bassa Bolognese	15	5	4.20
4	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
4	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
4	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
3	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
3	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
NF	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93

**Storia sismica di Ravarino**

Numero di eventi: 20

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
5	2012 05 20 02 03 5	Pianura emiliana	53	7	6.09
5	2012 05 29 07 00 0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
4-5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
4	1987 05 08 11 10 2	Bassa modenese	24	6	4.44
4	1987 07 11 01 46 5	Bassa Bolognese	15	5	4.20
3-4	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3-4	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
3	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
3	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
3	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
2-3	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
NF	1992 04 17 11 59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002 11 13 10 48 0	Franciacorta	768	5	4.21



(immagini e tabelle reperite dall'archivio DBMI15, consultabile al sito internet
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>)

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

- la storia sismica di Bomporto ed al suo intorno ha una discreta testimonianza ed estensione temporale (i primi eventi documentati risalgono al 1222 - 1249 per il comune di Modena e per l'adiacente Comune di Nonantola al 1671.
- 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 modenese, con maggior grado di documentazione e di affidabilità dal 1880 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 $30 \div 20$ anni; di tali eventi quelli che hanno manifestato i numeri di scosse maggiori sono correlabili ai periodi:
 - 1795/1810; 1830/1840; 1870/1880; 1910/1930; 1960/1970; 1985/2000.

Precedentemente al 1800, con documentazione relativa inferiore, i principali periodi di crisi sismica sono individuabili per gli anni: 1500/1510; 1540/1555; 1560/1570 (Dorsale ferrarese); 1590/1610; 1670/1690.

Risentimenti sismici locali

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Bomporto ha risentito dei massimi effetti negli eventi del 20 e 29 maggio prevalentemente localizzati sia nel capoluogo, zone industriali, Sorbara e parte centrale e settentrionale del territorio comunale.

I risentimenti hanno causato gravi danni a 138 fabbricati dei quali 102 inagibili, 11 parzialmente inagibili, 28 temporaneamente inagibili.

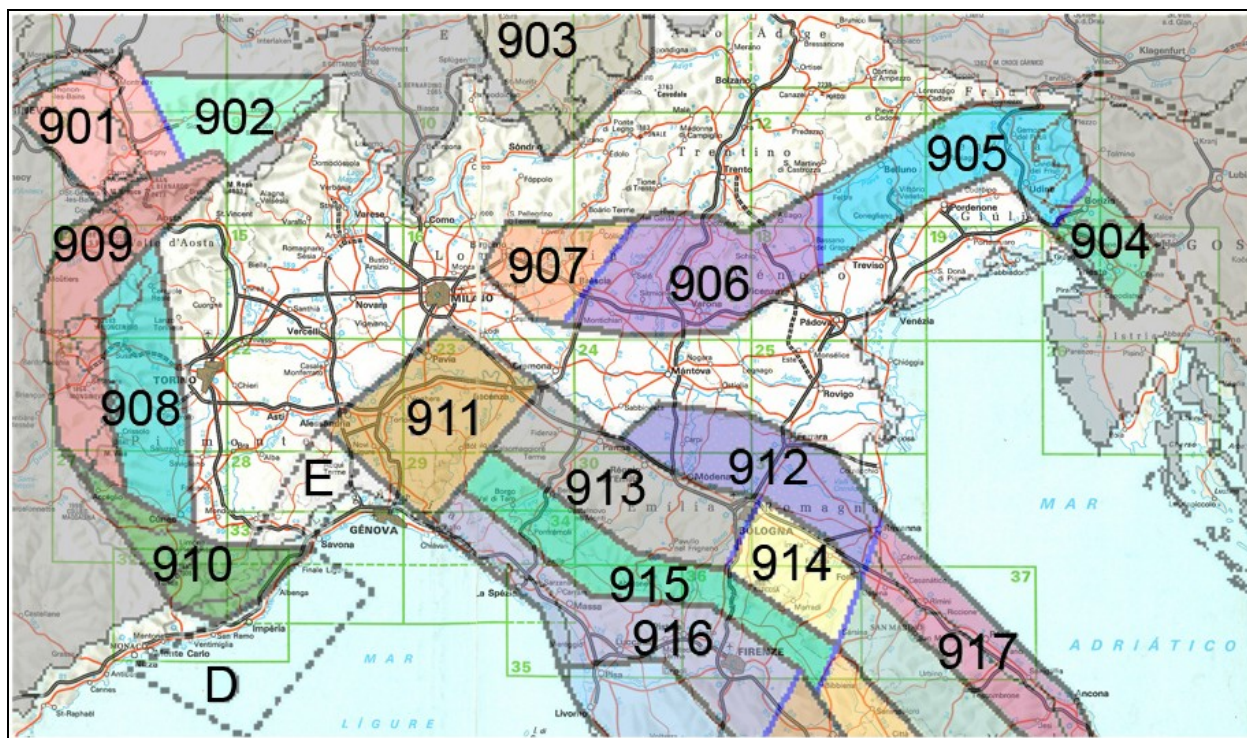
Storicamente gli eventi sismici che hanno determinato i risentimenti più rilevanti nel territorio di Bomporto sono rappresentati dai terremoti del 2012 e 1996, del 1983,1971 e nell'adiacente comune di Nonantola nel 1973 – 1832 – 1671, quest'ultimo con $I = 6$.

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

In concomitanza degli eventi sismici del 1983-1971 con epicentri a sud di Parma capoluogo tra Stradella e Gaione – $M_w = 5,01$ – $I_o = 6/7$ in dette località, in territorio di Bomporto ha risentiti di intensità $I_o = 4$ e di Nonantola con $I_o = 5$; il sisma del 1971 con epicentro ad est nord est di Parma capoluogo: Casalbroncolo con $M_w = 5,51$ ed $I_o = 8$, ha indotto effetti con $I_o = 5$ in territorio di Bomporto; in periodi precedenti sono documentati nell'adiacente comune di Nonantola risentimenti con $I_o = 5$ nel 1873 (epicentro tra Arceto e Bagno, RE) e nel 1832 (epicentro tra Caprara – Campegine, RE) ed effetti con $I_o = 6$ (epicentro tra Cittanova – Campogalliano – Lesignana) nel 1671.

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



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

La fascia delle Pieghe Ferraresi rappresenta la porzione più esterna della zona in compressione dell'arco appenninico ed è caratterizzata da terremoti storici che hanno raggiunto valori di magnitudo medio elevati: $M_w = 4.7/5.0 \div 5.5/5.9$, 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 Bomporto e le zone circostanti: Nonantola – Crevalcore – Cavezzo – Carpi – Campogalliano – Modena, sono egualmente interessati dai meccanismi focali che si originano nell'arco delle Pieghe Ferraresi sia interne che esterne e delle pieghe Emiliane e Romagnole del margine appenninico: sepolto, correlate all'attività sismica della successione carbonatica meso - cenozoica, e delle successioni del basamento pretriassico; in modo subordinato risente della sismicità della monclinale alpina.

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

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

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio compreso tra Sant'Ilario D'Enza – Guastalla – Reggiolo – Novi di Modena – Mirandola – Finale Emilia – Crevalcore - Modena - Rubiera – Reggio Emilia, si sono originati per la percentuale maggiore nei primi 10/15 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale; la distribuzione degli ipocentri focali che si generano tra – 15 km 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 Bomporto alla zona 3 con grado di sismicità equivalente ai precedenti ambiti S6.

I valori delle accelerazioni orizzontali della griglia delle NTC 14/01/2008 sono congruenti con la sopra citata classificazione.

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

$$\text{Bomporto } a_{\text{gref}} = 0,157 \text{ g}$$

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

$$\text{Bomporto } a_g = 0,150 \div 0,175 \text{ g}$$

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

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio emiliano il 20 e 29 maggio e 3 giugno 2012, la zona di Bomporto, - Nonantola – Bastiglia - Soliera, 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 Bomporto, capoluogo, zona centro settentrionale del comune

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,095	8,3	0,160	0,080	0,013
29-05-2012 – 5.8	0,115	10,4	0,276	0,123	0,021
29-05-2012 – 5.3	0,051	4,8	0,116	0,041	0,007
03-06-2012 – 5.1	0,025	1,7	0,052	0,011	0,002

Area Industriale Villavara, zona meridionale del territorio comunale

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,062	8,4	0,109	0,090	0,017
29-05-2012 – 5.8	0,080	6,5	0,225	0,070	0,020
29-05-2012 – 5.3	0,034	4,6	0,086	0,064	0,008
03-06-2012 – 5.1	0,020	1,7	0,044	0,012	0,004

Area Solara, zona settentrionale del territorio comunale

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,170	19,0	0,393	0,200	0,030
29-05-2012 – 5.8	0,190	24,5	0,450	0,190	0,060
29-05-2012 – 5.3	0,069	5,4	0,143	0,034	0,007
03-06-2012 – 5.1	0,033	1,8	0,065	0,012	0,002

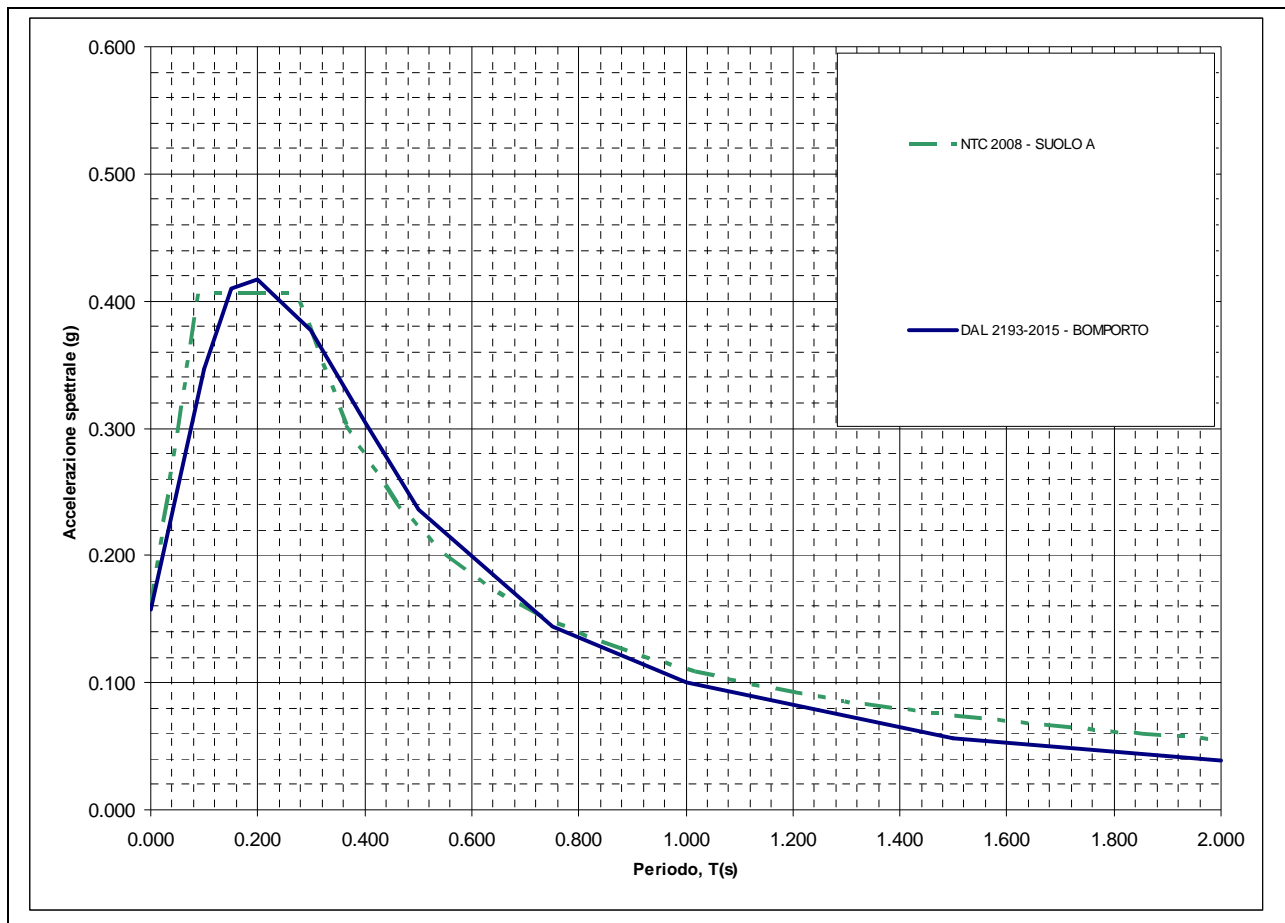
I valori massimi di accelerazione in superficie (PGA) sono stati registrati nell'evento del **29 maggio 07.00.03 (GMT) $M_L=5.8$** .

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.

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 $0,150 \div 0,175g$. Tali dati sono stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione delle tabelle contenute nella DGR 2193/2015 “*Indirizzi per gli studi di Microzonazione Sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica di cui alla DAL 112/2007*” dove viene indicata una PGA corrispondente a $0,157 g$ 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 Bomporto, 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 Bomporto. Smorzamento pari al 5%. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera dell'assemblea legislativa ER – DAL112-2007, mentre con linea verde tratteggiata è riportato lo spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2008.

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

3 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio comunale di Bomporto appartiene al bacino della Pianura Padana, estendentesi su una superficie di circa 46000 kmq, che costituisce la zona di saldatura tra Alpi ed Appennini ed è formata da un'ampia e profonda depressione nella quale si distinguono nettamente due complessi sedimentari. Di questi quello più recente, è suddiviso in due Supesintemi, il primo dei quali: Supersintema Emiliano Romagnolo, da oggi a 0,65 Ma¹, è rappresentato da depositi alluvionali prevalentemente costituiti da sabbie, ghiaie, argille e limi di piana e da sedimentazioni di delta conoide e marine marginali, formate da sabbie ed arenarie poco cementate alternate ad argille e limi e talora ad orizzonti conglomeratici. Detta litozona è seguita dalle successioni sabbiose, arenacee, marnoso argillose del Supersintema del Quaternario Marino da 0,65 a 0,8 Ma (*Pleistocene med.*) dapprima costituite da depositi fluvio deltizi – marino marginali ai quali soggiacciono le sequenze cicliche sabbiose talora ghiaiose e limoso sabbioso argillose di prodelta – piattaforma – scarpata marina del *Pleistocene inf.* da 0,8 a 1.72 Ma. Tali successioni coprono l'unità inferiore rappresentata dalle formazioni plioceniche – mioceniche – mesozoiche (da 1,72 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 -200/-300 ÷ -500/ -600 e -1000 / -1300 m di profondità. A queste succedono le sequenze litostratigrafiche quaternarie del *Pleistocene medio inferiore* tra 1000/1300 e 1700/2000 m. Successivamente le formazioni del *Pliocene* si rinvengono sino a -2/-3/-4 ÷ -5/-6 nella fascia delle Pieghe Ferraresi e si approfondiscono a -7 ÷ -8 km in direzione meridionale nella zona di transizione alle pieghe sepolte del margine appenninico: Pieghe Romagnole, dove costituiscono la depressione sinforme del bacino Carpi – Cento con asse ovest est che si immerge ad oriente, estendentesi circa da Soliera – Bastiglia – Nonantola – S.Agata Bolognese – S.Giovanni in Persiceto - Sabbiuono.

Analoghe profondità di -6 ÷ -7,5 km sono presenti nei territori più ad occidente nella zona di Novellara - Campegine e quelli più a settentrione: nord di Reggiolo – Moglia – S. Giacomo Segnate – Villa Poma, al passaggio con la Monclinale Alpina.

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

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

¹ Milioni di anni.

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 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.

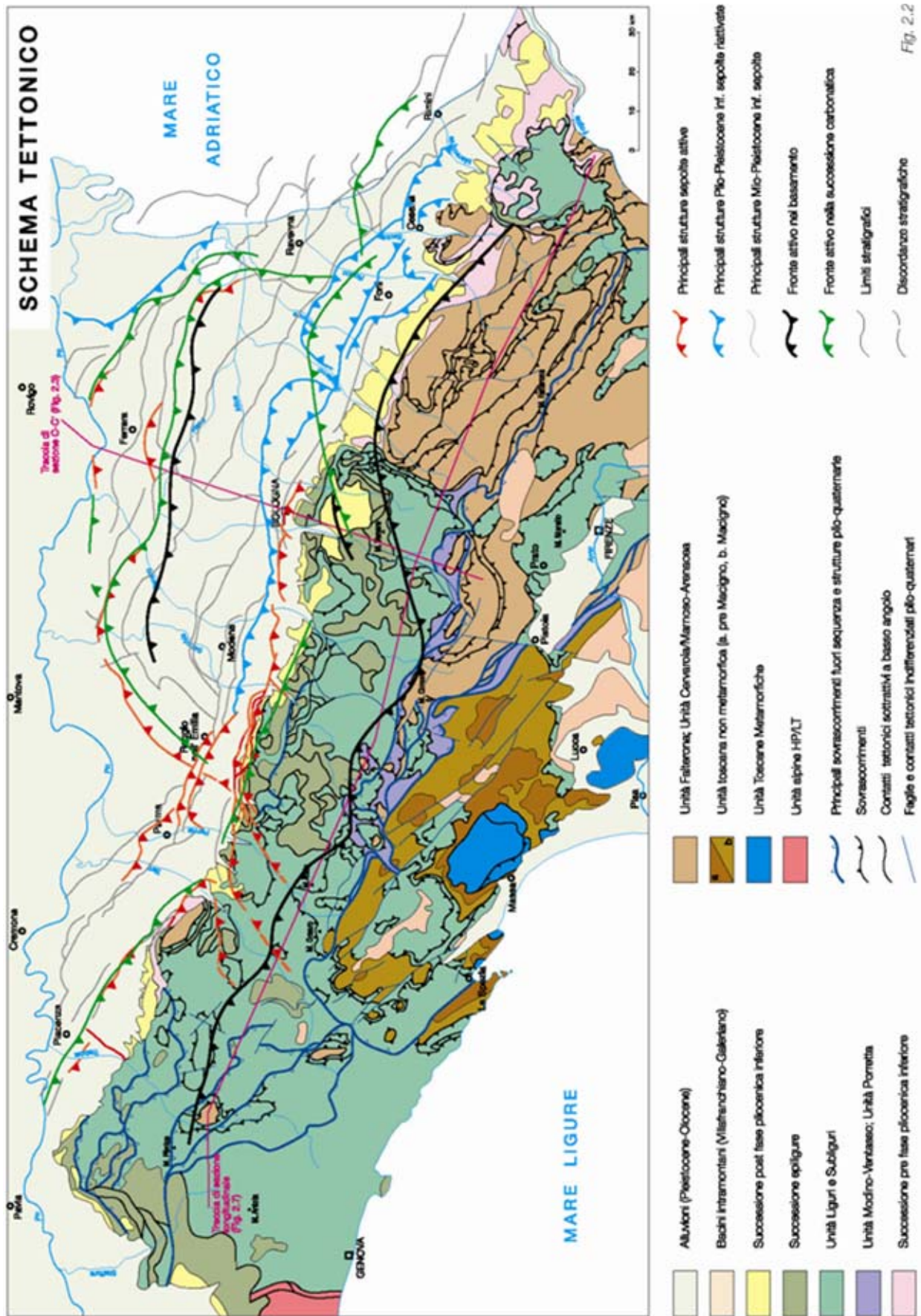
A tali processi tettonici è seguita un'altra importante fase nel *Pleistocene medio* (0.8 - 0.45 Ma) che ha indotto il rapido spostamento della fascia di transizione tra la scarpata sottomarina e la piana bacinale verso nord est - est, alla quale è seguita una fase secondaria tra 0,26 - 0,22 Ma (*Pleistocene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

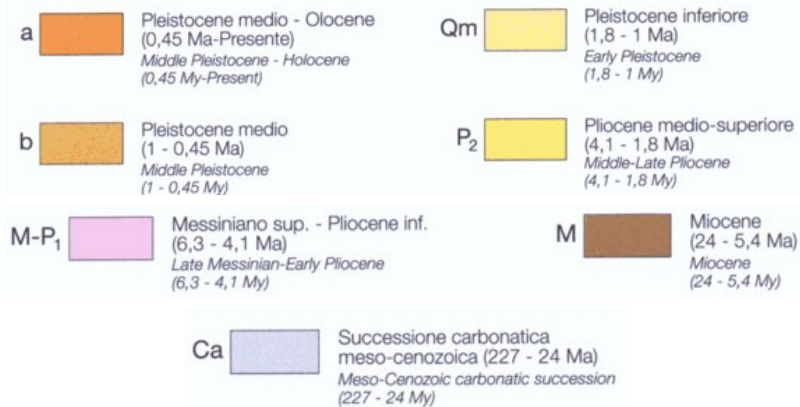
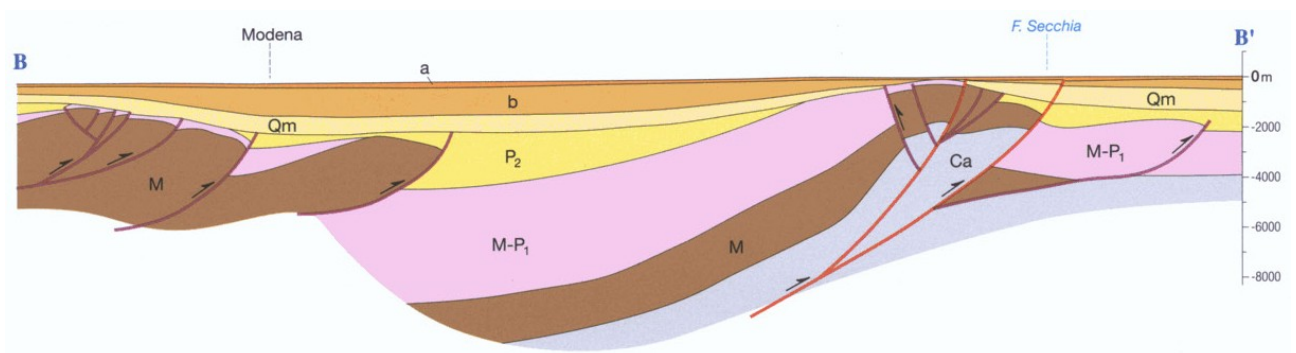
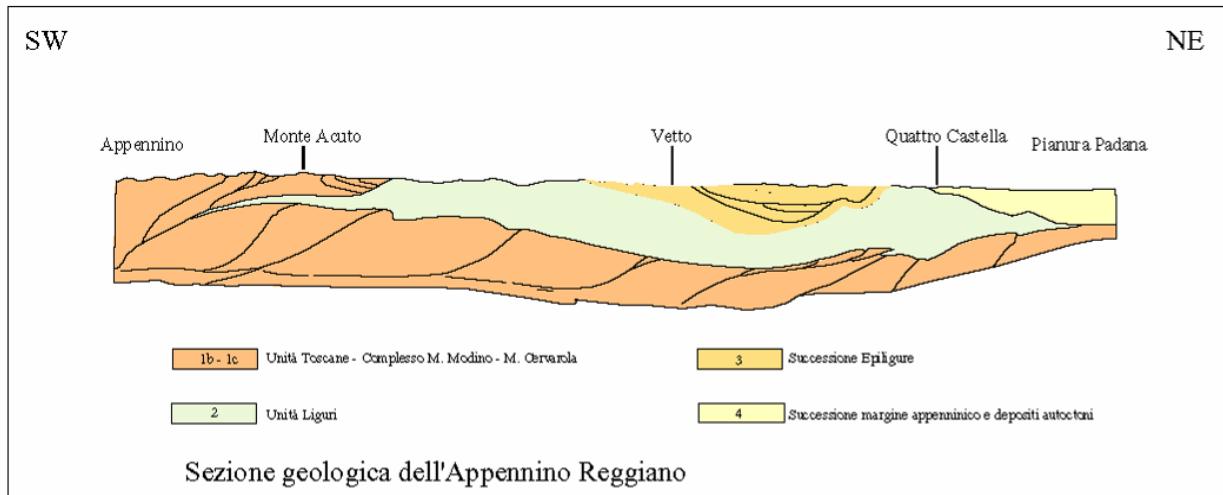
I processi in narrativa hanno condizionato la conformazione dei depositi quaternari, alluvionali e marini costieri, che ricalca l'andamento del substrato prepliocenico attenuandone le geometrie, come evidenziano gli assetti blandamente antiformi e sinformi della base delle unità alluvionali sedimentatesi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

Dette unità nel sottosuolo di Bomporto - Nonantola - Soliera assumono una conformazione concava assecondante la morfologia della sinclinale Soliera - S. Giovanni in Persiceto - Sabbiuino e contestualmente raggiungono gli spessori maggiori; procedendo in direzione settentrionale verso Camposanto - Finale Emilia la base dell'AEI assume morfologie convesse che rimarcano l'assetto della Dorsale Ferrarese e che si accentuano maggiormente nelle zone più a nord ovest nel sottosuolo di Novi Mo - Mirandola.

I conseguenti diversi spessori di materiali sedimentati 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 di asse di anticlinale condizionando il grado di possibilità di consolidazione dei terreni. Queste condizioni, in taluni casi, ed in circoscritte aree, hanno indotto accentuazioni dei fenomeni subsidenti ai quali si è associato, localmente, lo svilupparsi di faglie distensive che nell'area di Carpi - Bomporto - Nonantola non giungono in superficie e dove presenti, nelle aree più ad occidente, sono sigillate dall'Unità AES7.

Le sequenze del Supersistema Emiliano Romagnolo nel sottosuolo di Bomporto - Bastiglia - Nonantola si rilevano generalmente sino a -450/-500 m pc e l'interfaccia acque dolci/acque salate è di solito presente tra -500/-600/-650 m pc.

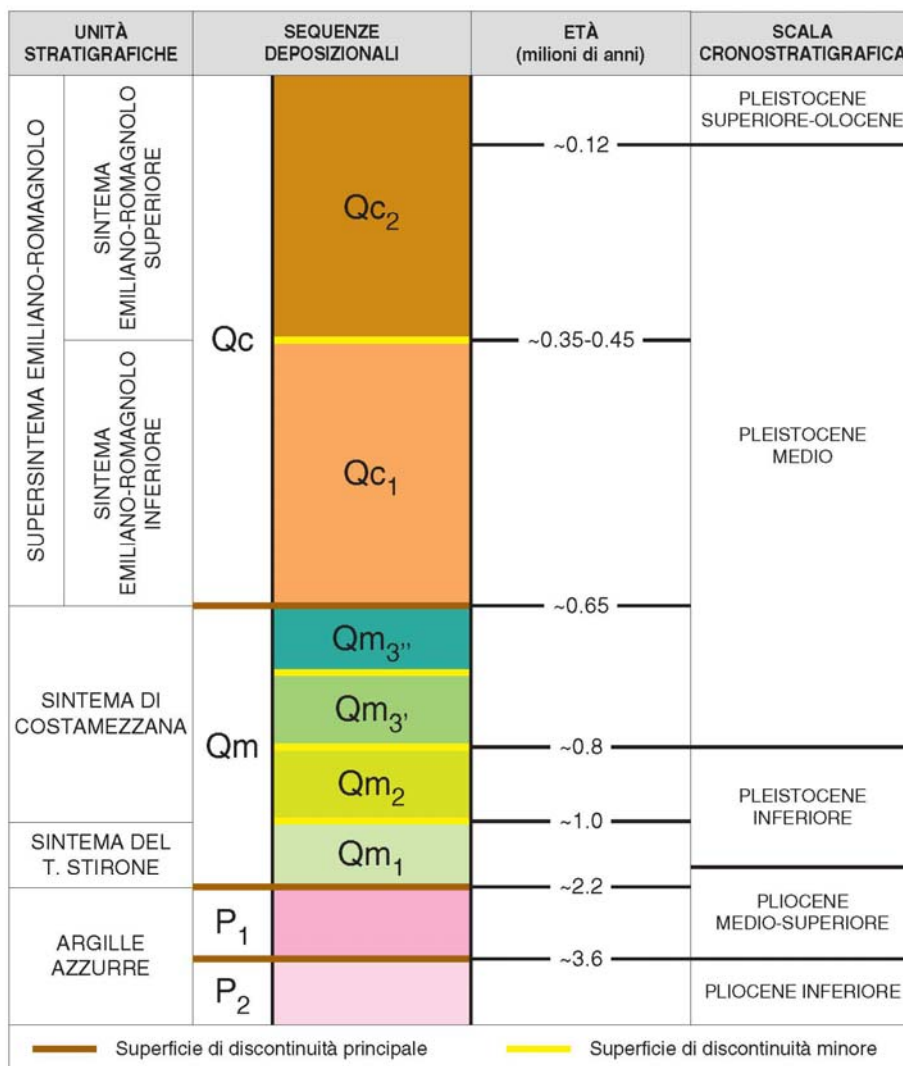




Sovrascorrimento plio-quadernario (4,5 - 1 Ma)
Pliocene-Quaternary thrust fault (4,5 - 1 My)

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

Senso di movimento
Direction of movement



	ANNI	PERIODI GEOLOGICI	PERIODI STORICI	CIVILTÀ E CULTURE
CLOCENE	1.200 476	POSTGLACIALE	ALTO MEDIEVO	v. XII Età Carolingia (750-900) Età Bizantina-Longobarda (VI-VIII) Età Romano-Barbarica (V-VI)
			ETÀ ROMANA	Impero (27...) Età Severiana Età Antoniniana Età Adriano Età Traiana Età Augustea e Claudio Repubblica (183-27)
	162		ETÀ DEL FERRO	Civiltà Etrusca (...-500) Villanoviana (...-550) Protoilliriana (1.100-900)
	800		ETÀ DEL BRONZO	Culture delle terramare Culture adossperniche (1.450-1.100) Culture di Polada (1.750-1.450)
	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 subrotata (3.000-3.500) Culture di Fiorano (...-4.500 ?)
	5.300		EPIPALEOLITICO	a Mesolitico (industria microlitica)
	6.300 11.300 14.000		TARDOLACIALE	PALEOLITICO SUPERIORE (?) Madrileniano (18.000-9.500) Solutrense (18.000-17.000) Perigordiano (32.500-20.000) Aurignaciano (32.000-20.000)
	30.000		WORM	PALEOLITICO MEDIO Madrileniano Acheuleano finale
	75.000		INTERGLACIALE	PALEOLITICO INFERIORE
120.000	III II I	PALEOLITICO INFERIORE	Industria su scheggia senza microliti	
200.000	INTERGLACIALE	PALEOLITICO INFERIORE	Industria su scheggia senza microliti	
300.000	III II I	PALEOLITICO INFERIORE	Industria su scheggia senza microliti	
400.000	INTERGLACIALE	PALEOLITICO INFERIORE	Industria su scheggia senza microliti	
500.000	INTERGLACIALE	PALEOLITICO INFERIORE	Industria su scheggia senza microliti	
700.000	GUINZ	PALEOLITICO INFERIORE	Industria su scheggia senza microliti	
				Pebble Culture

Da: AA.VV. Prov. RE, 1989

SCALA GEO-CRONOMETRICA IN MA			SCALA CRONOSTRATIGRAFICA	
EPOCHE		ETÀ STANDARD		
0	PLEISTOCENE	1.7 CALABRIANO		
5	Pliocene	2.8 PIACENZIANO	4.2 TABIARIANO	5.2 MESSINIANO
10	MIOCENE SUPERIORE	6.6 Tortoniano		
15	MIOCENE MEDIO	11.5 Serravalliano		
20	MIOCENE INFERIORE	15.5 LANGHIANO	16.5 BURDIGALIANO	22.5 AQUITANIANO
25	OLIGOCENE SUPERIORE	32 Cattiano		
30	OLIGOCENE INFERIORE	37 RUPELIANO		
35	EOCENE SUPERIORE	40 PRIABONIANO		
40	EOCENE MEDIO	44 BARTONIANO		
45	EOCENE INFERIORE	49 LUTEZIANO		
50	PALEOCENE SUPERIORE	53.5 YPRESIANO		
55	PALEOCENE INFERIORE	60 THANETIANO		
60		60 DANIANO		
65		65		

DIVERGENZE IN Ma	EON	ERE GEOL. EPOCHI	UNITA' DELLA SCALA STANDARD			ALTRE UNITA'	UNITA' LOCALI E NOMI ABBANDONATI				
			PERIODI	EPOCHE	ETA'						
0	CENozoico	Quaternario	SISTEMI	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO	IRECENTEI				
PERIODE				PLEISTOCENE	TIRRENIANO MILAZZIANO SICILIANO EMILIANO CALABRIANO	CRIDONIANO					
1.8			NEogene	SISTEMI	PLIOCENE	PIACENZIANO ZANCLEANO MESSINIANO	SANTERNANO VELA-FRANCAIANO ASTIGIANO	(TABIARIANO) ANDALUSIANO			
5					PERIODE	MIOCENE	TORTONIANO SERRAVALLIANO LANGHIANO BURDIGALIANO AQUITANIANO	PONTICO PANNONICO SARMAZIANO	(ELVEZIANO)		
24				PALEogene	SISTEMI	OLIGOCENE	CATTIANO RUPELIANO	LATORFIANO	(TONGRIANO) LUGIANO BARTONIANO LEDRANO ALVERSIANO		
37						PERIODE	EOCENE	PRABONIANO LUTEZIANO YPRESIANO	BIARRIZIANO CUSHIANO SUTCLIFFIANO	(SPARNACIANO) ILANDEMANO	
53.5					MESozoico	SISTEMI	PALEOCENE	THANETIANO MONTIANO DANIANO			
65							PERIODE	CRETACICO	MAASSRICHTIANO CAMPIANO SANTONIANO CONIACIANO TURONIANO CEHOMANIANO ALBIANO APTIANO		(LIGONIANO)
96						RESOZOOico	SISTEMI	superiore	SENO- NIANO		
143								PERIODE	MALM DOGGER LIAS	BARREMIANO HAUTERIVIANO VALANGINIANO BERRIASIANO PORTLANDIANO KIMMERIDGIANO OXFORDIANO	HEALDIANO DUREZZIANO VOLGANO CORALLIANO LUSTIGIANO
212	ZOOico	SISTEMI					superiore	RETICO NORICO CARNICO	CHAMPOUTHIANO LOTHARINGIANO	DOMERIANO CARISIANO	
247							PERIODE	TRIASSICO	ANISICO		
289		ILCENOZOico	SISTEMI				medio	LADINICO			
367							PERIODE	PERMIANO	SCITICO TATARIANO KAZANIANO KUNGURIANO ARTINSKIANO SARKARIANO ORENBURGIANO GZELIANO MOSCOVIANO BASHKIRIANO SERPUKHOVIANO	WEFFEMANO THURINGIANO SASSONIANO AUTUNIANO STEFANIANO WESTFALIANO NAMURIANO	BUHTSANDSTEIN ZECHSTEIN ROTLIEGENDES
416			OZOico	SISTEMI			inferiore	VISEANO TOURNAISIANO FAMENIANO	STRUBIANO		
446							PERIODE	DEVONIANO	FRAZIANO GIVETIANO EIFELIANO EMSIANO SIEGENIANO GEDDINIANO	COUVRIANO	PREHANO EGBLENZIANO
509				CENOZOico	SISTEMI		superiore	PRIDOLIANO LUDLOVIANO WENLOCKIANO			
575							PERIODE	SILURIANO	LLANDOVERIANO VALENTIANO		(GOTLANDIANO)
					OZOico	SISTEMI	inferiore	ASHGILLIANO CARADOCIANO LLANDEILIANO LLANVIRNIANO ARENIGIANO SKIDDAVIANO TREMADOCIANO		(POTSDAMIANO) (ACADIANO) (GEDRIGIANO)	
							PERIODE	CAMBRIANO			

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

3.1 Caratteri sismotettonici

Il sottosuolo dell'area pianiziale delle province di Modena e Reggio Emilia appartiene alla Regione delle Pieghe Padane che in detta zona nei settori a meridione della via Emilia formano la fascia della Pieghe Romagnole ed Emiliane e nelle aree più a settentrione costituiscono l'arco delle Pieghe Ferraresi.

Dette pieghe presentano assetti strutturali complessi caratterizzati da dislocazioni e sovrascorrimenti sia a direttrice appenninica che antiappenninica ancora oggi attive, che separano l'area collinare in lento sollevamento da quella pianiziale in regime subsidente.

Nelle zone ad occidente di Bomporto, areale 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.*, assente nelle aree circostanti.

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.

Lo spessore della successione mesozoica, che nel settore di "Bagnolo in Piano" è caratterizzata dall'omonima piattaforma carbonatica, presente circa tra 4500 e >5730 m, conferisce un incremento relativo della rigidità della sequenza formante i primi 10 - 12 Km del sottosuolo tutt'altro che trascurabile. Detti elementi, unitamente all'esistenza della linea tettonica denominata *Emilian fault* (A. Bosellini; 1981), determinano condizioni d'insieme significativamente influenti sul tipo di attività sismica dell'area pianiziale reggiano - parmense e modenese come indicano le profondità degli ipocentri nella zona di Bagnolo in Piano - Correggio - Novellara a generalmente comprese tra -5/-6 km.

La base del *Pliocene* (M. Pieri, G. Groppi; AGIP, 1981 - RER, AA.VV, 2002) nel sottosuolo del territorio al quale appartiene il comune di Bomporto è generalmente rinvenibile tra -7,0/-8,5 km dal piano campagna e presenta un assetto regolare che dalle massime profondità di -8/-8,5 km pc nella fascia Soliera - Bastiglia/Bomporto - S. Giovanni in Persiceto, si innalza gradualmente in direzione nord a -6 km pc tra Solara e Camposanto e successivamente a -3/-2,5 km pc a Cavezzo - Medolla; a settentrione di questi ultimi mediante faglie dirette, che delimitano l'ala meridionale della Dorsale Ferrarese, e sovrascorrimenti sia appenninici che antiappenninici disposti ad embrici, il substrato si innalza a -2,0/-1,0 km pc.

Analoghe condizioni si riscontrano nelle zone a meridione, sud dell'allineamento Soliera - Bomporto - Crevalcore, nelle quali tramite sovrascorrimenti nord vergenti a direttrice appenninica, che individuano il passaggio alle pieghe Romagnole, il tetto del *Pliocene* si innalza dapprima a -7,5 km pc nell'area nord Nonantola - Sant'agata Bolognese e successivamente in direzione meridionale risale rapidamente a -3/-2 km pc.

In detta zona le sopracitate pieghe sono caratterizzate dalla Dorsale di Castelfranco E. - Ponte Samoggia - Tavernello d'Emilia e dalla Dorsale di Albareto - Bagazzano, rappresentati il proseguimento settentrionale sepolto dei motivi tettonici appenninici affioranti a sud di

Reggio Emilia – Modena – Bologna. Procedendo in direzione nord, superata la fascia pedecollinare che corrisponde all'interruzione della coltre ligure, il substrato si approfondisce rapidamente a 7 – 8 km nel bacino sinforme Carpi – Cento.

L'assetto di quest'ultima, nella zona tra Nonantola – Soliera – Sorbara, presenta una conformazione regolare con asse orientato ovest nord ovest – est sud est con blanda immersione in verso est sud est. Detta sinclinale, nella fascia tra Ganaceto - Nonantola – S. Agata B.se e S. Giovanni in P.to, denota la presenza di due linee di sovrascorrimento, ad andamento circa sub parallelo, orientate ovest est.

La più settentrionale di dette linee, tra S. Agata B.se e S. Giovanni in P.to flette in direttrice sud in direzione di S. Giacomo di Martignone dove è interessata da uno sovrascorrimento esteso in senso ovest nord ovest – est sud est.

Analoga condizione si riscontra nelle zone occidentali dove, ad ovest di Ganaceto, i sopraccitati sovrascorrimenti flettono a sud ovest verso Campogalliano – Rubiera.

Le struttura delle Pieghe Romagnole è ulteriormente suddivisa in blocchi da faglie trasversali, che delimitano la dorsale di Minerbio – Selva e le componenti arcuate degli sovrascorrimenti nella Dorsale Castelfranco E. – P.te Samoggia. Dette linee tettoniche avrebbero subito movimenti anche in tempi recenti, *Pliocene – Pleistocene* inf. ($5 \div 0,89 \text{ Ma}^2$), come suggeriscono le flessioni in verso occidentale del F. Reno e T. Samoggia che non appaiono giustificabili solamente con diversi equilibri di sedimentazione.

Analoga indicazione è correlabile alla progressiva migrazione verso nord nel Po avvenuta negli ultimi 3000 anni (*Veggiani 1974*) che asseconda la geometria dell'arco interno delle Pieghe Ferraresi.

In tale contesto si collocano inoltre (*C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto Neotettonica; 1987*), le interruzioni a pulsazioni con fenomeni di rallentamento (sollevamento?) del generale trend subsidente verificatesi nella pianura a settentrione di Modena e Bologna. Le principali faglie inverse sepolte di carattere neotettonico comunque non risulta interessino l'area tra Soliera – Bastiglia – Nonantola – Ravarino – Sorbara, con ripercussioni superficiali palesi.

Nel sottosuolo del territorio meridionale di Bomporto sono presenti due linee di sovrascorrimento orientate in direttrice ovest est la più settentrionale delle quali si estende secondo l'allineamento Appalto di Soliera – Campazzo – nord di S. Agata Bolognese e quella più a sud da Ganaceto – Villavara - Nonantola – S. Giacomo del Martignone (sud di S. Giovanni in Persiceto).

Detti sovrascorrimenti con età successiva a 6,3/5,2 Ma risultano successivamente riattivati.

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

² Ma: Milioni di anni

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 - modenese sono correlati all’interazione della parte più interna delle Pieghe Ferraresi (Struttura di Bagnolo) con il fronte delle Pieghe Emiliane e Romagnole.

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 ÷ AES presente).

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, 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 Ma³), come si evidenzia nei territori di Novi MO - Mirandola.

Le variazioni delle condizioni degli ambienti sedimentari nel tardo *Pleistocene* sarebbero confermate dalla ridotta profondità della base dell’*Olocene* (11.000/12.000 anni) che ad occidente di Reggio Emilia, corrisponde circa a 10 ÷ 15 m ed aumenta in direzione orientale, attestandosi a 15 ÷ 20 m nelle zone a settentrione di Reggio Emilia e Modena, ad eccezione dei territori di Novi MO – Mirandola dove si riscontra a -10 ÷ -15 m pc; procedendo verso est e sud, nelle zone di Bomporto – Nonantola - Bastiglia tende ad approfondirsi a -20/-23 dal piano campagna e più ad oriente l’approssimarsi al bolognese si abbassa ulteriormente a -25 m pc.

Concorrono a documentare un’attività tettonica recente le migrazioni verso occidente dei tracciati dei fiumi appenninici e gli antichi depositi di canale che frequentemente perdono di identità prima di giungere all’attuale percorso del Po, la netta deviazione in verso settentrionale di detto fiume nella zona di Guastalla, praticamente a ridosso dell’ala occidentale – settentrionale della Dorsale Ferrarese, le flessioni in verso occidentale a settentrione della via Emilia dei percorsi dei fiumi Secchia – Panaro – Reno – T. Samoggia.

L’assetto delle strutture profonde visualizzato nella *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (M. Boccaletti – L. Martelli; 2004) indica attività delle linee di sovrascorrimento a meridione della via Emilia che delimitano il Lineamento Frontale Pedappenninico circa esteso da Parma – Reggio Emilia – Sassuolo – Maranello – Spilamberto – Bologna e delle linee di sovrascorrimento al bordo occidentale della Dorsale Ferrarese, orientate sud ovest – nord est circa da Cadelbosco di Sopra/di Sotto – Novellara ovest – Fabbrico – Bomporto – Novi MO, e dei Fronti di Accavallamento della successione Carbonatica Mesozoica e del Basamento, rispettivamente individuati a -8/-9 km e -11/-12 km, nella fascia di sottosuolo circa estesa secondo l’allineamento Albareto – Cavone – Quistello (MN).

³ Ma = Milioni di anni

Oltre alle sopra descritte zone nei settori a meridione di Bomporto sono presenti linee di sovrascorrimento, interessate da possibili riattivazioni, che si estendono circa secondo gli allineamenti Soliera – Campazzo – S. Agata Bolognese e l'allineamento Ganaceto – Villavara – Nonantola – S. Giovanni in Persiceto.

L'attività sismica del Lineamento Frontale Pedepenninico è testimoniata dagli epicentri sismici di maggior energia con $M_w > 5,5$ a Ponte Taro, Parma, tra Caprara e Calerno / Ca del Bosco di Sopra, Rubiera, e con $5 < M_w \leq 5,5$ di Modena, Tre Olmi/Solignana; analogamente per la Dorsale Ferrarese da quelli con $M_w > 5$ di Campegine, Finale Emilia, Mirandola e da quelli con $5 < M_w < 5,5$ di Bagnolo in Piano/Correggio/Novellara, Reggio Emilia.

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

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

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce 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 Bomporto alla zona 3 con grado di sismicità equivalente agli ambiti S6.

I valori di a_g elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 attribuiscono, alla fascia territoriale a cui appartiene il comune in oggetto valori di accelerazione compresi tra:

$$\text{Bomporto } a_g = 0,150 \div 0,1759 \text{ g}$$

con diminuzione di tali parametri da sud a nord.

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

$$a_{gref} = 0,157 \text{ g}$$

3.3 Subsidenza

I fenomeni subsidenti nel territorio di Bomporto sono correlabili ai processi di auto consolidazione naturale dei depositi delle aree di pianura; nella zona in esame tali abbassamenti denotano un sensibile grado di influenza connesso all'assetto del substrato Pliocenico e Prepliocenico e al considerevole spessore (450/500 m) del Supersistema Emiliano Romagnolo. A dette condizioni si sommano gli effetti correlati alle estrazioni di fluidi dal sottosuolo, che prevalentemente interessano i primi 150 – 250 m dal piano campagna. Le rilevazioni di questi ultimi (ARPAE) indicano abbassamenti dei terreni in superficie $5 < \text{mm/anno}$ nella parte settentrionale del territorio, che diminuiscono a $2,5 \text{ mm/anno}$ nella parte più settentrionale, incrementano a $5 / 10 \text{ mm/anno}$ nella parte centro settentrionale e

centro meridionale, con aumenti a 10/12,5 mm/anno nella fascia centrale tra Bomporto capoluogo e Sorbara e nel settore meridionale tra Villavara e C. Rossa/Casino Nacmani.

Dette entità degli abbassamenti indicano per i processi subsidenti del periodo 1992/2011 una leggera tendenza alla diminuzione successivamente al 2006 (ARPAE www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp Id2051 2 divello = 1423).

Tali valori di consolidazione evidenziano corrispondenza con la variabilità in spessore, geometria e granulometria dei complessi acquiferi che formano i primi 200 ÷ 300 m del sottosuolo e con la concentrazione sia degli insediamenti delle aree ad uso produttivo che dell'area urbana sede del capoluogo.

Considerando che i processi subsidenti per processi naturali sono stimabili dell'ordine di 2,0/2,5 mm/anno si evince che nella fascia centrale Bomporto – Sorbara e nel settore meridionale di Villavara la prevalente aliquota degli abbassamenti è correlabile alle attività antropiche di estrazione di acque dal sottosuolo.

Le sezioni idrogeologico strutturali mostrano infatti che le unità idrogeologiche AES8, AES7 (dal presente a 125.000 b.p.) le cui deposizioni sono state influenzate sostanzialmente dai cambiamenti climatici che hanno interessato il bacino padano nel sopracitato periodo, sono caratterizzate da spessori relativi inferiori: 90/100 m nel sottosuolo della parte settentrionale del territorio comunale (area a nord di Solara), nella quale il substrato prepliocenico si innalza gradualmente con l'approssimarsi alla fascia della Dorsale Ferrarese; le minori entità degli abbassamenti nei territori a meridione di Villavara denotano correlabilità con le maggiori granulometrie (ghiaie sabbiose) dei corpi acquiferi che formano i primi 100 m del sottosuolo in tale zona. D'altra parte gli incrementi dei cedimenti nella fascia centrale concordano con l'andamento in spessore delle unità AES8 – AES7 che giungono a 100/110 m.

Caratteristiche simili, con accentuazione delle variabilità in spessore e delle deformazioni della base dei cicli deposizionali contraddistinguono le unità che costituiscono la parte mediana e basale del Sintema AES: A2 – A3 – A4 le cui deposizioni sono state condizionate principalmente dai cambiamenti climatici del bacino padano da 125.000 a 400.000 anni b.p. e da processi tettonici.

La base dell'AES evidenzia profondità nettamente differenziate tra le zone settentrionali dove giunge a -210/-250 m pc a quelle centrali e meridionali nelle quali è rinvenibile siano a -300/-280 m pc.

Analoghe caratteristiche di variazione di spessori ad assetto geometrico evidenziano la base delle unità del Sintema Alluvionale Inferiore: AEI (400.000 ÷ 650.000/800.000 anni b.p.) sul quale hanno influito sia i cambiamenti climatici che i movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano in detto periodo; la base di tale sintema nei settori a meridione di Villavara è riscontrabile sino a -400/-420 m pc nelle zone centrali: Bomporto capoluogo – Sorbara sino a -490/-500 m pc, nelle aree settentrionali a nord di Sorbara si innalza rapidamente a -400/-350 m pc.

Tali condizioni, oltre che agli incrementi in spessore dei depositi, sono correlabili agli emungimenti idrici dal sottosuolo che risultano essere in disequilibrio con le potenzialità e tempi di ricarica degli acquiferi confinati presenti nei primi 100/250 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.

Come per il sintema sovrastante, tali differenze di profondità della base, sono correlabili sia ai cambiamenti climatici che alle geometrie del substrato e dei processi deformativi che lo hanno coinvolto e con fasi accentuate di questi ultimi.

Come precedentemente descritto oltre alle sopradescritte valutazioni, sono documentati nel territorio di Bomporto, dalle rilevazioni della rete regionale di monitoraggio della subsidenza di ARPAE relative al periodo 1992 – 2011, isocinetiche di abbassamento di 2,5 mm/anno nella zona settentrionale con incrementi dei valori (a 10/12,5 mm) procedendo in direzione meridionale nella fascia centrale del territorio comunale.

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio di Bomporto è delimitato dall'allineamento Soliera – Nonantola – S. Giovanni in Persiceto a sud e l'allineamento Cavezzo – Camposanto – Cento a nord, ed è compreso tra il F. Panaro che individua il confine comunale est ed il F. Secchia ad ovest.

La superficie comunale appartiene prevalentemente alla media Pianura Padana ed in subordine nella parte a settentrione di Solara alla fascia di transizione alla bassa pianura, costituitesi tra l'area dei coni alluvionati pedeappenninici e la zona dominio del Po.

Nel contesto delle valutazioni della pericolosità sismica dei territori di pianura, formati essenzialmente delle evoluzioni degli assi fluviali e/o torrentizi, assume un significato principale l'individuazione delle testimonianze delle preesistenti zone occupate da percorsi fluviali, poiché esse sono caratterizzate dalla presenza, nei primi 5 ÷ 10 m del sottosuolo, di alternanze prevalentemente sabbiose – sabbioso limose, suscettibili di rischio di liquefazione.

È altresì di rilevante importanza l'individuazione degli ambiti geomorfologici e sedimentazione lenta e soggetti a periodiche esondazioni, quali le valli di pianura, poiché dette zone sono generalmente costituite nei primi 5 – 10 m dal piano campagna da successioni limoso argillose – argilloso limose contenenti a luoghi strati a bassa consistenza soggetti a sensibili cedimenti di tipo differenziale.

L'analisi geomorfologia del territorio di Bomporto è stata sviluppata mediante l'esame delle caratteristiche topografiche del microrilievo, fotogeolitologico, del reticolo idrografico superficiale, degli interventi antropici, delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM relative al primo impianto 1881 e delle notizie e pubblicazioni storico – geomorfologiche, modello digitale del terreno e banca dati geologica, resi disponibili in forma digitale dal *Servizio Geologico e dei Suoli Regione Emilia Romagna*, banca dati e cartografie in forma digitale resi disponibili dal Servizio Urbanistica e S.I.T. della Provincia di Modena, elaborati cartografici del Quadro Conoscitivo del PSC e Microzonazione Sismica del 2007 (*Dr. V. Franchi*).

L'analisi fotogeologica è stata eseguita in base ai fotogrammi PROV. MO/C, in scala approssimata 1:24.000, voli Aprile 1989, fotogrammi IGM/BN in scala 1:35.000 voli 1955,

della fotosatellite LANDSAT in scala 1:200.000 e riprese in rete su Google Earth, ortofoto AGEA.

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

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

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

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

Le caratteristiche evolutive descritte concordano con le emergenze morfologiche presenti nel territorio comunale di Bomporto. Infatti si riscontra una conformazione pianeggiante blandamente ondulata, contraddistinta da due dossi topografici principali, dei quali quello orientale coincide con il F. Panaro ed individua il confine comunale, quello ad occidente, presente al bordo del territorio tra Sorbara al confine con il comune di Soliera corrisponde ad un tratto del F. Secchia; oltre a questi sono osservabili altri due dossi, meno pronunciati di quelli sopra descritti, uno dei quali esteso in direzione sud ovest - nord est concordemente all'andamento della Strada per Solara circa da Sorbara a il Gorghetto, l'altro dosso, blandamente pronunciato, si allunga in senso ovest est assecondando la SP n°1 da Sorbara a Bomporto.

Detti assetti topografici, le componenti litologiche e le caratteristiche del microrilievo palesano una loro genesi legata ad antichi percorsi fluviali naturali, come visualizzato nella allegata carta litotecnica.

I tratti d'alveo residuali descritti, condizionati dalle possibilità di affluenza al Po, conseguono dalle divagazioni fluviali dei fiumi Secchia e Panaro derivate sia dalle variazioni climatiche avvenute in passato che, con tutta probabilità, da movimenti tettonici che hanno interessato la Dorsale Ferrarese (Viggiani A; 1974).

L'accrescimento del territorio di Bomporto, governato dalle evoluzioni idrografiche dei sopracitati fiumi e costretto tra gli stessi, si è sviluppato generando zone morfologicamente

deprese, contraddistinte da pendenze minori dello 0,8 ‰, nel settore meridionale tra Villavara ed il Canale Naviglio e nella zona a nord di S. Michele – Solara, che costituiscono ambiti vallivi di pianura allungati in senso sud nord. Il primo di questi, area più a sud, è conseguito all'ostacolo dei deflussi in verso settentrionale esercitato dall'assetto a dosso debolmente pronunciato esteso in direzione ovest – est circa compreso tra il Canale Naviglio e la SP n°1 Sorbara – Bomporto.

Condizioni simili, ma di estensioni areali molto maggiori, hanno condizionato le zone più settentrionali nelle quali il Dosso del Gavello, correlabile ad un antico ramo del Po sul quale si è successivamente impostato il F. Secchia (*M. Panizza, 1984*), ha indotto l'instaurarsi di vasti ambiti di impaludamento nei territori di Crevalcore – Camposanto – Finale Emilia – San Felice sul Panaro – Cavezzo.

Nelle aree meridionali e settentrionali del comune di Bomporto le caratteristiche principali sono costituite dalla presenza nei primi 5/10 m del sottosuolo di terreni essenzialmente argillosi – argilloso limosi.

Altro aspetto geomorfologico di interesse nel territorio in esame è rappresentato dal ventaglio generato dal cono di rotta alluvionale osservabile in prossimità di Opera Pia Ferrari.

Gli assetti morfologici hanno indotto precarie condizioni di instabilità idraulica come evidenziano i diffusi ventagli di esondazione in sponda orientale del F. Panaro nella fascia a settentrione di la Palazzina, e le zone di rotta e tracimazione del medesimo fiume tra Navicello – Villavara – Campazzo, alle quali nel settembre 1973 è conseguito l'allagamento della parte del territorio comunale di Bomporto a sud del Canale Naviglio (*L. Moratti – M. Pellegrini; 1977*) e degli analoghi: precedenti eventi del 1966 e quelli ancora più antichi del 1900 e 1800.

I disastrosi alluvionamenti del 2014 avvenuti successivamente alla realizzazione delle casse di espansione del Panaro presso S. Anna, sono correlabili a precarie condizioni di sicurezza del sistema arginale e manutenzione non adeguata degli stessi.

Per quanto riguarda gli insediamenti antropici antichi si osserva che l'esistenza del dosso Sorbara – il Gorghetto doveva essere già consolidata nel periodo romano e barbarico, data la presenza di reperti archeologici romani rinvenuti ad ovest di Il Gorghetto (PTCP.MO Tav. 4.1). Ciò è in accordo con le caratteristiche climatiche *dell'Olocene medio* che risultavano contraddistinte da un clima caldo secco in fase di evoluzione verso un periodo fresco umido di tipo sub atlantico che si sarebbe decisamente impostato verso il 1000 ÷ 800 a.C.

I cicli di piovosità che giunsero ai valori massimi tra il 1400 ed il 1300 a.C. (*Mayr; 1964*) causarono variazioni morfologiche degli alvei e quindi rotte e tracimazioni nelle zone di pianura. Fenomeni simili a quello descritto continuarono poi a verificarsi sino al 9° ÷ 6° secolo a.C., successivamente il paesaggio si consolidava dal punto di vista idrografico.

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

Nel contesto dell'evoluzione geomorfologica territoriale ha esercitato una sensibile influenza l'assetto geostrutturale del substrato prepliocenico, come indicano progressivi spostamenti verso nord del Po che si è via via allontanato dalla Dorsale Ferrarese e le

divagazioni degli alvei degli affluenti appenninici all'affluenza a detto fiume. L'attività di detta dorsale è indicata dai numerosi terremoti verificatisi nella Valle Padana tra il 1100 - 1300 - 1600.

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

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

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

4.1 Assetto strutturale depositi del quaternario continentale

Gli assetti delle successioni alluvionali continentali, nell'area compresa tra la A22 ad ovest, via Muzza ad est e delimitata a sud dall'allineamento Ganaceto - Nonantola - S. Giovanni in Persiceto ed a nord dall'allineamento Rovereto - Cavezzo - Loc. Bianca, evidenziano un'elevata influenza sulle geometrie deposizionali correlata alla conformazione del substrato prepliocenico e degli sovrascorrimenti e faglie che lo interessano.

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

Questi ultimi si sono ripercorsi sulla subsidenza, con processi di auto consolidazione che hanno generato deformazioni più o meno pronunciate in funzione dello spessore ed età delle successioni continentali. Nell'area in esame le sopra descritte condizioni hanno indotto effetti meno pronunciati sulle geometrie dei complessi deposizionali rispetto ai territori più ad occidente ed a settentrione nel sottosuolo dei quali è presente la Dorsale Ferrarese.

4.1.1 Unità Stratigrafica AES8 (ciclo de posizionale A0)

Il complesso deposizionale più recente AES8, nelle fasce più settentrionali del territorio modenese, zone a nord di Camposanto - Cavezzo, è caratterizzato da geometrie dei corpi sabbiosi a sviluppo tendenzialmente tabulare lentiforme, estesi in direzione ovest est con spessori mediamente variabili tra 5 / 10 e 20 m e che a sud del sopracitato allineamento (S. Prospero - Solara - Stuffione - S. Matteo della Decima) si riducono sensibilmente in spessore (2/6 m) ed assumono morfologie nastriformi, a spiccata lenticolarità, allungata principalmente in senso sud ovest - nord est.

Tale complesso nelle aree centrali e settentrionali presenta spessori mediamente compresi tra 20 e 23 m che tendenzialmente aumentano in direzione sud est raggiungendo 25 m di potenza nelle zone sud orientali.

L'unità stratigrafica in oggetto in pratica evidenzia l'assenza di deformazioni correlabili a fattori tettonici o processi subsidenti accentuati; le differenziazioni laterali e verticali che lo caratterizzano sono sostanzialmente connesse alle variazioni climatiche che hanno interessato il bacino padano nell'*Olocene*: attuale /12000 – 14.000 anni bp;

In detto periodo hanno influito in modo pronunciato le fasi di recrudescenza climatica tra 10000/14.000 e 8.300/7.000 anni bp, e la fase tra 4000 e 4600 anni bp, alle quali si sono associate ingressioni marine, che hanno indotto condizioni di diffuso impaludamento nella pianura padana.

Unità Stratigrafica AES7 (ciclo de posizionale A1)

Simili caratteristiche evidenziano le sequenze deposizionali del ciclo deposizionale A1 (12/14000 ÷ 125000 bp) con spessori mediamente compresi tra 80/90 m che tende ad assottigliarsi a 70/80 m sia in direzione settentrionale (nord di Solara) che meridionale (sud di Villavara – Albareto) dove assume Potenze di 70/65 m.

Generalmente l'unità in oggetto (AES7) non presenta significative deformazioni correlate a processi tettonici ad eccezione delle zone più settentrionali (nord di Solara – Camposanto) nelle quali la base della successione evidenzia un blando assetto convesso e riduzione degli spessori con l'approssimarsi alla zona di presenza della Dorsale Ferrarese interna (Novi MO – Mirandola – Finale Emilia/Cento). Tali condizioni sono essenzialmente correlate a subsidenza differenziata per processi di auto consolidazione, legati alle diverse potenze delle unità deposizionali che diminuiscono in direzione nord.

La base del ciclo deposizionale si rinviene in genere sino a -100/-110 m pc, -80/-90 m pc nelle zone più settentrionali (nord di Solara), nei settori meridionali (sud di Villavara – Albareto) di solito giunge a profondità di -80/-90 m pc.

Unità Stratigrafica AES6 - ciclo deposizionale A2:

è correlabile a deposizioni avvenute tra 125.000 e 200/220.000 anni b.p. localmente denota in pratica l'assenza di influenze di deformazioni correlabili ai processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano ed evidenzia blande deformazioni alla base dell'unità, per subsidenza differenziata correlata agli spessori relativi maggiori dei depositi del *Pleistocene* medio e superiore. Nelle zone settentrionali, con l'approssimarsi alla Dorsale Ferrarese (nord di Solara – Camposanto) si evidenziano moderate deformazioni alla base connesse alla morfologia del substrato che ha governato l'ambiente deposizionale. Tale unità presenta generalmente potenze comprese tra 90 e 100 m con spessori che diminuiscono a 70/80 m in direzione settentrionale; si rinviene sino a -190/-200 m dal piano campagna nelle zone centrali e meridionali e sino a -150/-180 m pc nelle aree a settentrione di Solara - Camposanto.

Unità stratigrafica AES (cicli de posizionali A3-A4)

Con questa successione (200/220000 – 350/450.000 anni bp) si delineano assetti deformativi correlati alle maggiori o minori distanze dalle fasce di dominio delle Pieghe Emiliano – Romagnole e della Dorsale Ferrarese ed al progressivo incremento in profondità del substrato prepliocenico nella zona sinforme del bacino Carpi – Cento; contestualmente nella sua parte medio basale, si evidenziano influenze delle geometrie dei bacini deposizionali e di fattori tettonici.

Le sequenze litologiche evidenziano una presenza percentuale di corpi sabbiosi relativamente maggiori rispetto all'unità sovrastante ed un incremento in componenti sabbioso ghiaiose in direzione meridionale (zone a sud di Albareto – Villavara); gli spessori corrispondono generalmente a 90/100 m nei settori centrali e meridionali e si assottigliano a 70/80 m in direzione settentrionale (nord di Solara – Camposanto) con l'approssimarsi alla Dorsale Ferrarese.

La base dell'unità raggiunge generalmente profondità di -190/-200 m pc nelle zone centrali e meridionali e si innalza a -170/-150 m pc nelle aree settentrionali (nord di Solara – Camposanto).

Le geometrie dei corpi sabbiosi evidenziano deformazioni inferiori e maggior frequenza in percentuale rappresentata, nei settori centro meridionali del territorio in esame.

4.1.2 Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore AEI – ciclo de posizionale B

Le sequenze del Sintema AEI, che costituiscono la parte più antica del Supersintema Emiliano – Romagnolo (400/450.000 ÷ 650/750.000 anni bp), non evidenziano sia alla base che al tetto significative influenze dei movimenti tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400.000 ÷ 450.000 a 650.000 anni b.p.; sono osservabili moderate deformazioni correlate a processi di subsidenza differenziata per auto consolidazione connesse alla variabilità in spessore dei depositi e loro caratteristiche granulometriche ed alla geometria del substrato; la distinzione rispetto all'unità superiore è essenzialmente legata a caratteristiche di ambiente deposizionale.

Presenta generalmente spessori variabili tra 180 e 200 m che tendono a diminuire sia in direzione sud che nord assumendo potenze comprese tra 170 e 130 m nelle zone a meridione di Villa Vara – Albareto e tra 150/130 m nelle aree a settentrione di Solara – Camposanto.

Si rinviene sino a -470/-490 m pc nel settore centrale e si innalza a -420/-350 m nelle zone a nord di Solara – Camposanto ed a -400/-440 m nelle aree a meridione di Villavara – Albareto.

4.1.3 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; questi ultimi sono relativamente inferiori nelle zone di sottosuolo che corrispondono alla fascia di

sinclinale Soliera – S. Giovanni in Persiceto e si accentrano sia in direzione sud che nord con l'approssimarsi rispettivamente alle pieghe Romagnole ed alla Dorsale Ferrarese.

Dette condizioni si rimarcano nelle aree più a nord ovest: settore di Novi MO – Mirandola, nel sottosuolo delle quali è presente la fascia di culminazione assiale della Dorsale Ferrarese dove lo spessore dei depositi alluvionali si riduce a 60/120 m ed alle profondità di -300/-400 m pc si riscontrano le formazioni del *Pliocene inferiore* – *Miocene superiore*.

4.2 IDROGEOLOGIA

4.2.1 Idrografia di superficie

La rete idrica superficiale è costituita dai cavi e canali del *Consorzio Burana* appartenenti al bacino idrografico del F. Panaro che a sua volta fa parte di quello del Po.

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

Il sommarsi di tali agenti ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti principali orientati sud ovest – nord est che in funzione delle clivometrie caratterizzano l'assetto scolante del territorio in due sottobacini; quello di questi a meridione del Cavo Naviglio, che affluisce al F. Panaro mediante manufatto con paratie di regolazione, è a drenaggio naturale; d'altra parte il sottobacino a settentrione di detto Cavo, che rappresenta la prevalente parte del territorio (circa 80%), è di tipo meccanico con sollevamento.

I collettori fondamentali per l'efficienza idraulica del territorio, oltre al F. Panaro, sono rappresentati dalla Fossa di S. Pietro, Cavo Fossadone e Cavo Fiumicello.

Al primo dei questi afferiscono gli assi idrici superficiali della parte occidentale centrale della superficie comunale: Fossa di Sorbara – Cristo, Fossa Beltrama, mentre al Cavo Fiumicello confluiscono le acque superficiali della prevalente parte del territorio di Bomporto che raccoglie gli afflussi del Cavo Canalino del Bosco nel settore centro occidentale e del Cavo Carrata Bassa, Cavo Fosdondo, Fosso Vacche, nella parte nord.

L'individuazione delle zone ad elevata criticità idraulica del PTCP MO 2009, classificazione A2: aree depresse ad elevata pericolosità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 m (Art.11) attribuisce a tali aree il settore meridionale circa compreso tra Villavara a C. Rossa – Casino Nacmani, la zona settentrionale a nord – nord est di il Gorghetto circa compresa tra il medesimo e Villa Molza – C. Fellegaro – C. Baraldi – C. Sacchi – SP n°2; analoghe caratteristiche presenta l'area a nord di via Carrate circa compresa tra C. Barbieri – C. Belei – Fn.do Lovato – Poss.ne Risaia – Regine del Bosco – Confine comunale nord e nord est. La rimanente parte del territorio è classificata A3: aree depresse ad elevata criticità idraulica – aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art.11).

L'area comunale precedentemente alla realizzazione delle casse di espansione, è stata interessata nel 1966 settembre, 1973 da processi di esondazione, che hanno coinvolto il territorio a sud del Canale Naviglio e ad est dello stesso sino al F. Panaro e la parte dell'area compresa tra detti assi idrici ed i confini comunali sud ed ovest.

I sopracitati interventi con casse di espansione non hanno comunque meno in sicurezza il territorio comunale rispetto alle condizioni di pericolosità idraulica come hanno evidenziato gli alluvionamenti del gennaio 2014. Questi ultimi, correlati a carente efficienza dei corpi arginali, hanno allagato con un battente idrico maggiore di 1 m la parte sud est del capoluogo compresa tra il Canale Naviglio – F. Secchia – Via per Cascina Meloni e la fascia estesa in direzione sud dal Canale Naviglio alla zona produttiva di Villavara compresa tra il confine comunale occidentale con Bastiglia e la sP n°2 per Modena e la striscia larga 100/180 m ad est di detta SP sino a C. Sassi; la rimanente porzione di territorio a meridione del canale Naviglio è stata esondata con un battente idrico tra 03/04 m ed 1.0 m dal settore di Villavara ad ovest della SP n°2 al capoluogo; fanno eccezione a quanto esposto la parte della zona industriale Villavara ad est della sopracitata SP e la fascia adiacente al F. Panaro larga 100/200 m sino a Punta Nuova nelle quali il battente idrico è stato di 0,1/0,3 m.

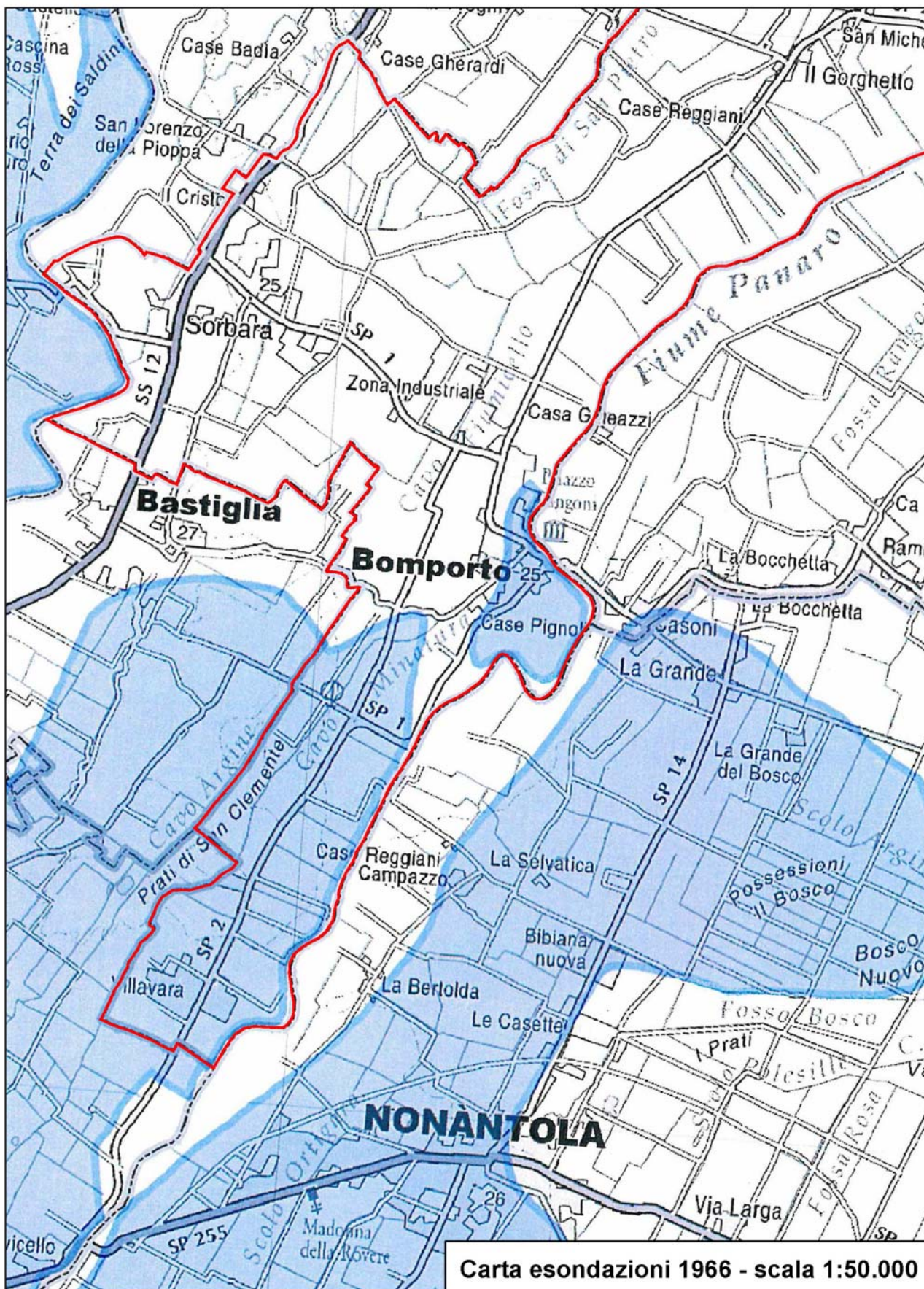
Esondazioni con battente tra 0,3 e 1,0 m, hanno coinvolto la zona tra la SP Panaria Bassa ed il limite occidentale della zona industriale a nord ovest del capoluogo e la fascia larga 750/1000 m che si estende a nord da quest'ultima sino a C. Morselli – Fn.do Pra di Mezza – Fn.do. S. Giuseppe; successivamente procedendo in direzione nord tale striscia si riduce a 450/300 m sino a Gorghetto dal quale diminuisce a 100/200 m sino a Via Carrate; analoghi battenti tra 0,3 e 1,0 m hanno allagato la fascia estesa ovest est larga 170/200 m adiacente al confine comunale nord e quella adiacente al confine occidentale tra via Prati livelli – I Laghetti e C. Famin – C. Burgassia.

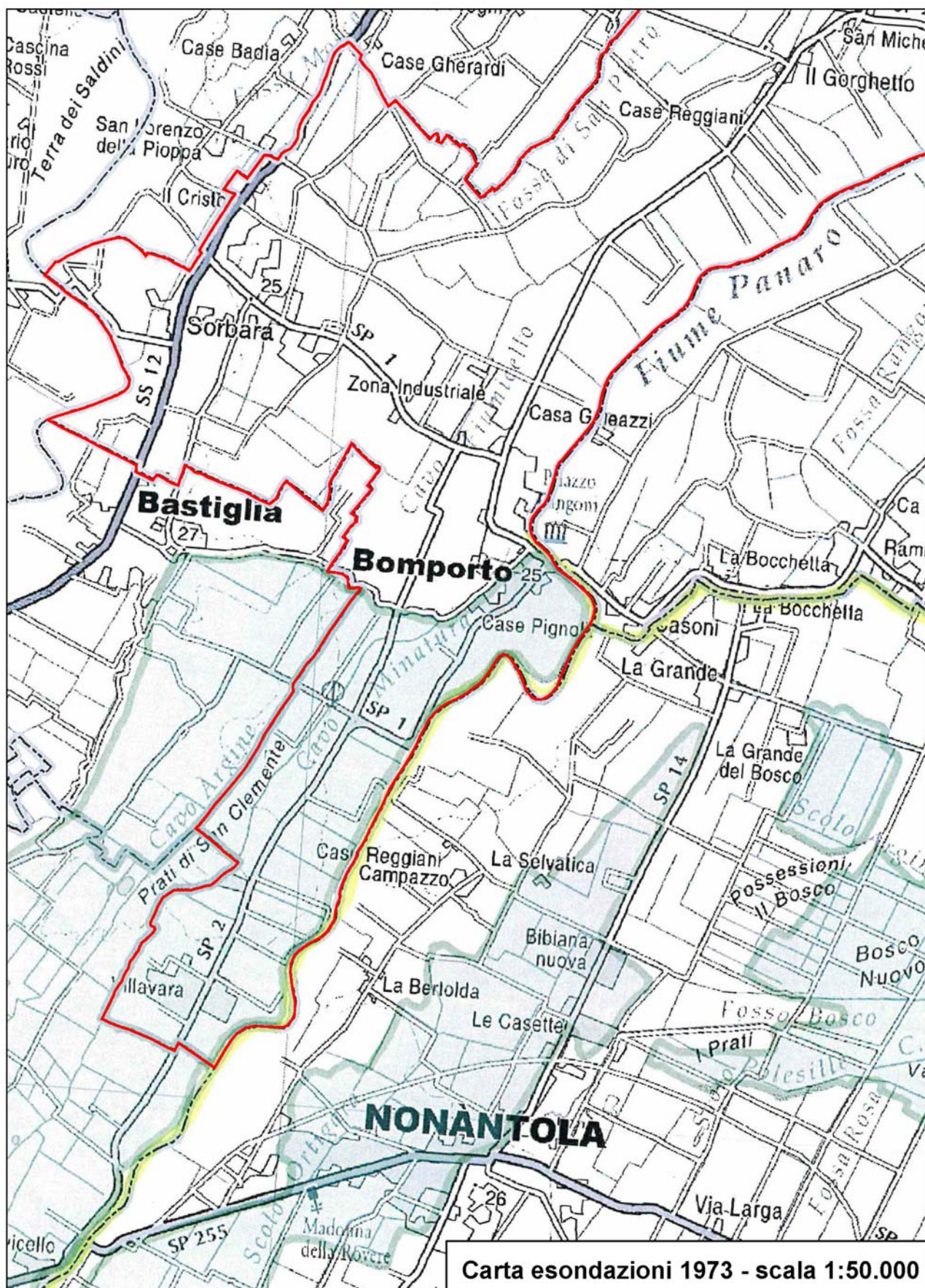
La parte settentrionale del territorio tra il Cavo Fiumicello, confine comunale ovest e zona ed est di detto asse idrico sino a Seghizza – via Ghinella, è stata allagata con battenti idrici di 0,1/0,3 m; equivalenti allagamenti hanno coinvolto anche le zona a sud di via Carrate tra C. Barbieri – Maia – C. Armanti – C. Baraldi.

Analoghi battenti idrici (0,1/0,3 m) hanno investito le zone a sud della SP n°1 Ravarino – Carpi – Strada Verdetta – via del Torrazzo – confine comunale con Bastiglia e l'area a sud Fn.do Pagliaro – C. Arciprete, larga 400/150 m, che si estende ovest est dal confine con Bastiglia alla SP Panaria Bassa e si restringe in direzione orientale.

In relazione a quanto esposto si evince che necessita porre particolare attenzione alle previsioni progettuali delle aree di nuovo insediamento residenziale e produttivo sia per quanto riguarda l'esondabilità che gli scarichi in acque di superficie.

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





4.2.1.1 Pericolosità idraulica

Le condizioni di pericolosità idraulica visualizzati negli elaborati cartografici (in fase di aggiornamento) del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni DGR.ER 1300/2016 sostanzialmente corrispondono a quelle individuate nelle cartografie del PTCP, 2009.

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

Tale differenziazione è correlata ai diversi effetti prodotti da detti fenomeni, che nel caso di tracimazioni ed esondazioni da cavi e canali possono indurre spessori della lama d'acqua superiori a $0,5 \div 0,6$ m; allagamenti per piogge critiche determinano generalmente altezze del battente idrico inferiori a $0,2 \div 0,3$ m. Ne consegue che limitate sopraelevazioni di $0,4 \div 0,6$ m, rispetto al piano campagna esistente, ed un 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 1,0 m e l'adozione di accorgimenti atti a mitigare gli effetti, quali quelli successivamente elencati.

Le zone del territorio di Bomporto che sono classificate ad esondazioni con tempo di ritorno di 20-50 anni nell'area comunale (tav. 202 NO Crevalcore – Piano di Gestione del Rischio di Alluvione – Reticolo Secondario) sono principalmente localizzate nella fascia del territorio a nord di Sorbara tra il confine comunale est ed il Cavo Fiumicello, al bordo orientale centro settentrionale tra via Prati Livelli e confine comunale ovest e sud di C. Gualtieri – nord di C. Baraldi, più a meridione tra il confine comunale occidentale e l'allineamento C. Ligabue – Opera Pia Ferrari.

Altre zone interessate da analoghi processi sono segnalate nella fascia larga 120 m a sud di via C. Testa tra via Torrazzo ed il limite nord ovest della zona industriale e nella striscia larga 100/180 m a meridione della SP1 Ravarino – Carpi, tra Torrazzo e via Verdetta, in corrispondenza di quest'ultima la fascia si estende anche a nord della sopracitata sP per una lunghezza di 120 m e lunghezza 600 m parallela alla strada; un analoga striscia si rinviene a settentrione di detta S Pel bordo meridionale di via C. Testa tra via Marandello e F.do Cà Bianca. Un ulteriore area di modesta estensione è individuata ad ovest della SS12 al bordo del confine comunale con Bastiglia.

Per quanto riguarda le aree allagabili in occasione di piogge critiche (difficoltoso drenaggio), si riscontrano condizioni problematiche nella parte meridionale del territorio tra Villavara e via Chiaviche per Bastiglia nella quale $p < 0,8$ ‰, nel settore centro occidentale centro settentrionale ad ovest della via Per Solara tra C. Morselli e C. Baraldi con $p < 0,7$ ‰, nella zona nord orientale a settentrione di via Carrate con $p < 0,8$ ‰.

Detti difficoltosi drenaggi oltre alla bassa clivimetria sono correlati agli effetti di barriera idraulica indotti da assi stradali sopraelevati e/o da rilevati arginali di cavi e canali.

Il territorio comunale di Bomporto (tav. 202 NO Crevalcore – Piano di Gestione del Rischio di Alluvione) per quanto riguarda il reticolo primario appartiene alla zona a scarsa probabilità di alluvione correlata ad eventi estremi: area ricompresa nel limite della fascia C del PAI.

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

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

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

Oltre a ciò si osserva che le manutenzioni ed i ripristini dei rilevati arginali è necessario siano continuate ed implementate.

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

4.2.2 Ambiente Idrico Sottterraneo

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 2011 (Dr. V. Franchi).

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

4.2.3 Definizione del sistema idrogeologico

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

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

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

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

4.2.3.1 Interfaccia Acque Dolci - Acque Salmastre/salate

I dati ottenuti dalle indagini ed elaborazioni di: *AGIP, Regione Emilia Romagna*, analisi ed elaborazioni IRSA - CNR (*M.Pellegrini, A.Colombetti, A.Zavatti, 1974*) denotano che le acque salate si rinvennero a profondità differenti dal piano campagna.

Tale limite tende ad approssimarsi alla superficie nelle zone a settentrione di Il Gorghetto - S. Michele nelle quali si riscontra tra -500 e 400 m dal p.c. Questo innalzamento dell'interfaccia si verifica concordemente con approssimarsi alla zona di dominio della Dorsale Ferrarese, con asse orientato Novi di Modena - Mirandola - S. Felice sul Panaro.

Procedendo in direzione meridionale concordemente con l'avvicinamento alla fascia dell'asse della Sinclinale Soliera - S. Giovanni in Persiceto, la base delle acque dolci tende ad abbassarsi a -500/-600 m pc. e raggiunge le profondità massime nella zona allungata in verso sud est Bomporto capoluogo - S. Agata Bolognese: -600/-700 m pc; successivamente più a sud di Albareto e Rubbiana risale a -600 m pc ed all'altezza di Modena - Castelfranco Emilia a - 500 m pc.

4.2.4 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale

La successione idrogeologica presente nel sottosuolo di Bomporto (RE) ed in zone limitrofe, è stata desunta dalle analisi dei dati contenuti in Riserve Idriche Sotterranee della

Regione Emilia Romagna (R.E.R. – ENI – AGIP), dai dati del Servizio Tecnico dei Bacini affluenti del Po, settore di Reggio Emilia – Modena, dalle sezioni idrogeologiche IRSA in idrogeologia della Pianura Modenese (M.Pellegrini et Alli, 1976), analisi di sezioni geofisiche AGIP/ENI analizzate ed interpretate da Dr. Fabio Molinari nel contesto degli studi di microzonazione sismica degli adiacenti comuni di Nonantola e Bastiglia, dai dati del servizio Tecnico dei Bacini Affluenti del Po, Settore di Reggio Emilia – Modena, assemblati e rielaborati nel contesto del presente studio e restituiti in due sezioni idrogeologiche strutturali una orientata sud nord ed una ovest est.

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

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

La seconda unità è costituita dagli acquiferi confinati o artesiani, formati da un complesso a prevalenti alternanze di orizzonti argilloso limosi e limosi ai quali si intercalano livelli sabbiosi in spessore e percentuali nettamente subordinati che tendono ad assottigliarsi e ad approfondirsi, rispetto al piano campagna, nel settore centrale del territorio comunale.

4.2.5 Serie Idrogeologica Locale

In riferimento alle sopra descritte indagini ed in particolare ai dati acquisiti da RER ed AGIP - ENI, la successione sedimentaria dei primi 400 ÷ 500 m del sottosuolo (età *Pleistocene inferiore* – *Olocene*) è localmente suddivisibile in quattro complessi acquiferi. Questi ultimi, in funzione del periodo nel quale si sono depositati, evidenziano variabili livelli di influenza dei processi deformativi e variazioni climatiche che hanno coinvolto il bacino padano. Detti eventi hanno generato cicli deposizionali delimitati alla base ed alla sommità da discontinuità significative, anche alla scala sub-regionale, che ne consentono la suddivisione in UBSU (*Unconformity Bounded Stratigraphic Unit*) e quindi in unità stratigrafiche; queste ultime sono unità cartografabili, composte da successioni concordanti e geneticamente intercorrelate che differiscono da quelle sottostanti e soprastanti per il fatto di essere separate da superfici di discontinuità o superfici concordanti alle stesse unità correlabili che non sempre sono individuabili in continuità ma sono riconoscibili ai margini o al centro e sono tra loro correlabili mediante marker di tipo sincrono (litologici, geometrici, ecc. ...).

La successione e gli assetti geometrici dei complessi acquiferi sono visualizzate nell'allegata Tavola: Sezioni Geologiche (tav. 1.2.1 – 1.2.2).

Complesso Acquifero A0 (Unità stratigrafica AES8): è correlabile a deposizioni prevalentemente di ambiente continentale di età olocenica (12.000 – 14.000 anni b.p. fino all'attuale). Non evidenzia generalmente significative influenze dei processi deformativi che hanno interessato il bacino padano ma altresì si riscontrano effetti attribuibili a variazioni climatiche. Lo spessore dell'unità in oggetto nel territorio di Bomporto oscilla mediamente tra 20 e 23 m con diminuzione di spessore nella zona settentrionale; le potenze tendenzialmente incrementano nelle zone est ed ovest in prossimità del F. Panaro e F. Secchia e nelle direzioni meridionali, alla transizione con le zone di conoide, nelle quali corrispondono a 22/25 m; in direzione settentrionale, con l'approssimarsi all'unità di dominio del Po, gli spessori diminuiscono a 20 m. Detti assottigliamenti si accentuano nei territori comunali a nord di quello di Bomporto nei quali si attestano a 10/15 m; analoghe riduzioni si evidenziano nei territori più a sud: Modena.

In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica, hanno prevalentemente geometria nastriforme con assetto lenticolare e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche, con arricchimenti nelle frazioni sabbiose sia nelle zone orientali ed occidentali che meridionali e settentrionali; d'altra parte si caratterizzano con pronunciati incrementi nelle percentuali rappresentate dalle frazioni limose limoso argillose nelle zone centrali.

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

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

I livelli sabbiosi saturi in acqua che presentano un maggior grado di continuità laterale relativa nelle zone orientali ed occidentali – sud occidentali si riscontrano tra -5/-8 m pc. nelle fasce settentrionali e meridionali, si rinvencono anche tra -14 e -20 m pc ed indicano correlabilità sia con gli orizzonti dell'Unità Idrogeologica del Po che dei corpi di conoide.

Complesso Acquifero A1 (Unità Stratigrafica AES7a-b):

è correlabile a deposizioni avvenute tra 12-14.000 e 125.000 anni b.p. denota l'assenza di significative influenze di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano con parziale eccezione di modificazioni alla base molto blande nelle zone settentrionali del territorio attribuibili a diverse morfologie del fondo bacino deposizionale; sono connessi a subsidenza differenziata ed alla diversa granulometria degli orizzonti sabbiosi.

Detta unità presenta spessori generalmente compresi tra 80 e 90 m, nella parte orientale e settentrionale e nell'area centrale; tende ad assottigliarsi sia nelle aree a meridione che a settentrione dove assume rispettivamente potenze di 70/80 m (sud di Villavara) e di 75/65 m (nord di Solara); si rinviene generalmente sino a -100/-110 m pc nelle zone centrali, sino a -90/-100 m pc nelle aree sud; sino a -90/-80 m nei settori nord.

Gli orizzonti acquiferi a maggior grado relativo di continuità laterale si riscontrano a profondità -35/-45 e -70/-80 m pc, presentano prevalentemente spessori di 3/5 m che aumentano a 5/8 m nelle zone settentrionali (nord di Solara) e meridionali (sud di Villavara).

Complesso Acquifero A2 (Unità Stratigrafica AES6):

è correlabile a deposizioni avvenute tra 125.000 e 200/220.000 anni b.p. In territorio di Bomporto denota in pratica l'assenza di influenza di deformazioni collegabili ai processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano ed evidenzia moderate deformazioni alla base dell'unità nelle zone orientali – orientali meridionali, che si accentuano in direzione occidentale, connesse a subsidenza differenziata correlata alla variazione degli spessori del bacino deposizionale. Tale insieme presenta potenze generalmente comprese tra 90 e 100 m con spessori che tendono a diminuire a 80/70 m in verso settentrionale (area a nord di Solara – Camposanto) con l'approssimarsi alla zona di dominio della Dorsale Ferrarese; si rinviene generalmente sino a -190/-200 m dal piano campagna nelle zone meridionali – centrali – centrosettentrionali, con profondità maggiori nella zona centrale (Bomporto – Sorbara) e tende a risalire a -180/-150 m nelle aree settentrionali (nord Solara – Camposanto).

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale in tale unità denotano spessori di 2/3 ÷ 5 m e si riscontrano generalmente a profondità tra -145/-150 ÷ -155 m pc, tendono ad essere meno profondi nelle zone settentrionali (nord Sorbara) dove si rinvergono tra -135/-145 m pc.

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

è correlabile a deposizioni avvenute 200/220.000 e 400/450.000 anni b.p. denota morfologie alla base collegabili a processi di subsidenza differenziale per autoconsolidazione attribuibili a diversità degli spessori del bacino deposizionale e blande deformazioni per azioni tettoniche nelle aree settentrionali (nord Solara – Camposanto). Tale complesso presenta spessori generalmente compresi tra 90 e 95/100 m. ed assume potenze relative minori nelle zone settentrionali dove corrispondono in media a 70/80 m; si rinviene generalmente sino a -280 ÷ -300 m da piano campagna nelle aree meridionali; centrali – centro settentrionali e sino a -270/-240 m pc nel sottosuolo del territorio a nord di Solara - Camposanto.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale si riscontrano generalmente al tetto del ciclo a profondità tra -200 e -210 m pc nelle zone meridionali – centrali – centro settentrionali e nelle aree centrali si riscontrano livelli a discreta continuità orizzontale con spessori di 2/4 m tra -230/-240 m pc e tra -250/-260 m pc; nel territorio a settentrione di Camposanto i livelli acquiferi si innalzano a -180/-190 m pc e -145/-155 m pc.

Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale Inferiore - AEI):

evidenzia alla base significative influenze dei movimenti tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400.000 a 650.000 anni b.p.; la distinzione rispetto all'unità superiore è correlata a caratteristiche di ambiente deposizionale ed a processi distensivi; è individuabile sino a -440/-450 m pc nelle zone meridionali (sud di Villavara) sino a -480/-490 m p.c. nelle aree centrali (Bomporto – Sorbara) e si innalza rapidamente a -430 ÷ -350 m pc procedendo in direzione settentrionale nel sottosuolo del territorio a nord di Camposanto; gli spessori equivalgono mediamente a 170/180 m a sud, a 190/200 m nelle zone centrali, a 160/140 m nelle aree a settentrione.

Gli orizzonti permeabili più significativi sono rilevabili al tetto dell'unità, -300/-310 m pc e costituiscono il livello di transizione, con spessore di 2/3 ÷ 5 m, al soprastante

complesso; altri corpi sabbiosi a discreta continuità laterale sono prevalentemente presenti nel settore centrale del territorio comunale (Bomporto – Sorbara); sono riscontrabili tra -330/-340 m pc, tra -420/-430 m pc, tra -450/-460 m pc.

Gruppo Acquifero C (Sabbie di Imola):

a scala di bacino deposizionale tale gruppo evidenzia significative influenze dei movimenti tettonici avvenuti nel bacino padano da 600/650.000 a 800.000 anni b.p. La differenziazione rispetto all'unità superiore è correlata a caratteristiche di ambiente sedimentario; è generalmente riscontrabile a quote sottostanti -450 ÷ -490 m p.c. rispettivamente nelle zone meridionali e centrali ed a profondità di -400/-350 m pc nel sottosuolo del territorio a settentrione di Solara - Camposanto.

4.2.6 Conducibilità idraulica acquiferi

In base ai valori di trasmissività e permeabilità medi territoriali, pubblicati da RER, le unità sabbiose presenti nel sottosuolo dell'areale al quale appartiene Bomporto sono contraddistinte da valori equivalenti a:

$$- T = 1.1 \cdot 10^{-2} \div 3/6 \cdot 10^{-3} \text{ mq/sec}$$

$$- K = 1.5 \cdot 10^{-3} \div 3/5 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$$

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

$$\text{zone centrali } V = 0,02 \div 0.15 \text{ m/g}$$

$$\text{zone settentrionali } V = 0,03 \div 0.04 \text{ m/g}$$

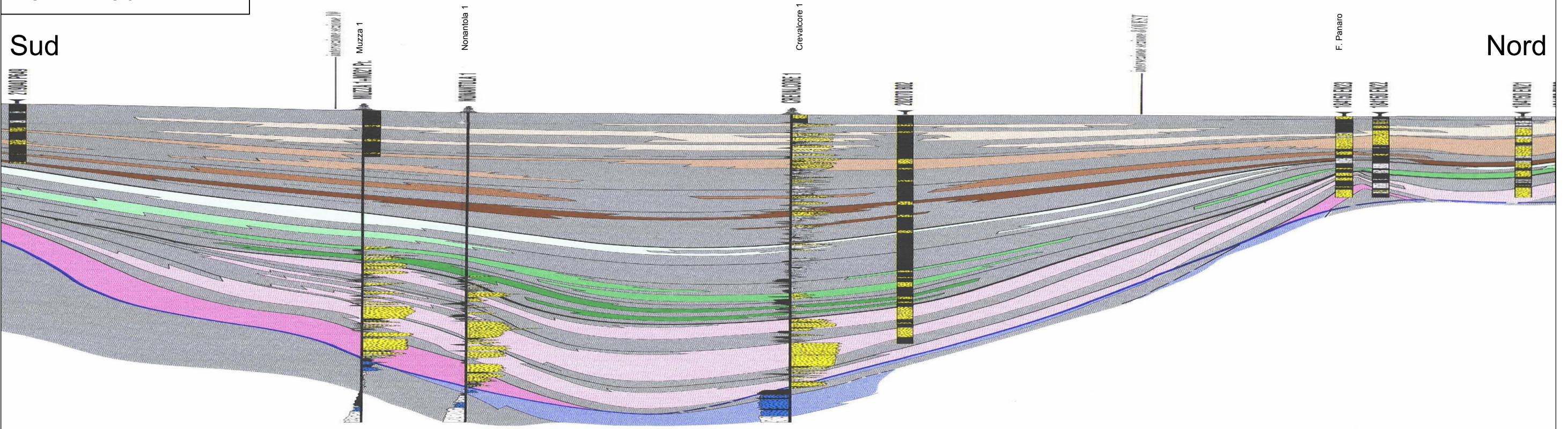
Ne consegue che gli acquiferi presenti nei primi 200/300 m del sottosuolo, hanno velocità di ricarica molto lenta.

Le caratteristiche geometriche degli orizzonti sabbiosi, spessori ed inclinazioni che aumentano sia in direzione nord che sud, evidenziano equilibri di alimentazione con l'unità idrogeologica del Po per quelli a settentrione e con quella delle conoidi pedeappenniniche per quelli meridionali.

Sezione RER n° 4
Parz. Mod.

Sud

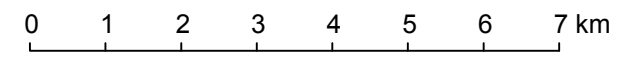
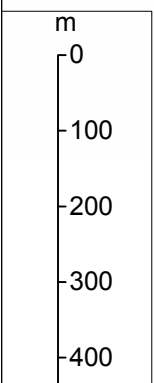
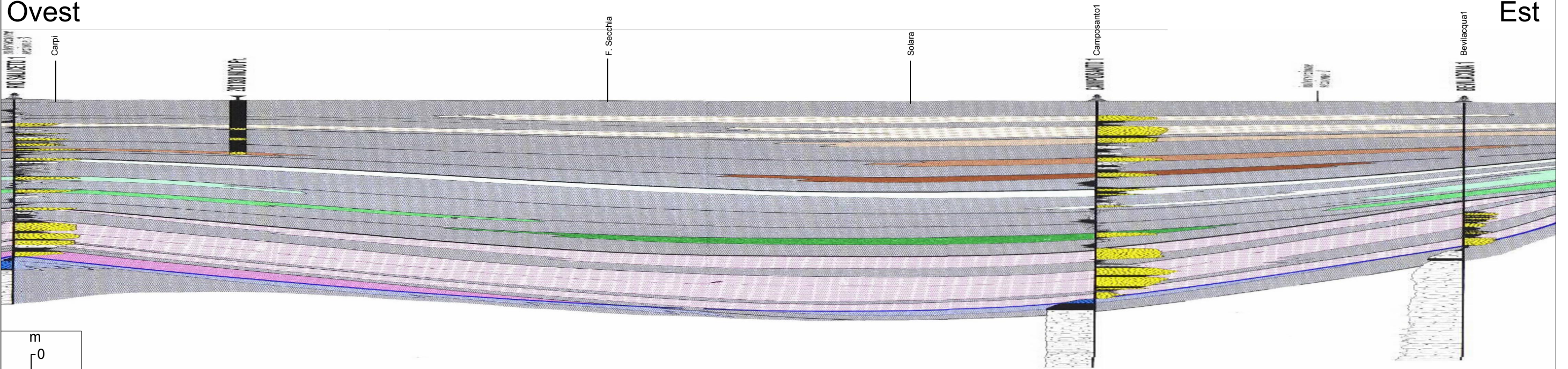
Nord



Sezione RER n° 9
Parz. Mod.

Ovest

Est



Scala
D = 1:100.000
H = 1: 10.000

4.3 Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale

In funzione dell'influenza principale esercitata dal livello idrico nel sottosuolo sulle condizioni di pericolosità di liquefazione per gli orizzonti sabbiosi saturi, nelle disamine di pericolosità sismica territoriale assume un significato sostanziale l'individuazione della soggiacenza della prima falda idrica sotterranea. L'analisi dell'assetto dei deflussi idrici delle acque sotterranee, primo acquifero o falda freatica, è stata eseguita in base alle misurazioni precedentemente effettuate nel contesto delle rilevazioni ed elaborazioni sviluppate per il PSC 2011 (Dr. V. Franchi); oltre a tali dati, messi a disposizione da Dr. V. Franchi, si è fatto riferimento anche alle rilevazioni della profondità dell'acqua dal piano campagna effettuate nel contesto delle prove CPT precedentemente effettuate in periodi congruenti con quelli delle misurazioni di PSC.

La fase temporale delle rilevazioni, in rapporto alla piovosità del periodo dei rilevamenti, (agosto 2007), è rappresentativo di condizioni di sub minimo di ricarica della falda freatica.

4.3.1 Piezometria dell'acquifero freatico

La conformazione della superficie piezometrica è condizionata, oltre che dall'andamento del substrato, dai valori di trasmissività ($T = mq/sec$), dall'assetto topografico e dal reticolo idrografico superficiale. L'analisi della geometria della falda freatica evidenzia zone di alto strutturale corrispondenti ad innalzamenti dell'acquifero di base: spartiacque sotterraneo o zone di alimentazione dell'acquifero.

L'assetto piezometrico nel settore centrale del territorio esteso in direzione sud ovest nord est circa da Cantina Sociale Bomporto Sorbara – Azienda Coni – Il Gorghetto – incrocio Cavo Fiumicello/Via Carrate – C. dei Cani, è contraddistinto da una falda conica a filetti convergenti caratterizzata da una fascia principale di raccolta dei deflussi idrici sotterranei orientata secondo l'allineamento delle sopra citate località.

Le zone secondo le quali si estendono il confine comunale orientale e la parte centrale di quello occidentale da Bastiglia a Solara – S. Lorenzo della Pioppa, sono caratterizzati da assetti a falda conica divergente che evidenziano un effetto alimentato del F. Panaro e del F. Secchia che costituiscono le principali fasce di alimentazione dell'acquifero freatico dell'area comunale.

Le zone con isopieze chiuse con direttrici di moto dei flussi idrici sotterranei rivolte all'interno dell'isolinea, quali quelle all'intorno di Il Gorghetto e tra Cantina Sociale Bomporto Sorbara – F.ndo Marandello – Vaccara di Sorbara, oltre ad identificare zone di depressione dell'acquifero di base sono correlate ad aree più sfruttate per l'emungimento delle acque sotterranee e/o a pozzi in funzione.

Assetti con tali caratteristiche evidenziano il settore centrale circa compreso tra la Cantina Sociale Bomporto – Sorbara e via Marandello, l'area tra il Gorghetto e San Michele, la zona nord orientale tra Fondo Suora – Cà del Vento – Il Bottegone. L'allineamento delle sopra

citata località appartiene alla fascia principale di drenaggio idrico sopra indicato esteso dalla Cantina Sociale a Cà dei Cani.

Da quanto esposto si evince che la caratteristica saliente della struttura idrogeologica nel territorio è rappresentata dalla presenza degli assi di alimentazione idrica sotterranea principali, orientati sud ovest – nord est e poi ovest – est, che si estendono nelle fasce al bordo orientale (F. Panaro) ed al limite occidentale (F. Secchia) dell'area comunale.

L'assetto Piezometrico dell'acquifero freatico evidenzia che nel sottosuolo di Bomporto, i deflussi idrici tendono ad assumere una direzione territoriale prevalentemente orientata sud ovest – nord est nei settori – centrale e centro settentrionale, circa dal Canale Naviglio al confine comunale nord, direttrici di deflusso orientate est sud est nella fascia al bordo comunale orientale ed a direttrici ovest sud ovest al bordo occidentale.

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

$$im = 1,4 \div 2,0 \cdot 10^{-3}$$

nel settore meridionali a sud del Canale Naviglio,

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

nelle zone del capoluogo

$$im = 1,5 \div 2,8 \cdot 10^{-3}$$

nelle aree di Sorbara,

$$im = 1,0 \div 1,5 \cdot 10^{-3}$$

Nel settore centrale della zona industriale nord ovest capoluogo a Il Gorghetto – S. Michele.

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

nella zona di Solara

$$i = 0,85 \div 1,0 \cdot 10^{-3}$$

nelle aree a settentrione di via Carrate

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

4.3.2 Soggiacenza acquifero freatico

Le elaborazioni effettuate indicano che le profondità della falda rispetto al piano campagna sono generalmente maggiori nella fascia centrale del territorio, tra il Canale Naviglio – Il Capoluogo - Via C. Testa – Strada del Marandello – Via Torrazzo e sud di Sorbara tra la SS 12 – Fondo Gandolfi – Fondo S. Anna – confine comunale con Bastiglia, dove è mediamente rinvenibile a:

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

e localmente a:

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

Caratteristiche simili si rilevano nella zona di Villavara, all'estremo meridionale, dove la soggiacenza corrisponde a:

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

Nella rimanente parte del territorio, ad eccezione della zona di nord Sorbara – Il Cristo – C. Ruffilli, la profondità del livello idrico nel sottosuolo è generalmente corrispondente a:

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

con l'eccezione di limitate aree quali Solara ovest, C. Ligabue, Azienda Gavioli, dove

$$h = 2,5 \text{ m pc}$$

Nelle aree sede delle sopracitate località (Il Cristo) la falda freatica presenta le minori profondità dal piano campagna e si attesta mediamente a:

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

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

Come precedentemente accennato le sopra indicate soggiacenze in funzione dei periodi di misurazione dei livelli idrici nei pozzi, sono relative a sub minimi di ricarica dell'acquifero freatico. Ne consegue che nelle fasi stagionali a piovosità maggiore è da considerare una escursione positiva di rispetto alle profondità del piano campagna sopra esposte.

4.4 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica

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

- Limite sud: Idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
Limite sud ovest Idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
Limite ovest: Idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
Limite nord: Idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
Limite est: Idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
Limite di tetto: Nelle aree con presenza di orizzonti argilloso limosi - limoso argillosi nei primi 4 ÷ 5 m dal p.c. si ha un flusso molto basso; d'altra parte nei settori in cui detto livello è sostituito da limi sabbiosi e sabbie - sabbie limose (fasce di paleoalveo) o dove si hanno incisioni di cavi e canali che si spingono a quote sottostanti 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.

5 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10 ÷ 20/30 m del sottosuolo del territorio di Bomporto sono state determinate in base alle analisi geomorfologiche, banca dati del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli RER, esame delle colonne litostratigrafiche di pozzi, delle notizie e pubblicazioni storico – geomorfologiche, prove penetrometriche statiche effettuate nel contesto dello Studio Geologico Ambientale del PSC e di Microzonazione Sismica 2011 (*Dr. V. Franchi*), indagini geognostiche di AA.VV reperite presso l'U.T. Comunale.

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

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

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

5.1 Carta geologico tecnica

Il territorio in oggetto, appartiene prevalentemente alla fascia della media pianura ed a quella della bassa pianura nelle zone settentrionali, costituite dai depositi dei fiumi appenninici, nell'area in esame rappresentati principalmente Secchia e Panaro, le possibilità di deflusso dei quali sono state condizionate dalle evoluzioni idrografiche del F. Po.

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 fluviali e determinano presenza di zone a difficoltoso drenaggio superficiale con insediamento di ambienti vallivi/palustri.

Ai sistemi deposizionali come quelli descritti sono attribuibili le zone centro settentrionali - settentrionali e meridionali del territorio comunale; quest'ultimo costretto tra le direttrici di sviluppo dei F. Secchia e F. Panaro, è contraddistinto nella fascia centrale tra Bomporto e Sorbara da una morfologia a dosso debolmente pronunciato esteso ovest est, correlabile ad un tratto di canale fluviale estinto che ha condizionato le possibilità dell'impostazione dei deflussi verso nord, determinando l'instaurazione di un ambiente palustre che ha costituito l'area valliva di pianura estesa sud nord tra Villavara e strada delle Chiaviche per Bastiglia.

Analoghe condizioni sono impostate nella zona a settentrione di via Carrate a nord della quale la presenza dell'area di dominio deposizionale del F. Po ha generato ed abbandonato tratti di percorsi fluviali che in passato scorreranno in direzione ovest est circa 15/18 km più a sud dell'attuale tracciato; tali situazioni hanno determinato difficoltose possibilità dei deflussi idrici in direzione settentrionale come evidenzia la flessione in direzione orientale del F. Panaro a nord di Solara – Camposanto e dei suoi antichi tratti di percorso abbandonati e le estese zone di impaludamento tra Camposanto e S. Felice sul Panaro. Simili condizioni si sono instaurate nella zona centro orientale del territorio di Bomporto sia tra il F. Panaro e la strada per Solara ed in areali di minore estensione ad occidente della stessa, correlate alla presenza del percorso di canale fluviale estinto esteso in direzione sud ovest nord est che asseconda l'andamento di detta strada. Nel primo caso l'ostacolo ai deflussi è conseguito alla congiunzione del sopra descritto paleoalveo con il F. Panaro; nelle zone ad occidente la minor possibilità delle deposizioni oltre all'effetto barriera esercitato da tale antico tratto d'alveo è conseguita dalla preesistenza di un estinto percorso di canale fluviale esteso sud ovest nord est circa secondo l'allineamento Bastiglia – San Lorenzo della Pioppa – San Prospero.

La fascia centrale del territorio orientata ovest est, è prevalentemente costituita da limi – limi argillosi – limi sabbiosi nei quali si distinguono corpi sabbioso limosi – sabbiosi nastriformi allungati ovest est circa estesi concordemente con l'andamento della SP1 e subito a nord con via del Cristo/via C. Testa; analoghi corpi allungati sud ovest – nord est, nei quali incrementa la percentuale rappresentata nelle componenti sabbiose, si rinvencono al bordo orientale del territorio comunale in adiacenza/corrispondenza del F. Panaro, nella fascia sud ovest nord est estesa sub concordemente alla strada per Solara, al confine comunale centro occidentale in adiacenza al F. Secchia.

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

Gli interventi antropici principali sul territorio sono rappresentati dall'intensa urbanizzazione nell'area sede del capoluogo e zone industriali ad ovest dello stesso, delle aree di Sorbara, Solara e Villavara, nelle quali sono state modificate le caratteristiche dei primi 1/2 m del sottosuolo mediante scavi e riporti.

5.2 Caratteristiche litotecniche

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

5.3 Successioni Litotecniche**Verticale tipo BCS****Bomporto capoluogo - zona Industriale capoluogo - Sorbara**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità BS1 da piano campagna a -2,0/-3,0 m p.c	Superato lo strato prevalentemente argilloso limoso dello spessore di 0,6/0,8 m sono presenti terreni di riporto e/o rimaneggiati limoso argillosi nei primi 1-1,5 m dal pc, ai quali seguono alternanze argilloso limose – limoso argillose con intercalati locali livelli limoso sabbiosi e sabbiosi, contraddistinti da $q_{cm} = 8 / 14$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,4 / 0,7$ kgf/cmq ad eccezione dei livelli sabbiosi nei quali $q_c = 14/16$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,1/0,2$ kgf/cmq; a luoghi le successioni litologiche contengono intercalazioni di strati a caratteristiche di medio - medio elevata compressibilità: $q_{cm} < 6$ kgf/cmq ed $f_{sm} < 0,2$ kgf/cmq; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1 ÷ -2 m p.c.
Unità BS2 da -2,0/-3,0 m a -5,0/-6,0 m p.c	Orizzonte prevalentemente argilloso limoso – limoso argilloso con intercalati locali subordinati strati lentiformi limoso sabbiosi – sabbioso limosi saturi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8/10/12$ kgf/cmq e la resistenza all' attrito oscilla tra $f_{sm} = 0,25 ÷ 0,5$ kgf/cmq; sono a zone presenti argille limose – limi argillosi ad elevata compressibilità $q_{cm} = 6 ÷ 8$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2 / 0,3$ kgf/cmq; localmente sono presenti lenti torbose a bassa consistenza $q_c < 5$ kgf/cmq, $f_s = 0,1/0,25$ kgf/cmq.
Unità BS3 Da -5,0/-6,0 a -8,0/-10,0 m p.c.	Litotipi prevalentemente argilloso limosi - limoso argillosi, a medio bassa consistenza, contenenti locali corpi limosi – limoso sabbiosi più o meno lentiformi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 7 ÷ 10$ kgf/cmq e localmente tra $q_{cm} = 12/14$ kgf/cmq; la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm}=0,3/0,5$ kgf/cmq e tra $f_{sm} = 0,5/0,8$ kgf/cmq.
Unità BS4 da -8,0/-10,0 a -12,0/-13,0 m p.c	Unità prevalentemente argillosa – argilloso limosa consistente, contenete locali intercalazioni argilloso limose – limoso argillose a medio basso grado di consistenza; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 14/20/26$ kgf/cmq nelle argille a tra $q_{cm} = 10/12$ kgf/cmq nelle argille limose – limi argillosi; analogamente la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8 / 1,3$ kgf/cmq nelle argille e tra $f_{sm} = 0,3 / 0,5$ kgf/cmq nelle argille limose.
Unità BS5 da -12,0/-13,0 a -15,0/-16,0 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate contraddistinte da $q_{cm} = 18/24/30$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,9/1,4$ kgf/cmq, con intercalati subordinati strati argilloso limosi a medio grado di consistenza caratterizzati da $q_{cm} =$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,4/0,6$ kgf/cmq.
Unità BS6 da -15,0/-16,0 a -18,0/-20,0 m p.c	unità a pronunciata variabilità orizzontale delle componenti granulometriche e di consistenza, prevalentemente costituito da argille – argille limose, leggermente sovraconsolidate localmente sostituite lateralmente da sabbie – sabbie limose a medio – medio elevato grado di consistenza; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra $q_{cm} = 18/20 ÷ 30$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 1,0 ÷ 1,5$ kgf/cmq; ove prevalgono le sabbie i valori di resistenza oscillano tra $q_{cm} = 50 ÷ 80$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,5 ÷ 1,0$ kgf/cmq; nelle argille limose – limi argillosi $q_{cm} = 12/14$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,5/0,7$ kgf/cmq.

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità BS7 da -18,0/-20,0 a -24,0/-25,0 m p.c	Unità a pronunciata variabilità laterale del grado di consistenza e delle componenti granulometriche, costituita in prevalenza da argille – consistenti a zone sostituite lateralmente da sequenze sabbiose a medio elevato grado di densità relativa ed a luoghi da alternanze argilloso limose – limoso argillose a medio grado di consistenza; i valori di resistenza alla punta oscillano tra qcm = 20/30 kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale varia tra fsm = 1,0/1,5 kgf/cmq nelle argille – argille limose; nelle sabbie qcm = 70/110 kgf/cmq ed fsm = 0,2/0,4 kgf/cmq; nelle argille limose limi argillosi qcm = 12/14 kgf/cmq ed fsm = 0,4/0,6 kgf/cmq.
Unità BS8 da -24,0/-25,0 a -30,0/-35,0 m p.c	Argille limose – argille a medio elevato grado di consistenza contenenti in subordinate locali strati lentiformi sabbiosi a medio grado di densità relativa generalmente riscontrabili tra -27/-28 ÷ -29 m pc; i valori di resistenza alla punta variano tra qcm = 14/18 kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra fsm = 0,7/1,1 kgf/cmq nelle argille limose – argille; nei corpi sabbiosi qcm = 40/50 kgf/cmq ed fsm = 0,4/0,7 kgf/cmq.

L'unità geotecnica BCS caratterizza la fascia centrale estesa ovest – est del territorio comunale alla quale appartengono il capoluogo, la zona industriale nord est, Sorbara.

Verticale tipo VV**Zona meridionale: Villavara/Canale Naviglio**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità V1 da piano campagna a -1,5/-2,0 m p.c	Orizzonte a marcata variabilità laterale sia del grado di consistenza che delle componenti granulometriche, costituito dallo strato agrario prevalentemente argilloso limoso a zone sostituito da materiali di riporto sabbioso ghiaiosi che a luoghi raggiungono -2,0/-2,4 m di spessore; i valori di resistenza alla punta sono molto differenziati e variano tra qcm = 10/12/18 kgf/cm ² nelle argille limose e tra qcm = 20/30 ÷ >60 nei riporti; analogamente la resistenza all'attrito laterale oscilla tra fsm = 0,3/0,8 kgf/cm ² nelle argille limose e tra fsm = 0,5/1,0 kgf/cm ² nei riporti; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1 ÷ -2 m p.c.
Unità V2 da -1,5/-2,0 m a -4,0 m p.c	Unità a pronunciata variabilità orizzontale delle componenti granulometriche e di consistenza, prevalentemente costituita da argille – argille limose leggermente sovraconsolidate nei settori occidentali e più meridionali, lateralmente sostituiti, generalmente nelle zone più occidentali prossime al F. Panaro, da limi – limi argillosi – argille limose a media consistenza contenenti locali sottili intercalazioni sabbioso limose – sabbiose; i valori di resistenza alla punta variano tra qcm = 12/14/18 kgf/cm ² nelle argille – argille limose, e tra qcm = 6/8/10 kgf/cm ² nei limi argillosi – argille limose; analogamente la resistenza all'attrito laterale oscilla tra fsm = 0,7/1,2 kgf/cm ² nelle argille – argille limose e tra fsm = 0,3/0,5 kgf/cm ² nei limi argillosi – argille limose; localmente sono presenti lenti torbose a bassa consistenza qcm < 5 kgf/cm ² , fsm = 0,05 ÷ 0,1 kgf/cm ² .
Unità V3 Da -4,0 a -7,0/-8,0 m p.c.	Litotipi prevalentemente argilloso limosi - limoso argillosi, contenenti locali corpi limosi più o meno lentiformi, contraddistinti da qcm = 12/14 kgf/cm ² ove prevalgono le argille limose e da qcm = 8/10 kgf/cm ² dove predominano i limi; analogamente la resistenza all'attrito laterale varia tra fsm = 0,5/0,8 kgf/cm ² nelle argille ed fsm = 0,3/0,5 kgf/cm ² nei limi.
Unità V4 da -7,0/-8,0 a -10 m p.c	Orizzonte a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche e del grado di consistenza, prevalentemente costituito da argille – argille limose, leggermente sovraconsolidate, orizzontalmente sostituite, nelle fasce più orientali prossime al F. Panaro, da sabbie – sabbie limose a medio grado di densità relativa; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra qcm = 10/12 e 20/30 kgf/cm ² e la resistenza all' attrito laterale oscilla tra fsm = 0,7/1,2 kgf/cm ² ; ove prevalgono le sabbie i valori di resistenza oscillano tra qcm = 18 ÷ 26 kgf/cm ² ed fsm = 0,2 ÷ 0,3 kgf/cm ² .
Unità V5 da -10 a -12,0/-13,0 m p.c	Strato a pronunciata variabilità laterale sia del grado di consistenza che delle componenti granulometriche, costituito da argille limose – limi argillosi orizzontalmente sostituiti da limi sabbiosi – sabbie limose, contraddistinti da valori di resistenza alla punta variabili tra qcm = 12/14 ÷ 18/22 kgf/cm ² nelle argille limose e qcm = 18/26 nei limi sabbiosi – sabbie limose; analogamente fsm oscilla tra = 0,8 ÷ 1,2 kgf/cm ² nelle argille ed fsm = 0,4/0,6 nei limi sabbiosi.

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità V6 da -12,0/-13,0 a -16,0/-17,0 m p.c	Unità a moderata variabilità laterale delle componenti granulometriche costituita in prevalenza da argille – argille limose consistenti, orizzontalmente sostituite da argille limose – limi argillosi a media consistenza con intercalati locali strati sabbiosi – sabbioso limosi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 20/24$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 0,8$ kgf/cmq nelle argille – argille limose; dove prevalgono le sabbie limose – limi argillosi $q_{cm} = 10/12$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cmq; nelle sabbie $q_{cm} = 40/50$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,5/0,7$ kgf/cmq.
Unità V7 Da -16,0/-17,0 a -20 m pc	Orizzonte a pronunciata variabilità laterale e verticale sia granulometrica che del grado di consistenza, prevalentemente costituito da argille – argille limose orizzontalmente sostituite da livelli sabbiosi lentiformi ed argille limose a medio – medio basso grado di consistenza, contenenti locali lenti limoso torbose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 20/24$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito oscilla tra $f_{sm} = 0,7 \div 1,0$ kgf/cmq; i valori di resistenza ove prevalgono le componenti argillose, sono compresi tra $q_{cm} = 10 \div 12$ kgf/cmq e contraddistinti da $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cmq; dove sono presenti le lenti sabbiose $q_{cm} = 40/60/80$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cmq.
Unità V8 Da -20,0 m a -30/-35,0 m pc	Argille – argille limose con intercalati livelli limoso argilloso, contenenti locali strati lentiformi sabbiosi generalmente tra -21/-24/-25/-26,-28/-29 m pc ed a luoghi lenti torbose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 12/14 \div 18/24$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,7/1,0$ kgf/cmq nelle argille - argille limose; nei limi argillosi $q_{cm} = 10/12$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,5/0,6$ kgf/cmq; nelle lenti sabbiose $q_{cm} = 30/40 \div 50/60$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cmq; ove sono presenti le lenti torbose $q_{cm} = 6/8$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3/0,4$ kgf/cmq.

L'unità geotecnica VV caratterizza la parte meridionale del territorio comunale alla quale appartiene la zona ad uso produttivo di Villavara e che si estende in direzione nord da quest'ultima al Canale Naviglio.

Verticale tipo GS**Zona settentrionale orientale: Il Gorghetto – S.Michele – Solara**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità G1 Da piano campagna a -2,0/-3,0 m pc	Superato lo strato agrario argilloso limoso sovraconsolidato dei primi 1.0/1.5 m dal piano campagna, è presente un orizzonte a moderata variabilità laterale e verticale delle componenti litologico granulometriche e pronunciata differenziazione del grado di consistenza, costituito da alternanze argilloso limose lateralmente sostituite da limi argillosi – limi con intercalati subordinati strati limoso sabbiosi – sabbioso limosi; i valori di resistenza alla punta variano generalmente tra $q_{cm} = 8/10 \div 14/18$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 1.0$ kgf/cmq nelle componenti argilloso limose e variano tra $q_{cm} = 8/10$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3/0,5$ kgf/cmq nei limi argillosi; detti litotipi localmente sono sostituiti da sequenze limoso argillose – limose compressibili con $q_{cm} < 6/8$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2/0,3$ kgf/cmq.
Unità G2 Da -2,0/-3,0 a -6,0/-7,0 m pc	Orizzonte a pronunciata variabilità laterale granulometrica, prevalentemente costituito da limi argillosi – limi sostituiti lateralmente da corpi sabbiosi lentiformi a grado di densità relativo medio, contenenti locali lenti limoso torbose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cmq e la resistenza all' attrito oscilla tra $f_{sm} = 0.3 \div 0.5$ kgf/cmq; ove prevalgono le frazioni sabbiose i valori di resistenza sono compresi tra $q_{cm} = 20/30 \div 60/80$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0.2 \div 0.3$ kgf/cmq; le lenti limoso torbose sono contraddistinte da $q_{cm} = 4 \div 6$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2$ kgf/cmq.
Unità G3 Da -6/-7 a -10/-12 m pc	Strato a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche e grado di consistenza, prevalentemente costituito da limi argillosi ed argille limose con intercalati sottili strati lentiformi sabbioso limosi, orizzontalmente sostituiti da corpi sabbiosi mediamente addensati, contenenti locali lenti limoso torbose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cmq la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0.2/0,4$ kgf/cmq nelle componenti limoso argillose - argilloso limose; ove prevalgono le sabbie $q_{cm} = 40/50 \div 80$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0.2 \div 0.5$ kgf/cmq; negli strati torbosi $q_{cm} = 4/6$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2/0,4$ kgf/cmq.
Unità G4 Da -10,0/-12,0 m a -18/-20,0 m pc	Argille limose - argille, con intercalati locali strati lentiformi limoso sabbiosi ed a luoghi lenti torbose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 18/20 \div 24/30$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0.7/1,3$ kgf/cmq nelle argille - argille limose; fanno eccezione le lenti limoso sabbiose con $q_{cm} = 10/20$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cmq.
Unità G5 Da -18/-20,0 m a -25 m pc	Strato a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche prevalentemente costituito da argille limose – argille lateralmente sostituite da corpi sabbiosi mediamente addensati; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 16 \div 20/24$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito oscilla tra $f_{sm} = 0.8 \div 1.0/1,3$ kgf/cmq nelle componenti argilloso limose; ove prevalgono le sabbie $q_{cm} = 50/60/80$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0.2 \div 0.5$ kgf/cmq.

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità G6 Da -25,0 m a -30,0/-35,0 m pc	Unità a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche prevalentemente costituita da argille limose orizzontalmente sostituite da corpi sabbiosi addensati, ad assetto lentiforme, e con spessori variabili tra 2,0 e 4,0 m; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra $q_{cm} = 18/24$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito oscilla tra $f_{sm} = 0.7/1,2$ kgf/cmq; nelle componenti sabbiose $q_{cm} = 60/80/130$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0.3$ kgf/cmq.

L'unità geotecnica GS caratterizza la zona settentrionale orientale del territorio alla quale appartengono Il Gorghetto – S. Michele - Solara.

Verticale tipo N**Zona settentrionale tra Via Padella, Cavo Fiumicello, Via Carrate e confine comunale nord**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità N1 da piano campagna a -2,0/-3,0 m p.c	Superato lo strato agrario argilloso sovraconsolidato dei primi 0,6/1,0 m dal piano campagna, è presente un orizzonte a moderata variabilità laterale delle componenti litologico granulometriche e pronunciata differenziazione del grado di consistenza; tale sequenza è costituita prevalentemente da argille limose – argille con intercalati locali subordinati sottili strati lentiformi limoso sabbiosi che a zone si arricchiscono in componenti limose – limoso argillose; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra qcm = 10/12 ÷ 16/18 kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra fsm = 0,8/1,2 kgf/cm ² ; dove prevalgono le componenti limose – limoso argillose qcm = 8/10 kgf/cm ² ed fsm = 0,2/0,5 kgf/cm ² .
Unità N2 da -2,0/-3,0 a -8,0/-9,0 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, a zone lateralmente sostituite da corpi sabbiosi con spessori di 1/2 m e da alternanze limoso argillose – limose a basso grado di consistenza; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra qcm = 10/12 ÷ 16/20 kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra fsm = 0,6 ÷ 1,1 kgf/cm ² ; dove sono presenti i corpi sabbiosi qcm = 30/40 ÷ 60 kgf/cm ² fsm = 0,2 ÷ 0,4 kgf/cm ² ; ove si rinvencono le alternanze limose – limoso argillose qcm = 6/8 ÷ 10 kgf/cm ² ed fsm = 0,2/0,3 kgf/cm ² .
Unità N3 da -8,0/-9,0 a -14,0/-15,0 m p.c	Argille – argille limose con locali arricchimenti in limi argillosi e limi ed a luoghi sottili intercalazioni lentiformi sabbioso limose; tale sequenza è contraddistinta da marcata variabilità laterale e verticale del grado di consistenza; i valori di resistenza alla punta infatti variano tra qcm = 18/22 kgf/cm ² e qcm = 12/14 kgf/cm ² e la resistenza all'attrito oscilla tra fsm = 0,8/1,3 kgf/cm ² ed fsm = 0,6/0,8 kgf/cm ² nelle argille – argille limose; ove si rinvencono i limi – limi argillosi qcm = 10/12 ÷ 14 kgf/cm ² ed fsm = 0,3/0,5 kgf/cm ² .
Unità N4 da -14,0/-15,0 a -18,0/-19,0 m p.c	Unità a marcata variabilità orizzontale delle caratteristiche granulometriche prevalentemente costituita da argille limose – limi argillosi lateralmente sostituiti da corpi sabbiosi lentiformi con spessori di 2/4 m; i valori di resistenza alla punta variano tra qcm = 18/20 ÷ 24/28 kgf/cm ² e la resistenza all'attrito oscilla tra fsm = 0,8/1,2 kgf/cm ² nelle argille limose – limi argillosi; dove si rinvencono i corpi sabbiosi qcm = 70/80 ÷ 130 kgf/cm ² ed fsm = 0,3/0,5 kgf/cm ² .
Unità N5 da -18,0/-19,0 a -25,0/-27,0 m p.c	Argille – argille limose a media consistenza con intercalati locali corpi sabbiosi lentiformi; i valori di resistenza alla punta variano tra qcm = 16/20 ÷ 30 kgf/cm ² e la resistenza all'attrito oscilla tra fsm = 1,0/1,5 kgf/cm ² nelle argille – argille limose; dove si rinvencono i corpi sabbiosi qcm = 70/100 kgf/cm ² ed fsm = 0,2/0,4 kgf/cm ² .

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità N6 da -25,0/-27,0 a -30,0/-35,0 m p.c	Strato a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche e del grado di consistenza costituito in prevalenza da argille - argille limose localmente sostituite lateralmente da corpi sabbiosi addensati lentiformi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 18/22$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8/1,2$ kgf/cmq nelle argille – argille limose; dove prevalgono le sabbie $q_{cm} = 60/80 \div 120$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,5$ kgf/cmq.

L'unità geotecnica N caratterizza la zona settentrionale del territorio comunale a nord di via Padella, ovest del Cavo Fiumicello, nord di via Carrate.

Verticale tipo CS**Zona centro settentrionale tra via Chiesa S. Lorenzo – Via Paltrinieri – Via C. Testa e sud di Via Chiaviche – Via Padella**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità C1 da piano campagna a -3,0/-4,0 m p.c	Superato lo strato di terreno agrario prevalentemente limoso argilloso – limoso sabbioso, consistente, dello spessore di 0,8/1,0 m sono presenti terreni limoso argilloso - limosi con intercalati locali livelli lentiformi sabbioso limosi e sabbiosi; tale sequenze sono contraddistinte da $q_{cm} = 8 / 11$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 / 0,5$ kgf/cm ² nelle componenti limose – limoso argillose; nei livelli sabbiosi $q_{cm} = 16/26$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,3/0,5$ kgf/cm ² ; a luoghi le successioni litologiche contengono intercalazioni di strati a caratteristiche di medio elevata – elevata compressibilità: $q_{cm} < 6$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,1$ kgf/cm ² ; tali litotipi sono generalmente saturi a quote sottostanti -1 ÷ -2 m p.c.
Unità C2 da -3,0/-4,0 m a -8,0/-9,0 m p.c	Orizzonte prevalentemente argilloso limoso – limoso argilloso con intercalati locali subordinati strati lentiformi limoso sabbiosi – sabbioso limosi saturi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 7/10$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm ² ; ove prevalgono i limi argillosi variano tra $q_{cm} = 10/16$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,5/0,7$ kgf/cm ² ; nelle componenti argilloso limose sono a zone presenti locali livelli limoso argillosi con spessore inferiore a 0,8 m ad elevata compressibilità $q_{cm} = 6 \div 8$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,1 / 0,3$ kgf/cm ² ; dove si riscontrano le lenti sabbiose $q_{cm} = 24/28$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2$ kgf/cm ² ; localmente sono presenti lenti torbose a bassa consistenza $q_c < 5$ kgf/cm ² , $f_{sm} = 0,1/0.2$ kgf/cm ² .
Unità C3 Da -8,0/-9,0 a -10,0/-11,0 m p.c.	Strato a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche e grado di consistenza costituito in prevalenza da argille limose – limi argillosi a luoghi lateralmente sostituite da strati sabbiosi lentiformi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8/10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cm ² nelle argille limose; ove prevalgono le componenti argillose $q_{cm} = 16/20/ \div 24$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,8/1,2$ kgf/cm ² ; dove sono presenti le sabbie $q_{cm} = 24/34$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cm ² .
Unità C4 da -10,0/-10,0 a 1 -19,0/-20,0 m p.c	Unità prevalentemente argillosa – argilloso limosa, consistente, contenete locali intercalazioni argilloso limose – limoso argillose a medio basso grado di consistenza ed in subordine sottili strati lentiformi sabbioso limosi - sabbiosi; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 18/20 \div 26/32$ kgf/cm ² nelle argille a tra $q_{cm} = 12/16$ kgf/cm ² nelle argille limose – limi argillosi; analogamente la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,8 /1,5$ kgf/cm ² nelle argille e tra $f_{sm} = 0,5 /0,7$ kgf/cm ² nelle argille limose; dove sono presenti le componenti sabbiose – sabbioso limose $q_{cm} = 60/80$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4/0,8$ kgf/cm ² .

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità C5 da -19,0/-20,0 a -25,0 m p.c	Orizzonte a pronunciata variabilità laterale delle componenti granulometriche e del grado di consistenza, prevalentemente costituito da argille – argille limose leggermente sovraconsolidate a zone sostituite lateralmente da corpi sabbiosi con spessori di 2/4 m a medio elevato grado di densità relativa; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra $q_{cm} = 14/18 \div 30$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cmq; ove prevalgono le sabbie i valori di resistenza alla punta sono compresi tra $q_{cm} = 70/100$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale varia tra $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cmq.
Unità C6 da -25,0 a -30,0/-35,0 m p.c	Argille limose – argille a medio – medio elevato grado di consistenza, contenenti in subordinate locali strati lentiformi sabbiosi con spessori variabili tra 2 e 3 m, a medio grado di densità relativa generalmente riscontrabili tra -26/-28 e -31/-33 m pc; nelle argille limose i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 14/18$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra 0,7/0,8 kgf/cmq; nei corpi sabbiosi $q_{cm} = 50/90$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2/0,8$ kgf/cmq.

L'unità geotecnica CS caratterizza la fascia centrale estesa ovest – est del territorio comunale delimitata da via Chiesa S. Lorenzo – via C. Testa a sud e da via Chiaviche – via Padella a nord.

Verticale tipo W**Zona ad ovest della SS12 in Sorbara**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità W1 da piano campagna a -2,0/-3,0 m p.c	Limi argillosi, con valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 10/12$ kgf/cm ² e di resistenza all'attrito laterale $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm ² .
Unità W2 da -2,0/-3,0 a -9,0/-11,0 m p.c	Strato a pronunciata variabilità laterale sia delle componenti granulometriche che del grado di consistenza, costituito in prevalenza da sabbie medio fini nelle fasce più prossime al F. Secchia che si assottigliano rapidamente in direzione orientale sino ad esaurirsi in prossimità della SS12 dove sono sostituiti da argille limose – limi argillosi; nelle sabbie i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 50/60$ kgf/cm ² ed f_{sm} oscilla tra $f_{sm} = 0,15 \div 0,25$ kgf/cm ² ; dove prevalgono le sequenze ad argille limose – limi argillosi $q_{cm} = 10/12$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm ² ; a queste ultime nelle zone più orientali prossime alla SS12 si intercalano tra -4/-6 m pc e tra -6/-9 m pc alternanze limoso argillose a bassa consistenza con $q_{cm} < 6$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2/0,3$ kgf/cm ² .
Unità W3 Da -9,0/-11,0 a -14,0/-15,0 m p.c.	Alternanze di strati argilloso limosi e sabbioso limosi ad ovest (F. Secchia) sostituite da argille – argille limose ad est (SS 12), contraddistinte da $q_{cm} = 12/16$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,15/0,2$ kgf/cm ² nelle componenti sabbioso limose, da $q_{cm} = 14/18$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,5/0,7$ kgf/cm ² dove prevalgono le argille limose.
Unità W4 da -14,0/-15,0 a -20,0/-30,0 m p.c	Litotipi prevalentemente argillosi – argilloso limosi, consistenti, con intercalati in subordinate locali strati lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi; i valori di resistenza alla punta variano mediamente tra $q_{cm} = 12/18$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,4/0,7$ kgf/cm ² ; fanno eccezione i locali strati sabbiosi contraddistinti da $q_{cm} = 24/30$ kgf/cm ² ed $f_{sm} 0,5/0,7$ kgf/cm ² .

L'unità geotecnica W caratterizza il settore occidentale centrale del territorio comunale tra il F. Secchia e la SS12, delimitata a meridione dal confine comunale con Bastiglia ed a nord dal Fosso Campari/confine con San Prospero.

Verticale tipo E**Fascia ed ovest del Panaro da La Madonna/C. Campari a sud a strada dei Ladri (centro) a il Bottegone al confine comunale nord est.**

Tale zona presenta caratteristiche geotecniche equivalenti a quelle della zona W precedentemente descritta

6 MODELLI GEOTECNICI

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

- **Verticale litotecnica BCS:** caratterizza la fascia centrale estesa ovest est del territorio comunale, compresa tra il confine comunale est coincidente con il F. Panaro e la SS12 ad ovest, delimitata a nord dal confine comunale con San prospero – via Franchini – allineamento Cs.no Gasperini – Fondo Torre Bianca, alla quale appartengono il capoluogo e sua zona industriale nord ovest e Sorbara; costituisce circa il 30% del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano un medio – medio basso grado di consistenza dei terreni che formano i primi 7/8 m del sottosuolo; in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e verifica della compatibilità dei cedimenti, per strutture che non impongano carichi elevati sul terreno e per pilastri che trasmettano al sottosuolo tensioni non eccedenti 80/100 Ton, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

- Zona occidentale - Sorbara

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

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

$$D = 1,4 \div 2,0 \text{ m p.c.}$$

- Zona Industriale NW capoluogo

$$q_a = 0,8 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

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

- Zona capoluogo

$$q_a = 0,7 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

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

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

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

- **Verticale litotecnica VV:** costituisce il settore meridionale del territorio comunale esteso in senso sud nord compreso tra la zona ad uso produttivo di Villavara ed il Canale Naviglio delimitata ad est del F. Panaro e ad ovest del confine con Bastiglia; forma circa il 13% del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano un medio grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 7/8 m del sottosuolo, e localmente sequenze a medio – medio elevato grado di compressibilità tra -4 e -7 m pc, alle quali soggiacciono litotipi a medio basso grado di compressibilità.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 7/8 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e verifica della compatibilità dei cedimenti, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di ammissibili corrispondenti mediamente a:

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

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

$$D = 1,6 \div 2,0 \text{ m pc}$$

Per edifici con più di 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 GS:** caratterizza il settore nord orientale del territorio comunale al quale appartengono il Gorghetto, San Michele, Solara; è delimitata ad ovest da via Prati livelli, a sud da via Padella e allineamento Villa Mazza – Azienda Corni, ad est del F. Panaro, a nord da Via carrate – via per Case Vecchie; costituisce circa il 12% del territorio.

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

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

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

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

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:** costituisce la zona settentrionale del territorio comunale delimitata a sud da via Padella, Cavo Fiumicello, via Carrate ed a nord del confine comunale con San Felice sul Panaro; forma circa il 20% della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, contraddistinte dalla presenza di unità prevalentemente argillose – argilloso limose consistenti con intercalati locali corpi sabbiosi di 1/2 m di spessore a medio – medio basso grado di densità relativa nei primi 5/10 m del sottosuolo, ai quali seguono da -8/-10 a -20 m pc. argille – argille limose consistenti; per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri

che trasmettano tensioni al terreno non eccedenti 100 Ton, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e verifica della compatibilità dei cedimenti, è possibile l'adozione di fondazioni di tipo diretto; per dette condizioni sono utilizzabili carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

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

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

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

- Localmente nella zona a nord est

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

$$D = 1,8 \text{ m p.c.}$$

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 CS:** caratterizza la parte centro settentrionale del territorio comunale compresa tra via Chiesa S. Lorenzo – via Paltrinieri – via C. Testa a sud e via Chiaviche – via Padella a nord; costituisce circa il 13 % del territorio.
- Le caratteristiche geotecniche d'insieme dei primi 6/8 m del sottosuolo, a grado di consistenza variabile da medio a medio basso, indicano che per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri che trasmettano tensioni al terreno non eccedenti 100 Ton, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e verifica della compatibilità dei cedimenti, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 0,8 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$D = 1,8 \div 2,0 \text{ m p.c.}$$

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

- **Verticale litotecnica W:** costituisce il settore occidentale centrale del territorio tra il F. Secchia e la SS 12 delimitato a meridione dal confine comunale con Bastiglia ad est dal F. Secchia, dalla fascia compresa tra Fosso Sorbara – Cristo – Beltrama e confine comunale con San Prospero che delimita anche la parte nord; costituisce circa il 5% dell'area comunale.

È contraddistinta da pronunciata variabilità delle caratteristiche geotecniche che evidenziano terreni a medio grado di compressibilità nelle zone orientali e litotipi addensati e potenzialmente liquefacibili nelle fasce occidentali adiacenti al F. Secchia. In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 4/5 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e della verifica di compatibilità dei cedimenti, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

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

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

$$D = 1,6 \div 2,0 \text{ m pc}$$

Nelle fasce adiacenti al F. Secchia in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione sono utilizzabili carichi corrispondenti a

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

per profondità dei piani di posa equivalenti a:

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

Per edifici con più di 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 E:** costituisce la fascia allungata sud nord al bordo orientale del comune, larga circa 150/200m, adiacente al F. Panaro da Bottegone al capoluogo e che comprende la parte dello stesso ad est della SP n°2 per Modena, a sud di Punta prosegue in direzione meridionale sino a La Madonnina/ C. Campori assumendo una larghezza di 100/150 m; forma circa il 7% del territorio.

È contraddistinta da pronunciata variabilità delle caratteristiche geotecniche che evidenziano terreni a medio grado di compressibilità e potenzialmente liquefacibili e zone a medio basso grado di densità relativa in adiacenza/prossimità del F. Panaro.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 4/5 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e della verifica di compatibilità dei cedimenti, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,7 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$D = 1,6 \div 2,0 \text{ m pc}$$

Nelle fasce adiacenti al F. Panaro, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione, sono utilizzabili carichi corrispondenti a

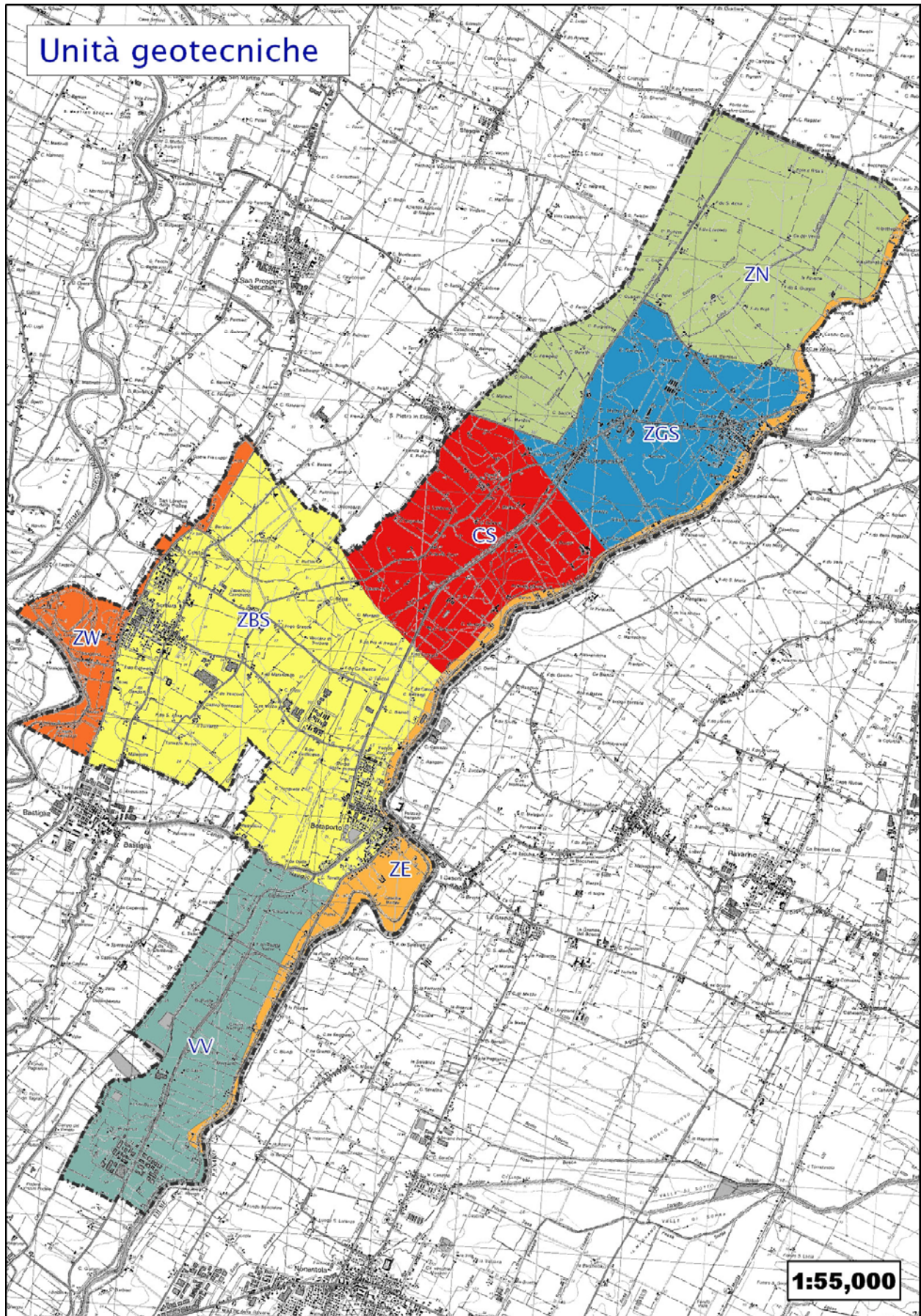
$$q_a = 1,0 \div 1,2 \text{ kgf/cm}^2$$

per profondità dei piani di posa equivalenti a:

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

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

In rapporto all'estensione areale delle zone litotecniche descritte e del numero di indagini analizzate, si osserva che le valutazioni 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.



Suddivisione verticali litotecniche

6.1 SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

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

6.2 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio Vs, delle unità litotecniche che costituiscono i primi 40 ÷ 60/70 m del sottosuolo, sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione con metodo integrato Re.Mi/MASW, mediante stendimenti ad antenna monodirezionale con lunghezza di 69 m, eseguendo due acquisizioni in ogni singola prospezione: 1 con procedura ReMi ed 1 con procedura MASW, sono inoltre state eseguite prospezioni puntuali verticali a stazione singola, con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

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

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

Le indagini effettuate in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato la superficie del comune di Bomporto con una stazione di analisi con mappa 0,22/0,24 kmq per le aree urbanizzate del capoluogo, Solara, Il Gorghetto- San Michele, di 0,4 kmq per quello di Sorbara, per le aree a destinazione produttiva 0,24 kmq e per quella di Villavara, unità di area di 0,43 km per la zona industriale a nord est del capoluogo; per quanto riguarda il territorio extraurbano la copertura corrisponde ad unità di mappa corrispondente a 0,96/1,15 kmq.

In riferimento alla totalità della superficie comunale, equivalente a 38,85 km, rapportato al n° di prospezioni geofisiche RM/MW ed HVSr direttamente eseguite nel 2016 e quelle effettuate precedentemente dallo scrivente (*Centrogeo*) nel 2011 nel contesto delle analisi di MS di PSC redatte da *Dr. V. Franchi*, il territorio di Bomporto nell'insieme è stato investigato con la copertura di una verticale di indagine ogni 0,77 kmq.

6.3 Microtremori con la tecnica HVSr

Le indagini a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali si sono effettuate in 37 punti, che sono stati integrati da 13 analoghe verticali precedentemente eseguite dallo scrivente e 44 analoghe verticali selezionate da quelle precedentemente

effettuate da AA.VV.; pertanto nella zona analizzata sono stati utilizzati in totale di 94 punti, distribuiti con maglia statisticamente rappresentativa che rapportata all'estensione del territorio comunale: 38.85 kmq, ha consentito di esaminare lo stesso secondo dimensioni con unità di area mediamente corrispondente a 0,60 kmq.

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

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

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

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

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

Le prospezioni di nuova esecuzione, effettuate in numero complessivo di 37, 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, ecc..).

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.

7 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

7.1 Carta delle indagini

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

- 218 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 20 prove penetrometriche CPTU
- 1 prova penetrometrica CPTE
- 1 prova penetrometrica SCPT
- 4 Sondaggi meccanici (SM)
- 11 stratigrafie di Pozzi per Acqua (PA)
- 13 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: Re.Mi.
- 49 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo attivo ad antenna monodimensionale MASW
- 57 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:

- 37 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo attivo/passivo con antenna monodirezionale Re.Mi/MASW; comprendendo le analoghe indagini precedentemente eseguite nell'area comunale: n° 62 (prospezioni MASW - Re.Mi./MASW), complessivamente sono stati utilizzati i dati di 99 siti di misura.
- 37 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R. comprendendo quelle precedentemente eseguite nell'area comunale: n° 13

(Centrogeo) più 44 (AA.VV.), sono stati utilizzati complessivamente i dati di 94 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 $600 \div 650$ m nell'area sede del capoluogo, di Solara, San Michele, il Gorghetto, di $500 \div 700$ m per l'area di Sorbara, di $500 \div 550$ m per la zona industriale di Villavara e zona Industriale a nord ovest del capoluogo; nelle aree extraurbane la copertura è sviluppata secondo maglia sub quadrato – sub rettangolare con lati di $960 \div 1250$ m.

7.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

La campagna di prospezioni geofisiche eseguite nel territorio di Bomporto, integrate da quelle effettuate precedentemente nello stesso e negli areali degli adiacenti comuni di Bastiglia e Nonantola (*Centrogeo*), 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:

- 94 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
$0,5 < F_0 \leq 0,8$	$1,5 \leq A < 2$
$0,8 < F_0 \leq 1,0$	$2,0 \leq A < 3,0$
$1,0 < F_0 \leq 1,1$	$A \geq 3,0$

Dette associazioni sono riportate nell'elaborato “Frequenze Naturali Terreni, Tav. 1.7; le misure sono state identificate mediante una serie di simboli con colori e dimensioni differenti.

Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

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

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

La netta prevalenza dei valori che caratterizzano il territorio appartiene al campo $f_0 = 0.8 \div 1.0$ Hz ($T = 1.25 \div 1.00$ sec); gli areali con valori inferiori contraddistinti da valori $0.5 \div 0.8$ Hz ($T_0: 2.00 \div 1.25$ sec) che individuano superfici di estensione relativa inferiore rispetto al campo precedente, si rinvengono nella zona centro settentrionale estesa ovest –est compresa tra via Padella (nord) e l'allineamento C. Carafoli – Az. Montanari e nelle fasce allungate sud – nord ai bordi ovest ed est del territorio comunale a nord di V. Padella ad occidente, tra via Pomaria ovest via Pomaria Bassa ad oriente; areali con analoghi valori caratterizzano la zona industriale a nord ovest del capoluogo, la parte sud occidentale di quest'ultima, la prevalenza del settore meridionale circa compreso tra la zona produttiva di Villavara e via Chiaviche- via per Bastiglia, il settore centro orientale tra via Paltrinieri e via Franchini, limitati areali al confine orientale centrale all'intorno di Azienda Darsa e ad ovest di via Nazionale.

Le zone di massimo relativo con $f_0 = 1,0/1,1$ Hz identificano areali di ridotta estensione nella zona nord all'intorno di Cà del vento, di San Michele, a sud degli stabilimenti A.P.C.A. e sud di via Il Cristo, ed all'incrocio tra via Roncaglio e via Beltrama.

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

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

7.3.1.1 Tetto sabbie

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

In tale elaborato le isobate individuano la profondità e gli assetti geometrici dei corpi sabbiosi più superficiali dei depositi di canale fluviale estinto relativamente più recenti, sia affioranti che sepolti.

Per quanto riguarda le geometrie delle unità sabbiose l'isobata che delimita la zona esterna indica la terminazione laterale del corpo sabbioso e relativa profondità del letto; le

isolinee più interne visualizzano la profondità del tetto dei corpi sabbiosi rispetto al piano campagna.

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

L'assetto spaziale nel sottosuolo evidenzia che le unità con maggior spessore (4/7 m) caratterizzano la fascia di territorio estesa sud ovest nord est, asseccante la strada per Solara dall'incrocio via Marandello/via C. Testa a il Gorghetto-S. Michele-Solara; analoghi corpi sabbiosi con spessori medi di 3 m descrivono fasce allungate ovest est nel settore centrale del territorio comunale che si estendono concordemente alla SP n°1 Ravarino – Carpi da Sorbara al capoluogo e più a settentrione subparallelamente a via C. Testa da Caseificio Casinetto alla zona industriale a nord ovest del capoluogo.

Unità sabbiose di significativo spessore: 6/8 m caratterizzano la fascia al bordo occidentale dell'area comunale adiacente il F. Secchia dal confine con Bastiglia al Fosso Campari; simili condizioni, ma con spessori relativi minori: 2/5 m contraddistinguono il sottosuolo della fascia al bordo orientale del territorio adiacente al F. Panaro ed estesa concordemente allo stesso; un analogo corpo sabbioso, con lunghezza di 1 km e larghezza di 0,3 km, caratterizza il sottosuolo del settore sud occidentale del capoluogo tra via Reduci della Prigionia 1940-1947 e via Po/via Arno.

Altre zone con simili peculiarità ma di minor estensione areale, sono presenti al bordo centro occidentale circa tra il Cristo e Fossa di San Pietro ad ovest di via Vedretta e nel settore nord orientale all'intorno di Seghizza – Fondo Suora e tra Palazzo della Catena ed il Bottegone.

Le condizioni descritte denotano che il territorio comunale di Bomporto è interessato da potenziale pericolosità di liquefazione per una percentuale non rilevante.

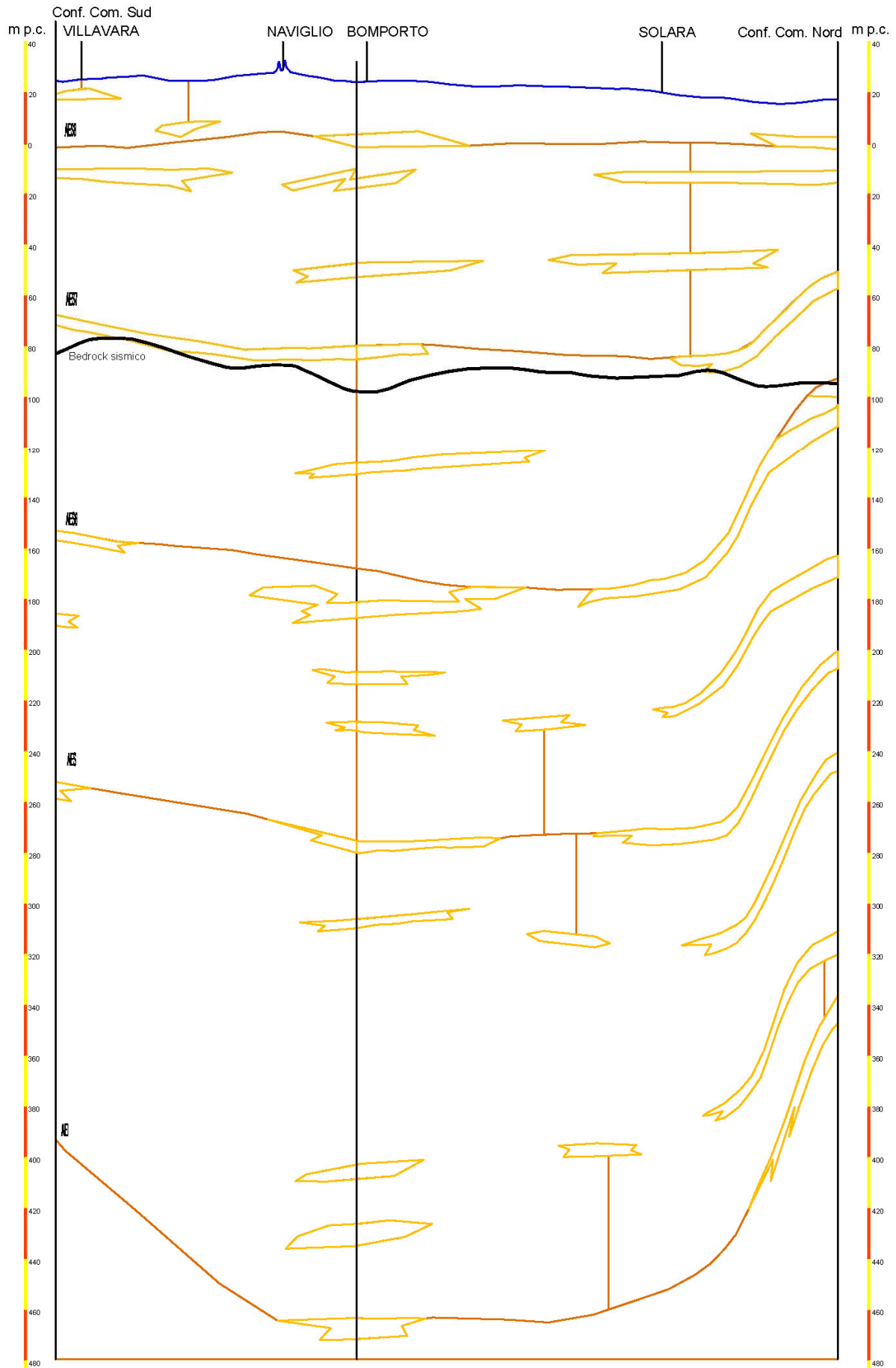
7.3.1.2 Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

Le profondità dal piano campagna e l'assetto spaziale, dell'unità litotecnica che localmente indica comportamento relativo più rigido, assimilabile al bedrock sismico, sono state individuate in funzione dei valori di frequenza principale ottenuti dalle prospezioni HVSR e delle velocità delle onde sismiche di taglio della successione litotecnica che costituisce i primi 300 m del sottosuolo, valutate in base ai dati di Vs ottenuti dalle prospezioni linear array Re.Mi./MASW.

In riferimento ai sopracitati dati mediante la relazione:

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

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



Successione stratigrafica quaternario continentale

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

Le profondità relative maggiori del bedrock: -120 m pc, si riscontrano nella fascia centrale estesa ovest est circa dall'incrocio via Torrazzo/SP1 Ravarino/Carpi al settore sud orientale del capoluogo: intersezione Canale Naviglio/via Ravarino – Carpi; quelle con profondità minori -90/-100 m sono presenti all'estremità sud orientale tra C. Campari e Istituto Paride Golfi ed al limite occidentale centrale del territorio comunale all'intorno degli Stabilimenti APCA tra via Barbieri - via R. Grieco/G. Di Vittorio – via Ravarino Carpi – confine con Soliera.

Nella rimanente parte del territorio, quella prevalente, il tetto del bedrock è generalmente rinvenibile a -100/-110 m pc.

L'andamento della profondità dell'unità litotecnica assimilabile al bedrock sismico indica una tendenziale correlabilità con l'orientamento territoriale della fascia dell'asse della sinclinale Soliera – Sabbiano estesa ovest est nella quale gli spessori dei depositi continentali e del Quaternario Marino sono maggiori.

Dal raffronto con le sezioni geologiche si evince che il substrato a comportamento rigido è tendenzialmente correlabile alla parte sommitale dell'Unità stratigrafica AES6 – Ciclo A2.

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

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. Delle Regioni e PA, DGR.ER 1227/2015, e DGR 2193/2015, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica.

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

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

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

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

In tale contesto sono inoltre state usate le documentazioni della Regione Emilia Romagna, in particolare le carte topografiche di dettaglio e la banca dati geologica del territorio comunale, resi disponibili in formato digitale dal *Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, RER*.

Oltre a ciò si è fatto riferimento alle elaborazioni individuanti i differenti scenari di pericolosità sismica locale e degli effetti locali attesi del PTCP 2009 della Provincia di Modena, gli elaborati della Relazione Geologica – Analisi Sismica e Microzonazione Sismica del PSC 2011 del Comune di Bomporto (*Dr. V. Franchi*).

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

7.4.1 Definizione successioni a comportamento sismico equivalente

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

La discretizzazione delle verticali litotecniche, redatta in conformità alle simbologie e criteri degli Standard di MS versione del 10/2015, è stata eseguita in funzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche che prevalentemente influenzano gli effetti dello scuotimento sismico in superficie, relativamente ai primi 20 – 30 m del sottosuolo.

In riferimento a quanto esposto sono state quindi individuate le sequenze delle zone stabili nelle quali gli effetti sono correlati ad amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche: zone 1-2-3 e le zone suscettibili di amplificazione e di instabilità: zone ZA_{LQ} (2004)-(2005) e zone suscettibili di cedimenti differenziali ZA_{CD} .

Tali classificazioni distinguono le successioni nelle quali sono presenti nei primi 5 - 15 - 20 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi moderatamente addensati ($q_c < 20/30$ kgf/cm²) con $V_s < 150/170$ m/sec, nei primi 4/6 m del sottosuolo a $V_s < 200$ m/sec sino a -10 m pc con spessori compresi tra 1/2 e 4/8 m, potenzialmente soggetti a pericolosità di liquefazione: zone LQ (2004)-(2005), e quelle in cui sono attesi incrementi dei consolidamenti per effetti sismici.

Questi ultimi ZA_{CD} 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 1/2 m e che nell'insieme dei primi 15 m pc sono non superano spessori di 3/4 m, contraddistinti da $V_s < 160$ m/sec. nei primi 8 m pc; in detti casi possono insorgere effetti correlabili ad addensamenti di sottili strati sabbioso limosi, ai quali conseguono cedimenti differenziali.

Analoghi effetti caratterizzano le successioni prevalentemente argilloso limose e limoso argillose – limose presenti nei primi 6/8 m del sottosuolo, contenenti livelli sabbiosi lentiformi con spessore inferiore/uguale a 1/1,5 m, contraddistinte da valori di resistenza alla punta di insieme al penetrometro statico corrispondenti a $q_c < 7$ kgf/cm² e valori di velocità di propagazione delle onde di taglio equivalenti a $V_s < 160$ m/sec; tali caratteristiche definiscono le aree nelle quali sono attesi cedimenti differenziali.

7.4.1.1 Aree Suscettibili di Effetti Locali e di instabilità

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

Zone suscettibili di instabilità

alle quali sono riconducibili le caratteristiche di seguito descritte:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche tali da indurre effetti locali di amplificazione del moto sismico, zone 1–2–3 di legenda, secondo quanto previsto dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall’allegato B della DGR 1227/2015.
- **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 moderatamente o poco addensati, che nei primi 5 ÷ 15 ÷ 20 m del sottosuolo presentano spessori compresi tra 1/2 ÷ 4/8 m con $V_s < 170$ m nei primi 4/6 m del sottosuolo, potenzialmente suscettibili di liquefazione zone ZA_{LQ} (2004)-(2005); le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori inferiori ad 1/2 m, da moderatamente a poco addensati, suscettibili di cedimenti differenziali; le successioni argilloso limose – limoso argillose con strati poco consistenti nei primi 5 ÷ 8 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle $V_s < 160$ m/sec, suscettibili di cedimenti differenziali (ZA_{CD}); le sequenze prevalentemente limoso sabbiose - sabbioso limose poco consistenti nei primi 5 ÷ 6 m del sottosuolo e con $q_c < 20$ kgf/cmq $V_s < 160$ m/sec soggette a potenziale pericolosità di addensamento, cedimenti differenziali, assestamenti per potenziale liquefazione e successioni litotecniche a medio elevata - elevata compressibilità ($q_c \leq 7$ kgf/cmq).

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

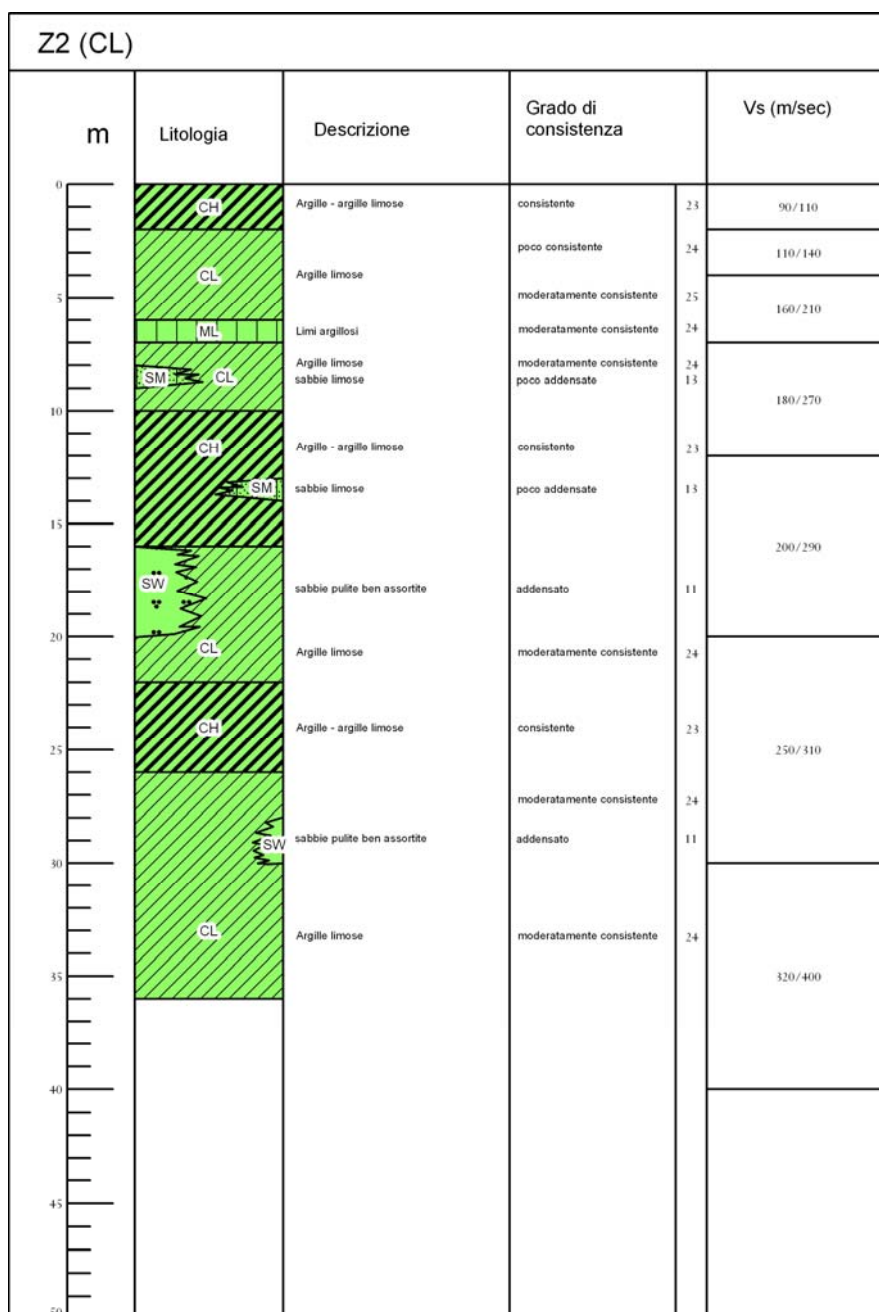
Z1 (CH)					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)	
0		Argille - argille limose	consistente	23	100/110
	CL CH	Argille limose	consistente	23	
		sabbie limose	poco addensate	13	130/150
5		Argille - argille limose	consistente	23	
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	160/180
		sabbie poco assortite	moderatamente addensate	12	
10		Argille - argille limose	consistente	23	200/230
	CH	Argille - argille limose	moderatamente consistente	24	
15		Limi argillosi	moderatamente consistente	24	230/280
	SM ML	sabbie limose	poco addensate	13	
		sabbie ben assortite	addensato	11	300/330
	CL SW	Argille limose	poco consistente	25	
20		Argille - argille limose	moderatamente consistente	24	240/320
		sabbie poco assortite	moderatamente addensate	12	
	CH	Argille - argille limose	moderatamente consistente	24	300/380
25		Limi - limi argillosi	poco consistente	25	
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	300/380
		sabbie poco assortite	poco addensate	13	
30		Argille - argille limose	moderatamente consistente	24	300/380
	CH	Argille - argille limose	moderatamente consistente	24	
		sabbie ben assortite	addensato	11	300/380
	SW	sabbie ben assortite	addensato	11	
35		Argille - argille limose	moderatamente consistente	24	300/380
40		Argille - argille limose	moderatamente consistente	24	
45		Argille - argille limose	moderatamente consistente	24	300/380
50		Argille - argille limose	moderatamente consistente	24	

ZONA 1 (2001) – Aree stabili, depositi di piana alluvionale prevalentemente argillosi – argilloso limosi consistenti – moderatamente consistenti di media-alta plasticità (CH/CL – 23/24) con intercalati a profondità sottostanti -3/-4 m pc subordinati corpi lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi con spessori inferiori ad 1,0 m da moderatamente addensati a poco addensati (SM/SP – 12/13); Vs < 150 m/sec nei primi 7/9 m dal sottosuolo e vs > 200/250/300 m/sec alle profondità sottostanti.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

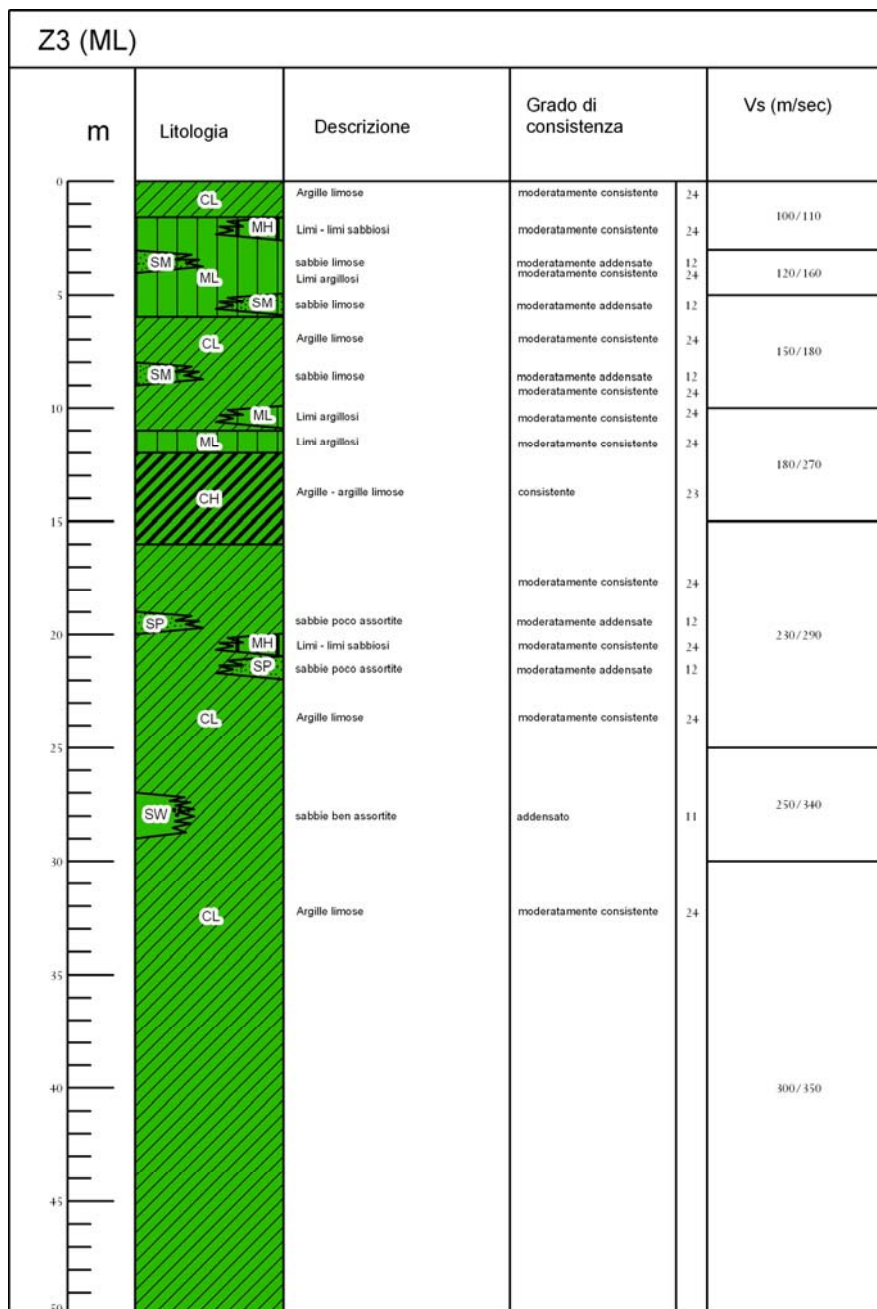


ZONA 2 (2002) – Aree stabili, depositi di piana alluvionale prevalentemente argilloso limosi secondariamente limoso argillosi moderatamente consistenti di media plasticità (CL/ML-24), ed argilloso – argilloso limosi consistenti di alta plasticità (CH-23), con intercalati subordinati corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori inferiori a 1 m poco addensati (SM-13); a profondità sottostanti -15 m pc presenza di locali corpi sabbiosi addensati a granulometria ben assortita (SW-11); la sequenza è contraddistinta da Vs < 140 m/sec nei primi 4 m del sottosuolo e Vs = 180/250/320 m/sec alle quote sottostanti.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.



ZONA 3 (2003) – Aree stabili, depositi di piana alluvionale, prevalentemente limoso argillosi - limosi moderatamente consistenti (ML/MH-24) con intercalati subordinati corpi lentiformi sabbioso limosi moderatamente addensati con spessori inferiori ad 1 m (SM-12) nei primi 6 m del sottosuolo; argille limose – argille da moderatamente consistenti a consistenti a media ed alta plasticità (CL/CH-24/23) contenenti in subordine corpi lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi poco assortiti moderatamente addensati (SM-SP -12) e strati limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24) a profondità sottostanti -6 m pc; la sequenza è contraddistinta da Vs<150 m/sec nei primi 5 m del sottosuolo, Vs = 150/180 m/sec da -5 a -10 m pc, Vs = 200/300/350 m/sec alle profondità sottostanti.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

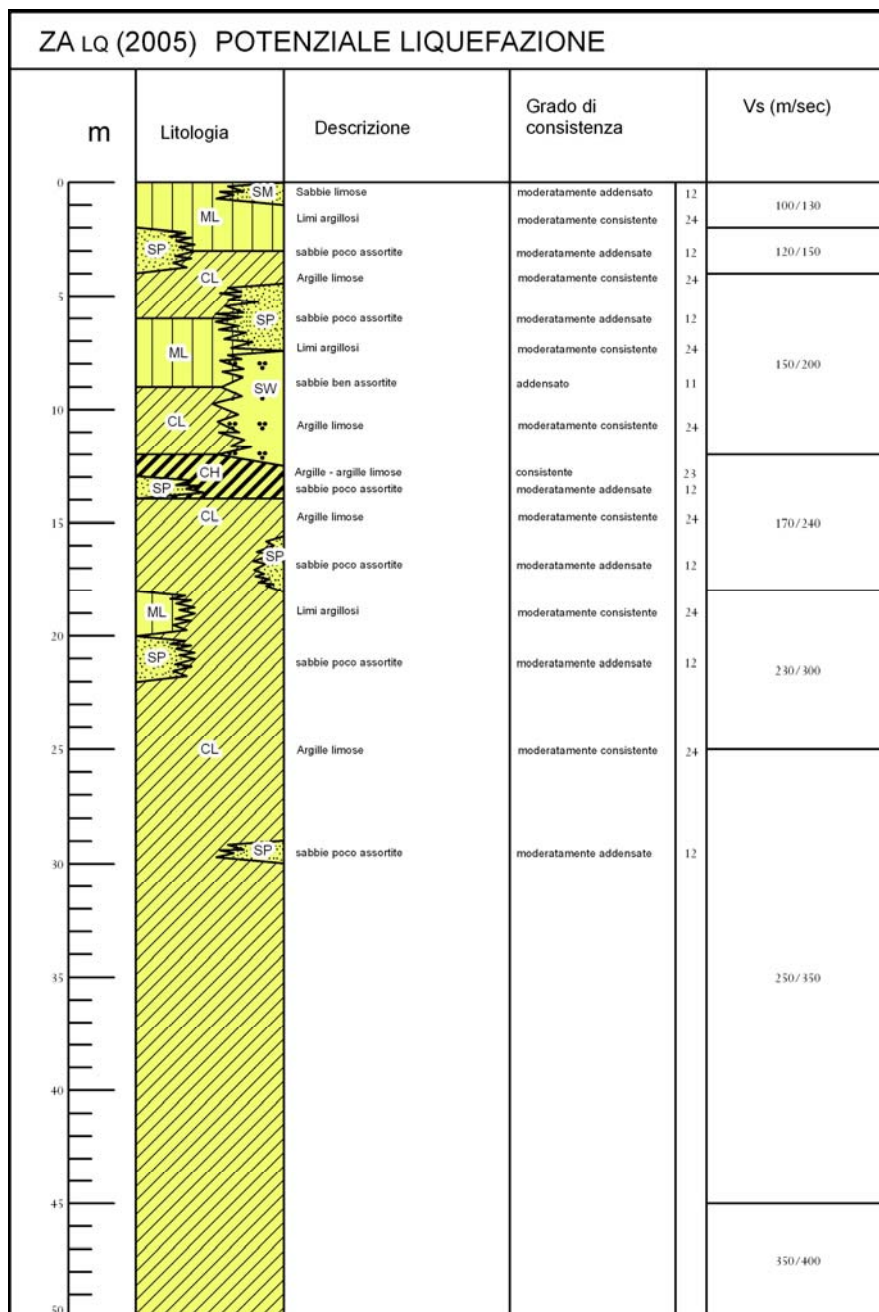
ZA LQ (2004) POTENZIALE LIQUEFAZIONE					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)	
0	CL, SM, SP, ML	Sabbie limose Argille limose Limi argillosi sabbie poco assortite	Poco addensato moderatam. consistente moderatam. consistente moderatam. addensato	13 24 24 13	100/130
5	SM, SP, ML, SM	sabbie limose sabbie poco assortite Limi argillosi Sabbie limose	moderatam. addensato moderatam. consistente moderatam. consistente poco addensato	13 13 24 13	130/170
10	CL, SP, ML	Argille limose sabbie poco assortite Limi argillosi	moderatam. consistente moderatam. addensato moderatam. consistente	24 12 24	180/210
15	CL, SP, CH	Argille limose Sabbie poco assortite Argille - argille limose	moderatam. consistente poco addensato consistente	24 12 23	190/210 280/310
20	SP, CL, ML	Sabbie poco assortite Argille limose Limi argillosi	poco addensato moderatam. consistente moderatam. consistente	13 24 24	150/200
25	SW, CH, SP	sabbie ben assortite Argille - argille limose sabbie ben assortite	addensato consistente addensato	11 23 11	180/220 250/320
30	SP, SP	sabbie ben assortite sabbie ben assortite	moderatam. consistente addensato	24 11	200/300
35	CL, SP	Argille limose sabbie ben assortite	moderatam. consistente addensato	24 11	250/350
40	CL	Argille limose	moderatam. consistente	24	320/450

ZA_{LQ} (3050-2004) – Aree potenzialmente instabili (LQ), depositi di piana alluvionale in sequenze di strati limoso argillosi da moderatamente a poco consistenti a consistenti (CL/ML -24/-23) e sabbioso limosi poco addensati (SM-13) e corpi lentiformi di sabbie poco assortite poco addensate (SP-13) e secondariamente argille limose moderatamente consistenti di media plasticità (CL24) con Vs < 170 m/sec nei primi 6 m del sottosuolo; a profondità sottostanti sequenze prevalentemente argilloso limose – argillose a plasticità da media ad alta moderatamente consistenti – consistenti (CL/CH-24-23) contenenti subordinati corpi lentiformi con spessori di 1/2,5 m di sabbie da poco a ben assortite moderatamente addensate – addensate (SP/SW-12/11) caratterizzati da Vs = 180/200/280 m/sec e localmente, da -8 a -25 m pc, dove prevalgono le sequenze sabbiose ed argillose consistenti, Vs = 220/320 m/sec.

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

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

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

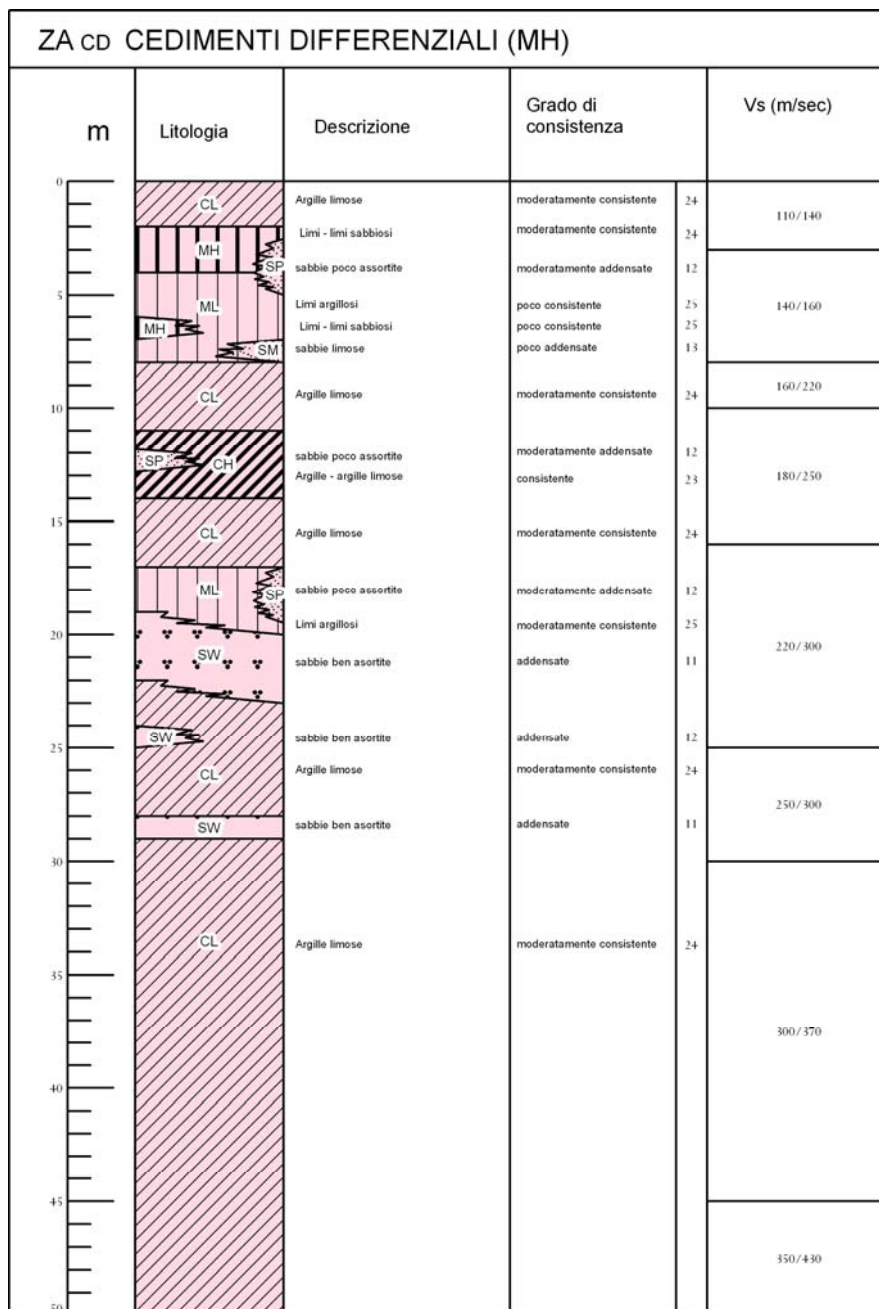


ZA_{LQ} (3050-2005) – Aree potenzialmente instabili (LQ), depositi di canale fluviale in sequenze prevalentemente sabbiose e sabbioso limose, in strati con spessori da 2 a 4 m, localmente di 6/8 m, moderatamente addensati e corpi lentiformi di sabbie ben assortite addensate (SW-11) sostituiti lateralmente da sequenze limoso argillose – argilloso limose moderatamente consistenti (ML/CL-24) nei primi 10 m del sottosuolo contraddistinti da VS<150 m/sec nei primi 4 m del sottosuolo e Vs<200 m/sec da -4 a -10 m pc; a profondità sottostanti argille limose – limi argillosi moderatamente consistenti (CL/ML-24) contenenti in subordine corpi sabbiosi moderatamente addensati con spessori di 2/3 m (SP-12) caratterizzati da Vs = 200/300/350 m/sec da -10 a -45 m pc.

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

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

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

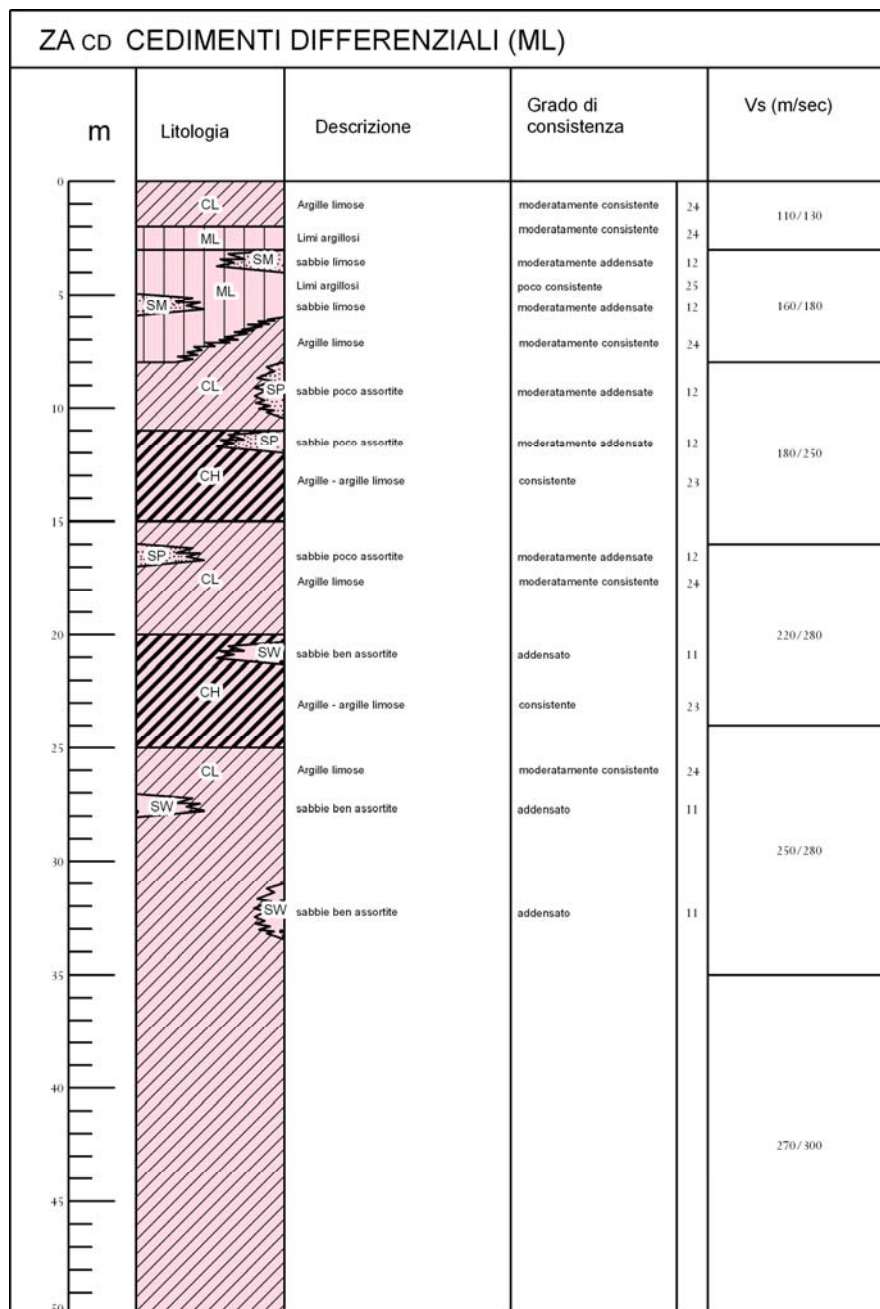


ZA_{CD} - ZONA CEDIMENTI Sequenza tipo 1 (3080) - Aree potenzialmente instabili, depositi di piana alluvionale limosi - limoso sabbiosi e limoso argillosi, da moderatamente a poco consistenti (MH/ML-24/25) con intercalate lenti sabbioso limose da moderatamente a poco addensate (SM/SP-12/13) con spessori di 1/1,5 m, con Vs < 160 m/sec nei primi 8 m del sottosuolo; argille limose argille con plasticità da media ad alta, moderatamente consistenti - consistenti (CL/CH-24/23) con intercalati corpi lentiformi di sabbie poco assortite moderatamente addensate (SP-12) e strati tabulari o lentiformi di sabbie ben assortite addensate (SW-11) e strati limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24); la sequenza è caratterizzata da Vs = 180/250 m/sec da -8 a -15 m pc e Vs = 220/300 m/sec da -15 a -30 m pc.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali;

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

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



ZA_{CD} - ZONA CEDIMENTI Sequenza tipo 2 (3080) - Aree potenzialmente instabili, depositi di piana alluvionale prevalentemente limoso argillosi - limosi/limoso sabbiosi, da poco a moderatamente consistenti (ML/MH-24/25) con intercalate lenti sabbioso limose da moderatamente a poco addensate (SM-12/13) con spessori di 1/2 m, con Vs<160 m/sec nei primi 8 m del sottosuolo; argille limose a plasticità da media ad alta, consistenti - moderatamente consistenti (CL/CH-24/23) con intercalati corpi lentiformi di sabbie da poco a ben assortite moderatamente addensate - addensate (SP/SW-12/11); la sequenza è caratterizzata da Vs = 180/250 m/sec da -8 a -15 m pc e Vs = 220/280 m/sec da -15 a -35 m pc.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali;

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

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

8 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

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

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, le elaborazioni individuano le aree soggette alle integrazioni di approfondimento di terzo livello, specificando le disamine da eseguire; nelle aree a potenziale pericolosità per liquefazione le valutazioni nelle fasi di analisi sismica successive, in conformità all'art. 3.2.2 primo capoverso DM 14/01/2008, saranno da sviluppare utilizzando i parametri di accelerazione orizzontale massima in superficie a/g max determinata con codice di calcolo che compete alle microzone individuate nelle Tav. 2.2.1-2.2.2.-2.2.3-2.2.4 di seguito descritte.

8.1 Definizione degli input sismici

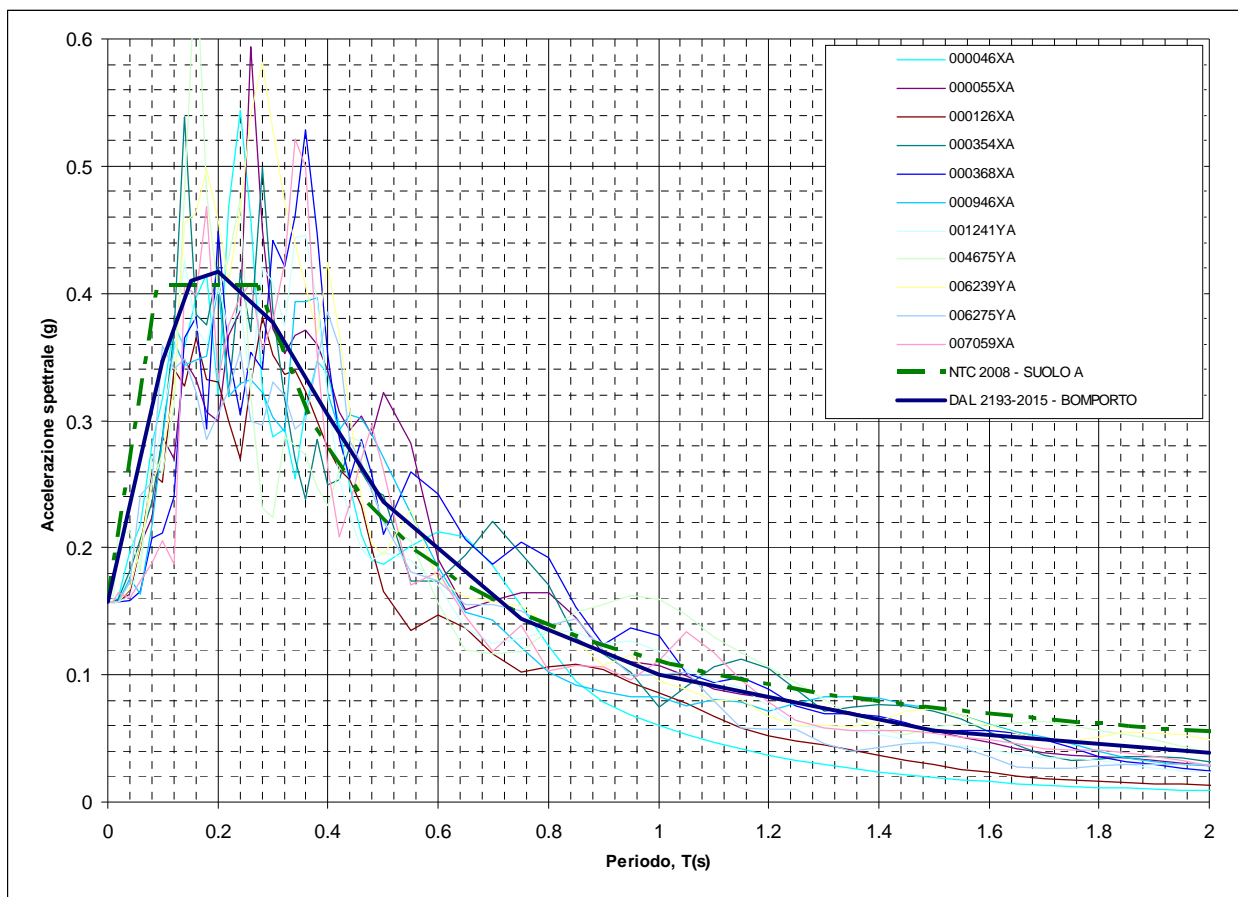
L'analisi della pericolosità sismica del territorio comunale è stata sviluppata in base al modello di studio – elaborazione per la definizione della pericolosità sismica a scala locale proposto da A. Marcellini et alii (1998)⁴.

Tale schema prevede:

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

⁴ Marcellini, A., Daminelli, R., Pagani, M., Riva, F., Tento, A., Crespellani, T., Madiari, C., Vannucchi, G., Frassinetti, G., Martelli, L., Palumbo, A., e Viel, G. (1998). Seismic Microzonation of some Municipalities of the Rubicone area (Emilia – Romagna Region). In Proceedings of the Eleventh European Conference on Earthquake Engineering, Invited Lectures Volume, pagg. 339-350. Balkema.

La definizione degli input sismici utilizzati per le simulazioni di scuotimento in superficie è stata eseguita confrontando lo spettro di risposta degli accelerogrammi selezionati opportunamente scalati, con quella dello spettro a probabilità uniforme determinato secondo le indicazioni della DGR 2193/2015, avendo cura di ottenere una congruenza rientrante nella forma normalizzata \pm la deviazione standard. Tale procedura ha portato alla selezione di 11 accelerogrammi di input, tre dei quali presenti nella banca dati approntata dalla Regione Emilia Romagna, disponibili al sito internet <http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/sismica.htm> (accelerogrammi 000046xa, 000126xa, 000354xa), due ottenuti da selezione nel database internazionale "European strong-motion database" <http://www.isesd.hi.is/> (accelerogrammi 000946xa, 001241ya) e sei derivati dalla definizione di accelerogrammi di riferimento per l'argine destro del Po redatta da A. Marcellini, D. Albarello, D. Gerosa (accelerogrammi 000055xa, 000368xa, 004675ya, 006239ya, 006275ya, 007059xa) messi a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna per le analisi di microzonazione sismica dei Comuni di Correggio, Rio Saliceto, San Martino in Rio, Nonantola.



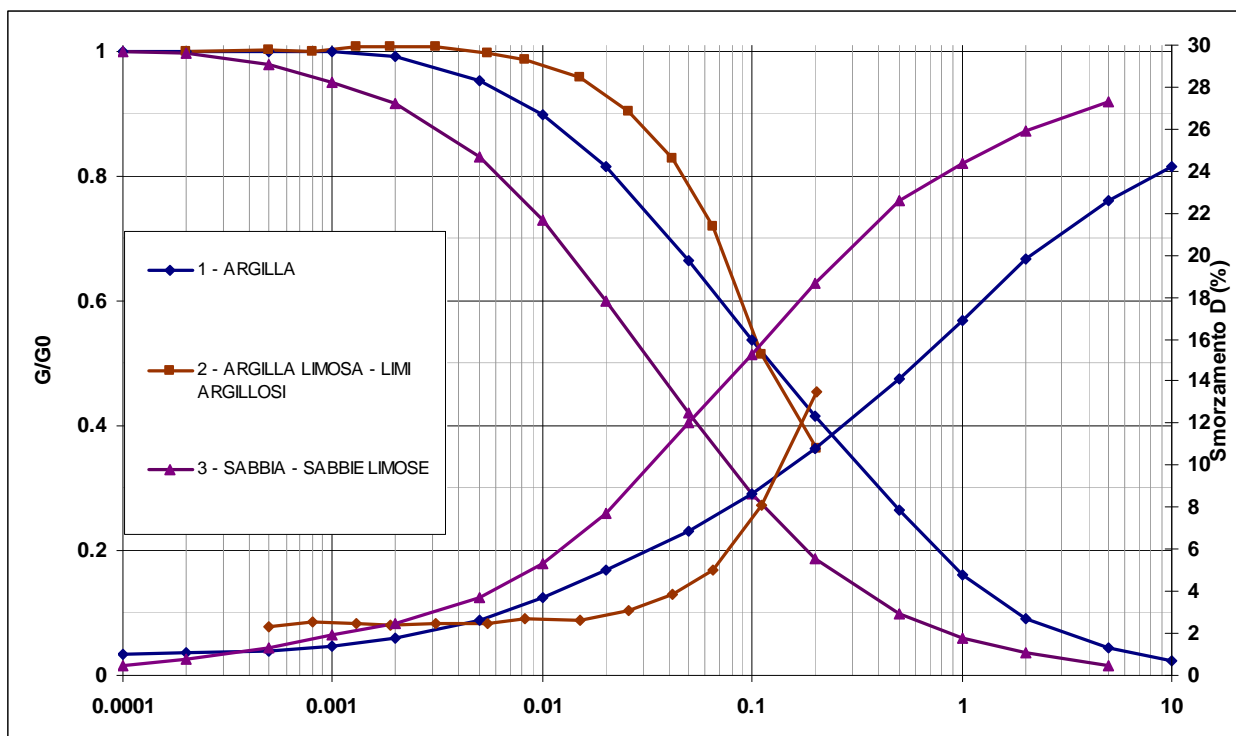
Spettro di risposta a probabilità uniforme (Periodo di ritorno di 474 anni, smorzamento=5%) costruito con i parametri esposti nella delibera della Giunta Regionale ER n° 2193-2015, spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2008 e spettri di risposta degli accelerogrammi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

8.2 Comportamento non lineare dei terreni

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

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

Dette curve sono schematizzate nel seguente grafico:



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

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

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

8.3 Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche

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

Verticale R01						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1.5	1	220	92	18.6	-	-
6	2	150	42	18.3	-	-
7.5	2	210	83	18.6	-	-
13	2	250	119	18.8	-	-
22	3	350	240	19.3	-	-
24	3	450	408	19.8	-	-
28	-	500	510	20	2	-
28	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R02						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2.5	1	90	15	18	-	-
8.5	1	160	48	18.3	-	-
19	2	300	174	19	-	-
20	2	280	151	18.9	-	-
3	3	380	286	19.4	-	-
16	3	400	318	19.5	-	-
16	-	500	510	20	2	-
15	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R03						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2.5	1	100	18	18	-	-
7.5	2	180	61	18.4	-	-
7	2	170	54	18.4	-	-
9	2	230	101	18.7	-	-
24	3	340	226	19.2	-	-
16	3	400	318	19.5	-	-
17	-	500	510	20	2	-
17	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R04						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3.5	1	110	22	18.1	-	-
9	2	220	92	18.6	-	-
9.5	2	230	101	18.7	-	-
33	3	300	174	19	-	-
4	3	370	270	19.4	-	-
14	3	400	318	19.5	-	-
14	-	500	510	20	2	-
13	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R05						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
7	1	120	27	18.1	-	-
17	2	240	110	18.7	-	-
2	2	280	151	18.9	-	-
20	3	370	270	19.4	-	-
29	3	400	318	19.5	-	-
27	-	500	510	20	2	-
28	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R06						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2.5	1	120	27	18.1	-	-
9.5	1	180	61	18.4	-	-
36	2	290	162	19	-	-
5	3	310	187	19.1	-	-
21	3	400	318	19.5	-	-
20	-	500	510	20	2	-
21	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R07						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3	1	110	22	18.1	-	-
9	1	190	68	18.5	-	-
24	2	270	140	18.9	-	-
13	2	300	174	19	-	-
8	3	360	255	19.3	-	-
19	3	400	318	19.5	-	-
20	-	500	510	20	2	-
19	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R08						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2.5	1	110	22	18.1	-	-
9.5	1	160	48	18.3	-	-
25	2	280	151	18.9	-	-
24	2	300	174	19	-	-
8	3	350	240	19.3	-	-
15	3	400	318	19.5	-	-
16	-	500	510	20	2	-
15	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R09						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4	1	120	27	18.1	-	-
5	2	230	101	18.7	-	-
18	1	170	54	18.4	-	-
23	2	260	130	18.8	-	-
9	2	300	174	19	-	-
9	3	400	318	19.5	-	-
8	-	500	510	20	2	-
9	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R10						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2	1	110	22	18.1	-	-
3	1	130	31	18.2	-	-
4	2	260	130	18.8	-	-
7	2	230	101	18.7	-	-
10	3	340	226	19.2	-	-
19	2	300	174	19	-	-
18	3	400	318	19.5	-	-
19	-	500	510	20	2	-
18	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R11						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2	1	80	12	17.9	-	-
4	1	170	54	18.4	-	-
20	2	280	151	18.9	-	-
26	2	210	83	18.6	-	-
8	3	350	240	19.3	-	-
17	3	400	318	19.5	-	-
16	-	500	510	20	2	-
17	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R12						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3.5	1	120	27	18.1	-	-
9.5	1	180	61	18.4	-	-
10	2	310	187	19.1	-	-
20	2	280	151	18.9	-	-
2	3	390	302	19.5	-	-
19	3	400	318	19.5	-	-
18	-	500	510	20	2	-
18	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R13						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3.5	1	90	15	18	-	-
10.5	2	240	110	18.7	-	-
9	2	210	83	18.6	-	-
6	2	290	162	19	-	-
24	3	370	270	19.4	-	-
20	3	400	318	19.5	-	-
21	-	500	510	20	2	-
21	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R14						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
7	1	140	36	18.2	-	-
9	2	270	140	18.9	-	-
22	2	230	101	18.7	-	-
9	2	260	130	18.8	-	-
7	3	360	255	19.3	-	-
17	3	400	318	19.5	-	-
17	-	500	510	20	2	-
17	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R15						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2.5	1	100	18	18	-	-
11.5	1	170	54	18.4	-	-
11	3	340	226	19.2	-	-
27	2	300	174	19	-	-
8	3	350	240	19.3	-	-
15	3	400	318	19.5	-	-
15	-	500	510	20	2	-
15	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R16						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3	1	160	48	18.3	-	-
7	1	130	31	18.2	-	-
11	2	280	151	18.9	-	-
17	2	230	101	18.7	-	-
16	3	310	187	19.1	-	-
8	3	350	240	19.3	-	-
14	3	400	318	19.5	-	-
15	-	500	510	20	2	-
14	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R17						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5.5	1	150	42	18.3	-	-
2.5	2	240	110	18.7	-	-
10	1	160	48	18.3	-	-
24	2	230	101	18.7	-	-
10	3	340	226	19.2	-	-
18	3	400	318	19.5	-	-
18	-	500	510	20	2	-
17	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R18						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3.5	1	120	27	18.1	-	-
8.5	1	150	42	18.3	-	-
26	2	250	119	18.8	-	-
14	2	290	162	19	-	-
6	3	370	270	19.4	-	-
17	3	400	318	19.5	-	-
18	-	500	510	20	2	-
17	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R19						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4	1	110	22	18.1	-	-
18	2	220	92	18.6	-	-
22	2	300	174	19	-	-
2	3	370	270	19.4	-	-
20	3	440	389	19.7	-	-
23	-	500	510	20	2	-
21	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R20						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4	1	130	31	18.2	-	-
14	1	180	61	18.4	-	-
25	2	310	187	19.1	-	-
29	3	350	240	19.3	-	-
2	3	390	302	19.5	-	-
15	3	400	318	19.5	-	-
16	-	500	510	20	2	-
15	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R21						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
7	1	120	27	18.1	-	-
14	2	210	83	18.6	-	-
9	2	290	162	19	-	-
11	3	370	270	19.4	-	-
23	3	400	318	19.5	-	-
23	-	500	510	20	2	-
23	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R22						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2	1	100	18	18	-	-
9	1	150	42	18.3	-	-
23	2	240	110	18.7	-	-
4	2	290	162	19	-	-
8	3	370	270	19.4	-	-
24	3	400	318	19.5	-	-
25	-	500	510	20	2	-
25	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R23						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3	1	100	18	18	-	-
11	1	140	36	18.2	-	-
8	3	330	213	19.2	-	-
26	2	300	174	19	-	-
5	3	380	286	19.4	-	-
19	3	400	318	19.5	-	-
19	-	500	510	20	2	-
19	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R24						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3	1	110	22	18.1	-	-
10	1	170	54	18.4	-	-
32	2	220	92	18.6	-	-
6	2	250	119	18.8	-	-
22	3	400	318	19.5	-	-
21	-	500	510	20	2	-
21	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R25						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	1	90	15	18	-	-
8	1	130	31	18.2	-	-
37	2	250	119	18.8	-	-
2	2	320	199	19.1	-	-
4	3	380	286	19.4	-	-
20	3	400	318	19.5	-	-
19	-	500	510	20	2	-
19	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R26						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2.5	1	90	15	18	-	-
4.5	1	190	68	18.5	-	-
13	1	180	61	18.4	-	-
29	2	340	226	19.2	-	-
9	3	350	240	19.3	-	-
17	3	400	318	19.5	-	-
18	-	500	510	20	2	-
17	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R27						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2	1	90	15	18	-	-
3	1	190	68	18.5	-	-
12	2	160	48	18.3	-	-
7	2	210	83	18.6	-	-
26	2	260	130	18.8	-	-
8	3	350	240	19.3	-	-
16	3	400	318	19.5	-	-
16	-	500	510	20	2	-
15	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R28						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	1	100	18	18	-	-
10	1	150	42	18.3	-	-
17	2	310	187	19.1	-	-
5	3	340	226	19.2	-	-
3	3	390	302	19.5	-	-
28	3	400	318	19.5	-	-
28	-	500	510	20	2	-
28	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R29						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4	1	120	27	18.1	-	-
12	1	160	48	18.3	-	-
15	2	310	187	19.1	-	-
33	3	330	213	19.2	-	-
19	3	400	318	19.5	-	-
18	-	500	510	20	2	-
19	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R30						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
1	1	120	27	18.1	-	-
23	1	170	54	18.4	-	-
22	2	240	110	18.7	-	-
9	2	280	151	18.9	-	-
8	3	350	240	19.3	-	-
15	3	400	318	19.5	-	-
16	-	500	510	20	2	-
16	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R31						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	1	110	22	18.1	-	-
5	2	210	83	18.6	-	-
20	2	180	61	18.4	-	-
35	2	290	162	19	-	-
8	3	310	187	19.1	-	-
9	3	400	318	19.5	-	-
9	-	500	510	20	2	-
9	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R32						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4	1	120	27	18.1	-	-
11	2	190	68	18.5	-	-
15	2	390	302	19.5	-	-
21	3	340	226	19.2	-	-
6	3	360	255	19.3	-	-
12	3	400	318	19.5	-	-
13	-	500	510	20	2	-
13	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R33						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	1	170	54	18.4	-	-
7	2	210	83	18.6	-	-
10	1	150	42	18.3	-	-
38	2	300	174	19	-	-
10	3	330	213	19.2	-	-
15	3	400	318	19.5	-	-
15	-	500	510	20	2	-
15	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R34						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
11.5	1	140	36	18.2	-	-
7.5	2	260	130	18.8	-	-
18	2	200	75	18.5	-	-
7	2	260	130	18.8	-	-
7	3	350	240	19.3	-	-
13	3	400	318	19.5	-	-
13	-	500	510	20	2	-
13	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R35						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3	1	130	31	18.2	-	-
4	1	180	61	18.4	-	-
8	2	260	130	18.8	-	-
10	3	370	270	19.4	-	-
3	3	390	302	19.5	-	-
34	3	400	318	19.5	-	-
34	-	500	510	20	2	-
34	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R36						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3.5	1	130	31	18.2	-	-
5	2	250	119	18.8	-	-
13.5	1	190	68	18.5	-	-
9	2	250	119	18.8	-	-
14	3	320	199	19.1	-	-
17	3	400	318	19.5	-	-
16	-	500	510	20	2	-
17	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R37						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2	1	160	48	18.3	-	-
14	1	190	68	18.5	-	-
11	2	290	162	19	-	-
21	2	270	140	18.9	-	-
5	3	380	286	19.4	-	-
20	3	400	318	19.5	-	-
22	-	500	510	20	2	-
20	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R101						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
15	1	165	51	18.3	4.4	-
2	1	145	39	18.2	4.6	-
9	2	250	119	18.8	3.5	-
7	2	290	162	19	3.1	-
14	3	330	213	19.2	2.9	-
19	3	400	318	19.5	2.5	-
19	-	500	510	20	2	-
20	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R102						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
2	1	100	18	18	-	-
18	1	185	64	18.4	-	-
9	3	320	199	19.1	-	-
16	2	250	119	18.8	-	-
12	3	460	427	19.8	-	-
32	-	500	510	20	2	-
31	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R103						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3	1	340	226	19.2	-	-
3	2	130	31	18.2	-	-
19	3	220	92	18.6	-	-
10	3	195	72	18.5	-	-
25	3	410	335	19.6	-	-
27	-	500	510	20	2	-
28	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R104						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	1	140	36	18.2	-	-
5	2	285	157	18.9	-	-
16	1	170	54	18.4	-	-
3	2	320	199	19.1	-	-
14	3	325	206	19.1	-	-
19	3	400	318	19.5	-	-
19	-	500	510	20	2	-
19	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R105						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3.5	1	100	18	18	-	-
18.5	2	215	88	18.6	-	-
2	2	310	187	19.1	-	-
26	3	415	344	19.6	-	-
30	-	500	510	20	2	-
30	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R106						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
12	1	150	42	18.3	-	-
11	3	300	174	19	-	-
17	2	265	135	18.8	-	-
18	3	425	361	19.6	-	-
23	-	500	510	20	2	-
24	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R107						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
3.5	1	160	48	18.3	-	-
2	2	220	92	18.6	-	-
11.5	2	245	115	18.7	-	-
5	2	225	96	18.6	-	-
14.5	2	210	83	18.6	-	-
23.5	3	405	326	19.5	-	-
25	-	500	510	20	2	-
25	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R108						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
6	1	125	29	18.1	-	-
1.5	2	200	75	18.5	-	-
6.5	2	285	157	18.9	-	-
4	2	200	75	18.5	-	-
24	2	290	162	19.0	-	-
23	3	400	318	19.5	-	-
23	-	500	510	20.0	2.0	-
22	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R109						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	1	195	72	18.5	-	-
6.5	1	145	39	18.2	-	-
13	1	190	68	18.5	-	-
9.5	2	205	79	18.5	-	-
14	2	305	180	19	-	-
14	3	400	318	19.5	-	-
14	-	500	510	20	2	-
14	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R110						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4.5	1	125	29	18.1	-	-
7.5	2	200	75	18.5	-	-
16.5	3	355	248	19.3	-	-
9.5	2	240	110	18.7	-	-
24	3	415	344	19.6	-	-
29	-	500	510	20	2	-
29	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R111						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
11.5	1	180	61	18.4	-	-
13.5	2	285	157	18.9	-	-
2.5	2	205	79	18.5	-	-
4.5	1	175	57	18.4	-	-
2	3	395	310	19.5	-	-
22	3	400	318	19.5	-	-
22	-	500	510	20	2	-
22	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R112						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	2	220	92	18.6	-	-
1.5	1	80	12	17.9	-	-
14	2	310	187	19.1	-	-
15.5	2	230	101	18.7	-	-
31	3	400	318	19.5	-	-
32	-	500	510	20	2	-
31	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R113						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
5	1	120	27	18.1	-	-
6	1	170	54	18.4	-	-
10	2	270	140	18.9	-	-
15	2	260	130	18.8	-	-
14	3	340	226	19.2	-	-
23	3	400	318	19.5	-	-
24	-	500	510	20	2	-
23	-	600	771	21	1.5	-
	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

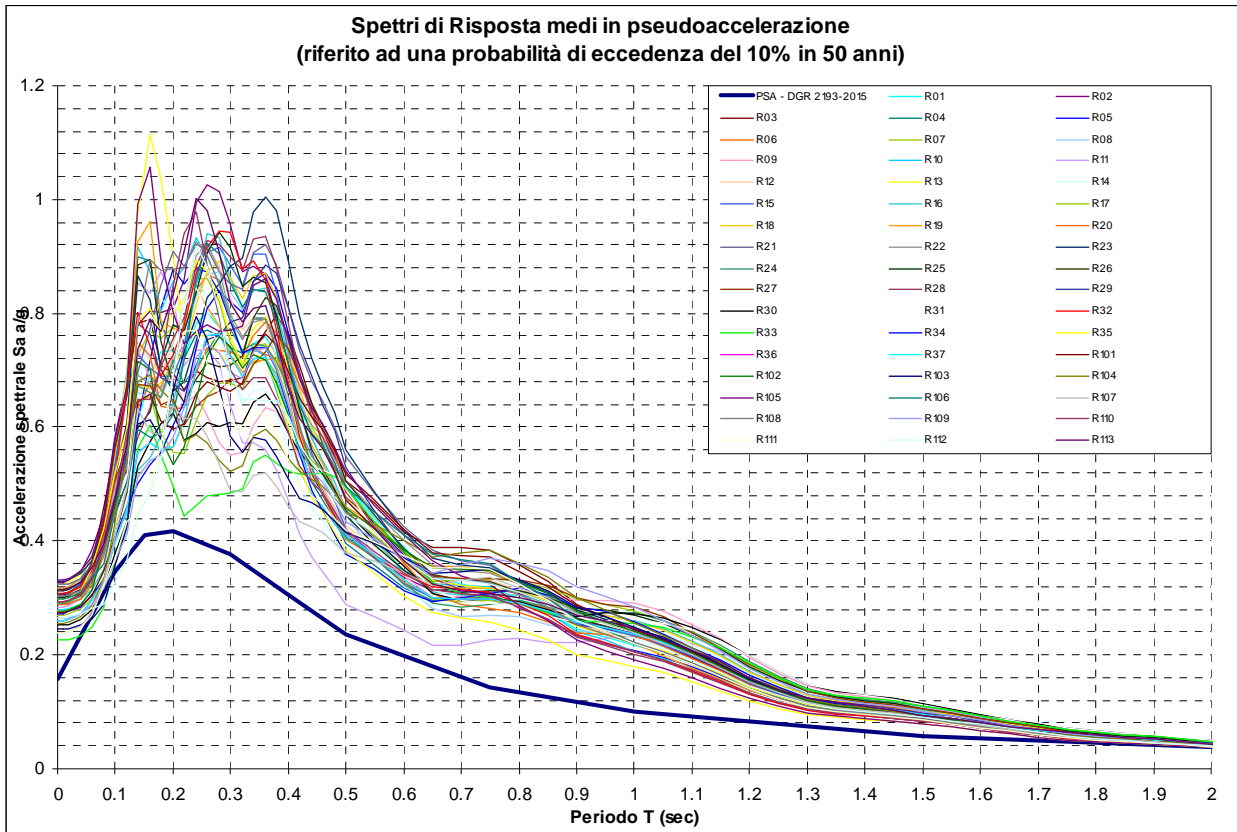
8.4 Calcolo degli effetti di sito

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

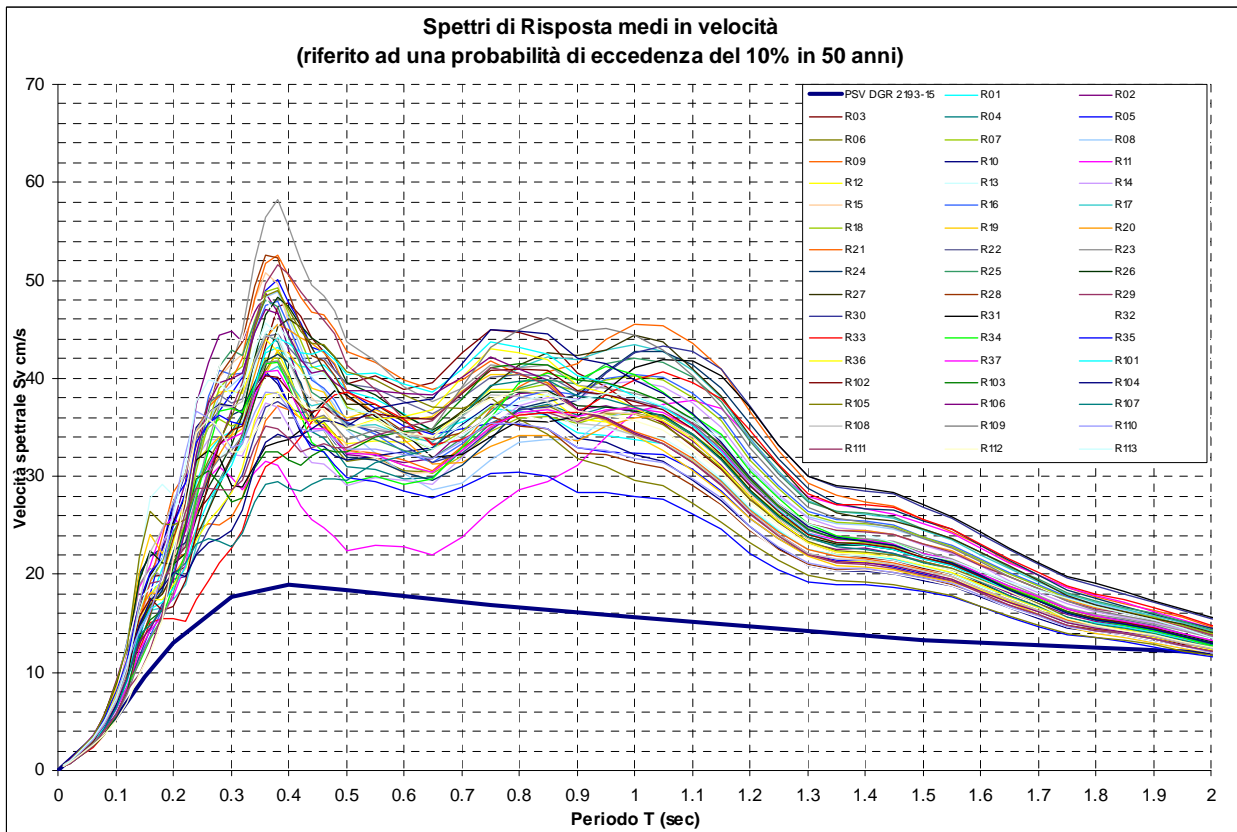
Il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni di scuotimento in superficie *Proshake* (*EduPro Civil System, Inc*) si basa quasi completamente sul modello di calcolo di *Shake 91* (*Idriss e Sun, 1992*)⁵, modificandone l'interfaccia di immissione dati per un più agevole utilizzo.

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

⁵ Idriss, M. and Sun, J.I. (1992). "SHAKE91: A computer program for conducting equivalent linear seismic response analyses of horizontally layered soil deposits", *User's Guide*, University of California, Davis, California, 13 pp.



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



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

8.5 Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica

La definizione dell'amplificazione del moto sismico tra bedrock sismico e superficie per ognuna delle zone identificate dai modelli in precedenza illustrati, è stata effettuata sia con la determinazione del rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) che mediante la determinazione dell'intensità di Housner⁶ (o intensità dello spettro di risposta) SI/SI_0 , definita come:

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

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

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

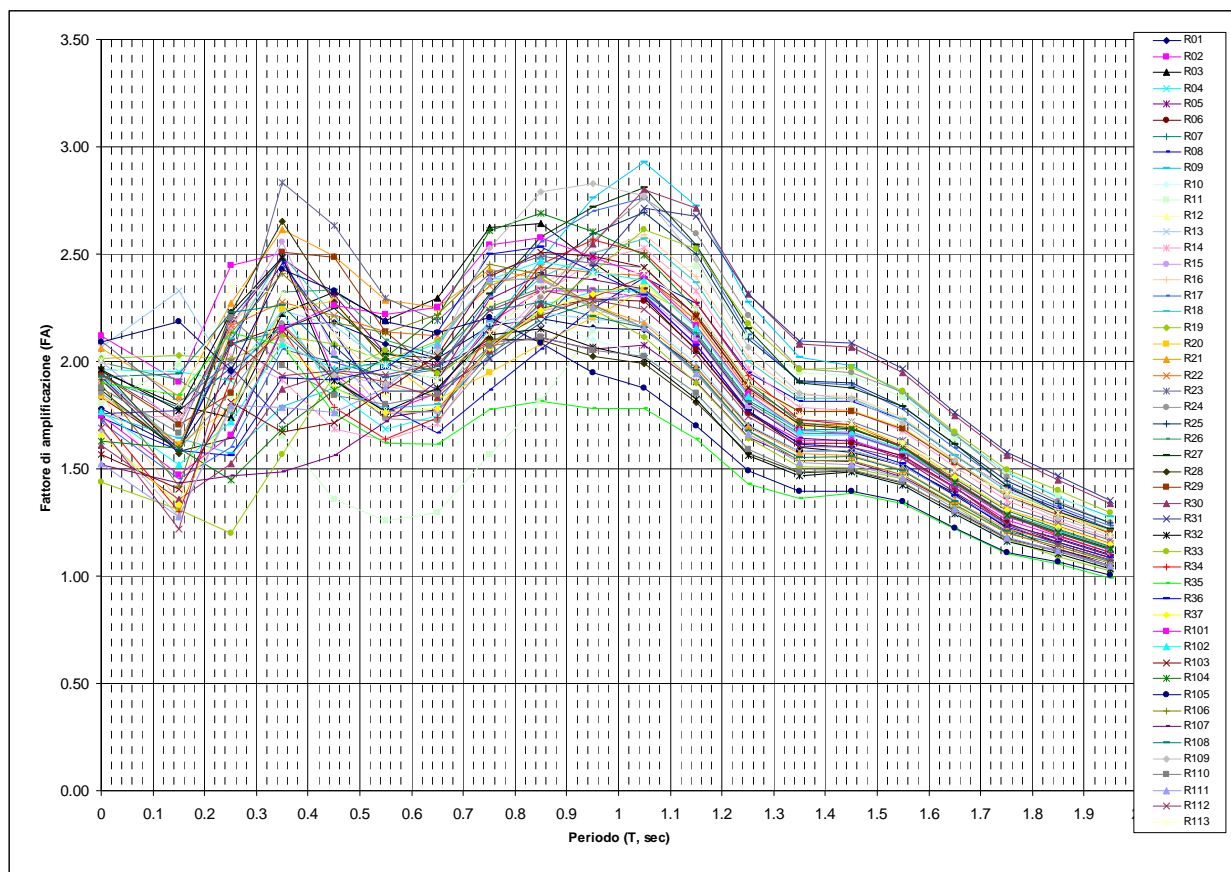
Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

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

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

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

⁶ Housner G.W., 1952; Intensity of ground motion during strong earthquakes, California Institute of Technology, August.



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

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

- I fattori di amplificazione presentano 2 massimi corrispondenti rispettivamente a $T = 0,3 \div 0,5$ sec. con FA oscillanti tra a $1,7 \div 2,6$ e per $T = 0,7 \div 1,2$ sec. con FA variabili tra $2,0 \div 2,7$.
- In tutte le simulazioni per periodi superiori a 1,2 sec. è presente un generale decremento dei fattori di amplificazione
- Per periodi compresi tra 0,1 ed 1,2 sec. le simulazioni presentano moderate diversità di comportamento.

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

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

Verticale N°	pga (g)	FA pga	FA IS per periodi di integrazione (sec)		
			0,1 – 0,5	0,5 – 1,0	0,5 – 1,5
R01	0.28	1.8	2.0	2.1	2.0
R02	0.33	2.1	2.2	2.1	2.0
R03	0.31	2.0	2.1	2.4	2.2
R04	0.31	2.0	2.0	2.0	2.0
R05	0.31	1.9	2.2	2.1	1.9
R06	0.29	1.8	2.0	2.0	2.0
R07	0.30	1.9	2.0	2.0	2.0
R08	0.30	1.9	2.1	1.9	2.0
R09	0.28	1.8	1.7	2.2	2.3
R10	0.32	2.0	2.0	2.0	1.9
R11	0.28	1.8	1.7	1.6	1.9
R12	0.30	1.9	2.1	2.1	2.0
R13	0.32	2.1	2.2	2.1	2.0
R14	0.27	1.8	1.9	2.0	2.1
R15	0.31	2.0	2.2	2.0	2.0
R16	0.29	1.9	2.1	2.1	2.1
R17	0.27	1.7	1.8	2.3	2.3
R18	0.30	1.9	2.2	2.2	2.2
R19	0.32	2.0	2.1	2.2	2.0
R20	0.29	1.9	2.1	2.0	2.0
R21	0.32	2.1	2.4	2.3	2.1
R22	0.30	1.9	2.1	2.3	2.2
R23	0.33	2.1	2.4	2.4	2.2
R24	0.29	1.9	1.9	2.1	2.2
R25	0.30	1.9	2.2	2.2	2.2
R26	0.31	2.0	2.1	2.2	2.1
R27	0.29	1.9	2.0	2.3	2.3
R28	0.31	2.0	2.3	2.0	1.9
R29	0.30	1.9	2.2	2.1	2.1
R30	0.25	1.6	1.7	2.1	2.3
R31	0.28	1.8	1.9	2.1	2.2
R32	0.31	2.0	2.1	2.0	1.9
R33	0.23	1.4	1.6	2.1	2.2
R34	0.27	1.7	1.9	2.1	2.1
R35	0.30	1.9	2.0	1.7	1.6
R36	0.27	1.7	1.8	2.3	2.1
R37	0.26	1.7	1.8	2.0	2.0
R101	0.27	1.8	2.0	2.4	2.2
R102	0.28	1.8	1.9	2.3	2.1
R103	0.25	1.6	1.7	2.3	2.1
R104	0.26	1.6	1.7	2.4	2.2
R105	0.33	2.1	2.2	2.1	1.9
R106	0.30	1.9	2.1	2.3	2.1
R107	0.24	1.5	1.5	2.1	2.0
R108	0.30	1.9	2.1	2.1	2.0
R109	0.26	1.7	1.9	2.4	2.3
R110	0.29	1.9	2.0	2.0	1.9
R111	0.24	1.5	1.7	2.2	2.0
R112	0.27	1.7	1.9	2.2	2.0
R113	0.32	2.0	2.2	2.1	2.1

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

8.6 Carta delle nuove indagini

Detto elaborato visualizza l'ubicazione delle nuove verticali di indagine geofisica: - MASW/Re.Mi. - HVSR, eseguite per la microzonazione delle aree urbanizzate, di previsto nuovo insediamento – completamento – cambiamento di destinazione d'uso, nelle cartografie dei fattori di amplificazione e V_{s30} sono inoltre identificate anche le analoghe prospezioni geofisiche effettuate in precedenza nel territorio comunale.

La simbologia e caratteristiche degli elementi riportati in carta (Tav. 2.1), relative ai punti di indagine, sono conformi allo standard di rappresentazione e archiviazione informatica previste nell'allegato della Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (Art. 5, comma 7 dell'OPCM 13/11/2010, n° 3907 – OCDPC 171/2014 – OCDPC 04/2014) Standard versione 4b del 10/2015.

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

8.7 Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)

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

Le elaborazioni delle acquisizioni hanno evidenziato che i valori massimi 240/260 m/sec caratterizzano prevalentemente la fascia centrale centro orientale del territorio comunale, mentre i minimi di $V_{s30} = 190/200$ m/sec interessano principalmente la zona settentrionale – settentrionale occidentale. I valori medi percentualmente più rappresentati corrispondono a: $V_{s30} = 210 \div 230$ m/sec.

I valori relativi maggiori si riscontrano nel settore centrale sede dell'area ad uso produttivo a nord est del capoluogo contraddistinta da $V_{s30} = 240/260$ m/sec e nel settore sud orientale di quest'ultimo circa tra via F. De Andrè e via N. Macchiavelli dove $V_{s30} = 240/250$ m/sec; analoghi massimi relativi caratterizzano la zona orientale centrale all'intorno di Il Castello tra via Franchini e Via Paltrinieri con $V_{s30} = 240/250$ m/sec, la zona nord est del territorio nell'area circostante S. Michele, con $V_{s30} = 240/260$ m/sec, il settore a sud ovest di Il Gorghetto tra Azienda Corni e Cavo Fiumicello dove $V_s = 240/250$ m/sec, l'area sud orientale circostante Casino Nacmani con $V_{s30} = 240/260$ m/sec.

I valori minimi relativi compresi tra $V_{s30} = 190 \div 200$ m/sec caratterizzano la fascia all'estremità settentrionale del territorio comunale circa tra via Staggia – Via S. Felice e confine nord e la zona ad ovest – nord ovest di Il Gorghetto tra detta frazione ed il confine occidentale; aree con equivalenti caratteristiche si rilevano nella parte centro orientale tra il F. Panaro e Cavo Fiumicello circa compresa tra C. Montanari – C. Bruni – C. Garuti nella quale si riscontrano i minimi valori del territorio corrispondenti a $V_{s30} = 180/190$ m/sec; equivalenti

valori sono presenti nella zona occidentale centrale tra gli Stabilimenti APCA – via Barbieri – F. Secchia con $V_s = 180/200$ m/sec; analoghi minimi relativi di $V_{s_{30}} = 180/200$ m/sec si evidenziano nel settore sud orientale tra il F. Panaro e la SP n°2 nell'area circostante Istituto Paride Golfi dove $V_{s_{30}} = 190/200$ m/sec. Le rimanenti zone del territorio sono contraddistinte da valori intermedi compresi tra $V_{s_{30}} = 210 \div 230$ m/sec, localmente 230/240 m/sec

La distribuzione areale dei valori di $V_{s_{30}}$ denota una tendenziale correlabilità dei minimi con la le zone prevalentemente argillose – argilloso limose della fascia settentrionale – settentrionale occidentale del territorio comunale, dei valori medio minimi con la fascia sud ovest nord est estesa sub parallelamente a strada per Solara corrispondente ad un tracciato di peleoalveo, indicanti per tali zone un grado di addensamento relativo inferiore dei terreni che formano i primi 15/20 m del sottosuolo rispetto alle aree centrale e meridionali.

8.8 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica

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

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

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

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

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

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

- Fabbricati appartenenti all'intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec: sono a questi attribuibili la maggior percentuale dei fabbricati ad uso civile in muratura sino a 4 – 5 piani di altezza e le costruzioni a telaio in C.A. sino a 3 – 4 piani di altezza.
- Fabbricati appartenenti all'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec: sono a questi correlabili la prevalenza delle costruzioni ad uso produttivo manifatturiero, commerciale, industriale

con altezze sotto trave inferiori a 8 m ed edifici ad uso civile a telaio in C.A. sino a 5 – 6 piani fuori terra.

- Fabbricati appartenenti all'intervallo $0.5 < T < 1$ sec e $T > 1$ sec: possono corrispondere a tale campo strutture a telaio in C.A. o metallo con elevazioni maggiori di 6 ÷ 7 piani, magazzini verticali, manufatti alti e stretti quali silos, torri in genere, ecc.

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

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA₀, elaborata per le aree urbanizzate, zone ad uso produttivo, fasce infrastrutturali, territorio extraurbano (Tav. 2.2.1), evidenzia i valori massimi, compresi tra 2 ÷ 2.1, nella parte settentrionale orientale del territorio comunale; equivalenti valori di massimo caratterizzano la zona centrale- estesa ovest a sud della SP.1 Ravarino – Carpi da sud di Sorbara a parte meridionale del capoluogo, la fascia sud occidentale al confine con Bastiglia dal Canale Naviglio all'allineamento Casino Nacmani – C. Rossa e la parte sud dell'area ad uso produttivo di Villavara.

I minimi relativi con FA. PGA = 1,5/1,7 si evidenziano nella zona settentrionale orientale del capoluogo, quella settentrionale occidentale di Sorbara e la parte centro orientale – orientale di Solara che si estende sino al F. Panaro.

La rimanente parte del territorio è contraddistinta da PGA/PGA₀ = 1,8/1,9.

La distribuzione territoriale dei valori di FA. PGA indica una tendenziale correlabilità dei valori mediamente maggiori con quelli medi – medio minimi di Vs₃₀ corrispondenti a 200/230 m/sec e con lo spessore dei depositi continentali e con l'assetto del substrato prepliocenoico; per quest'ultimo si evidenzia infatti che i valori minimi di FA.PGA = 2,0 ÷ 2,1 caratterizzano il settore centrale del territorio, nel quale il substrato assume le profondità maggiori in corrispondenza della fascia di asse della sinclinale Soliera – Bastiglia – Sabbiuino nella quale il sopraccitato substrato si attesta a -8,0/-8,5 km dal piano campagna e gli spessori dei depositi continentali giungono a 500 m. Indizi di correlabilità tra i massimi relativi con l'assetto del substrato sono osservabili all'estremità nord orientale dove il tetto prepliocenoico si innalza ed in territorio di Camposanto è interessato da una linea principale di sovrascorrimento.

8.10 Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner

In conformità a quanto previsto nella DGR 1227/2015 e degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS2008) sono state elaborate le carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli FA.IS. $0.1 < T < 0.5$ sec, FA.IS. $0.5 < T < 1$ sec. e FA.IS. $0.5 < T < 1.5$ sec.

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

La distribuzione generale dei valori nell'intervallo FA.IS $0.1 < T < 0.5$ sec. (Tav. 2.2.2) evidenzia i fattori relativi minori FA.IS = $1,7 \div 1,9$ nella fascia estesa sud nord adiacente al confine comunale orientale dalla parte settentrionale del capoluogo a Solara; analoghi minimi caratterizzano la zona al bordo occidentale centrale alla quale appartiene Sorbara, la parte meridionale del territorio dalla porzione settentrionale dell'area produttiva Villavara all'allineamento Scuole di Villavara – C. Montanari.

Detti valori aumentano in direzione ovest e nord, raggiungendo i massimi di FA.IS = $2,3 \div 2,4$ nella parte settentrionale orientale del territorio tra i confini est e nord – Scolo Carrata Bassa – Via San Felice; simili massimi relativi con FA.IS = $2,1 \div 2,2$ contraddistinguono la fascia al bordo occidentale circa da via Franchini a C. Burgassi – C. Favini, la parte centro occidentale a sud di Sorbara nella zona circostante il Torrazzo, la zona a sud del capoluogo, la porzione centro meridionale del territorio all'intorno dell'incrocio Strada per Bastiglia/Strada di Villavara: sP2.

La rimanente parte del territorio è generalmente caratterizzata da FA.Is = $1,9 \div 2,0$ e tali valori individuano zone che tendono a svilupparsi in senso ovest est quali la fascia circa compresa tra la SP1 – Ravarino Carpi e via Cristo / via C. Testa e quella circa estesa sub parallelamente a via Carrate.

L'analisi di insieme dei valori di FA.IS nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec, evidenzia un graduale incremento dei fattori di amplificazione dai settori orientali a quelli occidentali ed un aumento più pronunciato in direzione nord orientale: zona nord est, descrivendo areali con valori più elevati nell'area a settentrione di Solara.

Detta distribuzione territoriale concorda con l'approfondimento del substrato prepliocenico / aumento in spessore dei depositi continentali nelle zone centrali e con la presenza delle fasce sovrascorrimento rinvenibili nel sottosuolo delle aree a nord – nord est di Solara – Camposanto; le aree contraddistinte dai valori maggiori di FA.IS nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec evidenziano corrispondenza con le zone caratterizzate dai valori di FA. PGA maggiori.

8.12 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $0.5 < T < 1$ sec.

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 2.2.3), evidenzia i valori relativi maggiori FA.IS = $2,3 \div 2,4$ nella fascia settentrionale estesa ovest-est; analoghi massimi relativi con FA.IS = $2,3$ caratterizzano la zona di Solara, l'areale che circonda il Gorghetto, la fascia in sponda occidentale del F. Panaro tra il Collegio e Fondo Torre Bianchi, l'area a sud di Sorbara a sud di C. Bisognosa ed altri areali di modesta estensione all'intorno di Sorbara, la zona meridionale circostante l'incrocio SP2/via Caduti di Navicello a settentrione della zona ad uso produttivo di Villavara.

La fascia centrale del territorio estesa nord ovest sud est circa da il Castello a zona industriale a nord ovest del capoluogo a confluenza Cavo Minutaurà/Canale Naviglio è

contraddistinta da valori medio minimi corrispondenti ad FA.IS = $1,8 \div 2,0$; analoghi medi minimi sono presenti a nord est della zona ad uso produttivo di Villavara nella zona circostante Fondo Guardia – Fondo Bosco.

La distribuzione dei valori di FA.IS. nell'intervallo $0,5 < T < 1$ sec. evidenzia una tendenziale correlabilità con la maggiore profondità del bedrock sismico nella fascia centrale estesa ovest – est, al da sud di Sorbara a sud del capoluogo e con la presenza della linea di sovrascorrimento presente nel sottosuolo del territorio a nord di Solara – Camposanto.

In tale zona si evidenzia inoltre correlabilità tra i valori relativi di FA.IS $0,5/1,0$ e di valori maggiori di FA. PGA ed i valori minori di $V_{S_{30}}$ (190/200 m/sec).

8.13 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $0,5 < T < 1,5$ sec.

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 2.2.3), denota caratteristiche simili a quelle della PGA, FA.IS $0,5 < T < 1,0$ sec, evidenziando i valori relativi maggiori nella fascia settentrionale occidentale nella quale FA.IS = $2,3$ e con i valori tendenzialmente minori corrispondenti ad FA.IS = $1,7 \div 1,9$ della fascia centrale estesa ovest est circa tra la SP 1 Carpi – Ravarino e via C. Testa; tale zona si estende sia in direzione ovest che est assumendo FA.IS = $2,0$. Similmente agli elaborati precedentemente descritti per quanto riguarda i fattori di amplificazione si evidenziano valori tendenzialmente maggiori nella fascia estesa ovest est da sud di Sorbara a sud del Capoluogo – confluenza canale Naviglio/ Cavo Minutara; un'analoga zona con fattori di amplificazione relativi maggiori corrispondenti ad FA.IS = $2,2 \div 2,3$ si riscontra nel settore meridionale orientale del territorio tra la SP 2 ed il F. Panaro ad est della zona ad uso produttivo di Villavara. Simili valori maggiori con FA.IS = $2,2$ caratterizzano la fascia nord occidentale del territorio comunale tra il Cavo Fiumicello – confine comunale ovest - via Padella e quella al bordo orientale adiacente a F. Panaro da C. Montanari a Solara est – Fondo Beneficio – Case Vecchie.

La rimanente parte del territorio corrispondente a circa il 50% della superficie comunale è contraddistinta da FA.IS = $2,0 \div 2,1$.

La distribuzione areale dei valori di FA.IS in analogia con le carte di FA. PGA ed FA.IS $0,5 < T < 1,0$ sec indica una tendenziale correlabilità dei fattori di amplificazione più elevati della fascia settentrionale con la presenza della linea di sovrascorrimento presente nel sottosuolo del territorio a nord – nord est di Solara – Camposanto e con i valori relativi minori di $V_{S_{30}}$ in detta zona; un'analoga tendenziale corrispondenza tra i valori relativi più elevati ed il maggior approfondimento del substrato e incremento in spessore dei depositi continentali nella fascia di asse della sinclinale Soliera – Sabbiuino, si evidenzia nel settore di territorio esteso ovest est a meridione di Sorbara sud – Capoluogo sud, in analogia con i valori relativi maggiori di FA.PGA ed FA.IS $0,5 < T < 1,0$ sec.

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

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. $0,1 < T < 0,3$ sec (Tav. 2.2.5), evidenzia valori tendenzialmente inferiori FA.IS = $1,6 \div 1,8$ nei settori centrale e settentrionale al quale appartengono il capoluogo – Sorbara (ad eccezione della zona industriale nord ovest del capoluogo), Solara zona al bordo nord ovest del territorio comunale, settore sud orientale tra la SP2, ed il F. Panaro e C. Montanari – parte orientale della zona ad uso produttivo di Villavara, che nell'insieme costituiscono circa il 40% del territorio comunale. I valori di FA.IS in tale intervallo aumentano in direzione ovest nella fascia di territorio estesa sud nord al bordo occidentale meridionale tra la SP 2 ed il confine comunale con Bastiglia e nella fascia estesa ovest est da il Torrazzo a sud capoluogo nella quale FA.IS = $2,1 \div 2,2$.

Nella rimanente parte del territorio i fattori di amplificazione sono generalmente compresi tra FA.IS = $1,9 \div 2$ con locali incrementi ad FA.IS = $2,0 \div 2,1$ a nord di il Cristo e nel settore orientale di S. Michele.

La distribuzione dei valori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec. indica una tendenziale corrispondenza dei valori più elevati della fascia centrale estesa ovest est con l'approfondimento del substrato prepliocenico e gli spessori maggiori dei depositi continentali nel sottosuolo di tale area dove transita l'asse della sinclinale Solara – Sabbiuono.

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

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. $0,3 < T < 0,5$ sec (Tav. 2.2.6), evidenzia valori di massimo relativo nella zona settentrionale orientale nella quale FA.IS = $2,4 \div 2,7$ e nella fascia estesa sud nord al bordo occidentale del territorio comunale tra il confine ovest e la Strada per Solara delimitata a nord da via Carrate ed a sud dal Fosso Beltrama – via Franchini, contraddistinta da FA.IS = $2,3 \div 2,4$; analoghi valori di massimo relativo caratterizzano l'areale a sud di Sorbara tra il F. Secchia ed il Torrazzo e quello a sud est del capoluogo tra il F. Panaro ed il Canale Naviglio; simili relativi maggiori caratterizzano la zona più meridionale del territorio sede della parte sud dell'area ad uso produttivo di Villavara e l'area a sud est dell'incrocio via per Bastiglia, SP2, nelle quali FA.IS = $2,0 \div 2,3$.

I valori minori FA.IS = $1,6 \div 1,8$ si riscontrano nella zona occidentale centrale tra Sorbara ed il Cristo, nell'area a nord del capoluogo tra via C. Testa e Strada dei Ladri, nel settore orientale di Solara tra V.le L. Da Vinci – via della Repubblica ed il F. Panaro, nella parte meridionale del territorio comunale tra via Marzabotto – via Caduti di Navicello e l'allineamento Scuole di Villavara – C. Montarini.

La rimanente parte del territorio è prevalentemente caratterizzata da FA.IS = $1,9 \div 2,0$.

La distribuzione dei valori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec, evidenzia una tendenziale correlabilità tra i valori maggiori della zona settentrionale – settentrionale orientale con i valori di VS_{30} minori e con la presenza nel sottosuolo del territorio a settentrione di Solara – Camposanto di una linea di

sovrascorrimento; analoga correlabilità si osserva tra i valori tendenzialmente maggiori e l'approfondimento del substrato prepliocenico ed aumento in spessore dei depositi continentali nella fascia centrale del territorio estesa ovest est da sud di Sorbara a sud del capoluogo.

9 CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI

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

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

L'individuazione dei fabbricati che hanno subito i danni maggiori è stata effettuata dall'Area Tecnica del *Comune di Bomporto*, Responsabile *Geom. Roberto Cremonini*; la restituzione su base cartografica degli edifici danneggiati è stata eseguita nell'ambito delle analisi del Piano della Ricostruzione 1° stralcio 16/12/2013 redatto da *Arch. Carla Ferrari*.

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

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Bomporto ha risentito dei massimi effetti durante le scosse del 20/05 e 29/05 con danni che hanno reso inagibili 102 edifici prevalentemente ubicati nella parte centrale e settentrionale del territorio comunale. Gli edifici parzialmente inagibili, in totale e quelli temporaneamente inagibili n° 25, nel settore centrale del territorio al quale appartengono il capoluogo e Sorbara e nella zona nord orientale sede di il Gorghetto – San Michele – Solara.

I fabbricati che hanno subito i danni maggiori appartengono prevalentemente a zone suscettibili di instabilità correlate a potenziale liquefazione potenziali cedimenti (MOPS) ed assecondano l'andamento della fascia di paleoalveo estesa sud ovest – nord est che si estende concordemente all'andamento della Strada per Solara, le fasce ai bordi occidentale adiacente al F. Secchia ed orientale adiacente al F. Panaro; tali zone sono inoltre generalmente contraddistinte da valori relativi di velocità equivalenti delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m del sottosuolo inferiori <210 m/sec.

Per quanto riguarda gli effetti dello scuotimento sismico si osserva una corrispondenza tra la presenza di un elevato numero di edifici inagibili e maggiori fattori di amplificazione nella zona settentrionale del territorio comunale nella quale le analisi sviluppate hanno evidenziato i valori relativi maggiori dei fattori di amplificazione della PGA e negli intervalli di intensità di Housner $IS = 0,3 < T < 0,5$ sec. ed $IS = 0,5 < T < 1,0$ sec.

Un'analoga correlazione tra diffusa presenza di fabbricati inagibili e valori maggiori di FA.IS si rileva per il campo $0,3 < T < 0,5$ sec. nella fascia al bordo occidentale centro settentrionale tra il confine comunale ovest e Strada per Solara delimitata a sud da via Franchini ed a nord da via Padella; una simile corrispondenza ma meno evidente del campo sopra descritto è osservabile anche per il campo FA.IS = $0,1 < T < 0,5$ sec.

Le aree nelle quali la densità relativa dei fabbricati che hanno subito danni corrispondono alle zone con i valori dei fattori di amplificazione relativi inferiori di FA.IS =

nell'intervallo $0,3 < T < 0,5$ sec ($IS = 1,8 \div 1,9$) si osservano nella parte settentrionale del capoluogo, quella occidentale di Sorbara, quella meridionale del territorio comunale a nord dell'area produttiva di Villavara; fa eccezione a quanto esposto l'area di Solara nella quale l'elevata densità di edifici inagibili trova corrispondenza con i valori maggiori di amplificazione nell'intervallo $FA.IS = 0,5 < T < 1,0$ sec.

Nell'area al quale appartiene il territorio di Bomporto gli eventi sismici che hanno determinato i risentimenti più rilevanti, storicamente documentati, sono rappresentati dai terremoti del maggio 2012 ed in secondo ordine del 1671 al quale è attribuita nell'adiacente comune di Nonantola $Io = 6$.

I terremoti del 2012 con epicentri in prossimità di Medolla e Sant'Antonio in Mercadello e Ponte Pietra, hanno indotto equivalenti risentimenti con $Io = 5$. Analoghi effetti hanno indotto nel territorio di Bomporto gli eventi sismici del 1996, 1971, 1832.



STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO

Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI

10 BIBLIOGRAFIA

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2014) alla scala 1:5000, 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 1:5000, 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 1:5000, 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 1:5000, 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 1:5000, foglio 199 PARMA SUD. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G DI DIO, S. LASAGNI, A. MARTINI, G.ZANZUCCHI.
- DGR n°2193/2015 Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n.112.
- DGR 1227/2015 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'ordinanza del capo dipartimento della protezione civile n. 171/2010 a favore degli enti locali".
<http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/>
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2016; Microzonazione Sismica di III° livello del territorio Comunale di San Martino in Rio, dati non pubblicati.
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2016; Microzonazione sismica di III° livello del territorio Comunale di Correggio, dati non pubblicati
- G.P.MAZZETTI; 2015; Microzonazione sismica di III° livello del territorio Comunale di Rio Saliceto, dati non pubblicati.
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2015; Microzonazione sismica di III° livello del territorio Comunale di Nonantola, sito del Comune di Nonantola.
- 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.
- C. FERRARI (2013) – Piano della Ricostruzione 1° stralcio, Quadro Conoscitivo, mappe dei danni, sito comune di Bomporto.
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di) (2011). BDMI11, *la versione 2011 del Database Microsismico Italiano*. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.inq.v.it/DBMI11>
- CENTROGEO (2012) Microzonazione Sismica di II livello del Comune di Bastiglia – sito del comune.
- V. FRANCHI (2011) – PSC, Valutazione della pericolosità sismica locale, sito Comune di Bomporto.
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008). "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833
- MELETTI C. e VALENSISE G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004). *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003*". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- BOCCALETTI M. – MARTELLI L. – AA.VV. (2004) – Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze
- OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". G.U. n. 155, 08/05/2003, suppl. ord. N. 72.
- L.MARTELLI, A.MANICARDI, G.P. MAZZETTI, C. UGOLETTI. (2009). PTCP MODENA carte della sicurezza del territorio, riduzione del rischio sismico, carte delle aree suscettibili di effetti locali.
- A. CAMPISI, M. GUERRA, F. MANENTI, L. MARTELLI, G. P. MAZZETTI (2007) PTCP DI REGGIO EMILIA: rappresentazione della pericolosità sismica locale provinciale e indirizzi per la pianificazione comunale, 26° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Novembre.
- MOLINARI F.C. – BOLDRINI G. et ALII (2007) – Risorse Idriche Sotterranee della provincia di Ferrara; DB MAP, Firenze.
- G.P. MAZZETTI (2006), Evoluzione geologica del territorio reggiano. pp. 8-20 in "Una Provincia allo Specchio: Reggio Emilia"; Telesio Editrice, Carnate, Milano.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di Castelnovo né Monti, Convegno Nazionale, Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida, C.N.R., Roma.
- SERVIZIO TECNICO DEI BACINI ENZA E SECCHIA (2005) – Stratigrafie catasto pozzi, dati non pubblicati.
- G.P. MAZZETTI– NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospection, Atti 4th European Congress in Regional Geoscientific Cartography; R.E.R. Ind. Graf. Labanti e Nanni – BO.
- DI DIO G. et ALII (1998) - Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna S.E.L.C.A. Firenze
- SCANDONE P. et ALII (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.
- MAZZETTI G.P. – POZZI P. (1993) – Studio di compatibilità ambientale fisica per la localizzazione di un impianto di scarico controllato in zone pianiziali – Discarica Intercomunale di Novellara (RE) – Atti 8° convegno Nazionale C.N.G.
- BOSELLINI A- MUTTI E - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET
- MAZZETTI G.P. (1983) – studio geologico ambientale del comprensorio di media pianura Carpi – Correggio - Regione Emilia Romagna.
- AGIP (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain. Italy - C.N.R.
- BOSELLINI A. (1981) - The emile fault. A jurassic fracture zone that evolved into a Cretaceous Paleogene sinistral wrench fault. Boll. Soc. Geol. It.

- FERRARI G - POSTPISCHL D. (1981) - Le scale macrosismiche C.N.R. P.F. Geodinamica. Pubbl. N° 387. Ist. Topografia, geodesia e geofisica Mineraria, Univ. BO
- C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - Pubblic. N° 361 ESA Editrice - Roma.
- C.N.R. (1979) - Carte preliminari di scuotibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma
- IST. GEOL. UNIV. MO (1978) - Metodologie e primi risultati di neotettonica nel modenese e territori limitrofi. Mem. Soc. Geol. It.
- CASTANY G. (1976) – *Traité pratique des eaux souterraines*. Dunod, Paris.
- VANDENBERG J. & WONDERS A.A.H. (1976) - Paleomagnetic evidence of large fault displacement around the Po-Basin. *Tectonophysics*.
- VIGGIANI A. (1974) – Le variazioni idrografiche del basso corso del fiume Po negli ultimi 3000 anni. *Padusa Riv. C. Palesano St. Stor. Arch. E Etr. Rovigo*.
- ENI (1972) - *Acque dolci sotterranee* - ENI
- ENI (1965) – *Enciclopedia del petrolio e del gaso naturale*, volume VI, Carlo Colombo Editore.
- AGIP (1969) - *Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padana Veneta* -Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI
- LOSACCO U. (1949) - La glaciazione quaternaria dell'Appennino Settentrionale. *Riv geografica It*, 56 (2)