



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



**CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME**

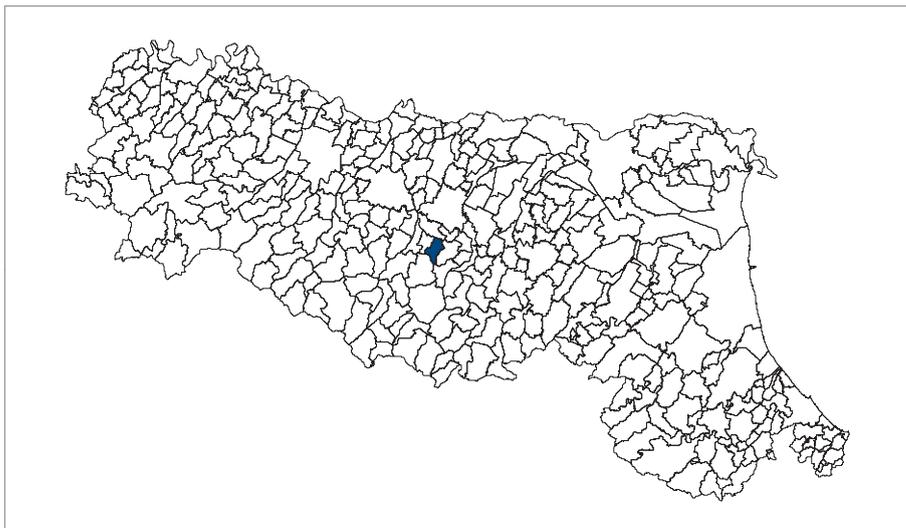
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Modellazione e caratterizzazione geologico sismica e geotecnica

Relazione Tecnica Illustrativa

Regione Emilia-Romagna
Comune di Maranello



<p>Regione Emilia Romagna</p> <p><i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 52/2013.</i></p> <p><i>Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico</i> Luca Martelli</p>	<p>Soggetto realizzatore Studio Geologico CENTROGEO</p> <p><i>Progetto:</i> Gian Pietro Mazzetti</p> <p><i>Collaboratori:</i> Stefano Gilli, Andrea Arbizzi, Mauro Mazzetti</p> <p><i>ELaborazioni GIS:</i> Studio Benaglia Professionisti Associati Corrado Ugoletti</p>	<p>Comune di Maranello</p> <p><i>Sindaco:</i> Massimiliano Morini</p> <p><i>Area Tecnica:</i> Elisa Tommasini, Marialuisa Campani</p>	
		<p>Data Agosto 2016</p>	

Provincia di Modena
Comune di Maranello

**MICROZONAZIONE SISMICA MODELLAZIONE E
CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO TECNICA E SISMICA**

RELAZIONE TECNICA

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	1
2	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	2
3	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	3
3.2	Pericolosità sismica - Definizione del moto di riferimento.....	14
4	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	16
5	MODELLAZIONE SISMICA.....	26
5.1	CARATTERISTICHE STRUTTURALI E SISMOTETTONICHE.....	26
5.2	INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO.....	26
5.3	Attività tettonica.....	28
6	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	30
7	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	33
7.1	Modello idrogeologico locale.....	33
7.1.1	Serie Idrogeologica Locale.....	33
7.2	Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale.....	36
7.2.1	Assetto piezometrico.....	36
7.2.2	Soggiacenza.....	37
7.2.3	Conducibilità idraulica acquiferi.....	37
7.2.4	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	38
8	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	39
8.1.1	Caratteristiche litotecniche zona di alta pianura.....	39
8.1.2	Caratteristiche litotecniche zone collinari.....	39
8.1.3	Suscettività alla liquefazione.....	40
9	INTERPRETAZIONE ED INCERTEZZE/METODOLOGIA DI ELABORAZIONE DEI RISULTATI.....	41
9.1	Microtremori con la tecnica HVSR.....	41
9.2	Prospezione sismica a rifrazione attiva/passiva Re.Mi. e MASW/Re.Mi.....	42
10	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	44
10.1	Carta delle indagini.....	44
10.2	CARTA GEOLOGICO TECNICA.....	45
10.3	CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEL TERRENO.....	46
10.4	MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA O DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI.....	48
11	SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	76
11.1	Definizione degli input sismici.....	76
11.2	Comportamento non lineare dei terreni.....	77
11.3	Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche.....	79
11.4	Calcolo degli effetti di sito.....	90
11.5	Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	92
11.6	Carta delle nuove indagini.....	95
11.7	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	95
12	CARTA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE - MICROZONAZIONE SISMICA.....	98
12.1	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale FAPGA.....	98
12.2	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.5 sec.....	99
12.3	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.5<T<1.0 sec.....	100
13	RISENTIMENTO SISMICO - PERIODO FONDAMENTALE DI VIBRAZIONE PER MACRO-TIPOLOGIE DI FABBRICATI.....	101
14	CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	102
15	BIBLIOGRAFIA.....	103

ELABORATI

Tav. 1.0	Carta delle indagini pregresse e nuove	1:10.000
Tav. 1.1	Carta geologica	1:10.000
Tav. 1.2	Carta geologico - tecnica	1:10.000
Tav. 1.2.1	Sezioni geologiche	1:10.000/1:1.000
Tav. 1.3	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 1.4	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 2.1	Carta delle indagini nuove	1:10.000
Tav. 2.2	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 3.0	Carta ubicazione punti di verifica RSL con codice di calcolo	1:10.000
Tav. 3.1	Carta di microzonazione sismica - FA PGA	1:10.000
Tav. 3.2	Carta di microzonazione sismica - FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 3.3	Carta di microzonazione sismica - FA IS 0,5 – 1 sec	1:10.000
Tav. 4.1	Carta sovrapposizione CLE - FA PGA	1:10.000
Tav. 4.2	Carta sovrapposizione CLE - FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 4.3	Carta sovrapposizione CLE - FA IS 0,5 – 1 sec	1:10.000

ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche di nuova esecuzione

Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

1 INTRODUZIONE

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

Le analisi sono state eseguite in ottemperanza ai dettati delle leggi nazionali, in riferimento al D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88; L.R. RER N° 20 del 24/03/2000, N.A Piano stralcio Assetto Idrogeologico, Disposizioni R.E.R. concernenti l'attuazione del P.A.I. del 06/02, NA PTCP Modena 2009, D.M. 14 - 01 - 2008, Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n° 1919/2013, "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'ordinanza del Capo della Protezione Civile n° 52/2013 a favore degli enti locali", DGR. ER n°2193/2015.

La microzonazione sismica, realizzata con il contributo di cui all'OPCM 52/2013, è stata sviluppata in coordinamento con il *Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, Dr. Luca Martelli*, della **Regione Emilia Romagna**, l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza è stata elaborata in coordinamento con *Ing. Maria Romani* della **Regione Emilia Romagna**.

Le valutazioni di fattibilità per la riduzione del rischio sismico e delle scelte d'uso urbanistiche, sono state svolte in riferimento alle condizioni geologico strutturali e di risentimento sismico, delle tipologie dei processi morfogenetici, dell'estensione degli ambiti territoriali urbanizzati e delle zone di possibile sviluppo.

La determinazione della pericolosità sismica dell'area del Comune di Maranello è stata sviluppata mediante la realizzazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l'individuazione degli ambiti suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di secondo livello, per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, in riferimento alle indicazioni contenute nelle sopraccitate DGR 1919/2013, "I.C.M.S." indirizzi del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Detti elaborati rappresentano uno strumento base di indirizzo per le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità sismica e valutazioni delle eventuali priorità di intervento per l'adeguamento/messa in sicurezza sismica del patrimonio edilizio esistente.

Le elaborazioni cartografiche eseguite sono pertanto relative, agli ambiti di interesse per la pianificazione a scala comunale ed ai manufatti in essere.

Tali analisi sono state sviluppate mediante rilevamenti ed indagini direttamente effettuati che hanno integrato ed approfondito quelle precedentemente eseguite nel contesto delle analisi del P.T.C.P. di Modena visualizzati negli elaborati cartografici di Riduzione del Rischio Sismico: Carta delle Aree Suscettibili di Effetti Locali (Tav.2.2°4 -2.2b.19 - 2.2b.20) e

Carta del Dissesto (Tav. 2.1.3 – 2.1.4); sono inoltre state utilizzate le analisi e tavole del Quadro Conoscitivo del PSC di Maranello 06/2006, *Arkigeo, Dr. G. Gasparini*.

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Maranello, MO**, Determina Dirigenziale del n° 399 del 25/07/2014 del Servizio Pianificazione e Gestione del Territorio, *Arch. Roberto Bolondi*.

La microzonazione sismica del territorio di Maranello, realizzata con il contributo di cui all'OPCM 52/2013, è stata sviluppata in coordinamento con il Servizio Geologico, Sismico e dei suoli, *Dr. Luca Martelli, della Regione Emilia Romagna* e con il Servizio Pianificazione Territoriale e Cartografica della Provincia di Modena, Servizio Pianificazione e Gestione del Territorio –Area Tecnica Comune di Maranello.

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

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

2 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il territorio comunale di Maranello si estende su una superficie di 32,8 kmq ed è delimitato nella fascia orientale dal Torrente Fossa nel tratto dal ponte di Via Nirano a Torre delle Oche; da qui prosegue in direttrice est sino a V.lla Senni poi in direzione nord seguendo prima Via Fogliano e quindi il Rio di Spezzano sino alla Via Pedemontana; da quest'ultima, seguendo il Fosso del Fontanile, raggiunge Via Viazza di Sopra. Da quest'ultima prosegue in direttrice est sino al Torrente Taglio e quindi sino ad intercettare Via Vandelli; seguendo l'andamento della sopracitata Via in direttrice sud per un breve tratto si dirige nuovamente ad est sino al Torrente Tiepido; successivamente assecondando l'andamento di quest'ultimo sino all'altezza di Pozza prosegue in verso sud ovest lungo Via Croce sino al Fosso Freddo e poi verso sud ovest seguendo il medesimo Fosso sino a Cà Bisetti/Cà di Sante. Da detti toponimi assume in direzione sud ovest sino a Caprile Nuovo e quindi al Rio Bagolo, assecondandolo in direzione sud sino alla sP 41 e di seguito ad ovest di Madonna di Puianello. Da tale località, segue il Fosso del Traino sino alla confluenza con l'omonimo Torrente, raggiungendo il punto più meridionale del territorio comunale a sud di Poggio Fontana. Da quest'ultimo prosegue in direttrice nord orientale intersecando il Torrente Tiepido e raggiungendo Il Poggio/Cà del Sarto; successivamente prosegue in direttrice occidentale sino a C. Tripoli e poi in direzione nord sino al ponte di Via Nirano.

Il Comune di Maranello (MO) ricade per la parte settentrionale nella tavoletta FORMIGINE I SE e per quella meridionale nella tavoletta LEVIZZANO II NE, appartenenti al F° MODENA N° 86 I.G.M..

La zona in analisi ricade nelle sezioni della Carta Tecnica Regione Emilia Romagna:
SASSUOLO N° 219060; MARANELLO N° 219070; MONTEBARANZONE N° 219100; LEVIZZANO N° 219110,

Il territorio comunale ha geometria subtrapezoidale allungata in direttrice SN con lato maggiore al confine settentrionale, ed è delimitato dai meridiani 167500 ad ovest, 175.500 ad est e dai paralleli 4931000 a sud e 4941000 a nord (coordinate cartografiche riferite all'ellissoide WGS84 fuso 33).

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi tra 100 ÷ 105 m slm nella zona di pianura a nord est e 450 m slm del crinale in corrispondenza di Possessione al settore di confine sud orientale dell'area comunale.

Tali quote collocano la porzione centrale e meridionale del territorio comunale nella fascia collinare, con altitudini tra 200 ÷ 450 m slm e la zona settentrionale con quote comprese tra 100 e 150 m slm in zona di alta pianura.

Analizzando l'andamento delle curve di livello si osserva che mediamente i terreni della fascia collinare presentano morfologie sostanzialmente dolci ad eccezione di localizzati settori nella zona meridionale con geometrie più accentuate correlate alle caratteristiche litologiche e strutturali del substrato in funzione delle quali i processi erosivi hanno determinato forme di incisione marcate.

Detti aspetti conseguono anche dalle condizioni climatiche che hanno caratterizzato il territorio in passato, durante il periodo wurmiano.

Nell'insieme si osserva che le morfologie meno accentuate contraddistinguono litozone appartenenti alle unità del Quaternario Marino, che contraddistinguono la maggior parte del territorio collinare, ed alle formazioni della Successione Epiligure e delle Unità del Dominio Ligure formazione Pre-Flysch, presenti nella fascia meridionale del comune.

Altre zone contraddistinte da morfologie a bassa acclività sono correlate alla presenza di depositi eluvio – colluviali, di versante sl e zone del territorio nelle quali le modeste pendenze sono connesse ad accumuli di frana, prevalentemente in condizioni quiescenti.

Sono osservabili processi in evoluzione naturale di tipo superficiale, che coinvolgono i primi 1 ÷ 2/3 del sottosuolo ed a zone anche connessi ad azioni antropiche, che rimodellano paesaggi ereditari conseguiti a condizioni climatiche diverse da quelle odierne.

La fascia territoriale settentrionale, alla quale appartiene il capoluogo, correlata a genesi alluvionale, costituisce un settore ad assetto sub pianeggiante lievemente ondulato in verso ovest est, con pendenze mediamente comprese tra 0,7 ÷ 1,1% evidenzianti un drenaggio idrico superficiale veloce e l'assenza di processi di incisione accentuati.

3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

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

Nell'ambito territoriale al quale appartiene Maranello, il *Database Macrosismico Italiano DBMI15* (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*), utilizzato per la

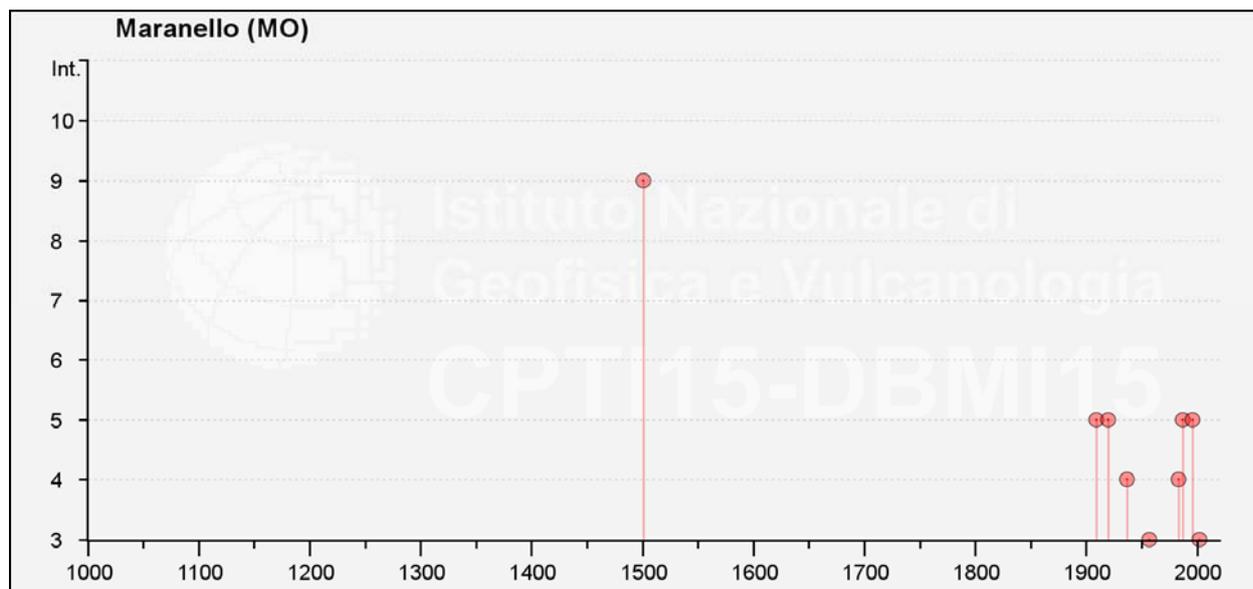
compilazione del *catalogo parametrico CPTI15*, documenta eventi sismici giungenti al 9/10° grado della *Scala Mercalli - Cancani – Sieberg*, con intensità variabile tra $M_w = 6 \div 6,5$.

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

Storia sismica di Maranello

Numero di eventi: 20

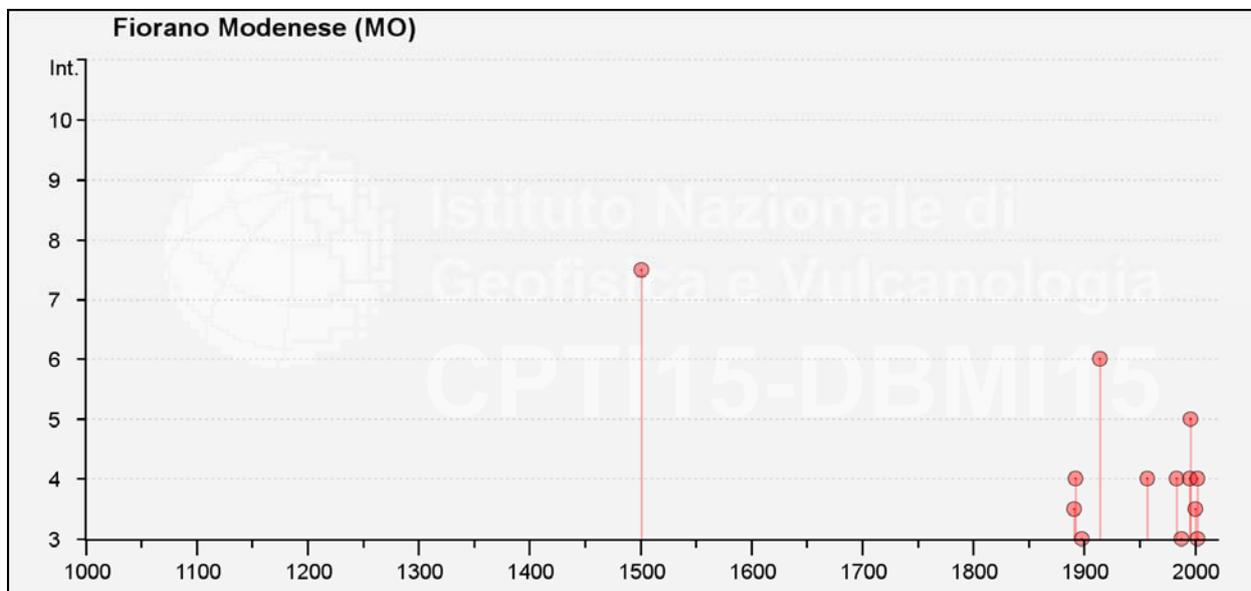
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
9	1501 06 05 10	Modenese	17	9	6.05
NF	1892 12 29 13 47 4	Castel del Rio	36	5-6	4.37
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
4	1937 12 10 18 04	Frignano	28	6	5.30
3	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
5	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
NF	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1992 04 17 11 59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
2	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
5	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
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
2-3	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2000 10 03 01 12 3	Frignano	62	5	4.22
2-3	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
3	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



Storia sismica di Fiorano Modenese

Numero di eventi: 23

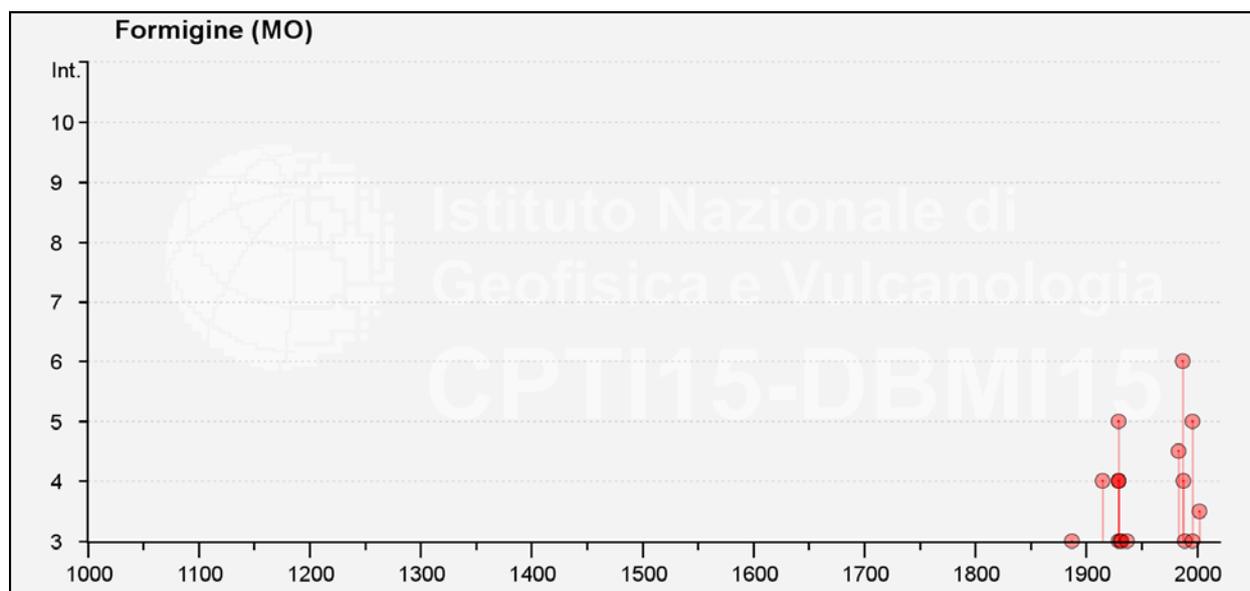
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1501 06 05 10	Modenese	17	9	6.05
2	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3-4	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
4	1892 05 17 03 08 1	Carpineti	28	5	4.28
3	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
F	1904 06 10 11 15 2	Frignano	101	6	4.82
6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
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
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
3	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1992 04 17 11 59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
4	1995 12 31 21 29 4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
5	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
NF	1996 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
3-4	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
3	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
4	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
2	2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03



Storia sismica di Formigine

Numero di eventi: 30

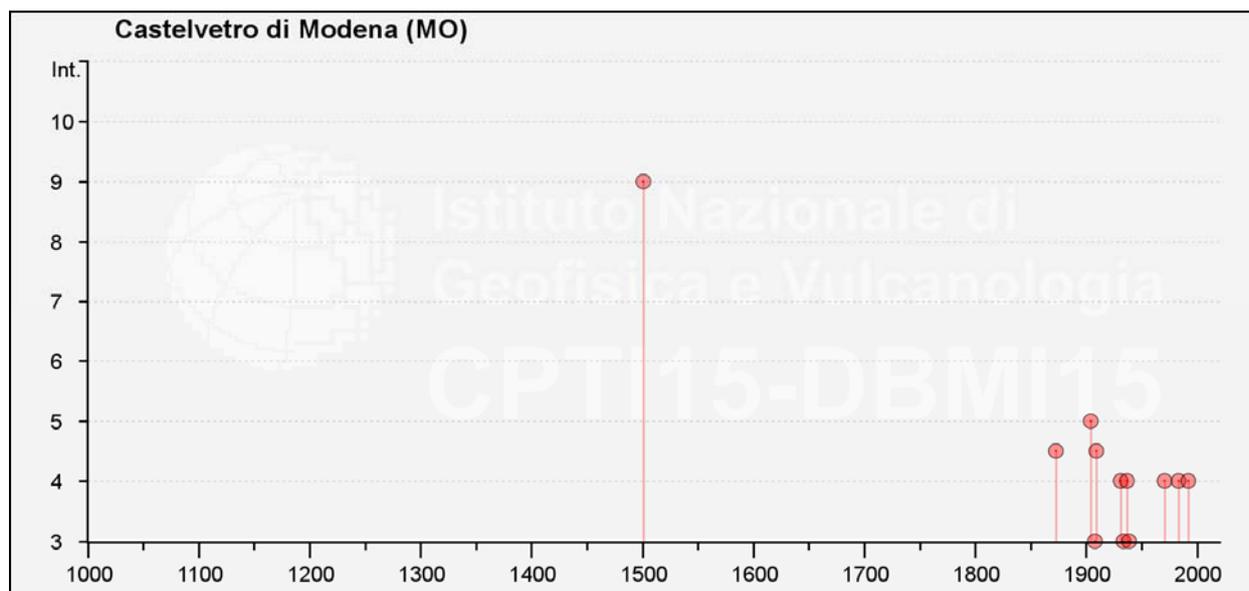
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	1892 12 29 13 47 4	Castel del Rio	36	5-6	4.37
NF	1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6	4.59
NF	1899 06 26 23 17 2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
NF	1912 09 12 21 15	Carpi	13	4	3.76
4	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
4	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
5	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
4	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
3	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20
4	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
3	1931 06 10 17 02	Modenese	14	4	4.59
3	1932 04 19 00 17	Modenese	9	4	3.63
3	1937 12 10 18 04	Frignano	28	6	5.30
4-5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
4	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3	1989 09 13 21 54 0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
NF	1992 04 17 11 59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
5	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3	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
3-4	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
2-3	2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03
NF	2002 11 13 10 48 0	Franciacorta	768	5	4.21



Storia sismica di Castelvetro di Modena

Numero di eventi: 26

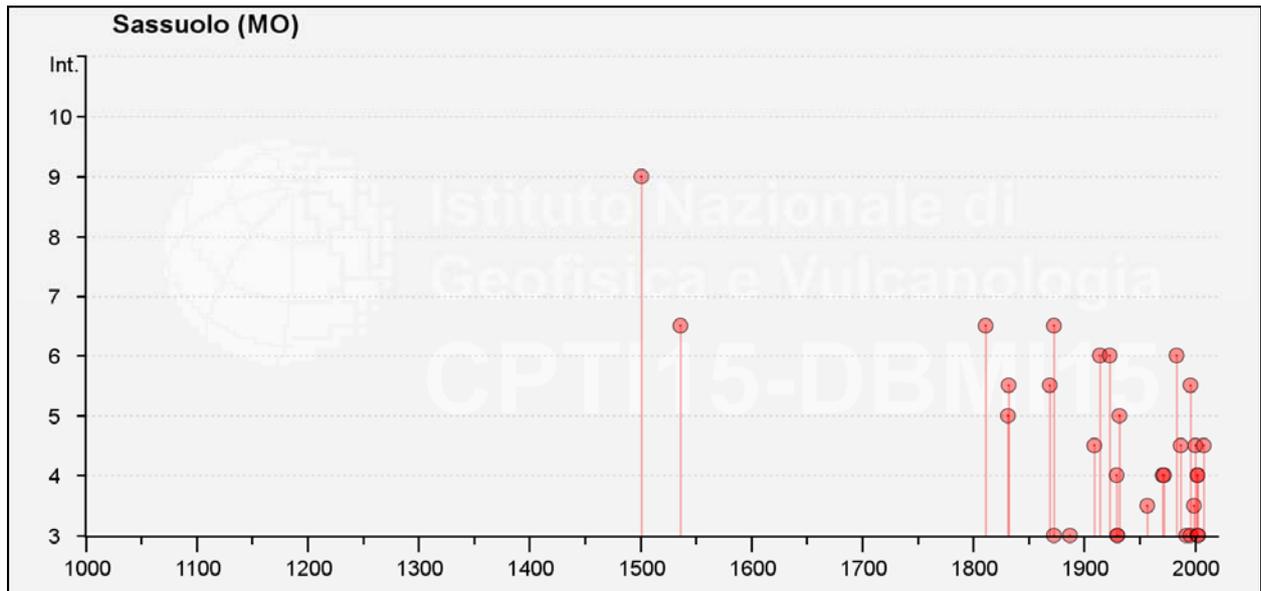
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
9	1501 06 05 10	Modenese	17	9	6.05
4-5	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
NF	1874 10 07	Imolese	60	7	4.96
F	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6	5.01
2-3	1899 06 26 23 17 2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
5	1904 02 25 18 47 5	Reggiano	62	6	4.81
3	1908 06 02 22 30	Frignano	18	4-5	4.50
4-5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1931 06 10 17 02	Modenese	14	4	4.59
2	1932 04 19 00 17	Modenese	9	4	3.63
3	1934 09 18 09 37	Vignola	6	4	3.95
4	1937 12 10 18 04	Frignano	28	6	5.30
3	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96
4	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
2	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
4	1992 04 17 11 59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
NF	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
2	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
2-3	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
2	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 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03
NF	2002 11 13 10 48 0	Franciacorta	768	5	4.21



Storia sismica di Sassuolo

Numero di eventi: 44

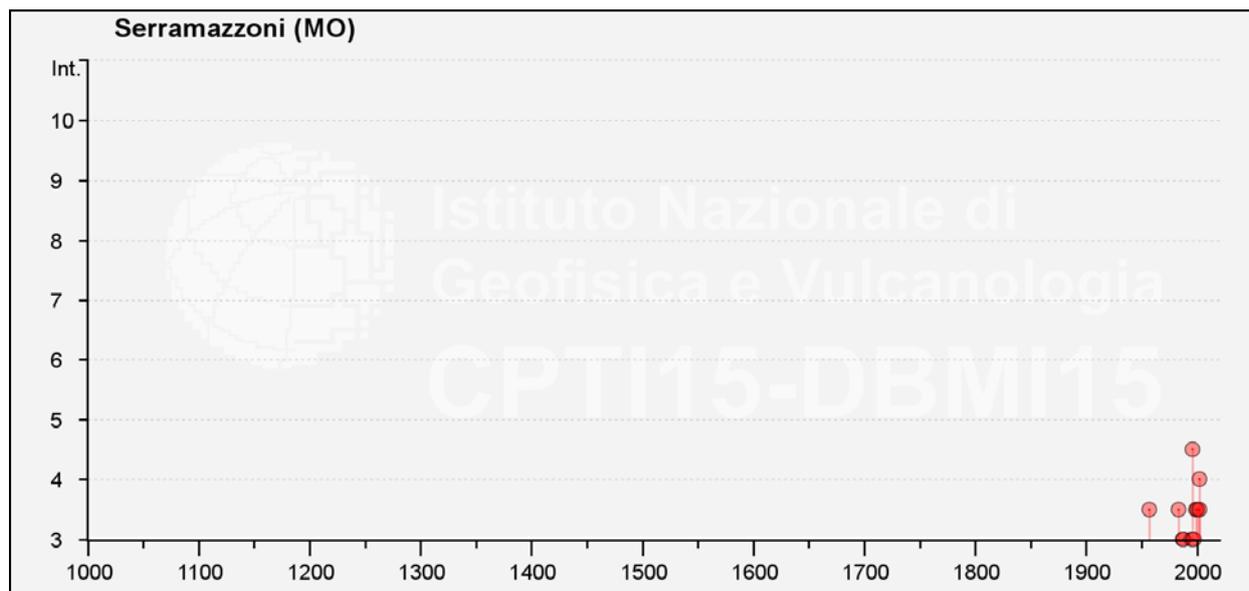
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
9	1501 06 05 10	Modenese	17	9	6.05
6-7	1536 08 17 00 05	Appennino settentrionale	10	6-7	5.12
6-7	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
5	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
5-6	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
5-6	1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5	4.57
3	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
6-7	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
3	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4-5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1911 02 19 07 18 3	Forlivese	181	7	5.26
6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
2	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
2	1922 08 02 21 13	Frignano	21	5	4.32
6	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5.04
4	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
3	1930 05 24 22 02	Appennino tosco-emiliano	43	5	4.91
3	1930 10 26 07 31	Modenese	11	4	4.12
5	1932 04 19 00 17	Modenese	9	4	3.63
3-4	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
2	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4.17
4	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
4-5	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
NF	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
3	1992 04 17 11 59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
1-2	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
2	1995 12 31 21 29 4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
5-6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
3	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
2-3	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
NF	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	1999 07 07 17 16 1	Frignano	32	5	4.67
4-5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2000 10 03 01 12 3	Frignano	62	5	4.22
4	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
4	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
3	2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03
3	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 Serramazzone

Numero di eventi: 17

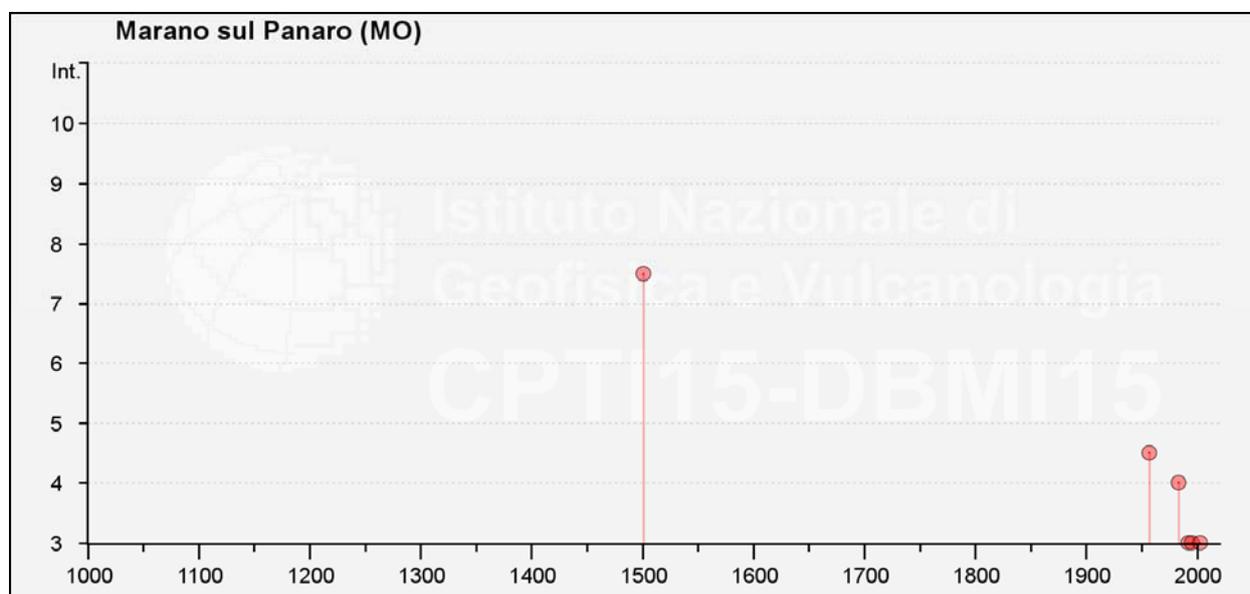
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1956 04 26 03 00 0	Appennino bolognese	89	6	4.74
3-4	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
3-4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1985 01 23 10 10 1	Garfagnana	73	6	4.60
3	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
3	1988 02 08 11 24 4	Garfagnana	75	6	4.34
NF	1992 04 17 11 59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
3	1995 08 24 17 27 3	Appennino pistoiese	56	6	4.45
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
4-5	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	1997 12 24 17 53 1	Garfagnana	98	5	4.33
3-4	1999 07 07 17 16 1	Frignano	32	5	4.67
NF	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
3-4	2000 10 03 01 12 3	Frignano	62	5	4.22
4	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
3-4	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



Storia sismica di Marano sul Panaro

Numero di eventi: 12

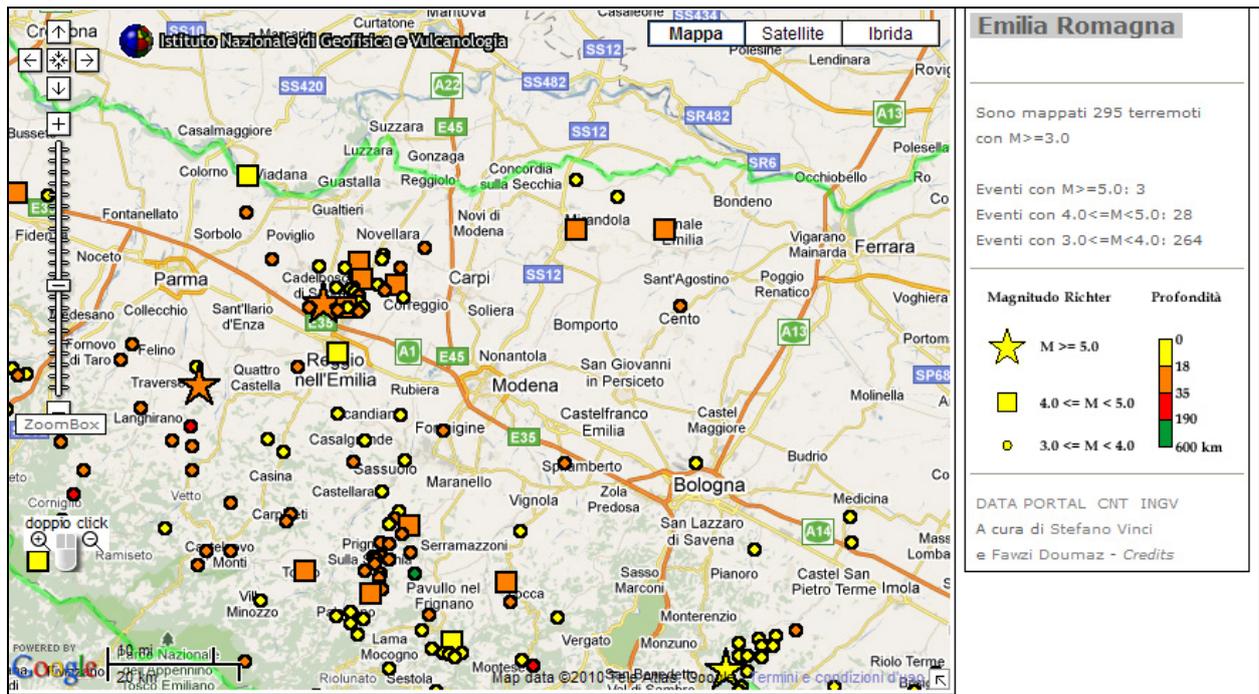
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1501 06 05 10	Modenese	17	9	6.05
F	1505 01 03 02	Bolognese	31	8	5.62
4-5	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
3	1992 04 17 11 59 0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
3	1995 08 24 17 27 3	Appennino pistoiese	56	6	4.45
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
2-3	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
3	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24



(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 possono essere tratte le seguenti osservazioni:

- la storia sismica di Maranello ed al suo intorno ha una moderata testimonianza ed estensione temporale; il primo evento documentato risale al 1501, ma la maggior parte risulta catalogato da fine '800 e tutto il 900)
- la sismicità è di tipo medio elevato con intensità massime percepite equivalenti al 9 ÷ 10 grado MCS, corrispondente a magnitudo stimate in $M_w = 6 \div 6.5$
- le massime intensità sismiche sono state prodotte da eventi di elevata intensità sismica a piccola distanza e di tipo superficiale, mentre gli effetti di sismi ad elevata intensità e distanti contribuiscono in maniera meno rilevante



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

3.1.1.1 Risentimenti sismici locali

L'evento sismico che ha determinato i risentimenti più rilevanti nel territorio di Maranello è rappresentato dal terremoto del 1501 con epicentro tra Maranello e Fiorano (*Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna*) al quale è attribuita $M_w = 6.05$, intensità macrosismica $I_0 = 9^\circ$ (*Database Macrosismico Italiano DB MI 15 edizione 2016*).

Relativamente agli effetti conseguiti a detto terremoto nel territorio di Maranello è documentata successivamente al 1501 la ricostruzione del Castello degli Araldini (<http://www.comune.maranello.mo.it/kcms/KWeb/Viewer.aspx?PKENTTY=88af3d09a60f4b34a2f285951614eb41&acts=selnode&sezobs=d64deb899ae64c2aa8dc4bd7d92a9b67&pars=5a535ecc072d4bcdbff4e83c831137fd>).

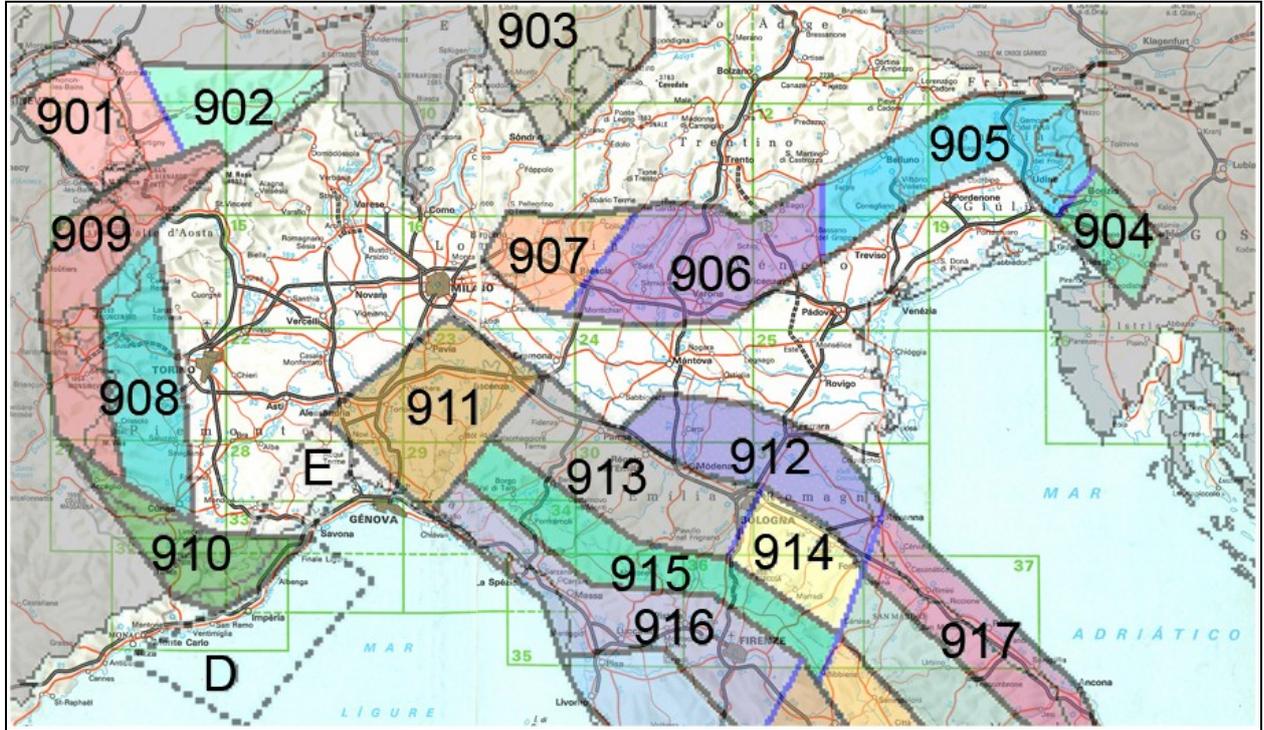
Nelle zone circostanti, già sede di patrimonio edilizio ecclesiastico e signorili, castelli, quali Sassuolo, Fiorano, Modena, Montegibbio, sono attestati significativi e gravi danni ai fabbricati all'epoca presenti.

Tra questi quelli del Castello di Sassuolo, Torre del Castello di Spezzano, Del Castello di Motegibbio, ai quali fanno da corollario diffusi danni di edifici; la documentazione più copiosa descrive danneggiamenti a cattedrali, chiese, torri, della città di Modena tra i quali quelli gravissimi delle Chiese di S. Agata e di S. Michele, e parziali crolli di corpi di fabbrica quali l'antica Torre Civica (di seguito chiamata Torre Mozza) di muri, di edifici.

Delle descrizioni dei risentimenti sismici avvenuti nel territorio di Maranello e nelle zone circostanti si evince che in passato tale areale è stato interessato da un evento di forte intensità; oggi a detta area è attribuita media sismicità,

3.1.1.2 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 Maranello alla zona sismogenetica 913, ambito di dominio dell'Appennino Emiliano Romagnolo, sita al bordo settentrionale della zona sismogenetica 915, costituita del dominio della Garfagnana - Mugello.



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

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

Dalla documentazione della storia sismica sopra esposta si evince che il territorio di Maranello e le zone circostanti: Fiorano, Sassuolo, Castelvetro, Formigine, Modena, Castellarano, sono principalmente interessati dai meccanismi focali che si originano nella fascia delle strutture del margine appenninico e del Lineamento Frontale Pedepenninico, ma risentono, seppure in modo subordinato, delle sismicità della Garfagnana.

ZS	4.76	4.99	5.22	5.45	5.68	5.91	6.14	6.37	6.6
913	26	13	11	6	4	1	0	0	0
915	31	17	19	1	4	2	1	0	1

Distribuzione degli eventi sismici per classi di magnitudo per le zone 913 e 915 (INGV, 2004)

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio tra Rubiera – Modena – Castelfranco Emilia – Savignano sul Panaro – Serramazzoni - Roteglia, si sono originati per la percentuale maggiore nei primi 10/15 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività

sismogenetica di tipo superficiale; la distribuzione degli ipocentri focali che si generano tra – 15 e – 35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

D'altra parte la sismicità crostale più profonda, ipocentri sottostanti 35 km dal piano campagna, nella zona dell'appennino settentrionale modenese – reggiano è decisamente inferiore e risulta caratterizzata da sismi di medio elevata magnitudo.

La riclassificazione sismica del territorio nazionale OPCM 3274/2003, NTC 14/01/2008 attribuisce il Comune di Maranello, alla zona 2 con grado di sismicità equivalente ai precedenti ambiti S9.

In riferimento all'allegato A4 della Delibera della Giunta Regionale Emilia Romagna n°2193/2015, alle zone sismogenetiche del territorio comunale di Maranello compete un valore dell'accelerazione orizzontale medio dello spettro di risposta elastico, corrispondente a:

$$\text{Maranello } \alpha_{\text{ref}} = \mathbf{0,163 \text{ g}}$$

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

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

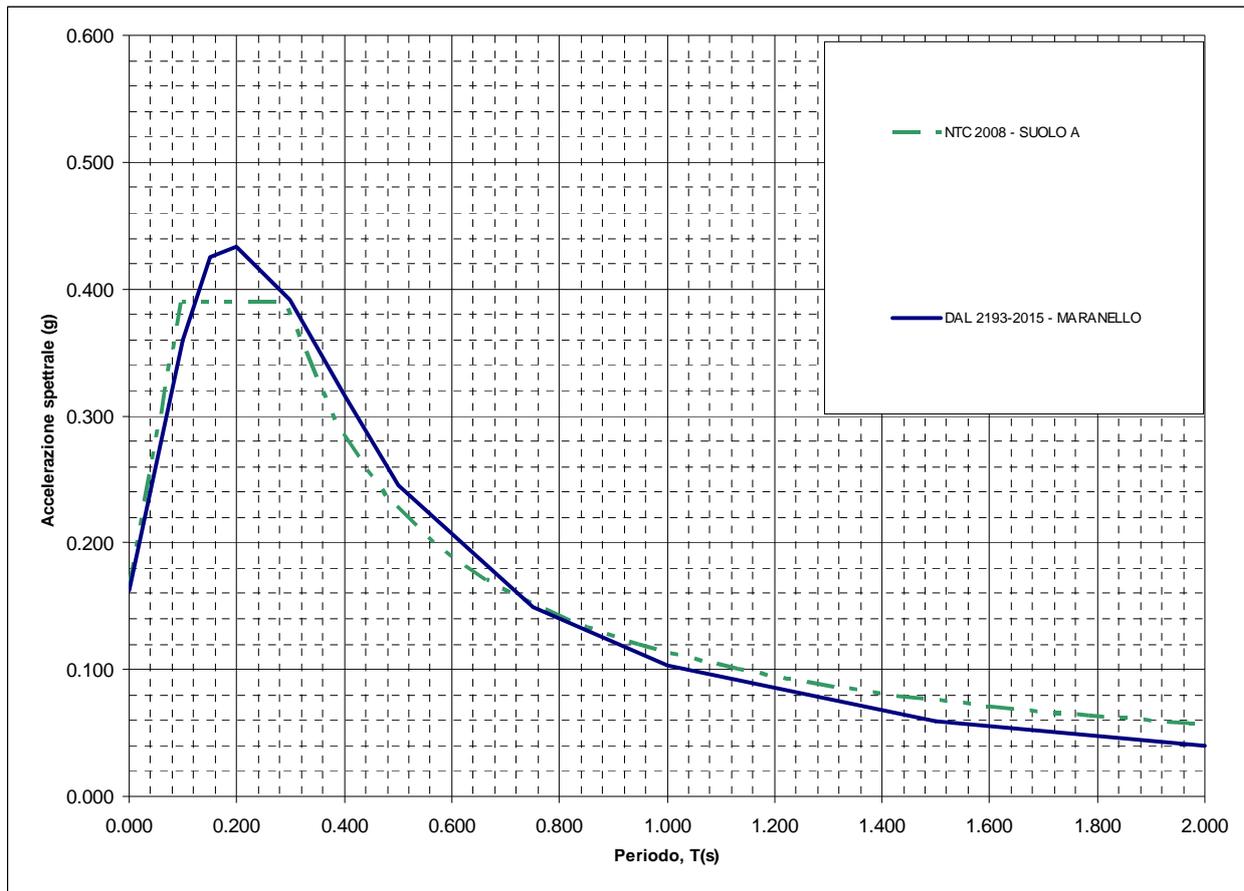
Tali valori, a livello territoriale aumentano da sud est a nord ovest.

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

3.2 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 a_g . Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>) varia nell'intervallo 0,150 ÷ 0,175g. Tali dati sono anche stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione dei tabulati contenuti nella Delibera della Giunta Regionale n° 2193/2015 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica”.*

Mediante i dettami di detta delibera è stato costruito lo spettro di riferimento a probabilità uniforme per il comune di Maranello, 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 Maranello. Smorzamento pari al 5%. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera della Giunta Regionale ER n° 2193-2015, mentre con linea verde tratteggiata è riportato lo spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2008.

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

4 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio del comune di Maranello (MO) appartiene al foglio 219 SASSUOLO della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

Le complessità ed articolazioni del quadro geologico del territorio appenninico Modenese sono in prima approssimazione, riconducibili ad alcuni elementi principali, di condivisa interpretazione nella documentazione scientifica in materia.

Per le descrizioni dei modelli di seguito sinteticamente riportati si vedano soprattutto le note illustrative del foglio CARG 219 Sassuolo (*G. Gasperi, G. Bettelli et alii*; 2005); è inoltre opportuno il riferimento alle note dei fogli CARG 220 Casalecchio di Reno (*L. Martelli et alii*; 2009) e CARG 2001 Modena (*M. Pizziolo, G. Gasperi et alii*, 2009).

Il territorio in analisi appartiene al versante padano dell'Appennino settentrionale, nel quale l'assetto geologico e morfologico è determinato principalmente dalla sovrapposizione di falde tettoniche.

L'area comunale e le zone ad essa circostanti sono geologicamente attribuibili essenzialmente alle Unità Alloctone del Dominio Ligure (*Bettelli et alii*), alla Successione Epiligure (*Ricci Lucchi e Ori* 1985; *Bettelli et alii*, 1989) (*Decandia e Elter*, 1972; *Elter e Marroni*, 1992) ed alla Successione Neogenico-Quaternaria del Margine Appenninico Padano.

Dette formazioni suddividono il territorio di Maranello in due macro litozone delle quali quella che costituisce la parte meridionale dell'area comunale, di estensione inferiore circa 25-26%, è rappresentata dalle Unità del Dominio Ligure e dalla Successione Epiligure, mentre quella che caratterizza le zone centrali e settentrionali, di superficie nettamente superiore 75%, è formata dalla Successione Neogenico-Quaternaria del Margine Appenninico Padano.

Le Unità Liguri esterne che sovrascorrono e si giustappongono alle unità Subliguri che a loro volta hanno sovrascorso la Falda Toscana, sono contraddistinte dall'assenza di testimonianze del substrato oceanico sul quale si sono depositate e successivamente scollate durante la fase orogenica appenninica. Isolate testimonianze, incluse tettonicamente e per fenomeni sedimentari, del sopracitato substrato sono rappresentate da locali masse costituite da gabbri, graniti, brecce poligeniche, lembi basaltici o ofiolitici, osservabili nelle zone 10-15 Km a meridione di Maranello, nei territori di Marano sul Panaro e Serramazzone.

I processi tettonici che hanno coinvolto l'appennino settentrionale hanno scomposto i vari domini paleogeografici impilandoli e giustapponendoli in modo complesso, si sono sviluppati in due fasi nel periodo che va dal Cretaceo all'attuale. La prima ha prodotto pieghe isoclinali compresse nelle unità liguri interne, che sono state ulteriormente ripiegate nella seconda fase che ha ancor più riaccurciato le precedenti strutture. Le fasi liguri hanno determinato la chiusura del preesistente oceano ligure e con l'impilamento delle successioni dei domini liguri si sono generati vari bacini marini minori nei quali si sono depositate le successioni delle sequenze epiliguri.

Gli orizzonti litologici liguri mostrano una deformazione interna molto maggiore rispetto a quanto osservabile nelle formazioni della sovrastante Successione Epiligure, anch'essa interessata da tali processi nelle formazioni al passaggio con le sopracitate Unità, correlata al

comportamento duttile delle litozone argilloso – marnose che la compongono, nei quali la stratificazione risulta quasi completamente cancellata.

La Successione Epiligure che sovrasta e sigilla le Unità Liguri, si è deposta in corrispondenza di aree relativamente abbassate ed i processi tettonici ne hanno obliterato i rapporti della originaria sovrapposizione stratigrafica per tettonica disgiuntiva neogenico quaternaria.

Tale successione, come sopra indicato, è stata coinvolta, anche se in misura relativamente inferiore, da intensi processi deformativi che hanno arginato le Breccie Argillose di Baiso (Bai₁₋₂) e della Val Tiepido – Canossa (MVT) e le litozone al tetto: Formazione del Termina, Membro di Monte Tardone (TER₁); quest'ultimo, che è quello prevalentemente presente nel settore meridionale del territorio di Maranello, è costituito da breccie sedimentarie a matrice argillosa con caratteristiche equivalenti alle sopracitate Breccie del Val Tiepido – Canossa (MVT).

Le azioni deformative che hanno coinvolto la fascia delle strutture del margine appenninico, hanno generato un assetto generale a monoclinale immerso verso la pianura che è caratterizzato da strutture a sinclinali ed anticlinali blandamente pronunciate che nel settore frontale della fascia in narrativa sono contraddistinte da una accentuata inclinazione in verso nord/est, degli strati della Formazione delle Sabbie Gialle ora denominata nell' appennino occidentale Sintema di Costamezzana.

Dette condizioni descrivono una striscia ad andamento appenninico praticamente rettilineo che definisce una fascia di flessura di importanza regionale che trova continuità ad occidente nella Linea dei Gessi. Tale struttura, in zona denominata Flessura di Veggia – Fiorano – Maranello, è probabilmente connessa a significativi sollevamenti nelle zone a meridione dell'allineamento Sassuolo - Marano sul Panaro rispetto alle antistanti aree subsidenti di pianura.

Nel sottosuolo dei territori a settentrione del sopracitato allineamento, sono presenti strutture antiformi e sinformi ad orientamento appenninico che coinvolgono anche i depositi quaternari continentali pleistocenici; le principali strutture nella zona in oggetto sono rappresentate dall'anticlinale di Ubersetto, con asse a direttrice ovest nord ovest – est sud est che transita nel sottosuolo della fascia settentrionale dell'area comunale di Maranello e l'anticlinale di Castelvetro con asse sud est – nord ovest, individuata nel sottosuolo della zona nord est, circa in prossimità di Villa Rangoni, che termina in corrispondenza del T. Tiepido.

Le strutture compressive e le superfici di sovrascorrimento della coltre alloctona e delle successioni Epiligure e Neogenica del Margine Appenninico sono dislocate da faglie disgiuntive subverticali con direzione sia appenninica che antiappenninica. L'età di dette strutture è pertanto almeno post –Pliocene inferiore e medio.

Tali fasce di fagliazione si presentano spesso come zone di intensa fatturazione, talora senza rigetti importanti alla scala cartografica, che lungo le superfici di spostamento presentano componenti sia verticali che orizzontali.

Queste strutture attive in periodi recenti hanno decisamente influenzato anche le geometria del reticolo idrografico.

Le unità litostratigrafiche che costituiscono la fascia del basso appennino modenese e dell'alta pianura, ai quali appartiene il territorio di Maranello, sono attribuite, dall'alto in basso in senso stratigrafico, a:

- **Successione Neogenico – Quaternaria del Margine Appenninico Padano**
 - Unità Quaternarie Continentali
 - Unità Marine di Transazione
- **Successione Epiligure**
- **Dominio Ligure**
 - Formazioni Pre Flysch ad Elmintoidi

La serie litostratigrafica delle successioni locali è riferita a quella adottata dal progetto CARG., Carta Geologica Regione Emilia Romagna.

I tipi litologici delle successioni presenti nel territorio in narrativa sono di seguito schematicamente descritti relativamente alle caratteristiche litotecniche salienti e riportate sinteticamente nella legenda della tav. 1.1: Carta Geologica.

SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA DEL MARGINE APPENNINICO PADANO

UNITÀ QUATERNARIE CONTINENTALI

SUPERSINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO

SINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO SUPERIORE (AES) (*Pleistocene medio.- Olocene*)

Unità alluvionale da grossolana a fine con alla base una superficie di discontinuità nel margine appenninico e nell'alta pianura, passante a una superficie di continuità nel sottosuolo della pianura, su AEI.

SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES₈) (*Olocene età radiometrica della base: 14.000-11.000 anni*)

Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali.

AES_{8a} – UNITA' DI MODENA (*Post-VI secolo dC.*)

Depositi ghiaiosi e sabbioso ghiaiosi in corrispondenza delle aste fluviali (T. Tiepido – T. Grizzaga), costituiscono i terrazzi b2.

AES_{7b} – UNITA' DI VIGNOLA (*Pleistocene sup.- Olocene basale*)

Ghiaie con matrice limo-sabbiosa, passanti distalmente e lateralmente a limi e limi sabbiosi. Depositi fluviali terrazzati nelle zone meridionali del territorio e di conoide passanti lateralmente a interconoide nelle aree comunali centrali e settentrionali e distalmente a piana inondabile.

AES_{7a} – UNITA' DI NIVIANO (*Pleistocene sup.*)

Depositi ghiaioso – sabbiosi di conoide e di interconoide dei Torrenti Tiepido e Grizzaga, che si arricchiscono in intercalazioni di orizzonti limosi - limoso argillosi in direzione nord nella fascia settentrionale del territorio comunale; contatto inferiore in discontinuità sulle unità più antiche.

AES₆ – SUBSINTEMA DI BAZZANO (*Pleistocene medio?*)

Depositi prevalentemente ghiaioso – sabbiosi terrazzati e in parte di paleo conoide del Torrente Tiepido; il contatto inferiore è in discontinuità su unità più antiche, potenza inferiore a 10 metri.

SINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO INFERIORE (AEI) (*Pleistocene medio?*)

Alternanze di ghiaie limoso – sabbiose e limi; contatto inferiore in discontinuità su FSG e su FAA mediante una superficie di discontinuità di importanza regionale, potenza affiorante variabile da pochi metri a circa 100 m (T. Tiepido).

SUPERSINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO**SINTEMA DI COSTAMEZZANA (CMZ) (*Pleistocene inf?*)****Ex Formazione delle Sabbie Gialle (FGS) degli Autori**

Sabbie medie e medio fini ben selezionate con locale stratificazione obliqua, sovrapposte ciclicamente e giustapposte ad argille e limi grigio nerastri, con intercalate lenti di ghiaie fini e medie sabbiose; depositi di delta conoide ad energia fluviale variabile da elevata a bassa e di ambiente lagunare. Contatto basale erosivo o netto e discordante sulle unità sottostanti; spessore inferiore a 200 m

FORMAZIONE DELLA ARGILLE AZZURRE**Litozona argilloso marnosa – marnoso siltosa (FAA) (*Pliocene inf. sup.- Pleistocene inf.*)**

Argille debolmente marnose, localmente limose siltose, grigio-azzurre, a stratificazione mal distinguibile; locali intercalazioni di sabbie fini in strati sottili o medi; costituiscono la parte centrale e centro meridionale del territorio comunale.

Litozona arenaceo conglomeratica (FAA_{ac}) (*Pliocene medio sup.*)

Orizzonte arenaceo conglomeratico (FAA_{ac}) potente pochi metri e di età dubitativamente pliocenica medio-superiore, costituisce localmente la base della formazione; potenza fino a 1000 metri circa; si rinviene in strette fasce a meridione di San Stefano.

Membro di Monte Arnone (FAA₇) (*Pliocene medio sup.*)

Corpo caotico costituito da breccie a matrice argillosa formato da materiali di provenienza ligure o epiligure, intercalazioni di peliti plioceniche. Potenza variabile da pochi metri a qualche decina di metri.

SUCCESSIONE EPILIGURE**FORMAZIONE DEL TERMINA (TER) (*Tortoniano*)**

Marne argillose grigio-scure, sottilmente stratificate o massive, con locali intercalazioni arenacee; è presente nella zona meridionale del territorio a sud di San Venanzio e a nord di Gaiano

Membro di Montardone (TER₁) (*Tortoniano – Messiniano Inf.*)

Breccie poligeniche a matrice argillosa, con presenza di corpi marnoso siltosi; si rinvengono nella fascia meridionale del territorio tra il Poggio e Poggio Fontana.

FORMAZIONE DI PANTANO (PAT) (*Burdigaliano p.p.? – Langhiano p.p.*)

Areniti, areniti marnose e peliti sabbiose a stratificazione mal distinguibile per bioturbazione; è presente a sud ovest di Poggio Fontana.

BRECCIE ARGILLOSE DELLA VAL TIEPIDO - CANOSSA (MVT) (*Acquitano*)

Breccie argillose poligeniche a matrice argillosa prevalentemente grigia, costituita in gran parte da clasti millimetrici di marne e peliti, recanti clasti litoidi angolari appartenenti alle Argille a Palombini (APA), alle Arenarie di Scabiazza (SCB) e a sporadiche ofioliti; si rinvengono nell'estremità meridionale del territorio nei pressi di Poggio Serra – Poggio Fontana.

FORMAZIONE DI ANTOGNOLA (ANT) (*Rupeliano Terminale - Acquitano*)

Peliti e marne verdognole con patine manganesifere, a stratificazione mal distinta; si riscontrano a sud di Gaiano.

Membro di Anconella (ANT₄) (*Chattiano*)

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da medi a molto spessi; arenarie quarzoso feldspatiche, di colore grigio chiaro alterate in giallastro; subordinate marne argillose grigie, grigio verdi, grigio scuro o nerastre; costituisce la zona sede di Gaiano.

FORMAZIONE DI RANZANO**Membro di Albergana (RAN₄) (Rupeliano)**

Alternanze pelitico arenacee in strati generalmente da molto sottili a medi passanti a peliti grigio scure. Rapporto A/P <<1. Potenza affiorante da poche decine di metri a oltre 100 metri; si riscontra a sud ovest di Gaiano.

MARNE DI MONTE PIANO (MMP) (Luteziano sup.- Bartoniano inf.)

Argille ed argille marnose rosate e verdi in sottili alternanze, recanti strati sottili di arenarie feldspatiche poco cementate verso l'alto stratigrafico le argille rosate passano gradualmente a marne siltose grigie. Contatto netto su BAI, in discontinuità su AVI; si osservano a sud ovest del Rio dei Piodi.

BRECCE ARGILLOSE DI BAISO (BAI)**Membro di Pian di Setta (BAI₂) (Luteziano sup.- Bartoniano)**

Brecce poligeniche grigio scure a prevalente matrice argillosa, con clasti eterometrici di argille e calcilutiti fini derivanti da APA. Stratificazione mal distinguibile; potenza massima di oltre 500 metri. Contatto inferiore discordante sulle unità Liguri e su BAI1; interdigitazione con BAI₁ e BAI₆; è presente al confine centro meridionale occidentale del territorio a Serra Carosa a sud di San Stefano.

Membro della Val Fossa (BAI₁) (Luteziano sup.- Bartoniano)

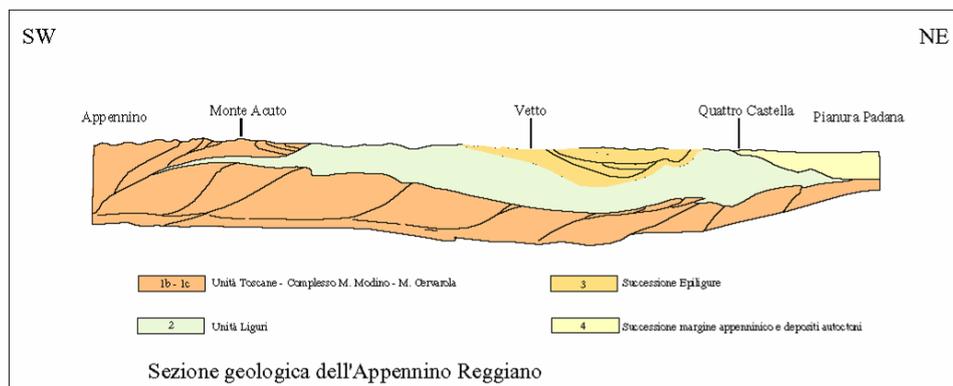
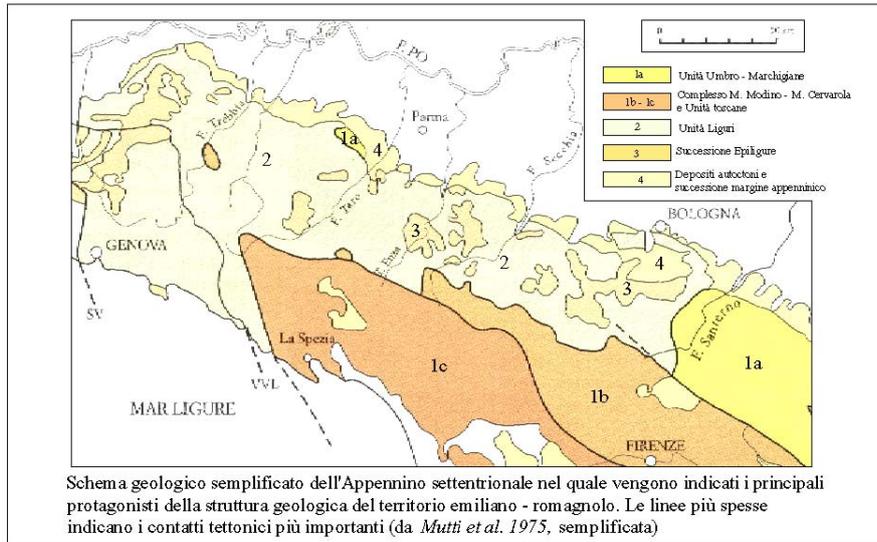
Brecce poligeniche grigio nerastre a matrice argillosa con clasti eterometrici di calcilutiti, argilliti e arenarie derivanti in prevalenza da AVV e subordinatamente da SCB; presenti inclusi riferibili a MMP; stratificazione mal distinguibile. Potenza massima di alcune decine di metri. Contatto inferiore discordante sulle unità Liguri, interdigitazione con BAI₂ e BAI₆; si riscontra nella zona meridionale orientale tra Rio Piodo e Casa Maina - Colombarino.

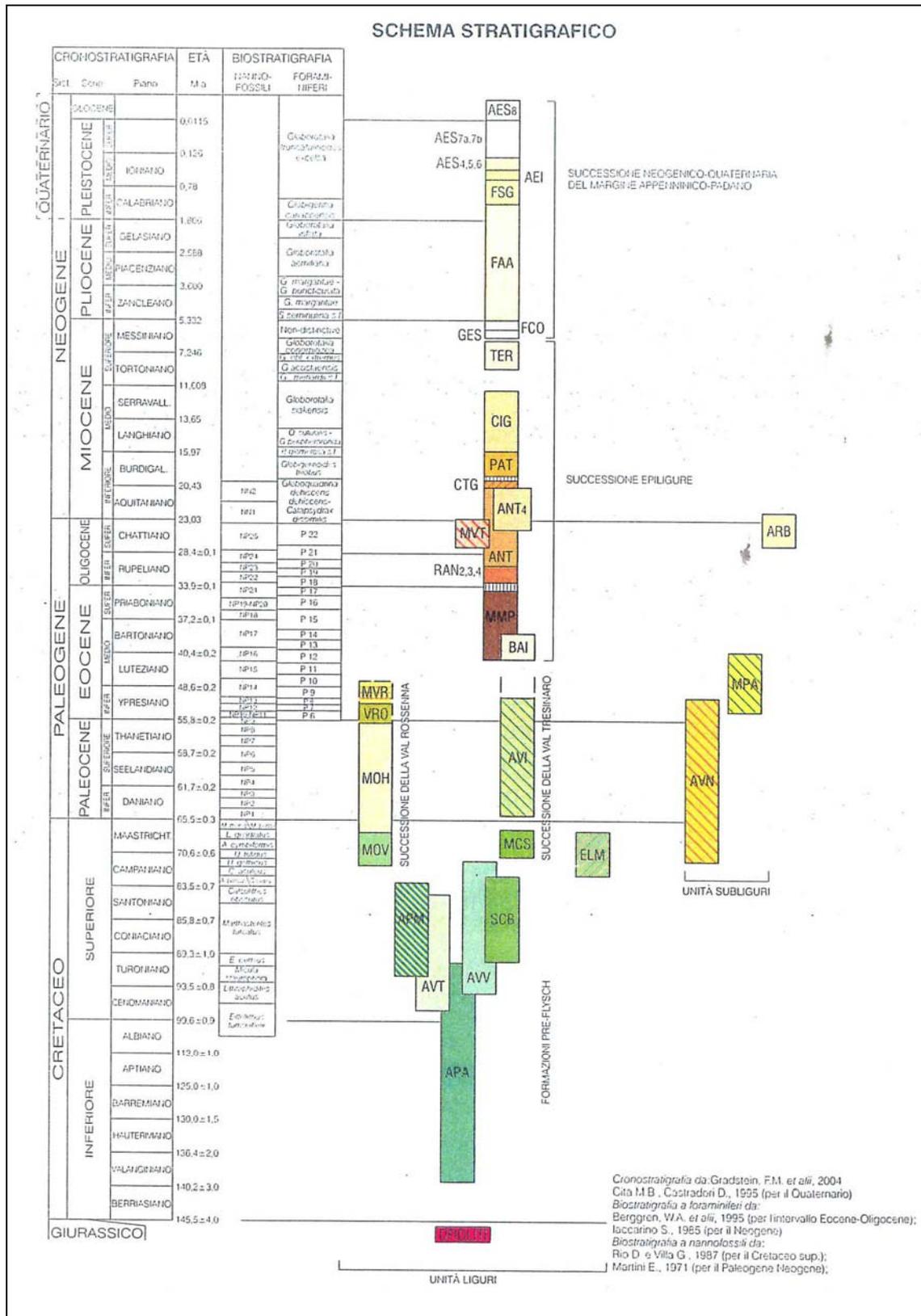
DOMINIO LIGURE***FORMAZIONI PRE-FLYSCH AD ELMINTOIDI*****ARGILLE VARICOLORI DI CASSIO (AVV) (Cenomaniano – Campaniano sup.)**

Argilliti rosse e verdi sottilmente stratificate, caotiche per intensa tettonizzazione; spessore stimabile in oltre 200 m, in parziale eteropia con SCB; sono presenti nella zona meridionale del territorio tra Poggio Serra ed il Rio dei Piodi.

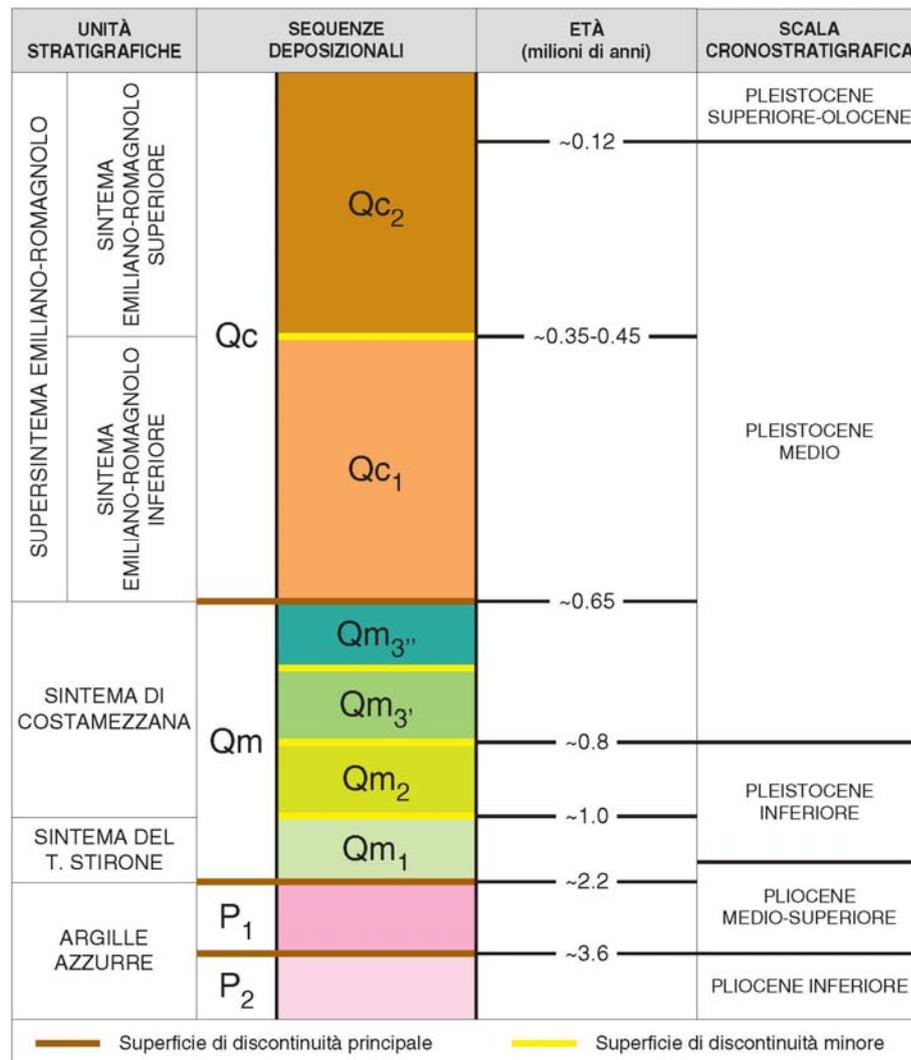
ARENARIE DI SCABIAZZA (SCB) (Turoniano sup.? – Campaniano inf.)

Alternanze arenaceo pelitiche e pelitico arenacee in strati da sottili a molto spessi, costituiti da arenarie fini – molto fini passanti ad argille marnose siltose grigio scure; spessore oltre 250 m in eteropia su AVV; costituiscono la parte orientale meridionale del territorio tra Rio Piodo – Madonna di Puianello – Poggio Fontana





DATAZIONI IN Ma	UNITA' DELLA SCALA STANDARD					ALTRE UNITA'	UNITA' LOCALI E NOMI ABBANDONATI
	EON	PERIODI	EPOCHE	ETA	PIANI		
1.8 5 24 37 53.5 65	C E N T R O Z I A C R I O	QUATERNARIO	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO	IRECENI	
			PLEISTOCENE	TIRRENIANO MILAZZIANO SICILIANO EMILIANO CALABRIANO	CROTONIANO		
		NEOGENE	PLIOCENE	PIACENZIANO ZANCLEANO MESSINIANO	SANTERAMO FRANCANO PONTICO PANNONICO	VALA ASTIANO TABIARANO ANDALUSIANO	
			MIOCENE	TORTONIANO	SERRAVALLIANO	SARMAZIANO	IELVEZIANO
				LANGHIANO	BURDIGALIANO	AQUITANIANO	
				OLIGOCENE	CATTIANO	LATTORFIANO	TONGRIANO LUDIANO
		PALEOGENE	EOCENE	RUPELIANO	PRABROFIANO	BULTOBIANO LEGNANO AUYERSIANO	
				LUTEZIANO	BIARRITZIANO	ISPARNACIANO	
			PALEOCENE	YPRESIANO	CUSSIANO SPLICCIANO	ILERDIANO	ISPARNACIANO ILANDESIANO
				THANEZIANO	MONTIANO DANIANO		
96 143 212 267 289 367 416 446 509 575	M E S O Z O I C O Z O I C O P E R M I A N O C A R B O N I F E R O S I L U R I A N O O R D O V I C I A N O C A M B R I A N O	CRETACICO	superiore	SENO- NIANO	MAASTRICHTIANO CAMPANIANO SANTONIANO CONIACIANO TURGONIANO CEMOMANIANO	S E C O N D A R I A N O	
			inferiore	NEOCO- MIANO	ALBIANO APTIANO BARREMIANO HAUTERIVIANO VALANGINIANO BERRIASIANO PORTLANDIANO KIMMERIDGIANO		WALDIANO BURGONIANO PULBESIANO
		GIURASSICO	MALM	OXFORDIANO	CALLOVIANO BATHONIANO BAJOCIANO AALENIANO	CORALLIANO LUSTANIANO	(SEOLIANO) BIALONZIANO ARGONZIANO
			DOGGER	LIAS	TOARCIANO PLIENS-BACHIANO SINESMURIANO HETTANGIANO	CHARNOUTHIANO LOTHARINGIANO	DOMERIANO CARISIANO
			superiore	RETICO	CARNICO	TUVALICO ADULICO LONGORANICO FASSANICO ILLERICO PELSONICO BIBANICO ANATOLICO EGEICO	TRABLIANO KEUPER KOPPEVALICO MUSCHEL- KALK HYDASPOIC
		PERMIANO	superiore	TATARIANO KAZANIANO	SCITICO	WEIßEMANO	BUNTSANDSTEIN
			inferiore	KUNGURIANO ARTINSKIANO SARMARIANO	THURINGIANO	SASSONIANO AUTUNIANO	ZECHSTEIN ROTLIEGENDES
		CARBONIFERO	SILESIANO	ORENBURGIANO GZELIANO MOSCOVIANO BASHKIRIANO SERPUKHOVIANO	STEFANIANO URANIANO	WEIßFALIANO NAMURIANO	
			DINANTIANO	VISEANO	STRUBIANO		
		DEVONIANO	superiore	TOURNAISIANO	FAMENIANO FRASNIANO	COUZYIANO	
medio	GIVETIANO EIFELIANO						
inferiore	EMSIANO		SIEGENIANO GEDINIANO PRIDOLIANO		TRENANO COBLENZIANO		
SILURIANO	superiore	LUDLOVIANO WENLOCKIANO			IODTLANDIANO		
	inferiore	LLANDOVERIANO VALENTIANO					
ORDOVICIANO	superiore	ASHGILLIANO CARADOCIANO					
	inferiore	LLANDEILIANO LLANVIRNIANO ARENIGIANO SKIDDAVIANO					
CAMBRIANO	superiore	TREMADOCIANO			(POTSDAMIANO)		
	medio				(ACADIANO)		
	inferiore				IOGORGIANO		



5 MODELLAZIONE SISMICA

5.1 CARATTERISTICHE STRUTTURALI E SISMOTETTONICHE

Le caratteristiche principali dei terreni affioranti nel territorio sono diversità di assetto, stile e comportamento tettonico.

Le unità stratigrafiche presenti nella zona a cui appartiene l'area comunale di Maranello, sono rappresentate principalmente dalle successioni delle Unità Quaternarie Continentali e delle Unità Marine di Transizione che costituiscono la prevalente parte del territorio comunale (75%) ed in subordine (25%) dalla Successione Epiligure ed Unità del Dominio Ligure che formano la porzione meridionale dell'area comunale.

Dette unità tettoniche, differenziate durante la fase ligure, nella quale si è verificato lo scollamento dalle successioni stratigrafiche ad esse sottostanti (Formazioni Pre-flysch) costituiscono la struttura a superfici di thrust e faglie inverse embriciate vergenti a nord, che individuano il limite tra l'appennino e la pianura e che hanno coinvolto i depositi pliocenici e quaternari. Tali fattori nella fascia di transizione tra le strutture del margine appenninico, caratterizzato da fasi in sollevamento, e la zona della pianura, prevalentemente soggetta a processi subsidenti, hanno generato una fascia di faglie e/o flessure a direzione appenninica, denominata Lineamento Frontale Appenninico. Quest'ultimo costituisce nel sottosuolo un'area ad unità sovrascorse ed embriciate che hanno indotto duplicazione delle strutture.

5.2 INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

L'assetto strutturale delle unità litologiche che formano il territorio di Maranello è caratterizzato da unità sovrascorse ed embriciate che generano una fascia larga circa 5/10 km estesa in senso ovest est, nella quale le linee di sovrascorrimento presentano piani che si immergono a sud.

Dal punto di vista strutturale la zona dell'appennino modenese in oggetto è caratterizzata da linee tettoniche principali orientate in direzione appenninica (WNW-ESE), che nell'area in esame sono ubicate in prevalenza nel settore di territorio esteso ovest – est circa da Veggia/Sassuolo a Fiorano – Maranello e nella zona circa 5 km più a sud nella fascia con analogo orientamento estesa da M. Evangelo/Casalgrande a Rio Piodo – Monte Tagliata.

Detta conformazione rappresenta la parte del sistema di thrust che durante il Miocene ed il Pliocene ha determinato l'embricazione dell'Appennino.

Un altro importante sistema di linee tettoniche è quello trasversale a direttrice antiappenninica sud ovest – nord est, fra le quali la fascia S. Michele dei Mucchietti – Fiorano – che asseconda l'allineamento Ripe della Serra/Ripe delle Borre, la linea 4/4,5 km più a sud est osservabile circa da Montardone a Monte Tagliata.

Gli effetti dell'attività tettonica hanno indotto deformazioni plicative nel sottosuolo della zona settentrionale del territorio comunale di Maranello evidenziate dall'asse di anticlinale sepolta a direttrice appenninica Ubersetto - Solignano – Vignola e dall'analoga struttura,

anticlinale di Castelvetro, che si interrompe in corrispondenza della sponda orientale del T. Tiepido, con asse sud est – nord ovest circa esteso da Villa Rangoni a Case Re (sud di Castelvetro capoluogo).

Per il territorio collinare gli spostamenti recenti (Pliocene e Quaternario) nell'area in oggetto, sono individuabili in base ad elementi lineari a sviluppo prevalentemente rettilineo.

Gli indizi geomorfologici di attività recenti sono rappresentati da scarpate, intense fratturazioni, tratti vallivi rettilinei, catture fluviali, dislocazioni/deformazioni dei depositi di età Pleistocene medio superiore – Olocene basale.

Al sistema dislocativo appenninico appartengono i principali elementi tettonici lineari che interessano il territorio di Maranello di seguito descritti:

- *Linea San Romano – Cervarola Bianca – Bompanara – Monte Tagliata*: è costituita da una fascia di faglie ed andamento tra loro circa sub parallelo, larga circa 0,3/0,5 km che si estende in direzione ovest nord ovest – est sud est, interessata da riattivazioni successive al Pliocene Inferiore.
- *linea San Michele dei Mucchiotti – Marano sul Panaro*: è costituita dallo sovrascorrimento del Fronte di Accavallamento della Successione Carbonatica Meso Cenozoica classificato attivo sepolto; è estesa in direzione ovest nord ovest – est sud est e transita nel sottosuolo della fascia meridionale dell'area comunale di Maranello 2,5/3 km a sud di Fogliano.
- *Linea S. Antonio – Sassuolo – Fiorano - Maranello*: si estende in direttrice ovest nord ovest – est sud est, attraversando la fascia centro settentrionale del sottosuolo comunale di Maranello interessando l'area sede del Capoluogo secondo una fascia estesa ovest est con andamento sub parallelo a quella di Via Claudia; le elaborazioni delle prospezioni geofisiche Linear Array: Re.Mi. eseguite denotano la presenza in tale zona di una fascia estesa ovest – est, con larghezza di 0,2/0,3 km, caratterizzata da fattori di amplificazione relativi maggiori rispetto ai settori di territorio immediatamente a nord ed a sud di detta fascia, evidenziando la presenza di una zona di sottosuolo a maggior grado di fratturazione rispetto ai settori ad essa latitanti. Detta fascia fratturata si interrompe ad est del Capoluogo circa in corrispondenza di Via Crociale; la linea in esame è correlabile ad occidente di Sassuolo con la Linea dei Gessi.
- *Linea Maranello – Solignano - Spilamberto*: si estende in direzione ovest sud ovest – est nord est ed è in continuità con la sopradescritta Linea Sassuolo – Maranello, circa dall'incrocio SS. 569/ via Grizza ed assecondando l'andamento di detta SS. sino circa all'intersezione della stessa con Via Fonda, prosegue poi in direzione di Solignano dove asseconda la SS. 569 sino all'incrocio con via Santa Liberata dalla quale flette in senso nord est verso Spilamberto.
- *Linea Piumazzo – San Cesario s.Panaro – Cantone – Casinalbo – Magreta - Arceto*: si estende in direzione ovest – est circa secondo le località sopra indicate con andamento arcuato tra S. Cesario e Casinalbo, e rappresenta la parte più settentrionale dei fronti pedeappenninici a cunei embriciati che costituiscono l'assetto antifforme del Fronte di Reggio Emilia – Arceto – Cantone – Piumazzo;

è classificata sovrascorrimento sepolto riattivato; si rinviene nel sottosuolo del territorio 6 km a nord del confine settentrionale di Maranello.

- *Linea San Michele dei Mucchiotti - Fiorano*: si estende in direttrice sud ovest – nord est 1,5 km ad ovest del confine comunale di Maranello ed è classificata sovrascorrimento attivo sepolto
- *Linea Montardone – Monte Tagliata*: si estende in direzione sud ovest – nord est circa tra le località sopraccitate ed è classificata come faglia mio-pliocenica riattivata; si esaurisce in prossimità del confine sud occidentale del territorio comunale di Maranello.

Di dette linee quelle relativamente meno recenti sono rappresentate dalla linea S.Romano – Cervarola Bianca – Monte Tagliata e dalla linea San Cesario – Cantone – Magreta, dalla linea Montardone – Monte Tagliata, costituite da sovrascorrimenti di età pliocenica successivamente riattivate (M. Boccaletti, L. Martelli, 2004).

Risultano essere strutture sepolte attive nel quaternario la fascia delle linee di Sassuolo – Fiorano – Maranello, Maranello – Solignano – Spilamberto, e più a sud la linea San Michele dei Mucchiotti – Marano sul Panaro costituita da Fronte di Accavallamento della Successione Carbonatica Meso – Cenozoica.

5.3 **Attività tettonica**

Le analisi relative alle strutture profonde visualizzate nella *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (M. Boccaletti, L. Martelli; 2004) indicano attività della Linea del Fronte di Accavallamento della Successione Carbonatica Meso – Cenozoica, orientata ovest est circa secondo l'allineamento S. Polo d'Enza – San Michele dei Mucchiotti – Marano sul Panaro e della fascia di faglie con direzione ovest est circa estesa secondo l'allineamento Traversetolo – Scandiano – Sassuolo – Fiorano – Maranello, da quest'ultimo si evidenzia una componente che flette in direzione nord est verso Solignano – Spilamberto.

Nel medesimo elaborato sono inoltre evidenziati epicentri sismici nella zona di Rubiera, tra Fiorano e Maranello a Savignano sul Panaro con $M_w > 5,5$.

Le elaborazioni delle informazioni sugli effetti macrosismici dell'evento tra Maranello e Fiorano (1501) hanno portato all'individuazione di una box sismica (metodo *Gasperini et al. 1999*) che definisce un struttura sismogenetica nel sottosuolo che si sviluppa in direzione ovest est.

Oltre al sopradescritto evento nell'areale circostante Maranello sono individuati epicentri sismici con $M_w \geq 5,5$ 18 km ad est sud est (Savignano sul Panaro) e 15 km a nord est (Rubiera), sono inoltre identificati eventi con $5 \leq M_w < 5,5$ 16 km ad ovest sud ovest (Roteglia), 10 km ad ovest nord ovest (Casalgrande), 15 km a nord (Modena).

L'attività sismica nell'area in oggetto è prevalentemente correlata alle azioni tettoniche compressive e transpressive della fascia deformativa dei fronti di accavallamento delle pieghe delle strutture marginali appenniniche che si estende in direttrice ovest nord ovest – est sud

est, circa secondo l'allineamento Traversetolo/S. Polo d'Enza – Puianello/Vezzano sul Crostolo – Scandiano/Casalgrande – Sassuolo – Fiorano – Maranello; tali fronti costituiscono una fascia con larghezza variabile tra 2 ÷ 4 km ad ovest del F. Secchia e 0,5/1,5 km ad oriente dello stesso.

Una non trascurabile influenza sulla sismicità nel territorio del medio e basso appennino modenese e reggiano è correlata all'attività sismogenetica della zona della Garfagnana.

Nel territorio in analisi la sismicità è principalmente connessa all'attività dei processi deformativi che interessano le strutture nei primi 10/15 km del sottosuolo, pertanto sottostanti la base della coltre ligure, prevalentemente collegati a meccanismi compressivi e trascorrenti che si accumulano nel substrato (formazioni Marchigiane Umbro Romagnole o Toscane) che risentono degli stati tensionali/deformativi che si generano nel basamento pre mesozoico; quest' ultimo, nel quale si originano i principali meccanismi focali, è individuato in base a prospezioni con metodo magnetometrico (AGIP, 1986), a profondità di 12/13 km pc nella zona appenninica (Maranello) ed a -9/-11 km nel territorio di pianura (Modena-Albaretto); l'attività relativa alle deformazioni compressive delle strutture medio profonde (15 ÷ 25-30 km) e profonde (25-30 ÷ > 35 km) è percentualmente inferiore.

6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio di Maranello, compreso circa tra 105/150 m slm nella zona settentrionale, costituita dall'alta pianura, e 150/350/450 m slm nel settore meridionale collinare; ricade prevalentemente nel bacino idrografico del T. Tiepido appartenente a quello del F. Panaro.

Da un punto di vista geomorfologico è suddiviso in due unità morfopaesaggistiche nettamente differenziate; di queste quella settentrionale, formata da depositi di conoide alluvionale, è caratterizzata da assetti sub pianeggianti a blande ondulazioni ovest est e pendenze mediamente comprese tra 1,2/1,5 % declinati in direzione nord, che nell'insieme assume assetto dorsato in verso ovest est.

Il settore collinare meridionale è contraddistinto da morfologie generalmente non accentuate 15°/25° che a zone sono vivacizzate da versanti con pendenze tra 30° e 40° e localmente 40°/50°.

In tale areale, caratterizzato da quote generalmente inferiori a 400 m slm, gli agenti modellanti di maggior influenza sono stati e sono le acque di scorrimento e la gravità e non da ultimo l'uomo che sia in periodi storici che attualmente ha profondamente variato le forme naturali della zona in analisi.

Le azioni che hanno inciso e profondamente modificato le preesistenti morfologie sono state governate dall'avvicinarsi, in epoche passate, di diverse condizioni climatiche che hanno generato notevoli variazioni del livello di base dei fiumi e torrenti che modellavano il paesaggio.

L'agente che localmente ha prodotto le più rilevanti trasformazioni del territorio è il T. Tiepido, affluente del F. Panaro che in passato ha indotto vari fenomeni di cattura (*Anelli 1919; Panizza 1974*) conseguiti a condizioni geologico strutturali.

Detto corso d'acqua unitamente ai torrenti Tiepido, Grizzaga e Fossa, mediante fasi di deposizione erosione, condizionate da progressivi sollevamenti della catena appenninica e variazione delle condizioni climatiche, hanno costituito le omonime conoidi alluvionali generando una paleosuperficie territoriale ad unità alluvionali coalescenti, a blanda inclinazione che, congiuntamente alle conoidi degli altri torrenti e fiumi appenninici, ha formato una macro unità geomorfologica territoriale che si estende in continuità da Piacenza/Parma a Bologna/Forlì/Cesena.

Nella zona di Maranello i depositi alluvionali più antichi: AES₆ Pleistocene medio (0.12/0.22 Ma) sono terrazzati di 30/35 m sia in sponda sinistra che destra del T. Tiepido, rispetto alle attuali quote d'alveo dello stesso ed indicano in tasso di approfondimento medio annuo equivalente a 0.03 cm; i depositi medio recenti AES_{7 a-b}, correlati al periodo wurmiano, dalla fase terminale dello stesso (0.012 Ma) denotano entità di approfondimento medio di 0.05/1.0 cm/anno; i terreni dell'Olocene recente AES₈ (0.03/0.02 Ma - attuale) indicano entità di approfondimento 0.05/0.1 cm/anno.

Le maggiori velocità relative di incisione dei depositi wurmiani sono correlabili alla pronunciata fase regressiva avvenuta in tale periodo (Livello medio del mare -100 ÷ -120 m slm dall'attuale), le minori velocità dell'Olocene recente sono connesse alle fasi di maggior

stabilità relativa delle condizioni climatiche innescatesi con la trasgressione flandriana (12000 anni b.p.).

Dette vicissitudini hanno generato un sistema alluvionale a terrazzi incastrati nelle aree territoriali a settentrione di Torre Maina e di terrazzi a ripiani nel territorio a meridione della stessa.

Tali assetti concordano con gli abbassamenti relativi maggiori della zona a nord dell'allineamento Capoluogo sud – Gorzano nord, correlati sia alla fascia di faglia ivi presente che al tasso di subsidenza dei materiali depositatisi dal Pleistocene superiore e periodi successivi ($0.125/0.08 \div 0.003$ Ma).

A dette modificazioni dell'assetto morfopaesaggistico si sono sommate le azioni antropiche che a luoghi hanno indotto accelerazioni delle intensità dei processi erosivi quali quella esercitata dal T. Tiepido nel periodo 1980/85 causata da attività estrattive nei territori a settentrione di Maranello.

Le morfologie del settore meridionale del territorio comunale, parte a sud dell'allineamento Torre Maina – La Svolta – Casino Amorotti, conseguite alle condizioni ed agenti sopra descritti, sono state fortemente influenzate dalle generali medio scadenti caratteristiche di resistenza meccanica delle litozone presenti, prevalentemente argille/argille limose debolmente marnose – brecce argillose – argille – argilliti, che unitamente alle caratteristiche ed assetti strutturali hanno modellato un territorio con versanti principalmente a medio bassa acclività: $15^\circ/25^\circ$, che a zone si accentuano a $30^\circ/40^\circ$, localmente $40^\circ/50^\circ$, in corrispondenza di fasce di faglia e/o presenza di tipi litologici più resistenti all'erosione: orizzonti arenacei – arenaceo conglomerati delle Argille Azzurre, areniti/alternanze arenaceo pelitiche (ANT₄ – RAN₄).

Questi ultimi aspetti paesaggistici sono prevalentemente presenti nella fascia centro meridionale occidentale dall'area comunale tra Serra Carosa e S. Venanzio, nella zona meridionale tra Gaiano – confine ovest est – Le Sarse – Puianello, a sud – sud est di Poggio Fontana.

In dette zone, in accordo con le medio scadenti caratteristiche meccaniche dei litotipi affioranti, si riscontrano diffusi processi di dissesto sia quiescenti che attivi per frane di tipo complesso e di colata in netta prevalenza ed in subordine di scivolamento. Tali accumuli sono per la maggior parte classificabili di tipo medio: volume $5 \cdot 10^4 \div 2,5 \cdot 10^5$ mc (da Fell, 1994) poco diffusi sono i corpi a volumetria mediamente grande $2,5 \cdot 10^5 \div \cdot 10^6$ mc: quali gli accumuli quiescenti 100/150 m a sud ovest di Gaiano e 200 m ad est di Poggio Fontana, ammassi attivi 200 m ad ovest sud ovest di San Venanzio e 100 m ad est sud est di Il Poggio.

I corpi di frana più imponenti presenti nel territorio, a volumetria molto grande: $10^6 \div 5 \cdot 10^6$ mc, si riscontrano nella zona meridionale tra Le Sarse e Gaiano dove è presente una frana di colata attiva che si sviluppa per la maggior parte sul substrato pelitico arenaceo con prevalenza delle peliti delle Arenarie di Scabiazza ed in subordine sulle Brecce Argillose della Val Tiepido – Canossa e marne sabbiose della Formazione del Termina.

Analoghi corpi a volumetria molto grande sono osservabili al bordo sud occidentale ed occidentale di San Venanzio e 300 m ad ovest sud ovest del medesimo, dove si rilevano due accumuli di tipo complesso quiescenti che si sviluppano sul substrato delle brecce a matrice

argillosa del Membro di Montardone (TER₁) della Formazione del Termina e delle argille – argille limose debolmente marnose delle Argille Azzurre; quello più occidentale di tali accumuli, con nicchia di distacco 150 m a nord ovest di Case Cavani (Il Poggio), è in parte riattivato nella porzione occidentale: 200 m a nord di C. Cavani – 250 m a sud ovest di San Venanzio, da un processo di scivolamento stimabile di volumetria media.

Oltre ai sopra descritti più significativi dissesti si osserva una media – medio bassa diffusione di frane a volumetria piccola quali quelli presenti sul versante nord occidentale della Lucchina e pendio ad ovest della strada San Venanzio – La Svolta.

Sono inoltre riscontrabili, in quantità e diffusione variabile, processi erosivi di ridotto spessore: 1/2.5 m, correlati a carente regimazione delle acque di superficie che si esplicano per processi di tipo lineare o per soliflusso – piccoli fenomeni franosi. I primi di questi sono presenti sul versante a sud di Villa di Quà, 250 m ad ovest di Fogliano, a sud est di Cà Bersana, ad occidente di Serra Carosa, versante a nord est di Rio Piodo, pendio a nord est di Poggio Serra e 300 m ad est di strada Possessione (Poggio Fontana). I dissesti superficiali per soliflusso e piccoli fenomeni franosi, con superfici di neoformazione conseguenti a processi di saturazione/rammollimento dei primi 1/2.5 m del sottosuolo, presentano una diffusione variabile sul settore di territorio comunale meridionale e non significativamente individuabili alla scala cartografica utilizzata.

7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La successione idrogeologica del sottosuolo dell'area comunale di Maranello è stata individuata in base ai dati stratigrafie pozzi messe a disposizione dal Servizio Geologico Sismico e dei suoli RER, dati del Servizio Pianificazione Urbanistica Territoriale e Cartografia della Provincia di Modena, stratigrafie pozzi e sondaggi geognostici – indagini geognostiche forniti dall' Area Tecnica del Servizio Pianificazione e gestione del territorio del Comune di Maranello, prospezioni geofisiche direttamente eseguite per le analisi di Microzonazione Sismica del Comune di Maranello, integrate dal modello litostratigrafico di base identificato nelle sezioni geologiche C.A.R.G. del Foglio 219 Sassuolo, Regione Emilia Romagna.

Per quanto riguarda le analisi relative al livello idrico sotterraneo sono stati utilizzati i dati messi a disposizione da ARPAE: “Valutazione dello stato delle acque sotterranee -2010-2013” Donatella Ferri, Marco Marcaccio, <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/acque/informazioni/documenti/aggiornamento-del-quadro-conoscitivo-di-riferimento-carichi-inquinanti-bilanci-idrici-e-stato-delle-acque-ai-fini-del-riesame-dei-piani-di-gestione-distrettuali-2015-2021>.

7.1 Modello idrogeologico locale

I caratteri litotecnici e l'assetto degli orizzonti permeabili evidenziano che il sottosuolo del territorio di Maranello, costituito dall'unità idrogeologica del T. Tiepido, è formato da un monoacquifero a permeabilità variabile in senso verticale ed orizzontale.

I corpi ghiaioso sabbiosi sono contraddistinti da geometrie tabulari, a spessore differenziato lateralmente, nel territorio a nord della SS di Vignola n°569, e da orizzonti ad assetti spiccatamente lentiformi e tra loro coalescenti nelle aree a sud della suddetta SS sino a Gorzano – Isola che definiscono in tale zona un complesso acquifero formato in netta predominanza da ghiaie – ghiaie sabbiose con subordinate intercalazioni lentiformi di livelli argilloso limosi.

7.1.1 Serie Idrogeologica Locale

In riferimento ai dati RER ed AGIP/ENI ed alle sopra descritte indagini integrative, la successione sedimentaria dei primi 60 ÷ 100 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 complessi delimitati alla base ed alla sommità da discontinuità significative, anche alla scala sub-regionale, che ne consentono la suddivisione in UBSU (Unconformity Bounded Stratigraphic Unit) e quindi in unità stratigrafiche. Queste ultime sono quindi unità, che differiscono da quelle sottostanti e soprastanti per il fatto di essere separate da esse da

superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità.

La successione e gli assetti geometrici dei complessi acquiferi sono visualizzate nello elaborato: Sezioni Geologiche, Tav.1.2.1.

Ciclo deposizionale A0 - complesso acquifero unità geologica AES_{8-8a}:

è correlabile a deposizioni di età olocenica (12.000 anni b.p fino all'attuale.) non evidenzia influenze dei processi deformativi che hanno interessato il bacino padano e la geometria deposizionale è correlabile a variazioni climatiche. Tale unità è praticamente assente nelle zone a meridione della SS per Vignola n°569 ed a settentrione della stessa ha spessori modesti generalmente inferiori a 5 m che tendono ad aumentare in direzione nord e denotano discontinuità in senso laterale; assume le potenze maggiori in corrispondenza dell'alveo di piena straordinaria del T. Tiepido.

In tale unità gli orizzonti ghiaiosi – ghiaioso sabbiosi hanno geometria spiccatamente lentiforme e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche. Gli arricchimenti in componenti fini sia in senso laterale che sulla verticale, costituiscono livelli litologici a bassa permeabilità, che limitano in elevato grado la velocità di circolazione idrica sotterranea orizzontale e l'infiltrazione sulla verticale.

Negli strati ghiaioso sabbiosi presenti nei primi 5/8 m del sottosuolo non è presente falda idrica sotterranea.

Ciclo deposizionale A1 - complesso acquifero unità geologica AES_{7a-b}:

è correlabile a deposizioni avvenute tra 12-14.000 e 125.000 anni b.p. denota l'assenza di influenza di deformazioni correlabili ai processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano ad eccezione di variazioni in spessore ed inclinazioni molto blande alla base, nelle zone a meridione dell'allineamento V.le V. Veneto – Via Fondazza (Gorzano) correlate alla fascia di faglia ivi presente e ad incrementi in spessore dei depositi più grossolani.

Tale unità presenta potenza generalmente compresa tra 15 e 20 m, nel territorio a settentrione di Via A.D. Ferrari – SS n° 569 per Vignola.

Gli orizzonti ghiaiosi – ghiaioso sabbiosi sono insaturi ed evidenziano assetto a maggior grado di continuità laterale e suddivisione con alternanze di livelli limosi argillosi a nord di Via A.D. Ferrari – SS n° 569; a meridione del suddetto allineamento prevalgono nettamente le unità ghiaiose – ghiaioso sabbiose; queste ultime che si assottigliano drasticamente a sud di Via Iacopo da Gorzano evidenziando una netta discontinuità testimoniantes il termine della conoide del T. Tiepido e presenza della zona di faglia che decapita la stessa; si riscontra sino a -10/-15 m pc nelle zone tra V.le V. Veneto – Via Fondazza sino a -15/-20 m pc tra il suddetto allineamento la SS n°569 ed aree a nord della stessa, evidenziando una profondità relativa minore: -15/-17 m pc in tale zona all'incrocio via Martinella/via Manfredini.

Ciclo deposizionale A2 - complesso acquifero Unità geologica AES₆:

è correlabile a deposizioni avvenute tra 125.000 e 200/220.000 anni b.p. localmente denota in pratica l'assenza di influenza di influenze correlabili ai processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano ed evidenzia deformazioni molto blande alla base dell'unità e riduzioni in spessore nelle zone meridionali a sud di V.le V. Veneto - via Fondazza (Gorzano) e tende ad assottigliarsi in direzione occidentale a nelle zone nord orientali. Tale orizzonte presenta potenze comprese tra 25 e 30 m ed una più evidente differenziazione tra i livelli ghiaiosi - ghiaioso sabbiosi e limoso argillosi nel settore di territorio a nord della SS n°569 - Via A. D. Ferrari, tende ad assottigliarsi a 15/20 m in verso sud occidentale; a meridione del suddetto allineamento prevalgono nettamente gli orizzonti ghiaiosi - ghiaioso sabbiosi che a sud V.le V. Veneto - V. Boito - V. Fondazza si riducono rastremandosi rapidamente a 15/10/5 m, evidenziando tra le sopracitate via e Gorzano la terminazione della conoide del T. Tiepido e la presenza della fascia di faglia che decapita la stessa; in queste ultime zone si rinviene sino a -10/-20 m pc e si approfondisce velocemente a -30/-40 m pc a nord di V. Boito - V. Fondazza e sino alla SS n°569; successivamente a quest'ultima, procedendo in direzione nord, si attesta a -45/-50 m pc.

Tale complesso è sede di falda idrica sotterranea a quote sottostanti -22/-27 m pc.

Ciclo deposizionale A3 - complesso acquifero unità geologica AES₅:

è correlabile a deposizioni avvenute 200/210.000 e 300/310.000 ÷ 400.000 (in assenza di A4) anni b.p; denota blanda influenza di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano che tendenzialmente si accentuano debolmente in direzione nord est (nord di Pozza) e si rimarca a sud dell'allineamento V.le V. Veneto - V. Fondazza (Gorzano) assottigliandosi rapidamente a 15/5 m ed esaurirsi a sud di V. Zozi - V. Vandelli (Gorzano) rastremandosi al complesso A2; tali assetti denotano correlabilità con la presenza della fascia di faglia. Detta unità, nella quale le alternanze degli orizzonti ghiaiosi - ghiaioso sabbiosi e limoso argillosi sono ben distinte, a settentrione della SS n°569 presenta spessori generalmente compresi tra 15 e 20 m e che giungono a potenza di 25 m in prossimità del confine comunale nord; a meridione della suddetta SS gli spessori oscillano tra 15 e 10 m riducendosi in direzione meridionale ed i corpi ghiaiosi - ghiaioso sabbiosi prevalgono nettamente diventando coalescenti.

Nella zona a settentrione della SS n°569 giunge a -50/-60 m pc approfondendosi a -70 m pc in direzione nord; a meridione di detta SS si innalza gradualmente a -45/-40-35 m pc sino all'allineamento V. Boito - V. 8 marzo, successivamente a quest'ultimo sale rapidamente a -30 m pc e si esaurisce rastremandosi al complesso A2.

Ciclo deposizionale B - complesso acquifero Sintema Alluvionale Inferiore - AEI:

evidenzia alla base 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 essenzialmente a caratteristiche di ambiente deposizionale.

Presenta generalmente spessori di 30/35 m ed evidente differenziazione tra i livelli ghiaioso – ghiaioso sabbiosi e limoso argillosi nelle zone a nord della SS n° 569; nelle zone a sud della stessa la potenza è praticamente equivalente nel settore centro occidentale –occidentale del territorio comunale ed evidenzia assottigliamenti a 25/15 m nella zona centro orientale; contestualmente in verso sud detto ciclo si arricchisce in intercalazioni ghiaiose.

Gli orizzonti ghiaioso sabbiosi, saturi, sono prevalentemente presenti al tetto dell'unità dove costituiscono il livello di transazione alla soprastante unità A3. Si riscontra sino a -90/-105 m pc nel territorio a nord della SS n°569 ad eccezione del settore più orientale dove risale con discreta rapidità a -80/-65 m pc indicando un innalzamento antiforme del substrato a comportamento relativo più rigido. Nelle zone a meridione della suddetta SS si attesta gradualmente a -90/-80-75 m pc sino all'allineamento V.le V. Veneto – V. Fondazza; procedendo in direzione sud, a meridione di V. Boito – V. Fondazza, si riduce rapidamente in spessore e contestualmente si innalza a -65 m pc denotando l'influenza della fascia di faglia ivi presente; quest'ultima nel settore orientale è meno evidente.

7.2 Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale

L'analisi delle linee generali, dell'assetto dei deflussi idrici delle acque sotterranee è stata eseguita in base alle misurazioni del livello d'equilibrio nei pozzi della rete di controllo ARPAE, RER. messe a disposizione da **Direzione Tecnica Monitoraggio e Reporting Ambientale Unità Sistemi idrici e Suolo** : “*Valutazione dello stato delle acque sotterranee 2010-2013*” (Donatella Ferri - Marco Marcaccio; 2014) presenti nel territorio di Maranello e quelli ubicati nei comuni limitrofi in prossimità dell'area in esame. I dati dei livelli statici e di soggiacenza di detti pozzi al 2013 sono stati confrontati con gli analoghi parametri degli stessi punti di captazione idrica del sottosuolo utilizzati per le elaborazioni della superficie piezometrica nelle analisi di PSC del 2006 (Arkigeo, Dr. Giorgio Gasparini); tale disamina ha evidenziato variazioni territoriali non significative tra i livelli piezometrici di detto anno rispetto quelli del 2013 e pertanto per l'analisi delle direttrici di moto dei flussi idrici sotterranei si è fatto riferimento all'elaborato Tav. 2 del sopracitato PSC.

7.2.1 Assetto piezometrico

Le geometria della superficie piezometrica evidenzia la presenza nel sottosuolo di una falda sub cilindrica a blando assetto conico divergente con direttrici di moto dei flussi idrici sotterranei e di alimentazione orientati sud - sud ovest/nord – nord ovest.

I valori del gradiente idraulico corrispondono mediamente a:

$$i = 1,5 \div 1,6 \cdot 10^{-2}$$

7.2.2 Soggiacenza

La profondità del livello d'equilibrio dell'acqua nel sottosuolo al 2013 è mediamente compresa tra:

$$\Delta H_2O = -22,5 \div -27,2 \text{ m pc}$$

rispettivamente nei pozzi rete Arpae Maranello:

$$\text{MO 60.00 e Fiorano MO 71.01}$$

Tali soggiacenze sono praticamente equivalenti, per tipo di acquifero in esame, a quelle utilizzate nelle elaborazioni piezometriche del PSC 2006.

7.2.3 Conducibilità idraulica acquiferi

In base ai valori di trasmissività e permeabilità medi territoriali, pubblicati da RER, nell'areale al quale appartiene la fascia della conoide del T. Tiepido, sono attribuibili alle unità ghiaiose - ghiaioso sabbiose presenti nel sottosuolo di Maranello, valori medi equivalenti a:

$$T = 5,0^{-3} \div 5,5^{-3} \text{ mq/sec}$$

ai quali competono rispettivamente valori di permeabilità:

$$K = 2,0^{-3} \div 2,3^{-3} \text{ m/sec}$$

Considerando una porosità efficace del 25 % ed un gradiente idraulico

$$i = 1,5^{-3}$$

utilizzando la relazione di *Darcy*:

$$V = Ki/me$$

dove:

V = velocità m/sec

i = gradiente idraulico

e = porosità efficace, %

si ottiene una velocità di deflusso idrico sotterraneo corrispondente a:

$$V = 1,2^{-5} \div 1,38^{-5} \text{ m/sec}$$

ovvero

$$V = 1,04 \div 1,19 \text{ m/g}$$

Tali parametri evidenziano rapida velocità di ricarica dell'acquifero e rapida diffusione nel sottosuolo di eventuali contaminazioni provenienti dalla superficie del terreno.

7.2.4 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica

La condizione al limite dell'acquifero della parte settentrionale territorio desunta elaborazioni del PSC 2006 (*Arkigeo*) è contraddistinta dalle caratteristiche di seguito descritte:

- Limite sud:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite ovest:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite nord:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
- Limite est:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
- Limite di tetto:* nelle aree con presenza di orizzonti argilloso limosi - limoso argillosi nei primi 5 ÷ 7 m dal p.c., si ha un flusso molto basso, praticamente nullo; d'altra parte nei settori in cui detto livello è sostituito da ghiaie e ghiaie sabbiose: fasce di canale fluviale estinto o attivo, 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 – argillosi, a permeabilità molto bassa, alla base del ciclo deposizionale B.

8 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

L'analisi delle caratteristiche litologico tecniche generali del territorio relative ai primi 10 ÷ 20 m del sottosuolo dell'area Comunale di Maranello è stata sviluppata in base agli aspetti geomorfologici, all'esame delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, alle documentazioni e pubblicazioni in materia, Indagine Geologico Ambientale del PSC 2006 (*Arkigeo, Dr. G. Gasparini*).

Le valutazioni delle caratteristiche litomeccaniche dei terreni che formano i primi 5/10 m del sottosuolo sono state sviluppate in modo differenziato tra la parte di territorio di pianura e quello collinare poiché le sollecitazioni alle quali possono essere assoggettati i terreni si verificano secondo stati tensodeformativi nettamente differenti.

Nei settori dell'alta pianura le sollecitazioni si generano sostanzialmente sulla verticale e pertanto le deformazioni dei terreni sono sostanzialmente correlate ai processi di consolidazione sulla verticale.

Nei terreni collinari predominano le tensioni che si sviluppano in senso orizzontale che inducono azioni taglianti nei materiali che formano il sottosuolo. Nel consegue che anche se ad una prima analisi i litotipi indicano valori di resistenza meccanica medi – medio elevati ($N_{20} > 5/8$; $N_{spt} 7/12$) assume importanza principale la presenza o l'assenza di pronunciate differenze di resistenza meccanica sulla verticale poiché tale aspetto può far insorgere deformazioni che si sviluppano sul orizzontale determinando azioni di taglio che possono generare il collasso di parte del versante originando dissesti per frana.

8.1.1 Caratteristiche litotecniche zona di alta pianura

Le indagini geognostiche esaminate, prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH ed SCPT e pesanti DPH, prove penetrometriche statiche CPT, Rm, superati i primi 1/2,5 m dal piano campagna, evidenziano sino a -5/-8 m del sottosuolo, la presenza di terreni caratterizzati da: $N_{20}=5/7$, $N_{sp\text{teq}}=7/10$, $q_{c\text{st}}=18/20$ kgf/cm², ai quali si intercalano o sostituiscono lateralmente, anche sino al piano campagna, orizzonti sabbioso ghiaiosi – ghiaiosi con $N_{20}=16/20$, $N_{sp\text{teq}}=22/28$, $q_{c\text{st}}=20/30$ ÷ > 50 kgf/cm².

Detti parametri litotecnici denotano la presenza di terreni con caratteristiche geotecniche da medio elevate ad elevate e pertanto una qualità per l'utilizzo ai fini edificatori da buona a molto buona.

8.1.2 Caratteristiche litotecniche zone collinari

Le indagini geognostiche analizzate evidenziano la generale presenza di un'unità litotecnica con spessore mediamente variabile da 4 a 6/7 m contraddistinta da $N_{20} = 5/7$ e $q_{c\text{st}} = 20/30$ kgf/cm², alla quale si intercalano locali strati con $N_{20} < 5$ o $q_{c\text{st}} < 15/18$ kgf/cm²;

tale orizzonte è seguito da una seconda unità, caratterizzata da elevati valori di resistenza meccanica: $N_{20} > 20/30$, $q_{c_{st}} > 40/50$ kgf/cmq, a quote sottostanti -5/-7 m pc.

Ne consegue che dette condizioni richiedono accurate valutazioni dei processi deformativi che possono svilupparsi sull'orizzontale e pertanto le stime della possibilità di utilizzo ai fini edificatori sono subordinate all'analisi delle condizioni di stabilità dei versanti.

8.1.3 Suscettività alla liquefazione

Nei terreni che costituiscono i primi 20/22 m del sottosuolo non è presente falda idrica sotterranea e le condizioni litostratigrafiche denotano l'assenza di possibilità di instaurazione di falda acquifera sospesa.

Ne consegue che i terreni che formano i primi 20 m del sottosuolo non sono soggetti a pericolosità di liquefazione.

9 INTERPRETAZIONE ED INCERTEZZE/METODOLOGIA DI ELABORAZIONE DEI RISULTATI

Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio Vs, delle unità litotecniche che costituiscono i primi 40/50 ÷ 60/80 m del sottosuolo, sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione con metodo integrato attivo/passivo Multichannel Analysis Surface Waves - Refraction Microtremor (MASW – Re.Mi), mediante stendimenti ad antenna monodimensionale con lunghezza di 69 m, integrati da verticali puntuali a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

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

Dette indagini, che saranno in maggior dettaglio di seguito elencate, sono state distribuite sul territorio in funzione sia delle finalità di caratterizzazione sismica del capoluogo, degli ambiti urbanizzati e zone suscettibili di urbanizzazione, che delle principali infrastrutture; oltre a queste sono state effettuate ulteriori verticali di acquisizione delle Vs in altri siti al fine di individuare i valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio dei vari tipi di terreni presenti sia dell'alta pianura che nell'area collinare; a tale scopo sono inoltre state utilizzate analoghe prospezioni eseguite nei territori comunali adiacenti o prossimi, con caratteristiche litologiche simili/equivalenti a quelle presenti nella zona di Maranello.

Le indagini effettuate in rapporto all'estensione comunale dell'area di alta pianura sono state organizzate secondo una maglia sub quadrata - sub rettangolare con distanze tra i punti di verticale di indagine che hanno analizzato il territorio per unità di superficie corrispondenti a 0.6/0.7 kmq e localmente 0.8/1.0 kmq.

Nei settori urbanizzati dell'area collinare, a geometria dell'area di impronta degli ambiti edificati irregolare, e nelle fasce di fondovalle, sono stati utilizzati interassi tra le verticali delle prospezioni geofisiche mediamente corrispondenti a 0.3/0.4 km e pertanto esaminando dette zone con un punto di indagine ogni 0.1/0.15 kmq.

9.1 Microtremori con la tecnica HVSr

Le indagini a stazione singola di acquisizione di microtremori ambientali effettuate in 74 punti, distribuiti nell'area comunale con maglia statisticamente rappresentativa, sono state eseguite utilizzando un sismometro GeoBox SARA ad elevata dinamica (24 bits) attrezzato con geofono tridirezionale da 4,5 Hz di frequenza propria ed un analogo strumentazione TROMINO.

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

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

L'elaborazione dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nelle allegate schede "Indagine HVSR" nelle quali 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.

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

Le prospezioni, effettuate in numero di 60, con metodo integrato MASW/Re.Mi., sono state eseguite con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 3 m per una lunghezza totale dell'antenna di registrazione dati in ogni stendimento di 69 m. Tali indagini per le zonazioni dell'area collinare sono state implementate da analoghe prospezioni eseguite in territori comunali prossimi/adiacenti in siti con caratteristiche litologiche analoghe.

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

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

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

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

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

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

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare, tramite un opportuno software, una trasformata bidimensionale "*slowness-frequency*" (*p-f*) che analizza l'energia di propagazione

del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico $p-f$. Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

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

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

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

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

Tale procedura consente di ottenere uno spettro nella banda di frequenza compresa tra i valori di $2 \div 40$ Hz e permette la ricostruzione dell’andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 50-80 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento e densità dei terreni.

L’elaborazione del segnale, consiste nell’analisi dell’energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico $p-f$. Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

Il modello di V_s è modificabile in sede di elaborazione, variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, adattando la curva di dispersione calcolata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

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

10 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

10.1 Carta delle indagini

In riferimento alla valutazione delle caratteristiche litotecniche territoriali è stata effettuata una raccolta dati, mediante un censimento delle indagini geognostiche e geofisiche realizzate per varie finalità nel territorio oggetto di analisi ed in quelli dei comuni confinanti, presso le Amministrazioni Pubbliche Locali: Area Tecnica Servizio Pianificazione e gestione del Territorio Comune di Maranello, Servizio Tecnico Degli Affluenti del Po, database Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione Emilia Romagna, Servizio Pianificazione Urbanistica Territoriale e Cartografia della Provincia di Modena.

In considerazione del contesto geo-litologico in primo luogo sono state considerate, tutte le indagini sismiche di tipo MASW, HVSR DH, prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH e SCPT pesanti DPH e medie DPM, prove penetrometriche statiche CPT Rm, sondaggi meccanici, perforazione per ricerca idrica.

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:

- 21 prove penetrometriche statiche (CPT)
- 3 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM)
- 8 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPH)
- 16 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH)
- 6 prove penetrometriche dinamiche superpesanti - SCPT
- 16 sondaggi meccanici (SM)
- 19 perforazioni per ricerca idrica (PA)
- 1 prova sismica in foro di sondaggio con metodo Down Hole (DH)
- 2 prospezioni a rifrazione attiva ad antenna monodimensionale (MASW)

In riferimento alla caratterizzazione degli ambiti urbanizzati e 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:

- 60 prospezioni di sismica a rifrazione con metodo integrato attivo/passivo ad antenna monodimensionale MASW/Re.Mi.;
- 74 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico (Tav. 1.0) in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale; le prospezioni geofisiche hanno coperto quest'ultimo secondo una maglia sub quadrata – sub rettangolare con lati di 600 ÷ 700 ÷ 1000 m nell'area dell'alta pianura: Capoluogo e sua zona

industriale, Pozza, Gorzano; negli ambiti urbanizzati nella zone collinari e di fondovalle sono stati utilizzati interassi tra i punti di prova di 300 ÷ 400 m.

10.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA

Tale elaborato (Tav. 1.2), realizzato alla scala 1:10.000, derivato dalla cartografia geologica RER, rilevata alla scala 1:10.000, che costituisce la base per i fogli CARG 1:50.000, e dalla cartografia delle aree suscettibili di effetti locali: Tav 2.2 a.4 – 2.2 b.3 – 2.2 b.4, del PTCP della Provincia di Modena, evidenzianti le condizioni del dissesto del territorio, è stato redatto integrando le sopra citate cartografie con i dati dei processi di dissesto acquisiti dal Servizio Geologico e Sismico R.E.R. aggiornati a fine 2015, con rilievi diretti e con i dati ottenuti dalle indagini e prospezioni direttamente effettuate nella zona.

A scala regionale l'areale a cui appartiene il territorio di Maranello, escludendo i depositi alluvionali attuali, è suddivisibile in tre unità litostratigrafiche principali: Successione Neogenico Quaternaria del Margine Appenninico, Successione Epiligure, Dominio Ligure, questi ultimi presenti in percentuale nettamente inferiore.

L'area comunale è costituita in decisa prevalenza dalla successione Neogenico – Quaternaria del Margine Appenninico Padano che caratterizza la parte settentrionale – centro settentrionale del territorio con le Unità Quaternarie Continentali (Sintema Emiliano Romagnolo Superiore ed Inferiore) ed il settore centrale – centro meridionale con le Unità Marine di Transizione (Argille Azzurre).

La fascia meridionale, di estensione areale nettamente inferiore (25%) è costituita dalle formazioni e membri della Successione Epiligure principalmente rappresentate da litozone a breccie argillose – argille marnose (TER₁ – BAI₁₋₂ - MVT) e marnoso sabbiose – marnoso argillose (TER - ANT) ed in subordine da areniti – alternanze pelitico arenacee (PAT – ANT₄ – RAN₄); in tale zona sono altresì presenti all'estremità sud orientale, in percentuale rappresentata inferiore, gli orizzonti argilloso – argillitici e pelitico arenacei, a scadenti caratteristiche di resistenza meccanica, delle Formazioni Pre flysch (AVV - SCB) le prime delle quali in lembi di modesta estensione e le seconde più diffuse al bordo sud orientale.

I primi 20/50 m del sottosuolo della parte settentrionale del territorio e le fasce vallive del T. Tiepido e T. Fossa – T. Grizzaga sono principalmente formati da sequenze ghiaiose – ghiaioso sabbiose da addensate a moderatamente addensate, con intercalati in subordine livelli limosi / limoso argillosi molto consistenti; tali sequenze sono sostituite nel sottosuolo della fascia centrale, circa dall'allineamento V.le V. Veneto – Via Firenze al confine comunale nord, da alternanze in prevalenza limose – limoso argillose molto consistenti con intercalati in percentuale relativa inferiore orizzonti ghiaioso sabbiosi; nelle fasce di pertinenza degli alvei torrentizi prevalgono i depositi ghiaiosi – ghiaioso sabbiosi.

In detti litotipi è assente saturazione da falda idrica sotterranea nei primi 22/28 m dal piano campagna.

I settori centrale e meridionale del territorio sono formati principalmente da litozone coesive sovraconsolidate a caratteristiche di resistenza meccanica da medie: fascia centrale, a medio scadenti – scadenti nel settore meridionale. In quest'ultimo si riscontrano i processi di

dissesto che coinvolgono l'area comunale, che generalmente si manifestano come frane di colata/complesse sia attive che quiescenti a volumetria di tipo medio ($5 \cdot 10^4 \div 2,5 \cdot 10^5$ mc).

Gli accumuli gravitativi di estensione e spessori maggiori si sviluppano nelle litozone pelitico arenacee (SCB) nella zona sud orientale del territorio tra Le Sarse e Rio Piodo, dove è presente una frana complessa attiva di volumetria molto grande, e nel settore occidentale centrale meridionale circa tra Il Poggio ed il Rio Grizzaga dove si riscontano due corpi di frana complessa quiescenti di tipo molto grande.

Sono altresì rilevabili ammassi gravitativi mediamente grandi che si sviluppano in materiali marnosi – brecce argillose tra Gaiano e Rio dei Piodi, ad est – sud est e sud di Il Poggio, a sud est di San Stefano.

La parte centro settentrionale dell'area comunale prevalentemente non è interessata da processi di instabilità ed i corpi di frana sono di volumetria piccola quali quelli osservabili nel versante nord occidentale della Lucchina e quello ed ovest della strada San Venanzio - La Svolta.

10.3 CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEL TERRENO

I settori di territorio di interesse per la pianificazione urbanistica sono stati oggetto di una estesa campagna di prospezioni geofisiche che ha permesso di determinare le caratteristiche dinamiche ed indicazioni sulle proprietà meccaniche dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede delle aree urbanizzate e di previsto sviluppo.

Tali definizioni sono state effettuate in base a:

- 60 prospezioni geofisiche a rifrazione passiva/attiva, con antenna monodimensionale, (ReMi/MASW) con lunghezza di stendimento di 69 m;
- 74 Verticali a stazione singola con acquisizione di microtremiti (HVSR).

Dette indagini geofisiche unitamente a quelle precedentemente effettuate da AA/VV, 2 profili sismici a rifrazione attiva con metodo MASW, 1 verticale sismica in foro di sondaggio con metodo Down Hole, indagini geognostiche, con diffusione discretamente omogenea a tendenziale concentrazione maggiore nei settori urbanizzati nella parte settentrionale del territorio e localizzate nelle aree insediate nella zona collinare, in funzione del tipo di variabilità dei litotipi che formano il sottosuolo dei siti di indagine esaminati, hanno consentito di individuare le caratteristiche dinamiche e litomeccaniche generali degli orizzonti che costituiscono i depositi alluvionali e la profondità del substrato non rigido che soggiace agli stessi, le analoghe peculiarità del substrato roccioso e le caratteristiche dello stesso nel territorio collinare.

Nel contesto delle indagini effettuate, relativamente alle analisi di approfondimento di primo livello, sono risultate significativamente efficienti le verticali con acquisizione di microtremiti con stazione singola: HVSR direttamente eseguite. I dati ottenuti dalle elaborazioni di queste ultime 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 “doppia risonanza” e l’amplificazione del moto del suolo in concomitanza di sollecitazione sismica (effetti di sito), detta tipologia d’indagine ha un elevato grado d’efficienza per individuare, come previsto dal primo livello di approfondimento degli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, le aree con comportamento sismico omogeneo - equivalente.

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

Frequenze Hz	Ampiezze A
$F_0 < 0,5$ Hz	
$0,5 < F_0 < 1$ Hz	
$1 < F_0 \leq 2$ Hz	$A < 2,0$
$2 < F_0 \leq 3$ Hz	$2,0 < A \leq 3,0$
$3 < F_0 \leq 5$ Hz	$3,0 < A \leq 5,0$
$5 < F_0 \leq 10$ Hz	$A \geq 5$
$10 < F_0 \leq 15$ Hz	
$15 < F_0 \leq 19$ Hz	
$F_0 \geq 19$ Hz	

Dette associazioni sono state riportate nella “Carte delle Frequenze Naturali del Terreno” (Tav. 1.4); 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.

In funzione di questa indicizzazione dei risultati è stato possibile valutare la distribuzione delle classi di frequenza e ampiezza sul territorio ed effettuare alcune considerazioni qualitative sull’area oggetto di analisi.

In accordo con le caratteristiche geomorfologico stratigrafiche dell’ area in esame, i valori delle frequenze individuano due macrozone a diverso tipo di risentimento sismico che distingue il territorio dell’alta pianura da quello della collina.

Il primo è prevalentemente caratterizzato da valori con ampiezza $A = 2 \div 3$ e frequenza $F_0 = 0,5 \div 1 \div 1,5$, indicanti profondità del substrato tra $-70/-80 \div -110$ m dal piano campagna, con locali areali contraddistinti da $F_0 = 5 \div 17$ correlabili a zone nel sottosuolo delle quali sono in prevalenza presenti sequenze ghiaiose addensate che irrigidiscono il comportamento dei primi 15/30 m del sottosuolo; questi ultimi individuano una fascia estesa ovest est con maggior presenza percentuale in corpi ghiaioso sabbiosi nella zona centro settentrionale circa da Capoluogo sud a nord Gorzano a sud di Pozza, con tutta probabilità correlabile alla parte di paleoconoide apicale decapitata.

Gli orizzonti litologici presenti nel territorio collinare mostrano un comportamento di risposta non omogeneo dell’interno delle stesse formazioni e che non evidenzia significative differenze dei modi di vibrazione tra le unità marine di transizione e le litozone a brecce argillose – marnoso argillose – pelitico arenacee.

Questi risultati rispecchiano le caratteristiche meccaniche delle formazioni esaminate che frequentemente sono costituite da orizzonti detensionati/fratturati con spessori di 7/10 m e nelle zone meridionali da unità tettonizzate a luoghi ad intensa fratturazione.

Le Argille Azzurre evidenziano generalmente risentimento sismico discretamente omogeneo con valori di $F_0 = 0.9/1 \div 1/1.8$ Hz ed ampiezze prevalenti $A = 2 \div 3$ che a zone si differenziano con valori di frequenza $F_0 = 2 \div 5$ Hz e, localmente, $F_0 = 10/12$ Hz, correlabili a spessori inferiori dell'orizzonte detensionato e/o delle coperture eluvio colluviali ed a luoghi con substrato roccioso a modesta profondità: -2/-4 m pc (HV4/HV16).

Le litozone a brecce argillose e pelitico arenacee presentano generalmente $F_0 = 0.7 \div 0.9/1.0$ Hz in accordo con il loro grado di tettonizzazione che induce l'assenza unità sismotecniche a netto contrasto di impedenza.

10.4 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 Province Autonome, DGR. ER. 1302/2012, e DGR 2193/2015, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, nelle quali sono da effettuarsi approfondimenti di indagini ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento che competono alle condizioni di pericolosità di detti ambiti.

Nell'individuazione e delimitazione delle aree in narrativa oltre alle documentazioni territoriali sono state utilizzate le verticali di indagine geofisica ad antenna mono dimensionale (metodo integrato Re.Mi/MASW) che puntuali a stazione singola (HVSr) direttamente eseguite, per una più attendibile individuazione delle unità litologiche e degli orizzonti sismici caratterizzati da significativi di contrasti di impedenza nei primi 30/40 m del sottosuolo.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS - Tav. 1.3), elaborata in base alle informazioni sopra descritte, costituisce pertanto una zonazione di primo livello di approfondimento di tipo avanzato.

L'individuazione delle zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica è stata sviluppata in base agli elaborati cartografici, prospezioni geognostiche e geofisiche effettuate, integrati con valutazioni redatte con criterio topografico.

Nel contesto delle analisi territoriali inoltre sono state utilizzate le documentazioni della Regione Emilia Romagna, in particolare le carte topografiche di dettaglio, il modello digitale del terreno, la banca dati geologica del territorio comunale, aggiornamento dei processi di frana al 2015, rese disponibili in formato digitale dal *Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli*.

Oltre a ciò si è fatto riferimento alle elaborazioni individuanti i differenti scenari di pericolosità sismica locale e degli effetti locali attesi, di primo livello di zonazione sismica, redatti nell'ambito della variante in materia di riduzione del rischio sismico, Tav. 2.2 a.4 Tav. 2.2 a.5 – Tav. 2.2b.3 – Tav. 2.2b.4 – Tav. 2.2°.4 PTCP della Provincia di Modena.

La delimitazione delle aree a diverse caratteristiche litotecniche è stata redatta in base alla Carta Geologica Regione Emilia Romagna in scala 1:10000, aggiornata al 2015 per i processi individuanti le zone di frana in atto e non in evoluzione; dette cartografie sono state implementate dalle prospezioni geofisiche con metodo sismico a rifrazione e microtremiti e

dalle indagini geognostiche precedentemente effettuate. Queste ultime nel territorio collinare hanno evidenziato presenze di coperture e di orizzonti costituiti da depositi - roccia detensionata, con spessori mediamente variabili tra 3/5 m per le coperture e tra 5/10 m, localmente 12/15 m per gli orizzonti detensionati/fratturati; tali documentazioni hanno comportato localizzate modeste modifiche dei limiti delle coperture e delle zone indicanti presenza di substrato roccioso affiorante / sub-affiorante, visualizzate nelle carte geologiche CARG.ER e delle aree suscettibili di effetti locali del PTCP Modena.

Le disamine delle peculiarità litotecniche sono state integrate dall'analisi d'insieme delle caratteristiche di fragilità delle formazioni litologiche, grado di fratturazione, dalle condizioni di acclività dei versanti.

L'attribuzione delle proprietà del substrato alle classi con diversa velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m del sottosuolo e del relativo contrasto di impedenza, si è attuata in riferimento alle verticali sismiche, direttamente eseguite nel contesto del presente studio e con riferimento ad indagini precedentemente effettuate dallo scrivente e da AA.VV., che hanno esaminato analoghe formazioni affioranti nell'Appennino Modenese, rapportandole alla caratterizzazione litologico - meccanica e grado di fratturazione delle stesse presenti nel territorio di Maranello; si è inoltre utilizzata la carta delle aree suscettibili di effetti locali redatta nel contesto delle analisi di riduzione del rischio sismico del PTCP MO.

Le sopradescritte disamine e documentazioni hanno consentito di individuare ambiti litotecnici contraddistinti da diverse caratteristiche meccaniche e di rigidità, definendo i tipi di risposta sismica locale dei siti con metodo approfondito (Allegato A4 -DGR 2015).

In funzione di quanto esposto, nel territorio di Maranello, sono stati individuati tipi litologici di substrato contraddistinti da velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio $V_s = 500/600 \div 700$ m/sec; nella zona esaminata non sono state riscontrate litozone con velocità $V_s > 800$ m/sec nei primi 30 m dal piano campagna; solo localmente nelle aree di terrazzato AES e AES_{7b}/AES₈ (MASW/Re.Mi 32-36-37-38) sono state rilevate ghiaie addensate con $V_s > 700$ m/sec.

Per la redazione "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) o Carta delle aree suscettibili di effetti locali equivalenti, prevista come elaborato fondamentale al primo livello di approfondimento, sono state ulteriormente approfondite le analisi delle condizioni locali delle porzioni di territorio urbanizzato o suscettibili di trasformazione urbanistiche, al fine di classificare tali aree nelle categorie previste nell'allegato C della D.G.R. 1302/2013, suddividendole in:

Zone stabili

Zone suscettibili di amplificazione locali

Zone suscettibili di instabilità

- **Zone stabili:** non sono presenti nel territorio di Maranello tipi litologici comportamento rigido: $V_s > 800$ m/sec a morfologia sub pianeggiante, indicanti assenza o trascurabilità di possibili effetti di amplificazione locale.

- **Zone suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche, morfologiche locali, variazioni stratigrafiche laterali di scarsa rilevanza, in presenza di substrato a comportamento non rigido: $V_s < 800$ m/sec. affiorante e coperture tali da indurre effetti locali, zone da 1 a 20 e conoide alluvionale di legenda, secondo quanto indicato dai testi di riferimento riportati in premessa, in particolare dall'Allegato 1 della DGR 2193/2015.
- **zone suscettibili di instabilità,** sono rappresentate dalle aree nelle quali oltre ai fenomeni di amplificazione sono attese deformazioni permanenti dei terreni; appartengono a tali zone i depositi di frana attivi $Z_{A_{FR-A}}$, quiescenti: $Z_{A_{FR-Q}}$ di legenda, aree con presenza di substrato molto fratturato/ fasce interessate da deformazioni connesse a faglie non attive e capaci suscettibili di sovrapposizione di instabilità differenti, aree con spessore delle coperture e profondità del substrato variabili sulla verticale e sull'orizzontale. Ai fini delle analisi di microzonazione sismica in tali zone lo strumento urbanistico comunale dovrà richiedere di approfondimenti di terzo livello.

Le delimitazioni delle zone, esposte nella legenda della Tav.1.3, sono così articolate:

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Classe 1 – Aree con substrato subaffiorante con $V_s > 800$ m/sec, assente nel territorio di Maranello.

Classe 2 - Aree con substrato subaffiorante con $V_s < 800$ m/sec e con locali zone potenzialmente soggette ad amplificazione topografica: zone 12-13-14-15-16-17-18-19-20;

effetti attesi: amplificazione per effetti della stratigrafica;

studi richiesti: Valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche litologiche;

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento;

Classe 3 - Aree con presenza di depositi alluvionali/di conioide: zone 1-2-3-4-5-6-7-8-9;

effetti attesi: amplificazione per effetti della stratigrafia, localmente piccoli areali suscettibili di potenziali cedimenti;

studi richiesti: valutazione amplificazione, negli eventuali casi siano presenti materiali a caratteristiche geotecniche scadenti, stima dei cedimenti.

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento in assenza di strati a scadenti caratteristiche geotecniche, nell'eventualità di casi con presenza di questi ultimi terzo livello di approfondimento per stima cedimenti; in presenza di valli strette e spessori non costanti dei depositi alluvionali approfondimenti di terzo livello.

Classe 4 - Aree stabili con presenza di depositi detritici: zone 10-11;

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, cedimenti;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, in presenza di strati compressibili stima dei cedimenti;

microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento in assenza di livelli compressibili, in presenza di questi ultimi terzo livello di approfondimento per stima dei cedimenti; terzo livello di approfondimento in presenza di depositi con spessori variabili lateralmente e/o di pendenza dei versanti $>15^\circ$.

Classe 5 - Aree suscettibili di amplificazione per effetti della topografia (versanti con acclività $>15^\circ$);

effetti attesi: amplificazione stratigrafica e per effetti della topografia, instabilità dei versanti;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione topografico e indagini per caratterizzare V_s ; in caso $V_{s_{30}} > 800$ m/s è richiesta la sola valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche topografiche; in caso $V_{s_{30}} < 800$ m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto sia alle caratteristiche litologiche che a quelle topografiche (come classi 2-4);

microzonazione sismica: come classe 2, classe 4, in funzione del tipo di roccia o depositi presenti, valutazione del coefficiente di amplificazione per effetti della topografia.

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

Classe 6 - Aree potenzialmente instabili e non stabili con presenza corpi di frana: zone $ZA_{FR-A} - ZA_{FR-Q}$;

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, instabilità dei versanti;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche, valutazione del grado di stabilità del versante con metodo pseudostatico o dinamico;

microzonazione sismica: terzo livello di approfondimento.

Classe 7 - Aree potenzialmente instabili interessate da deformazioni correlabili a faglia: zone suscettibili di cedimenti differenziali, aree con presenza di substrato molto fratturato (zona di attenzione per sovrapposizione instabilità differenti);

effetti attesi: amplificazione stratigrafica, cedimenti differenziali, potenziale instabilità dei versanti;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione dovuto a variazione laterale e verticale del grado di rigidità delle rocce e per effetti della topografia, stime dei cedimenti, stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche con metodo pseudostatico o dinamico;

microzonazione sismica: terzo livello di approfondimento.

Nelle aree di cui alla classe 2, zone da 12 a 20 prossime ai bordi superiori di scarpate o poste a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche (5) lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia secondo quanto previsto al punto 2.5, linee guida ICMS parte II volume 1, o a quanto previsto a punto A2.2 dell'allegato A2 della DGR 2193/2015.

Nella classe 1, nell'eventualità di localizzate presenze, nelle successive fasi di pianificazione, dovranno prioritariamente essere determinati gli spessori delle coperture e la

profondità del substrato. Nel caso in cui lo spessore della copertura o la profondità del substrato sia uguale o superiore a 3 m è richiesta la valutazione dell'amplificazione sismica; se l'unità di copertura è orizzontale e con spessore a variabilità laterale molto modesta, per la microzonazione sismica è sufficiente il secondo livello di approfondimento; nel caso in cui lo spessore delle coperture non sia costante ed il substrato non orizzontale o sia a pronunciato grado di variabilità laterale in profondità, per la microzonazione sismica è richiesto il terzo livello di approfondimento.

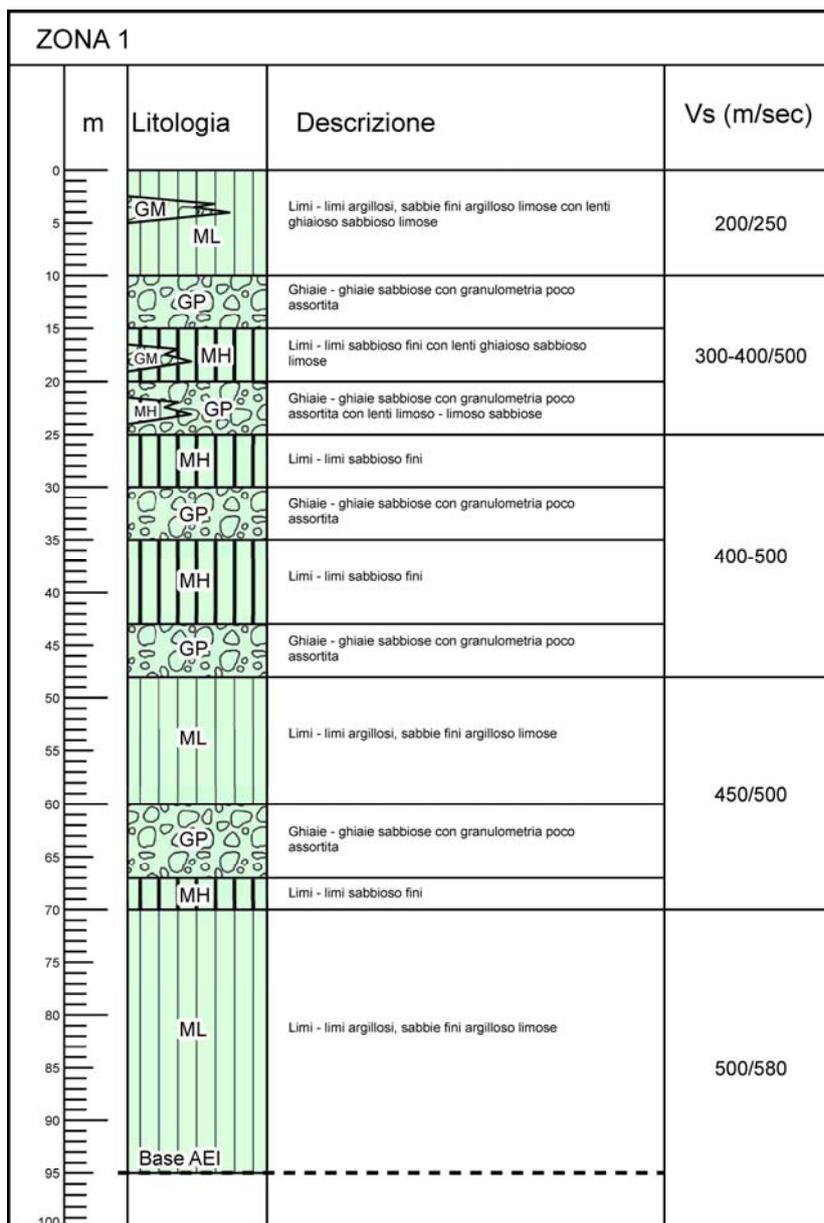
Il terzo livello di approfondimento è comunque richiesto nelle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico e nelle aree individuate nelle carte della Variante in materia di Riduzione del Rischio Sismico del PTCP. MO, come:

- Aree potenzialmente instabili;

qualora si prevedano interventi sul territorio con cambi di destinazione d'uso in zone appartenenti a tale classe.

I modelli geologico strutturali rappresentativi degli assetti che contraddistinguono le aree oggetto di microzonazione sismica, (sviluppi in scala 1:10.000) sono visualizzati nella tavola sezioni geologiche (Tav. 1.2.1).

Il modello litologico stratigrafico e del risentimento sismico che caratterizza le zone a comportamento sismico equivalente, visualizzate nella Tav. 1.3 (MOPS), definito in funzione della profondità del substrato a comportamento non rigido, dello spessore e stato di addensamento dei materiali delle coperture, è schematicamente riassunto nelle colonne litostratigrafiche di seguito riportate.



ZONA 1 (2001) – Depositi alluvionali in alternanze di strati ghiaioso sabbiosi a granulometria da poco a ben assortita e limosi – limoso argillosi, con prevalente percentuale delle componenti fini: 60 ÷ 65%, Vs = 300/500 m/sec per le ghiaie, Vs = 450/550 m/sec per i limi – limi argillosi sabbiosi;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

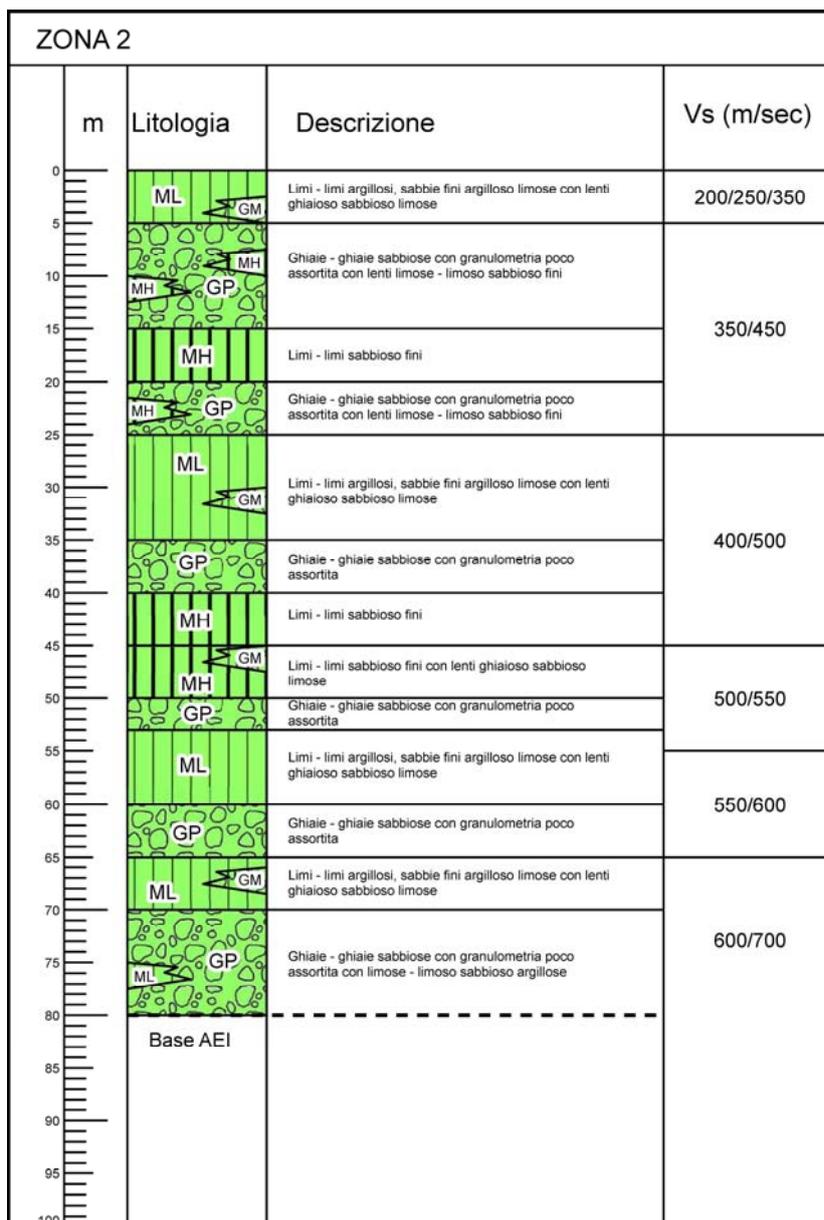
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

FA PGA: 1,5 ÷ 1,6

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,4 ÷ 1,6

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,5 ÷ 1,6



ZONA 2 (2002) – Depositi alluvionali in alternanze di strati ghiaioso sabbiosi a granulometria da ben assortita a poco assortita e limosi – limoso argillosi, con prevalenza delle componenti più grossolane: 55 ÷ 60% nelle zone a sud della sS n.569 di Vignola e delle componenti più fini: 60/65% a settentrione di detta sS; Vs=400/600 m/sec per le ghiaie sabbiose, Vs=400/550 m/sec per i limi – limi sabbiosi;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

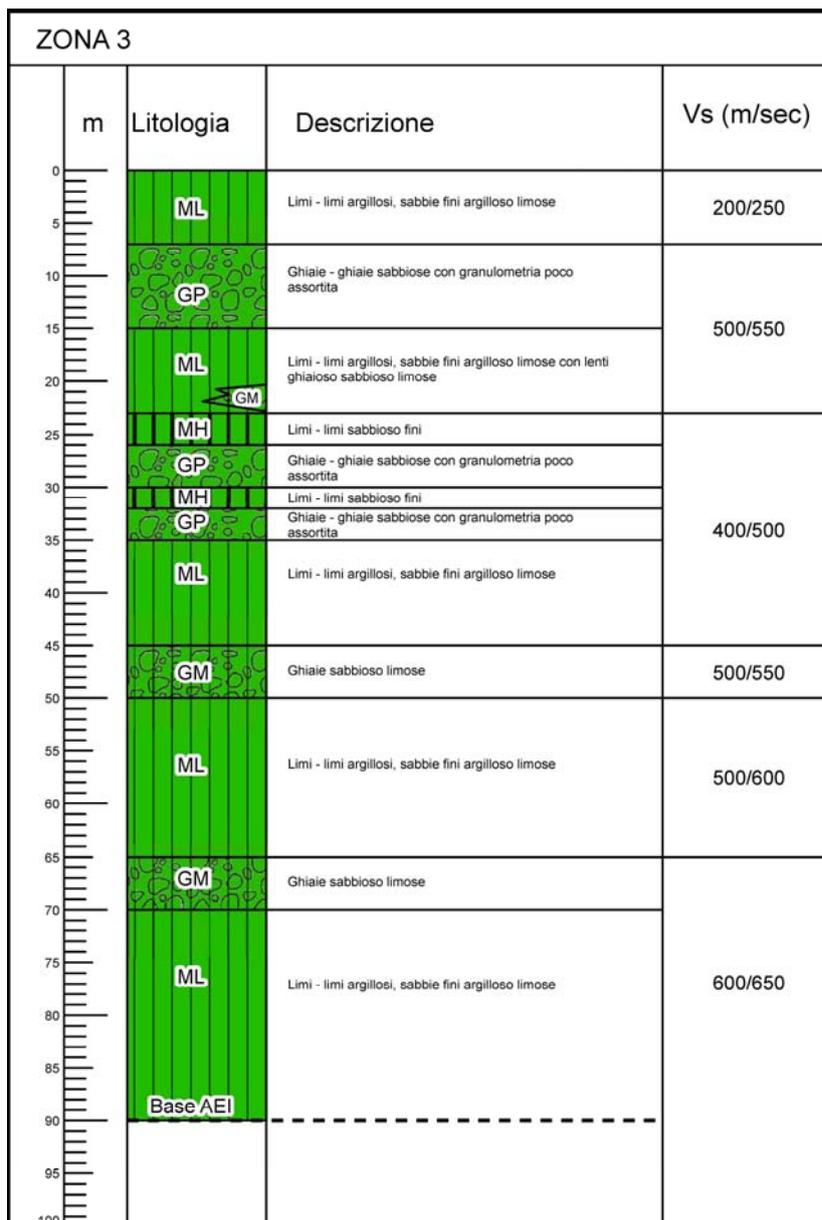
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

FA PGA: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,3 ÷ 1,4



ZONA 3 (2003) – Depositi alluvionali in alternanze di strati ghiaioso sabbiosi con granulometria da ben assortita a poco assortita e limosi – limoso argillosi con prevalenza delle intercalazioni a componenti fini: 60÷70%, Vs=500/550 m/sec per le ghiaie sabbiose, Vs = 500/600 m/sec per i limi – limi argillosi;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

FA PGA: 1,5 ÷ 1,6

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,3 ÷ 1,4

ZONA 4			
m	Litologia	Descrizione	Vs (m/sec)
0 - 5	ML	Limi - limi argillosi, sabbie fini argilloso limose	200/250
5 - 10	GP	Ghiaie - ghiaie sabbiose con granulometria poco assortita	500/550
10 - 12	MH	Limi - limi sabbioso fini	
12 - 14	GM	Ghiaie sabbioso limose	
14 - 16	MH	Limi - limi sabbioso fini	
16 - 20	GP	Ghiaie - ghiaie sabbiose con granulometria poco assortita	350/400
20 - 32	ML	Limi - limi argillosi, sabbie fini argilloso limose	
32 - 34	GM	Ghiaie sabbioso limose	
34 - 36	ML	Limi - limi argillosi, sabbie fini argilloso limose	
36 - 38	GM	Ghiaie sabbioso limose	
38 - 50	ML	Limi - limi argillosi, sabbie fini argilloso limose	400/500
50 - 52	GM	Ghiaie sabbioso limose	
52 - 56	ML	Limi - limi argillosi, sabbie fini argilloso limose	500/550
56 - 62	GP	Ghiaie - ghiaie sabbiose con granulometria poco assortita	
62 - 75	ML	Limi - limi argillosi, sabbie fini argilloso limose	550/580
75 - 80	Base AEI		

ZONA 4 (2004) – Depositi di canale fluviale terrazzati in alternanze di strati ghiaioso sabbiosi a granulometria poco assortita e limosi – limoso argillosi con prevalenza delle componenti più grossolane 70÷75% nei primi 20 m del sottosuolo e delle componenti fini 70% alle quote sottostanti -20 m pc; Vs = 400/550 m/sec per le ghiaie sabbiose – sabbioso limose, Vs = 450/600 m/sec per i limi – limi argillosi;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

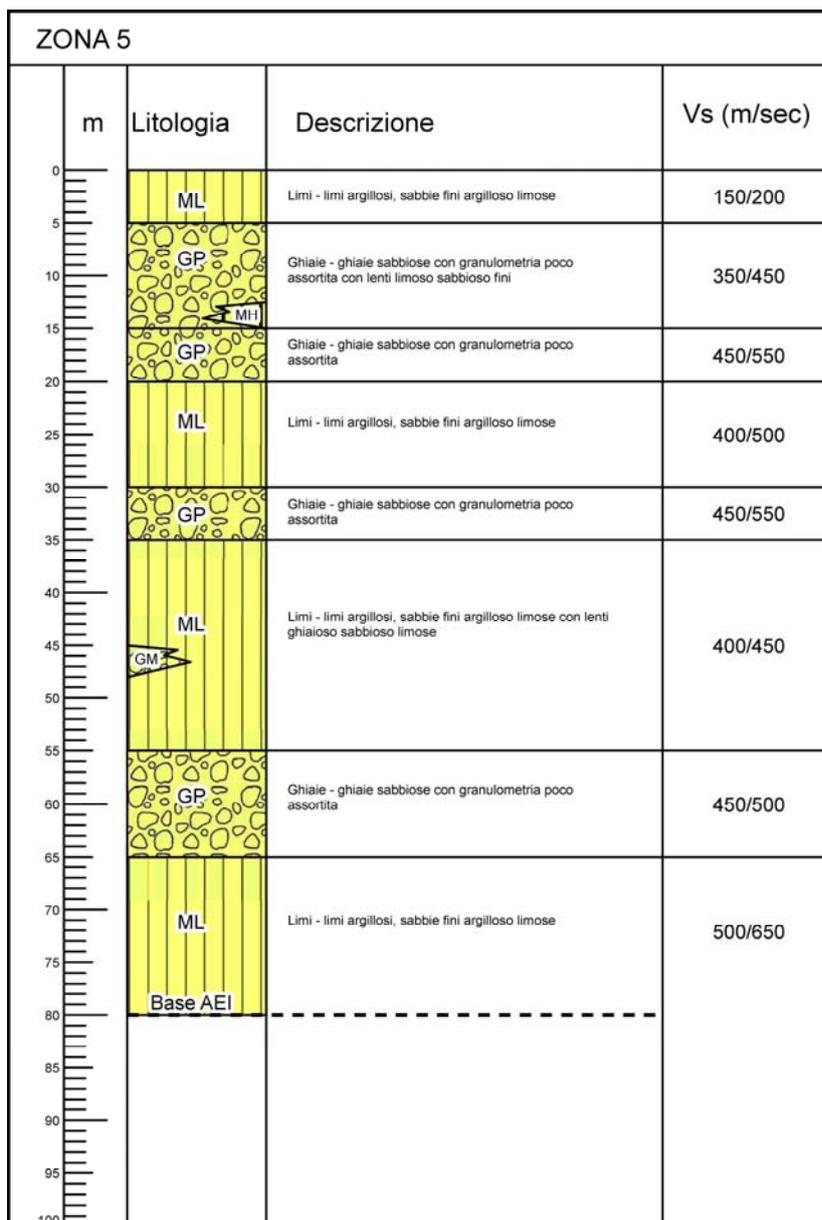
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

FA PGA: 1,1 ÷ 1,2

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,1 ÷ 1,2

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,5 ÷ 1,6



ZONA 5 (2005) – Depositi alluvionali in alternanze di strati ghiaioso sabbiosi a granulometria da ben assortita a poco assortita e limosi – limoso argillosi con prevalenza delle componenti più grossolane 70% nei primi 30/32 m del sottosuolo e delle componenti fini: 70% alle profondità sottostanti 30/35 m dal piano campagna, Vs = 450/550 per le ghiaie sabbiose, Vs = 450/650 m/sec per i limi – limi argillosi;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

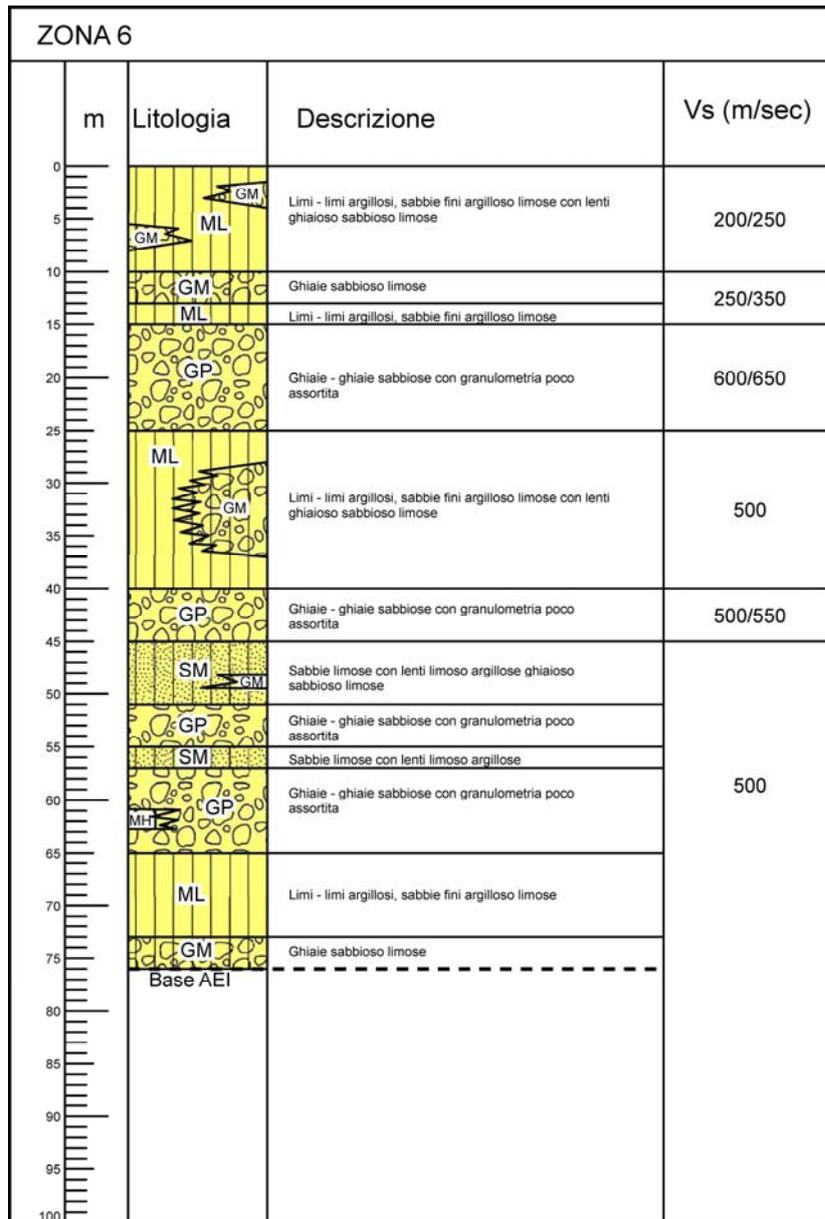
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

FA PGA: 1,2 ÷ 1,3

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,5 ÷ 1,6



ZONA 6 (2006) – Depositi alluvionali in alternanze di strati ghiaioso sabbiosi a granulometria poco assortita e limosi – limoso argillosi con prevalenza delle componenti più grossolane: 60% nei primi 25 m del sottosuolo e delle componenti fini: 65% alle profondità sottostanti 25 m dal piano campagna; Vs = 500/650 m/sec per le ghiaie sabbiose, Vs = 400/500 m/sec per i limi – limi argillosi;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

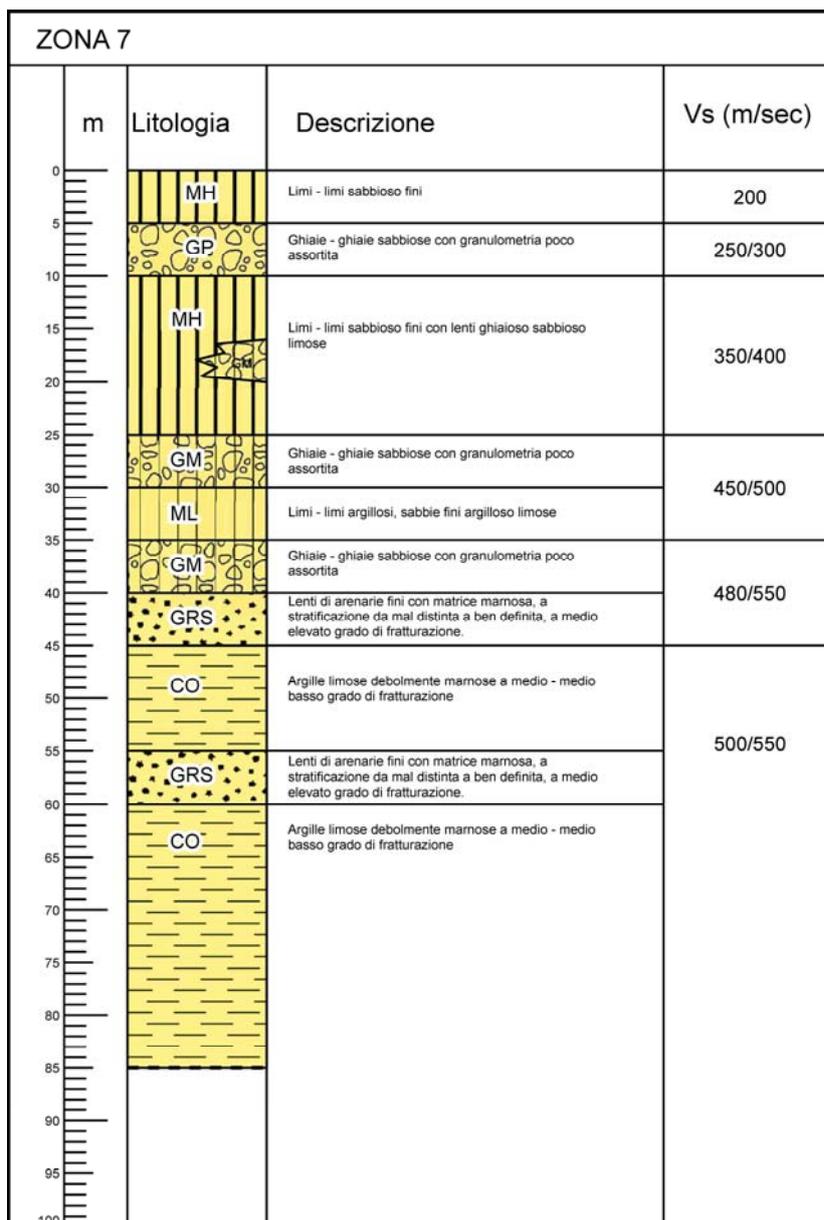
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

FA PGA: 1,5 ÷ 1,6

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,5 ÷ 1,6

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,3 ÷ 1,4



ZONA 7 (2007) – Depositi alluvionali terrazzati in alternanze di strati ghiaioso sabbiosi a granulometria da ben a poco assortita e limosi – limoso argillosi con prevalenza delle intercalazioni più fini 55÷60% nei primi 30/40 m dal sottosuolo, seguiti da substrato prevalentemente argilloso limoso debolmente marnoso, con intercalati strati lentiformi arenacei a profondità sottostanti -40/-45 m pc; Vs = 400/500 m/sec per le ghiaie sabbiose, Vs = 350/450 m/sec per i limi – limi argillosi, Vs= 500/550 m/sec per il substrato argilloso-argilloso limoso debolmente marnoso;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

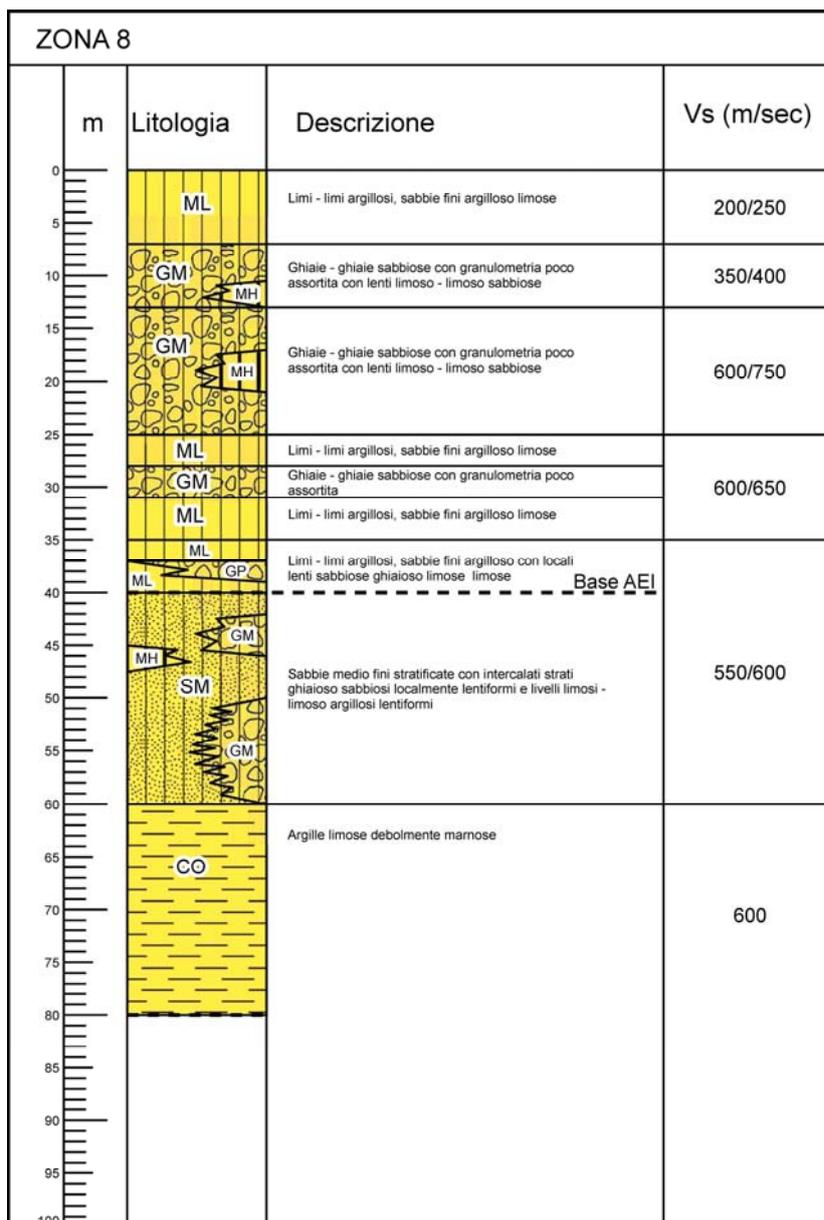
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,1 ÷ 1,2



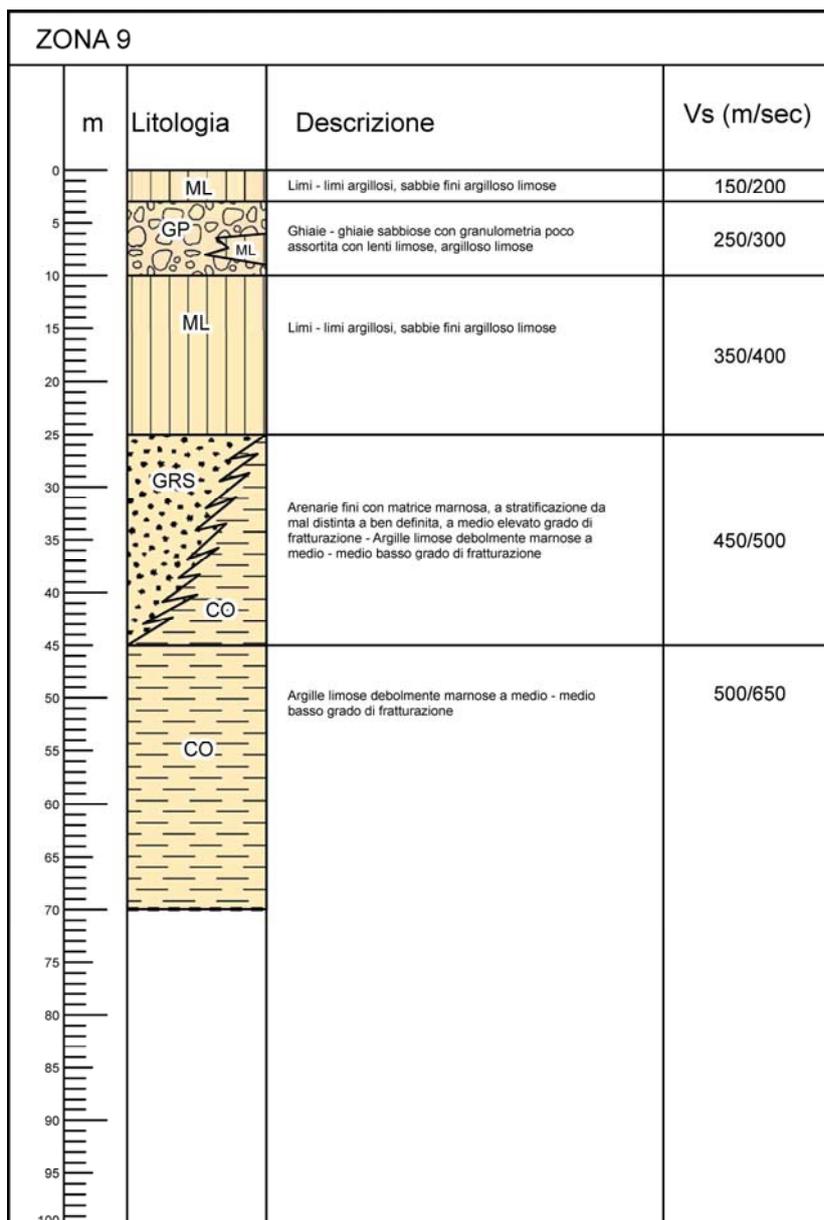
ZONA 8 (2008) – Depositi alluvionali terrazzati in alternanze di strati ghiaioso sabbiosi a granulometria poco assortita e limosi e limosi – limoso argillosi con prevalenza delle componenti più grossolane: 60÷65% nei primi 30 m del sottosuolo e delle componenti più fini: 60÷70% alle profondità sottostanti -30 m dal piano campagna, seguiti nel sottosuolo a quote sottostanti -40 m da sabbie medio fini limose con intercalati strati ghiaioso sabbiosi lentiformi sino a -60 m pc, alle profondità inferiori -60 m pc argille limose debolmente marnose; Vs = 600/700 m/sec per le ghiaie sabbiose, Vs = 500/600 m/sec per i limi – limi argillosi, Vs = 550/600 m/sec per le sabbie fini con lenti ghiaioso sabbiose e per le argille - argille limose debolmente marnose;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

FA PGA: 1,7 ÷ 1,8; **FA.IS 0,1 - 0,5 sec:** 1,5 ÷ 1,6; **FA.IS 0,5 - 1,0 sec:** 1,1 ÷ 1,2



ZONA 9 (2009) – Depositi di canale fluviale terrazzati in alternanze di strati ghiaiosi a granulometria poco assortita e limosi – limoso argillosi con prevalenza delle componenti più fini 75% nei primi 25 m del sottosuolo, seguiti alle profondità sottostanti da argille - argille limose debolmente marnose con intercalate sequenze di strati arenacei con matrice marnosa lentiformi tra -25 e -45 m pc; Vs = 250/300 m/sec per le ghiaie sabbiose, Vs = 350/400 m/sec per i limi argillosi; Vs = 450/650 m/sec per le argille - argille limose debolmente marnose con intercalati strati arenacei;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

FA PGA: 1,7 ÷ 1,8

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,7 ÷ 1,8

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,3 ÷ 1,4

ZONA 10			
m	Litologia	Descrizione	Vs (m/sec)
0 - 5	ML	Limi argillosi - limi sabbioso argillosi con locali clasti argilloso marnosi.	100/150
5 - 20	CO	Argille debolmente marnose localmente siltose detensionate a medio elevato grado di fratturazione.	300
20 - 35	CO	Argille debolmente marnose localmente limose, con locali sottili intercalazioni di strati sabbioso fini a medio basso - basso grado di fratturazione.	500/550
35 - 60	CO	Argille debolmente marnose localmente limose, con locali sottili intercalazioni di strati sabbioso fini a medio basso - basso grado di fratturazione.	550/600
60 - 100			

ZONA 10 (2010) – Depositi eluvio colluviali, limosi – limoso argillosi con spessore di 3/5 m, su substrato argilloso – argilloso limoso debolmente marnoso, localmente sabbioso – argilloso limoso, non stratificato, detensionato sino a -15/-30 m pc, substrato a comportamento non rigido: Vs ≤ 550/600 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,9 ÷ 2,0

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,9 ÷ 2,0

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,1 ÷ 1,2

ZONA 11				
	m	Litologia	Descrizione	Vs (m/sec)
	0	ML	Limi argillosi con locali clasti marnoso limosi.	150/300
	5	CO	Brecce argillose - marni siltose detensionate a medio elevato grado di fratturazione.	300/350
	10	CO	Brecce argillose - marni siltose a medio grado di fratturazione.	450/500
	15	CO	Brecce argillose marnoso siltose a medio basso grado di fratturazione.	500/550
	20			
	25			
	30			
	35			
	40			
	45			
	50			
	55			
	60			
	65			
	70			
	75			
	80			
	85			
	90			
	95			
	100			

ZONA 11 (2011) – Depositi eluvio colluviali con spessore di 3/5 m, su substrato a brecce argillose non stratificato, detensionato e fratturato sino a -10/-15 m pc; substrato a comportamento non rigido: Vs ≤550/550 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

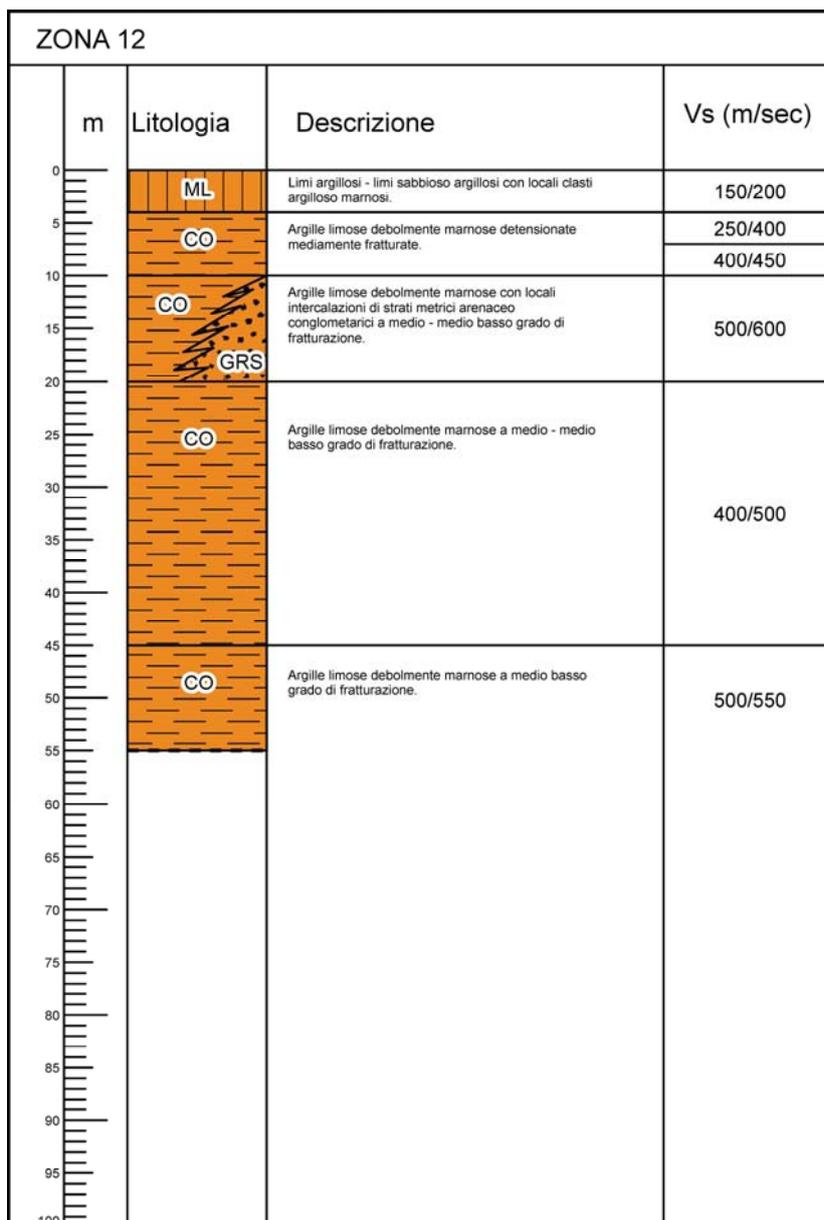
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,5 ÷ 1,6

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,1 ÷ 1,2



ZONA 12 (2012) – Substrato argilloso – argilloso limoso debolmente marnoso, localmente sabbioso argilloso limoso, non stratificato, detensionato e fratturato sino a -10 m pc, contenente lenti arenaceo conglomeratiche tra -10 e -20 m pc, con coperture eluviali limose – limoso argillose con spessore di 3/4 m; substrato a comportamento non rigido: Vs ≤ 500/600 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,1 ÷ 1,2

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,0 ÷ 1,1

ZONA 13			
m	Litologia	Descrizione	Vs (m/sec)
0 - 5	ML	Limi argillosi - limi sabbioso argillosi con locali clasti - clasti marnoso argillosi.	150
5 - 10	CO GRS	Argille limose debolmente marnose a medio - medio elevato grado di fratturazione con locali intercalazioni o sostituzioni laterali di strati lentiformi arenaceo conglomeratici.	250/300
10 - 15	CO GRS	Argille limose debolmente marnose con locali intercalazioni di strati metrici lentiformi arenaceo conglomeratici a medio - medio basso grado di fratturazione.	450/500
15 - 50	CO	Argille limose debolmente marnose con intercalati locali sottili strati sabbioso fini limose a medio basso grado di fratturazione.	450/500
50 - 70	CO	Argille limose debolmente marnose con locali strati sabbioso fini, limosi a basso grado di fratturazione.	500/550
70 - 100			

ZONA 13 (2013) – Substrato argilloso - argilloso limoso debolmente marnoso, non stratificato, detensionato sino a -10 m pc, con intercalati locali strati lentiformi arenaceo conglomeratici che a luoghi sostituiscono le argille - argille limose, con coperture eluviali con spessore di 4/5 m; substrato a comportamento non rigido: Vs ≤ 550/550 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,5 ÷ 1,6

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,5 ÷ 1,6

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,1 ÷ 1,2

ZONA 14				
	m	Litologia	Descrizione	Vs (m/sec)
	0	ML	Limi argillosi - limi sabbiosi argillosi con locali clasti - clasti argilloso marnosi.	110/150
	5	CO	Argille limose debolmente marnose a medio elevato grado di fratturazione.	200/300
	10	CO	Argille limose debolmente a medio - medio basso grado di fratturazione.	450/500
	15	CO	Argille limose debolmente marnose a medio basso grado di fratturazione con intercalati strati metrici lentiformi arenaceo conglomeratici a medio bassa fratturazione.	470/550
	20	GRS		
	25	CO		
	30	CO		
	35	CO		
	40	CO		
	45	CO	Argille limose debolmente marnose a medio basso - basso grado di fratturazione.	500/550
	50	CO		
	55			
	60			
	65			
	70			
	75			
	80			
	85			
	90			
	95			
	100			

ZONA 14 (2014) – Substrato argilloso – argilloso limoso debolmente marnoso, non stratificato, detensionato sino a -10/-20 m pc, con locali intercalazioni di strati metrici lentiformi arenaceo conglomeratici tra -20 e -35/-40 m pc, con coperture eluviali limose – limoso argillose con spessore di 4/5 m; substrato a comportamento non rigido: Vs ≤500/550 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,9 ÷ 2,0

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,7 ÷ 1,8

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,1 ÷ 1,2

ZONA 15			
m	Litologia	Descrizione	Vs (m/sec)
0	ML	Limi argillosi - limi sabbioso argillosi.	100/130
5	CO	Argille limose debolmente marnose detensionate a medio grado di fratturazione.	350/400
15	CO	Argille limose debolmente marnose a medio basso - basso grado di fratturazione con intercalate locali lenti arenaceo conglomeratiche.	500/550
20	GRS		
25	CO	Argille limose debolmente marnose a basso grado di fratturazione.	550/600
30	CO		
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			
70			
75			
80			
85			
90			
95			
100			

ZONA 15 (2015) – Substrato argilloso – argilloso limoso debolmente marnoso, non stratificato, detensionato sino a -15 m pc. con intercalate locali lenti arenaceo conglomeratiche nei primi 25 m del sottosuolo, con coperture eluviali limoso argillose – limose con spessore di 2/3 m; substrato a comportamento rigido: Vs ≤550/600 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,1 ÷ 1,2

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,1 ÷ 1,2

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,0 ÷ 1,1

ZONA 16				
	m	Litologia	Descrizione	Vs (m/sec)
	0	ML	Limi argillosi - limi argilloso sabbiosi.	150/200
	5	CO	Argille limose debolmente marnose ad elevato grado di fratturazione e degradate.	200/250
	10	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio elevato grado di fratturazione.	250/350
	15	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	400/450
	20	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	450/500
	25	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	500/550
	30	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	35	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	40	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	45	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	50	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	55	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	60	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	65	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	70	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	75	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	80	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	85	CO	Argille limose debolmente marnose a medio - medio basso grado di fratturazione.	
	90			
	95			
	100			

ZONA 16 (2016) – Substrato argilloso – argilloso limoso debolmente marnoso, non stratificato, degradato e fratturato sino a -10/-20 m pc, con coperture eluviali limoso argillose con spessore di 4/5 m; substrato a comportamento non rigido: Vs ≤500/550 m/sec; *effetti attesi*: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche; *studi richiesti*: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche; *microzonazione sismica*: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,5 ÷ 1,6

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,5 ÷ 1,6

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,1 ÷ 1,2

ZONA 17				
	m	Litologia	Descrizione	Vs (m/sec)
	0	ML	Limi - limi argillosi.	200/250
	5			
	10	CO	Brecce argillose - marne sabbiose con locali intercalazioni di sottili strati arenaceo detensionate a medio - medio elevato grado di fratturazione.	350/450
	15			
	20	CO	Brecce argillose - marne sabbiose, con locali intercalazioni di sottili strati arenaceo detensionate, a medio basso grado di fratturazione.	500/550
	25			
	30			
	35			
	40	CO	Brecce argillose - marne sabbiose, con locali intercalazioni di sottili strati arenaceo detensionate, a medio basso - basso grado di fratturazione.	550/600
	45			
	50			
	55			
	60			
	65			
	70			
	75			
	80			
	85			
	90			
	95			
	100			

ZONA 17 (2017) – Substrato a brecce argillose – marne siltose con locali intercalazioni di sottili strati arenacei, non stratificato, detensionato sino a -15/-20 m pc, con coperture eluvio colluviali con spessore di 3/8 m; substrato a comportamento non rigido Vs ≤500/550 m/sec;
effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;
microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,5 ÷ 1,6

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,1 ÷ 1,2

ZONA 18				
	m	Litologia	Descrizione	Vs (m/sec)
	0	ML	Limi - limi argillosi.	100
	5	CO	Brecce argillose ad elevato grado di fratturazione e degradate.	150
	10	CO	Brecce argillose con intercalate lenti mamoso siltose ad elevato grado di fratturazione.	200/250
	15	CO	Brecce argillose con intercalate lenti mamoso siltose ad elevato grado di fratturazione.	250/300
	20	CO	Brecce argillose con intercalate lenti mamoso siltose ad elevato grado di fratturazione.	250/300
	25	CO	Brecce argillose con intercalate lenti mamoso siltose ad elevato grado di fratturazione.	250/300
	30	CO	Brecce argillose con intercalate lenti mamoso siltose ad elevato grado di fratturazione.	250/300
	35	CO	Brecce argillose con intercalate lenti mamoso siltose ad elevato grado di fratturazione.	250/300
	40	CO	Brecce argillose con lenti mamoso siltose a medio grado di fratturazione.	300/350
	45			
	50			
	55			
	60			
	65			
	70			
	75			
	80			
	85			
	90			
	95			
	100			

ZONA 18 (2018) – Substrato a brecce argillose non stratificato, ad elevato grado di fratturazione e degradato sino a -10 m pc, e fratturato sino a -35 m pc, con coperture eluviali con spessore di 3/4 m; substrato a comportamento non rigido: Vs<400 m/sec; zona con diffusa presenza di faglie;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,7 ÷ 1,8

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,9 ÷ 2,0

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,9 ÷ 2,0

ZONA 19			
m	Litologia	Descrizione	Vs (m/sec)
0	ML	Limi - limi argillosi.	150
5	CO	Brecce argillose contenenti clasti calcarei - calcareo mamosi, siltitico arenacei ad elevato grado di fratturazione e degradati.	250/300
10			
15			
20			
25	CO	Brecce argillose contenenti clasti calcarei - calcareo mamosi, siltitico arenacei ad elevato grado di fratturazione.	270/300
30			
35			
40	CO	Brecce argillose contenenti clasti calcarei - calcareo mamosi, siltitico arenacei a medio elevato - medio grado di fratturazione.	350/400
45			
50			
55			
60			
65			
70			
75			
80			
85			
90			
95			
100			

ZONA 19 (2019) – Substrato a brecce argillose non stratificato, ad elevato grado di fratturazione e degradato sino a -25/-30, con coperture eluviali con spessore di 3/4 m, substrato a comportamento non rigido: Vs ≤400 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

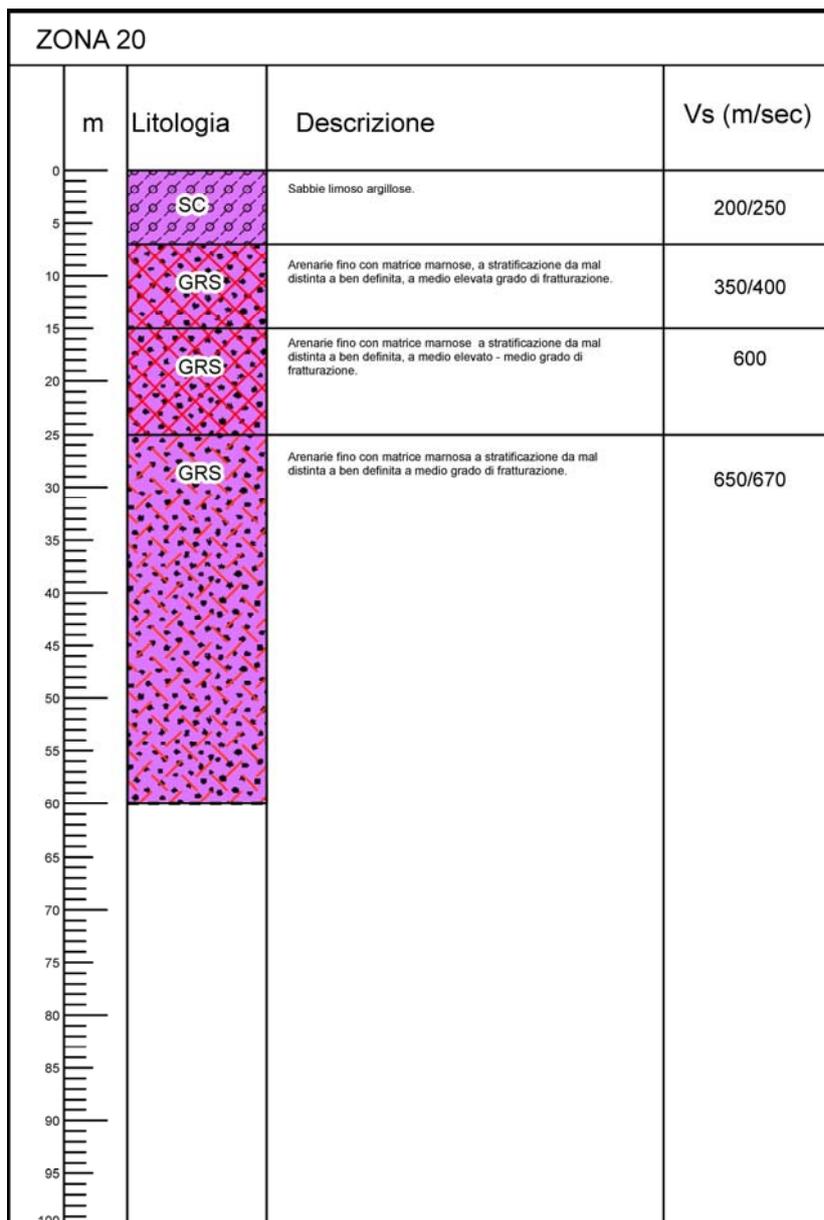
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,5 ÷ 1,6



ZONA 20 (2020) – Substrato arenitico in matrice marnosa a stratificazione da mal distinta a ben distinta a medio elevato di fratturazione sino a -25 m e medio a profondità sottostanti, con coperture eluviali colluviali con spessore di 5/7 m; substrato a comportamento non rigido: Vs ≤650/670 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

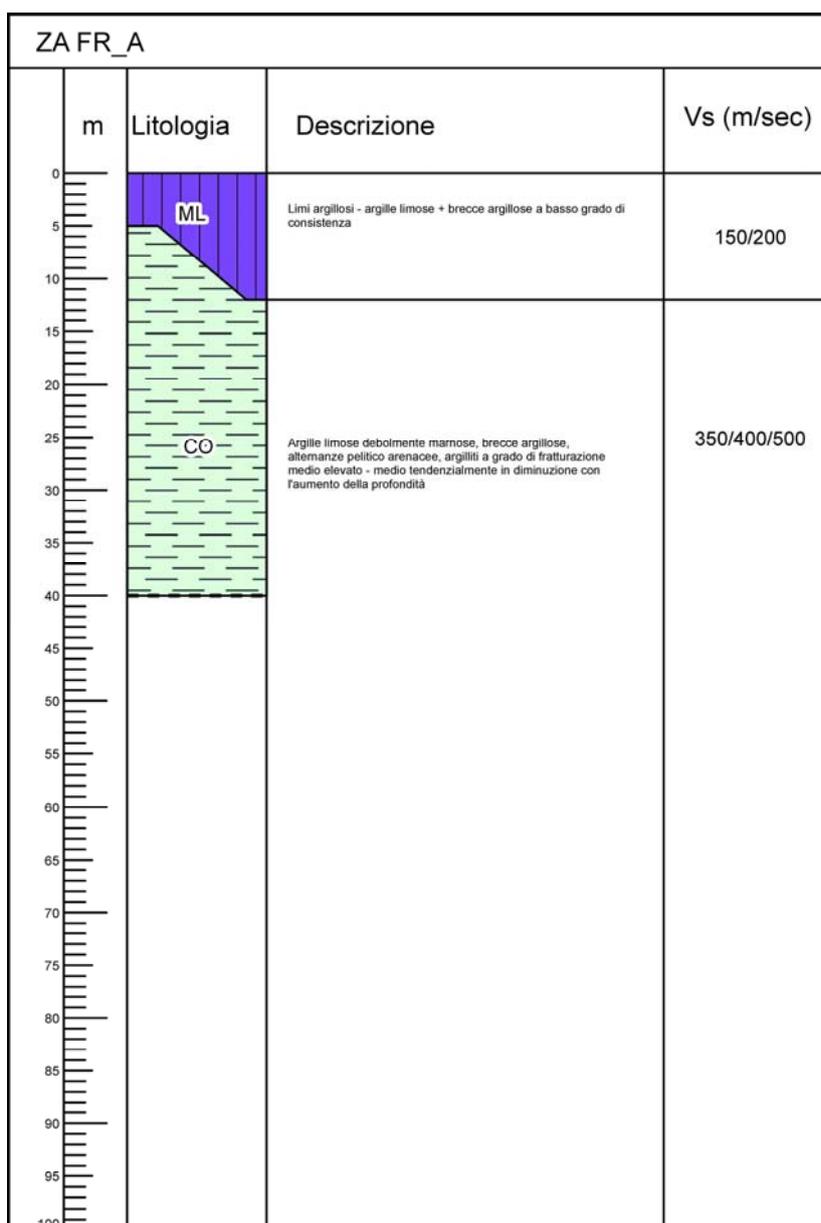
studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

FA PGA: 1,5 ÷ 1,6

FA.IS 0,1 - 0,5 sec: 1,3 ÷ 1,4

FA.IS 0,5 - 1,0 sec: 1,1 ÷ 1,2

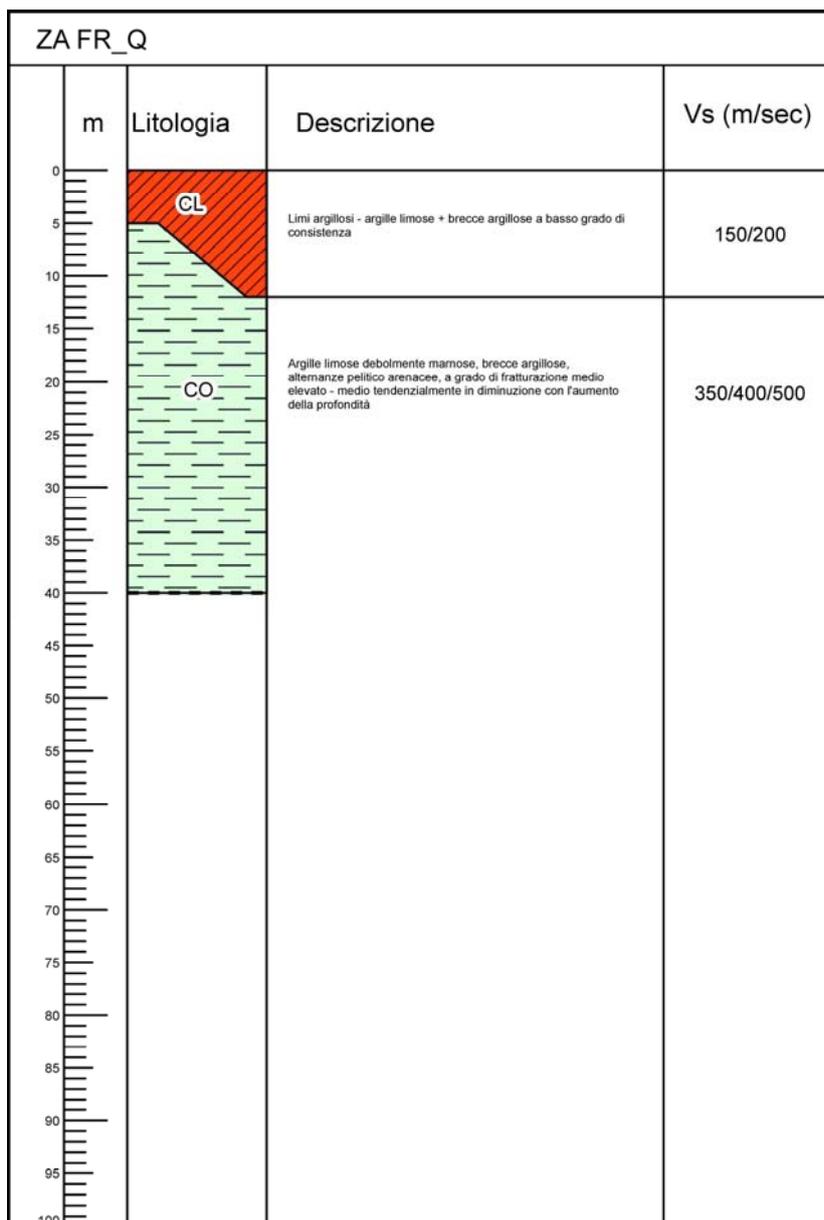


ZA_{FR_A} (301x) – Accumuli di frana attivi di colata – complessi in prevalenza e di scorrimento in subordine, eterometrici a granulometria dalle argille limose ai blocchi e massi, con spessori di 5/12 m e Vs = 150/200 m/sec, su substrato argilloso – argilloso limoso debolmente marnoso – breccie argillose – alternanze pelitico arenacee – argilloso marnoso, con Vs = 350/400/500 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litologico stratigrafiche e variazione laterale del grado di rigidezza, instabilità;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione litostratigrafico, valutazione del grado di stabilità in condizioni statiche e dinamiche con metodo pseudostatico o dinamico;

microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.



ZA_{FR_Q} (302x) – Accumuli di frana quiescenti di colata – complessi in prevalenza e di scorrimento in subordine, eterometrici a granulometria dalle argille - argille limose ai blocchi e massi con spessori di 5/12 m e Vs = 150/200 m/sec, su substrato argilloso – argilloso limoso debolmente marnoso – breccie argillose – alternanze pelitico arenacee – argilloso marnoso, con Vs ≤ 350/400/500 m/sec;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litologico stratigrafiche e variazione laterale del grado di rigidezza, instabilità;

studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione litostratigrafico, valutazione del grado di stabilità in condizioni statiche e dinamiche con metodo pseudostatico o dinamico;

microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello; nei casi di pendenza >15° valutazione dell'amplificazione per gli effetti della topografia.

10.4.1.1 Sintesi modello litostratigrafico

Le colonne litostratigrafico-sismiche evidenziano generalmente risentimenti sismici inferiori, di grado basso – medio basso, nelle zone in cui prevalgono le intercalazioni in strati ghiaiosi – ghiaioso sabbiosi (AES_{8-8a-7b-6} zona w) nelle aree dell’alta pianura, analoghi risentimenti denotano le litozone arenitiche, ad alternanze arenaceo pelitiche (ANT₄ – RAN₄) ed argillose – argilloso marnose con intercalate lenti arenaceo conglomeratiche (FAA); risentimenti sismici di grado medio basso contraddistinguono le litozone arenitiche in matrice marnosa e litozone a brecce a matrice argillosa con clasti marnosi di siltiti ed arenarie (PAT-MVT) del territorio collinare; effetti di grado medio, caratterizzano le alternanze limoso argillose e ghiaioso sabbiose nelle quali predominano gli orizzonti limoso argillosi nel territorio di alta pianura (AES_{8-7a} - AES terrazzi intravallivi); equivalenti risentimenti evidenziano le litozone prevalentemente argillose – argilloso limose debolmente marnose, marnose – marnoso argillose (FAA-ANT) e quelle arenaceo conglomeratiche di spessore non rilevante intercalate alla base degli orizzonti argilloso limosi delle Argille Azzurre (FAA_{ac}); risentimenti sismici medio elevati denotano le alternanze di orizzonti argillosi – argillosi ghiaiosi e ghiaiosi con prevalenza delle componenti fini e spessore inferiore a 35/40 m dei depositi di conoide antica terrazzati presenti al bordo centro orientale del territorio comunale (AES₆) e dei depositi alluvionali intravallivi nella valli strette (AES_{8 - 8a}); equivalenti effetti nell’area collinare caratterizzano le litozone a brecce argillose, argille marnose, argille – argilliti (BAI₁₋₂ – MMP - AVV); risentimenti sismici di grado elevato contraddistinguono le alternanze pelitico arenacee prevalentemente pelitiche ed a brecce argillose (SCB- TER₁) ad elevato grado di fratturazione presenti nella zona meridionale orientale del territorio comunale collinare.

11 SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo e terzo livello di approfondimento prevedono la conferma e l'eventuale ridefinizione dei limiti delle aree oggetto di microzonazione sismica individuate dalla carta MOPS, effettuando la suddivisione in dettaglio del territorio in funzione di un indice quantitativo che definisce, in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche, l'amplificazione sismica attesa ($T_r = 475$ anni; $\zeta = 5\%$).

Contestualmente alla classificazione del territorio con analisi di risposta sismica locale, nel presente studio di microzonazione sismica determinata con codice di calcolo *Proshake*, tale elaborazione definisce, per le zone esterne agli sviluppi, le aree nelle quali sono necessari gli approfondimenti di terzo livello indicando le disamine da effettuare.

11.1 Definizione degli input sismici

L'analisi della pericolosità sismica del territorio comunale è stata sviluppata in base al modello di studio – elaborazione per la definizione della pericolosità sismica a scala locale proposto da *Marcellini et alii (1998)*¹.

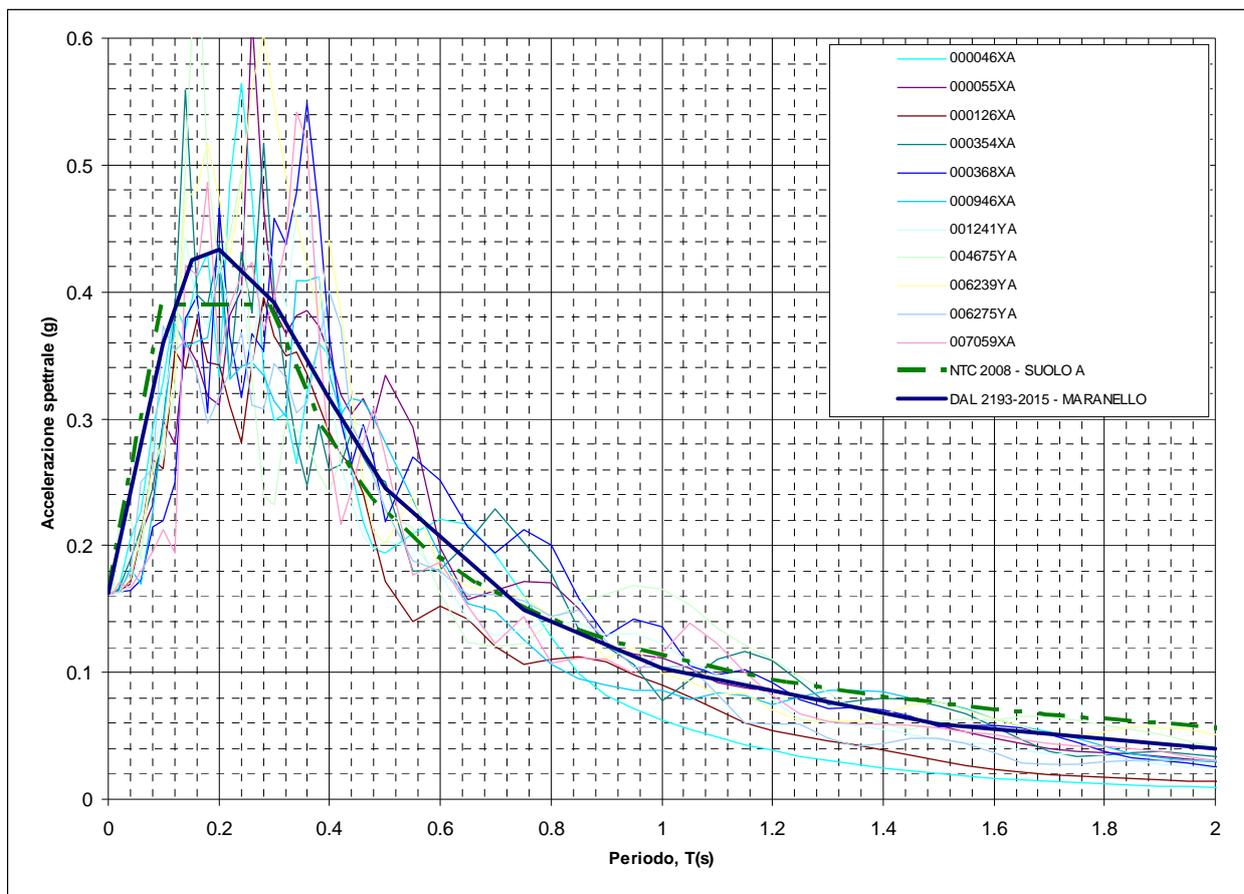
Tale schema prevede:

- *Caratterizzazione della pericolosità sismica a scala locale*: attuata mediante la definizione dello scuotimento al bedrock col 10% di probabilità di almeno una eccedenza in 50 anni mediante metodologia di tipo probabilistico.
- *Scelta dei moti di riferimento*: attraverso la selezione di accelerogrammi reali da banche dati attraverso la comparazione degli spettri di risposta con quello determinato con metodo probabilistico.
- *Parametrizzazione geotecnica e sismostratigrafica dei terreni*: attraverso la definizione sismostratigrafica e litotecnica delle varticali 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.

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

¹ 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.

forma normalizzata \pm la deviazione standard. Tale procedura ha portato alla selezione di 11 accelerogrammi di input, tre dei quali presenti nella banca dati approntata dalla Regione Emilia Romagna, disponibili al sito internet <http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/sismica.htm> (accelerogrammi 000046xa, 000126xa, 000354xa), due ottenuti da selezione nel database internazionale "European strong-motion databse" <http://www.isesd.hi.is/> (accelerogrammi 000946xa, 001241ya) e sei derivati dalla definizione di accelerogrammi di riferimento per l'argine destro del Po redatta da A. Marcellini, D. Albarello, D. Gerosa (accelerogrammi 000055xa, 000368xa, 004675ya, 006239ya, 006275ya, 007059xa) messi a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna per le analisi di microzonazione sismica dei Comuni di Correggio, Nonantola, Maranello.



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.

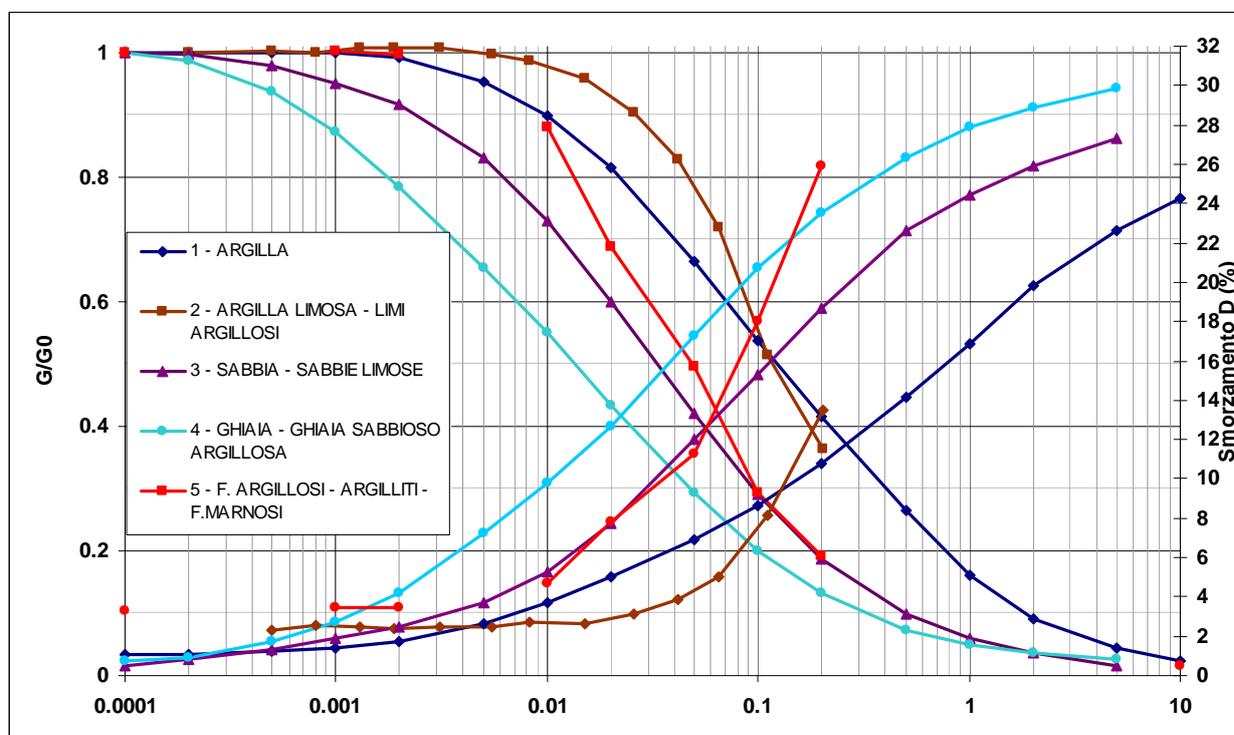
11.2 Comportamento non lineare dei terreni

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*
- Terreno tipo 4 - Litotipi prevalentemente ghiaiosi- ghiaioso argilloso sabbiosi: *Seed et alii (1991) - Principal geotechnical aspects of the 1989 Loma Prieta earthquake. Soil and Foundations, Vol. 31, No. 1, 1-26.*
- Terreno tipo 5 - Litotipi di substrato prevalentemente argillitici/marnosi: *Servizio Sismico Nazionale (2003) - Microzonazione sismica di S. Giuliano*

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.

Nelle verticali che non hanno raggiunto detta velocità è stato considerato un aumento proporzionale all'ultimo tratto di curva sperimentale. Ai sismostrati con valori di V_s interpolati maggiori di 500 m/sec (elevata rigidità) e nel bedrock sismico ($V_s=700$ m/sec) è stato considerato trascurabile l'effetto di decadimento dovuto al comportamento non lineare

dei terreni, quindi si è considerato un comportamento elastico con smorzamento lineare costante desunto da dati bibliografici (Vinale et al., 1996).

11.3 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 3.0 "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
8	1	220	92	18.6	-	-
23	4	320	199	19.1	-	-
40	5	480	467	19.9	-	-
56	-	550	632	20.5	1.8	-
65	-	560	659	20.6	1.7	-
80	-	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
3	2	130	31	18.2	-	-
2	1	290	163	19	-	-
7	4	340	226	19.2	-	-
17	5	490	488	20	-	-
49	-	510	533	20.1	2.0	-
62	-	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
4	1	200	75	18.5	-	-
4	1	260	130	18.8	-	-
2	4	470	447	19.9	-	-
16	5	560	659	20.6	-	-
24	-	570	686	20.7	1.7	-
90	-	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
13	5	370	270	19.4	-	-
13	-	560	659	20.6	1.7	-
27	-	570	686	20.7	1.7	-
32	-	580	713	20.8	1.6	-
55	-	600	771	21.0	1.5	-
		700	1099	22.0	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
5	2	130	31	18.2	-	-
13	4	300	174	19.0	-	-
16	-	550	632	20.5	1.8	-
13	-	560	659	20.6	1.7	-
18	-	570	686	20.7	1.7	-
75	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	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
6	2	200	75	18.5	-	-
15	1	260	130	18.8	-	-
35	5	460	427	19.8	-	-
26	5	490	488	20.0	-	-
33	-	520	557	20.2	1.9	-
25	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	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	2	130	31	18.2	-	-
17	1	280	151	18.9	-	-
41	5	520	557	20.2	-	-
54	5	540	606	20.4	-	-
80	-	560	659	20.6	1.7	-
105	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	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
3	2	140	36	18.2	-	-
11	1	250	119	18.8	-	-
31	4	420	352	19.6	-	-
13	5	470	447	19.9	-	-
27	-	520	557	20.2	1.9	-
25	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	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
9	1	200	75	18.5	-	-
11	1	340	226	19.2	-	-
3	4	420	352	19.6	-	-
28	5	470	447	19.9	-	-
34	-	520	557	20.2	1.9	-
30	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	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
5.5	2	160	48	18.3	-	-
5.5	1	280	151	18.9	-	-
10	5	460	427	19.8	-	-
31	5	500	510	20.0	-	-
38	-	520	557	20.2	1.9	-
50	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	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
4	2	170	54	18.4	-	-
3	1	250	119	18.8	-	-
4	4	400	318	19.5	-	-
21	5	410	335	19.6	-	-
33	5	490	488	20.0	-	-
30	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	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
4.5	1	200	75	18.5	-	-
5.5	3	470	447	19.9	-	-
11	4	590	742	20.9	-	-
25	5	420	352	19.6	-	-
19	-	450	408	19.8	2.3	-
35	-	500	510	20.0	2.0	-
40	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	1.0	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
5	2	150	42	18.3	-	-
5	3	300	174	19	-	-
8	1	270	140	18.9	-	-
23	4	400	318	19.5	-	-
35	5	480	467	19.9	-	-
29	-	600	771	21	1.5	-
-	-	700	1099	22	0.5	Outcrop

Verticale R14						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
10	1	210	83	18.6	-	-
20	4	380	286	19.4	-	-
6	5	520	557	20.2	-	-
17	-	560	659	20.6	1.7	-
10	-	580	713	20.8	1.6	-
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
8	1	210	83	18.6	-	-
8	4	400	318	19.5	-	-
4	5	510	533	20.1	-	-
6	-	530	581	20.3	1.9	-
34	-	560	659	20.6	1.7	-
20	-	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
4.5	2	170	54	18.4	-	-
23.5	5	480	467	19.9	-	-
29	-	510	533	20.1	2.0	-
9	-	560	659	20.6	1.7	-
14	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
6	2	140	36	18.2	-	-
3	5	410	335	19.6	-	-
35	-	490	488	20.0	2.1	-
31	-	520	557	20.2	1.9	-
35	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
7	2	160	48	18.3	-	-
9	5	520	557	20.2	-	-
36	-	480	467	19.9	2.1	-
38	-	500	510	20.0	2.0	-
40	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
7	1	280	151	18.9	-	-
4	3	330	213	19.2	-	-
7	4	360	255	19.3	-	-
23	5	390	302	19.5	-	-
14	-	480	467	19.9	2.1	-
20	-	500	510	20.0	2.0	-
30	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
2	2	110	22	18.1	-	-
10	1	200	75	18.5	-	-
8	5	480	467	19.9	-	-
2	-	510	533	20.1	2.0	-
33	-	560	659	20.6	1.7	-
30	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
5	2	150	42	18.3	-	-
10	1	250	119	18.8	-	-
17	5	460	427	19.8	-	-
13	-	480	467	19.9	2.1	-
28	-	520	557	20.2	1.9	-
37	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
4	2	140	36	18.2	-	-
14	1	360	255	19.3	-	-
2	5	450	408	19.8	-	-
2	-	550	632	20.5	1.8	-
58	-	610	800	21.1	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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	2	110	22	18.1	-	-
9	5	400	318	19.5	-	-
19	-	510	533	20.1	2.0	-
17	-	570	686	20.7	1.7	-
17	-	590	742	20.9	1.6	-
35	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
10	1	230	101	18.7	-	-
14	4	380	286	19.4	-	-
6	5	470	447	19.9	-	-
24	-	530	581	20.3	1.9	-
16	-	550	632	20.5	1.8	-
35	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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	2	70	9	17.9	-	-
7.5	1	220	92	18.6	-	-
31.5	4	630	862	21.3	-	-
22	5	590	742	20.9	-	-
16	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
6.5	4	560	659	20.6	-	-
3.5	3	450	408	19.8	-	-
24	3	400	318	19.5	-	-
29	5	480	467	19.9	-	-
14	-	500	510	20.0	2.0	-
15	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
6	1	230	101	18.7	-	-
8	3	340	226	19.2	-	-
31	4	370	270	19.4	-	-
3	5	440	389	19.7	-	-
19	-	520	557	20.2	1.9	-
23	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
2	1	300	174	19.0	-	-
8	3	350	240	19.3	-	-
18	1	240	110	18.7	-	-
34	4	440	389	19.7	-	-
19	-	500	510	20.0	2.0	-
19	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
5	1	240	110	18.7	-	-
7	4	510	533	20.1	-	-
16	1	270	140	18.9	-	-
8	3	350	240	19.3	-	-
27	4	480	467	19.9	-	-
15	-	500	510	20.0	2.0	-
15	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
9	1	250	119	18.8	-	-
2	3	400	318	19.5	-	-
14	4	650	926	21.5	-	-
15	1	370	270	19.4	-	-
33	4	520	557	20.2	-	-
28	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	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
6	1	230	101	18.7	-	-
5	3	500	510	20.0	-	-
40	4	550	632	20.5	-	-
8	-	580	713	20.8	1.6	-
32	-	650	926	21.5	1.3	-
	-	700	1099	22.0	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
6	1	190	68	18.5	-	-
5	3	390	302	19.5	-	-
17	4	760	1331	22.6	-	-
3	4	680	1028	21.8	-	-
45	-	630	862	21.3	1.4	-
	-	700	1099	22.0	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
10	1	230	101	18.7	-	-
5	3	320	199	19.1	-	-
10	4	620	831	21.2	-	-
14	3	540	606	20.4	-	-
39	4	500	510	20.0	-	-
19	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	1.0	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
10	1	330	213	19.2	-	-
4	4	510	533	20.1	-	-
13	4	660	959	21.6	-	-
23	3	410	335	19.6	-	-
14	4	500	510	20.0	-	-
33	-	640	894	21.4	1.3	-
-	-	700	1099	22.0	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
8	1	300	174	19.0	-	-
3	4	480	467	19.9	-	-
17	4	630	862	21.3	-	-
18	4	510	533	20.1	-	-
9	-	600	771	21.0	1.5	-
34	-	650	926	21.5	1.3	-
-	-	700	1099	22.0	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
21	1	340	226	19.2	-	-
6	3	450	408	19.8	-	-
21	4	730	1211	22.3	-	-
16	4	610	800	21.1	-	-
36	-	650	926	21.5	1.3	-
-	-	700	1099	22.0	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
2.5	1	390	302	19.5	-	-
6.5	4	740	1250	22.4	-	-
11	1	320	199	19.1	-	-
20	4	670	993	21.7	-	-
17	4	530	581	20.3	-	-
20	4	570	686	20.7	-	-
24	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R38						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
10	1	270	140	18.9	-	-
2.5	4	580	713	20.8	-	-
11.5	4	720	1173	22.2	-	-
45	3	450	408	19.8	-	-
8	4	540	606	20.4	-	-
33	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R39						
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	190	68	18.5	-	-
4	3	280	151	18.9	-	-
15	4	500	510	20.0	-	-
30	3	360	255	19.3	-	-
23	4	430	370	19.7	-	-
24	-	500	510	20.0	2.0	-
23	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R40						
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	2	160	48	18.3	-	-
6	1	330	213	19.2	-	-
22.5	4	560	659	20.6	-	-
33	3	420	352	19.6	-	-
26	-	500	510	20.0	2.0	-
20	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R41						
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	250	119	18.8	-	-
32	3	390	302	19.5	-	-
7	4	470	447	19.9	-	-
16	4	520	557	20.2	-	-
12	-	540	606	20.4	1.8	-
19	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R42						
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	2	140	36	18.2	-	-
6.5	3	360	255	19.3	-	-
5	1	250	119	18.8	-	-
13	4	520	557	20.2	-	-
42	-	580	713	20.8	1.6	-
53	-	600	771	21.0	1.5	-
-	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R43						
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
9	1	260	130	18.8	-	-
13	3	290	162	19.0	-	-
11	4	460	427	19.8	-	-
37	4	560	659	20.6	-	-
15	-	580	713	20.8	1.6	-
37	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R44						
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	2	180	61	18.4	-	-
9	1	230	101	18.7	-	-
13.5	3	340	226	19.2	-	-
16	5	480	467	19.9	-	-
29	-	640	894	21.4	1.3	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R45						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
10	2	170	54	18.4	-	-
4	1	240	110	18.7	-	-
25	3	350	240	19.3	-	-
8	5	400	318	19.5	-	-
23	5	540	606	20.4	-	-
15	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R46						
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	210	83	18.6	-	-
21	3	340	226	19.2	-	-
8	4	510	533	20.1	-	-
30	5	530	581	20.3	-	-
21	5	540	606	20.4	-	-
30	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R47						
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	140	36	18.2	-	-
13	5	450	408	19.8	-	-
22	5	500	510	20.0	-	-
23	5	550	632	20.5	-	-
30	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R48						
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	230	101	18.7	-	-
14.5	5	560	659	20.6	-	-
4	-	590	742	20.9	1.6	-
18	-	600	771	21.0	1.5	-
28	-	640	894	21.4	1.3	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R49						
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	2	130	31	18.2	-	-
17	1	250	119	18.8	-	-
13	5	350	240	19.3	-	-
18	5	390	302	19.5	-	-
6	5	470	447	19.9	-	-
23	-	500	510	20.0	2.0	-
21	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R50						
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	2	100	18	18.0	-	-
7	1	150	42	18.3	-	-
17	1	230	101	18.7	-	-
10	3	270	140	18.9	-	-
13	5	340	226	19.2	-	-
15	5	410	335	19.6	-	-
17	-	500	510	20.0	2.0	-
18	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R51						
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	240	110	18.7	-	-
8	5	380	286	19.4	-	-
9	-	610	800	21.1	1.5	-
26	-	660	959	21.6	1.2	-
20	-	670	993	21.7	1.2	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R52						
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	140	36	18.2	-	-
25	4	270	140	18.9	-	-
8	4	280	151	18.9	-	-
2	4	360	255	19.3	-	-
11	5	370	270	19.4	-	-
36	5	400	318	19.5	-	-
34	-	500	510	20.0	2.0	-
30	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R67						
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	220	92	18.6	-	-
7	3	320	199	19.1	-	-
15	4	440	389	19.7	-	-
54	4	480	467	19.9	-	-
33	-	510	533	20.1	2.0	-
25	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R68						
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	170	54	18.4	-	-
7	3	260	130	18.8	-	-
15	4	440	389	19.7	-	-
41	4	480	467	19.9	-	-
27	5	510	533	20.1	-	-
22	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R69						
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	340	226	19.2	-	-
14	4	460	427	19.8	-	-
14	3	390	302	19.5	-	-
28	4	550	632	20.5	-	-
40	-	660	959	21.6	1.2	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R70						
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	260	130	18.8	-	-
10	4	580	713	20.8	-	-
10	3	430	370	19.7	-	-
23	4	540	606	20.4	-	-
25	-	620	831	21.2	1.4	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R71						
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	190	68	18.5	-	-
7	3	420	352	19.6	-	-
13	4	540	606	20.4	-	-
35	4	470	447	19.9	-	-
20	-	500	510	20.0	2.0	-
21	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R72						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
8	1	200	75	18.5	-	-
13	4	580	713	20.8	-	-
13	4	490	488	20.0	-	-
40	3	430	370	19.7	-	-
21	-	510	533	20.1	2.0	-
25	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R73						
Spessore (m)	Litotipo n°	Vs (m/sec)	Gmax (MPa)	Peso di Volume (KN/mc)	Fattore di smorzamento iniziale (%)	Localizzazione e tipo del terremoto di input
4	1	150	42	18.3	-	-
16	4	460	427	19.8	-	-
13	3	340	226	19.2	-	-
15	3	380	286	19.4	-	-
14	4	440	389	19.7	-	-
24	-	500	510	20.0	2.0	-
24	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	0.5	Outcrop

Verticale R74						
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	230	101	18.7	-	-
21	4	530	581	20.3	-	-
29	3	370	270	19.4	-	-
25	4	510	533	20.1	-	-
13	-	570	686	20.7	1.7	-
20	-	600	771	21.0	1.5	-
	-	700	1099	22.0	1.0	Outcrop

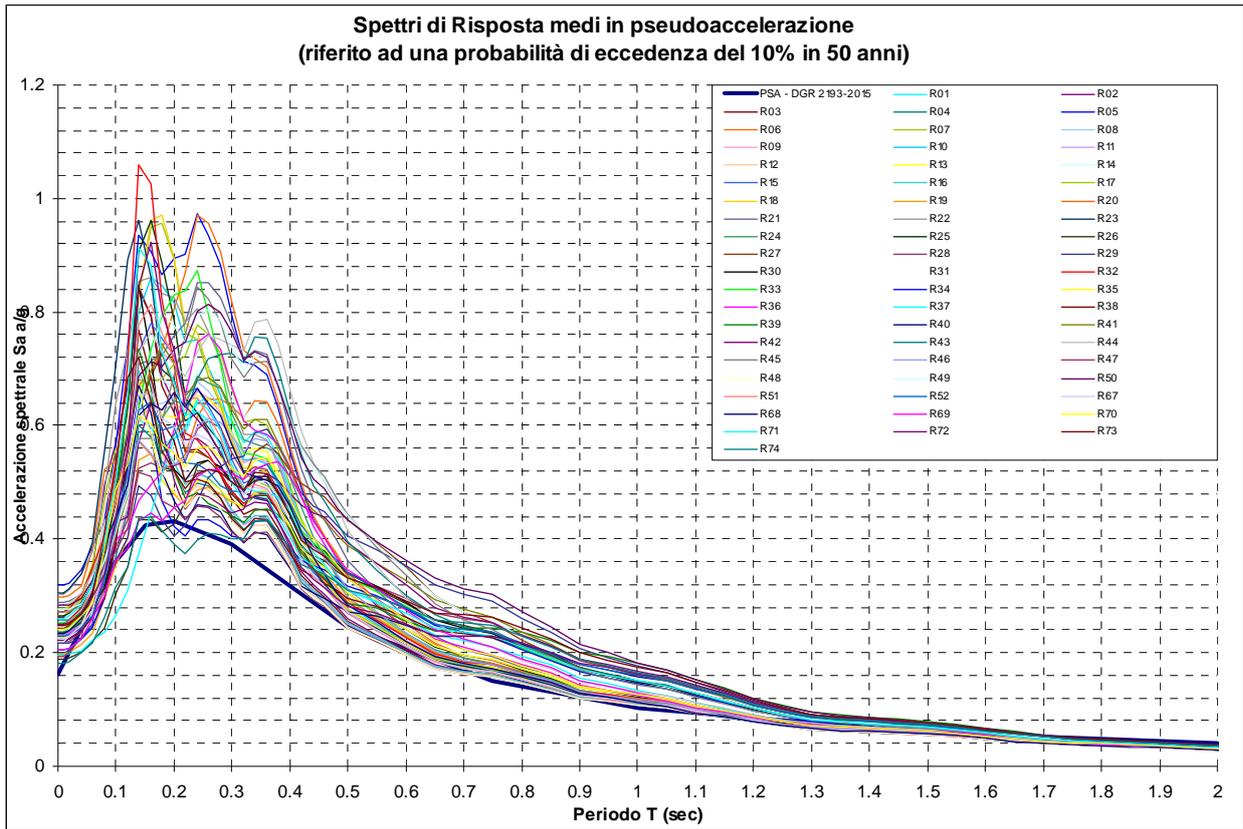
11.4 Calcolo degli effetti di sito

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 Maranello.

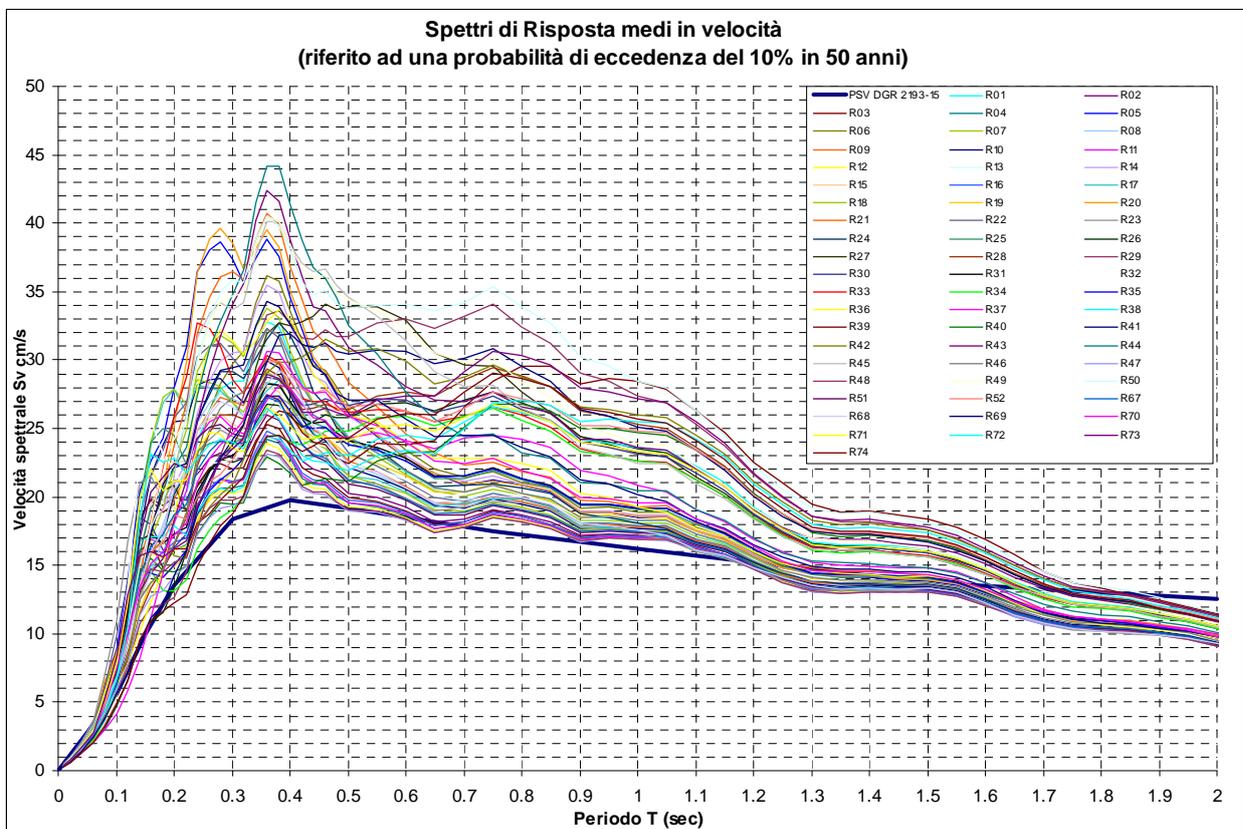
Il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni di scuotimento in superficie *Proshake* (*EduPro Civil System, Inc*) si basa quasi completamente sul modello di calcolo di *Shake 91* (*Idriss e Sun, 1992*)², modificandone l'interfaccia di immissione dati per un più agevole utilizzo.

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

² 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. Tutte le simulazioni presentano i maggiori valori di accelerazione nei periodi compresi tra 0,1 e 0,4 sec. I valori di amplificazione si mantengono comunque alti sino a periodi di circa 1 sec.



Spettri di risposta in superficie visualizzati in termini di pseudovelocità (smorzamento 5%).

11.5 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 Housner³ (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).

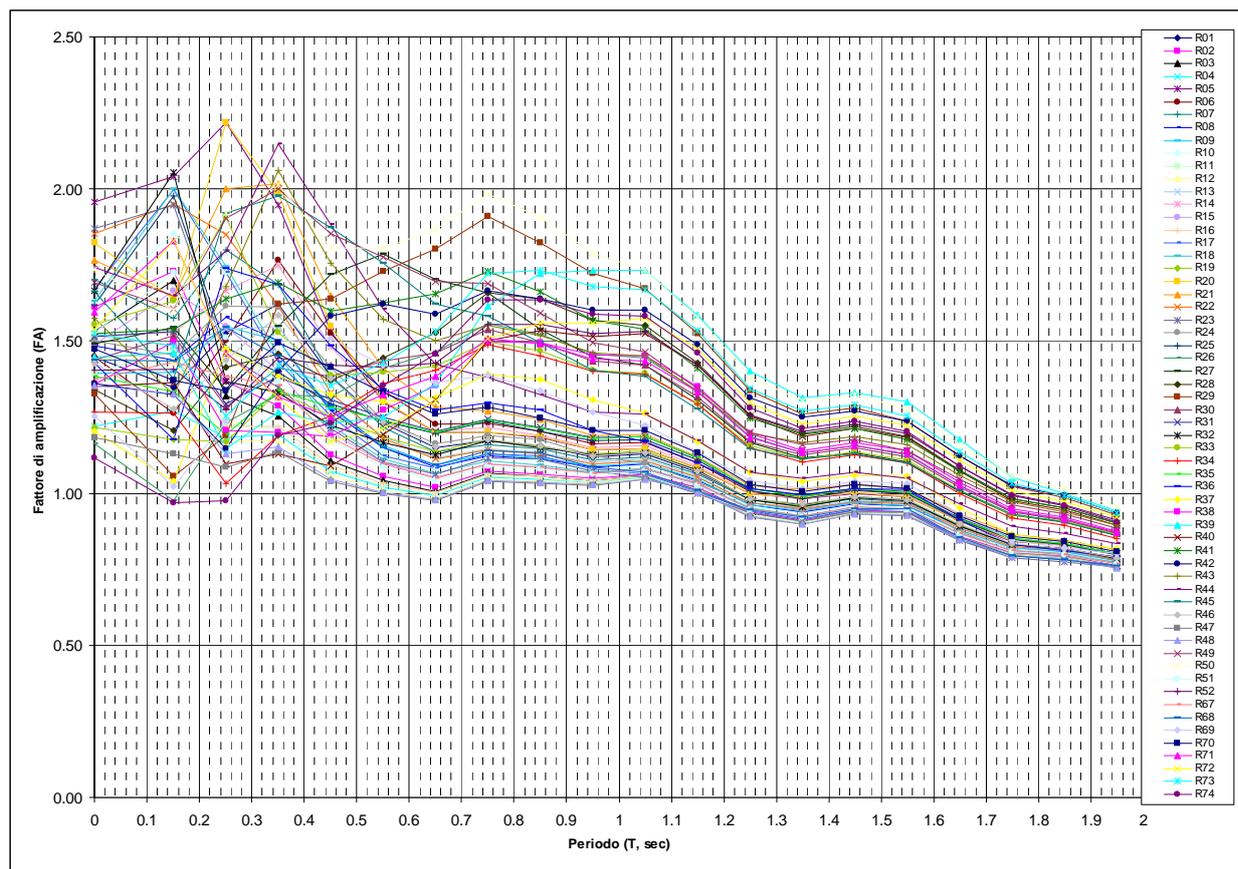
Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

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 effettuato considerando le tipologie strutturali prevalentemente presenti nel territorio di Maranello, 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:

³ 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 $T=0,1 \div 0,4$ sec. con FA mediamente corrispondente a $1,5 \div 2$ e per $T= 0,7 \div 1$ sec. con FA pari ad $1,4 \div 1,6$.
- In tutte le simulazioni per periodi superiori a 1 sec. è presente un generale decremento dei fattori di amplificazione
- Per periodi compresi tra 0,1 ed 0,5 sec. le simulazioni presentano evidenti diversità di comportamento.

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

$0,1 \div 0,5$ sec. e $0,5 \div 1,0$ sec, con ulteriore suddivisione nelle classi $0,1 \div 0,3$ sec; $0,3 \div 0,5$ sec.

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	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5
R01	0.24	1.5	1.5	1.2	1.5	1.5
R02	0.26	1.6	1.3	1.1	1.5	1.2
R03	0.25	1.5	1.3	1.0	1.5	1.2
R04	0.20	1.2	1.2	1.0	1.2	1.1
R05	0.32	2.0	1.9	1.2	2.2	1.7
R06	0.24	1.5	1.6	1.2	1.4	1.7
R07	0.28	1.7	1.6	1.2	1.7	1.5
R08	0.24	1.5	1.4	1.1	1.5	1.4
R09	0.23	1.4	1.4	1.1	1.5	1.4
R10	0.27	1.6	1.5	1.1	1.8	1.4
R11	0.23	1.4	1.2	1.0	1.3	1.1
R12	0.24	1.4	1.2	1.0	1.3	1.1
R13	0.25	1.5	1.5	1.1	1.5	1.4
R14	0.25	1.5	1.6	1.2	1.6	1.6
R15	0.24	1.5	1.4	1.1	1.6	1.3
R16	0.24	1.4	1.2	1.0	1.3	1.2
R17	0.27	1.7	1.5	1.1	1.8	1.3
R18	0.27	1.6	1.5	1.1	1.8	1.3
R19	0.20	1.2	1.3	1.2	1.2	1.3
R20	0.30	1.8	1.9	1.2	2.0	1.8
R21	0.29	1.8	1.8	1.3	1.9	1.8
R22	0.30	1.9	1.6	1.1	1.9	1.5
R23	0.31	1.9	1.4	1.1	1.6	1.3
R24	0.24	1.5	1.5	1.2	1.6	1.5
R25	0.26	1.6	1.5	1.2	1.7	1.4
R26	0.19	1.2	1.3	1.5	1.1	1.3
R27	0.24	1.5	1.6	1.6	1.4	1.6
R28	0.22	1.3	1.4	1.6	1.3	1.4
R29	0.22	1.3	1.4	1.8	1.1	1.6
R30	0.23	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4
R31	0.25	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3
R32	0.27	1.7	1.4	1.2	1.6	1.3
R33	0.25	1.6	1.6	1.4	1.8	1.5
R34	0.21	1.3	1.2	1.4	1.1	1.2
R35	0.23	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3
R36	0.23	1.4	1.6	1.3	1.5	1.6
R37	0.20	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
R38	0.22	1.4	1.2	1.4	1.3	1.2
R39	0.24	1.5	1.3	1.5	1.3	1.3
R40	0.22	1.4	1.1	1.4	1.2	1.1
R41	0.25	1.5	1.6	1.7	1.6	1.7
R42	0.22	1.4	1.4	1.6	1.2	1.5
R43	0.26	1.6	1.8	1.5	1.6	1.9
R44	0.28	1.7	1.9	1.4	1.7	2.0
R45	0.27	1.7	1.8	1.6	1.7	1.9
R46	0.23	1.4	1.4	1.2	1.4	1.5
R47	0.19	1.2	1.1	1.0	1.1	1.1
R48	0.22	1.4	1.1	1.0	1.2	1.1
R49	0.28	1.7	1.9	1.7	1.8	1.9

Verticale N°	pga (g)	FA pga	FA IS per periodi di integrazione (sec)			
			0,1 – 0,5	0,5 – 1,0	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5
R50	0.28	1.7	1.9	1.9	1.8	1.9
R51	0.25	1.5	1.4	1.1	1.6	1.3
R52	0.23	1.4	1.3	1.5	1.3	1.4
R67	0.22	1.4	1.3	1.1	1.4	1.3
R68	0.24	1.4	1.4	1.1	1.5	1.4
R69	0.20	1.3	1.4	1.4	1.2	1.5
R70	0.24	1.5	1.4	1.3	1.4	1.5
R71	0.26	1.6	1.4	1.4	1.6	1.3
R72	0.25	1.5	1.4	1.4	1.6	1.2
R73	0.25	1.5	1.4	1.6	1.3	1.4
R74	0.18	1.1	1.1	1.5	1.0	1.2

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

11.6 Carta delle nuove indagini

Detto elaborato (Tav. 2.1 scala 10:000) visualizza esclusivamente l'ubicazione delle nuove verticali di indagine geofisica: Re.Mi./MASW, HVSR, effettuate per la microzonazione delle aree urbanizzate e di possibile nuovo insediamento.

La simbologia e caratteristiche degli elementi riportati in carta relativi ai punti di indagine, sono conformi allo standard di rappresentazione e archiviazione informatica previste nell'allegato della Commissione Tecnica per il monitoraggio degli Studi di Microzonazione Sismica (Art. 5, comma 7 dell'OPCM 13/11/2010, n°3907) versione 3.0 del ottobre 2013.

La carta ubicazione nuove indagini visualizza i punti di esecuzione delle verticali di indagine effettuate per l'individuazione dei fattori di amplificazione che competono alle zone sede di aree urbanizzate ed aree circostanti.

11.7 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

La carta delle velocità delle onde di taglio (Vs), (Tav. 2.2, scala 10:000), riporta in corrispondenza dei punti di indagine i valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo: Vs₃₀, soggiacenti i primi 1.5 m pc. costituiti dal suolo e/o litotipi alterati - detensionati.

I valori di Vs sono stati calcolati in base a dati acquisiti con indagini:

- Refraction Microtremor: Re.Mi./ Multichannel Analysis Surface Waves: MASW ;
- Horizontal to Vertical Spectral Ratio: HVSR, in rapporto a prove DPM – DPH – DPSH - SCPT e/o sondaggi meccanici prossimi/coincidenti, prospezioni Re.Mi/MASW coincidenti o prossime.

In riferimento ai valori di velocità V_s calcolati con la prima delle metodologie sopra indicate (MASW/Re.Mi) ed all'analisi critica delle prove CPT, DPSH, SCPT, e sondaggi meccanici e per pozzi disponibili, dalla rilevazione in spaccati di sezioni naturali dei versanti, è stato possibile estendere l'informazione sulla profondità H del substrato avvalendosi della relazione che collega la frequenza di risonanza con la profondità del substrato rigido e la velocità media delle onde S ($F_0 = V_s/4H$).

Ai valori di F_0 determinati mediante la campagna di misure a stazione singola è stato attribuito un intervallo di valori e velocità nel quale probabilmente ricadono H e V_{s30} .

In generale le elaborazioni delle acquisizioni effettuate hanno evidenziato:

Unità quaternarie e continentali:

- Depositi alluvionali di conoide ed interconoide prevalentemente ghiaioso sabbiosi (AES_{8a-7b}-AES₆ ovest - AES)
 $V_{s30} = 350/400 \div 450$ m/sec;
- Depositi alluvionali di conoide ed interconoide con prevalenza dei limi argillosi (AES_{8a-7a} - AES₆ est)
 $V_{s30} = 300/350 \div 400$ m/sec;
- Depositi alluvionali infravallivi (AES_{8a-8a})
 $V_{s30} = 300/350$ m/sec;

Terreni di copertura

- Depositi di versante SL su Argille Azzurre (FAA - FAA_{ac})
 $V_{s30} = 300 \div 320$ m/sec;
- Depositi di versante SL su brecce argillose - argille marnose - marne sabbiose (BAI₁₋₂ - TER₁ - MVT - MMP - TER)
 $V_{s30} = 350 \div 400$ m/sec;

Unità di transizione

- Argille - argille limose debolmente marnose (FAA)
 $V_{s30} = 350 \div 420/460$ m/sec;
- Argille - argille limose debolmente marnose con intercalati alla base strati arenacei conglomerati (FAA - FAA_{ac})
 $V_{s30} = 350$ m/sec;

Formazioni Epiliguri

- Marne sabbiose – breccie argillose (TER – TER₁)
 $V_{s_{30}} = 350 \div 400$ m/sec;
- Areniti con matrice marnosa (fratturate) (PAT)
 $V_{s_{30}} = 430/450$ m/sec;
- Breccie argillose (fratturate) argille marnose (MVT – MMP – BAI₁₋₂ – TER₁)
 $V_{s_{30}} = 220 \div 250$ m/sec;
- Marne – marne argillose (ANT)
 $V_{s_{30}} = 400 \div 450$ m/sec;
- Areniti – alternanze arenaceo pelitiche (ANT₄ – RAN₄)
 $V_{s_{30}} = 430 \div 460$ m/sec;

Formazione Pre-Flysch

- Argille - Argilliti
 $V_{s_{30}} = 250 \div 300$ m/sec;
- Alternanze pelitico arenacee (fratturate) (SCB)
 $V_{s_{30}} = 200 \div 250$ m/sec;

Da un esame di insieme dei valori di $V_{s_{30}}$ dell'area comunale dell'alta pianura si riscontra che i valori relativi maggiori: $V_{s_{30}} = 400/450/480$ m/sec generalmente caratterizzano la fascia orientale del territorio ed il settore nord occidentale: $V_{s_{30}} = 400/450$; l'areale centro occidentale, alla quale appartengono il capoluogo e la zona industriale e l'estremità nord orientale sono contraddistinti da valori relativi inferiori: $V_{s_{30}} = 340/380/400$ m/sec.

La fascia di transizione tra l'alta pianura e la zona collina circa tra l'allineamento capoluogo sud - Villa Ragoni e Castello di Spezzano – La Svolta, è caratterizzata da $V_{s_{30}} = 300/340/360$. Il settore di territorio esteso ovest est circa compreso tra Torre Maina – Lucchina – Torre delle Oche e San Stefano – Fogliano – San Venanzio è contraddistinto da $V_{s_{30}} = 300/350$ m/sec; la zona occidentale centro meridionale e quella meridionale – meridionale orientale è caratterizzata da $V_{s_{30}} = 250/300/320$ m/sec. La fascia di territorio in sponda orientale del T. Tiepido, ad eccezione delle zone a sud di Gaiano/Rio Piodo, è contraddistinta da $V_{s_{30}} = 400/450$ m/sec; i valori relativi maggiori della zona collinare descrivono una stretta fascia orientata nord ovest – sud est circa da Il Poggio a Gaiano nella quale $V_{s_{30}} = 400/450$ m/sec.

12 CARTA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE – MICROZONAZIONE SISMICA

Gli sviluppi delle aree oggetto di microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento individuano aree a comportamento sismico equivalente, attribuendo alle stesse indici quantitativi che definiscono in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche l'amplificazione sismica attesa ($T_r = 475$ anni; $\zeta = 5\%$).

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) calcolati mediante analisi di risposta sismica locale con codice di calcolo *Proshake*.

Le caratteristiche delle successioni litotecniche e dei valori di V_s che competono alle stesse, compendiate dai relativi valori dei fattori di amplificazione FA.PGA., FA.IS. 0.1 – 0.5 sec, FAIS 0.5 – 1.0 sec, riferiti alle microzone individuate, sono visualizzate nelle allegate Tavole 3.1 – 3.2 – 3.3.

Le microzone sono suddivise in

- zone stabili
- zone stabili suscettibili di amplificazione locale
- zone suscettibili di instabilità

Dette zone sono campite in colori diversi e differenti simbologie.

Nelle microzone con presenza di creste e/o scarpate e di versanti con pendenza maggiore di 15° , sono stati determinati i fattori di amplificazione per effetti della topografia, con le procedure previste al punto 2.5.4.2 e relativi abachi, delle *Linee Guida II degli ICMS*; tali parametri sono stati utilizzati come moltiplicatore del fattore di amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche visualizzando nelle carte dei fattori di amplificazione il valore che congloba dette misure.

I fattori di amplificazione di PGA ed IS che competono alle microzone determinate, evidenziano comportamenti di risposta sismica differenziati in rapporto alle caratteristiche litologiche, tipo di coperture e spessori di loro pertinenza, grado di fratturazione del substrato.

Tale diversità si rimarca anche in funzione del grado di rigidità che contraddistingue il substrato sul quale giacciono le coperture detritiche quaternarie: depositi di versante sl, ed eluvio – colluviali, detriti di falda, e denotano accentuate differenze in concomitanza della presenza degli orizzonti di roccia detensionata con potenze di $8/10 \div 15$ m.

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

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA₀ (Tav. 3.1), elaborata in base ai punti di indagine eseguiti nel territorio comunale sviluppata per le principali zone urbanizzate e di prevista urbanizzazione, visualizzate negli sviluppi, evidenzia i valori maggiori, compresi tra 1.6 – 1.8, nella zona occidentale centro meridionale del territorio comunale collinare tra San Venanzio – Benefizio – Torre delle Oche – La Chiusa, San Stefano; submassimi si

osservano nella fascia al bordo orientale centrale tra Villa Rangoni e Caprile Nuovo dove FA.PGA = 1,6.

La prevalente parte dell'area comunale sia nell'alta pianura che nella collina è contraddistinta da FA.PGA = 1,4 ÷ 1,5.

Le zone dove i valori dell'amplificazione sono relativamente inferiori FA.PGA = 1.3/1.2, costituiscono la fascia al limite orientale settentrionale del confine comunale, estesa sud nord ad est di Pozza - Via Vandelli, tra Manzola e confine nord; analoghi valori si rinvencono nella zona centro orientale all'intorno di Podere Isola, nel settore meridionale orientale nell'area sede di Gaiano, nella zona occidentale centrale tra Colombarina e Le Ripe - Fornace.

La distribuzione territoriale dei valori di FA.PGA, ad eccezione dell'area tra San Venanzio e Torre delle Oche, non indica una significativa differenza tra i valori dei territori collinari e quelli dell'alta pianura. In quest'ultima si evidenzia una fascia estesa ovest est, subparallelamente a V. Claudia - V.le V. Veneto localmente con valori maggiori rispetto ai settori ai bordi nord e sud della stessa, correlabile ad una zona con presenza di maggior grado relativo di fratturazione nel sottosuolo che asseconda l'andamento della faglia sepolta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner

In conformità a quanto previsto nella DGR 1919/2013 e degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS 2008) sono state elaborate le carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli FA.IS. $0.1 < T < 0.5$ sec ed FA.IS. $0.5 < T < 1.0$ sec.

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

La distribuzione areale dei valori di FA.IS. nell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec. (Tav. 3.2), evidenzia una geometria simile a quella della FA.PGA nella fascia centro settentrionale orientata ovest - est estesa subparallelamente a V. Claudia - V.le V. Veneto, contraddistinta da locali valori relativi maggiori: FA.IS. = 1,4, corrispondente alla fascia di faglia sepolta prima descritta; analoghi parametri relativi maggiori si osservano nella zona estesa ovest est tra S.Venanzio - Villa di Quà - S. Martino dove FA.IS = 1,7/1,8, corrispondente alla zona di presenza di una linea di sovrascorrimento.

Aree con equivalenti valori: FA.IS = 1,7/1,8 sono riscontrabili al bordo orientale centrale tra Case Bisetti e Casone, all'estremità meridionale tra Poggio Fontana e Puianello.

La prevalente parte del territorio sia collinare che dell'alta pianura è contraddistinta da valori di amplificazione medi FA.IS = 1,4/1,5.

I minimi relativi evidenziati valori di amplificazione bassi FA.IS = 1,2 - 1,3 si osservano nell'area sud tra Gaiano - Ml.no Chierici - Il Poggio, nel settore centrale tra Lucchina e Gorzano, nella zona orientale nell'area sede di Villa Rangoni e nella fascia estesa ovest est nella parte settentrionale del territorio circa dall'incrocio V. Frattini/sP n°3 a incrocio V. Manfredini/V. Martinelli a incrocio SS dell'Abetone/strada comunale Viazza (Fiorano). Tale zona di minimi corrisponde ad una minore profondità della litozona che determina il locale

contrasto di impedenza principale indicando correlabilità con l'asse dell'anticlinale di Ubersetto.

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

I valori di amplificazione maggiori $FA.IS = 1,6 \div 1,7$, si riscontrano nella fascia centro settentrionale estesa ovest est con andamento subparallelo a quello di V. Claudia – V.leV.Veneto che ad ovest del Capoluogo in corrispondenza di V. Crociale flette rapidamente in direzione sud ovest verso Il Casone. Tale striscia è correlabile ad una zona dove il substrato presenta un grado di fratturazione maggiore e corrisponde alla fascia di faglia sepolta visualizzata nella Carta Sismotettonica RER.

D'altra parte nell'area settentrionale del territorio si osserva una fascia estesa est sud est – ovest nord ovest circa da ponte della SS n°569 sul T.Tiepidò a incrocio V.Manfredini/V.Martinella a intersezione Fosso del Fontanile/strada comunale Viazza, evidenziante una minor profondità relativa dell'unità litotecnica/sismica che determina il locale contrasto di impedenza principale. Tale zona di minimo ha corrispondenza con la fascia di asse dell'anticlinale di Ubersetto.

Un'analogha zona allungata di minimo relativo, di minor estensione, si riscontra nel settore orientale centrale circa da Cà Soragno (sud V.lla Rangoni) e Benefizio Concezione e che si interrompe in corrispondenza del T. Tiepidò. Detta striscia di minimo corrisponde alla parte più occidentale della fascia di asse dell'anticlinale di Castelvetro.

La prevalente parte del territorio collinare è contraddistinta da valori dei fattori di amplificazione bassi $FA.IS = 1,1/1,2$ ad eccezione della zona sud tra Poggio Fontana e Rio dei Piodi con $FA.IS = 1,3/1,6$ e delle aree al confine centro occidentale ad ovest di San Stefano con uguali valori di $FA.IS$.

Il settore di area comunale dell'alta pianura nelle zone comprese tra le fasce di minimo e di massimo sopradescritte è prevalentemente caratterizzato da $FA.IS = 1,4/1,5$.

Le zone con parametri di amplificazione più alti e quelli più bassi hanno elevato gradi di corrispondenza con gli analoghi massimi e minimi di $FA.PGA$.

Le geometrie di dette zone evidenziano blande deformazioni alla base della sequenza alluvionale del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore e del Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore, correlabili ad influenze dei processi tettonici che hanno interessato il bacino padano nel Pleistocene medio, 0,65/0,45 Ma.

a individuata nella carta sismotettonica RER.

Analogamente, valori maggiori di $FA.PGA$ si osservano nel territorio collinare tra San Venanzio – San Stefano – La Chiusa secondo una fascia ovest est che asseconda l'orientamento della linea di sovrascorrimento leggermente arcuata estesa circa tra le località San Venanzio – Villa di Quà – S.Martino (Fiorano).

13 RISENTIMENTO SISMICO - PERIODO FONDAMENTALE DI VIBRAZIONE PER MACRO-TIPOLOGIE DI FABBRICATI

- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,1 - 0,3 sec:
ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie prevalenti nel settore "civile" realizzate con qualsiasi tipologia costruttiva, aventi max 3/4 piani, 4/5 piani tipologie in muratura;
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,3 - 0,5 sec:
ricadono in questo intervallo la più comuni strutture a telaio in cls a 4/6 piani, e per estensione anche le prefabbricate tipiche del settore produttivo-manifatturiero commerciale/industriale aventi altezza sottotrave inferiore a sette metri;
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0,5 - 1,0 sec:
ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie a torre tipicamente realizzate a telaio in cls, fabbricati di oltre 6 piani e produttivi con altezza sotto trave maggiore di 8 m, e per estensione magazzini verticali e manufatti alti e stretti quali silos, torri di acquedotto, ecc..

Per i fabbricati che presentano periodo di vibrazione superiore a 1,0 sec sono da sviluppare approfondimenti mediante analisi di dettaglio della risposta sismica locale.

⁴ Si fa riferimento al metodo di Analisi lineare statica previsto dalle vigenti NTC 2008 punto 7.3.3.2

14 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Le documentazioni relative all'evento sismico del 1501 testimoniano gravi danneggiamenti al Castello degli Araldini e ad altri edifici simili in zone circostanti (Spezzano, Montegibbio, Castelvetro) per i quali tra i danni sono generalmente segnalati crolli parziali di torri o gravissimi danni alle stesse, relativamente agli altri fabbricati sono genericamente descritti parziali crolli o danneggiamenti. Fatta eccezione delle sopradescritte documentazioni non sono state reperite altre affidabili informazioni sulle tipologie e distribuzione dei danni relativi ai terremoti verificatisi nei periodi successivi. Ciò è correlabile anche alla scarsa presenza di patrimonio edilizio nel territorio di Maranello precedentemente al 1950.

Per quanto riguarda la zona alla quale appartiene il Castello Araldini, a prescindere dalle condizioni delle opere murarie al periodo precedente il 1501 non descritte, si osserva che in tale area i fattori di amplificazione maggiori di IS di hanno nell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec e dall'analisi degli spettri di risposta medi in pseudoaccelerazione più in dettaglio nell'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec, per l'accelerazione di gravità i valori corrispondono a $PGA = 1.4 \div 1.5$; relativamente ai periodi principali di vibrazione l'area in oggetto è contraddistinta da $T = 0.5 \div 0.9$ sec ($F_0 = 2.0 \div 1.1$ Hz).

Da quanto esposto possono essere indicativamente tratte le stime di seguito esposte: gli edifici che possono essere soggetti ad un grado di vulnerabilità sismica maggiore, relativamente ai fattori di amplificazione, sono quelli con periodo proprio di vibrazione compreso tra:

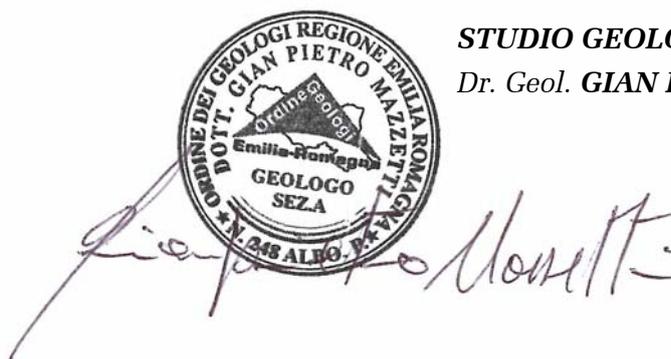
$$T = 0.5 \div 0.9/1.0 \text{ sec}$$

(fabbricati in muratura di 3/5 piani, telai in CA 4/6 piani) che insistono in aree con periodo fondamentale di vibrazione dei terreni

$$T = 0.5 \div 0.9 \text{ sec}$$

$$f_0 = 2.0 \div 1.1 \text{ Hz}$$

Dette stime sono di tipo indicativo e generale poiché i periodi dei fabbricati oltre che dalle geometrie delle strutture sono influenzati in elevato grado dalle loro condizioni statico strutturali.



STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO

Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI

15 BIBLIOGRAFIA

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 201 MODENA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G. GASPERI, M. PIZZIOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2005) alla scala 1:50.000, foglio 219 SASSUOLO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G. GASPERI, F. PANINI, G. BETTELLI, M. PIZZIOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 236 PAVULLO NEL FRIGNNO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di F. PANINI, G. BETTELLI, M. PIZZIOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 235 PIEVEPELAGO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G. PLESI.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 237 SASSO MARCONI. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di F. PANINI, G. BETTELLI, M. PIZZIOLO.
- DGR1919/2013 Delibera della Giunta Regionale del 16/12/2013 “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all’ordinanza del Capo della Protezione Civile n°52/2013 a favore degli enti locali”.
- DGR 2193/2016 Delibera della Giunta Regionale del 21/12/2015 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. <http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/>
- DONATELLA FERRI, MARCO MARCACCIO, 2015 Delibera di Giunta Regionale n. 1781, Allegato 5 “Valutazione dello stato delle acque sotterranee - 2010-2013”. <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/acque/informazioni/documenti/aggiornamento-del-quadro-conoscitivo-di-riferimento-carichi-inquinanti-bilanci-idrici-e-stato-delle-acque-ai-fini-del-riesame-dei-piani-di-gestione-distrettuali-2015-2021>
- 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.
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di) (2011). BDM11, *la versione 2011 del Database Microsismico Italiano*. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.ingv.it/DBM11>
- 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.
- G.P. MAZZETTI (2008), Indagine Geologico Ambientale – Analisi Sismica, Quadro Conoscitivo Preliminare Piano Strutturale Comunale, Marano sul Panaro.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di Castelnovo ne’ Monti, Convegno Nazionale, Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida, C.N.R., Roma.
- SERVIZIO TECNICO DEI BACINI ENZA E SECCHIA (2005) – Stratigrafie catasto pozzi, dati non pubblicati.
- AA.VV. (1970-1980) – Rapporti ed indagini geognostiche sul territorio di Maranello(MO). Documenti inediti.
- M. PANIZZA ET ALII (1978). Geomorfologia dell’area circostante la Pietra di Bismantova; Servizio Geologico d’Italia, vol. XCVII, C.N.R.
- G.P. MAZZETTI– NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospectation, Atti 4th European Congress in Regional Geoscientific Cartography; R.E.R. Ind. Graf. Labanti e Nanni – BO.
- DI DIO G. et ALII (1998) – Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna S.E.L.C.A. Firenze
- SCANDONE P. et ALII (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.
- MAZZETTI G.P. – POZZI P. (1993) – Studio di compatibilità ambientale fisica per la locazione di un impianto di scarico controllato in zone pianiziali – Discarica Intercomunale di Novellara (RE) – Atti 8° convegno Nazionale C.N.G.
- BOSELLINI A- MUTTI E - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET
- AGIP (1986) – Pianura Padana – Interpretazione integrate di dati geofisici e geologici – 73° Congresso SGI 29/07-4/10 1986, Roma.
- AGIP (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain. Italy - C.N.R.
- BOSELLINI A. (1981) - The emile fault. A jurassic fracture zone that evolved into a Cretaceous Paleogene sinistral wrench fault. Boll. Soc. Geol. It.

- FERRARI G - POSTPISCHL D.(1981) - Le scale macrosismiche C.N.R. P.F. Geodinamica. Pubbl. N° 387. Ist. Topografia, geodesia e geofisica Mineraria, Univ. BO
- C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - Pubblic. N° 361 ESA Editrice - Roma.
- C.N.R. (1979) - Carte preliminari di scuotibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma
- IST. GEOL. UNIV. MO (1978) - Metodologie e primi risultati di neotettonica nel modenese e territori limitrofi. Mem. Soc. Geol. It.
- CASTANY G. (1976) – Traitè pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris.
- VANDENBERG J. & WONDERS A.A.H. (1976) - Paleomagnetic evidence of large fault displacement around the Po-Basin. *Tectonophysics*.
- VEGGIANI A. (1974) – Le variazioni idrografiche del basso corso del fiume Po negli ultimi 3.000 anni. *Padusa Riv. C. Palesano St. Stor. Arch. E Etr.. Rovigo*.
- ENI (1972) - Acque dolci sotterranee - ENI
- ENI (1965) – Enciclopedia del petrolio e del gaso naturale, volume VI, Carlo Colombo Editore.
- AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padana Veneta.-Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI
- LOSACCO U. (1949) - La glaciazione quaternaria dell'Appennino Settentrionale. *Riv geografia It*, 56 (2)