



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

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione tecnica illustrativa

Regione Toscana  
Comune di Castiglion Fibocchi



Regione Toscana	Soggetto realizzatore: Progeo Engineering SRL Referente e coordinatore delle attività: Geol. Massimiliano Rossi Geol. Fabio Poggi  Collaboratori: Geol. Gabriele Menchetti Geol. Andrea Martini Dott. Gianluca Capaccioli	Data Ottobre 2022
-----------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

## Sommario

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE .....</b>	<b>5</b>
3.1. TESTI DI RIFERIMENTO TECNICO .....	5
3.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
<b>4. SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE D’INDAGINE .....</b>	<b>6</b>
<b>5. PERICOLOSITA’ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>15</b>
6.1. INQUADRAMENTO TETTONICO .....	15
6.2. CARTA GEOLOGICA .....	15
6.3. CARTA GEOMORFOLOGICA.....	18
<b>7. CARTA DELLE INDAGINI .....</b>	<b>19</b>
<b>8. CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI .....</b>	<b>20</b>
<b>9. DESCRIZIONE DELLA CARTA GEOLOGICO TECNICA.....</b>	<b>23</b>
<b>10. MODELLO DI SOTTOSUOLO: INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE NELLA SUA DEFINIZIONE .....</b>	<b>24</b>
<b>11. CLASSE DI QUALITA’ DELLA CARTA DI LIVELLO 1.....</b>	<b>25</b>
<b>12. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....</b>	<b>27</b>
12.1. DESCRIZIONE DELLE ZONE MICROSISMICHE PRESENTI NELLA CARTA MOPS.....	27
<b>13. – ELABORAZIONI DI LIVELLO 2 .....</b>	<b>36</b>
13.1. QUANTIFICAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE .....	36
13.2. RESTITUZIONE ED ANALISI DEI RISULTATI .....	41
<b>14. - VERIFICA SULLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....</b>	<b>42</b>
<b>15. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>45</b>



## APPENDICE 1

### - VERIFICA ALLA SUSCETTIBILITÀ DI LIQUEFAZIONE

#### ALLEGATI

- |                                                                                                                             |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| - Carta geologica                                                                                                           | scala 1:5.000 |
| - Carta geomorfologica                                                                                                      | scala 1:5.000 |
| - Carta delle indagini                                                                                                      | scala 1:5.000 |
| - Carta delle frequenze fondamentali dei depositi                                                                           | scala 1:5.000 |
| - Carta geologico-tecnica                                                                                                   | scala 1:5.000 |
| - Sezioni geotecniche                                                                                                       | scala 1:2.000 |
| - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)                                                              | scala 1:5.000 |
| - Carte di Microzonazione sismica di Livello 2:<br>basata sui fattori di amplificazione FA 0.1-0.5; FA 0.4-0.8 e FA 0.7-1.1 | scala 1:5.000 |
| - Relazione Tecnica sulle Indagini                                                                                          |               |



## 1. PREMESSA

La presente Relazione Tecnica illustra gli elaborati cartografici richiesti per gli studi di Microzonazione Sismica e la sua struttura è conforme a quanto previsto nel paragrafo 1.6.4 degli IMCS (2008), integrati dalle specifiche tecniche della Regione Toscana ed è suddivisa nei seguenti capitoli:

- Introduzione
- Riferimenti normativi e specifiche tecniche
- Selezione e delimitazione delle aree di indagine
- Definizione della Pericolosità Sismica di Base e degli eventi di riferimento
- Inquadramento geologico e geomorfologico delle aree di indagine
  - Carta Geologica e Carta Geomorfologica
- Indagini geologiche, geotecniche e geofisiche realizzate e/o pregresse
  - Carta delle indagini
  - Carta delle frequenze fondamentali dei depositi
- Modello di sottosuolo con definizione delle caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo
  - Carta geologico-tecnica
  - Sezioni geotecniche
- Indicazione della classe di Qualità ottenuta applicando la “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di MS”
- Illustrazione delle Carte delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)
- Elaborazioni del Livello 2 con definizione degli abachi regionali e quantificazione dei fattori di amplificazione
  - Carte di Microzonazione sismica di Livello 2 basata sui fattori di amplificazione FA 0.1-0.5; FA 0.4-0.8 e FA 0.7-1.1
  - Restituzione ed analisi dei risultati
- Verifiche sulla suscettibilità della liquefazione
- Bibliografia



## 2. INTRODUZIONE

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Castiglion Fibocchi (AR), sono stati eseguiti gli Studi di Microzonazione Sismica di livello 2 (a seguire MS2) per le aree urbane interne al territorio comunale. La presente Relazione Tecnica riporta i dati e le informazioni acquisite ed illustra i risultati degli studi e delle indagini di Microzonazione sismica, in ottemperanza a quanto previsto dal DPGR n.5/R del 30 gennaio 2020 “Regolamento di Attuazione dell'Art.104 della LR n. 65/2014 contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche”, secondo le specifiche contenute nell'Allegato A “Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche” con particolare riferimento al punto B.6 del §2.

Il Comune di Castiglion Fibocchi ha avviato il procedimento amministrativo per l'aggiornamento dello strumento urbanistico vigente e possedendo uno studio di MS1 redatto con il regolamento 53/R e quindi non realizzato con finanziamenti regionali e/o nazionali di cui all'art.11 della L.77/2009; ha manifestato l'interesse di accedere ai finanziamenti per la redazione degli studi di MS di livello 2 e analisi CLE, prevedendo contestualmente l'obbligo di realizzare anche gli studi MS1 con fondi propri dell'Ente.

Il Comune di Castiglion Fibocchi, a seguito della manifestazione d'interesse (Del. Dir. Toscana n°977 del 27/09/2021), è risultato al 14° posto nella graduatoria di assegnazione dei contributi relativi all'Ordinanza C.D.P.C. n.780/2021 (art. 2 comma 1), stabilita sulla base del valore di accelerazione minima al suolo “ag”.

Nell'Allegato 2A al DGRT n.22090/2021 “Esito Istruttoria delle domande di contributo da parte di Enti locali per studi di Microzonazione sismica e analisi CLE. Approvazione graduatoria e impegno di spesa” è visibile in finanziamento ottenuto, di seguito riportato.

N.	Prov.	Ente	ag	Popolazione	Contributo Nazionale (75%)	Confinamento Ente locale (25%)
14	AR	Castiglion Fibocchi	0,14609	<2500	€ 11.250,00	€ 3.750,00



### 3. RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE

Lo studio e le indagini geofisiche sono state condotte secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento:

#### 3.1. TESTI DI RIFERIMENTO TECNICO

- **Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica** – GdL DPC/Regioni. Documento approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni nella seduta del 13 novembre 2008.
- Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana - Programma VEL Toscana – Del. GRT. n. 1343 del 18 dicembre 2000 e s.m.e.i.
- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 4.2 – Dicembre 2020
- **Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC)** – Conferenza delle Regioni e Provincia Autonome – Presidenza Consiglio dei Ministri (DPC) - Versione 1.0 – Giugno 2015.
- Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ) – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 1.0 – Marzo 2017
- Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR) – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 2.1 – Gennaio 2018.
- **Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazione (AMPL)** – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 2.0 (ancora in bozza non definitiva) – 2021.

#### 3.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **L.77/2009** “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, recante interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile” (art. 11 l’istituzione del “Fondo Nazionale per la Prevenzione del Rischio Sismico”).



- **O.C.D.P.C.780/2021** Interventi di prevenzione del rischio sismico Finanziamenti per indagini di Microzonazione Sismica e Analisi delle Condizioni Limite per l'emergenza (art. 2, comma 1, lett. a).
- **L.R. 16 OTTOBRE 2009 N. 58** “Norme in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico” art. 2 comma 1 lett. a) – promozione, programmazione e svolgimento di attività di studio, analisi e ricerca sul rischio sismico; art.3 comma b)- indagini ed analisi di microzonazione sismica per la valutazione degli effetti locali nei centri urbani.
- **Del .G.R.T. n. 977 del 27 settembre 2021**, All. 1 – Redazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica e prescrizioni per le analisi della Condizione Limite per l'Emergenza.

#### **4. SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE D'INDAGINE**

Come prima fase la Struttura Regionale competente, in accordo con l'Amministrazione comunale ha indicato la perimetrazione delle aree dei centri urbani maggiormente significative, su cui eseguire lo studio di MS di livello 2.

Tali aree, sono state individuate secondo le specifiche tecniche di cui al par. 1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL e secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS.

Su di esse, si concentrano la maggior parte dalle infrastrutture esistenti e la quasi totalità delle residenze e delle attività artigianali, industriali e commerciali e sono suddivisi nelle seguenti aree:

- Castiglion Fibocchi capoluogo;
- Gello Biscardo.

L'area di studio comprende un intorno significativo ai suddetti centri urbani e riprende lo studio di MS1 allegato al vigente strumento urbanistico (fonte: Geol. G.Francini, gennaio 2015).



## 5. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Il Comune di Castiglion Fibocchi è classificato, ai sensi della DGRT n.421 del 26.05.2014, in attuazione dell'Ord. P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006 e D.M. 14 gennaio 2008 (Figura 5.1), in classe 3 ( $ag/g=0.15$ ).



Figura 5.1 – Classificazione sismica della Regione Toscana DGRT n.421 del 26/05/2014

Il primo passo per la definizione della pericolosità è la conoscenza dei dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano la cui ultima versione è il DBMI 2015 (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>) messo a disposizione dall'INGV; all'interno del catalogo possono essere selezionati gli eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato una data località. Nel caso di Castiglion Fibocchi vengono evidenziati 17 eventi a partire dal 1899 e con relativa Magnitudo di Momento ( $M_w$ ) dell'epicentro della scossa (



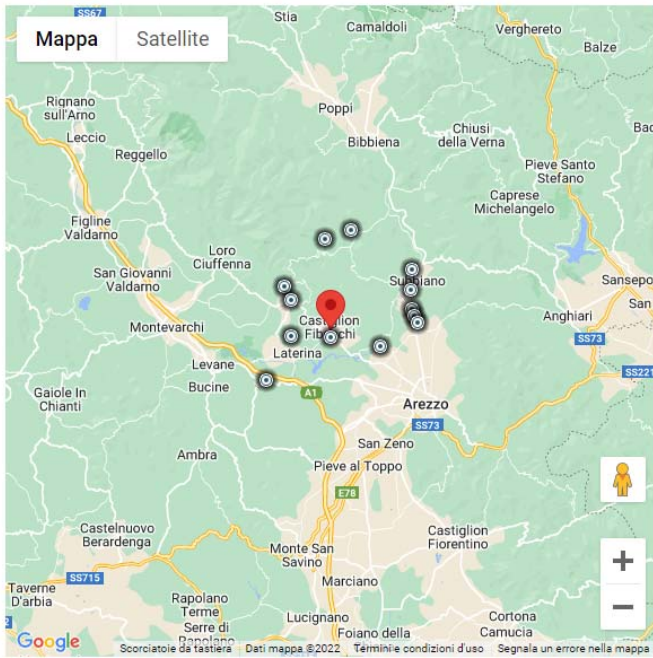
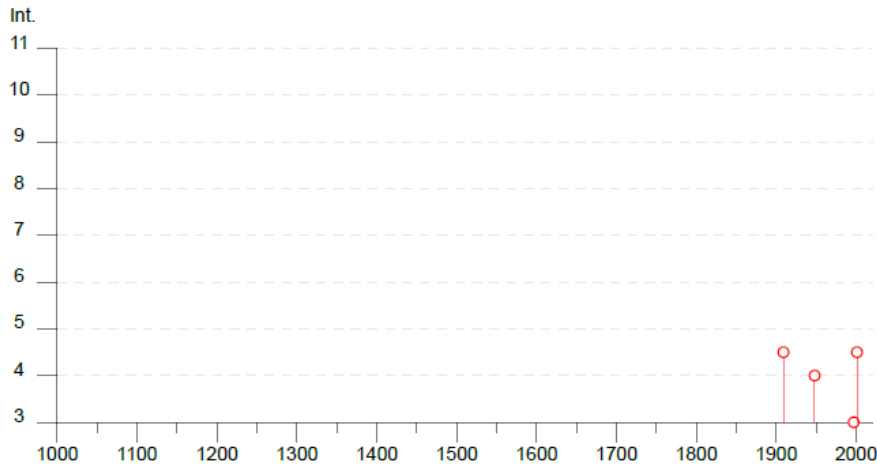


Figura 5.2).

### Castiglion Fibocchi

PlaceID	IT_46985
Coordinate (lat, lon)	43.527, 11.763
Comune (ISTAT 2015)	Castiglion Fibocchi
Provincia	Arezzo
Regione	Toscana
Numero di eventi riportati	17



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1899	07	08	22	56	5	Bagno di Romagna	37	4	4.02
NF	1906	04	21	06	35		Valdelsa	45	5-6	4.30
4-5	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
4	1948	06	13	06	33	3	Alta Valtiberina	142	7	5.04
NF	1957	04	30	06	05	0	Alta Valtiberina	57	5	4.23
NF	1989	07	09	03	54	3	Montefeltro	48	5	4.09
NF	1990	05	08	22	33	1	Alta Valtiberina	64	5	3.77
NF	1991	01	14	07	38	3	Casentino	62	5	4.26
NF	1993	01	17	10	51	2	Alta Valtiberina	76	5	4.26
NF	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6	4.72
3	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
NF	1997	10	02	19	38	0	Alta Valtiberina	55		4.42
NF	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
NF	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
NF	2000	06	22	12	16	3	Bacino di Gubbio	107	5	4.47
4-5	2001	11	26	00	56	5	Casentino	211	5-6	4.63
NF	2003	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5	4.18

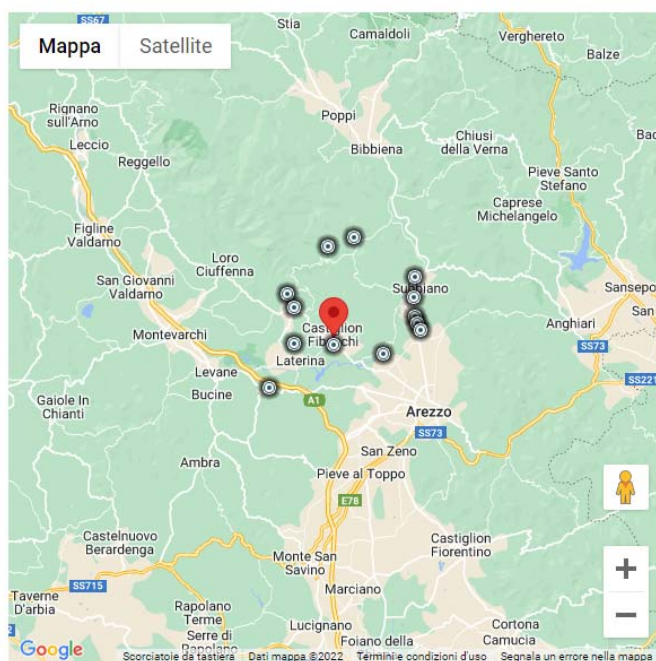


Figura 5.2 – consultazione per località Castiglion Fibocchi CPTI15-DBMI15 v4

Il Database Macrosismico è utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2015. CPTI11, la versione 2015 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>).

Dal catalogo ASMI (Archivio Storico Macrosismico Italiano) sono stati evidenziati i terremoti avvenuti a partire dall’anno 1000 d.C. entro un raggio di 50 km da Castiglion Fibocchi (Figura 5.3, 103 terremoti, in blu quelli con Mw > 5).

Year	Mo	Da	EpicentralArea	MdpN	lmax	LatM	LonM	lo	MwM
1005			Arezzo	4	7-8	43.464	11.882	6-7	4.86
1352	12	25	Alta Valtiberina	7	9	43.469	12.127	9	6.31
1358			Alta Valtiberina	1	6-7	43.57	12.141	6-7	4.86
1389	10	18	Alta Valtiberina	9	9	43.527	12.299	9	6.03
1456	12	9	Sansepolcro	1	5-6	43.57	12.141	5-6	4.4
1458	4	26	Alta Valtiberina	5	8-9	43.463	12.236	8-9	5.8
1458	5	1	Alta Valtiberina	2	7	43.457	12.239	6	4.63
1484			Sansepolcro	1	7	43.57	12.141	7	5.1
1489			Sansepolcro	1	7	43.57	12.141	7	5.1
1504	11	1	Casentino	2	7	43.697	11.816	7	5.1
1520	1	9	Alta Valtiberina	1	6-7	43.541	12.054	6-7	4.86
1558	2	8	Alta Valtiberina	5	HD	43.457	12.239	7	5.1
1558	4	13	Vald. superiore	29	9	43.456	11.564	9	5.97
1559	4	11	Alta Valtiberina	3	7	43.62	12.091	6-7	4.86
1584	9	10	Appen. forlivese	17	9	43.862	11.992	9	5.97
1599	11	16	Casentino	2	7	43.774	11.716	7	5.1
1668	8	22	Alta Valtiberina	2	6	43.514	12.19	5	4.16
1689			Montefeltro	1	7	43.664	12.411	7	5.1
1690	3	22	Alta Valtiberina	1	6-7	43.457	12.239	6-7	4.86
1693	2	22	Alta Valtiberina	2	6	43.442	12.436	5	4.16
1694	4	8	Alta Valtiberina	6	7-8	43.62	12.091	7-8	5.4
1725	4	18	Appen. umbro-marchigiano	1	5	43.457	12.239	5	4.16
1729	6	23	Casentino	7	7	43.773	11.486	6	4.63
1731	3	29	Alta Valtiberina	9	7	43.67	12.041	6	4.76
1752	8		Appen. umbro-marchigiano	1	F	43.457	12.239	4	3.7
1753	4	22	Appen. forlivese	3	6-7	43.983	11.92	6-7	4.86
1761	6	10	Appen. forlivese	2	5	43.946	11.909	4	3.7



1761	6	20	Appen. forlivese	2	7	43.834	11.96	6	4.63
1768	10	19	Appen. forlivese	45	9	43.943	11.904	9	5.99
1770	12	27	Valdarno superiore	5	7	43.701	11.409	6-7	4.86
1772	10	12	Alta Valtiberina	1	6	43.57	12.141	6	4.63
1774	1	31	Alta Valtiberina	3	7	43.61	12.128	6	4.63
1778	8	3	Alta Valtiberina	1	6	43.57	12.141	6	4.63
1781	1	11	Crete Senesi	4	D	43.287	11.746	6-7	4.86
1783	6	29	Casentino	4	D	43.774	11.716	5-6	4.4
1787	12	26	Casentino	6	6-7	43.723	11.767	5-6	4.4
1789	9	30	Alta Valtiberina	73	9	43.51	12.217	9	5.89
1796	2	5	Aretino	9	7	43.534	11.873	7	4.96
1810	9	30	Valle del Metauro	2	5	43.608	12.239	4-5	3.93
1824	8	12	Appen. forlivese	2	6-7	43.867	12.01	6	4.63
1856	6	5	Alta Valtiberina	2	6-7	43.67	12.041	5-6	4.4
1861	1	28	Santa Sofia	1	6	43.946	11.909	6	4.63
1865	9	21	Alta Valtiberina	5	7-8	43.285	12.314	7	5.1
1889	12	12	San Piero a Sieve	4	6	43.898	11.643	5	4.16
1891	12	8	Alta Valtiberina	24	6	43.391	12.147	5	4.34
1892	11	21	Alta Valtiberina	22	6-7	43.48	12.273	5-6	4.25
1896	1	31	Sant'Agata Feltria	2	4	43.864	12.209	4	3.7
1897	12	18	Alta Valtiberina	132	7-8	43.498	12.382	7	5.09
1898	11	22	Borgo Pace	5	5	43.653	12.316	4-5	3.93
1902	6	27	Casentino	13	6	43.643	11.832	6	4.46
1907	12	20	Chianti	35	7	43.486	11.374	6	4.44
1908	6	26	Senese	9	5-6	43.322	11.45	5	4.36
1908	11	7	Val di Chiana	17	6	43.273	11.682	5	4.25
1911	3	26	Casentino	8	7	43.811	11.816	6	4.54
1913	7	29	Casentino	16	6	43.814	11.89	5-6	4.54
1913	8	9	Pietralunga	12	5-6	43.442	12.436	4-5	3.93
1914	5	15	Chianti	6	6	43.453	11.361	5	4.16
<b>1917</b>	<b>4</b>	<b>26</b>	<b>Alta Valtiberina</b>	<b>134</b>	<b>9-10</b>	<b>43.467</b>	<b>12.129</b>	<b>9-10</b>	<b>6.09</b>



1918	3	22	Alta Valtiberina	7	5	43.335	12.254	4	4.13
1918	11	10	Appennino forlivese	187	9	43.917	11.933	9	6
1919	10	25	Alta Valtiberina	30	6	43.571	12.132	6	4.8
1920	11	24	Senese	15	5-6	43.366	11.538	4-5	4.07
1927	12	1	Bacino di Gubbio	13	5-6	43.417	12.417	5-6	4.56
1940	10	10	Sestino	1	5-6	43.708	12.297	5-6	4.4
1948	6	13	Alta Valtiberina	142	7	43.598	12.127	7	5.02
1952	7	4	Appen. forlivese	64	7	43.98	11.883	7	5.08
1952	7	4	Appen. forlivese						
1956	5	26	Appen. forlivese	76	7	43.939	11.897	7	4.98
1956	5	29	Appen. forlivese						
1957	4	17	Appen. forlivese	14	6	43.937	11.942	6	4.72
1957	4	17	Appen. forlivese						
1957	4	30	Alta Valtiberina	57	6	43.733	12.013	5	4.23
1959	3	11	Appennino forlivese	11	5	43.959	12.064	5	4.31
1960	4	15	Montefeltro	30	6	43.708	12.297	5-6	4.45
1962	8	30	Montefeltro	23	6-7	43.877	12.144	6-7	4.84
1962	9	16	Chianti	19	6	43.545	11.35	6	4.79
1963	2	3	Pietralunga	3	5	43.442	12.436	4	3.7
1965	8	4	Alta Valtiberina	44	6	43.695	12.112	5	4.4
1969	8	9	Appen. tosc-romagnolo	33	5	43.76	11.962	5	4.24
1985	11	24	Appennino forlivese	29	5-6	43.92	12.053	5-6	4.48
1987	7	5	Montefeltro	90	6	43.749	12.313	6	4.63
1987	7	8	Montefeltro	15	5-6	43.774	12.279	4-5	4.02
1989	7	9	Montefeltro	48	5-6	43.742	12.35	5	4.16
1990	5	8	Alta Valtiberina	64	5-6	43.732	12.297	5	4.15
1990	5	8	Alta Valtiberina	1	5-6	43.57	12.141	5-6	4.4
1991	1	14	Casentino	62	5-6	43.802	11.894	5	4.32
1993	1	17	Alta Valtiberina	76	5	43.584	12.318	5	4.17
1996	7	10	Alta Valtiberina						
1997	10	2	Alta Valtiberina	55	6				



1997	10	2	Alta Valtiberina						
1999	1	25	Appen. forlivese	97	5	43.965	11.994	5	4.27
2001	11	26	Casentino	211	6	43.627	11.991	5-6	4.55
2002	2	21	Casentino	43	5	43.76	12.033	5	4.16
2003	1	26	Appen. forlivese	35	6-7	43.952	12.018	6	4.72
2003	1	26	Appen. forlivese						
2003	1	26	Appen. forlivese	63	5-6	43.928	11.992	5-6	4.47
2003	1	29	Appen. forlivese	71	4-5	43.932	11.947	4-5	4.09
2006	4	16	Appen. forlivese						4.46
2010	4	15	Alta Valtiberina						4.02
2011	5	24	Appen. forlivese						4.15
2011	7	12	Appen. forlivese						4.29
2011	7	12	Appen. forlivese						4.18
2013	7	11	Appen. forlivese						4.21
2018	3	5	Appen. forlivese						4.02

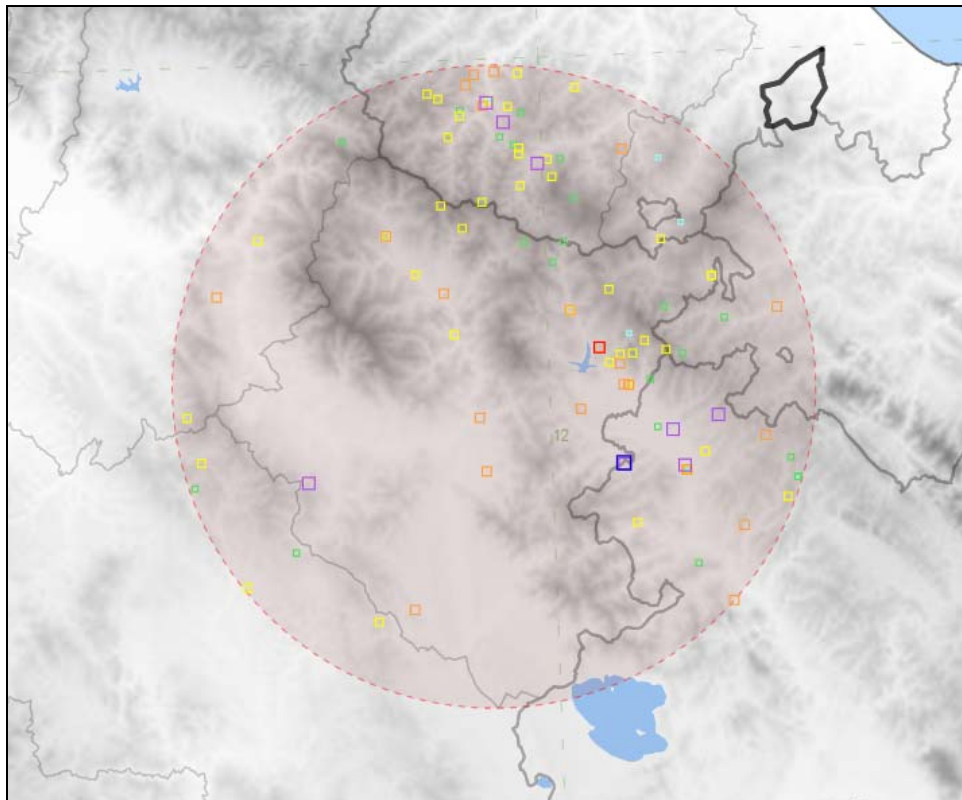


Figura 5.3 Ubicazione dell'epicentro dei terremoti entro un raggio di 50 km da Castiglion Fibocchi (catalogo ASMI)



Il territorio del Comune di Castiglion Fibocchi è compreso all'interno della zona 920 come definita all'interno della “Zonazione Sismogenetica ZS9 (Meletti C., Valensise G., 2004); tale zona, assieme alla 916 coincide con il settore in distensione tirrenica definito dal modello sismo tettonico di Meletti et al.(2000). Tali zone sono caratterizzate da una sismicità di bassa energia, che sporadicamente può raggiungere valori di magnitudo relativamente elevati; la zona 920 è distinta dalla zona 916 per la maggior frequenza di questi eventi (Meletti C., Valensise G., 2004). Mentre le adiacenti zone a est della 920 (915, 919, 923) racchiudono faglie e sistemi di faglie legati all'estensione appenninica, la zona 916 assieme alla zona 920 rappresenta una transizione alla distensione peritirrenica.

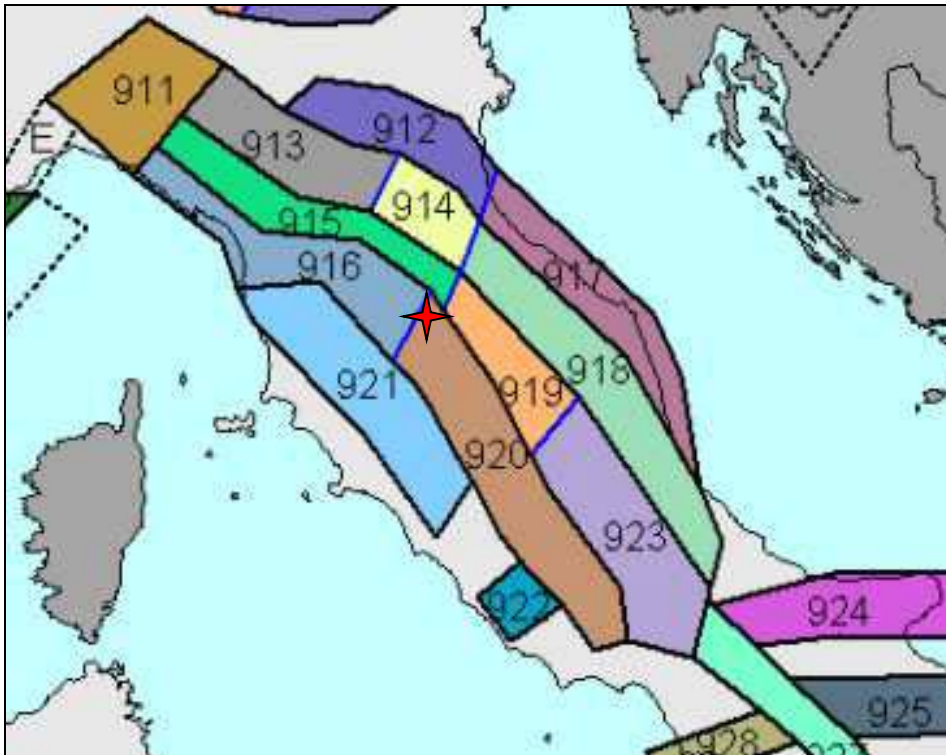


Figura 5.4 Zonazione sismogenetica ZS9

Nella tabella seguente vengono riassunte le principali caratteristiche della zona 920

ZONA	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
920	296	201	39	4,6	5-8	6

## 6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Per il presente studio di MS2, si è utilizzato come base cartografica geologica e geomorfologica, la cartografia presente nel database geologico e geomorfologico della Regione Toscana, integrata da sopralluoghi e dalla visione della cartografia presente nel vigente Piano Strutturale. Le cartografie utilizzate, sono state verificate e modificate, sulla base delle conoscenze acquisite a seguito delle indagini geognostiche reperite e/o effettuate per gli studi di MS.

### 6.1. INQUADRAMENTO TETTONICO

La tettonica dell'area è stata determinata dal corrugamento della catena appenninica, come risultato di una compressione orientata da Sud-Ovest a Nord-Est, che ha generato deformazioni sia di tipo prevalentemente plastico (pieghe) che rigido (faglie).

La struttura geologica principale è costituita dalle formazioni sedimentarie autoctone dell'Unità Cervarola-Falterona, nelle litofacies rispettivamente marnoso-siltoso-arenacea ed arenacea che costituiscono la dorsale del Pratomagno, di cui il territorio comunale costituisce la propaggine sud-occidentale. Nel corso dell'orogenesi, in conseguenza delle enormi forze di compressione, sono avvenute piegamenti e rotture accompagnate da spostamenti di grosse masse rocciose.

Nelle adiacenze di tali dislocazioni tettoniche si sono formate fasce più o meno estese di materiali intensamente fratturati. In condizioni morfologiche favorevoli tali aree divengono sede di significativi corpi idrici sotterranei caratterizzati da permeabilità secondaria.

La maggiore o minore componente argillosa nei litotipi delle due citate formazioni sedimentarie, le rende facilmente degradabili per effetto degli agenti atmosferici, ed è per questo che su vaste aree si ritrovano coltri detritiche che nascondono il substrato.

Le coperture sono formate da frammenti e blocchi in più o meno abbondante matrice limoso-sabbiosa ed argillosa che passano in profondità, con una certa gradualità, a roccia in posto ancora destrutturata ed infine a roccia integra.

### 6.2. CARTA GEOLOGICA

La carta geologica è stata redatta in scala 1:5.000 e rappresenta la sintesi delle conoscenze geologiche dell'area di studio. I terreni oggetto di studio appartengono per la quasi totalità alla successione fluvio-lacustre del Valdarno Superiore di età plio-quadernaria. La legenda delle unità geologiche proposta si basa, pertanto, sulle sigle ed i criteri CARG aggiornati con il database geologico regionale. Vengono mantenuti i tradizionali riferimenti alla nomenclatura classica,



ormai consolidata nella letteratura e nella cultura geologica del Valdarno Superiore. All'interno dell'area di studio sono presenti le seguenti unità stratigrafiche:

### **DEPOSITI QUATERNARI**

#### **FORME, DEPOSITI E ATTIVITÀ ANTROPICHE**

- *Riporto antropico (terrapieno, rilevato stradale o ferroviario, ecc.)*

Materiale eterogeneo ed eterometrico, da limi sabbiosi a ciottoli. Questa forma antropica è stata rinvenuta solamente in corrispondenza del campo sportivo

#### **FORME, PROCESSI DI VERSANTE DOVUTI ALLA GRAVITÀ**

- *Deposito di versante*

Coltri di copertura costituite da materiali di alterazione del substrato con frammenti e blocchi rocciosi in più o meno abbondante matrice sabbioso-argillosa, cartografati negli affioramenti più significativi e nello specifico a nord dell'abitato di Gello Biscardo a copertura del substrato costituito da FAL3.

#### **CORPI DI FRANA**

- *Frane in evoluzione*

Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico con evidenze di movimenti in atto o recenti.

- *Frana quiescente*

Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico privo di evidenze di movimenti in atto o recenti.

- *Frana inattiva*

Frane che non possono riattivarsi nell'attuale sistema morfodinamico e morfoclimatico poiché sepolte o relitte, o comunque in contesti geomorfologici non più relazionabili ai versanti attuali.

Gli unici corpi di frana sono stati rinvenuti in prossimità dell'abitato di Gello Biscardo.

### **DEPOSITI OLOCENICI**

- *Deposito alluvionale recente ed attuale*

Sedimenti sabbioso-limosi alternati, miscela di sabbia e limo con frazione fine abbondante. Questi depositi, di limitato spessore, sono stati rinvenuti solamente lungo il tratto meridionale del Torrente Bregine e del suo affluente di destra.

- *Deposito eluvio-colluviale*

Materiale eterogeneo ed eterometrico derivante dall'alterazione della roccia del substrato ed accumulato in posto o dopo breve trasporto per ruscellamento.



## DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI VILLAGGIANI

### - *VILh – Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose*

All'interno dell'area di studio questi depositi sono conosciuti come *Limi di Latereto e Pian di Tegna* (pleistocene medio) che appartengono al sub-sistema di Monticello-Ciuffenna interno al Sistema del Valdarno Superiore. Sono costituiti da limi sabbiosi o sabbioso-argillosi, bruno-giallastri e rossastri con intercalazioni di sabbie, sabbie limose e di ciottolami ad elementi arenacei.

Questi depositi affiorano diffusamente ed hanno spessori che nell'area di studio raggiungono i 50-60 m e che poggiano sul substrato roccioso, di seguito descritto.

## DOMINIO TOSCANO

### UNITA' DI M.CERVAROLA-FALTERONA

Le Arenarie del Falterona sono una formazione costituita da arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche-micacee, grigie al taglio fresco, giallastre all'alterazione, con granulometria da media a grossolana, alternate a siltiti, argilliti e marne grigio scure, giallastre se alterate. Localmente sono intercalati livelli da metrici a decametrici di marne grigio-giallastre talora associati ad olistostromi ad affinità ligure e subligure staccatasi dal fronte del thrust in avanzamento durante l'Oligocene terminale – Miocene basale. Questi sono costituiti da argilliti, talvolta marnose, con struttura caotica, di colore grigio chiaro rossastre, inglobanti calcari e calcari marnosi grigio chiari, calcari silicizzati verdi in strati sottili, areniti da microconglomeratiche a fini.

Le arenarie del Monte Falterona, in base al rapporto Arenarie/Pelite, vengono suddivisi in membri. All'interno dell'area di studio affiorano i seguenti:

### - *FAL3 – Arenarie del Falterona: Membro di Montalto (Chattiano-Aquitano)*

Arenarie, marne, argilliti e siltiti con  $1/4 < A/P < 2$ , con stratificazione da molto sottile a molto spessa, talora in banchi. Si alternano pacchi decametrici di strati sottili con peliti prevalenti a banchi o strati molto spessi ravvicinati. Sono presenti, specialmente verso la base, numerosi livelli calcarenitici, in strati da medi a molto spessi. Nella parte alta del membro prevalenti peliti con rari banchi. La potenza massima è di almeno 800 metri.

Questa formazione rocciosa affiora nell'area di Gello Biscardo.

### - *FAL4 – Arenarie del Falterona: Membro di Lonnano (Aquitano)*

Siltiti, argilliti e marne prevalenti,  $A/P < 1/4$ , con presenza di sottili livelli di arenarie fini il cui spessore non supera mai i 20 cm. Le marne sono generalmente di colore grigio chiare, molto



fratturate, mentre le altre peliti sono generalmente più scure. I livelli arenacei sono invece di colore grigio-marrone.

Costituisce il substrato roccioso dove sorge sia il nucleo storico di Castiglion Fibocchi, che la porzione nord del capoluogo stesso. Sono presenti numerosi affioramenti con giacitura costante verso est e pendenze variabili da circa 15° a circa 40°.

- *FALa – Arenarie del Falterona: Olistostromi di materiale proveniente dalle unità liguri*

All'interno del Membro di Lonnano sono presenti alternanze spesso intensamente tettonizzate di argilliti e argilliti marnose avana o grigie; calcareniti, da medie a grossolane passanti a calcari marnosi e marne grigie o avana, ocracee all'alterazione, frequentemente con liste e noduli di selce grigia; torbiditi arenaceo-calcaree micacee. All'interno dell'area di studio questo olistostroma affiora solamente in un'area ad ovest del campo sportivo.

### 6.3. CARTA GEOMORFOLOGICA

La restituzione della cartografia geomorfologica è stata effettuata adottando la scala 1:5.000.

Lo studio geomorfologico dell'area interessata è stato condotto attraverso l'approfondimento delle carte geomorfologiche realizzate per il P.S. vigente e per il database geomorfologico regionale, mediante sopralluoghi e visione di foto aeree recenti.

Di seguito si riporta la descrizione dei morfotipi rilevati e rappresentati nella carta geomorfologica.

#### FORME E PROCESSI DI EROSIONE IDRICA E DEL PENDIO

I processi qui rilevati sono caratterizzati da quelle forme di denudazione o erosione che rappresentano il primo stadio evolutivo dei processi gravitativi, rientrano in questa classe:

- Orlo di scarpata di frana o di degradazione
- Scarpata di scavo\accumulo frana e scarpata di erosione fluviale
- Solco erosivo di ruscellamento concentrato

#### FORME E PROCESSI DOVUTI A GRAVITA'

I processi che sono stati rilevati e cartografati in questa classe risultano essere quelli che, di fatto, condizionano in modo importante il territorio in termini di pericolosità:

- Frana attiva, quiescente e inattiva; - Deposito di versante

#### FORME ARTIFICIALI (ANTROPICHE)

Nell'area di studio è presente una zona caratterizzata da un terrapieno che costituisce l'area dove è impostato il campo sportivo.



## 7. CARTA DELLE INDAGINI

La "Carta delle Indagini" riporta l'ubicazione dei dati esistenti e reperiti sul territorio comprendenti:

- dati di base allegati al PS vigente del Comune di Castiglion Fibocchi (AR);
- dati derivanti dalla campagna di indagine geofisica condotta per lo studio di MS1;
- Regione Toscana (Servizio DIFESA SUOLO E PROTEZIONE CIVILE), per i dati relativi ai pozzi superficiali e profondi;
- Banca dati del Servizio Geologico d'Italia - ISPRA;
- Banca dati del sottosuolo del LAMMA Rete Toscana;
- Banca dati del SIRA - Servizio Informativo Regionale Ambientale della Toscana;
- Banca dati PORTOS 2.0 Regione Toscana.

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di oltre 130 dati puntuali e di circa 25 dati lineari, suddivisi e rappresentati, in forma simbolica e per tipologia, secondo la legenda prevista negli standard regionali per l'informatizzazione degli studi di MS con riferimento agli Indirizzi e Criteri di Microzonazione sismica (ICMS) a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile e catalogati e archiviati mediante software QGis.

Nuove Indagini - Esecuzione di ulteriori indagini geofisiche

Oltre ai dati delle indagini sopra citati, si è ritenuto opportuno, al fine di ottenere un più completo quadro conoscitivo delle aree, effettuare le seguenti ulteriori indagini, concordate con il Servizio Sismico della Regione Toscana:

- n.1 linea sismica a rifrazione in onde P ed SH (lunghezza 120m) da ubicare in corrispondenza dei depositi alluvionali recenti in modo da individuare il passaggio con il substrato sottostante e stimarne il contrasto relativo;
- n.2 prove ESAC + MASW,
- n.25 siti di acquisizione di misure strumentali di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSR), ubicate ad integrazione e a completamento di quelle già realizzate in ambito MS1.

Le indagini sismiche lineari ed alcune HVSR sono state eseguite e certificate dalla ditta TriGeo s.n.c. di Soci (AR).

La raccolta dei dati relativi alle indagini effettuate sul territorio e le informazioni ottenute dalle nuove indagini eseguite, ha consentito di ottenere un adeguato quadro di dettaglio necessario alla stesura dell'aggiornamento della carta MOPS.



L'ubicazione delle indagini sismiche è stata stabilita di concerto con la struttura regionale competente, in ottemperanza alle specifiche di cui al paragrafo 1.B.1.2 delle istruzioni tecniche del Programma VEL, perimetrata secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS.

Le planimetrie con la corretta ubicazione, le foto e i grafici dei risultati, redatti sulla base degli standard previsti, sono riportati in allegato nella Relazione Tecnica sulle Indagini.

## **8. CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI**

Nella Carta sono riportati i risultati della campagna di misure di microtremore a stazione singola HVSR, comunemente nota con il termine H/V condotte secondo gli standard e i criteri stabiliti dagli ICMS e indicati nel Volume di Ingegneria sismica 2/11 per la misura delle frequenze fondamentali dei depositi che costituiscono la copertura della pianura fluvio-lacustre e delle coltri detritiche su substrato.

Per una dettagliata trattazione e valutazione della procedura di acquisizione ed elaborazione e quindi della qualità del dato, si rimanda alla Relazione Tecnica sulle indagini.

Preme evidenziare che le indagini H/V denominate dalla n°1 alla n°24 derivano dallo studio MS1 allegato al P.S. vigente ed approvato con il regolamento 53/R (ditta realizzatrice: Galileo Geofisica di Arezzo); mentre dalla n°25 alla n°51 sono state appositamente realizzate per il presente studio MS2 (ditte realizzatrici ProGeo Eng. e TriGeo snc)

I dati di H/V riportati nella Carta delle Frequenze fondamentali dei depositi esplorazione sono costituiti da:

- n. 51 misure passive eseguite per lo studio di MS (48 misure nel centro urbano di Castiglion Fibocchi e n.3 misure nell'abitato di Gello Biscardo).

La rappresentazione grafica scelta, data la quantità di dati acquisiti, è quella semplificata dei cerchi con colore variabile secondo la frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza H0, in accordo con la legenda restituita in Appendice 3 dell'Allegato A delle *“specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica e prescrizioni per le analisi della Condizione Limite per l'Emergenza”* (aggiornamento del 08/09/2021) e visibile nella tabella di pagina seguente (Figura 8.1).



$f_0$ (Hz) (scala di colori)	$A_0$ (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

Figura 8.1 legenda per la rappresentazione di  $f_0$  ed  $A_0$

Nella tabella di pagina seguente (Figura 8.2) vengono riassunti i risultati delle misure HVSR effettuate con evidenziata la frequenza  $f_0$  del picco, se rinvenuto, con la relativa ampiezza  $A_0$ .

I report di ciascuna prova unitamente alla documentazione fotografica ed alla qualità dell'indagine vengono restituiti nella Relazione Tecnica sulle Indagini.

ESECUTORE	N.hvsr	Picco	Frequenza	Ampiezza
Galileo Geofisica per Geol.G.Francini (MS1)	1	SI	4.9	5.5
	2	SI	2.0	5.5
	3	SI	4.8	3.5
	4	SI	1.9	4.5
	5	SI	2.4	4.0
	6	SI	3.2	3.0
	7	SI	2	5.0
	8	SI	3	2.3
	9	SI	2.7	4.0
	10	SI	3.6	3.5
	11	SI	4.9	3.5
	12	SI	2.4	4.5
	13	SI	2.8	5.6
	14	SI	5.0	5
	15	SI	11.6	3.4
	16	NO	0	0
	17	SI	3.2	5.6
	18	SI	3.0	5.6
	19	SI	7.5	3.0
	20	SI	11.8	3.0
	21	SI	3.2	5.0
	22	SI	7.8	3.0
	23	SI	12.5	2.0
	24	NO	0	0
ProGeo Engineering Srl (MS2)	25	SI	20	2.5
	26	SI	3	2.3
	27	SI	9.3	3.0
	28	SI	1.8	1.3
	29	SI	2.1	5.3
	30	SI	0.5	1.5
	31	SI	4.7	5.3
	32	SI	8.3	1.4
	33	SI	1.0	1.4
	34	SI	9.9	4.9
	35	SI	2.8	4.6
	36	SI	1.7	4.8
	37	SI	3.4	5.3
	38	SI	11.4	8.1
	39	SI	1.4	1.8
	40	SI	6.3	4.2
	41	SI	20.0	1.5
	42	SI	20.0	2.2
	43	SI	3.2	4.3
	44	SI	2.7	5.0
	45	SI	2.7	3.7
	46	SI	1.8	5.9
	47	SI	3.2	4.4
	48	SI	9.0	2.2
	49	SI	6.4	5.6
TriGeo snc per ProGeo Eng. (MS2)	50	SI	2.6	1.9
	51	SI	2.2	7.0






Figura 8.2: quadro riassuntivo dei risultati delle indagini H/V

## 9. DESCRIZIONE DELLA CARTA GEOLOGICO TECNICA

Nella carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica vengono rappresentate le informazioni riguardanti i litotipi affioranti, distinti in primis tra terreni di copertura e substrato; nel caso del presente lavoro sono state distinte differenti tipologie di substrato:

- substrato geologico lapideo stratificato (rappresentato geologicamente dalla F.ne delle Arenarie di Monte Falterona-Membro di Lonnano e di Montalto);
- substrato geologico alternanza di litotipi stratificato (rappresentato geologicamente dall'Olistostroma interno alle Arenarie del Falterona).

Lo spessore minimo delle coperture rappresentate è di 3 metri; la litologia dei terreni è stata descritta tramite sistema di classificazione Unified Soil Classification System (leggermente modificato, ASTM, 1985). Inoltre è stata aggiunta una sigla che descrive l'ambiente deposizionale del litotipo. Nel presente studio sono stati distinti i seguenti terreni di copertura:

	Terreni contenenti resti di attività antropica
	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità

### Ambienti genetico-deposizionali

#### Ambiente di versante

es : Argine/barre/canali

fd : Falda detritica

tf : Terrazzo Fluviale

ec : Eluvi/Colluvi

Sono riportate inoltre le forme di superficie che nel presente studio sono rappresentate da falde detritiche. Vengono infine rappresentati i seguenti elementi geologici ed idrogeologici:

- giaciture degli strati;
- l'ubicazione di sondaggi che hanno raggiunto il substrato (con indicazione della profondità ove il substrato è stato rinvenuto) e l'ubicazione di sondaggi che non hanno raggiunto il substrato (con indicazione della massima profondità raggiunta dalla perforazione).



Nella Carta Geologico-tecnica sono state riportate le tracce di n°5 sezioni geologico-tecniche rappresentative dell'intera area di studio per una corretta definizione del modello geologico-tecnico. Le unità geologico-tecniche individuate, sia sulla carta, che sulle sezioni geologico-tecniche, rappresentano gli elementi stratigrafici caratterizzanti le varie microzone omogenee

## **10. MODELLO DI SOTTOSUOLO: INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE NELLA SUA DEFINIZIONE**

Il quadro complessivo di modello del sottosuolo emerso dalle indagini di archivio ed effettuate ex-novo delinea la presenza di un substrato geologico, costituito per la maggior parte del territorio studiato dalla Formazione delle Arenarie del Monte Falterona (Membro di Montalto o di Lonnano), con caratteristiche di rigidità tali, in condizioni di modesta o nulla alterazione, da superare quasi sempre il valore di 800 m/s.

Nella zona del capoluogo ed a nord dello stesso il substrato geologico è caratterizzato da un'elevata alterazione e fratturazione superficiale con spessore massimo di circa 10 m, ben visibile nelle prove geotecniche e nei risultati delle H/V.

Al contempo le caratteristiche delle coperture, con età di deposizione meno recente databile al Villafranchiano, sono proprie di depositi, pur con elevata eterogeneità, con caratteristiche geotecniche spesso non scadenti, ma in ogni caso dotate di proprietà sismiche molto differenti dal substrato ove si sono deposte.

Tale fenomeno è probabilmente alla base della presenza di chiari picchi in frequenza del rapporto H/V nelle misure di rumore sismico ambientale, con ampiezze A0, per quanto da considerare con le dovute cautele, molto significative.

Dalle sezioni geologico-tecniche si evince che i depositi fluvio-lacustri, principalmente costituiti da limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML), poggiano direttamente sul substrato con spessori limitati nella porzione nord del capoluogo, fino a spessori massimi di circa 55-60 m nel settore meridionale dell'area di studio.

Lungo il Torrente Bregine ed il suo affluente di destra (Borro San Quirico), vi è la presenza di limitati spessori di depositi alluvionali, principalmente costituiti da sabbie ben assortite e ghiaiose (SM).

Nell'area collinare di Gello Biscardo affiora direttamente il Substrato geologico sulle zone ad elevata pendenza ( $I > 15^\circ$ ); mentre lo stesso risulta alterato oppure coperto sia da materiale detritico costituito da ghiaie, miscela di ghiaie, sabbia e limo (GM), che da frane di scorrimento prevalentemente inattive.



## 11. CLASSE DI QUALITA' DELLA CARTA DI LIVELLO 1

Lo studio di MS1 allegato al vigente P.S. aveva classificato la carta MOPS con un punteggio pari a 72,25% e dunque rientrante in Classe B *“Sarebbe auspicabile migliorare almeno uno dei parametri”*.

Per il presente studio di MS2 che adegua anche lo studio MS1 secondo le specifiche tecniche nazionali e regionali, oltre all'aggiornamento della carta geologico-tecnica redatta ad-hoc per il presente studio, sono state effettuate nuove indagini geofisiche e raccolte nuove indagini geognostiche sui database esistenti (ISPRA, PORTOS, etc...) al fine di migliorare il livello della Carta MOPS.


Per definirne la qualità, è stata utilizzata la metodologia riportata in Appendice 2 dell'Allegato A allo studio di MS Regionale *“Redazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica”*, aggiornato al 08/09/2021).

La procedura seguita è la seguente:

- 1) è stata costruita sull'area da investigare un reticolato di celle quadrate, tutte uguali, orientate N-S e E-W, con il lato di 250 m;
- 2) è stata compilata la matrice della tabella che prevede n. 6 parametri (carta geologico-tecnica, sondaggi a distruzione, sondaggi a carotaggio continuo, indagini geofisiche, prove geognostiche, misure delle frequenze di sito), ai quali viene assegnato un peso; ogni parametro prevede 3 indicatori ai quali è stato assegnato un punteggio che deve essere moltiplicato per il peso corrispondente.
- 3) La somma dei valori dei parametri ha permesso di stilare una nuova classifica di qualità:
  - **Classe A**, valori superiori a 75%; indicazioni nessuna, carta di livello 1 di ottima qualità;
  - **Classe B**, valori intervallo (50%-74%); indicazioni: migliorare almeno uno dei parametri;
  - **Classe C**, valori intervallo (25%-49%); indicazioni: programmare indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità;
  - **Classe D**, valori inferiori a 25%; indicazioni: la carta di livello 1 è di scarsa qualità e non risponde ai requisiti minimi richiesti dagli ICMS e dalle suddette specifiche.

Di seguito si riporta il foglio di calcolo per la valutazione della qualità della carta MOPS, dal quale si evidenzia un valore pari al 76.1 % (Classe A).



b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala																
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1																
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33																
c	Sondaggi a distruzione	0.5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock																
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1																
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33																
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock																
	<i>Punteggi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33																
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33																
e	Indagini geofisiche	0.5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock																
	<i>Punteggi indicatori</i>		0.66	0.66	0.66																
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33																
f	Prove geotecniche	0.25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock																
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0.66	0.33																
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33																
g	Misure Frequenze	0.75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità																
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1																
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33																
a	<b>25</b>	punteggi parziali	24.8	12.4	8.2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>CLASSE</th> <th>VALORI</th> <th>INDICAZIONI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>≥ 75%</td> <td>Carta di livello 1 di ottima qualità</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>50%-74%</td> <td>Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>25%-49%</td> <td>Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>≤ 25%</td> <td>Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana</td> </tr> </tbody> </table>	CLASSE	VALORI	INDICAZIONI	A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità	B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri	C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità	D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana
CLASSE	VALORI						INDICAZIONI														
A	≥ 75%						Carta di livello 1 di ottima qualità														
B	50%-74%						Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri														
C	25%-49%						Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità														
D	≤ 25%						Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana														
b	<b>0.99</b>																				
c	<b>0.50</b>																				
d	<b>0.33</b>																				
e	<b>0.33</b>																				
f	<b>0.16</b>																				
g	<b>0.74</b>																				
To	<b>76.1</b>	<b>76.1</b>	classe A																		

## **12. CARTA delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)**

La Carta MOPS costituisce l'elaborato principale del Livello 1 e nel presente studio questa carta, aggiornata secondo gli standard tecnici nazionali e regionali, sostituisce quella allegata al vigente strumento urbanistico comunale.

Nella carta MOPS vengono rappresentate le microzone omogenee, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e di alcune tipologie di dati geofisici.

Tali zone sono differenziabili in base alle differenti tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione ecc.).

Di particolare importanza a questo scopo è stata la ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area, l'individuazione dei litotipi costituenti il substrato rigido (ovvero dei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti) accompagnata da una stima approssimativa della loro profondità rispetto al piano di campagna (del tipo: “qualche metro”, “una decina di metri”, “alcune decine di metri”) e da una stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso.

Il presente studio ha identificato n.16 microzone differenziate in base alla tipologia, allo spessore e al grado di addensamento delle coperture, in rapporto alla presenza di un bedrock sismico o non sismico e quindi sulla base dell'ampiezza di un eventuale contrasto di impedenza sismica.

### **12.1. DESCRIZIONE DELLE ZONE MICROSISMICHE PRESENTI NELLA CARTA MOPS**

Segue la descrizione nel dettaglio di ogni singola Zona individuata ed inserita nella Carta MOPS del presente studio, restituita in scala 1:5.000.

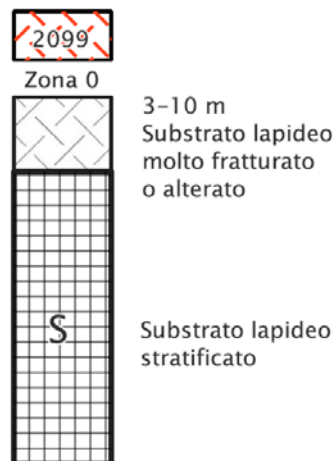
#### **ZONE STABILI**

Le zone stabili non sono state cartografate; l'intera area è suddivisa tra zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e zone suscettibili di instabilità.

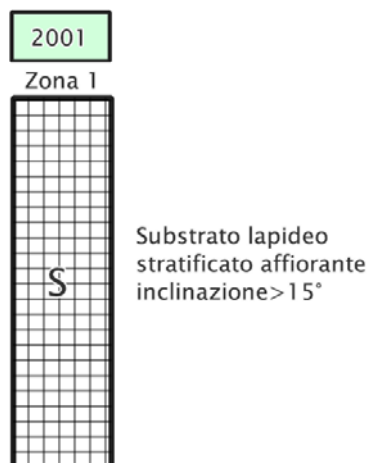


## **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**

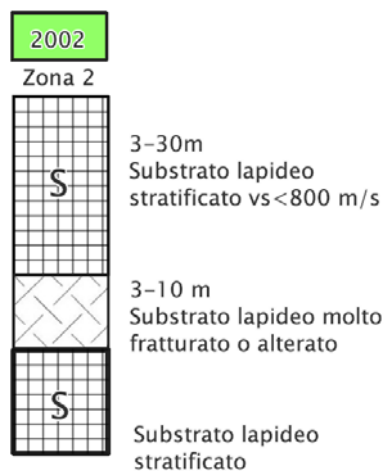
**2099 (Zona 0)**: rappresentata da substrato lapideo stratificato avente velocità media delle onde di taglio  $S > 800$  m/s e costituito, nell’area di studio, dalle Formazione delle Arenarie di Monte Falterona, in particolare dal Membro di Montalto (FAL3) e dal Membro di Lonnano (FAL4). Nella zona sono comprese coltri di alterazione e fratturazione superficiale con spessore da 3 a 10 metri.



**2001 (Zona 1)**: rappresentata da substrato lapideo stratificato avente velocità media delle onde di taglio  $S > 800$  m/s, ma affiorante su superfici topografiche aventi inclinazione  $> 15^\circ$ . Nell’area di studio, dal punto di vista litologico è costituito dalle Formazione delle Arenarie di Monte Falterona, in particolare dal Membro di Montalto (FAL3) e dal Membro di Lonnano (FAL4). Nella zona sono comprese coltri di alterazione e fratturazione superficiale con spessore fino a 3 metri.



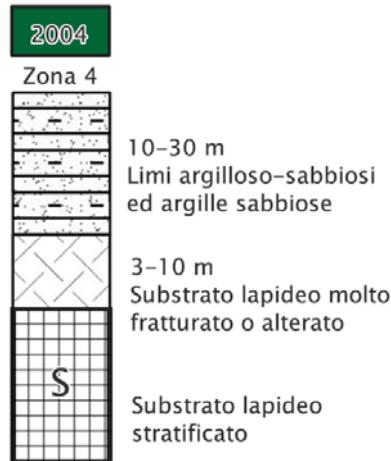
**2002 (Zona 2):** rappresentata da substrato lapideo stratificato affiorante avente velocità media delle onde di taglio  $S < 800$  m/s. Nell'area di studio, questa zona dal punto di vista litologico, è costituita da Olistotromi di materiale proveniente dalle unità liguri appartenenti alla Formazione delle Arenarie del Falterona (FALa). Quest'ultima è poggiate su un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s, avente al tetto uno spessore fratturato o alterato dai 3 ai 10m.



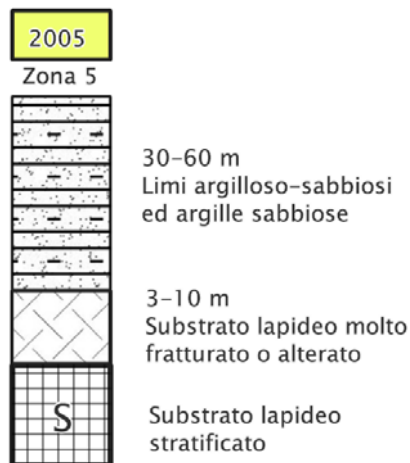
**2003 (Zona 3):** rappresentata da uno spessore da 3 a 10m di depositi continentali Rusciniiani-Villafranchiani (VILh) costituiti da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (Limi di Latereto e Pian di Tegna), sovrastanti un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s, avente al tetto una copertura di materiale fratturato o alterato dai 3 ai 10m.



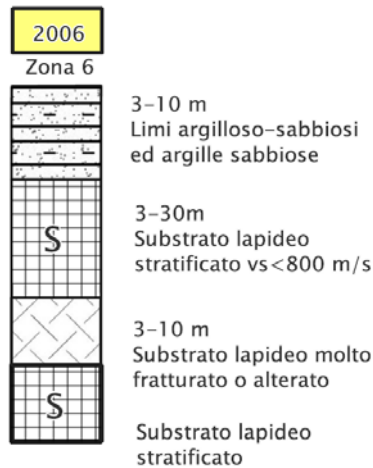
**2004 (Zona 4):** rappresentata da uno spessore da 10 a 30m di depositi continentali Rusciniiani-Villafranchiani (VILh) costituiti da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (Limi di Latereto e Pian di Tegna), sovrastanti un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s, avente al tetto una copertura di materiale fratturato o alterato dai 3 ai 10m.



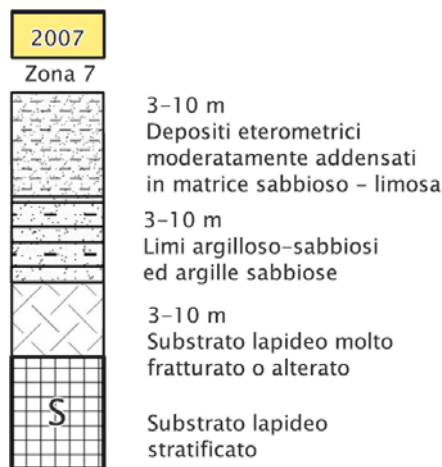
**2005 (Zona 5):** rappresentata da uno spessore da 30 a 60m di depositi continentali Rusciniiani-Villafranchiani (VILh) costituiti da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (Limi di Latereto e Pian di Tegna), sovrastanti un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s, avente al tetto una copertura di materiale fratturato o alterato dai 3 ai 10m.



**2006 (Zona 6):** rappresentata da uno spessore da 3 a 10m di depositi continentali Rusciniani-Villafranchiani (VILh), costituiti da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (Limi di Latereto e Pian di Tegna), sovrastanti uno strato da 3 a 30m di substrato lapideo stratificato con  $V_s < 800$  m/s a sua volta poggiante su un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s, avente al tetto una copertura di materiale fratturato o alterato dai 3 ai 10m.

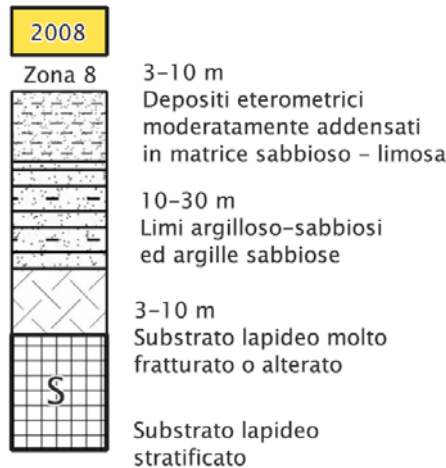


**2007 (Zona 7):** rappresentata da uno spessore da 3 a 10m di depositi alluvionali eterometrici moderatamente addensati in matrice sabbioso-limosa sovrastanti uno strato da 3 a 10m di depositi continentali Rusciniani-Villafranchiani (VILh), costituiti da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (Limi di Latereto e Pian di Tegna) che, a loro volta, sono poggianti su un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s, avente al tetto una copertura di materiale fratturato o alterato dai 3 ai 10m.

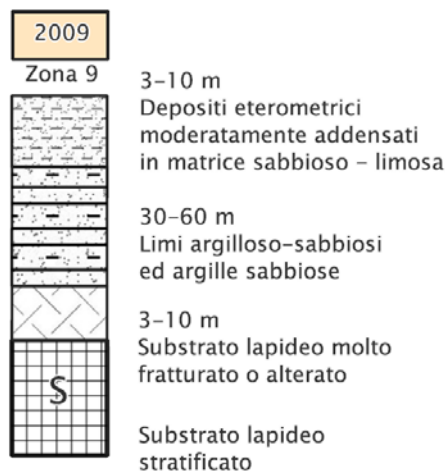




**2008 (Zona 8):** rappresentata da uno spessore da 3 a 10m di depositi alluvionali eterometrici moderatamente addensati in matrice sabbioso-limoso sovrastanti uno strato da 10 a 30m di depositi continentali Rusciniani-Villafranchiani (VILh), costituiti da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (Limi di Latereto e Pian di Tegna) che, a loro volta, sono poggianti su un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s, avente al tetto una copertura di materiale fratturato o alterato dai 3 ai 10m.



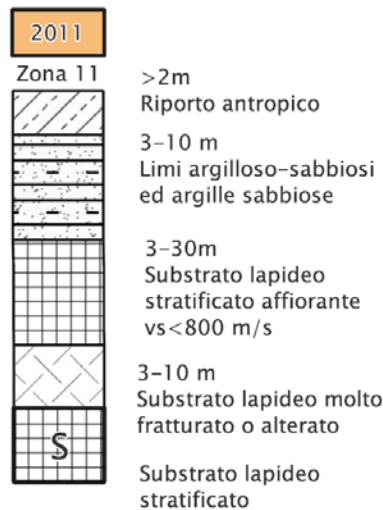
**2009 (Zona 9):** rappresentata da uno spessore da 3 a 10m di depositi alluvionali eterometrici moderatamente addensati in matrice sabbioso-limoso sovrastanti uno strato da 30 a 60m di depositi continentali Rusciniani-Villafranchiani (VILh), costituiti da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (Limi di Latereto e Pian di Tegna) che, a loro volta, sono poggianti su un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s ricoperto sempre, come nei casi precedenti, da una coltre di alterazione che va dai 3 ai 10 m.



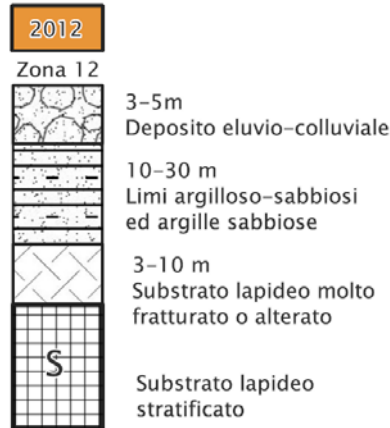
**2010 (Zona 10):** rappresentata da un rilievo con spessore > 2m di riporto antropico situato al di sopra di un substrato lapideo stratificato con  $V_s < 800$  m/s costituito da Olistotromi di materiale proveniente dalle unità liguri appartenenti alla Formazione delle Arenarie del Falterona, poggianti su un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s, avente al tetto una copertura di materiale fratturato o alterato dai 3 ai 10m.



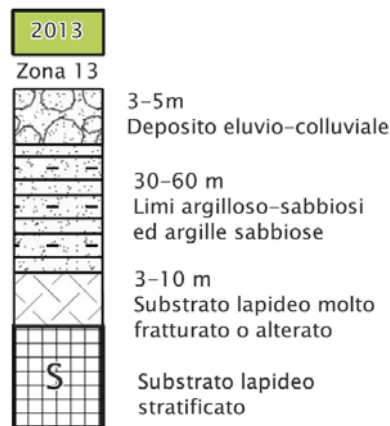
**2011 (Zona 11):** rappresentata da un rilievo con spessore > 2m di riporto antropico situato al di sopra di uno strato con spessore dai 3 ai 10m di depositi continentali Rusciniiani-Villafranchiani (VILh) che, a loro volta, sovrastano un substrato lapideo stratificato con  $V_s < 800$  m/s costituito da Olistotromi di materiale proveniente dalle unità liguri appartenenti alla Formazione delle Arenarie del Falterona. Infine, alla base della colonna stratigrafica è presente il substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s, avente al tetto una copertura di materiale fratturato o alterato dai 3 ai 10m.



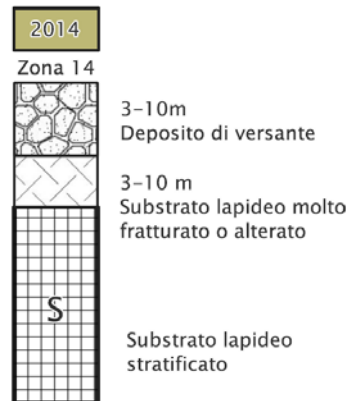
**2012 (Zona 12)**: costituita da uno spessore di 3-5m di deposito eluvio colluviale sovrastante uno strato da 10 a 30m di depositi continentali Rusciniiani-Villafranchiani (VILh), costituiti da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (Limi di Latereto e Pian di Tegna) che, a loro volta, sono poggianti su un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s ricoperto sempre, come nei casi precedenti da una coltre di alterazione che va dai 3 ai 10 m.



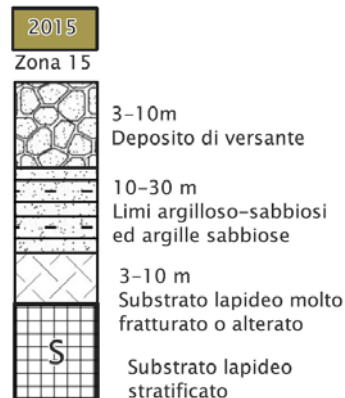
**2013 (Zona 13)**: rappresentata da uno spessore di 3-5m di deposito eluvio colluviale sovrastante uno strato da 30 a 60m di depositi continentali Rusciniiani-Villafranchiani (VILh), costituiti da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (Limi di Latereto e Pian di Tegna) che, a loro volta, sono poggianti su un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s ricoperto sempre, come nei casi precedenti, da una coltre di alterazione che va dai 3 ai 10 m.



**2014 (Zona 14):** rappresentata da uno spessore di 3-10m di deposito di versante situato sopra un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s coperto da una coltre fratturata o alterata di 3-10m.



**2015 (Zona 15):** costituita da uno spessore di 3-10m di deposito di versante situato sopra depositi continentali Ruscini-Villafranchiani (VILh), costituiti da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (Limi di Latereto e Pian di Tegna) che, a loro volta, sono poggiati su un substrato lapideo stratificato con  $V_s > 800$  m/s ricoperto sempre, come nei casi precedenti, da una coltre di alterazione che va dai 3 ai 10 m.



### **ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'**

All'interno dell'area di studio è stata discriminata la presenza di zone suscettibili di instabilità: in particolare sono state mappate zone suscettibili di instabilità di versante attiva, quiescente e inattiva.

3012 (ZAFR\_A – Zona di attenzione per instabilità di versante scorrimento attiva)



3022 (ZAFR\_Q – Zona di attenzione per instabilità di versante scorrimento quiescente)

3032 (ZAFR\_I – Zona di attenzione per instabilità di versante scorrimento inattiva)



### 13. – ELABORAZIONI DI LIVELLO 2

Sulla base di tutti i dati a disposizione si è potuto procedere alla quantificazione numerica degli effetti sismici evidenziati nell’analisi di livello 1 al fine della redazione della carta di microzonazione sismica di livello 2.

#### 13.1. QUANTIFICAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Per la valutazione quantitativa di tali effetti sul segnale sismico ci si è riferiti all’applicazione degli abachi per amplificazioni litostratigrafiche contenuti negli *“Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica”* per quanto riguarda la zona 1 e agli abachi messi a disposizione dal Servizio Sismico della Regione Toscana per le restanti zone.

Sulla base delle indicazioni fornite dalle linee guida i dati di ingresso per l’utilizzo delle tabelle degli abachi degli ICMS sono stati:

- la macrozona di pericolosità sismica del sito da cui il valore medio approssimato di  $a_g$  per un tempo di ritorno di 475 anni;
- la litologia prevalente nelle zone di approfondimento d’indagine, ricavata dai dati stratigrafici e dai modelli geo-litologici adottati;
- lo spessore dei terreni di copertura. Spessore minimo calcolato:  $> 0 < 30\text{m}$  (abachi Regione Toscana);
- la  $V_{sh}$  media dei terreni di copertura, ovvero il valore della velocità media delle onde S fino all’interfaccia con il substrato sismico ( $V_s > 800 \text{ m/s}$ ).

Sono quindi state effettuate le determinazioni dei valori del fattore di amplificazione per le aree oggetto di MZS di livello 2 nei siti d’indagine, con i risultati di seguito riportati, sintetizzati nelle Carte di Microzonazione Sismica di Livello 2, in scala 1:5.000.

Il primo valore del fattore di amplificazione (FA) riportato si riferisce al periodo 0.1-0.5 s, il secondo valore al periodo 0.4-0.8 s ed infine il terzo al periodo 0.7-1.1 s.

## **ZONA 2001**

$$FA = 1,2 \div 1,2 \div 1,2$$

E' caratterizzata da substrato lapideo stratificato avente velocità media delle onde di taglio  $S > 800$  m/s affiorante su superfici topografiche aventi inclinazione  $> 15^\circ$ , sono comprese le coltri di alterazione con spessore fino a 3 metri.

Per la determinazione dei valori dei fattori di amplificazione attesi in questa Zona ci si è attenuti agli abachi di riferimento per gli effetti topografici proposti negli ICMS parte III.

Tabella 3.3-2 – Abaco per scarpate rocciose.

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $F_1$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_1 = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_1 = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_1 = \frac{3}{4} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

In particolare per la determinazione del fattore FA è stata considerata la classe altimetrica tra 20 e 40 m.

Il parametro utilizzato per la rappresentazione dei livelli amplificativi è il fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudo-accelerazione, misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione in output (PSAout) e l'omologo integrale dello spettro di accelerazione in input (PSAin), calcolato sui 3 intervalli di periodi indicati nei vigenti Standard Nazionali: In analogia a quanto richiesto dagli Standard Nazionali, gli intervalli di integrazione sono relativi a tre range di periodi:

FA0105 (ritenuto, a meno di particolari caratteristiche dell'area di studio, il fattore principalmente diagnostico per la determinazione dell'amplificazione locale) ed FA0408 ed FA0711, in grado di fornire indicazioni sull'amplificazione per periodi più elevati.

I parametri geologici s.l. d'ingresso, per poter estrapolare il valore del fattore di amplificazione, sono due:

1. Il periodo fondamentale di vibrazione del sito ( $T_0$ ) o la corrispondente frequenza fondamentale ( $f_0$ );
2. Il valore della velocità media delle Onde S fino al basamento sismico (VSH) caratterizzato da  $VS > 800$  m/sec.



Per l’attribuzione dei valori dei fattori di amplificazione alle microzone in cui è suddiviso il territorio studiato del comune di Castiglion Fibocchi, sono stati utilizzati gli abachi riferiti alla macroarea Toscana Zona di Transizione con valore di  $a_g < 0.15g$  ( $TR=475$  anni), di seguito riportati (Figura 13.1):

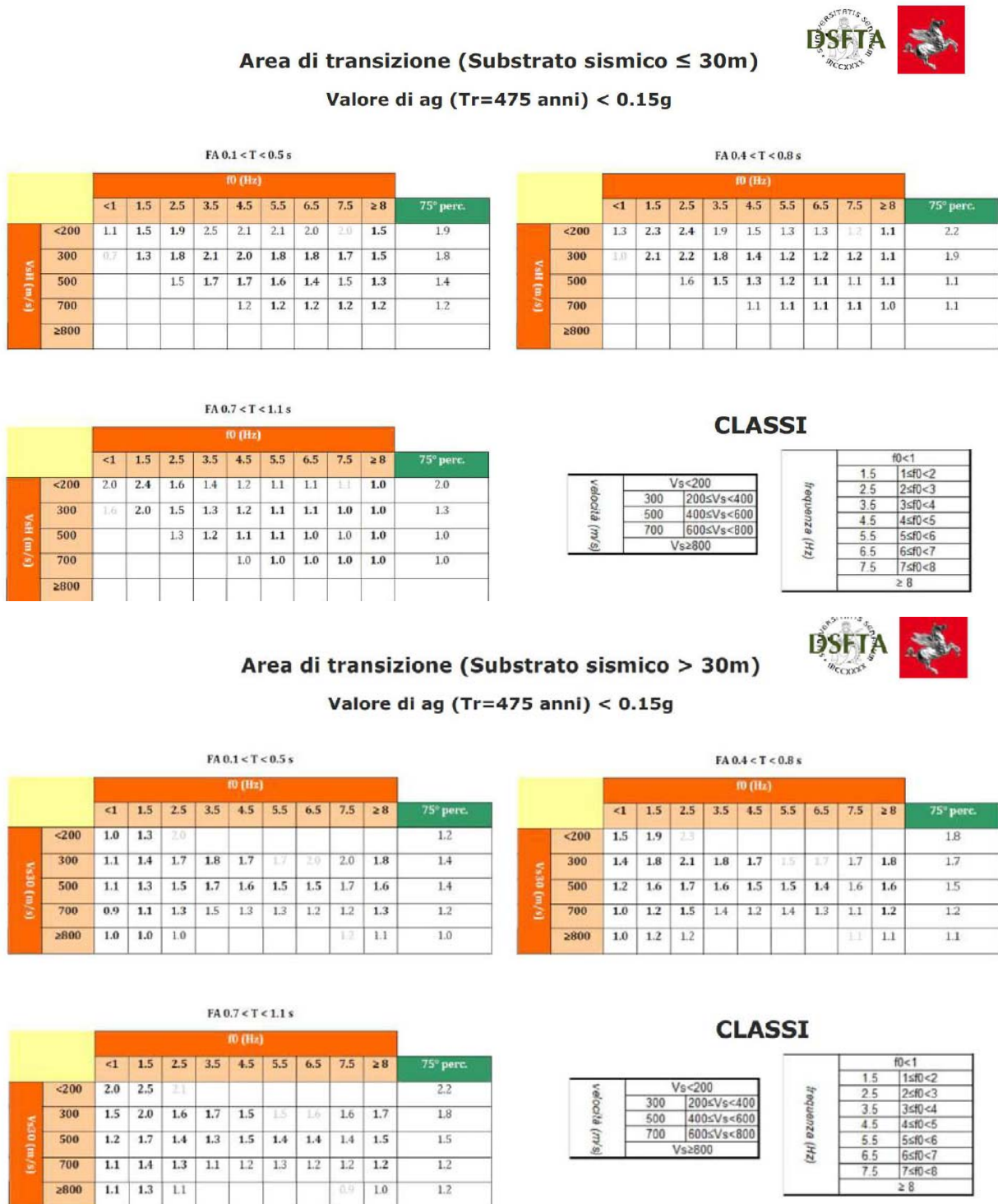


Figura 13.1 abachi regionali utilizzati per la stesura delle carte di MS2



Nelle seguenti tabelle (Figura 13.2) vengono suddivise tutte le microzone, con indicate per ciascuna le principali indagini geofisiche che hanno permesso di associare le rispettive classi di Vs e f0, determinando così i relativi valori di FA per i tre periodi richiesti.

Alle microzone, arealmente poco estese e con mancanza di indagini, sono stati assegnati i valori di Vs e f0 tipici della microzona geologico-tecnica con simile comportamento sismostratigrafico.

I valori delle V<sub>SH</sub> risultano poco variabili e fanno rientrare tutte le microzone all'interno delle classi VS300 o 500 m/s; mentre la variabilità dei valori di f0 ha suggerito di suddividere alcune microzone in sottozone dotate di simili valori di f0 e dunque con profondità del bedrock simile.

Nel caso specifico la MZ2004 è stata suddivisa in tre sottozone.

Zona MOPS	Ind. HVSR	f0	Ind. Lineare	Vsh	Bedrock	Classi		FA carta MS2		
						Vs	f0	0,1 - 0,5	0,4 - 0,8	0,7 - 1,1
2099	P88	20	L9-MASW	473	< 30 m	500	>8	1.3	1.1	1
	P114	0.81								
	P96	1	L14-SR	500						
	P105	20								
	P101	11.4								
	P91	1.8	L13-MASW	500						
	P93	0.5								
P84	12.5									
2002	P89	3	-	500	< 30 m	500	2.5	1.5	1.6	1.3
2003	P110	9	L6-MASW	367	< 30 m	300	>8	1.5	1.1	1
	P28	11.81	L7-MASW	488						
	P30	11.88	L11-MASW	343						
	P66	11.56	L12-MASW	359						
	P111	6.4	L5-MASW	321						
	P97	9.9								
2004 centro-ovest	P29	7.47	L10-MASW	390.4	<30m	300	7.5	1.7	1.2	1
	P32	7.81								
	P103	6.3								
2004	P100	3.4								
	P31	3.25								
	P67	2.81								
	P94	4.7								
	P65	4.97								
	P34	3.22								
	P112	3.2								
	P75	3.22								
	P76	4.78								
	P106	3.2								
2004 sud-ovest	P82	3.06				300	3.5	2.1	1.8	1.3
	P81	4.91								
2004 sud	P69	4.88	300	4.5	2	1.4	1.2			



Zona MOPS	Ind. HVSR	f0	Ind. Lineare	Vs	Bedrock	Classi		FA carta MS2		
						Vs	f0	0,1 - 0,5	0,4 - 0,8	0,7 - 1,1
2005	P107	2.7	L16-MASW	352	>30m	300	2.5	1.7	2.1	1.6
	P33	3.03								
	P98	2.8								
	P80	2.44								
	P108	2.7								
	P79	2.75								
	P122	2.2	L17-MASW	362						
	P71	2.41								
	P70	1.88								
	P99	1.7								
	P109	1.8								
	P92	2.1								
	P68	2.03								
2006	P90	9.3	-		<30m	300	>8	1.5	1.1	1
2007	-	>8	-	300	<30m	300	>8	1.5	1.1	1
2008 sud-ovest	-	3.5	-	300	<30m	300	3.5	2.1	1.8	1.3
2008	-	7.5	-	300	<30m	300	7.5	1.7	1.2	1
2009	-	2.5	-	300	>30m	300	2.5	1.7	2.1	1.6
2010	-	2.5	-	500	<30m	500	2.5	1.5	1.6	1.3
2011	-	>8	-	300	<30m	300	>8	1.5	1.1	1
2012	P78	3.03	-	300	<30m	300	3.5	2.1	1.8	1.3
2013	P77	2	L15-SR	437	>30m	300	2.5	1.7	2.1	1.6
	P121	2.6								
2014	-	>8	-	500	<30m	500	>8	1.3	1.1	1
2015	-	>8	-	300	<30m	300	>8	1.5	1.1	1

Figura 13.2 Tabelle riassuntive delle microzone con i relativi fattori amplificativi stratigrafici

Per le Zone soggette ad instabilità di versante l'assegnazione dei valori di FA è stata effettuata con criteri sostanzialmente analoghi a quelli utilizzati per le Zone stabili suscettibili di amplificazione, fatta salva una maggiorazione pari a 0.2 del valore caratteristico della microzona sottostante.

### 13.2. RESTITUZIONE ED ANALISI DEI RISULTATI

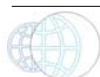
Le determinazioni dei valori del Fattore di Amplificazione per le aree oggetto di MZS di livello 2 nei siti d'indagine sono sintetizzati nelle Carte di Microzonazione Sismica, in scala 1:5000, suddivise nei seguenti elaborati:

- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione FA (0,1 – 0,5 s)
- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione FA (0,4 – 0,8 s)
- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione FA (0,7 - 1,1 s)

Il territorio di studio interno al Comune di Castiglion Fibocchi presenta una morfologia caratteristica con rilievi collinari accentuati nella porzione nord in corrispondenza dell'abitato di Gello Biscardo dove affiora il bedrock roccioso poco fratturato (FAL3-Membro di Montalto). Più dolci sono i rilievi dove sorge il capoluogo, per la presenza del bedrock roccioso fratturato ed alterato (FAL4-Membro di Lonnano). Poggianti direttamente sul bedrock sono presenti i depositi fluvio lacustri villafranchiani (VILh) con spessori che aumentano gradualmente fino a massimi di circa 55-60 m, per cui le amplificazioni del moto sismico dovute a tale interfaccia si manifestano a partire da frequenze alte (>8Hz) fino ad arrivare a circa 2-2.5 Hz.

Altri fenomeni amplificativi di minore entità sono stati rinvenuti tra le coperture detritiche, comunque di limitato spessore, ed il sottostante bedrock sismico; mentre non sono stati rinvenuti altri fenomeni amplificativi tra i depositi alluvionali o eluvio-colluvio sui sottostanti depositi fluvio-lacustri.

In accordo con il contesto geo-stratigrafico descritto, dall'analisi della distribuzione dei valori dei due parametri indice utilizzati per la classificazione è emersa una notevole affinità di comportamento in termini sismici delle diverse microzone esaminate, all'interno delle quali non sono state rilevate differenziazioni significative né particolari discordanze nei valori di  $V_{s30}$  e  $f_0$ , i quali hanno evidenziato una distribuzione areale particolarmente omogenea.



## 14. - VERIFICA SULLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

La Liquefazione è un processo in seguito al quale un sedimento che si trova al di sotto del livello della falda perde temporaneamente resistenza e si comporta come un liquido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace.

La liquefazione ha luogo quando la pressione dei pori aumenta fino a eguagliare la pressione intergranulare.

L'incremento della pressione neutra è indotto dalla tendenza di un materiale sabbioso a compattarsi quando è soggetto ad azioni cicliche di un sisma, con conseguente aumento del potenziale di liquefazione del terreno.

Il fenomeno di liquefazione può essere ottenuto dalla combinazione di:

- **Fattori predisponenti**

- Terreno saturo, non compattato, non consolidato, sabbioso limoso o con poca argilla;
- Distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in sito.

- **Fattori scatenati**

- La sismicità: magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione in superficie.

Generalmente la liquefazione si verifica in depositi recenti di sabbia e sabbia siltosa, depositi che spesso si trovano negli alvei fluviali o aree di costa.

I terreni suscettibili alla fenomeno di liquefazione sono:

- Suoli non coesivi e saturi (*sabbie e limi, occasionalmente ghiaie*) con contenuti di fini plastici relativamente basso;
- Suoli costituiti da particelle relativamente uniformi;
- Depositii sabbiosi recenti (*Olocenici*).

Per valutare il potenziale di liquefazione sulla base dei dati disponibili è stato utilizzato il metodo di calcolo degli autori Robertson e Wride (1998), elaborato nel programma Liquefazione dei terreni del Geol. Sebastiano G.Monaco EPC-Editore Roma. Tale metodo tiene conto dei risultati acquisiti con le prove penetrometriche di tipo statico (CPT).

La suscettibilità alla liquefazione di un determinato tipo di terreno, viene determinata attraverso la definizione del seguente fattore di sicurezza:

$$F_s = CRR/CSR$$

- CRR rappresenta la capacità di resistenza alla liquefazione (Cyclic Resistance Ratio)
- CSR la sollecitazione ciclica indotta dall'azione del terremoto (Cyclic Stress Ratio).

Secondo gli autori, in un deposito sedimentario si avrà possibilità di liquefazione con  $F_s < 1,0$ , che diviene pari a 1,25 in base alle NTC 2008.

Per la determinazione della magnitudo dell'evento sismico, richiesta dal programma di calcolo, si è fatto riferimento ai dati storici come riportati del capitolo 5, dai quali è risultato che i terremoti più significativi, sono quelli con epicentro in Valtiberina, classificata come la zona geodinamicamente più attiva.

Ai fini della suscettibilità alla liquefazione nel territorio comunale, sono stati considerati gli effetti indotti causati dal terremoto del 26 aprile 1917 avvenuto in comune di Monterchi con magnitudo  $M = 5,89$ , intensità MCS = IX-X, e area epicentrale distante ~30 Km.

Per quanto attiene all'accelerazione massima di superficie,  $a_{max} = 0,22g$ , si è fatto riferimento al valore fornito dal foglio di calcolo Spettri NTC 1.03, del Consiglio Superiore dei LL.PP. E' stato considerato un tempo di ritorno  $T_r = 475$  anni, associato allo stato limite SLV, con coefficienti di amplificazione topografica ( $S_t = 1$ ) e stratigrafica ( $S_s = 1,5$ ), come risultante dalla Carta di MS2, tipico di un suolo di categoria C.

Le valutazioni sono state eseguite in corrispondenza delle seguenti prove penetrometriche, ritenute significative in quanto impostate sui depositi Villafranchiani e con la presenza dei dati di  $R_p$  ed  $R_l$  (la numerazione è visibile nella Carta delle Indagini):

- CPT n°118 profondità 4.8 m
- CPT n°119 profondità 8.6 m.

Nelle tabelle, restituite in calce alla presente relazione come Appendice 1, risulta che nelle verticali indagate, il rischio di liquefazione è risultato molto basso (Iwasaki et al.), in quanto si è avuto costantemente  $F_s > 1,25$ .

Arezzo, Ottobre 2022

referente e coordinatore delle attività:

Geol. *Massimiliano Rossi* (ProGeo Engineering Srl)

Geol. *Fabio Poggi*

Collaboratori:

Geol. *Gabriele Menchetti*

Geol. *Andrea Martini*

Dott. *Gianluca Capaccioli*



## 15. BIBLIOGRAFIA

- *NTC (2018)* - Norme Tecniche per le Costruzioni - MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI DECRETO 17 gennaio 2018 . Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» e circolare esplicativa.
- *Press. CEDIT (2013)* - Italian Catalogue Of Seismic Ground Failures (<http://www.ceri.uniroma1.it/cn/gis.jsp>).
- *Albarelo D. (2012)* - Design earthquake from site-oriented macroseismic hazard estimates. *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, Vol. 53, n. 1, pp.7-17, DOI 10.4430/bgta 0035
- *Albarelo D., Cesi C., Eulilli V., Guerrini F., Lunedei E., Paolucci E., Pileggi D. & Puzzilli L.M. (2011)* - "The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the april 6, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake" - *Boll. Geof. Teor. All.* 52, 513-538.
- *Albarelo D., Castellaro S. (2011)* - "Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola" - *Suppl. Ingegneria Sismica*, Anno XXVIII, n. 2-2011, 32-62.
- *Albarelo et al., 2010* "The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the April 6, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake".
- *D'Amico V., Albarelo D. (2008)* - SASHA: a computer program to assess seismic hazard from intensity data. *Seism. Res. Lett.*, 79, 5, 663-671 European Committee for Standardization (CEN), Brussels.
- *ICMS (2008)* - Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica. Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province autonome; 3 vol. e 1 DVD.
- *INGV (2006)* - Mappe di pericolosità sismica ([http://esse1-gis.mi.ingv.it/s1\\_en.php](http://esse1-gis.mi.ingv.it/s1_en.php)).
- *ISIDE–Italian Seismological Instrumental and parametric Data-base* (<http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>)
- *Eurocode, EC8 (2003)* - Design of structures for earthquake resistance: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects.
- *Boncio et al., 2000* Architecture and seismotectonics of a regional low-angle normal fault zone in central Italy. *Tectonics* 19: doi: 10.1029/2000TC900023. issn: 0278-7407.
- *Mantovani E. et Alii 2011* – Sismotettonica dell'Appennino Settentrionale, implicazioni per la pericolosità sismica della Toscana.
- *Kramer S. L. (1996)* – Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice Hall. New Jersey.
- *Bernini et alii, 1992* – Episodi compressivi neogenico-quadernari nell'area estensionale tirrenica nord-orientale. *Dati in mare e terra. Memorie della Società Geologica Italiana*, 45(1990): 557-589.
- *Ambraseys, N. (1988)*. Magnitude fault-length relationships for earthquakes in the Middle East, *Proc. Symposium on Historical Seismograms & Earthquakes*, Ed. W.H. Lee, 309-310 Academic
- *Boccaletti et Coli, 1983* La tettonica della Toscana: assetto ed evoluzione. *Mem. Soc. Geol. It.*, 25, 51-62.
- *Boccaletti et alii, 1980* –Evoluzione dell'appennino settentrionale secondo un nuovo modello strutturale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 21, 359-373.



# ALLEGATO 1

## VERIFICA ALLA SUSCETTIBILITÀ DI LIQUEFAZIONE



# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

## DATI INSERITI

H<sub>falda</sub> = 10

a<sub>max</sub>/g 0.22

R = 30

M<sub>w</sub> = 5.9



## TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIDE (1998)

## DATI CPT INSERITI

Int. 0.2

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.20	21	0.67
2	0.40	18	1.00
3	0.60	9	0.13
4	0.80	10	0.20
5	1.00	9	0.27
6	1.20	11	0.53
7	1.40	23	1.20
8	1.60	20	0.60
9	1.80	18	1.73
10	2.00	25	1.13
11	2.20	34	1.13
12	2.40	31	0.87
13	2.60	23	1.33
14	2.80	47	1.00
15	3.00	35	0.93
16	3.20	46	0.93
17	3.40	37	0.87
18	3.60	33	1.07
19	3.80	41	0.67
20	4.00	37	0.87
21	4.20	33	1.00
22	4.40	30	1.00
23	4.60	81	1.40
24	4.80	133	3.73
25	5.00		

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
26	5.20		
26	5.40		
28	5.60		
29	5.80		
30	6.00		
31	6.20		
32	6.40		
33	6.60		
34	6.80		
35	7.00		
36	7.20		
37	7.40		
38	7.60		
39	7.80		
40	8.00		
41	8.20		
42	8.40		
43	8.60		
44	8.80		
45	9.00		
46	9.20		
47	9.40		
48	9.60		
49	9.80		
50	10.00		

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
51	10.20		
52	10.40		
53	10.60		
54	10.80		
55	11.00		
56	11.20		
57	11.40		
58	11.60		
59	11.80		
60	12.00		
61	12.20		
62	12.40		
63	12.60		
64	12.80		
65	13.00		
66	13.20		
67	13.40		
68	13.60		
69	13.80		
70	14.00		
71	14.20		
72	14.40		
73	14.60		
74	14.80		
75	15.00		

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
76	15.20		
77	15.40		
78	15.60		
79	15.80		
80	16.00		
81	16.20		
82	16.40		
83	16.60		
84	16.80		
85	17.00		
86	17.20		
87	17.40		
88	17.60		
89	17.80		
90	18.00		
91	18.20		
92	18.40		
93	18.60		
94	18.80		
95	19.00		
96	19.20		
97	19.40		
98	19.60		
99	19.80		
100	20.00		

Committente: COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI

Riferimento: CPT118

Località: CASTIGLION FIBOCCHI

Prov. AR

Oggetto: STUDIO MS2

INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

HOME

GRAFICI



Committente: **COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI**  
 Riferimento: **CPT118**  
 Località: **CASTIGLION FIBOCCHI**  
 Oggetto: **STUDIO MS2**

Prov.: **AR**

# ANALISI

Metodi che utilizzano Prove	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento	Indice del Potenziale	Rischio liquefazione	
Statiche (CPT)	(Fs)		(Mw)	di Liquefazione (IP <sub>L</sub> )	Iwasaki et al. (1978)	
<b>Robertson e Wride (1998)</b>	> 1,0	> 1,25 (NTC 08)	<b>5.90</b>	<b>0.000</b>	<b>Molto Basso</b>	

Prof.	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato	Fs	Prof.	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato	Fs
	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore					valore	valore	Classificazione	valore	Classificazione			
0.20	1.87	Granulare	2.24	NPGranulare	2.03	--	2.24	N.C.	10.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
0.40	2.25	Granulare	2.57	NPGranulare	2.40	--	2.57	N.C.	10.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
0.60	2.09	Granulare	2.47	NPGranulare	2.28	--	2.47	1.75	10.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
0.80	2.25	Granulare	2.57	NPGranulare	2.40	--	2.57	2.02	10.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
1.00	2.47	Granulare	2.75	PLimoso	2.61	C.Cinese	2.61	3.07	11.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
1.20	2.61	Argilloso	2.85	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	11.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
1.40	2.47	Granulare	2.66	PLimoso	2.56	C.Cinese	2.56	N.C.	11.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
1.60	2.37	Granulare	2.56	NPGranulare	2.46	--	2.56	3.38	11.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
1.80	2.82	Argilloso	2.97	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	11.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
2.00	2.50	Granulare	2.65	PLimoso	2.57	C.Cinese	2.57	N.C.	12.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
2.20	2.34	Granulare	2.47	NPGranulare	2.40	--	2.47	5.27	12.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
2.40	2.34	Granulare	2.46	NPGranulare	2.40	--	2.46	3.84	12.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
2.60	2.68	Argilloso	2.79	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
2.80	2.17	Granulare	2.27	NPGranulare	2.22	--	2.27	3.91	12.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
3.00	2.35	Granulare	2.45	NPGranulare	2.40	--	2.45	3.68	13.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
3.20	2.20	Granulare	2.29	NPGranulare	2.25	--	2.29	3.45	13.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
3.40	2.34	Granulare	2.41	NPGranulare	2.38	--	2.41	3.26	13.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
3.60	2.49	Granulare	2.56	NPGranulare	2.52	--	2.56	4.08	13.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
3.80	2.24	Granulare	2.30	NPGranulare	2.27	--	2.30	2.53	13.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
4.00	2.39	Granulare	2.44	NPGranulare	2.42	--	2.44	3.10	14.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
4.20	2.52	Granulare	2.56	NPGranulare	2.54	--	2.56	3.61	14.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
4.40	2.60	Granulare	2.63	PLimoso	2.61	C.Cinese	2.61	3.82	14.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
4.60	2.11	Granulare	2.13	NPGranulare	2.12	--	2.13	4.44	14.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
4.80	2.13	Granulare	2.14	NPGranulare	2.13	--	2.14	N.C.	14.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
5.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	15.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
5.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	15.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
5.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	15.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
5.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	15.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
5.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	15.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
6.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	16.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
6.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	16.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
6.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	16.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
6.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	16.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	

N.C. = Non Calcolabile  
 N.L. = Non Liquefacibile  
 Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico  
 NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare

Argilloso = Terreno Argilloso  
 C.Cinese = Criteri Cinese  
 Granulare = Terreno Granulare  
 -- = Nessun Criterio

HOME

INSERIMENTO DATI CPT

DATI CPT

GRAFICI

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE PENETROMETRICHE CPT)  
METODO DI ROBERTSON E WRIDE (1998)

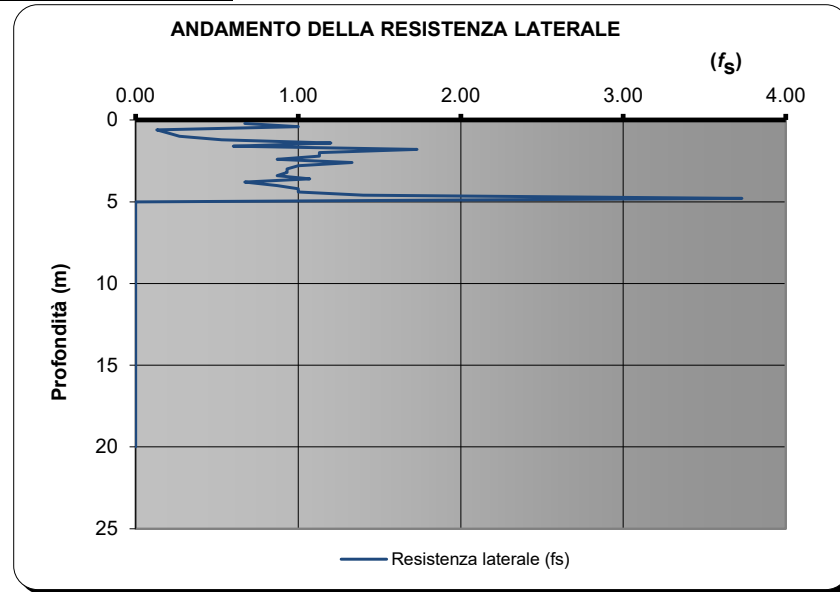
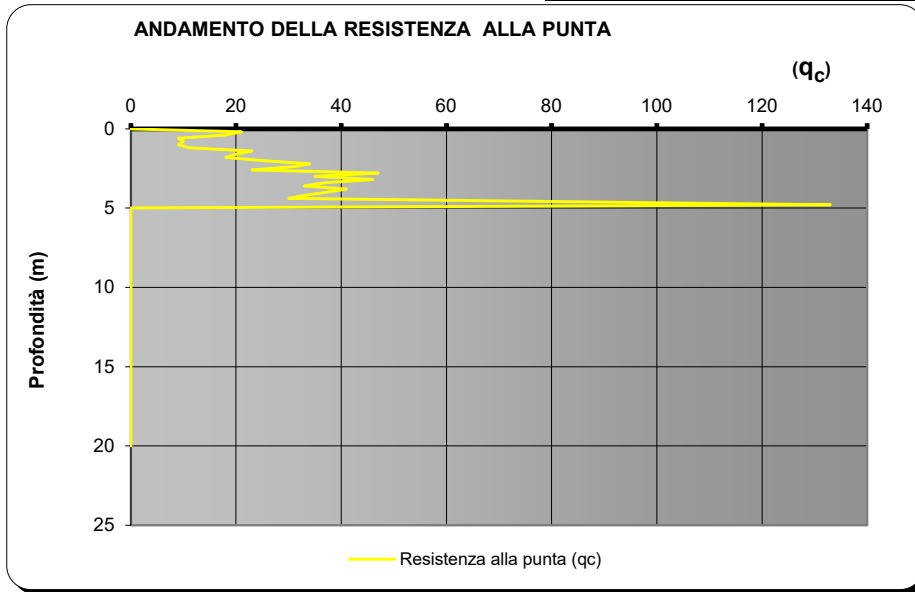


FORMULE:

$$CRR = 0,883 \cdot \left[ \frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right] + 0,05 \quad \text{Per } 0 < (q_{c1n})_{CS} < 50$$

$$CRR = 93 \cdot \left[ \frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0,08 \quad \text{Per } 50 < (q_{c1n})_{CS} < 160$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF} \quad M = 5.9$$

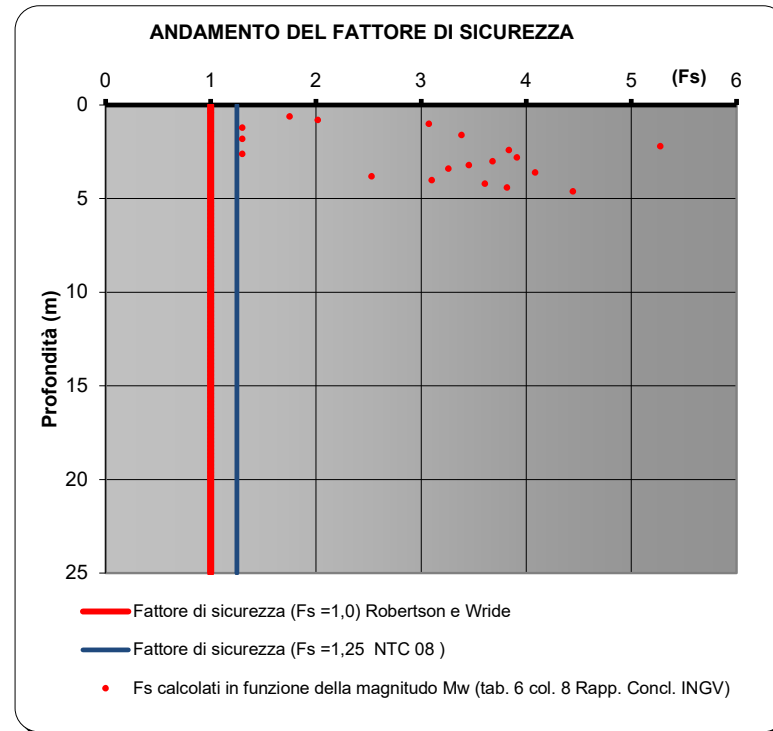
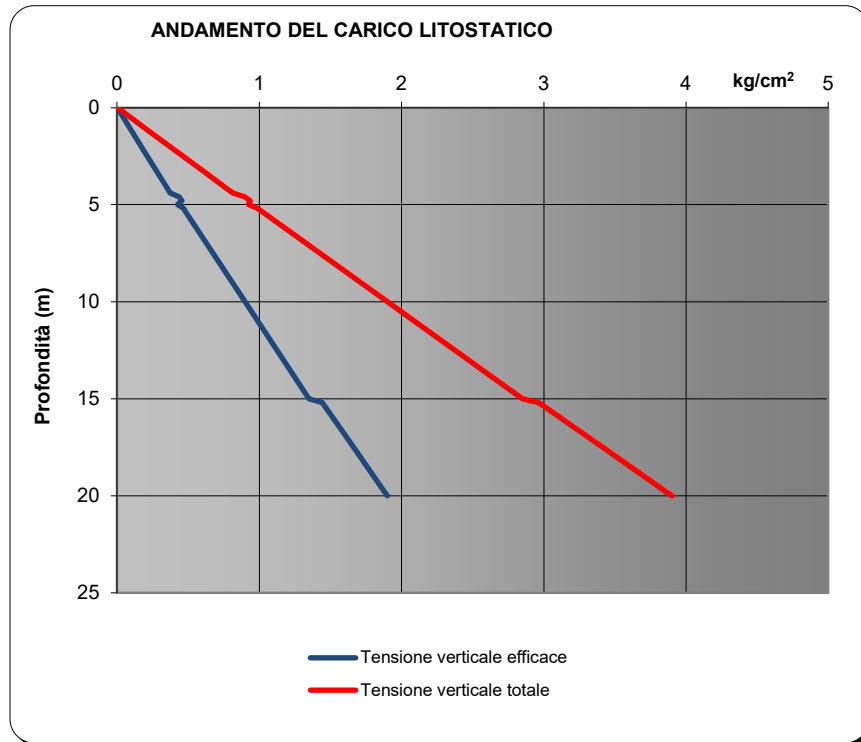


**Committente:** COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI  
**Riferimento:** CPT118  
**Località:** CASTIGLION FIBOCCHI **Prov.:** AR  
**Oggetto:** STUDIO MS2

- DATI CPT
- INSERIMENTO DATI CPT
- ANALISI

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE PENETROMETRICHE CPT)  
METODO DI ROBERTSON E WRIDE (1998)

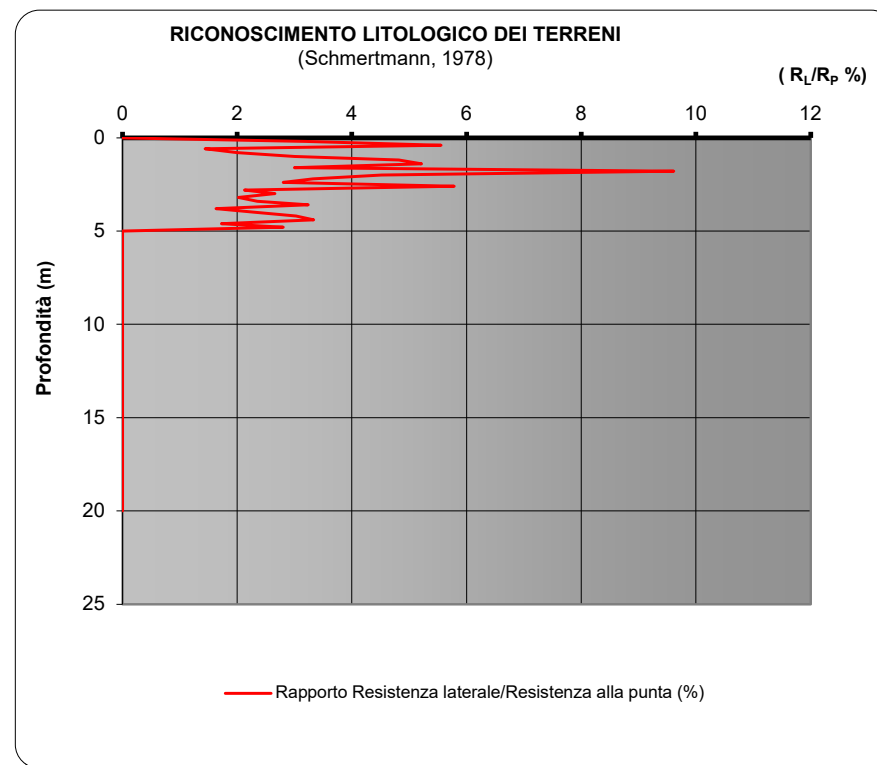
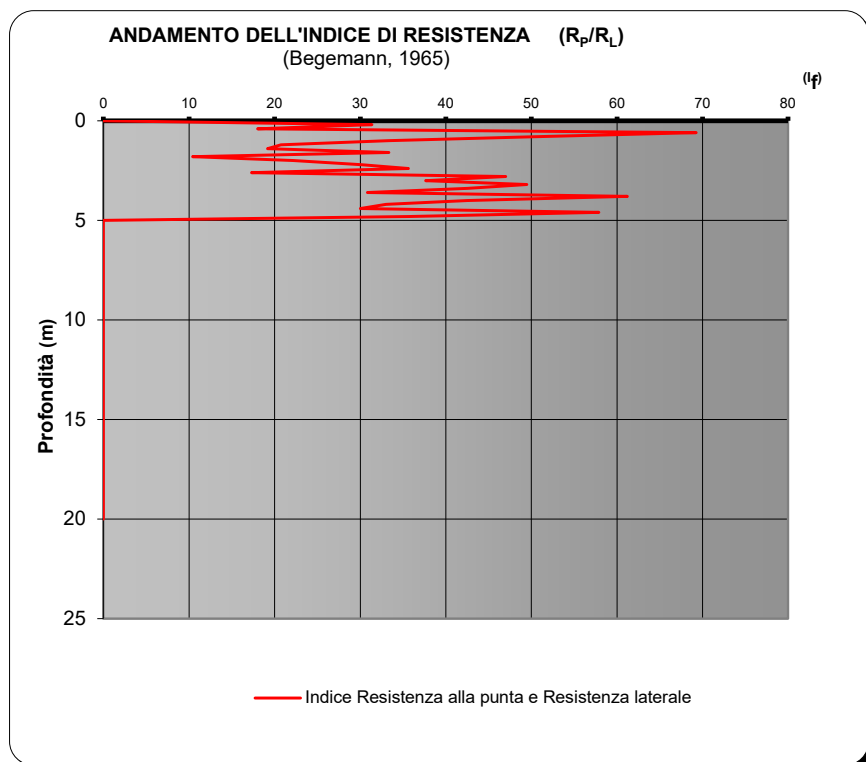


<b>Committente:</b>	COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI		
<b>Riferimento:</b>	CPT118		
<b>Località:</b>	CASTIGLION FIBOCCHI	<b>Prov.:</b>	AR
<b>Oggetto:</b>	STUDIO MS2		

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE PENETROMETRICHE CPT)

METODO DI ROBERTSON E WRIDE (1998)



**Committente:** COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI

**Riferimento:** CPT118

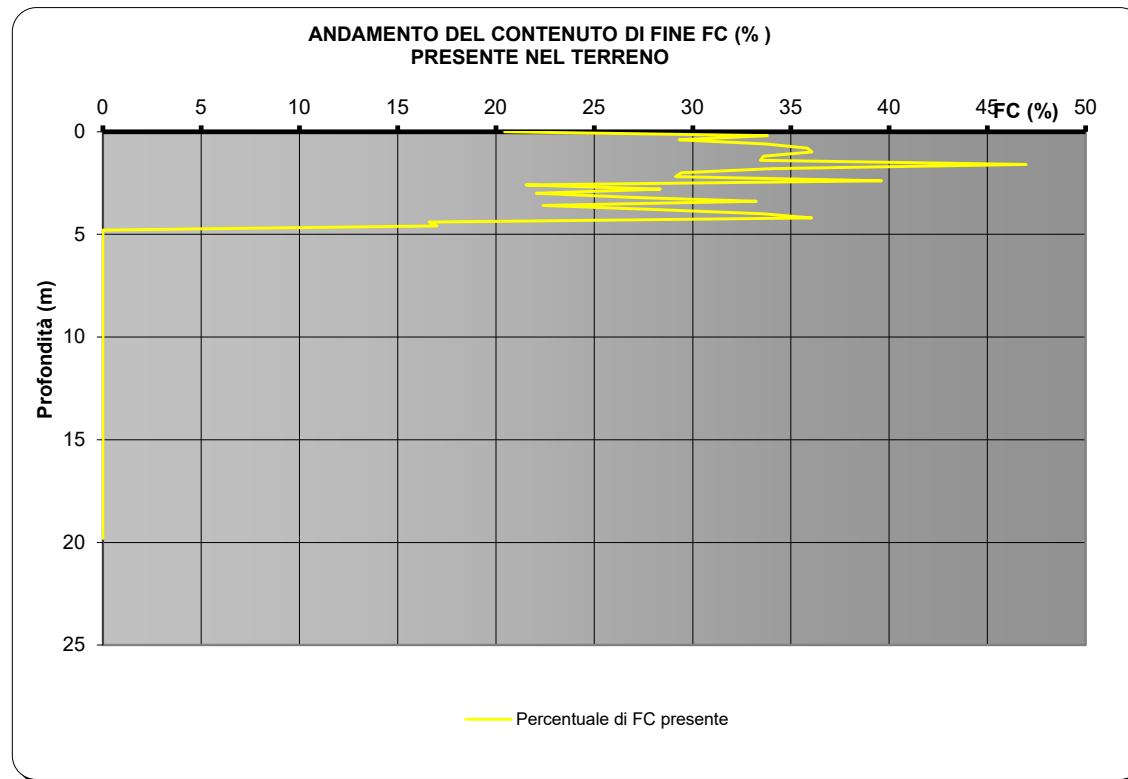
**Località:** CASTIGLION FIBOCCHI

**Oggetto:** STUDIO MS2

**Prov.:** AR

## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE PENETROMETRICHE CPT)  
METODO DI ROBERTSON E WRIDE (1998)



**Committente:** COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI

**Riferimento:** CPT118

**Località:** CASTIGLION FIBOCCHI

**Prov.:** AR

**Oggetto:** STUDIO MS2

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

## DATI INSERITI

H<sub>falda</sub> = 10

a<sub>max</sub>/g 0.22

R = 30

M<sub>w</sub> = 5.9



## TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIDE (1998)

## DATI CPT INSERITI

Int. 0.2

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.20		0.67
2	0.40	10	0.87
3	0.60	14	0.73
4	0.80	18	2.00
5	1.00	27	2.40
6	1.20	55	4.73
7	1.40	66	6.40
8	1.60	65	5.27
9	1.80	59	5.40
10	2.00	44	4.80
11	2.20	31	3.00
12	2.40	48	2.07
13	2.60	36	2.20
14	2.80	40	2.73
15	3.00	32	2.73
16	3.20	41	3.47
17	3.40	78	4.60
18	3.60	91	6.80
19	3.80	120	6.13
20	4.00	79	7.53
21	4.20	56	3.93
22	4.40	31	1.80
23	4.60	34	2.87
24	4.80	55	4.47
25	5.00	41	3.13

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
26	5.20	36	2.80
26	5.40	35	1.13
28	5.60	28	2.67
29	5.80	27	2.40
30	6.00	25	2.20
31	6.20	27	2.13
32	6.40	28	2.33
33	6.60	30	2.27
34	6.80	31	2.33
35	7.00	22	2.53
36	7.20	28	3.93
37	7.40	61	2.60
38	7.60	30	2.33
39	7.80	19	2.13
40	8.00	19	1.93
41	8.20	99	7.80
42	8.40	101	7.40
43	8.60	80	
44	8.80		
45	9.00		
46	9.20		
47	9.40		
48	9.60		
49	9.80		
50	10.00		

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
51	10.20		
52	10.40		
53	10.60		
54	10.80		
55	11.00		
56	11.20		
57	11.40		
58	11.60		
59	11.80		
60	12.00		
61	12.20		
62	12.40		
63	12.60		
64	12.80		
65	13.00		
66	13.20		
67	13.40		
68	13.60		
69	13.80		
70	14.00		
71	14.20		
72	14.40		
73	14.60		
74	14.80		
75	15.00		

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
76	15.20		
77	15.40		
78	15.60		
79	15.80		
80	16.00		
81	16.20		
82	16.40		
83	16.60		
84	16.80		
85	17.00		
86	17.20		
87	17.40		
88	17.60		
89	17.80		
90	18.00		
91	18.20		
92	18.40		
93	18.60		
94	18.80		
95	19.00		
96	19.20		
97	19.40		
98	19.60		
99	19.80		
100	20.00		

Committente: COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI

Riferimento: CPT119

Località: CASTIGLION FIBOCCHI

Prov. AR

Oggetto: STUDIO MS2

INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

HOME

GRAFICI

Committente: **COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI**  
 Riferimento: **CPT119**  
 Località: **CASTIGLION FIBOCCHI**  
 Oggetto: **STUDIO MS2**

Prov.: **AR**

# ANALISI

Metodi che utilizzano Prove	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento	Indice del Potenziale	Rischio liquefazione	
Statiche (CPT)	(Fs)		(Mw)	di Liquefazione (IP <sub>L</sub> )	Iwasaki et al. (1978)	
<b>Robertson e Wride (1998)</b>	> 1,0	> 1,25 (NTC 08)	<b>5.90</b>	<b>#NUM!</b>	<b>#NUM!</b>	

Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato	Fs	Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato	Fs
	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore					valore	valore	Classificazione	valore	Classificazione			
0.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	10.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
0.40	2.54	Granulare	2.88	PLimoso	2.70	C.Cinese	2.70	N.C.	10.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
0.60	2.37	Granulare	2.68	PLimoso	2.52	C.Cinese	2.52	N.C.	10.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
0.80	2.65	Argilloso	2.89	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	10.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
1.00	2.54	Granulare	2.75	PLimoso	2.64	C.Cinese	2.64	N.C.	11.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
1.20	2.42	Granulare	2.58	NPGranulare	2.49	--	2.58	N.C.	11.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
1.40	2.46	Granulare	2.60	NPGranulare	2.52	--	2.60	N.C.	11.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
1.60	2.42	Granulare	2.55	NPGranulare	2.48	--	2.55	N.C.	11.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
1.80	2.51	Granulare	2.63	PLimoso	2.57	C.Cinese	2.57	N.C.	11.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
2.00	2.67	Argilloso	2.78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
2.20	2.73	Argilloso	2.85	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
2.40	2.36	Granulare	2.47	NPGranulare	2.41	--	2.47	N.C.	12.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
2.60	2.68	Granulare	2.68	PLimoso	2.63	C.Cinese	2.63	N.C.	12.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
2.80	2.61	Argilloso	2.69	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
3.00	2.77	Argilloso	2.84	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
3.20	2.71	Argilloso	2.78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
3.40	2.43	Granulare	2.49	NPGranulare	2.46	--	2.49	N.C.	13.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
3.60	2.49	Granulare	2.54	NPGranulare	2.52	--	2.54	N.C.	13.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
3.80	2.30	Granulare	2.34	NPGranulare	2.32	--	2.34	N.C.	13.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
4.00	2.64	Argilloso	2.68	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
4.20	2.64	Argilloso	2.67	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
4.40	2.76	Argilloso	2.79	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
4.60	2.86	Argilloso	2.88	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
4.80	2.72	Argilloso	2.74	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
5.00	2.80	Argilloso	2.81	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
5.20	2.85	Argilloso	2.86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
5.40	2.61	Argilloso	2.61	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
5.60	3.02	Argilloso	3.02	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
5.80	3.02	Argilloso	3.01	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15.80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
6.00	3.06	Argilloso	3.04	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16.00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
6.20	3.01	Argilloso	2.99	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
6.40	3.02	Argilloso	3.00	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16.40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.
6.60	2.98	Argilloso	2.95	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16.60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.

N.C. = Non Calcolabile  
 N.L. = Non Liquefacibile  
 Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico  
 NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare

Argilloso = Terreno Argilloso  
 C.Cinese = Criteri Cinese  
 Granulare = Terreno Granulare  
 -- = Nessun Criterio

HOME

INSERIMENTO DATI CPT

DATI CPT

GRAFICI

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE PENETROMETRICHE CPT)

METODO DI ROBERTSON E WRIDE (1998)

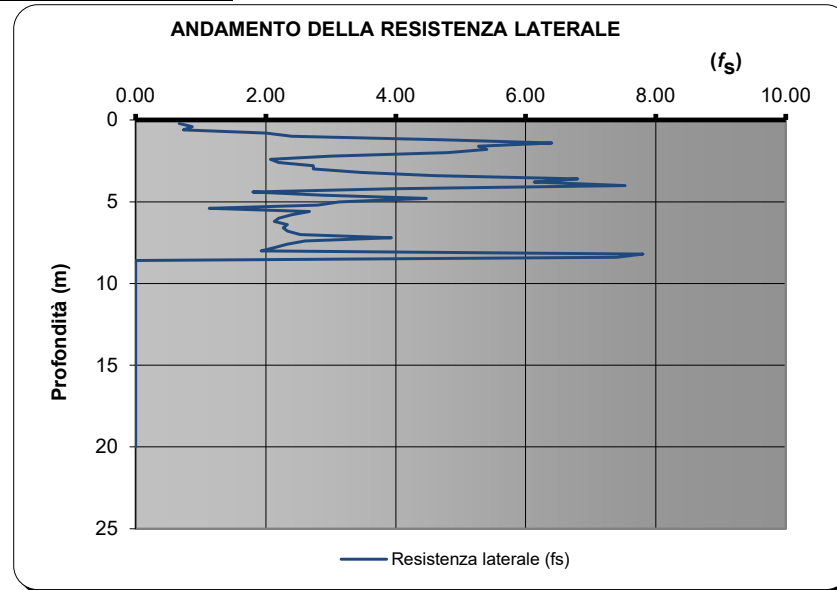
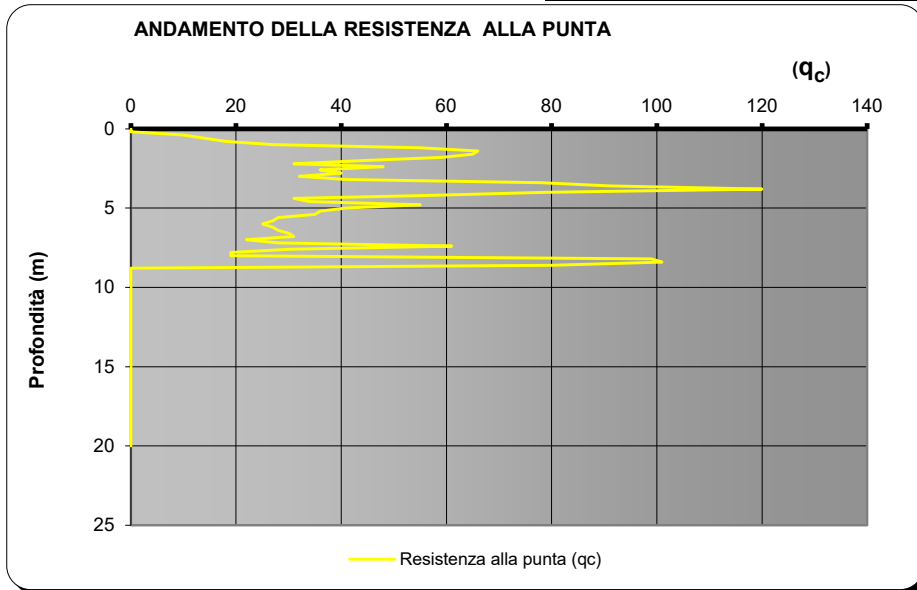


FORMULE:

$$CRR = 0,883 \cdot \left[ \frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right] + 0,05 \quad \text{Per } 0 < (q_{c1n})_{CS} < 50$$

$$CRR = 93 \cdot \left[ \frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0,08 \quad \text{Per } 50 < (q_{c1n})_{CS} < 160$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF} \quad M = 5.9$$



**Committente:** COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI  
**Riferimento:** CPT119  
**Località:** CASTIGLION FIBOCCHI **Prov.:** AR  
**Oggetto:** STUDIO MS2

DATI CPT

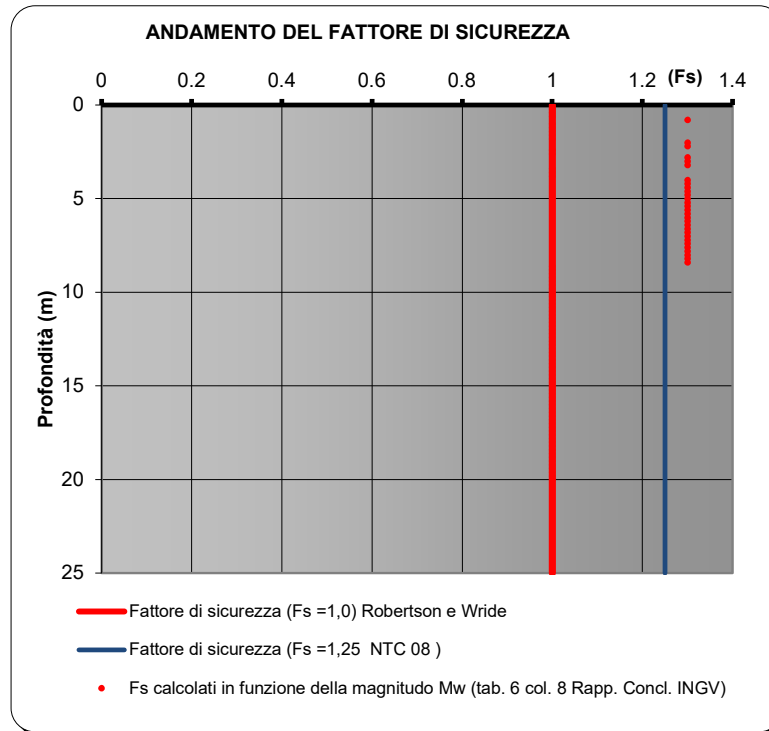
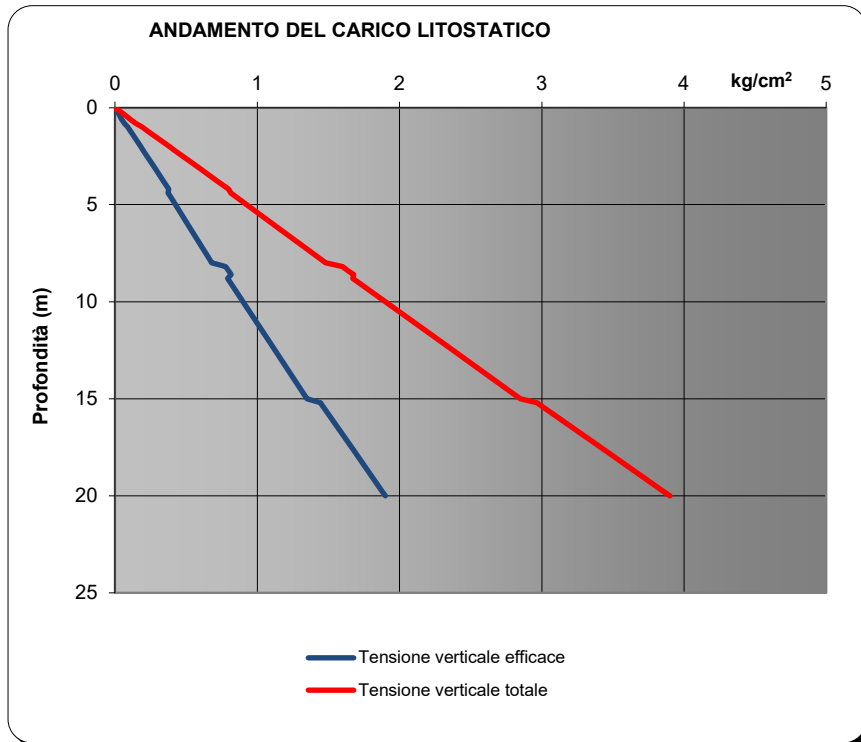
INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI



# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE PENETROMETRICHE CPT)  
METODO DI ROBERTSON E WRIDE (1998)

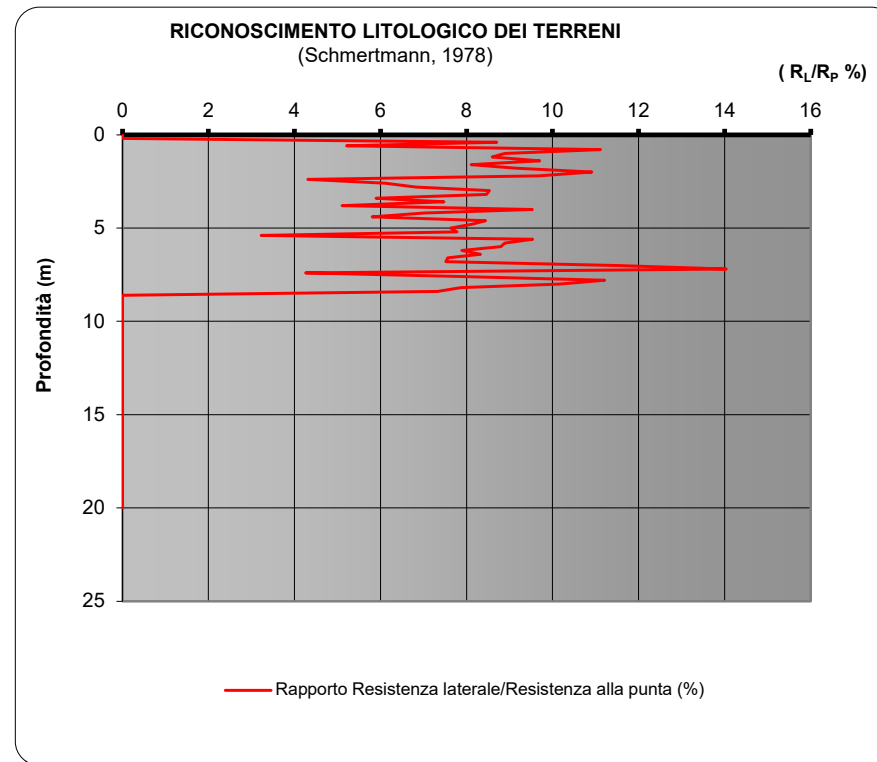
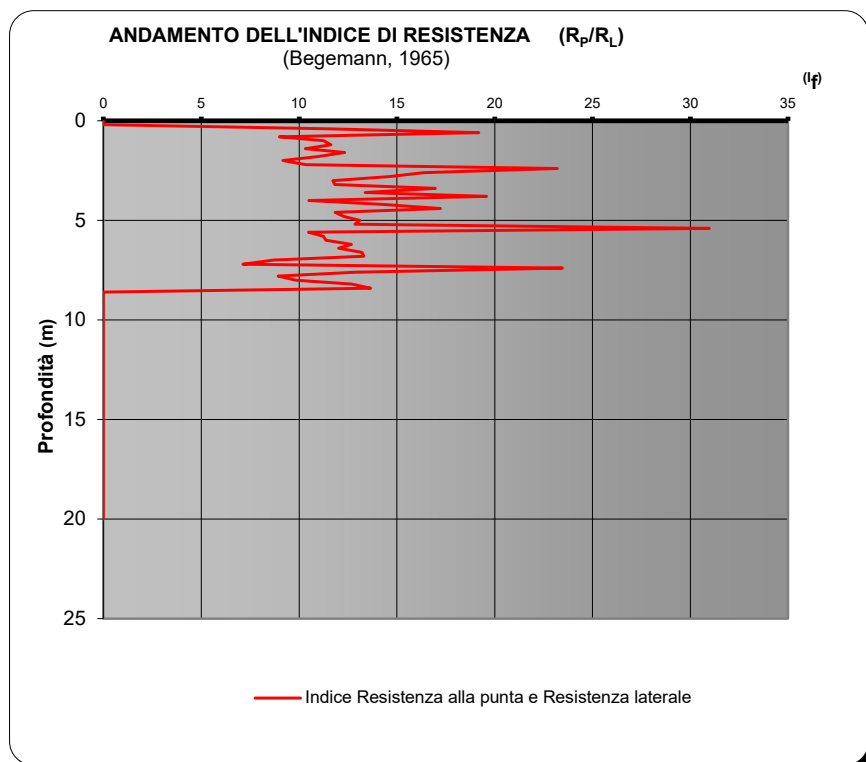


<b>Committente:</b>	COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI		
<b>Riferimento:</b>	CPT119		
<b>Località:</b>	CASTIGLION FIBOCCHI	<b>Prov.:</b>	AR
<b>Oggetto:</b>	STUDIO MS2		

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE PENETROMETRICHE CPT)

METODO DI ROBERTSON E WRIDE (1998)



**Committente:** COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI

**Riferimento:** CPT119

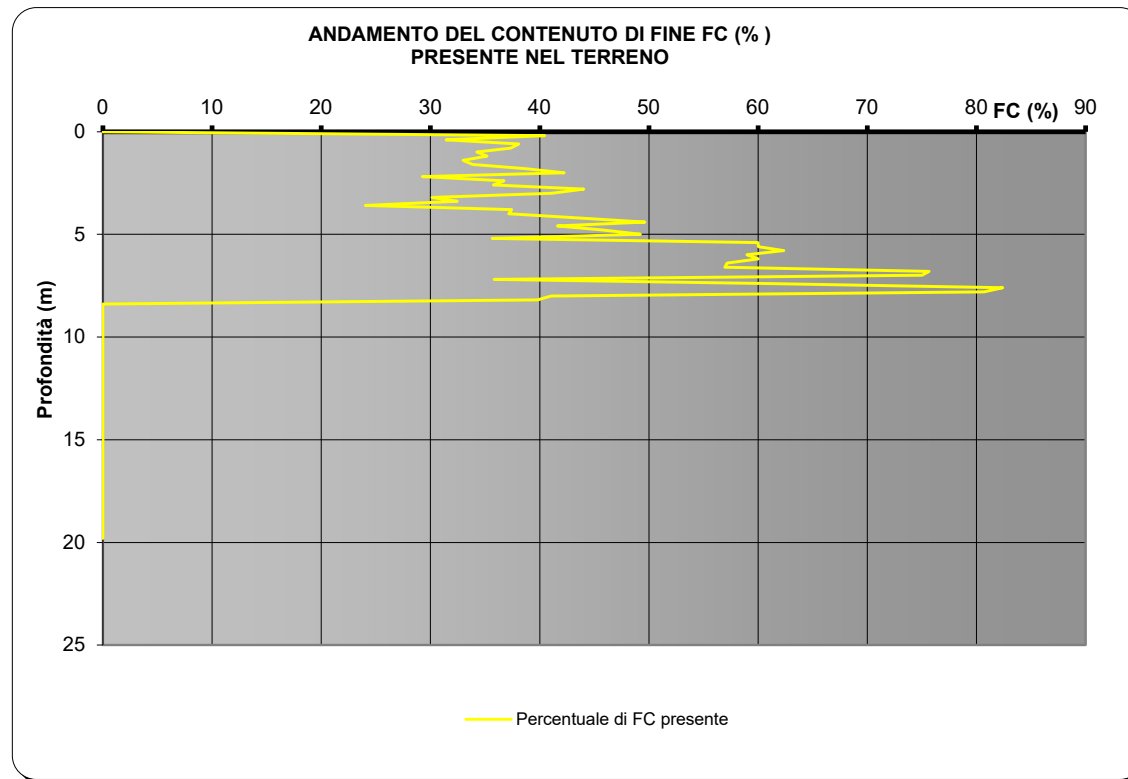
**Località:** CASTIGLION FIBOCCHI

**Oggetto:** STUDIO MS2

**Prov.:** AR

# VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(DA PROVE PENETROMETRICHE CPT)  
METODO DI ROBERTSON E WRIDE (1998)



**Committente:** COMUNE DI CASTIGLION FIBOCCHI

**Riferimento:** CPT119

**Località:** CASTIGLION FIBOCCHI

**Prov.:** AR

**Oggetto:** STUDIO MS2