



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

REGIONE  
TOSCANA



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

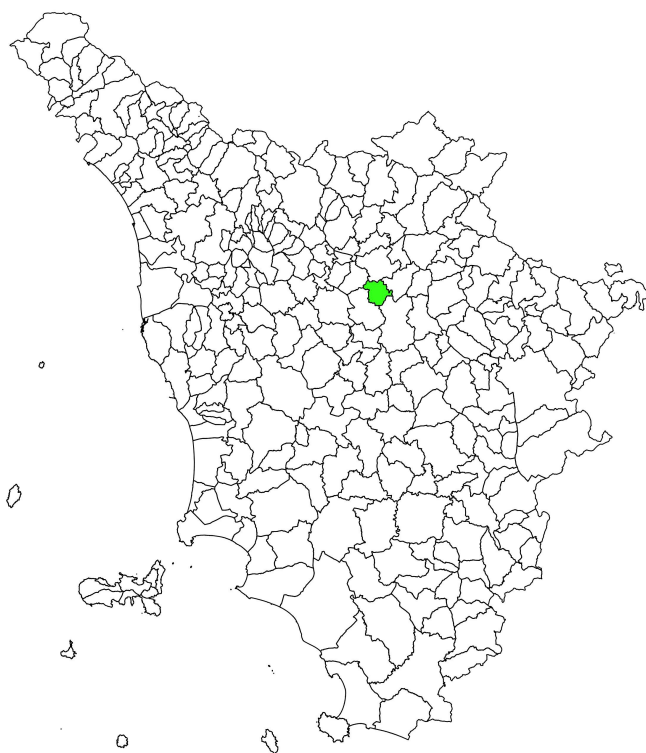
Attuazione dell'art. 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione tecnico-illustrativa

### Regione Toscana

### Comune di Impruneta



Regione Toscana	Soggetto realizzatore Geologica Toscana  Collaboratore: Dott. Geol. Aurora Martini	Data: 08.11.2019
--------------------	---	---------------------

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....</b>	<b>33</b>
<b>4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI .....</b>	<b>36</b>
<b>5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO .....</b>	<b>38</b>
<b>6. ELABORATI CARTOGRAFICI .....</b>	<b>41</b>
6.1 CARTA DELLE INDAGINI .....	41
6.2 CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI .....	41
6.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	43
6.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) .....	48
6.5 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTOGRAFIA.....	66
6.6 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA .....	71
<b>7. RISULTATI E CONCLUSIONI.....</b>	<b>76</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>78</b>

## **1. Introduzione**

Con il termine Microzonazione Sismica si intende l'attività di valutazione su un territorio, a scala comunale, delle modificazioni apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologico-tecniche e dalle condizioni topografiche locali. Il progetto di Microzonazione Sismica di secondo livello ha come fine principale la raccolta di tutti i dati geologici provenienti da lavori pubblici e privati al fine di definire coefficienti di amplificazione per individuare, in via preliminare, con criteri speditivi le zone a più elevato rischio sismico da sottoporre in seguito a studi particolareggiati (terzo livello).

Il Comune di Impruneta ha aderito al progetto di Microzonazione e a tal fine, sono state individuate delle aree su cui concentrare gli studi, rappresentate dal Capoluogo, Tavarnuzze, Pozzolatico, San Giorsole-Torre Rossa, Cascine del Riccio, Bottai, L'Ugolino, Falciani e Bagnolo-Cantagallo.

Il territorio comunale non era mai stato investigato dal punto di vista sismico in precedenti fasi e quindi in primis sono state raccolte le indagini d'archivio presenti sul territorio in esame.

A tali indagini si sono poi aggiunte nuove indagini sismiche effettuate dalla Geologica Toscana S.n.c. (sismica attiva e passiva) a completamento delle aree rimaste scoperte durante le investigazioni precedenti.

Per la redazione della cartografia necessaria allo studio di MS2 ci siamo avvalsi della carta geologica regionale (2018) e della carta geomorfologica regionale per quanto riguarda i depositi superficiali.

Per le instabilità ci siamo avvalsi della cartografia ufficiale dell'Autorità di Bacino Appennino Settentrionale.

La base topografica utilizzata per la redazione degli elaborati cartografici è la CTR in scala 1:10.000.

Il lavoro è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Raccolta delle indagini pregresse (solo quelle ritenute attendibili ai fini della Microzonazione);
- Esecuzione delle nuove indagini;
- Creazione del Database contenente tutte le indagini a disposizione;
- Realizzazione della Cartografia (Carta delle indagini, Carta delle frequenze naturali dei depositi, Carta geologico-tecnica, Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica e Carta di Microzonazione Sismica).

3

Il presente studio di Microzonazione è stato effettuato in ottemperanza:

- Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica, Gruppo di lavoro MS;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3907 del 13 novembre 2010 – Attuazione dell’articolo 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n° 39, convertito con modificazioni dalla legge 24 giugno 2009 n°77.
- Allegato A delle specifiche tecniche regionali per l’elaborazione di indagini e studi di Microzonazione Sismica;
- 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 – versione 4.1;
- “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica dell’analisi della CLE (v3.1)”,
- “Manuale per l’analisi della Condizione Limite per l’Emergenza (CLE) dell’insediamento urbano”,
- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC). Versione 1.0”,
- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Versione 1.0”,

- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ). Versione 1.0”.

## **2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento**

4

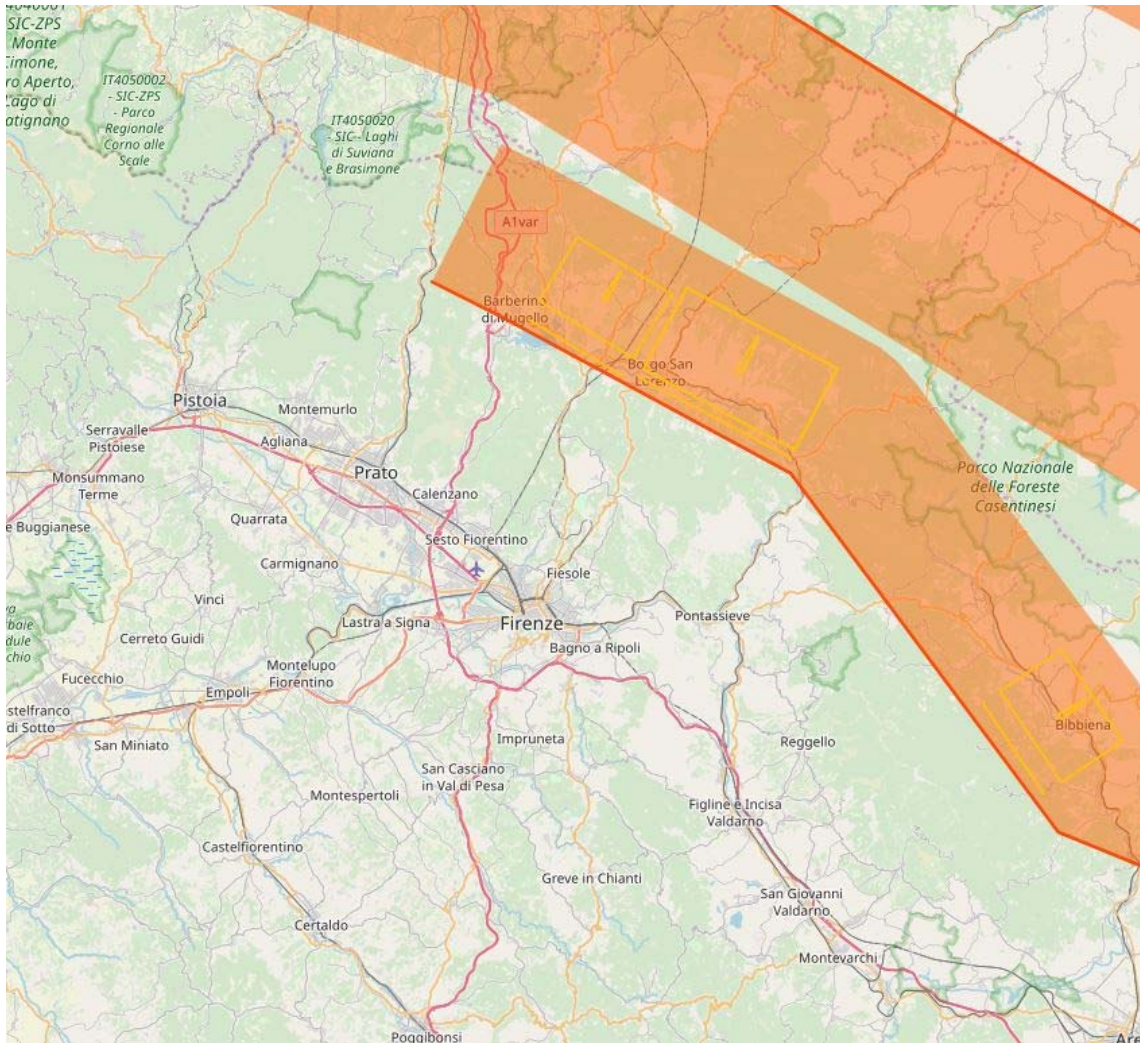
Ai sensi della Classificazione Sismica del Territorio Regionale Toscano – Ord. PCM 3.519 – Delib. G.R. n° 431 del 19/06/2006 – e successive modificazioni e integrazioni, il Comune di Impruneta è censito interamente tra le aree a sismicità 3 ( $0,100 < Ag/g < 0,150$ ).

L’accelerazione, considerata al suolo su bedrock rigido categoria di sottosuolo “A”, si intende quella con la probabilità di superamento del 10% in 50 anni, pari a tempi di ritorno di 475 anni.

In linea con i meccanismi sismogenetici dell’appennino settentrionale tale accelerazione assume, sul territorio del Comune di Impruneta, valori via via crescenti spostandosi in direzione Est e Nord-Est, avvicinandosi quindi alle sorgenti principali dei terremoti.

Dal progetto DISS\_3.2.1 dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si nota ancor meglio come le faglie attive e capaci e in particolare le sorgenti sismogenetiche procedano da Nord ad Est.

In particolare sono da mettere in luce due importanti sistemi fessurativi “*Individual Seismogenic Sources*” e “*Composite Seismogenic Sources*”, che prendono il nome di *ITIS086*, *ITIS087*, *Mugello East* e *Mugello West* e *ITCS037: Mugello-Città di Castello-Leonessa*.



### GENERAL INFORMATION

<b>DISS-ID</b>	ITCS037				
<b>Name</b>	Mugello-Citta' di Castello-Leonessa				
<b>Compiler(s)</b>	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Fracassi U.(1)				
<b>Contributor(s)</b>	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Fracassi U.(1)				
<b>Affiliation(s)</b>	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy				
<b>Created</b>	08-Jan-2005				
<b>Updated</b>	30-Apr-2010				
<b>Display map ...</b>	 				
<b>Related sources</b>	<a href="#">ITIS060</a>	<a href="#">ITIS061</a>	<a href="#">ITIS062</a>	<a href="#">ITIS063</a>	<a href="#">ITIS064</a>
	<a href="#">ITIS086</a>	<a href="#">ITIS087</a>			

### PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
<b>Min depth [km]</b>	0.5	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
<b>Max depth [km]</b>	8.0	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
<b>Strike [deg] min... max</b>	280...330	EJ	Inferred from regional geological data.
<b>Dip [deg] min... max</b>	25...40	EJ	Inferred from regional geological data.
<b>Rake [deg] min... max</b>	260...280	EJ	Inferred from regional geological data.
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	6.2	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

### ACTIVE FAULTS

### ACTIVE FOLDS

### COMMENTARY

**INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES**



[COMMENTARY](#) ▼ [PICTURES](#) ▼ [REFERENCES](#) ▼ [USER COMMENTS](#) ▼

**GENERAL INFORMATION**

DISS-ID	ITIS086
Name	Mugello East
Compiler(s)	Baroux E.(1)
Contributor(s)	Baroux E.(1), Basili R.(1), Gambini S.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Migna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	31-May-2005
Updated	31-May-2005
Display map ...	
Related sources	<a href="#">ITCS037</a>

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Location [Lat/Lon]	43.96 / 11.47	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Length [km]	14.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Width [km]	9.8	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	0.6	OD	Based on geological and geomorphological data.
Max depth [km]	6.9	OD	Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	298	OD	Based on geomorphological and geological observations.
Dip [deg]	40	OD	Based on geomorphological and geological observations.
Rake [deg]	270	OD	Based on geological and macroseismic observations.
Slip Per Event [m]	0.45	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	450...4500	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.2	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPT104.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

**INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES**

Latest Earthquake	29 Jun 1919	CPT104.
Penultimate Earthquake	Unknown	See "Commentary" for information.



**INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES** ?

[COMMENTARY](#) ▼ [PICTURES](#) ▼ [REFERENCES](#) ▼ [USER COMMENTS](#) ▼

**GENERAL INFORMATION**

DISS-ID	ITIS087
Name	Mugello West
Compiler(s)	Burrato P.(1), Baroux E.(1)
Contributor(s)	Baroux E.(1), Basili R.(1), Burrato P.(1), Gambini S.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	01-Nov-2005
Updated	10-Sep-2007
Display map ...	
Related sources	<a href="#">ITCS037</a>

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Location [Lat/Lon]	44.01 / 11.33	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Length [km]	9.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Width [km]	7.0	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Min depth [km]	1.0	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Max depth [km]	4.5	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Strike [deg]	301	OD	Based on geomorphological and geological observations.
Dip [deg]	30	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Rake [deg]	270	OD	Based on geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	0.3	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.1... 1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	300... 3000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	5.9	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPT104.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

**INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES**

Latest Earthquake	13 Jun 1542	CPT104.
Penultimate Earthquake	Unknown	See "Commentary" for information.

Le fonti sismogenetiche individuali (nella figura sopra in giallo) sono definite da dati geologici e geofisici e sono caratterizzate da una serie completa di dati geometrici (strike, dip, lunghezza, larghezza e profondità), cinematici (rake), e parametri sismologici (spostamento singolo evento, magnitudo, slip rate, periodo di ritorno).

Si assume che le fonti sismogenetiche individuali abbiano una ripetitività strettamente periodica in funzione del rapporto lunghezza/larghezza a rottura, dell'immersione dell'evento e della magnitudo attesa. Esse sono confrontate con i database di tutto il mondo per la coerenza interna, in termini di lunghezza, larghezza, spostamento del singolo evento e magnitudo, e possono essere aumentati attraverso la scarpata di faglia o asse della piega quando disponibili (di solito caratteristiche strutturali con attività documentata dal Pleistocene superiore - Olocene).

Questa categoria ha lo scopo di fornire le informazioni più accurate disponibili tra le migliori sorgenti identificate, ma la completezza delle fonti stesse non può essere garantita. Le fonti sismogenetiche individuali possono quindi essere utilizzate per il calcolo di scenari di terremoto e tsunami e per le indagini tettonico/geodinamiche, ma non hanno lo scopo di comprendere un insieme di dati completo per la valutazione probabilistica della pericolosità sismica.

Sempre nella figura soprastante, colorate in arancio, sono rappresentate fonti sismogenetiche composite.

Le fonti sismogenetiche composite (aree sismogenetiche) sono basate su dati geologici e geofisici e sono caratterizzate da parametri geometrici (strike, dip, larghezza, profondità) e cinematici (rake).

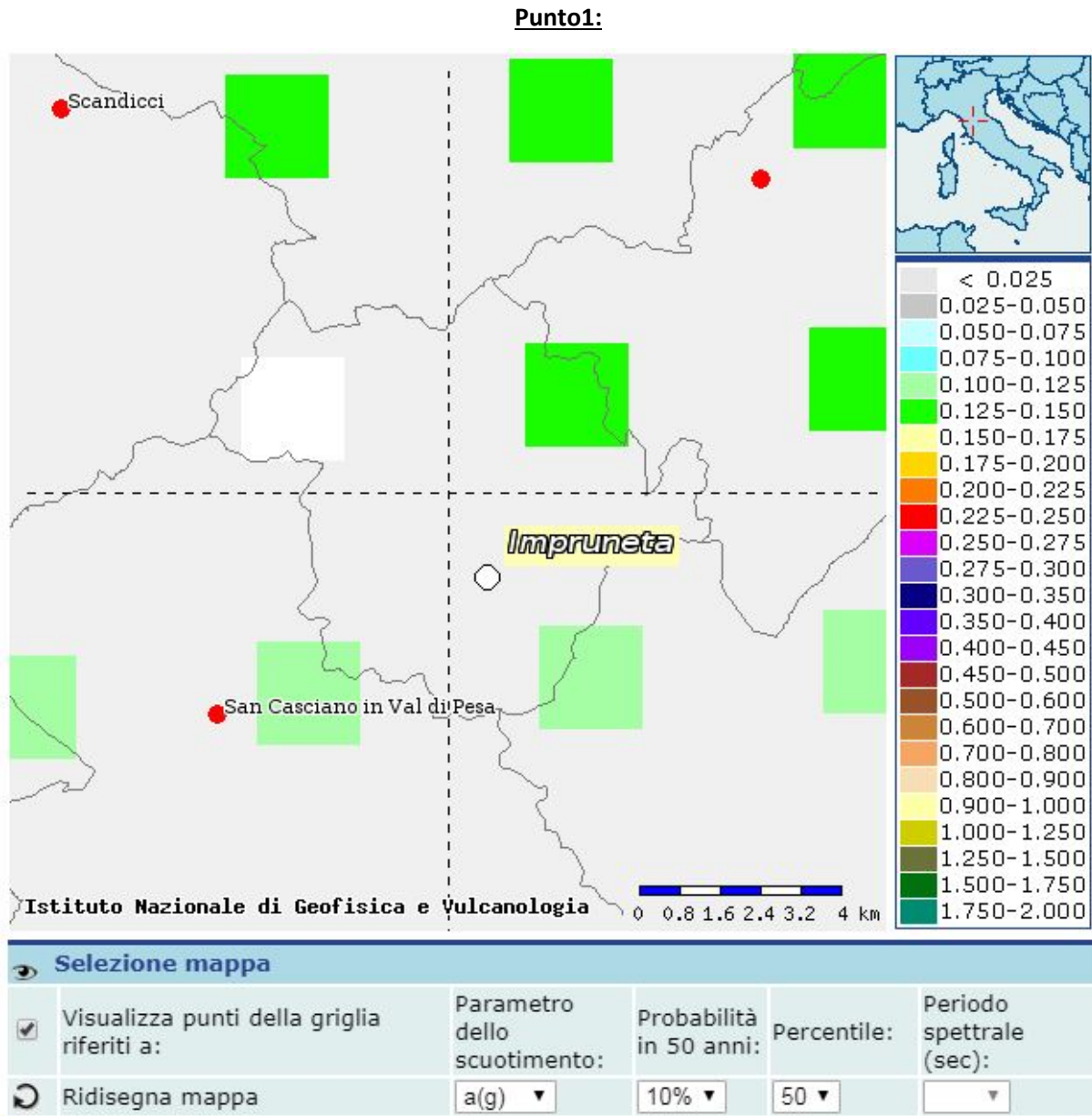
Una sorgente sismogenetica composta è essenzialmente una struttura dedotta da dati geologici regionali superficiali e profondi. La lunghezza della rottura del terremoto atteso, è comunque poco definita o sconosciuta; quindi una tipica sorgente sismogenetica composta si estende ad un numero imprecisato di sorgenti individuali. Come risultato, fonti di questa categoria non vengono considerate capaci di un terremoto di specifiche dimensioni, ma il loro potenziale sismico può essere stimato dai cataloghi di terremoti esistenti.

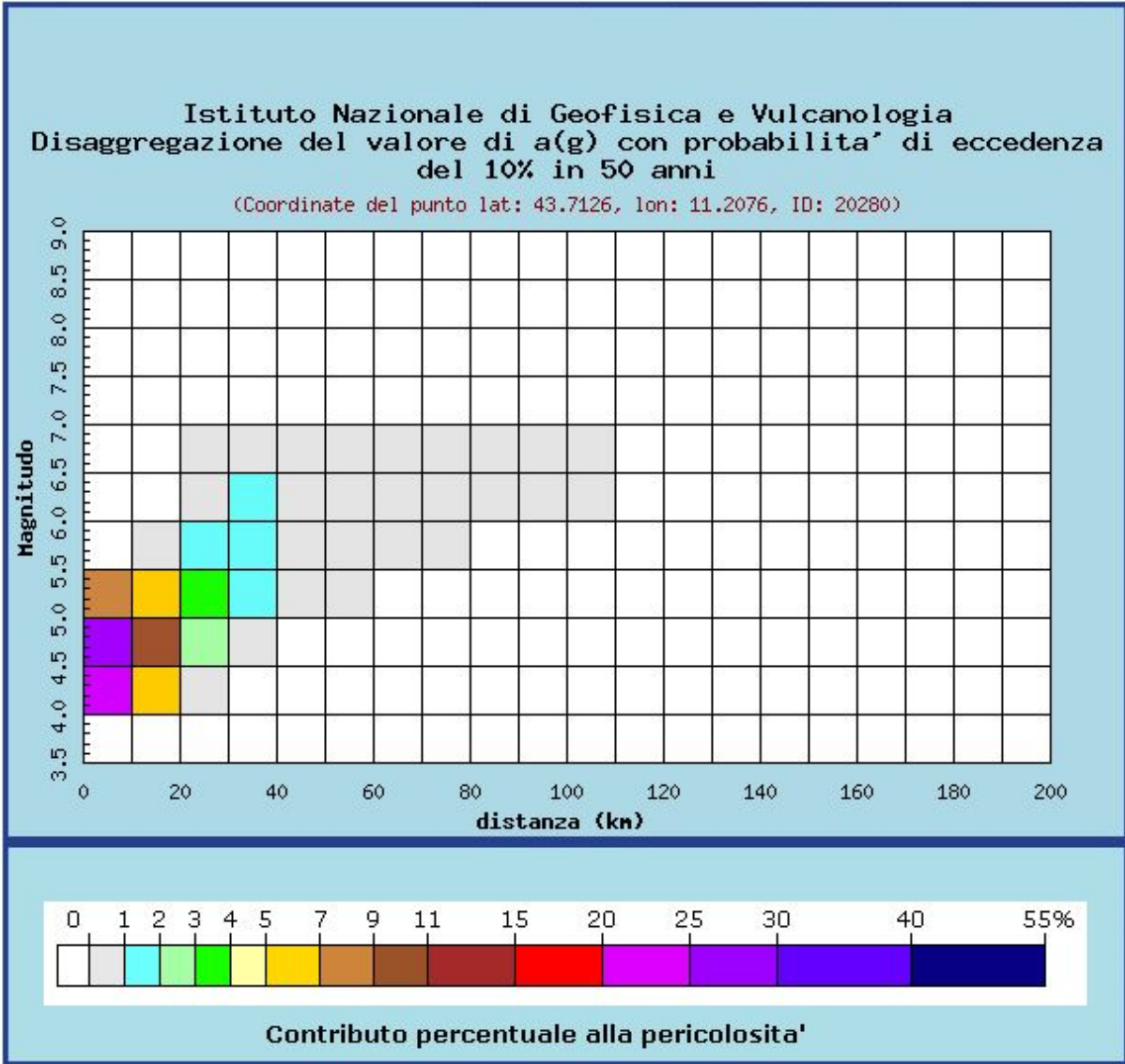
A differenza delle fonti sismogenetiche individuali, questa categoria di sorgenti è stata concepita per raggiungere la completezza delle registrazioni delle potenziali fonti di terremoto, anche se questo può comportare una precisione minore nella loro descrizione.

Dai dati di disaggregazione di a(g) delle mappe di pericolosità sismica dell'INGV possiamo valutare quale sia la magnitudo e la distanza epicentrale più probabile con tempi di ritorno di circa 475 anni (10% di superamento in 50 anni) attesi per il Comune di Impruneta.

Si sceglie tale tempo di ritorno perché è quello che comunemente viene considerato per la costruzione degli spettri di risposta sismica per la maggior parte dei fabbricati corrispondente, secondo le NTC2008, ad una vita nominale di 50 anni e classe d'uso 2.

In particolare crediamo sia utile calcolare le magnitudo attese e le distanze epicentrali come appena spiegato, in corrispondenza dei nodi della griglia sismica di riferimento che ricadono nell'intorno immediato o all'interno del territorio comunale.



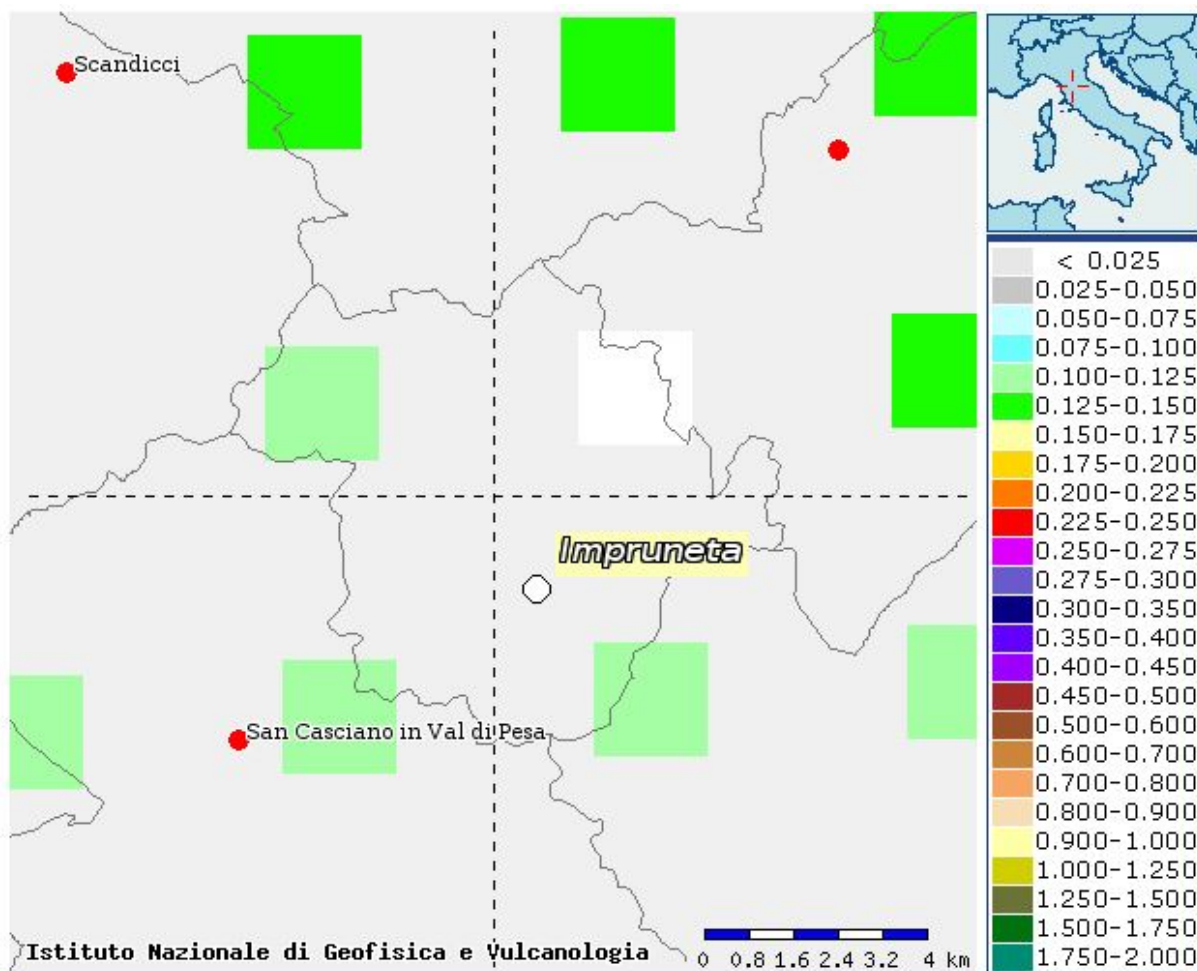


Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.7126, lon: 11.2076, ID: 20280)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	23.500	28.700	8.580	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.840	10.800	5.520	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.391	2.490	3.050	1.490	0.757	0.119	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.154	1.470	1.930	1.660	0.290	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.212	0.903	0.952	0.189	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.024	0.319	0.285	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058	0.115	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.053	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

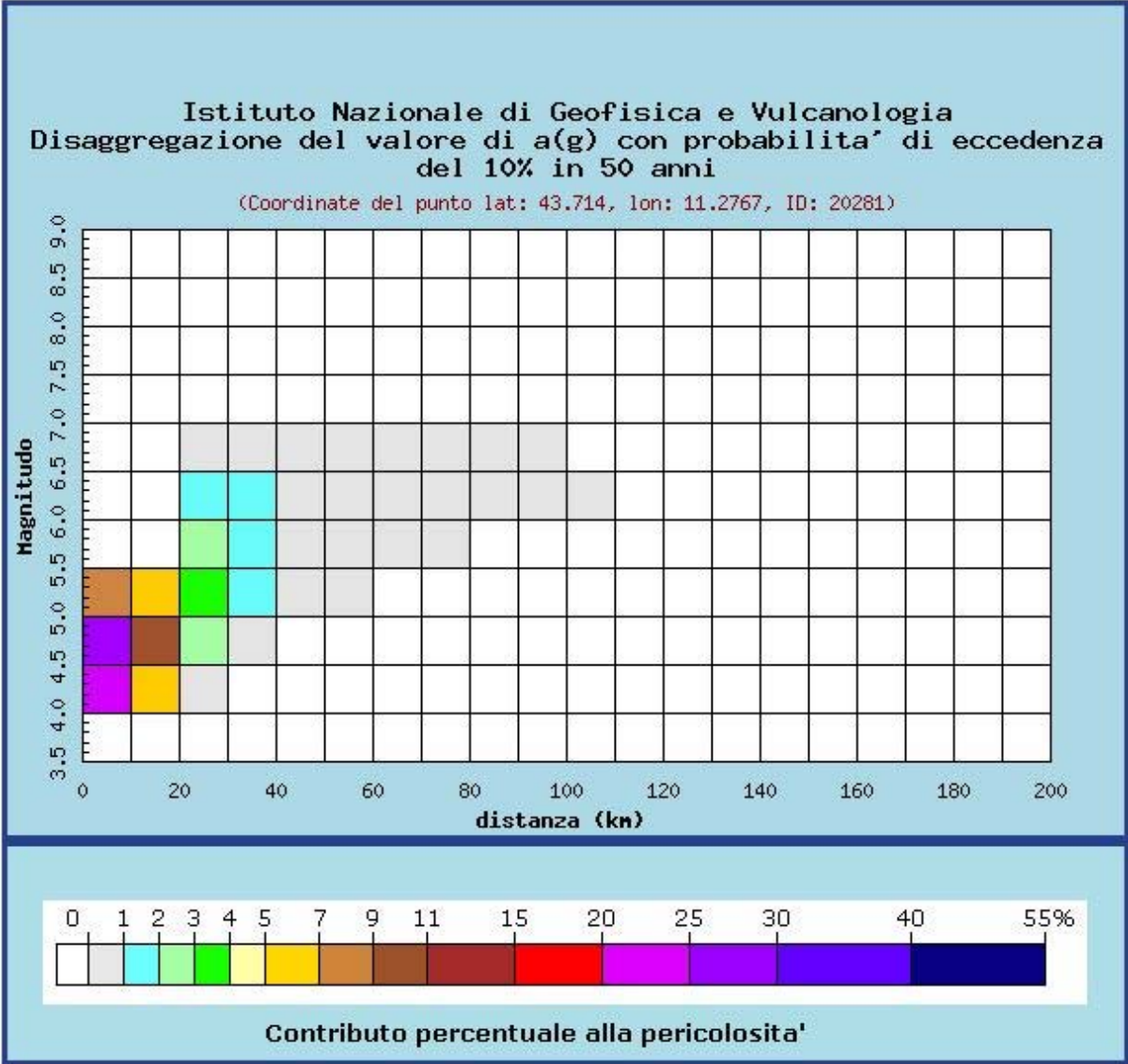
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.840	11.800	1.040

Magnitudo media 4,84 con distanza epicentrale di 11,80 km

**Punto2:**



Selezione mappa					
	Visualizza punti della griglia riferiti a:	Parametro dello scuotimento:	Probabilità in 50 anni:	Percentile:	Periodo spettrale (sec):
<input checked="" type="checkbox"/>		a(g) ▼	10% ▼	50 ▼	▼
<input type="checkbox"/>	Ridisegna mappa				



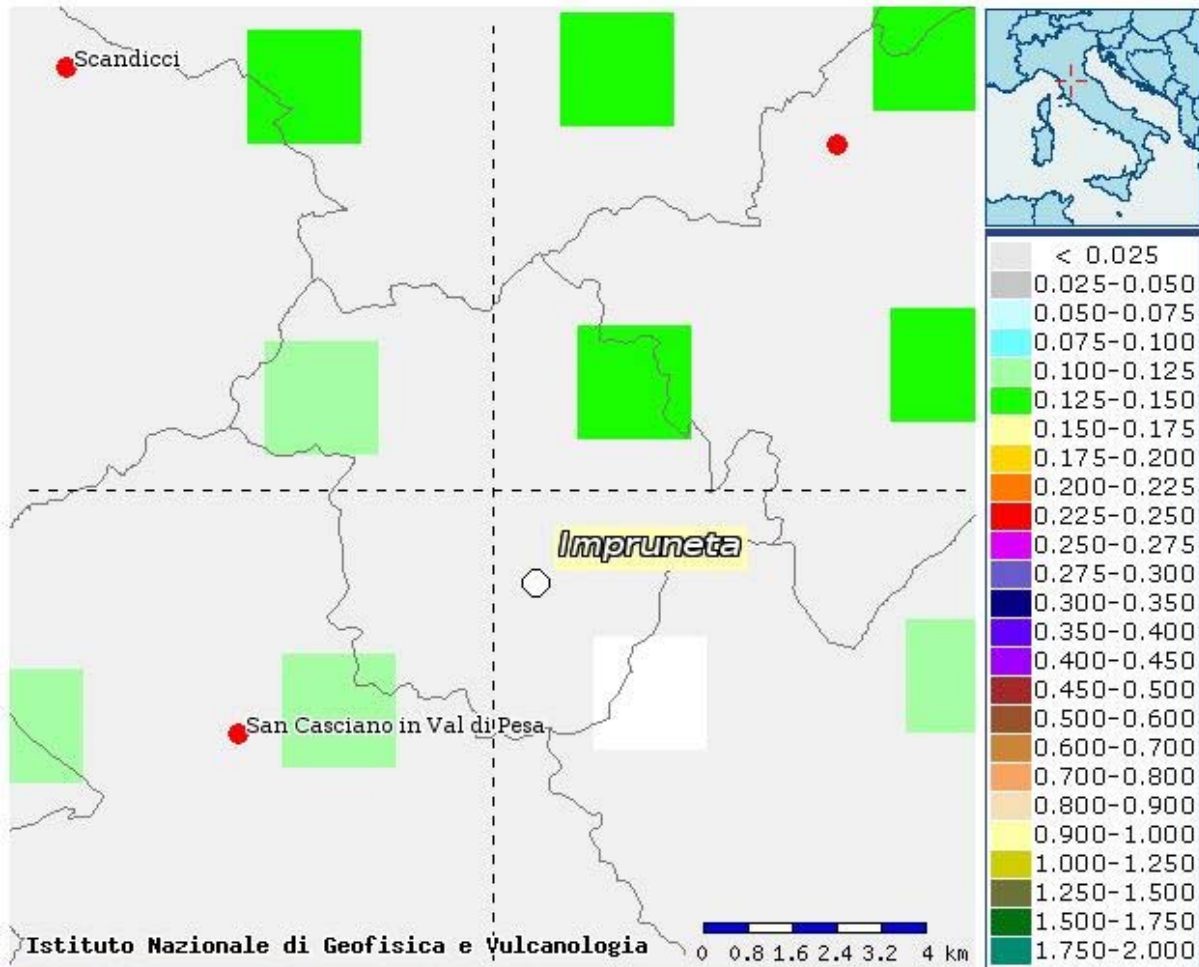
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.714, lon: 11.2767, ID: 20281)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	23.300	28.500	8.570	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.560	10.200	5.240	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.301	2.420	3.410	2.130	1.440	0.223	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.125	1.400	1.940	1.720	0.303	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.236	0.914	0.838	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.021	0.310	0.265	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.123	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.060	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.860	11.900	1.040

Magnitudo media 4,86 con distanza epicentrale di 11,90 km

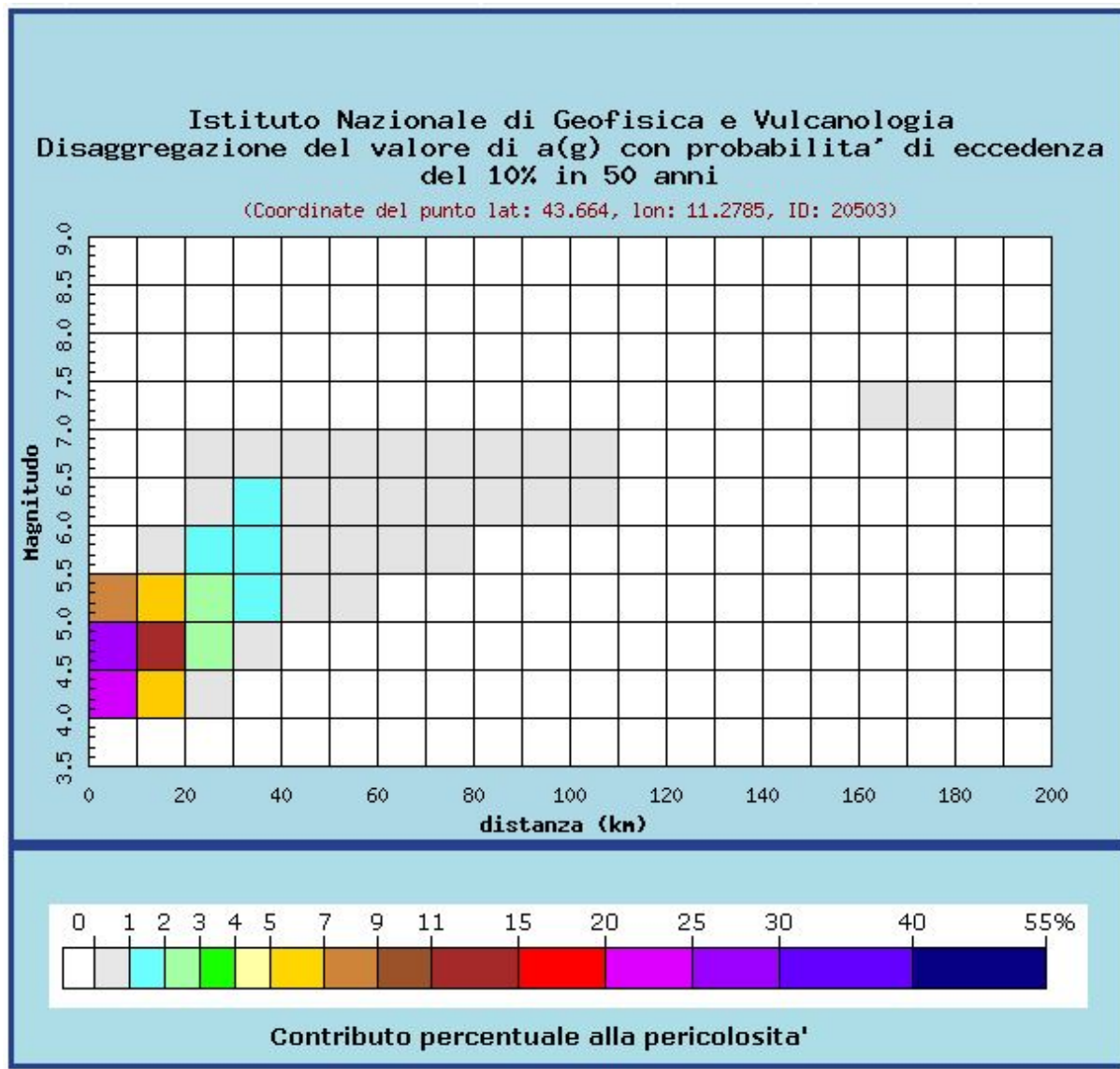


**Punto 3:**



**Selezione mappa**

<input checked="" type="checkbox"/>	Visualizza punti della griglia riferiti a:	Parametro dello scuotimento:	Probabilità in 50 anni:	Percentile:	Periodo spettrale (sec):
<input type="checkbox"/>	Ridisegna mappa	a(g) ▾	10% ▾	50 ▾	▾



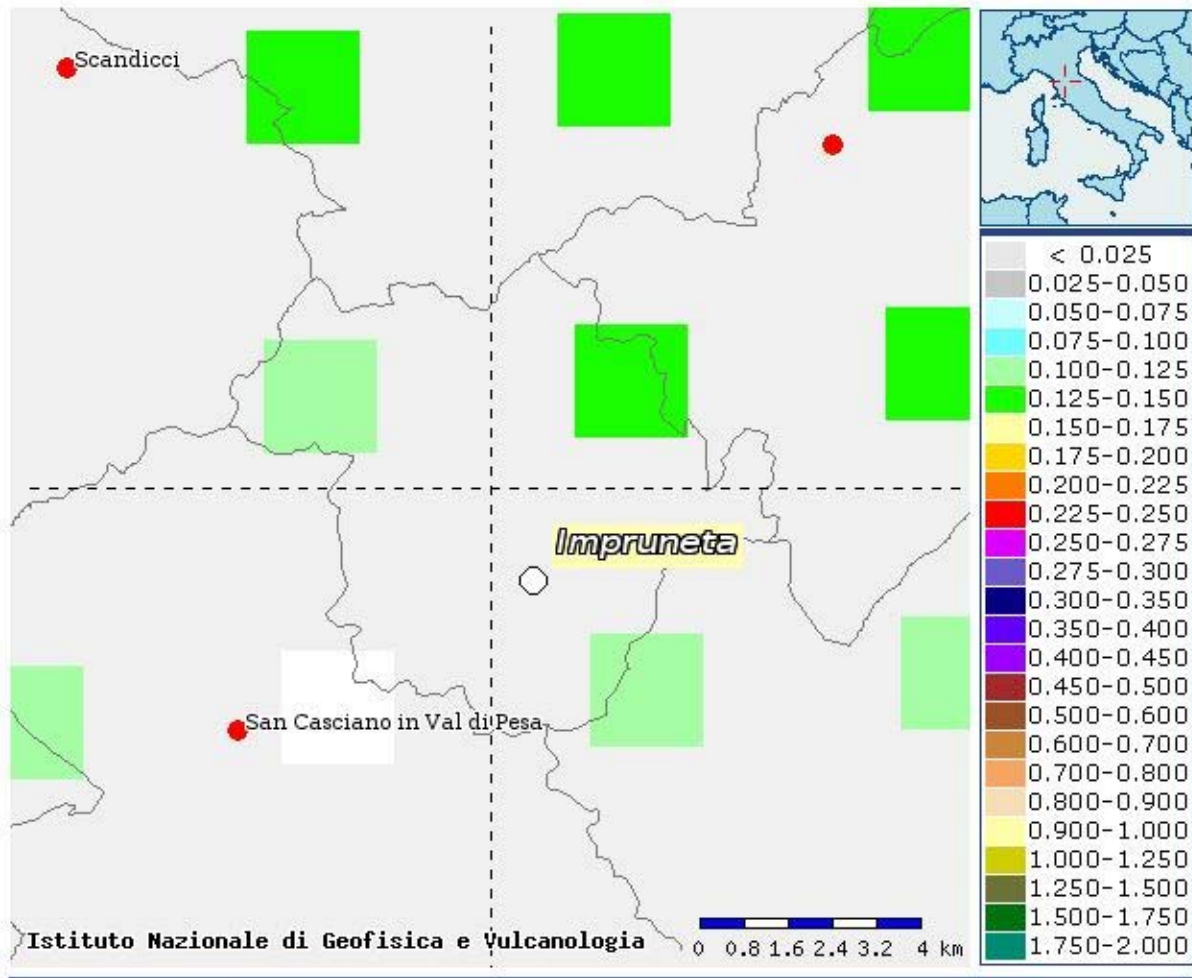
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.664, lon: 11.2785, ID: 20503)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	24.000	29.200	8.660	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	6.030	11.000	5.590	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.424	2.460	2.770	1.070	0.384	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.159	1.380	1.670	1.360	0.237	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.210	0.877	0.966	0.191	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.025	0.347	0.345	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.153	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.073	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.820	11.500	1.000

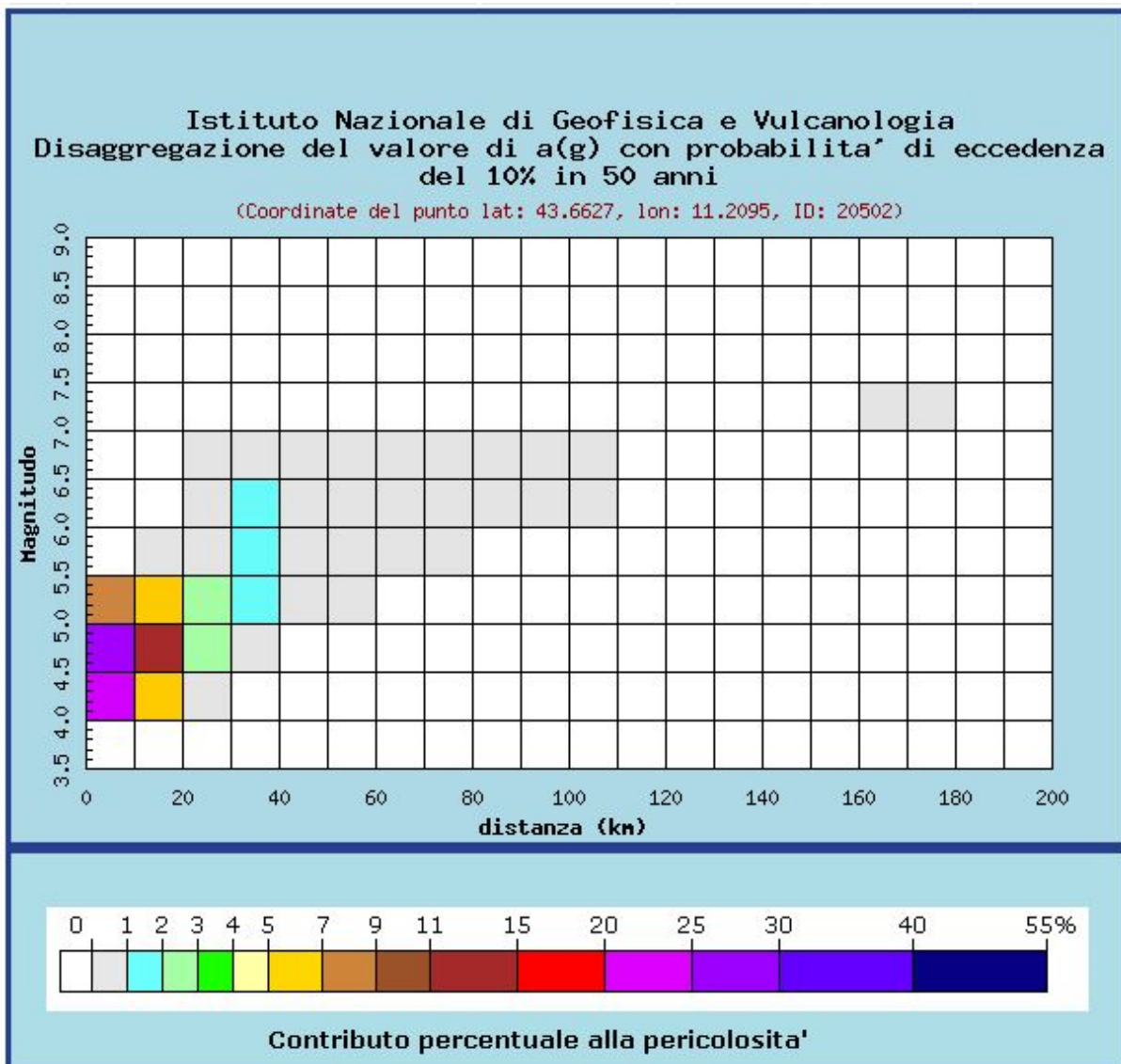
Magnitudo media 4,82 con distanza epicentrale di 11,50 km

**Punto 4:**



**Selezione mappa**

<input checked="" type="checkbox"/>	Visualizza punti della griglia riferiti a:	Parametro dello scuotimento:	Probabilità in 50 anni:	Percentile:	Periodo spettrale (sec):
<input type="checkbox"/>	Ridisegna mappa	a(g) ▼	10% ▼	50 ▼	▼



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.6627, lon: 11.2095, ID: 20502)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	23.600	28.600	8.420	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	6.460	12.000	6.280	0.574	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.507	2.600	2.650	0.797	0.036	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.158	1.260	1.420	1.100	0.192	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.201	0.828	0.950	0.187	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.020	0.325	0.370	0.083	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.134	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.061	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.800	11.400	1.000

Magnitudo media 4,80 con distanza epicentrale di 11,40 km

Si nota come la magnitudo attesa sia molto stabile su tutto il territorio comunale e compresa tra 4,80 e 4,86. Le distanze epicentrali attese si aggirano tra gli 11 e i 12 km.

Questo dato, scaturito dall'elaborazione di innumerevoli serie storiche e registrazioni strumentali di eventi sismici, non indica la certezza che l'evento in questione sia l'unico possibile ma solo che sia il più probabile tra tutti gli eventuali sismi.

Su basi sismologiche non è infatti impossibile che possano verificarsi eventi di magnitudo **Mw = 6.2 a breve distanza dal Comune di Impruneta.**

Si riportano le descrizioni riprese da INGV del disastroso terremoto del 1895 di Firenze:

Alle 20:55 (ora locale) del 18 maggio 1895 una forte scossa di terremoto aveva colpito quasi tutta la provincia di Firenze, causando danni diffusi, in alcune zone anche gravi. Era un sabato sera e la cittadinanza fu sorpresa dalla scossa mentre si trovava nei caffè, nelle taverne e osterie, nei teatri, o mentre era a casa ancora seduta a tavola per la cena. L'impressione fu enorme: i fiorentini a memoria d'uomo non ricordavano un terremoto così forte.

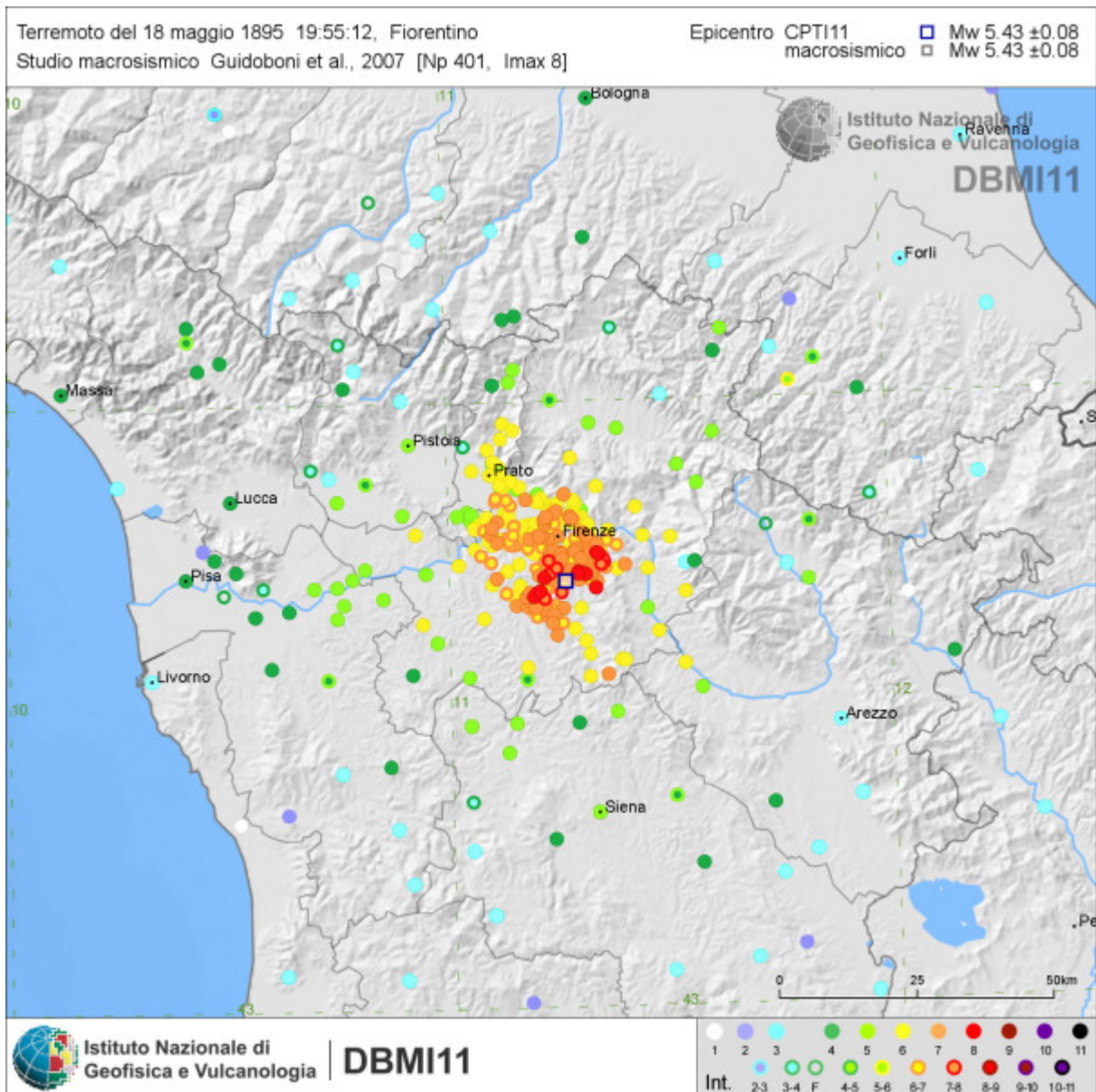


La notizia del terremoto occupa l'intera prima pagina dell'edizione di lunedì 20 maggio 1895 del giornale fiorentino "Fieramosca" (da Cioppi, 1995).

La scossa, accompagnata da un fortissimo boato simile a un'esplosione, in città causò la caduta generale di oggetti e suppellettili nelle case, fece suonare le campane di alcune chiese e provocò il crollo di camini e porzioni di tetti, la caduta di tegole e calcinacci nelle vie, tanto che si alzò una densa nuvola di polvere. Ecco cosa riferiva un testimone oculare dell'evento in una lettera inviata a Padre Giovanni Giovannozzi, all'epoca direttore dell'Osservatorio Ximeniano di Firenze:

Al momento della scossa io mi trovavo nel Viale Petrarca [...] presso la Porta Romana. A me il rombo fece l'effetto di una salva di battaglia [...]. Volendo traversare la strada correndo mi fece lo stesso effetto che d'esser su una nave [...]. In Piazza della porta Romana era un fittissimo polverio con caduta di calcinacci, mentre le campane della chiesa della Calza battevano fitti colpi [da Cioppi, 1995, pp. 26-27]

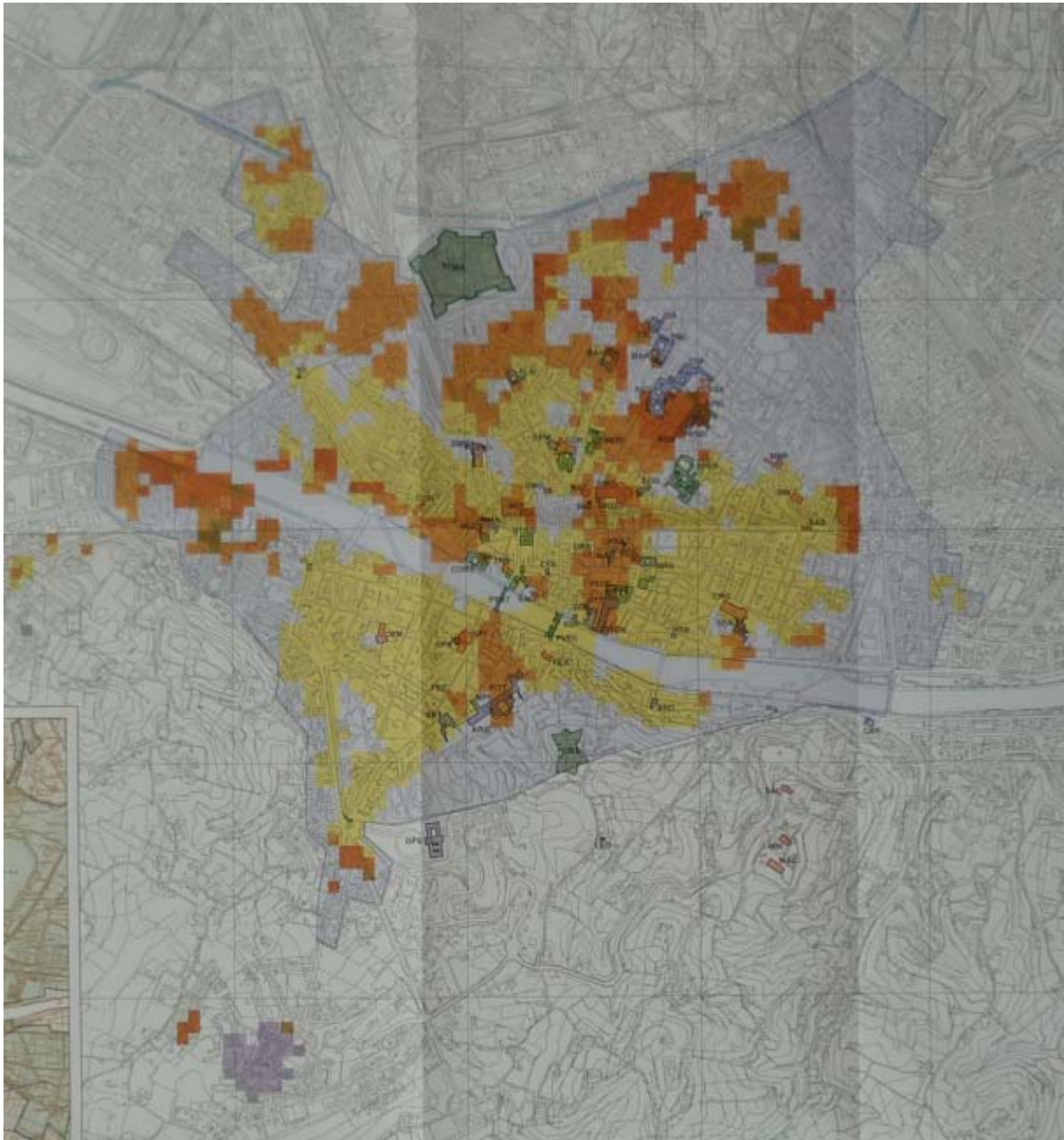
In occasione della ricorrenza del centenario sono stati compiuti e pubblicati alcuni studi approfonditi sull'evento (Cioppi, 1995; Guidoboni e Ferrari, 1995; Vannucci et al., 2004). Sulla base di un ampio patrimonio documentario disponibile questi studi ricostruiscono nel dettaglio il quadro degli effetti causati dal terremoto sia in città che nell'area circostante.



Effetti del terremoto del 18 maggio 1895 [fonte: [DBMI11](#)].

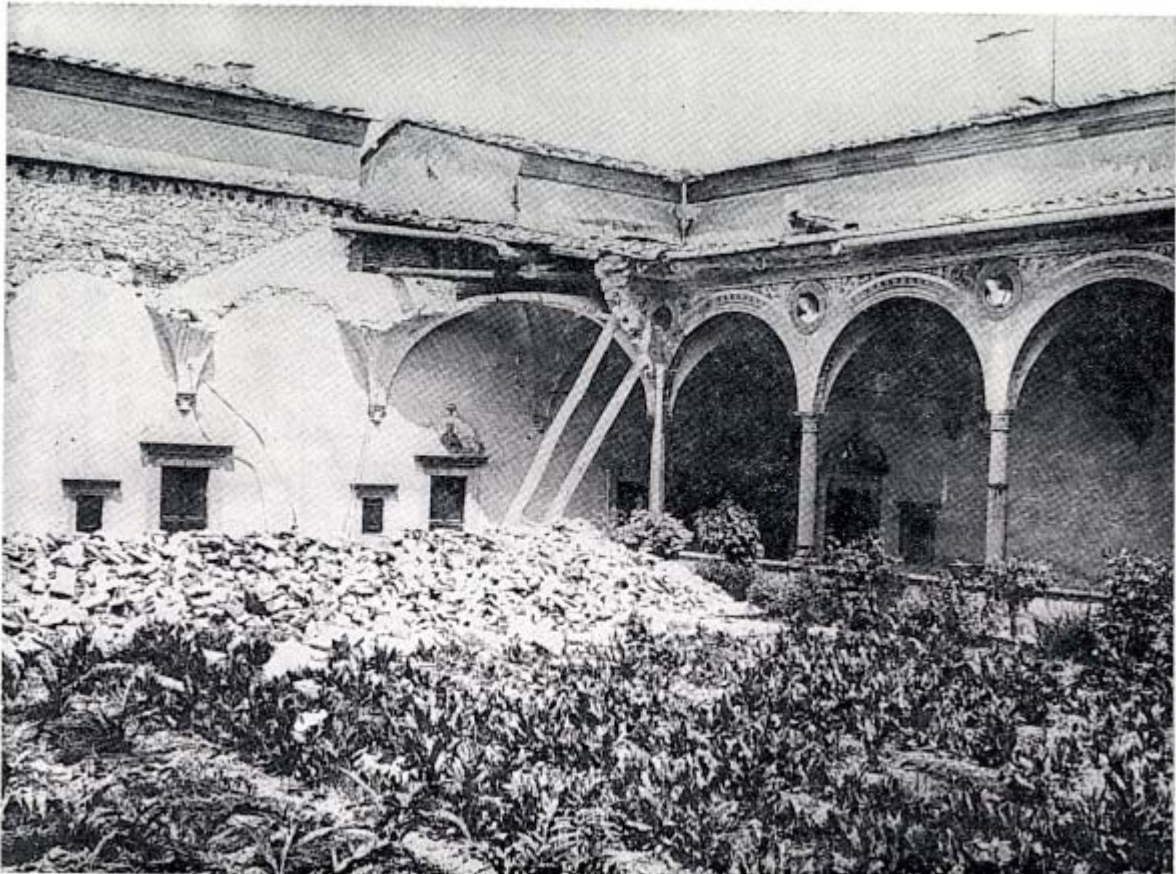
A Firenze i danni furono molto estesi, ma nel complesso non gravissimi (per una descrizione dettagliata dei danni sofferti sia dall'edilizia monumentale e religiosa che da quella privata, si rimanda al libro di Elisabetta Cioppi, 1995). Non ci furono grandi distruzioni, ma rimasero più o meno danneggiati quasi tutti i monumenti, le chiese e i palazzi storici, e anche molte opere d'arte in essi conservate: piccoli crolli interessarono **Palazzo Pitti** e la **Galleria degli Uffizi**, lesioni rilevanti si aprirono nel **Palazzo Medici Riccardi**, nel **Palazzo Strozzi**, nelle volte dei porticati di **Piazza SS. Annunziata** e di Piazza Cavour (oggi **Piazza della Libertà**, lungo i viali di circonvallazione). Nel **Museo Nazionale del Bargello** ci furono gravi danni alla collezione di maioliche dei Della Robbia. Danneggatissimo il **Museo di San Marco**, nell'omonima chiesa e convento, con cadute di cornicioni e lesioni alle volte e agli archi, soprattutto nel refettorio grande e nella biblioteca.





*La mappa realizzata da Vannucci et al. (2004) con la distribuzione degli effetti di danno causati dal terremoto del 18 maggio 1895 nella città di Firenze: i colori più scuri (dall'arancione al viola) indicano gli effetti più gravi, il giallo quelli minori. Nel complesso gli effetti a Firenze furono pari al grado 7 della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) e al grado 6-7 della scala EMS98 (Grünthal, 1998). Si notino, in basso nella mappa, i gravi danni (colore viola) subiti dall'abitato del Galluzzo.*

In Piazza della Signoria **Palazzo Vecchio** durante la scossa fu visto oscillare “come un pendolo”, ma rimase illeso. Nella **Cattedrale di Santa Maria del Fiore**, il celebre duomo di Firenze, si aprirono numerose crepe nelle volte e una catena che univa gli archi laterali della navata centrale si spezzò; dalla **Cupola del Brunelleschi** caddero intonaci e stuccature e la croce posta sulla cuspide della lanterna si piegò verso nord. Il celebre **campanile di Giotto** e il vicino **Battistero** subirono alcune lesioni ma non riportarono danni strutturali. Fra le chiese maggiormente danneggiate ci furono quella della Badia Fiorentina, San Gervasio, San Lorenzo, San Leonardo in Arcetri e altre ancora, fra cui quella di **Santa Maria del Carmine**; gli affreschi del Masaccio nella **Cappella Brancacci**, invece, non furono danneggiati. Il complesso di **Santa Croce** fu danneggiato soprattutto nell’area dell’ex-convento, mentre la chiesa riportò danni lievi. Danni prevalentemente leggeri subirono anche le chiese di **Santa Maria Novella**, **San Miniato al Monte** e **Santo Spirito** (SGA, 2007). Numerosi danni interessarono l’edilizia residenziale e privata della città, con lesioni diffuse e cadute di soffitti. Uno stabile crollò in Via Pier Capponi. **Complessivamente circa 100 edifici risultarono inagibili**. A Firenze non vi furono vittime e si contarono solo 6 feriti non gravi (Cioppi, 1995).



*I crolli nel Chiostro Grande della Certosa del Galluzzo [da Cioppi, 1995].*

Molto peggio andò invece a diverse località nella zona posta immediatamente a sud di Firenze: i danni più gravi, infatti, furono registrati nell’area collinare estesa tra Sant’Andrea in Percussina, Impruneta, Grassano e Bagno a Ripoli, a ridosso dei rilievi del Chianti. Nella **Certosa del Galluzzo** crollò l’intero lato nord-occidentale del Chiostro Grande, distruggendo sedici preziose opere Robbiano che ornavano gli archi del porticato. Nell’abitato del **Galluzzo**, inoltre, crollarono alcuni edifici e diverse persone rimasero senza casa. Crolli e gravi danni si ebbero anche a Tavarnuzze, Impruneta, Sant’Andrea in Percussina, Croce a Varliano, Osteria Nuova, Pozzolatico e ai Falciani.



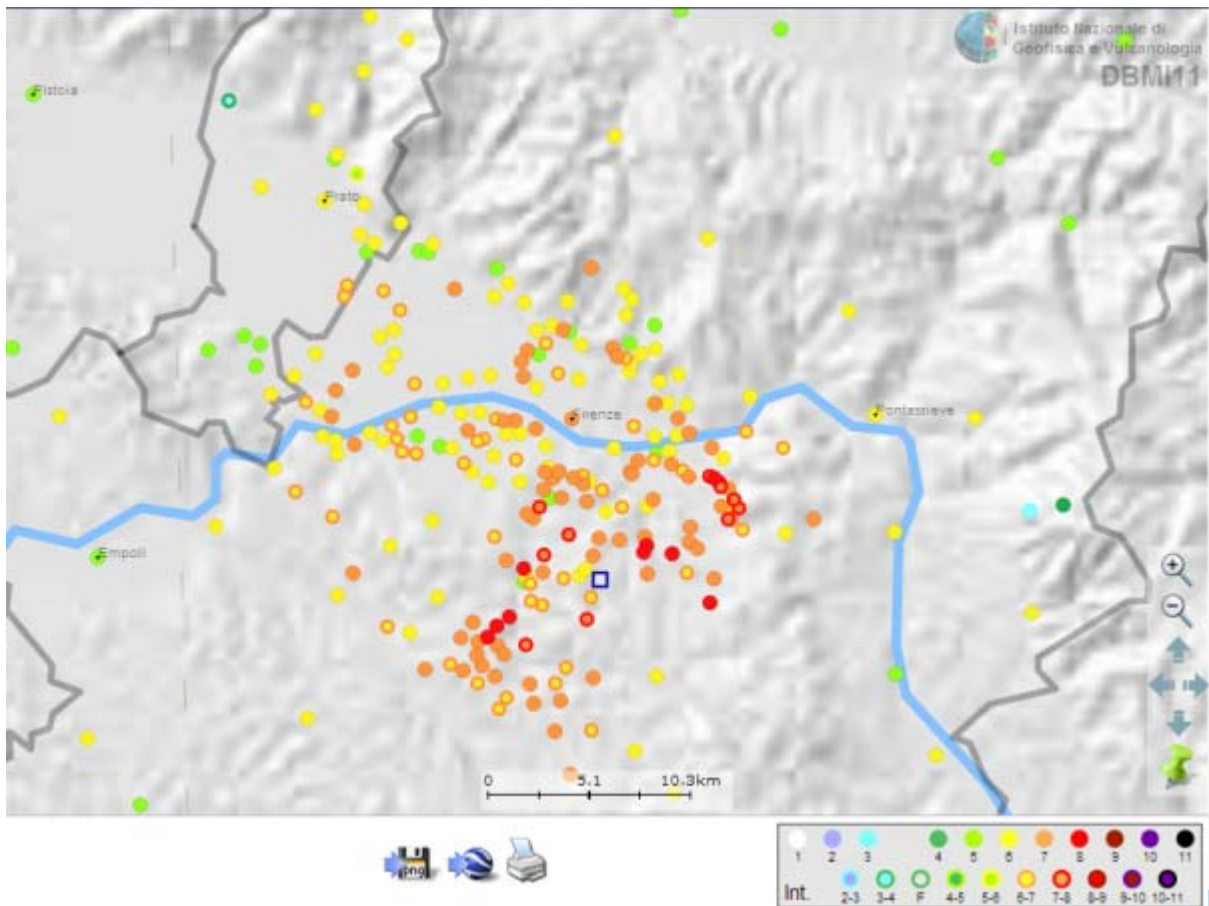
*Le rovine di una casa colonica a Lappoggi [da Cioppi, 1995].*

La zona dove si concentrarono i danni maggiori fu quella di **Grassina**, popolosa frazione del comune di Bagno a Ripoli. In località **Lappoggi**, sede di una Villa Medicea (anch'essa gravemente danneggiata), una ventina di case coloniche subirono crolli e danni talmente gravi da risultare inagibili; tre di queste crollarono completamente e fra le loro macerie morirono tre persone. Un'altra fattoria crollò nei pressi di **San Martino a Strada**, uccidendo una donna che vi abitava. Molto danneggiate furono le chiese e le ville storiche. Ci furono danni ingenti alle Ville Medicee di Lappoggi e dell'Ugolino e alla villa Demidoff di San Casciano Val di Pesa. Fra le chiese più colpite quelle di San Martino a Strada, Sant'Andrea in Percussina, Sant'Andrea a Morgiano, il Santuario dell'Impruneta e la chiesa dei SS. Stefano e Caterina a **Pozzolatico**, il cui campanile dovette essere demolito perché pericolante (fu poi ricostruito nella sua forma medievale). Ancora oggi all'interno della chiesa di Pozzolatico è visibile una lapide in ricordo del terremoto del 1895, posta sotto l'altare della cappella votiva dedicata alla Madonna di Loreto. Crolli e dissesti non risparmiarono neppure il versante opposto delle colline fiorentine, a nord della città. Lesioni e danni interessarono chiese e ville storiche di tutta la collina fiesolana, da **Settignano** alla villa-castello di **Poggio Gherardo** (in cui crollò parzialmente la torre) a **San Domenico** fino alla **Badia Fiesolana**, seriamente danneggiata. **Fiesole** e le ville circostanti invece ebbero solo danni lievi.



*Gravi danni alla Chiesa di S. Martino a Strada [foto da Cioppi, 1995].*

**Danni diffusi interessarono diversi comuni e centri del circondario fiorentino**, tra cui Lastra a Signa, Signa, San Casciano in Val di Pesa, Bagno a Ripoli e Scandicci. Danni leggeri si ebbero in un'area piuttosto ampia, estesa dal Valdarno Superiore (Figline Valdarno, San Giovanni Valdarno, Reggello) a Prato e ai centri della Valle del Bisenzio (Vaiano), da Greve in Chianti e Tavarnelle Val di Pesa fino a Vaglia, da Pontassieve a Vinci.



Gli effetti del terremoto del 18 maggio 1895 nell'area fiorentina [fonte: [DBMI11](#)].

La forte scossa del 18 maggio non risulta preceduta da scosse minori (i cosiddetti foreshocks) come annotato da Padre Giovanni Giovannozzi (all'epoca direttore dell'Osservatorio Ximeniano di Firenze): "La grande scossa giunse affatto improvvisa, né fu preceduta da altre minori e da un qualche periodo di agitazione dei più delicati sismometri [...]" (da Giovannozzi et al., 1895).

Questo terremoto dette inizio a un **periodo sismico che si protrasse per circa 13 mesi**, fino al giugno del 1896, e fu caratterizzato da **una cinquantina di repliche** (i cosiddetti aftershocks). La più forte fu quella che avvenne nella notte del 6 giugno 1895 (alle ore 1:35), che spaventò i fiorentini, ma non causò nuovi danni.

La seconda metà del XIX secolo fu un periodo di grande fermento scientifico in tutta Europa. La scienza che studia i terremoti, la Sismologia, all'epoca era agli albori e nei suoi riguardi vi era un forte e crescente interesse. **Il terremoto fiorentino del maggio 1895 avvenne proprio nell'anno di fondazione della Società Sismologica Italiana**, che da quell'anno (e fino al 1948, quando fu sciolta) pubblicherà annualmente il "**Bollettino della Società Sismologica Italiana**" con l'**elenco di tutti i terremoti avvenuti in Italia nell'anno corrispondente**. Circa vent'anni prima del terremoto del 1895, proprio a Firenze Padre Filippo Cecchi inventò lo strumento capostipite di tutti i moderni apparecchi sismografici: il "sismografo bipendolare". Negli anni seguenti vennero ideati molti altri prototipi di strumenti via via più sofisticati e sensibili.

Fu soprattutto dopo i catastrofici terremoti del 1883 a Casamicciola (Ischia) e del 1887 nella Liguria occidentale, che in tutta Italia nacquero numerosi osservatori sismologici e la ricerca strumentale conobbe un notevole sviluppo. Nel 1895 a Firenze erano attivi 4 osservatori, compreso lo Ximeniano, mentre in tutto il territorio nazionale quelli in attività erano almeno una cinquantina. Tutti gli osservatori fiorentini e diversi fra quelli italiani registrarono la scossa del 18 maggio (Cioppi, 1995).



Il tracciato strumentale del terremoto del 18 maggio 1895 ottenuto da un pendolo sismografico situato all'Osservatorio fiorentino della Specola [archivio fotografico del Museo Galileo, Istituto e Museo di storia della scienza, Firenze: [http://biblioteca.imss.fi.it/856/archivio\\_terremoto\\_1895.pdf](http://biblioteca.imss.fi.it/856/archivio_terremoto_1895.pdf)]. Gli osservatori sismologici in attività a Firenze nel 1895 erano quattro: l'Osservatorio Ximeniano, l'Osservatorio del Collegio della Querce, il R. Osservatorio del Museo di Firenze (Specola) e l'Osservatorio del Varlungo.

La stragrande maggioranza dei fiorentini di oggi non è a conoscenza del terremoto del 1895, la cui memoria si è persa nel corso del tempo. L'evento ha però lasciato **diverse tracce** in iscrizioni commemorative riportate su lapidi e oggetti vari, conservati in città e nel circondario. Infatti, passate la grande paura e la fase dell'emergenza, i cittadini e le autorità fiorentine realizzarono che la città non aveva subito estese distruzioni e, come spesso accadeva in casi del genere, sentirono il dovere di esprimere gratitudine, soprattutto alla **Madonna e alla Divina Provvidenza**, per lo scampato pericolo. Oltre alla lapide presente nella chiesa di Pozzolatico, già menzionata sopra, per le vie della città e in alcune chiese della zona ancora oggi vi sono tabernacoli e lampade votive in ricordo del "grande terremoto".



Il tabernacolo, con l'effigie della Madonna del Carmelo e una piccola epigrafe in ricordo del terremoto, posto in via De' Canacci, all'angolo con via della Scala, nel centro storico di Firenze. [Il tabernacolo è stato recentemente restaurato.](#)

In realtà, **quello del 18 maggio 1895 non può essere certo definito un terremoto 'grande', almeno non dal punto di vista sismologico.** Sulla base della distribuzione degli effetti macrosismici, infatti, è stata calcolata per questo evento una **magnitudo "equivalente"  $M_w$  pari a 5.4 (CPT11)**, che è un valore moderato (basti pensare che negli ultimi 30 anni in Italia si sono verificate una decina di scosse di questa magnitudo). Si consideri, per esempio, che [il disastroso terremoto del 1976 in Friuli](#), con magnitudo  $M_w$  6.5, è stato circa 40 volte più potente della scossa del 1895.

**Tuttavia, il terremoto di Firenze rappresenta un caso emblematico di quello che capita quando una pericolosità sismica media, come quella dell'area fiorentina, si combina con un alto valore di beni esposti, sovente anche molto vulnerabili. E' proprio il caso di Firenze, una città di medie dimensioni con uno straordinario patrimonio edilizio, monumentale e artistico di valore inestimabile. Si pensi, tanto per fare un esempio, agli effetti di una scossa anche di intensità medio-piccola ( $M < 5.0$ ), che potrebbe causare la caduta di oggetti preziosi, statue, dipinti e arredi pregiati in un museo come gli Uffizi.**

Del resto, con lo stesso terremoto di 119 anni fa i crolli e i danni strutturali in città furono limitati, ma caddero e andarono in frantumi statue, maioliche, ornamenti, stucchi e oggetti antichi di grandissimo valore. Quello del 1895 è solo l'ultimo dei forti terremoti che hanno colpito la "culla dell'arte": in passato effetti di danneggiamento esteso si erano già verificati in occasione dei terremoti del 28 settembre 1453 e del 28 novembre 1554. Oltre a questa sismicità locale, il capoluogo toscano risente anche dei forti terremoti con epicentro nell'area del Mugello (in particolare quelli del 13 giugno 1542 e del 29 giugno 1919) e del Valdarno Superiore (27 dicembre 1770), con danni generalmente lievi (per un viaggio nella storia sismica fiorentina si veda anche SGA, 2007). La Firenze attuale è molto più estesa e per certi versi più vulnerabile rispetto a quella di fine Ottocento. Tutta l'area colpita si presenta molto più costruita e abitata rispetto a 119 anni fa. Nell'area epicentrale del 1895, inoltre, oggi si trovano diversi stabilimenti industriali che aumentano il valore economico esposto a eventuali effetti sismici. Se oggi si ripetesse un terremoto analogo a quello del maggio 1895 i suoi effetti sarebbero probabilmente peggiori di quelli rilevati all'epoca dell'ultimo "grande terremoto" fiorentino.



Qui di seguito riportiamo alcuni eventi storici ricavati dalla banca dati DBMI15 dell'INGV:

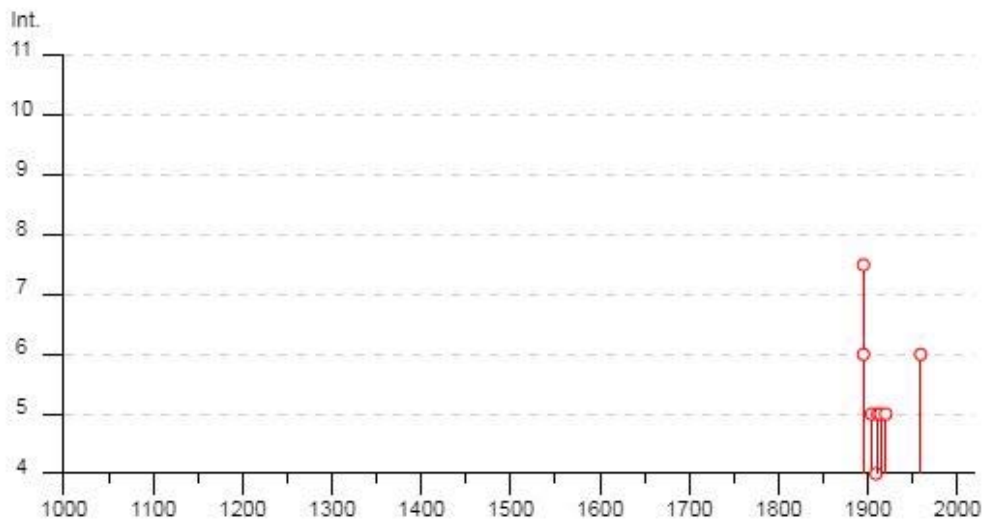
## Impruneta



PlaceID	IT_45245
Coordinate (lat, lon)	43.685, 11.255
Comune (ISTAT 2015)	Impruneta
Provincia	Firenze
Regione	Toscana
Numero di eventi riportati	12

32

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3-4	1887	11	14	05	48	0	Fiorentino	101	6	4.47
7-8	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
6	1895	06	06	00	35	0	Fiorentino	29	5-6	4.55
5	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
2	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
5	1911	09	13	22	29	0	Chianti	115	7	5.08
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
5	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
NF	1952	12	02	06	13	2	Appennino forlivese	53	5	4.42
6	1959	03	24	10	24		Fiorentino	28	7	4.85
3	2001	11	26	00	56	5	Casentino	211	5-6	4.63



### **3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area**

Sono state analizzate 9 aree urbanizzate del Comune di Impruneta, il Capoluogo, Tavarnuzze, Pozzolatico, San Giorzolè-Torre Rossa, Cascine del Riccio, Bottai, L'Ugolino, Falciani e Bagnolo-Cantagallo.

Si nota un generale affioramento del substrato geologico subito fuori le valli alluvionali e Villafranchiane laddove la morfologia tende ad essere più prettamente collinare.

Tale substrato tuttavia presenta raramente caratteristiche di substrato sismico poiché in superficie è alterato e fratturato talvolta per molti metri.

In particolare i terreni costituenti il substrato geologico sono i seguenti:

#### **DOMINIO LIGURE INTERNO**

- Argille e Palombini (APA) (Cretaceo Inf.)
- Calcari a Calpionelle (CLL) (Cretaceo Inf.)
- Basalti con strutture a Pillow Lava (BRG) (Giurassico Sup.)
- Gabbri con filoni basici (GBB) (Giurassico Sup.)
- Peridotiti serpentinite con filoni gabbri e basaltici (PRN) (Giurassico)

#### **DOMINIO LIGURE ESTERNO**

- Formazione di Monte Morello (MLL) (Paleocene Sup. – Eocene medio)
- Formazione di Sillano-Santa Fiora (SIL) (Cretaceo Sup. – Paleocene)
- Formazione della Pietraforte (PTF) (Cretaceo Sup.)
- Argille Varicolori (AVR) (Cretaceo)

#### **DOMINIO TOSCANO**

- Formazione del Macigno (MAC) (Oligocene Sup. – Miocene Inf.)

Queste formazioni, di cui non riportiamo la descrizione generale e che chiaramente può essere trovata in elaborati geologici specifici e di dettaglio, saranno poi raggruppate nella Carta Geologico-Tecnica a seconda delle loro peculiarità come substrato.

Sopra a tali litotipi si ritrovano altre formazioni di copertura generalmente costituite da materiali terrigeni sciolti a varia granulometria e vario periodo deposizionale. La sedimentazione di questi terreni, in spessori molto variabili, ha parzialmente o totalmente obliterato l'affioramento del substrato che viene rilevato solo nelle zone sopra citate.

Tra i terreni di copertura riconosciamo:

#### **DEPOSITI QUATERNARI**

- Depositi alluvionali attuali (b) (Olocene)
- Depositi eluvio-colluviali (b2a) (Olocene)
- Riporti antropici (h5) (Olocene)

#### **DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI E VILAFRANCHIANI**

- Sabbie e conglomerati (VILe) (Rusciniano-Villafranchiano)

Riportiamo dalla relazione illustrativa allegata agli elaborati geologici del Regolamento Urbanistico una breve descrizione geologico-genetica dell'area:

*Il territorio comunale di Impruneta appartiene alla fascia centrale della catena orogenica dell'Appennino settentrionale, parte integrante della fascia di deformazione perimediterranea sviluppatasi prevalentemente in tempi neogenici e costituita da una struttura complessa di falde e thrust formatasi in relazione a più fasi tettoniche.*

*Queste sono legate agli eventi verificatisi a partire dal Cretaceo superiore in seguito alla completa chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese ed alla successiva collisione continentale tra la placca europea e quella adriatica (BOCCALETTI & COLI, 1983).*

*In tale contesto si distinguono una fase oceanica ed una fase ensialica (BOCCALETTI et alii, 1980; TREVES, 1984; PRINCIPI & TREVES, 1984). La fase oceanica inizia al limite tra il Cretaceo inferiore ed il Cretaceo superiore, e termina nell'Eocene medio con la completa chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese. Durante questa fase si forma un prisma d'accrezione costruito dall'impilamento per sottoscorrimento verso W delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento, che andranno così a costituire le cosiddette Unità Liguri.*

*Segue, nell'Eocene medio-superiore la collisione tra il margine continentale europeo (Sardo-corso) e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale dell'orogenesi appenninica. In questa fase si ha lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso W dell'Unità Toscane, prima, e di quelle Umbromarchigiane poi, sotto le unità precedentemente impilate. Fenomeni gravitativi e di retroscorrimento, anche importanti, accompagnano in superficie questa strutturazione crostale. In questa fase il fronte compressivo, che migra verso E, è seguito, a partire dal Miocene medio, da un fronte distensivo, legato alla distensione crostale che ha portato all'apertura del Bacino Tirrenico. Attualmente i due regimi tettonici diversi coesistono in due fasce contigue della catena: nel versante tirrenico è attivo il regime distensivo, in quello adriatico quello compressivo.*

*Da un punto di vista regionale questa complessa storia tettonica ha portato prima (Cretaceo superiore-Eocene) allo sradicamento delle Unità Liguri dal loro substrato oceanico e al loro impilamento su se stesse secondo un ordine tettonico-geometrico che vede in alto le unità più interne, tra cui l'Unità del Vara e in basso le più esterne, tra cui ricordiamo l'Unità della Calvana. Tutto questo complesso di Unità Liguri sovrasta tettonicamente l'Unità di Canetolo (Eocene-Oligocene) attribuita a una zona di transizione con il margine continentale adriatico. Successivamente, dopo la messa in posto della Falda Toscana (Dominio Toscano interno), avvenuta nel Miocene medio-superiore, sopra la più esterna Unità Cervarola-Falterona, le Unità Liguri si sono rimosse, per mettersi in posto prima sopra la Falda Toscana, e poi sopra l'Unità Cervarola-Falterona già sovrascorsa verso E (Tortoniano) sulla Marnoso arenacea del Dominio Umbro- Marchigiano.*

*Successivamente alla loro prima messa in posto, i principali accavallamenti sono stati rimobilizzati e riattivati secondo sovrascorrimenti minori interni alle varie unità, dando localmente geometrie molto complesse con sovrascorrimenti precedentemente tagliati e ripiegati da quelli successivi. Tali fasi compressive sono riferibili principalmente al Messiniano, al Pliocene inferiore e nei settori più esterni al Pliocene superiore.*

*Nel frattempo erano iniziati nelle aree più occidentali i movimenti disgiuntivi che hanno portato, attraverso una serie di faglie normali principali immergenti verso W, allo smembramento della catena a falde, precedentemente costituita, con lo sviluppo di depressioni tettoniche a semi graben (bacini intermontani) sempre più giovani da W verso E (Fig.2), tra cui ricordiamo il bacino del Valdarno superiore, sviluppatosi a partire dal Pliocene*

superiore, e i bacini di Firenze-Pistoia, del Mugello e del Casentino, attivi dal Pleistocene inferiore.

*Studi recenti sui bacini estensionali (BERNINI et alii, 1990; BOCCALETTI et alii, 1991, 1995) hanno posto l'evidenza sul fatto che questi sono stati interessati anche da vari eventi compressivi, che si sarebbero alternati alla prevalente tettonica estensionale. Non è ancora unicamente accettato che queste pulsazioni siano da mettere in relazione con generali shock compressivi dell'intera catena appenninica, oppure se siano legate a costipamento laterale causato da repentini approfondimenti dei bacini in concomitanza con pulsazioni estensive maggiormente pronunciate legate alle maggiori compressioni nella zona esterna della catena.*

#### **4. Dati geotecnici e geofisici**

Per lo studio di Microzonazione Sismica di livello 2 sono indispensabili la raccolta, l'archiviazione organizzata dei dati pregressi e la realizzazione di nuove specifiche indagini. Nel caso specifico il Comune di Impruneta non era stato indagato dal punto di vista sismico nell'ambito di studi eseguiti precedentemente a questo lavoro; le indagini d'archivio ricercate in Comune, insieme alle stratigrafie dei pozzi ISPRA ritenute attendibili, hanno costituito un'ottima base di partenza ma non sufficienti per effettuare il lavoro, in quanto non consentivano una copertura unitaria di tutta l'area dal punto di vista sismico.

In particolare tra la raccolta pregressa di indagini e quelle nuove siamo riusciti a catalogare tramite il software SoftMS4.1:

- 3 stratigrafie di pozzi;
- 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
- 17 stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e/o SH;
- 10 prove ESAC;
- 25 prove MASW;
- 2 down-hole;
- 33 sondaggi a carotaggi continuo;
- 160 HVSR.

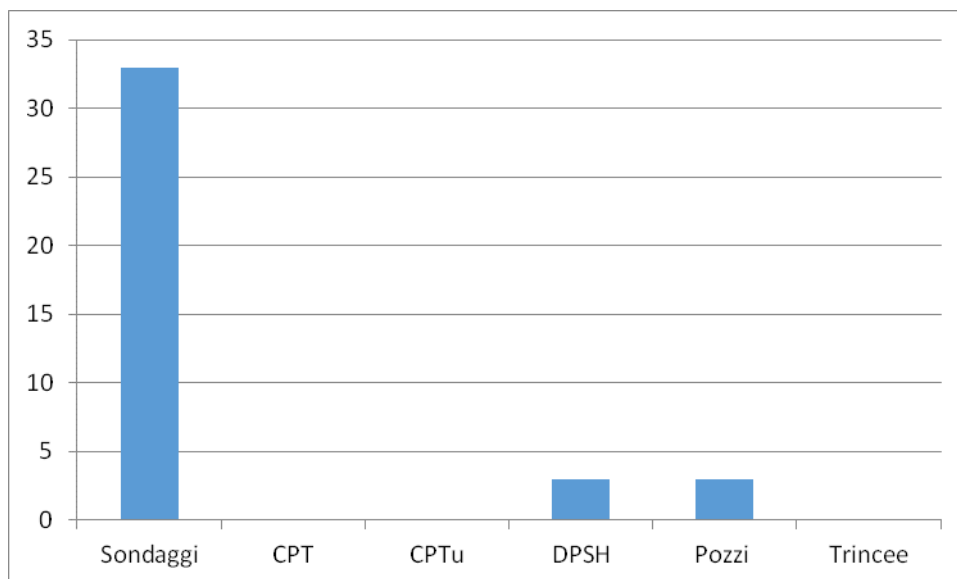
Questi canali di ricerca e implementazione hanno consentito l'acquisizione di una notevole quantità di indagini, in particolare i pozzi e i sondaggi hanno dato un ottimo riscontro dal punto di vista della ricostruzione del sottosuolo, raggiungendo in qualche caso il substrato geologico.

Sono state raccolte nel complesso 253 indagini distribuite più o meno omogeneamente nel territorio comunale, ma concentrate prevalentemente nei centri abitati.

In funzione della categoria di indagine sono state raccolte 39 indagini geotecniche e 214 indagini geofisiche, per ognuna delle due categorie nei grafici che seguono si possono vedere le varie tipologie di indagine.

Prove geotecniche:

Prove geotecniche					
Sondaggi	CPT	CPTu	DPSH	Pozzi	Trincee
33	0	0	3	3	0

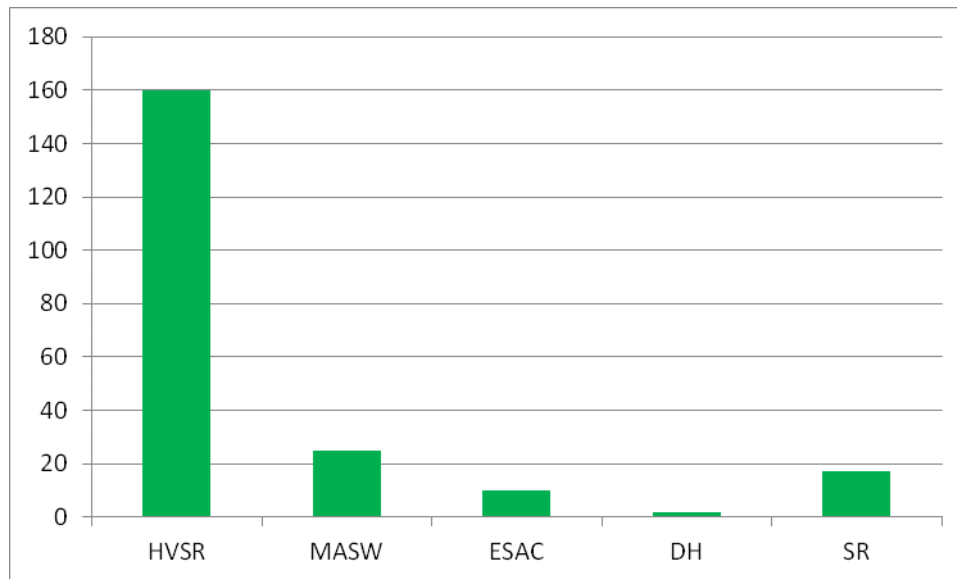


Per quanto riguarda le indagini geotecniche possiamo vedere che la tipologia di indagini che più di frequentemente abbiamo utilizzato ai fini Microzonazione Sismica sono i sondaggi geognostici. I sondaggi non sono stati scelti tutti quelli disponibili ma solo quelli utili ai fini della ricostruzione litologica del sottosuolo e che producessero risultati non ridondanti con altre indagini.

Prove geofisiche:

Prove geofisiche				
HVSR	MASW	ESAC	DH	SR
160	25	10	2	17

38



Il grafico relativo alle indagini geofisiche mostra che le prove maggiormente presenti sul territorio sono le HVSR che sono state effettuate per il progetto di Microzonazione. A seguire le indagini sismiche MASW, le sismiche a rifrazione e gli ESAC.

Tutti i dati di base sono stati informatizzati (tabelle, shapefile), in ottemperanza agli “standard di archiviazione informatica versione 4.1” nel database denominato “Cdl\_Tabelle”.

## 5. Modello del sottosuolo

In linea di massima si ha l’affioramento delle formazioni liguri e del dominio toscano già a partire dai margini della valle alluvionale e Villafranchiana.

Di seguito discuteremo più nel dettaglio e da nord verso sud le caratteristiche del modello del sottosuolo delle aree indagate. Chiaramente tale ricostruzione viene commentata alla luce di tutte le indagini presenti ed è quindi verificata la corrispondenza tra modello e dati oggettivi.

### **Cascine del Riccio**

Nell'area di Cascine del Riccio abbiamo l'affioramento geologico della Formazione di Sillano-Santa Fiora nomenclata SIL.

La formazione in esame è quasi completamente sormontata, nell'area, da depositi quaternari di fondovalle.

Sebbene gli spessori delle coperture siano risultati esegui il substrato geologico affiorante non si comporta da substrato sismico per diversi metri profondità.

Tale considerazione è confermata dalle verifiche sismiche eseguite nell'area.

### **Pozzolatico**

Nell'area di Pozzolatico abbiamo l'affioramento geologico della Formazione di Sillano-Santa Fiora nomenclata SIL.

La formazione in esame è quasi completamente sormontata, nell'area, da depositi villafranchiani.

Sebbene gli spessori delle coperture siano risultati esegui il substrato geologico affiorante non si comporta da substrato sismico per diversi metri profondità.

Tale considerazione è confermata dalle verifiche sismiche eseguite nell'area.

### **San Giorsole**

Nell'area di San Giorsole abbiamo l'affioramento geologico della Formazione di Sillano-Santa Fiora nomenclata SIL.

La formazione in esame è scoperta e rilevabile in campagna.

In quest'area la formazione in esame si comporta da substrato fratturato come viene confermato dalle verifiche sismiche eseguite.

### **L'Ugolino**

Nell'area dell'Ugolino abbiamo l'affioramento geologico di varie formazioni: Monte Morello (MLL), Argille Varicolori (AVR), Sillano-Santa Fiora (SIL) e Argille a palombini (APA).

Generalmente messe in contatto da strutture tettoniche le formazioni sono rilevabili già da piano campagna per buona parte dell'area investigata.



Sul lato est della zona ritroviamo la formazione del Villafranchiano VIIe, composta da sabbie e conglomerati.

In quest'area le formazioni che costituiscono il substrato si comportano da substrato fratturato come viene confermato dalle verifiche sismiche eseguite.

### **Falciani**

Da nord verso sud abbiamo rilevato l'affioramento della Formazione del Macigno in contatto tettonico con la Formazione di Monte Morello.

Nell'area della piana alluvionale della Greve i depositi del fiume sovrastano le formazioni liguri dei gabbri e delle Argille a Palombini.

In quest'area le formazioni che costituiscono il substrato si comportano quasi sempre da substrato fratturato come viene confermato dalle verifiche sismiche eseguite.

### **Tavarnuzze, Bottai e Bagnolo Cantagallo**

Lungo la valle alluvionale del Fiume Greve che va da Tavarnuzze a Bottai i depositi alluvionali recenti giacciono quasi sempre sopra la Formazione di Sillano-Santa Fiora che talvolta è interrotta da lenti e lingue della Formazione delle Pietraforte.

Solo per piccoli tratti i sedimenti quaternari giacciono sopra la Formazione di Monte Morello a Bottai e la Formazione del Macigno a sud di Tavarnuzze.

Salendo di quota rispetto al fondovalle si rilevano spesso i depositi villafranchiani sopra la Formazione di Sillano-Santa Fiora e più raramente sulla Formazione di Monte Morello.

Nell'abitato di Bagnolo si rileva un sovrascorrimento che mette in contatto la Formazione di Monte Morello con la Formazione del Macigno.

Dalle indagini eseguite pare che solo la Formazione del Macigno abbia, in questa zona, le caratteristiche di substrato sismico già da piano campagna.

## **Impruneta**

Nell'area di Impruneta si nota un generale affioramento di rocce verdi quali gabbri, basalti e peridotiti di origine oceanica ligure, frammisti in maniera caotica alle Formazioni di Sillano-Santa Fiora e alla Formazione delle Argille a Palombini.

Ad Ovest dell'area investigata si rilevano le Formazioni di Monte Morello del Macigno chiaramente messe in contatto attraverso una faglia diretta come succede quasi sempre in questi casi.

Le coperture sono date dai depositi villafranchiani e talvolta da ragguardevoli spessori di materiali di riporto di origine antropica.

Dalle indagini eseguite pare che solo le formazioni dei gabbri e dei basalti abbiano, in questa zona e parzialmente, le caratteristiche di substrato sismico già da piano campagna.

## **6. Elaborati cartografici**

### **6.1 Carta delle indagini**

La carta delle indagini è stata realizzata mediante tecnologia GIS, riportando su base topografica tutte le prove presenti nel database organizzato come esposto nel Capitolo 4. Sono stati distinti graficamente gli elementi puntuali e lineari e ad ogni prova è stato assegnato un simbolismo funzione della tipologia d'indagine in ottemperanza agli standard di rappresentazione e archiviazione informativa per la Microzonazione Sismica Versione 4.1, inserendo anche i punti virtuali.

Tutta la cartografia è stata redatta in scala 1:5.000; per una migliore leggibilità e chiarezza, le aree studiate sono state divise geograficamente e raggruppate in tre tavole.

Analizzando la distribuzione areale delle prove si evidenzia come, con la campagna di prove eseguite ad-hoc per questo studio, le zone siano tutte omogeneamente coperte.

### **6.2 Carta delle frequenze fondamentali dei depositi**

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è basata sulla misura dei rapporti medi tra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontale e verticale del rumore sismico ambientale. Le frequenze di risonanza corrispondono ai massimi della funzione che rappresenta rapporti spettrali medi in funzione della frequenza (funzione H/V).

L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura. La campagna di misure passive del rumore sismico ambientale ha avuto come obiettivo quello di individuare possibili fenomeni di risonanza sismica e misurare la corrispondente frequenza di vibrazione. Queste misure forniscono indicazioni sul rapporto fra la velocità media delle onde S nella copertura e la profondità del basamento sismico al di sotto del punto di osservazione.

Si può dimostrare che la frequenza di risonanza  $f_0$  di una copertura sedimentaria di spessore  $H$  sovrapposta ad un basamento rigido e in condizioni di stratificazione piana è data dal rapporto fra la velocità media delle onde S nel sedimento  $V_s$  e 4 volte lo spessore  $H$ :

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

Utilizzando questa relazione è possibile risalire dalla frequenza di risonanza misurata allo spessore della copertura una volta nota la velocità delle onde di taglio, o viceversa a quest'ultima se lo spessore  $H$  è noto. La misura della funzione  $H/V$  richiede l'acquisizione del rumore sismico ambientale in un punto per tempi dell'ordine di diverse decine di minuti. Questa durata ha lo scopo di garantire la misura del campo di rumore generato da una molteplicità di sorgenti dalle diverse direzioni dello spazio. La misura va effettuata utilizzando un sistema di acquisizione tridimensionale caratterizzato da sufficiente sensibilità. I dati raccolti vengono analizzati per determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sui piani orizzontale e verticale. A questo scopo, la serie di rumore ambientale viene suddivisa in segmenti di durata simile per ciascuna delle quali viene determinato lo spettro del moto.

Dopo un opportuno liscio, le ordinate spettrali del moto sul piano orizzontale, ottenuto mediando opportunamente i valori ottenuti nelle due direzioni principali, vengono divise per quelle ottenute nella direzione verticale. Per definire la qualità delle misure vengono anche valutate le variazioni temporali e azimutali dei rapporti spettrali nel corso della sessione di misura. L'assenza di massimi della funzione  $H/V$  suggerisce l'assenza di fenomeni di amplificazione sismica dovuti a fenomeni di risonanza. Per maggiori dettagli riguardo i dati di acquisizione ed elaborazione delle indagini effettuate per lo studio in oggetto si rimanda alle relazioni tecniche allegate alla presente relazione. In tutto il territorio comunale di Civitella in Val di Chiana sono state utilizzate 151 misure di rumore divise in classi così come riportato nell'abaco "Area di transizione" proposto dalla Regione Toscana in riferimento all'individuazione dei valori di amplificazione.






Gli elaborati (Carta delle frequenze fondamentali dei depositi) sono costituiti da una semplice base topografica su cui sono state riportate le misure di rumore colorate in funzione della frequenza di risonanza riscontrata. Inoltre sono state riportate due etichette con indicati i valori di frequenza e rapporto HV di ogni singola misura.

I range di valori usati sono:

- $f_0 < 1$  Hz ;
- $1 \text{ Hz} \leq f_0 < 2$  Hz;
- $2 \text{ Hz} \leq f_0 < 3$  Hz;
- $3 \text{ Hz} \leq f_0 < 4$  Hz;
- $4 \text{ Hz} \leq f_0 < 5$  Hz;
- $5 \text{ Hz} \leq f_0 < 6$  Hz;
- $6 \text{ Hz} \leq f_0 < 7$  Hz;
- $7 \text{ Hz} \leq f_0 < 8$  Hz;
- $f_0 \geq 8$  Hz .

### 6.3 Carta geologico-tecnica




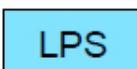
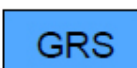





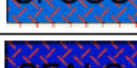

La descrizione della carta geologico-tecnica è stata adeguata al nuovo standard di rappresentazione e archiviazione. Le carte geologico tecniche sono state redatte per ogni area investigata e rappresentano, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.1), l'elaborato di compendio di tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS). Le unità geologico-litologiche vengono distinte tra terreni di copertura, con spessore minimo di 3,0 m, e substrato geologico rigido o non rigido, per giungere ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici. La suddivisione dei litotipi in classi predefinite permette, così, di identificare situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità. Le tipologie dei terreni di copertura in base alle caratteristiche litologiche e i relativi codici corrispondenti vengono descritti utilizzando l'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985, modificato) come di seguito presentato:

<b>Terreni di copertura</b>		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche

In aggiunta per i terreni di copertura vengono riportati i codici relativi agli ambienti di possibile genesi e deposizione dei terreni di copertura.

<b>Ambiente vulcanico</b>	
Colate/spandimenti/cupole/domi/dicchi/coni lavici	la
Coni scorie/ceneri	sc
Coltri ignimbritiche	ig
Lahar (colate di fango)	lh
<b>Ambiente di versante</b>	
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di deiezione	cz
Eluvi/colluvi	ec
<b>Ambiente fluvio - lacustre</b>	
Argine/barre/canali	es
Piana deltizia	dl
Piana pedemontana	pd
Bacino (piana) intramontano	in
Conoide alluvionale	ca
Terrazzo fluviale	tf
Varve	va
Lacustre	lc
Palustre	pa
Piana inondabile	pi
<b>Ambiente carsico</b>	
Riempimento di dolina/karren/vaschetta/sinkhole	do
Forme costruite presso sorgenti	so
Forme costruite in canyon carsici	cy
Croste calcaree	cc
<b>Ambiente glaciale</b>	
Morena	mr
Deposito fluvio glaciale	fg
Deposito lacustre glaciale	fl
Till	ti
<b>Ambiente eolico</b>	
Duna eolica	de
Loess	ls
<b>Ambiente costiero</b>	
Spiaggia	sp
Duna costiera	dc
Cordone litoraneo	cl
Terrazzo marino	tm
Palude/laguna/stagno/lago costiero	pl
<b>Altro ambiente</b>	zz

Le unità del substrato rigido o non rigido vengono definite tenendo conto della tipologia (lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato, alternanza di litotipi), della stratificazione (qualora esistente) e del grado di fratturazione (secondo una valutazione qualitativa).

<b>Substrato geologico</b>		
	LP	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

In tale cartografia sono stati riportati gli elementi tettonico strutturali (faglie e strutture tettoniche certe o presunte con relativo stato di attività, stratificazioni) e gli elementi geologico e idrogeologici puntuali derivanti dai dati di base (profondità del substrato rigido raggiunto da

sondaggio o pozzo, profondità di sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido, profondità della falda).

Inoltre vengono fornite indicazioni relativamente alle fenomenologie di instabilità di versante (tipologia di instabilità e stato di attività), per le cui definizioni riguardanti lo stato di attività dei versanti il riferimento è il progetto IFFI e in particolare per quest'area le cartografie proposte in seguito all'alluvione del settembre 2017 da parte dell'Autorità di Bacino. Infine vengono presentate le forme morfologiche di superficie e sepolte. Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle varie "unità geologico-tecniche" individuate con il dettaglio delle varie formazioni geologiche che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere.

#### Terreni di copertura

- Unità geologico-tecnica RI: corrisponde ai terreni di riporto contenenti resti di attività antropica (h5).
- Unità geologico-tecnica GC fl: si tratta di terreni costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie ambiente deposizionale fluvio-lacustre (VILe).
- Unità geologico-tecnica GC pi: si tratta di terreni costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie di ambiente deposizionale di piana inondabile (b).
- Unità geologico-tecnica SM ec: si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di eluvio-colluviale (b2a).

Per quanto riguarda i corpi di frana, questi sono stati riportati nelle cartografia secondo quanto previsto alla figura 1.1.2-5 delle norme ICMS (versione 4.1), evidenziando per ciascun corpo la sua natura (qualora riscontrabile) e lo stato di attività.

#### Substrato geologico rigido o non rigido

- Unità geologico-tecnica ALS: corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni con un'alternanza di litotipi (APA, AVR e CLL).
- Unità geologico-tecnica LP: corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee non stratificate (GBB, PRN e BRG).
- Unità geologico-tecnica LPS: corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee stratificate (MAC, MACa, MACc, MLL, PTF e SIL).



#### **6.4 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)**

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica costituisce il documento fondamentale del primo livello di approfondimento. La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e delle valutazioni dei dati litostratigrafici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc...).

Le informazioni utilizzate, oltre alla cartografia di base disponibile sono:

- carta delle indagini, precedentemente prodotta per questo livello;
- carte geologiche e geomorfologiche regionali e dell'Autorità di Bacino;
- logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggi, pozzi;
- sezioni geologiche;
- carte di dissesto idrogeologico.

Le microzone della carta sono classificate in tre categorie:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- c) zone di attenzione per le instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti nel territorio. I principali tipi di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali.

In questo caso specifico sono state individuate 40 microzone omogenee più 4 microzone stabili che non vanno a concorrere alle zone suscettibili di instabilità:

##### **6.4.1 Zone stabili**

Le zone stabili sono quelle di affioramento del substrato geologico dove non si abbiano notizie di coperture maggiori di 3 metri e/o di amplificazioni dovute a differenze marcate di impedenza acustica tra la copertura alterata e il substrato integro.

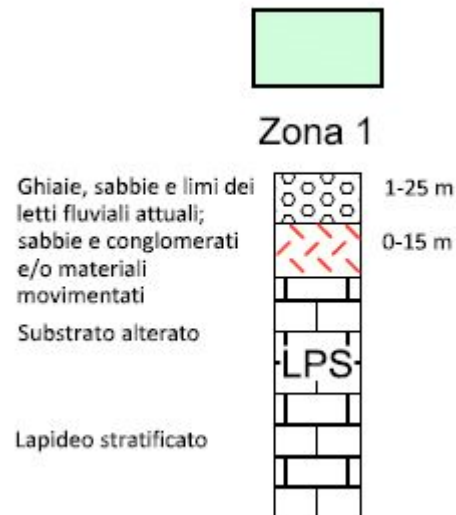
Abbiamo individuato 3 zone di questo tipo ed in particolare: ALS, LP e LPS.

##### **6.4.2 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

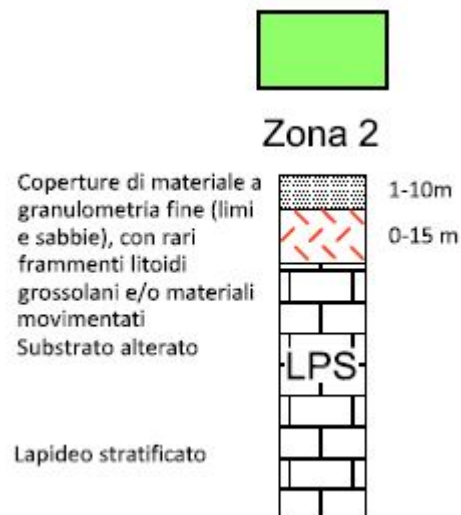
Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state numerate partendo dalla 1 denominata 2001 così come prevede la normativa.

La descrizione delle zone dalla numero 1 alla numero 30 (più la zona 99) è stata possibile attraverso la conoscenza dell'area e dopo l'attento studio di tutte le indagini a nostra disposizione.

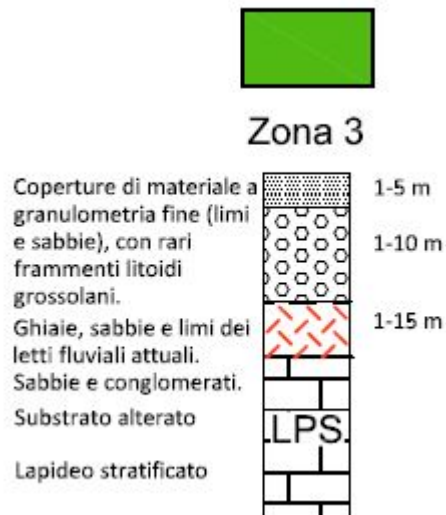
**ZONA 2001:** si tratta di una zona con coperture composte da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali; sabbie e conglomerati e/o movimentati, sul substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS.



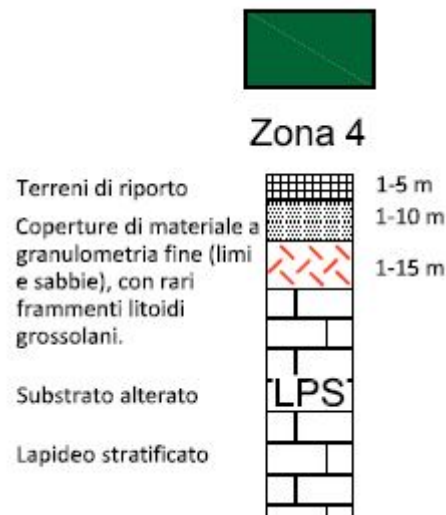
**ZONA 2002:** si tratta di una zona con coperture di materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani e/o materiali movimentati, sul substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS.



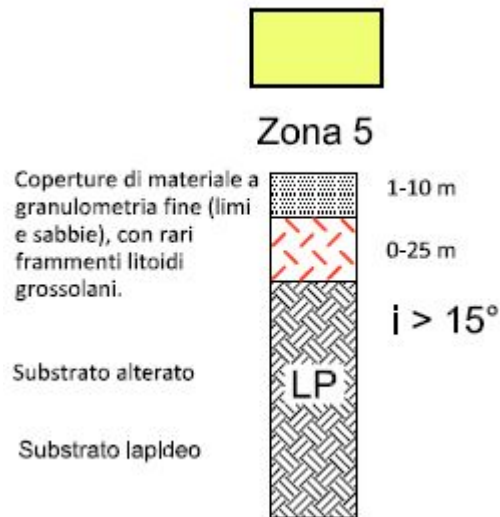
**ZONA 2003:** si tratta di una zona con coperture composte da materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani, su ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sabbie e conglomerati, sul substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS.



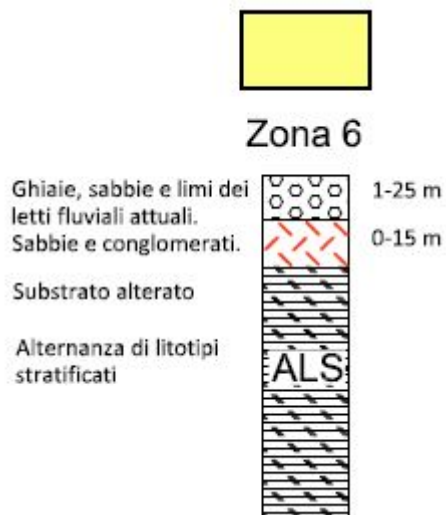
**ZONA 2004:** si tratta di una zona con materiale di riporto su coperture composte da materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani, sul substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS.



**ZONA 2005:** si tratta di una zona con coperture composte da materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani, sul substrato fratturato (SFLP), sul substrato integro LP. Pendenza maggiore di 15°.

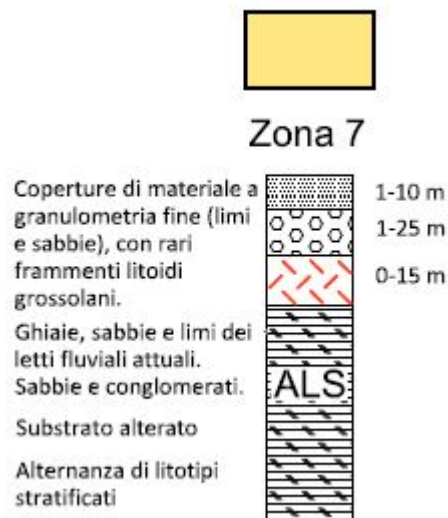


**ZONA 2006:** si tratta di una zona con coperture composte da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sabbie e conglomerati su substrato alterato (SFALS), sul substrato integro ALS.



**ZONA 2007:** si tratta di una zona con coperture composte da materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sabbie e conglomerati su substrato alterato (SFALS), sul substrato integro ALS.

52



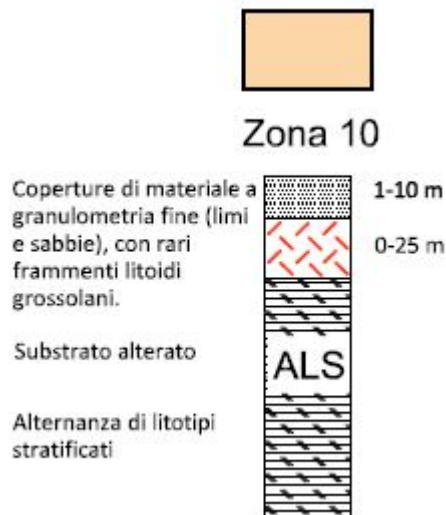
**ZONA 2008:** si tratta di una zona con coperture composte da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sabbie e conglomerati, sul substrato integro ALS.



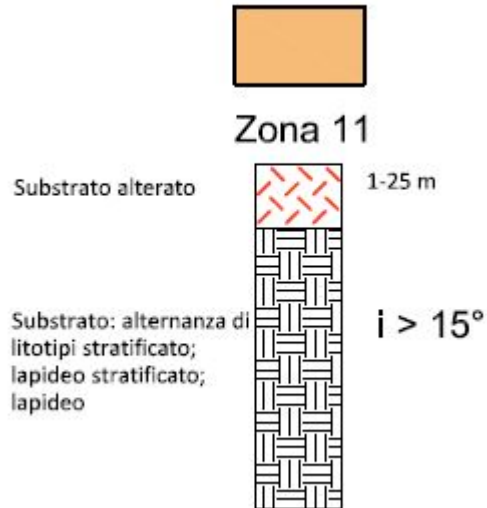
**ZONA 2009:** si tratta di una zona con coperture di materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani, su sabbie e conglomerati, sul substrato integro ALS.



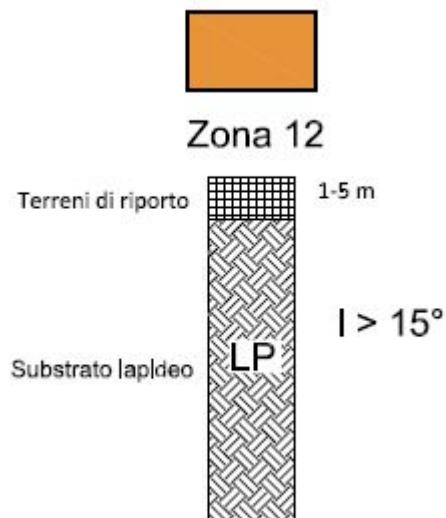
**ZONA 2010:** si tratta di una zona con coperture di materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani, sul substrato alterato (SFALS), sul substrato integro ALS.



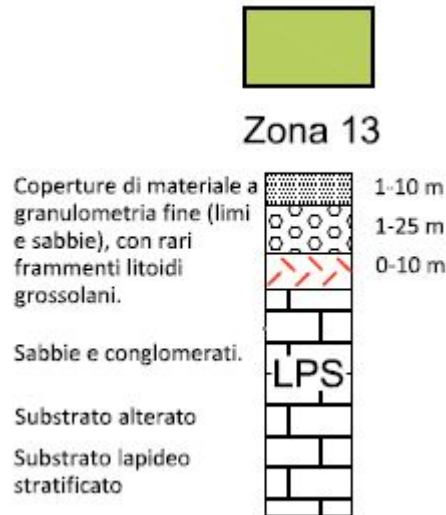
**ZONA 2011:** si tratta di una zona con substrato alterato, sul substrato integro ALS, LPS o LP con pendenza maggiore di 15°.



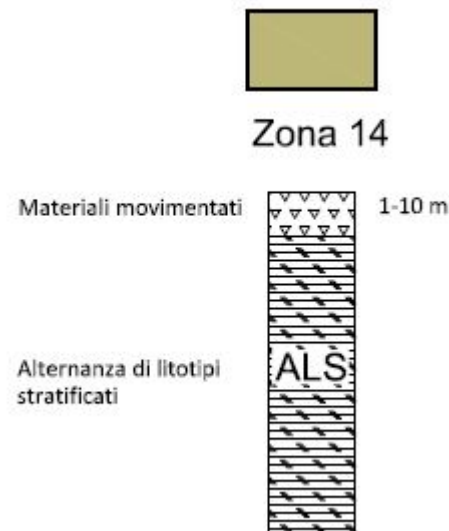
**ZONA 2012:** si tratta di una zona con coperture composte terreni di riporto di origine antropica, sul substrato integro LP. Pendenza maggiore di 15°.



**ZONA 2013:** si tratta di una zona con coperture composte da materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani su sabbie e conglomerati su substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS.

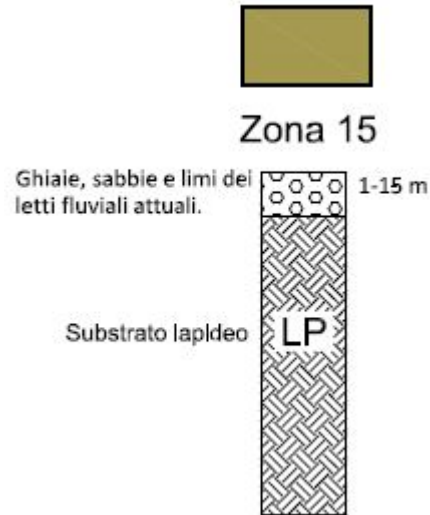


**ZONA 2014:** si tratta di una zona con coperture composte da materiali movimentati, sul substrato integro ALS.





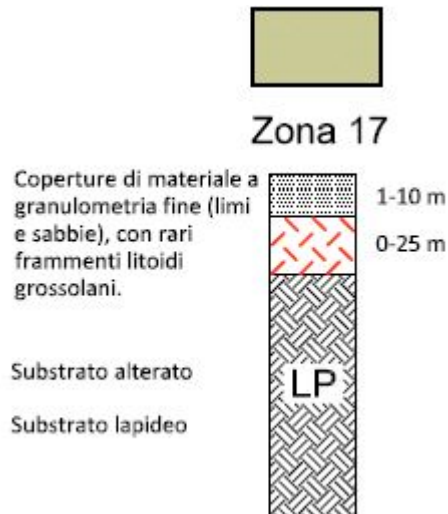
**ZONA 2015:** si tratta di una zona con coperture composte da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sul substrato integro LP.



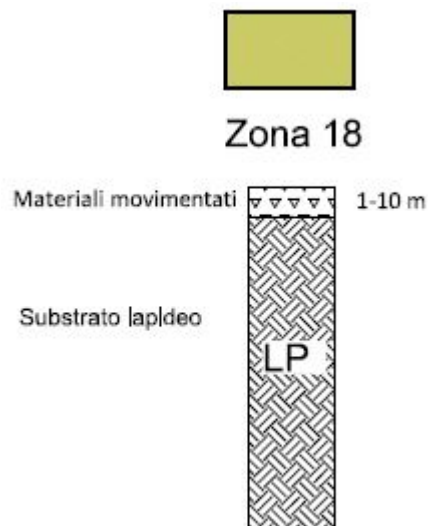
**ZONA 2016:** si tratta di una zona con coperture composte da terreni di riporto, su ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sul substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS.



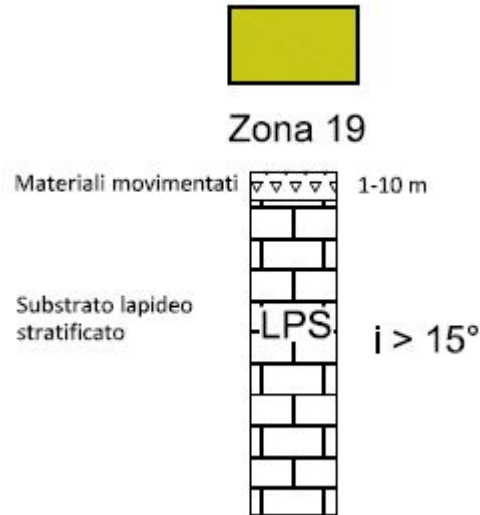
**ZONA 2017:** si tratta di una zona con coperture composte da materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani, sul substrato fratturato (SFLP), sul substrato integro LP.



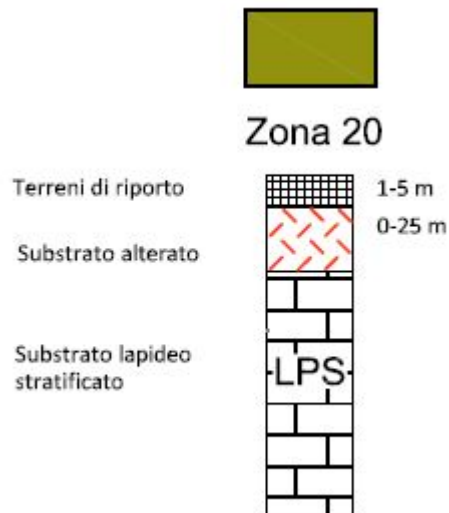
**ZONA 2018:** si tratta di una zona con coperture composte da materiali movimentati, sul substrato integro LP.



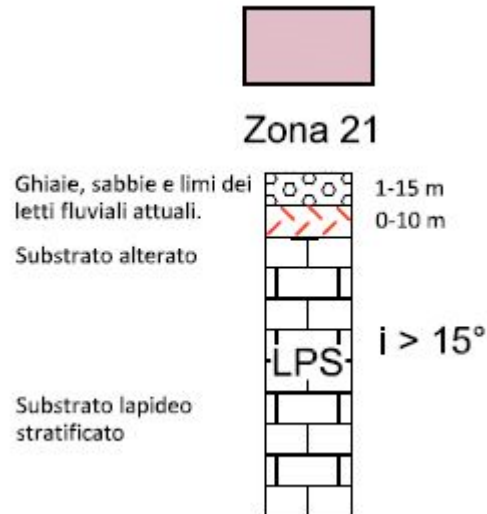
**ZONA 2019:** si tratta di una zona con coperture composte da materiali movimentati, sul substrato integro LPS con pendenza maggiore di 15°.



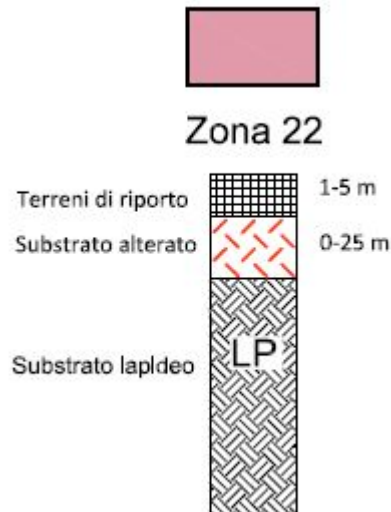
**ZONA 2020:** si tratta di una zona con coperture composte da materiale di riporto, sul substrato fratturato (SFLPS), sul substrato integro LPS.



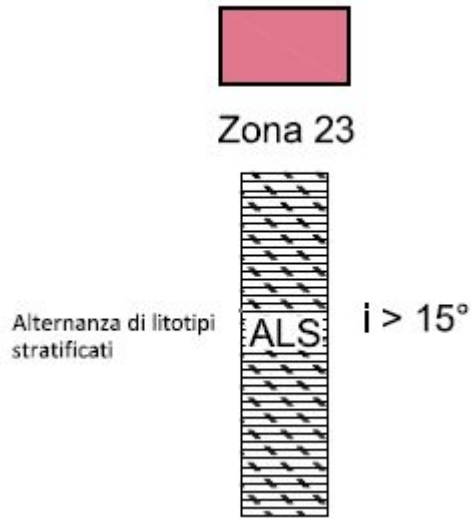
**ZONA 2021:** si tratta di una zona con coperture composte da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sul substrato alterato (SFLPS), che giacciono sul substrato integro composto da LPS.



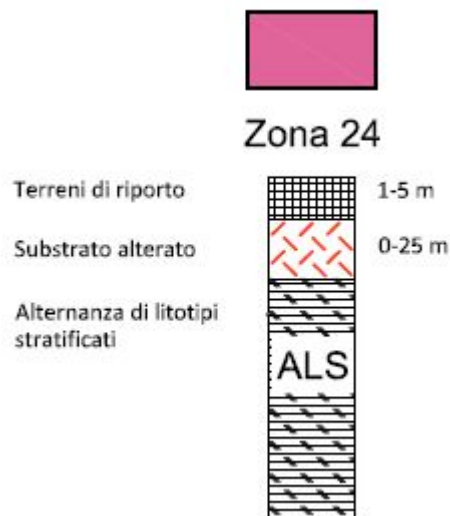
**ZONA 2022:** si tratta di una zona con coperture composte da terreni di riporto, sul substrato alterato (SFLP), che giacciono sul substrato integro composto da LP.



**ZONA 2023:** si tratta di una zona con substrato integro ALS e pendenze maggiori di 15°.



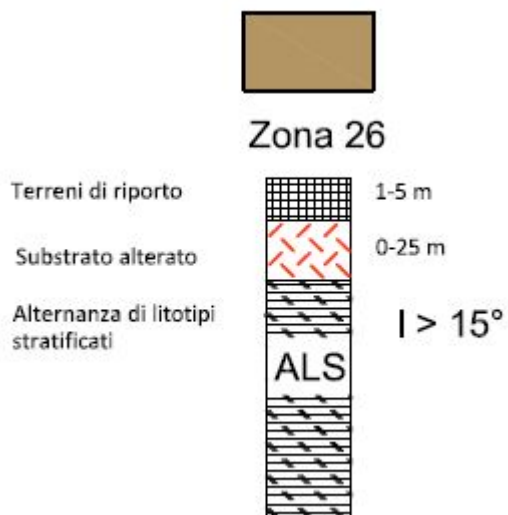
**ZONA 2024:** si tratta di una zona con coperture composte da terreni di riporto, sul substrato alterato (SFALS), che giacciono sul substrato integro composto da ALS.



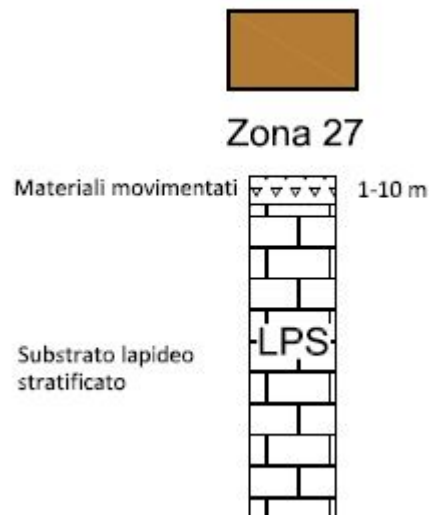
**ZONA 2025:** si tratta di una zona con coperture composte da materiale di riporto, sul substrato fratturato (SFLPS), sul substrato integro LPS. Pendenza maggiore di 15°.



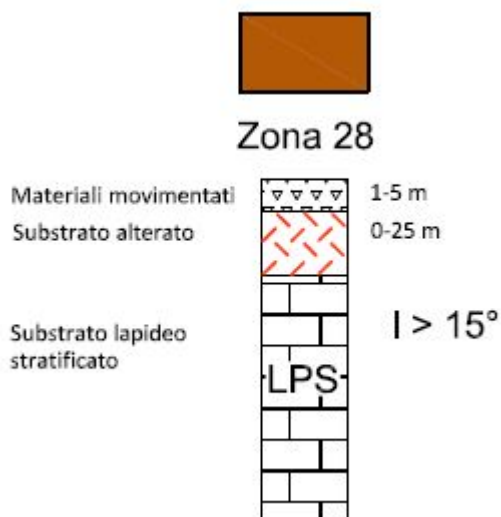
**ZONA 2026:** si tratta di una zona con coperture composte da materiale di riporto, sul substrato fratturato (SFALS), sul substrato integro ALS. Pendenza maggiore di 15°.



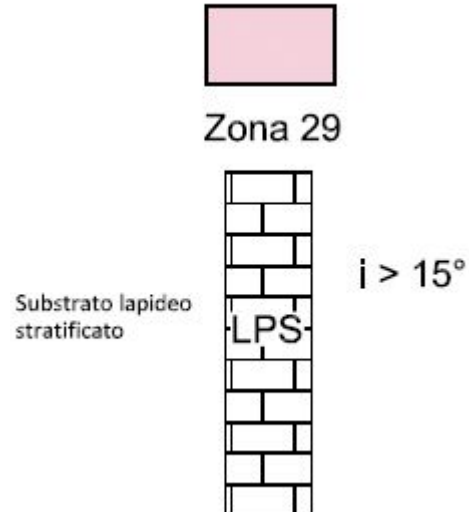
**ZONA 2027:** si tratta di una zona con coperture composte da materiale movimentato, sul substrato integro LPS.



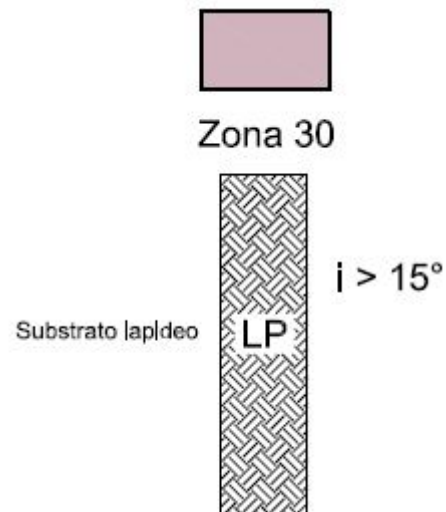
**ZONA 2028:** si tratta di una zona con coperture composte da materiale movimentato, sul substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS. Pendenza maggiore di 15°.



**ZONA 2029:** si tratta di una zona composta dal substrato integro composto da LPS con pendenze maggiori di 15°.

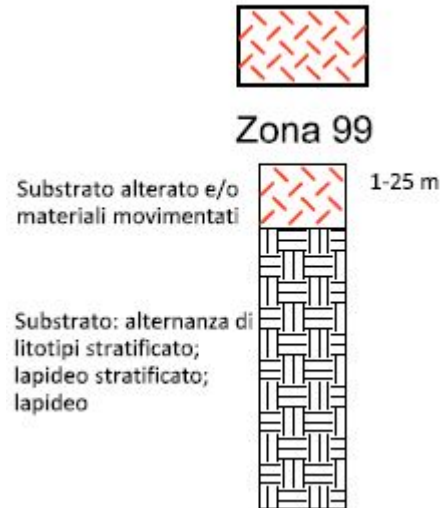


**ZONA 2030:** si tratta di una zona di affioramento del substrato lapideo LP su versanti con inclinazione maggiore di 15°.





**ZONA 2099:** si tratta di una zona con la presenza di substrato alterato di varia natura e/o materiali movimentati, sul substrato integro di varia natura.



#### 6.4.3 Zone di attenzione per instabilità

Le zone di attenzione per instabilità cartografate nell'area oggetto di studio sono riferibili a due tipi di instabilità e più precisamente a fenomeni di instabilità gravitativa e per liquefazione.

Per quanto riguarda le zone di instabilità per liquefazione, sebbene non abbiamo trovato nessuna indagine utile ad una verifica semiquantitativa della problematica, sono state prudenzialmente inserite poiché nelle aree corrispondenti si rilevano, a volte, sondaggi con strati sabbiosi metrici.

Nel software "SoftMS 4.1" nelle verticali SMS rappresentative di ogni zona MOPS, per quanto riguarda i movimenti franosi non essendo presente la voce "frana", abbiamo inserito questo spessore con la sigla SM.

Di seguito elenchiamo le zone di attenzione per instabilità:

**ZONA 30142099:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività attiva su una zona con la presenza di substrato alterato di varia natura e/o materiali movimentati, sul substrato integro di varia natura.

**ZONA 30242001:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività quiescente in una zona con coperture composte da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali; sabbie e conglomerati e/o movimentati, sul substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS.

**ZONA 30242002:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività quiescente in una zona con coperture di materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani e/o materiali movimentati, sul substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS.

**ZONA 30242008:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività quiescente in una zona con coperture composte da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sabbie e conglomerati, sul substrato integro ALS.

**ZONA 30242010:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività quiescente in una zona con coperture di materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani, sul substrato alterato (SFALS), sul substrato integro ALS.

**ZONA 30242014:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività quiescente in una zona con coperture composte da materiali movimentati, sul substrato integro ALS.

**ZONA 30242018:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività quiescente in una zona con coperture composte da materiali movimentati, sul substrato integro LP.

**ZONA 30242019:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività quiescente in una zona con coperture composte da materiali movimentati, sul substrato integro LPS con pendenza maggiore di 15°.

**ZONA 30242020:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività quiescente in una zona con coperture composte da materiale di riporto, sul substrato fratturato (SFLPS), sul substrato integro LPS.

**ZONA 30242027:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività quiescente in una zona con coperture composte da materiale movimentato, sul substrato integro LPS.

**ZONA 30242028:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività quiescente in una zona con coperture composte da materiale movimentato, sul substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS. Pendenza maggiore di 15°.

**ZONA 30242099:** si tratta di instabilità di versante a movimento complesso e stato di attività quiescente in una zona con la presenza di substrato alterato di varia natura e/o materiali movimentati, sul substrato integro di varia natura.

**ZONA 30502001:** si tratta di instabilità per possibile liquefazione in una zona con coperture composte da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali; sabbie e conglomerati e/o movimentati, sul substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS.

**ZONA 30502008:** si tratta di instabilità per possibile liquefazione in una zona con coperture composte da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sabbie e conglomerati, sul substrato integro ALS.

**ZONA 30502015:** si tratta di instabilità per possibile liquefazione in una zona con coperture composte da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sul substrato integro LP.

**ZONA 30502016:** si tratta di instabilità per possibile liquefazione in una zona con coperture composte da terreni di riporto, su ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sul substrato alterato (SFLPS), sul substrato integro LPS.

**ZONA 30502021:** si tratta di instabilità per possibile liquefazione in una zona con coperture composte da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, sul substrato alterato (SFLPS), che giacciono sul substrato integro composto da LPS.

## **6.5 Valutazione della qualità della cartografia**

Al fine di valutare la qualità della cartografia è stata elaborata dal gruppo di lavoro MS una procedura semi quantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1. La procedura consiste nella realizzazione di una griglia con maglia quadrata di lato 250 m orientate N-S ed E-O, che viene applicata sopra la carta delle indagini e per ogni quadrato della maglia vengono considerati il numero dei sondaggi a distruzione, dei sondaggi a carotaggio continuo, delle prove geotecniche in situ e delle misure di frequenza presenti. In funzione del numero delle prove, della percentuale di celle occupate, del numero di prove che raggiungono il substrato per le prove geotecniche e della classe di affidabilità delle misura di frequenza viene affidato un punteggio, determinabile dalla tabella seguente.

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l’attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	25.000-11.000	> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo <i>et alii</i> )*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

\* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Lunedei, E. Paolucci, D.Pileggi, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll.Geofis.Teor.Appl.

Il punteggio viene affidato anche alla carta geologico-tecnica in funzione dell’anno di rilevamento, del progetto e della scala di rilevamento. La percentuale che determina la successiva classe di affidabilità viene calcolata in funzione della formula che segue.

$$FQ = \left[ \frac{100}{\sum_{i=1}^I P_i} \right] \sum_{i=1}^I P_i \left( \sum_{j=1}^{J_i} \frac{S_{ij}}{J_i} \right) = \left[ \frac{100}{4} \right] \sum_{i=1}^I P_i \left( \sum_{j=1}^{J_i} \frac{S_{ij}}{J_i} \right)$$

In base alla percentuale così ottenuta vengono suddivise le seguenti categorie che indicano anche una successiva istruzione per migliorare la qualità della carta:

- Classe A, valori superiori al 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 al 25%; indicazioni: la carta di livello 1 è di scarsa qualità a non risponde ai requisiti minimi richiesti dagli ICMS e dalle suddette specifiche.

Nel caso specifico vengono di seguito riportati i risultati di classe di affidabilità ottenuti per il Capoluogo e le varie frazioni.

**-CASCINE DEL RICCIO:** percentuale ottenuta 50.68 %; **Classe B**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.00
Sond. Car. Cont.	0.33
Ind. Geofisiche	0.22
Altre prove	0.00
Frequenze di sito	0.49
<b>FQ</b>	<b>50.68</b>

**-POZZOLATICO:** percentuale ottenuta 47.95 %; **Classe C**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.00
Sond. Car. Cont.	0.22
Ind. Geofisiche	0.22
Altre prove	0.00
Frequenze di sito	0.49
<b>FQ</b>	<b>47.95</b>

**-SAN GIORSOLE':** percentuale ottenuta 46.61 %; **Classe C**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.00
Sond. Car. Cont.	0.00
Ind. Geofisiche	0.22
Altre prove	0.16
Frequenze di sito	0.49

**FQ** 46.61

**-L'UGOLINO:** percentuale ottenuta 42.51 %; **Classe C**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.00
Sond. Car. Cont.	0.00
Ind. Geofisiche	0.22
Altre prove	0.00
Frequenze di sito	0.49

**FQ** 42.51

**-FALCIANI:** percentuale ottenuta 58.20 %; **Classe B**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.00
Sond. Car. Cont.	0.44
Ind. Geofisiche	0.33
Altre prove	0.00
Frequenze di sito	0.57

**FQ** 58.20

**-TAVARNUZZE, BOTTAI E BAGNOLO-CANTAGALLO:** percentuale ottenuta 78.17 %; **Classe A**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.16
Sond. Car. Cont.	0.88
Ind. Geofisiche	0.38
Altre prove	0.05
Frequenze di sito	0.66

**FQ** 78.17

**-IMPRUNETA:** percentuale ottenuta 76.81 %; **Classe A**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.16
Sond. Car. Cont.	0.88
Ind. Geofisiche	0.38
Altre prove	0.00
Frequenze di sito	0.66

**FQ** 76.81

70

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
<b>A</b>	<b>≥ 75%</b>	Carta di livello 1 di ottima qualità
<b>B</b>	<b>50%-74%</b>	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
<b>C</b>	<b>25%-49%</b>	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
<b>D</b>	<b>≤ 25%</b>	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana

Le percentuali sono tutte sopra al minimo richiesto del 25 % perché la carta delle Microzone Omogene in Prospettiva Sismica rispetti i requisiti per questo livello di approfondimento.

Inoltre tali percentuali rispecchiano chiaramente quella che è la distribuzione di indagini e di conoscenza nelle aree studiate.

In fase di terzo livello sarebbe utile eseguire sondaggi e attrezzarli a down-hole, oltre che ad ulteriori prove penetrometriche con piezocono per la verifica della liquefazione.

## 6.6 Carta di Microzonazione Sismica

La carta di microzonazione sismica è stata redatta seguendo le specifiche tecniche riportate negli ICMS2008 e successive modificazioni e gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.1.

71

Appare chiaro come il riattivarsi di fenomeni franosi e la problematica della liquefazione possano essere tra i principali problemi dovuti ad un eventuale sisma oltre chiaramente alle amplificazioni di tipo stratigrafico.

Per quanto riguarda invece le amplificazioni litostratigrafiche e quindi per il calcolo dei coefficienti di amplificazione FH0105, FH0510 sono stati usati gli abachi proposti dalla Regione Toscana ed in particolare i "Toscana Interna":

### Toscana interna (substrato geologico > 30 m)

Valore di  $a_g$  (TR=475 anni)  $\geq 0.125g$



0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	$\geq 8$	75° perc.
<200	1.0	1.3	2.0							1.2
300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.4
500	1.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.4
700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
$\geq 800$	1.0	1.0	1.0					1.2	1.1	1.0

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	$\geq 8$	75° perc.
<200	1.8	2.2	2.3							2.1
300	1.4	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.6	1.6	1.8	1.8
500	1.2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5
700	1.1	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2
$\geq 800$	1.1	1.2	1.2					1.0	1.0	1.1

Popolosità celle

Vs30 (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	$\geq 8$
<200	118	63	1						
300	1436	1358	498	159	57	7	9	19	90
500	1077	654	528	309	146	139	55	49	347
700	278	145	75	43	28	20	11	21	142
$\geq 800$	78	61	15					1	13

Classi	
frequenza (Hz)	$f_0 < 1$
	1.5   $1 \leq f_0 < 2$
	2.5   $2 \leq f_0 < 3$
	3.5   $3 \leq f_0 < 4$
	4.5   $4 \leq f_0 < 5$
	5.5   $5 \leq f_0 < 6$
	6.5   $6 \leq f_0 < 7$
7.5   $7 \leq f_0 < 8$	
	$\geq 8$
velocità (m/s)	$V_s < 200$
	300   $200 \leq V_s < 400$
	500   $400 \leq V_s < 600$
	700   $600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$



**Toscana interna (substrato geologico > 30 m)**

Valore di ag (TR=475 anni) < 0.125g



0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.4	1.3							1.2
300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.4
500	1.1	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4
700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
≥800	1.0	1.0	1.0						1.1	1.0

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.8	2.3	2.4							2.2
300	1.4	2.0	1.9	1.7	1.6	1.7	1.5	1.6	1.8	1.8
500	1.2	1.7	1.6	1.4	1.5	1.6	1.5	1.5	1.6	1.5
700	1.1	1.3	1.4	1.2	1.1	1.4	1.2	1.2	1.3	1.2
≥800	1.1	1.2	1.2						1.0	1.1

Popolosità celle

Vs30 (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	105	74	3						
300	1338	1325	560	196	70	10	9	20	105
500	1057	606	506	314	163	149	66	48	395
700	268	148	69	47	29	18	9	20	155
≥800	77	63	14						14

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
≥ 8	
velocità (m/s)	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
	Vs≥800

**Toscana interna (substrato geologico ≤ 30 m)**

Valore di ag (TR=475 anni) ≥ 0.125g



0.1 - 0.5 s

VsH (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.9
300	0.7	1.3	1.8	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8
500			1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥800										

0.5 - 1 s

VsH (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.6	2.5	2.1	1.7	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	2.2
300	1.3	2.2	1.9	1.6	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.6
500			1.4	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
700					1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
≥800										

Popolosità celle

VsH (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	10	157	80	34	25	17	13	4	80
300	5	154	470	392	259	203	134	98	560
500			16	55	94	97	94	49	785
700					31	53	61	55	283
≥800									

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
	7.5 7≤f0<8
≥ 8	
velocità (m/s)	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
	Vs≥800

**Toscana interna (substrato geologico ≤ 30 m)**

Valore di ag (TR=475 anni) < 0.125g



0.1 - 0.5 s

VsH (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.1	2.1	1.5	1.8
300	0.6	1.3	1.8	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.6	1.9
500			1.6	1.6	1.6	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥800										

0.5 - 1 s

VsH (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.9	2.6	2.0	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	2.3
300	1.3	2.3	1.9	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.5
500			1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
700					1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
≥800										

Popolosità celle

VsH (m/s)   f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	4	153	84	39	22	17	17	2	82
300	1	115	450	405	272	213	120	103	596
500			9	51	93	102	84	48	803
700					26	53	62	55	287
≥800									

Classi	
frequenza (Hz)	f0<1
	1.5 1≤f0<2
	2.5 2≤f0<3
	3.5 3≤f0<4
	4.5 4≤f0<5
	5.5 5≤f0<6
	6.5 6≤f0<7
7.5 7≤f0<8	
≥ 8	
velocità (m/s)	Vs<200
	300 200≤Vs<400
	500 400≤Vs<600
	700 600≤Vs<800
	Vs≥800

Il coefficiente di amplificazione è stato scelto per ogni microzona in base alla VsH o alla Vs30 e alle misure di rumore H/V e mappato sulle carte di microzonazione sismica.

Alleghiamo di seguito la tabella che riporta la corrispondenza tra le zone MOPS e i relativi coefficienti di amplificazione in funzione della Vs<sub>media</sub> (scelta tra quelle che davano il coefficiente di amplificazione più prudentiale) e della frequenza di sito f0 (scelta tra quelle che davano il coefficiente di amplificazione più prudentiale).

ZONA	AREA	ABACO	HVSR nome	HVSR ID_SPU	f0	MASW nome	MASW ID_SLN	VS30-VSEQ	VS abaco	f0 abaco	FH0105	FA0510
2001	CASCINE	3	HVSR127	P166	5.4	MASW19	L15	412	300	5.5	1,8	1,2
2027	CASCINE	3	nn	nn	nn	nn	nn	nn	700	75perc.	1,2	1
2001	POZZOLATICO	1	HVSR126	P165	3.8	MASW8	L8	649	700	3.5	1,5	1,3
2002	POZZOLATICO	1	HVSR124	P163	8.3	MASW8	L8	649	700	≥8	1,3	1,2
2003	POZZOLATICO	1	HVSR125	P164	3.7	MASW9	L9	649	700	3.5	1,5	1,3
2004	POZZOLATICO	1	HVSR124	P163	8.3	MASW8	L8	649	700	≥8	1,3	1,2
2099	POZZOLATICO	3	HVSR121	P160	5.6	MASW20	L16	435	500	5.5	1,6	1,1
2002	SAN GERSOLE'	3	HVSR121	P160	5.6	MASW20	L16	435	500	5.5	1,6	1,1
2099	SAN GERSOLE'	3	HVSR121	P160	5.6	MASW20	L16	435	500	5.5	1,6	1,1
2001	FALCIANI	4	nn	nn	nn	MASW23	L42	347	300	≥8	1,6	1,1
2002	FALCIANI	4	HVSR55	P94	9.7	nn	nn	nn	500	≥8	1,3	1
2099	FALCIANI	4	HVSR52	P91	12.5	MASW22	L41	503	500	≥8	1,3	1
2008	FALCIANI	4	HVSR90	P129	6.9	MASW23	L42	347	300	6.5	1,8	1,1
2014	FALCIANI	4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	700	75perc.	1,2	1
2015	FALCIANI	4	nn	nn	nn	MASW23	L42	347	300	≥8	1,6	1,1

2002	IMPRUNETA	4	HVSR23	P62	6.4	MASW13	L26	525	500	6.5	1,4	1,1
2005	IMPRUNETA	4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	500	75perc.	1,4	1,1
2010	IMPRUNETA	4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	500	75perc.	1,4	1,1
2011	IMPRUNETA	4	HVSR23	P62	6.4	MASW13	L26	525	500	6.5	1,4	1,1
2012	IMPRUNETA	4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	500	75perc.	1,4	1,1
2017	IMPRUNETA	4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	500	75perc.	1,4	1,1
2020	IMPRUNETA	4	HVSR31	P70	7.3	MASW5	L22	442	500	7.5	1,5	1,1
2022	IMPRUNETA	4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	500	75perc.	1,4	1,1
2025	IMPRUNETA	4	HVSR31	P70	7.3	MASW5	L22	442	500	7.5	1,5	1,1
2026	IMPRUNETA	4	HVSR98	P137	3.3	MASW12	L10	377	300	75perc.	1,9	1,5
2030	IMPRUNETA	4	HVSR26	P65	6.4	MASW13	L26	525	500	6.5	1,4	1,1
2099	IMPRUNETA	4	HVSR26	P65	6.4	MASW13	L26	525	500	6.5	1,4	1,1
2027	IMPRUNETA	4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	700	75perc.	1,2	1
2099	IMPRUNETA	4	nn	nn	nn	MASW14	L40	591	500	75perc.	1,4	1,1
2018	IMPRUNETA	4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	700	75perc.	1,2	1
2024	IMPRUNETA	4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	500	75perc.	1,2	1
2099	IMPRUNETA	4	nn	nn	nn	MASW5	L22	442	500	75perc.	1,4	1,1
2099	IMPRUNETA	4	HVSR151	P190	16.9	MASW10	L24	377	300	≥8	1,6	1,1
2099	IMPRUNETA	4	HVSR153	P192	14.5	MASW3	L20	526	500	75perc.	1,4	1,1
2011	IMPRUNETA	4	HVSR153	P192	14.5	MASW3	L20	526	500	75perc.	1,4	1,1
2010	IMPRUNETA	4	HVSR151	P190	16.9	nn	nn	nn	500	≥8	1,3	1
2099	IMPRUNETA	4	HVSR94	P134	5.8	MASW11	L25	530	500	5.5	1,6	1,1
2024	IMPRUNETA	4	HVSR98	P137	3.3	MASW12	L10	377	300	75perc.	1,9	1,5
2010	IMPRUNETA	4	HVSR103	P142	15	MASW3	L20	526	500	75perc.	1,4	1,1

2001	UGOLINO	3	HVSR119	P158	3.3	MASW21	L17	458	500	3.5	1,7	1,4
2002	UGOLINO	3	nn	nn	nn	nn	nn	nn	500	75perc.	1,4	1,1
2006	UGOLINO	3	HVSR43	P82	5.4	MASW21	L17	458	500	5.5	1,6	1,1
2007	UGOLINO	4	HVSR44	P83	6.4	MASW21	L17	458	500	5.5	1,6	1,1
2008	UGOLINO	3	HVSR43	P82	5.4	MASW21	L17	458	500	5.5	1,6	1,1
2009	UGOLINO	3	HVSR43	P83	5.4	MASW21	L17	458	500	5.5	1,6	1,1
2010	UGOLINO	3	HVSR43	P83	5.4	MASW21	L17	458	500	5.5	1,6	1,1
2013	UGOLINO	3	HVSR119	P158	3.3	MASW21	L17	458	500	3.5	1,7	1,4
2099	UGOLINO	3	HVSR117	P156	8.5	MASW21	L17	458	500	≥8	1,3	1,1
2027	UGOLINO	3	nn	nn	nn	nn	nn	nn	700	75perc.	1,2	1

2001	BOTTAI	3	HVSR130	P169	5.8	MASW17	L13	277	300	5.5	1,8	1,2
2002	BOTTAI	3	HVSR26	P65	6.4	MASW13	L26	525	500	6.5	1,4	1,1
2016	BOTTAI	3	HVSR130	P169	5.8	MASW17	L13	277	300	5.5	1,8	1,2
2099	BOTTAI	3	HVSR131	P171	1.6	MASW20	L16	435	500	75perc.	1,4	1,1

2001	TAVARNUZZE	4	HVSR137	P176	9.8	MASW17	L13	277	300	≥8	1,6	1,1
2001	TAVARNUZZE	4	HVSR143	P182	6	MASW1	L5	287	300	6.5	1,8	1,1
2001	TAVARNUZZE	4	HVSR69	P109	8	MASW1	L5	287	300	≥8	1,6	1,1
2099	TAVARNUZZE	4	HVSR65	P104	1,2	MASW20	L16	435	500	75perc.	1,4	1,1
2027	TAVARNUZZE	4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	700	75perc.	1,2	1
2002	TAVARNUZZE	4	HVSR26	P65	6.4	MASW13	L26	525	500	6.5	1,4	1,1
2099	TAVARNUZZE	4	HVSR84	P123	6.4	MASW25	L19	412	500	75perc.	1,4	1,1
2011	TAVARNUZZE	4	HVSR80	P119	2,9	MASW25	L19	412	500	75perc.	1,4	1,1
2019	TAVARNUZZE	4	nn	nn	nn	nn	nn	nn	700	75perc.	1,2	1
2020	TAVARNUZZE	4	HVSR31	P70	7.3	MASW5	L22	442	500	7.5	1,5	1,1
2025	TAVARNUZZE	4	HVSR31	P70	7.3	MASW5	L22	442	500	7.5	1,5	1,1
2021	TAVARNUZZE	4	HVSR69	P109	8	MASW1	L5	287	300	≥8	1,6	1,1
2028	TAVARNUZZE	4	HVSR80	P119	2,9	MASW25	L19	412	500	75perc.	1,4	1,1

**ABACHI**

1: substrato > 30m e > 0,125 g

2: substrato > 30 m e < 0,125 g

3: substrato < 30m e > 0,125 g

4: substrato < 30 m e < 0,125 g

Sono state quindi redatte 2 carte di Microzonazione Sismica in base ai fattori FH0105 e FH0510.

L'attribuzione dei coefficienti di amplificazione alle microzone sprovviste di un profilo di velocità è stata eseguita in base a similarità litostratigrafiche e geologiche con altre microzone che invece ne erano provviste oppure utilizzando il "paracadute 75°perc."

Per le microzone con più valori di velocità e profondità del substrato la scelta dei fattori di amplificazione è stata condotta in direzione della massima cautela e quindi scelte le combinazioni con i valori più alti.

Inoltre vista l'approssimazione usata (comunque in sicurezza) e nell'eventualità che alcune di tali aree siano reputate di interesse di studio, rimandiamo ad analisi 2D di risposta sismica locale in sede di terzo livello di approfondimento.

## 7. Risultati e Conclusioni

Il progetto di Microzonazione Sismica di Secondo livello del Comune di Impruneta è stato svolto in ottemperanza a:

- Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica, Gruppo di lavoro MS;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3907 del 13 novembre 2010 – Attuazione dell’articolo 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n° 39, convertito con modificazioni dalla legge 24 giugno 2009 n°77.
- Allegato A delle specifiche tecniche regionali per l’elaborazione di indagini e studi di Microzonazione Sismica;
- 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 – versione 4.1;
- “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica dell’analisi della CLE (v3.1)”,
- “Manuale per l’analisi della Condizione Limite per l’Emergenza (CLE) dell’insediamento urbano”,
- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC). Versione 1.0”,
- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Versione 1.0”,
- “Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ). Versione 1.0”.

Per quanto attiene ai contenuti dello studio si è fatto riferimento agli elaborati geologici e geomorfologici della Regione e dell’Autorità di Bacino Appennino Settentrionale. In particolare sono state esaminate e revisionate, anche alla luce del CARG, le carte geologiche e geomorfologiche, nonché utilizzati i dati di base come sondaggi e indagini sismiche per la ricostruzione del modello di sottosuolo. Inoltre sono state raccolte tutte le stratigrafie desunte dalla perforazione dei pozzi censiti nell’archivio dell’ISPRA, reputate utili ai fini dello studio.

Le prove, l’ubicazione di esse e i parametri geotecnici estrapolati sono stati raccolti in un database seguendo gli standard di archiviazione informatica versione. Tutte le prove sono state riportate su base topografica dando origine alla Carta delle indagini.

Le sezioni geologiche sono state tracciate in corrispondenza delle principali strutture geologiche e in modo che rappresentassero in maniera organica il sottosuolo delle aree studiate; inoltre sono state redatte con l'ausilio della cartografia geologico-tecnica e dei dati di base disponibili in prossimità delle medesime.

Attraverso quest'ultime, i dati di base sintetizzati nella Carta delle Indagini e mediante correlazioni di natura geologico-stratigrafica, è stato possibile ricostruire il modello del sottosuolo sia per il Capoluogo che per alcune frazioni. Per quanto riguarda le indagini maggiore importanza è stata attribuita a quelle dirette, mentre sono state considerate meno attendibili le stratigrafie desunte dalla perforazione di pozzi.

Come previsto nel piano di lavoro impostato con il Comune di Impruneta è stata eseguita una campagna di misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSr) raccogliendo 160 nuove acquisizioni.

Tutte le prove sono state riportate nella "Carta delle frequenze fondamentali dei depositi" classificandole in base alla frequenza fondamentale  $f_0$  e al massimo della funzione H/V. Attraverso le carte di base suddette sono state redatte sia la "Carta geologico-tecnica" che la "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica" (M.O.P.S.).

Nel caso specifico sono state identificate:

- **31 zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:** riguardano situazioni nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale.
- **Le zone di attenzione per instabilità** cartografate nell'area oggetto di studio sono riferibili a fenomeni di instabilità gravitativa e per possibile liquefazione.

Per quanto concerne le zone suscettibili di liquefazione di Tipo 1 ( $ZA_{LQ1}$ ) possono esistere le 4 condizioni predisponenti:

1. Terreni sabbiosi;
2. Falda a profondità inferiore a 15 m;
3. Magnitudo attesa al sito  $M_w > 5$ ;
4. Accelerazioni massime in superficie ( $pga > 0,1g$ ).

Nel presente studio sono state inoltre valutate le percentuali di qualità delle carte secondo una procedura semi quantitativa e descritta nel paragrafo 6.5. Tale procedura prevede la valutazione del numero delle indagini, la loro densità in base ad un reticolato di celle di 250 m di lato e la loro affidabilità.

Infine nella Carta di Microzonazione Sismica sono stati valutati i coefficienti di amplificazione stratigrafica derivanti dall'incrocio della velocità delle onde S nei primi 30 metri di sottosuolo o della  $V_{sh}$  se il substrato è meno profondo di 30 metri, e il relativo picco derivante dalle misure di rumore H/V.

In fase di predisposizione del Livello 3 di Microzonazione Sismica, si propone il seguente piano di indagini integrativo:

- esecuzione di prove CPTu per la valutazione e il calcolo dell'indice di potenziale liquefazione in maniera estesa e accurata nei fondovalle;
- indagini geognostiche con prelievo di campioni, analisi di laboratorio e prove down-hole per la verifica diretta delle velocità delle onde P e S tra copertura e substrato;
- esecuzione di prove S-CPTu nella piana per la valutazione e il calcolo dell'indice di potenziale liquefazione e la verifica diretta delle velocità delle onde S.

Il piano integrativo di indagini consentirebbe di ampliare il quadro conoscitivo attuale e di validare il modello di sottosuolo redatto in questa fase, utile per gli studi successivi.

## 8. Bibliografia

- Bartoloni C., Bernini M., Carloni G.C., Castaldini P., Costantini A., Federici P.R., Francavilla F., Gasperi G., Lazzaretto G., Mozzanti A., Papani G., Pranzini G., Rau A., Sandrelli P. & Vercesi P.L., 1982 – Carta Neotettonica dell'Appennino Settentrionale. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 101: 523-549.
- Biondi G. & Maugeri M. – A modified Newmark type-analysis according to EC-8 requirements for seismic stability analysis of natural slope. *University of Catania Italy.*
- Boccaletti M., Coli M., Eva C., Ferrari G., Giglia G., Lazzaretto A., Merlanti F., Nicolich R., Papani G. & Postpischl D., (1985) – Considerations on the seismotectonics of the Northern Apennines. *Tectonophysics*; 117, 7–38.
- Boccaletti M., Cerrina Feroni A., Martinelli P., Moratti G., Plesi G. & Sani F. (1991) – L'alternanza distensione-compressione nel quadro evolutivo dei bacini neogenici dell'Appennino Settentrionale. *Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. 1991/1*, 187-192.
- Boncio P. & Lavecchia G. (2001) – Interpretazioni controverse del profilo CROP03: stato dell'arte e considerazioni per un'ipotesi alternativa. In: A. Brogi, M. Ghinassi, Lazzaretto L., Lotta D. (eds.). *Studi per l'interpretazione del profilo sismico Crop18, stato di avanzamento. Atti della riunione scientifica, Siena, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra*, 75-80.
- Brozzetti F., Boncio P. & Lavecchia G. (2001) – Una nuova interpretazione del profilo CROP03 nel tratto Castiglion Fiorentino-M. Castellaccio: vincoli da dati geologici di superficie di recente acquisizione. In: A. Brogi,
- Cioppi E. (1995). *18 maggio 1895: Storia di un terremoto fiorentino. Osservatorio Ximeniano, Firenze 1995*, 306 pp.
- M. Ghinassi, Lazzaretto L., Lotta D. (eds.). *Studi per l'interpretazione del profilo sismico Crop18, stato di avanzamento. Atti della riunione scientifica, Siena, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra*, 81-88.
- Brune, J.N. 1970. *Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes. Journal of Geophysical Research*, Vol. 75, N. 26, pp. 4997-5009.
- Cattuto C., Concetti C., Fisauli M., Gregari L. (1995) – I bacini pleistocenici di Anghiari e Sansepolcro nell'alta valle del Tevere. *Il Quaternario* 8, 119-128.
- Collettini C., Barchi M., Paeselli C., Federico C. and Piali G., 2000, *Seismic expression of active extensional fault in northern Umbria (Central Italy). Journal of Geodynamics* 29 (2000): 309-321.

Giovannozzi G., Vinassa De Regny P. E., Pimpinelli V. (1895). Nota preliminare sui terremoti fiorentini del 1895. *Processi Verbali Soc. Tosc. di Scienze Naturali*, Pisa, 7 luglio 1895.

Guidoboni E. e G. Ferrari (1995). *Historical cities and earthquakes: Florence during the last nine centuries and evaluations of seismic hazard*.

*Annali di Geofisica*, vol. 38, n.5-6, pp. 617-647.

Gruppo di lavoro MS, 2008 - *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica - Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della Protezione civile Roma*, 3 vol. e cd-rom.

Grünthal G, ed. (1998). *European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98)*. European Seismological Commission, subcommission on Engineering Seismology, working Group Macroseismic Scales. Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15, Luxembourg.

Martini I.P., Sagri M. (1993) – *Tectono – Sedimentary characteristics of Late Miocene – Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy*. *Earth Science Reviews*, 34, 197 – 233.

Matini P., Sagri M., Coltella A. (2001) – *Neogene-Quaternary basin of the inner Apennine and Calabrian arc*. In.

G.B. Vai and I.P. Martini (eds.), "Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent mediterranean basin". *Kluwer Accad. Pubbl. London*, 375-400.

McGuire R.K. 2001. *Deterministic vs. probabilistic earthquake hazards and risks*. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21, 377-384.

Newmark N.M. 1965. *Effects of earthquakes on dams and embankments*. *Géotechnique*, 15, 139-160

Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) - *Tyrrhenian basin and Apenninic arc: kinematic relation since Late Tortonian time*. *Memorie Società Geologica Italiana* 45, 425-451.

Principi G. e Treves B. (1984) – *Interpretazione attualistica del Sistema Corso-Appenninico. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennino*. *Memorie Società Geologica Italiana*; 28, 549-576. Valensise G. and Pantosti D., (Eds.), 2001 – *Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy*.

SGA [ed] (2007). *Viaggio nelle aree sismiche: Liguria basso Piemonte, Toscana, Emilia Romagna, coste e Appennino, dal I secolo a.C. al 2000*.

*Guida monografica a cura della società SGA (Storia Geofisica Ambiente) Bologna*, 496 pp.

Vannucci G., P. Gasperini and M. Boccaletti (2004). *Database e Carta della zonazione sismica dell'area urbana di Firenze: Valutazione del rischio per i beni artistici e culturali*. CNR-Progetto Finalizzato "Beni culturali", Sottoprogetto 1, Tema 1.2, Linea 1.2.3.

**Siti web consultati:**

<http://diss.rm.ingv.it/diss/KML-HTMLoptions.html> Mappa sismogenetica aggiornata;

<http://esse1-gis.mi.ingv.it/> Pericolosità sismica e disaggregazione;

<http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet> Database terremoti;

[www.regionetoscana.it](http://www.regionetoscana.it) Regione Toscana;

<http://www.ingv.it/it/> Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia;

<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>;

<http://diss.rm.ingv.it/diss/>.

Poggibonsi, 08.11.2019