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 Capannori



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Toscana	Geologica Toscana GEOLOGICA TOSCANA Collaboratore: Dott. Geol. Aurora Martini	28.08.2020

INDICE

1. INTRODUZIONE 2

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO 4

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA 23

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI 28

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO 30

5.1 UNITÀ TETTONICHE APPENNINICHE 31
5.2 TETTONICA DELL'AREA 32
5.3 SITUAZIONE ATTUALE 35

6. ELABORATI CARTOGRAFICI 35

6.1 CARTA DELLE INDAGINI 35
6.2 CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI 36
6.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA 37
6.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) 42
6.5 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTOGRAFIA 63
6.6 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA 67

7. RISULTATI E CONCLUSIONI 71

8. BIBLIOGRAFIA 73

Viale Marconi, 106 – 53036 Poggibonsi (SI) Tel. 0577 935891 *e- mail: info@geologicatoscana.eu - www.geologicatoscana.eu*

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 Capannori ha aderito al progetto di Microzonazione e a tal fine, sono state individuate delle aree su cui concentrare gli studi, rappresentate dal Capoluogo a gran parte della piana e di tutti i centri maggiori abitati distribuiti sia sulle pendici del Monte Serra che sulle pendici dell'Appennino.

Il territorio comunale è stato investigato dal punto di vista sismico in occasione del rifacimento del Piano Strutturale Comunale nel 2015, producendo le carte necessarie all'approvazione ai sensi del 53/R.

A tali indagini si sono poi aggiunte nuove indagini sismiche effettuate dalla Geologica Toscana S.n.c. (sismica attiva, passiva e indagini geognostiche) 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 e della carta geomorfologica di Piano Strutturale sia per quanto riguarda i depositi superficiali sia per le instabilità di versante.

La base topografica utilizzata per la redazione degli elaborati cartografici è la CTR in scala 1:10.000 così come fornitaci dall'Ufficio SIT del Comune di Capannori.

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).

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 (3.1)",

- "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

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 Capannori è censito interamente tra le aree a sismicità 3.

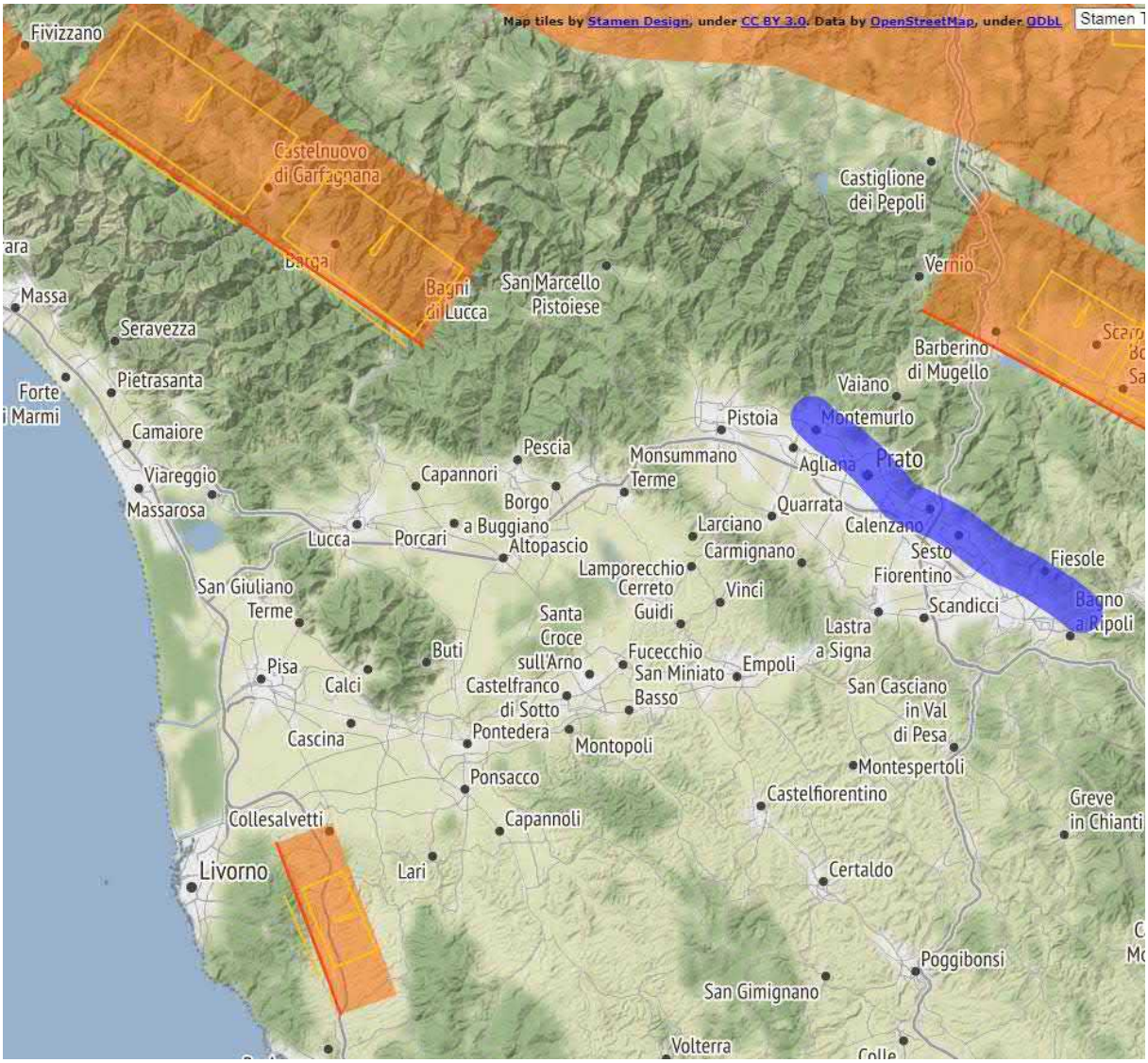
Tuttavia il territorio è suddiviso in tre fasce sismiche denominate A, B e C ad accelerazione decrescente 0,150 < A < 0,175 ag/g, 0,125 < B < 0,150 ag/g e 0,100< C < 0,125 ag/g,

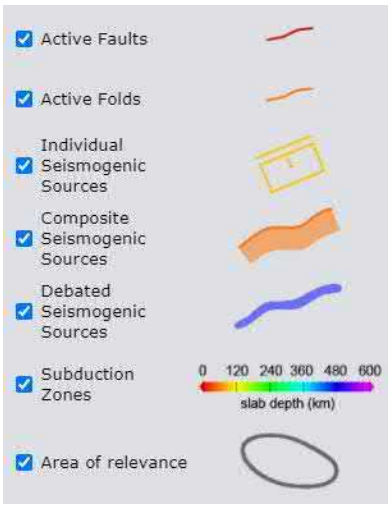
L’accelerazione, considerata al suolo su bedrock rigido categoria di sottosuolo “A”, si intende quella con la probabilità di superamento del 10% in 50 anni, pari a tempi di ritorno di 475 anni.

In linea con i meccanismi sismogenetici dell’appennino settentrionale tale accelerazione assume, sul territorio del Comune di Capannori, valori via via crescenti spostandosi in direzione Nord, 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 Sud-Est verso Nord-Ovest.

In particolare sono da mettere in luce tre importanti sistemi fessurativi *“Individual Seismogenic Sources” e due “Composite Seismogenic Sources”*, che prendono il nome di *ITIS050, ITIS051, Garfagnana North e South compresi nell’ ITCS083: Garfagnana e ITIS0866 Orciano Pisano compreso nell’ITCS088 LivornoHills.*


Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL.
Fivizzano
Castelnuovo di Garfagnana
Barga
Bagni di Lucca
San Marcello Pistoiese
Castiglione dei Pepoli
Vernio
Massa
Seravezza
Pietrasanta
Forte dei Marmi
Camaiore
Viareggio
Massarosa
Lucca
Porcari
Capannori
Pescia
Borgo a Buggiano
Altopascio
Monsummano Terme
Pistoia
Vaiano
Barberino di Mugello
Montemurlo
Agliana
Prato
Quarrata
Larciano
Carmignano
Lamporecchio
Cerreto Guidi
Vinci
Calenzano
Sesto Fiorentino
Fiesole
Scandicci
Bagno a Ripoli
Lastra a Signa
San Giuliano Terme
Santa Croce sull'Arno
Buti
Pisa
Calci
Castelfranco di Sotto
Fucecchio
San Miniato
Empoli
Basso
San Casciano in Val di Pesa
Cascina
Pontedera
Montopoli
Montespertoli
Ponsacco
Castelfiorentino
Greve in Chianti
Collesalvetti
Capannoli
Livorno
Lari
Certaldo
Poggibonsi
San Gimignano
Volterra


Active Faults
Active Folds
Individual Seismogenic Sources
Composite Seismogenic Sources
Debated Seismogenic Sources
Subduction Zones
0 120 240 360 480 600
slab depth (km)
Area of relevance

General Information

DISS-ID	ITCS083
Name	Garfagnana
Compiler(s)	Burrato P.(1), Valensise G.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(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	08-Jan-2005
Updated	14-May-2010
Display map ...	 
Related sources	ITIS050 ITIS051

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Max depth [km]	10.0	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Strike [deg] min... max	300...310	OD	Based on geological data.
Dip [deg] min... max	30...45	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.4	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

General Information

DISS-ID	ITIS050
Name	Garfagnana North
Compiler(s)	Vannucci G.(1), Valensise G.(2)
Contributor(s)	Vannucci G.(1), Valensise G.(2)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Bologna; Via Donato Creti, 12, 40128 Bologna, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	31-Oct-2001
Updated	31-Oct-2001
Display map ...	
Related sources	ITCS083

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	44.18 / 10.32	LD	Primarily based on the location of the associated historical earthquake.
Length [km]	18.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Width [km]	11.3	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Max depth [km]	8.3	AR	Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	305	OD	Based on geological and geomorphological data.
Dip [deg]	40	OD	Based on geological and geomorphological data.
Rake [deg]	270	EJ	Inferred from geological data.
Slip Per Event [m]	0.79	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	790...7900	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.4	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement;

General Information

DISS-ID	ITIS051
Name	Garfagnana South
Compiler(s)	Vannucci G.(1), Valensise G.(2)
Contributor(s)	Vannucci G.(1), Valensise G.(2)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Bologna; Via Donato Creti, 12, 40128 Bologna, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	31-Oct-2001
Updated	31-Oct-2001
Display map ...	
Related sources	ITCS083

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	44.07 / 10.52	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Length [km]	15.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Width [km]	10.0	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Max depth [km]	7.4	AR	Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	307	OD	Based on geological and geomorphological data.
Dip [deg]	40	OD	Based on geological and geomorphological data.
Rake [deg]	270	EJ	Inferred from geological data.
Slip Per Event [m]	0.38	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	380...3800	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.1	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship;EJ=Expert Judgement;

General Information

DISS-ID	ITCS088
Name	Livorno Hills
Compiler(s)	Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Fracassi U.(1), Vannoli P.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	11-May-2010
Updated	11-May-2010
Display map ...	 
Related sources	ITIS066

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	EJ	Inferred from geological and macroseismic observations.
Max depth [km]	7.0	EJ	Inferred from geological and macroseismic observations.
Strike [deg] min... max	330...350	EJ	Inferred from geological observations.
Dip [deg] min... max	40...60	EJ	Inferred from geological observations.
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from geological observations.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	5.7	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

General Information

DISS-ID	ITIS066
Name	Orciano Pisano
Compiler(s)	Vannoli P.(1)
Contributor(s)	Vannoli P.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Nov-2005
Updated	08-Nov-2005
Display map ...	
Related sources	ITCS088

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Location [Lat/Lon]	43.52 / 10.49	OD	Based on macroseismic and geological data.
Length [km]	7.9	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Width [km]	6.4	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	2.0	EJ	Inferred from geological observations.
Max depth [km]	6.9	EJ	Inferred from geological observations.
Strike [deg]	337	EJ	Inferred from geological data.
Dip [deg]	50	EJ	Inferred from geological data.
Rake [deg]	270	EJ	Inferred from geological data.
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]	5.7	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI04.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement;

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 composita 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 composita 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.

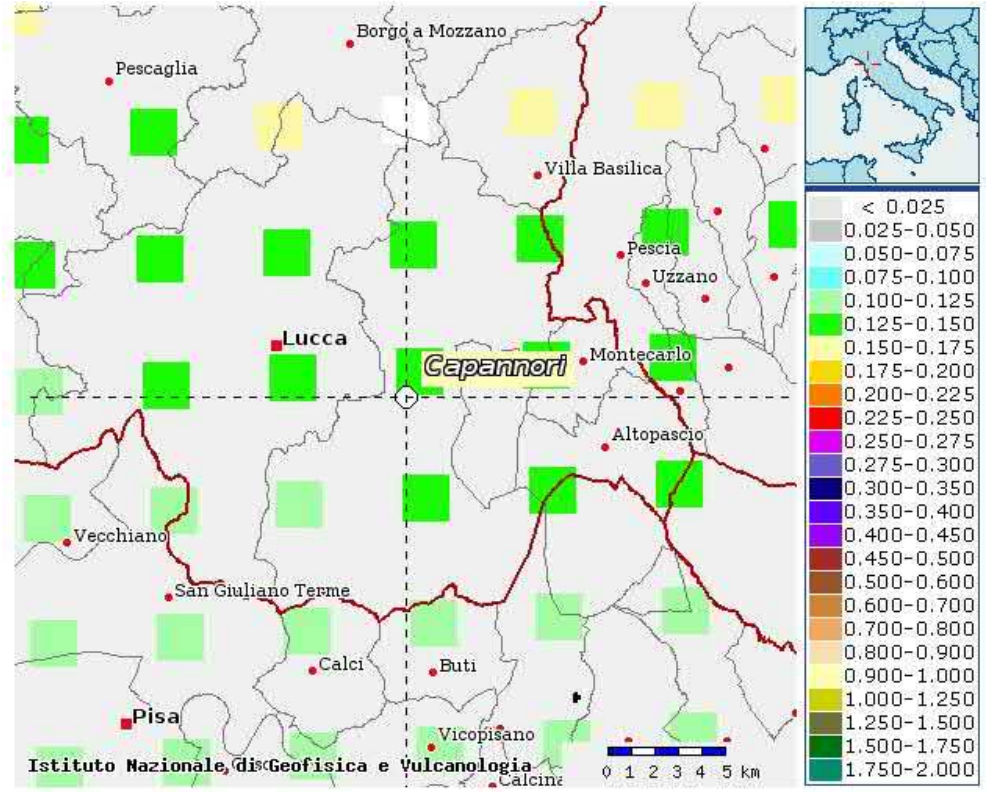
A differenza delle fonti sismogenetiche individuali, questa categoria di sorgenti è stata concepita per raggiungere la completezza delle registrazioni delle potenziali fonti di terremoto, anche se questo può comportare una precisione minore nella loro descrizione.

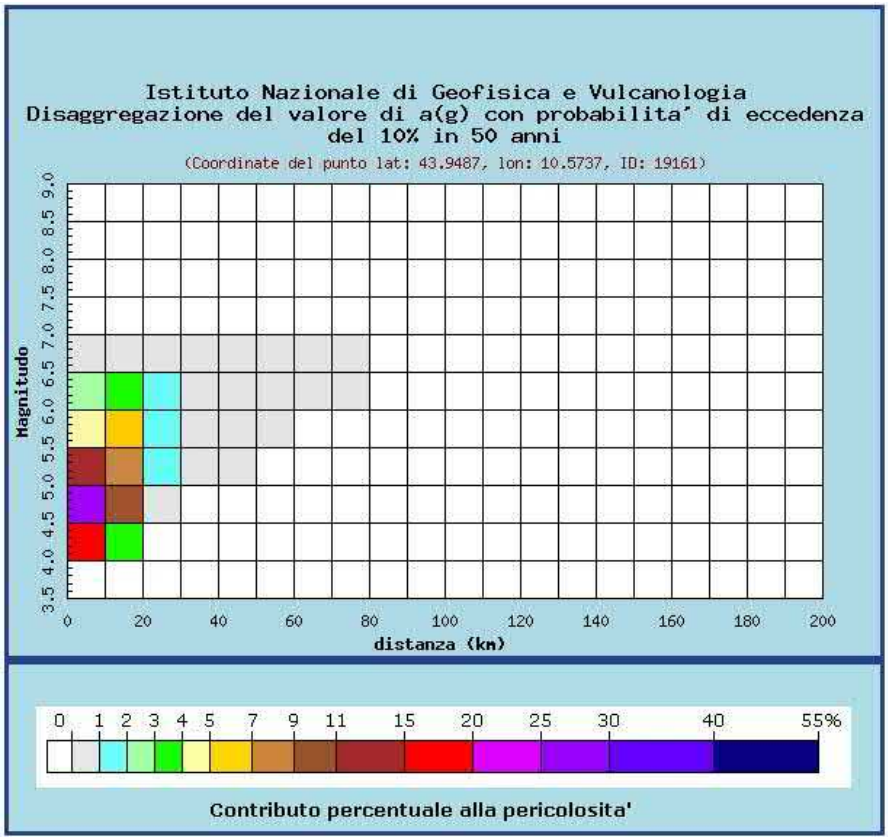
Dai dati di disaggregazione di a(g) delle mappe di pericolosità sismica dell'INGV possiamo valutare quale sia la magnitudo e la distanza epicentrale più probabile con tempi di ritorno di circa 475 anni (10% di superamento in 50 anni) attesi per il Comune di Capannori.

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 NTC2018, 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.

Punto1:



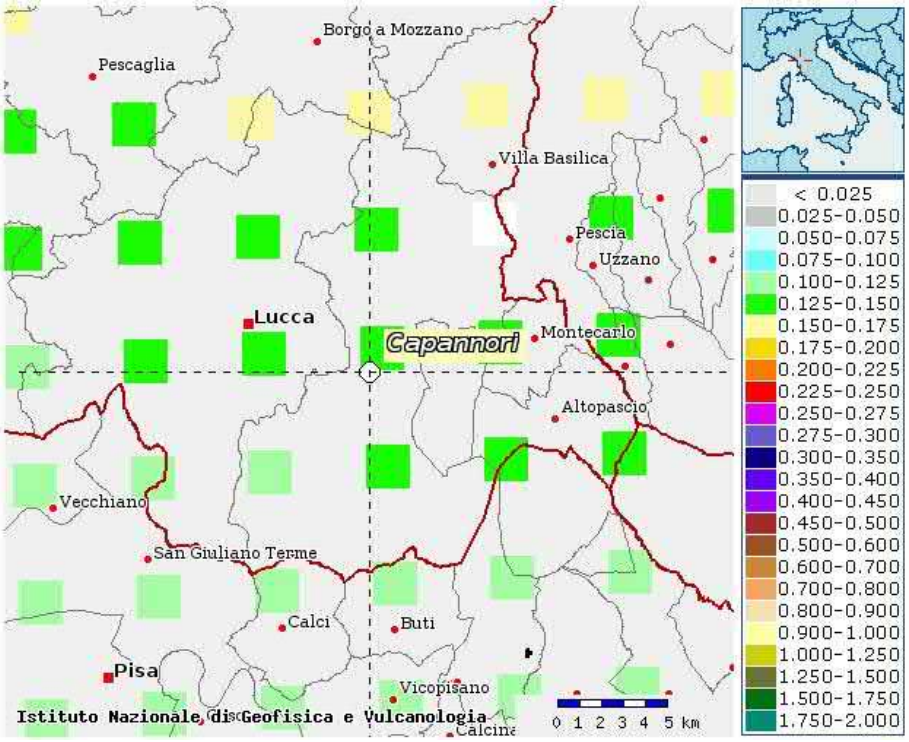


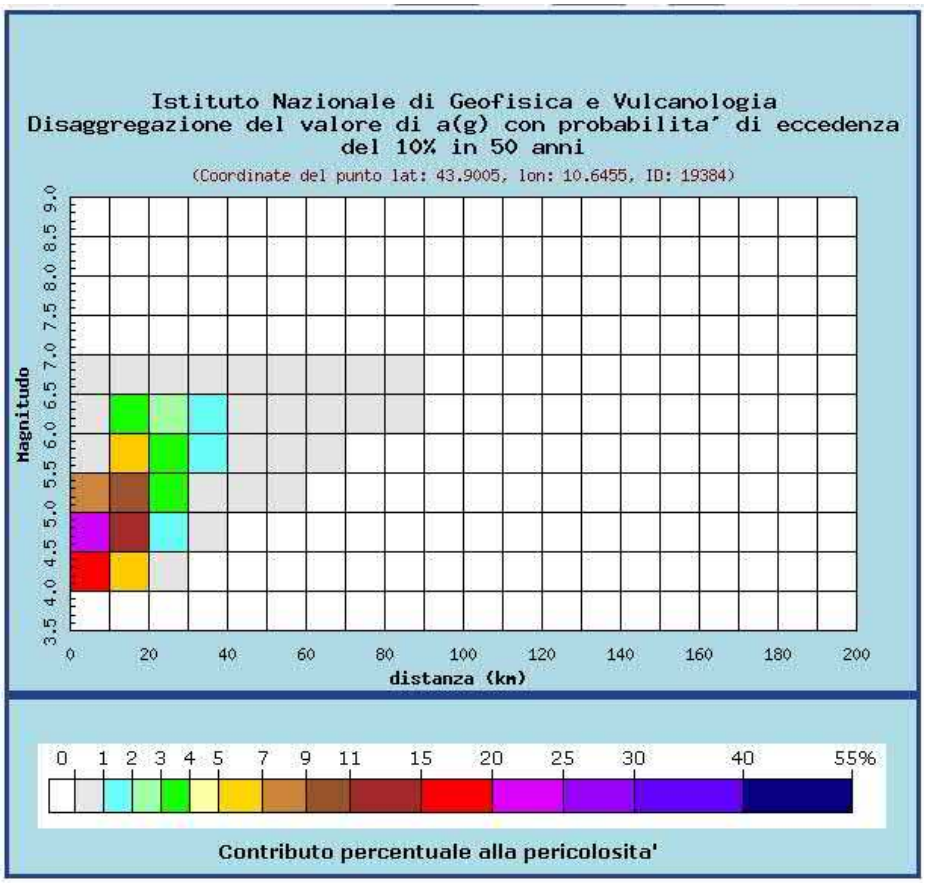
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.9487, lon: 10.5737, ID: 19161)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.900	25.900	12.800	4.590	2.000	0.217	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.100	9.320	8.720	5.770	3.560	0.478	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.428	1.620	1.880	1.710	0.286	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.142	0.515	0.585	0.115	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.003	0.092	0.160	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.042	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	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
5.060	9.980	1.150

Magnitudo media 5,06 con distanza epicentrale di 9,98 km

Punto2:


Borgo a Mozzano
Pescaglia
Villa Basilica
Pescia
Uzzano
Lucca
Capannori
Montecarlo
Altopascio
Vecchiano
San Giuliano Terme
Calci
Buti
Pisa
Vicopisano
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
0 1 2 3 4 5 km
< 0.025
0.025-0.050
0.050-0.075
0.075-0.100
0.100-0.125
0.125-0.150
0.150-0.175
0.175-0.200
0.200-0.225
0.225-0.250
0.250-0.275
0.275-0.300
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
0.700-0.800
0.800-0.900
0.900-1.000
1.000-1.250
1.250-1.500
1.500-1.750
1.750-2.000

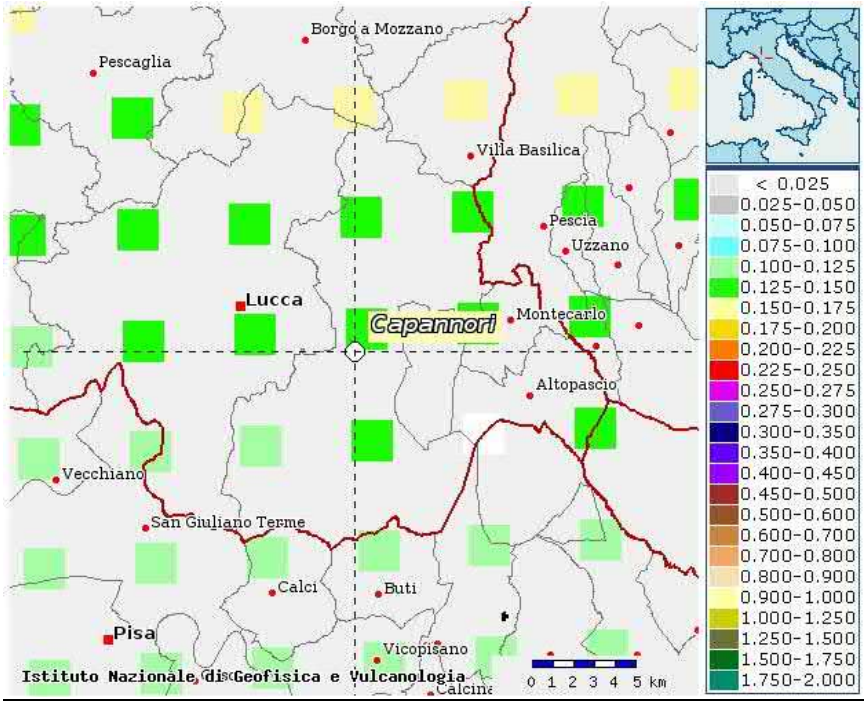

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto lat: 43.9005, lon: 10.6455, ID: 19384)
Magnitudo
3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200
distanza (km)
0 1 2 3 4 5 7 9 11 15 20 25 30 40 55%
Contributo percentuale alla pericolosita'

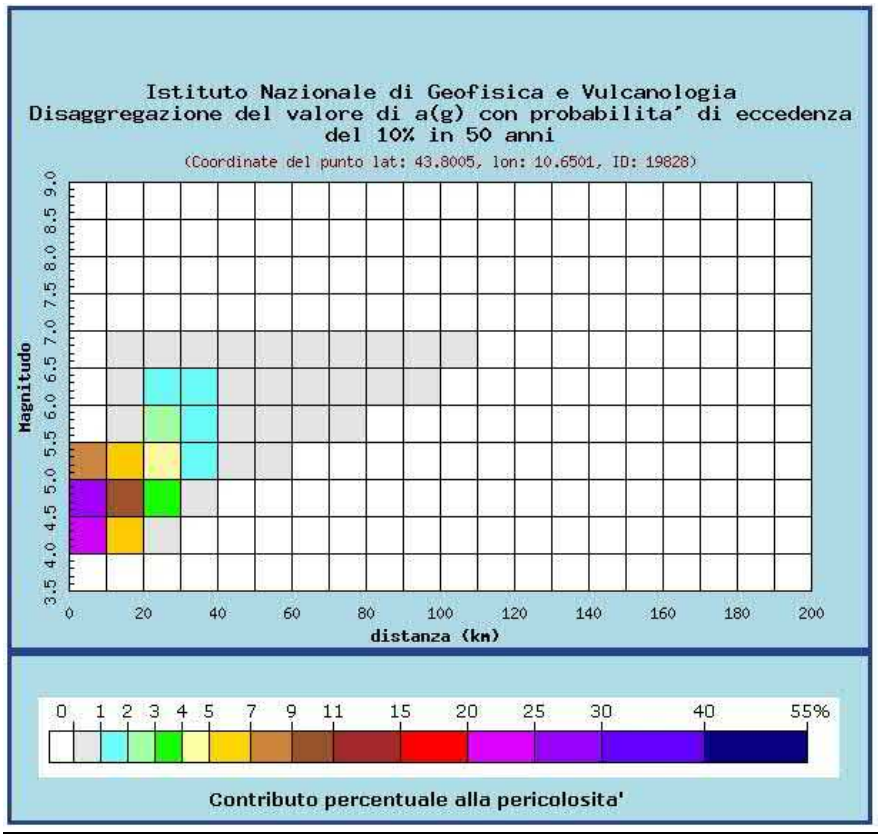
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.9005, lon: 10.6455, ID: 19384)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	16.800	21.900	7.440	0.579	0.257	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.260	13.100	10.400	5.700	3.290	0.424	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.091	1.630	3.250	3.010	2.410	0.378	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.010	0.610	1.140	1.090	0.199	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.045	0.312	0.333	0.071	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.054	0.118	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.038	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	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
5.010	12.000	1.170

Magnitudo media 5,01 con distanza epicentrale di 12 km

Punto 3:


Borgo a Mozzano
Pescaglia
Villa Basilica
Pescia
Uzzano
Lucca
Capannori
Montecarlo
Altopascio
Vecchiano
San Giuliano Terme
Calci
Buti
Pisa
Vicopisano
Calcina
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
0 1 2 3 4 5 km
< 0.025
0.025-0.050
0.050-0.075
0.075-0.100
0.100-0.125
0.125-0.150
0.150-0.175
0.175-0.200
0.200-0.225
0.225-0.250
0.250-0.275
0.275-0.300
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
0.700-0.800
0.800-0.900
0.900-1.000
1.000-1.250
1.250-1.500
1.500-1.750
1.750-2.000

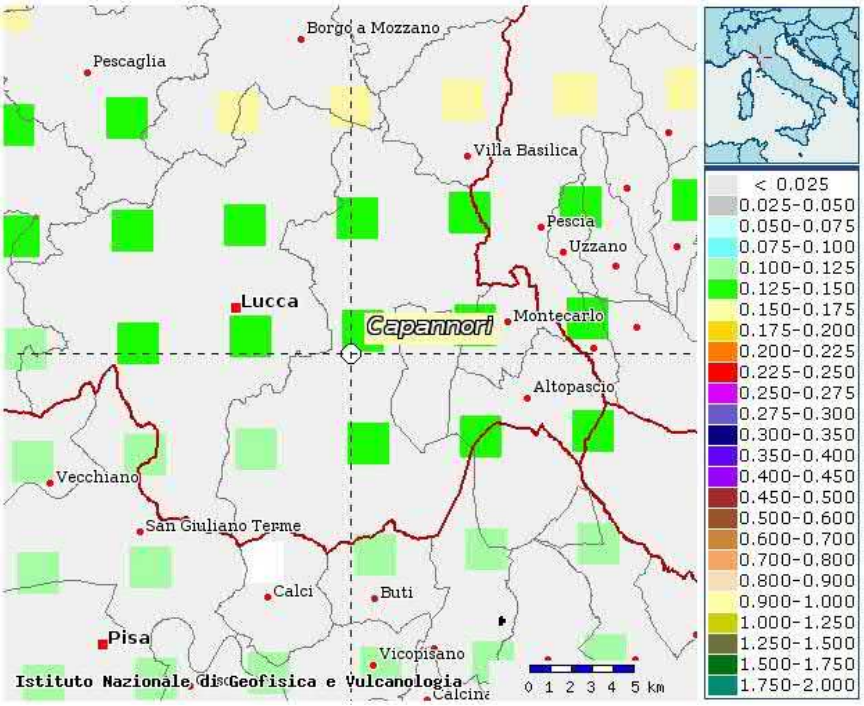

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto lat: 43.8005, lon: 10.6501, ID: 19828)
Magnitudo
3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200
distanza (km)
0 1 2 3 4 5 7 9 11 15 20 25 30 40 55%
Contributo percentuale alla pericolosita'

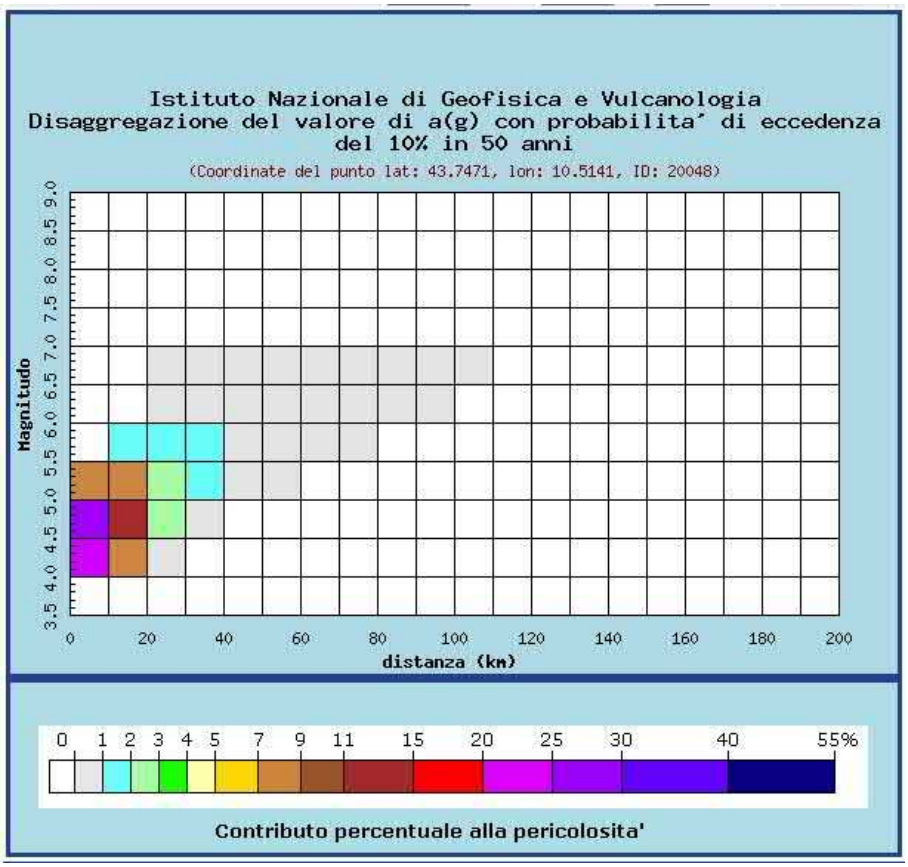
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.8005, lon: 10.6501, ID: 19828)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	22.400	27.400	8.220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.580	10.500	5.560	0.355	0.041	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.432	3.140	4.270	2.930	1.750	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.126	1.290	1.680	1.400	0.245	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.132	0.638	0.744	0.148	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.006	0.160	0.256	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.099	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	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	12.000	1.060

Magnitudo media 4,86 con distanza epicentrale di 12 km

Punto 4:


Borgo a Mozzano
Pescaglia
Villa Basilica
Pescia
Uzzano
Lucca
Capannori
Montecarlo
Altopascio
Vecchiano
San Giuliano Terme
Calci
Buti
Pisa
Vicopisano
Calcina
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
0 1 2 3 4 5 km
< 0.025
0.025-0.050
0.050-0.075
0.075-0.100
0.100-0.125
0.125-0.150
0.150-0.175
0.175-0.200
0.200-0.225
0.225-0.250
0.250-0.275
0.275-0.300
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
0.700-0.800
0.800-0.900
0.900-1.000
1.000-1.250
1.250-1.500
1.500-1.750
1.750-2.000


Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto lat: 43.7471, lon: 10.5141, ID: 20048)
Magnitudo
3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200
distanza (km)
0 1 2 3 4 5 7 9 11 15 20 25 30 40 55%
Contributo percentuale alla pericolosita'

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.7471, lon: 10.5141, ID: 20048)										
	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	22.400	27.100	7.970	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	7.130	13.300	7.040	1.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.545	2.820	2.990	1.240	0.313	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.156	1.100	1.260	0.957	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.147	0.582	0.672	0.132	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.002	0.182	0.350	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.117	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.042	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	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
4.810	11.400	1.030

Magnitudo media 4,81 con distanza epicentrale di 11,40 km

Si nota come la magnitudo attesa sia molto stabile su tutto il territorio comunale e compresa tra 4,81 e 5,06. Le distanza 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 = 6.4 a breve distanza dal Comune di Capannori**.

Si riporta un articolo a cura di Sabrina Mugnos sulla sismicità delle aree vicino Capannori, in particolare Garfagnana e Lunigiana:

*La **Garfagnana** è una regione della provincia di Lucca (Toscana) delimitata dalle Alpi Apuane e dall'Appennino Tosco emiliano, confinante a Nord con la Lunigiana, a Ovest con la Versilia e la provincia di Massa, ad Est con la regione Emilia-Romagna (province di Modena e Reggio Emilia) e a Sud con la Lucchesia. Lambisce, inoltre, la provincia della Spezia, che dal capoluogo Castelnuovo Garfagnana dista un'ottantina di km.*

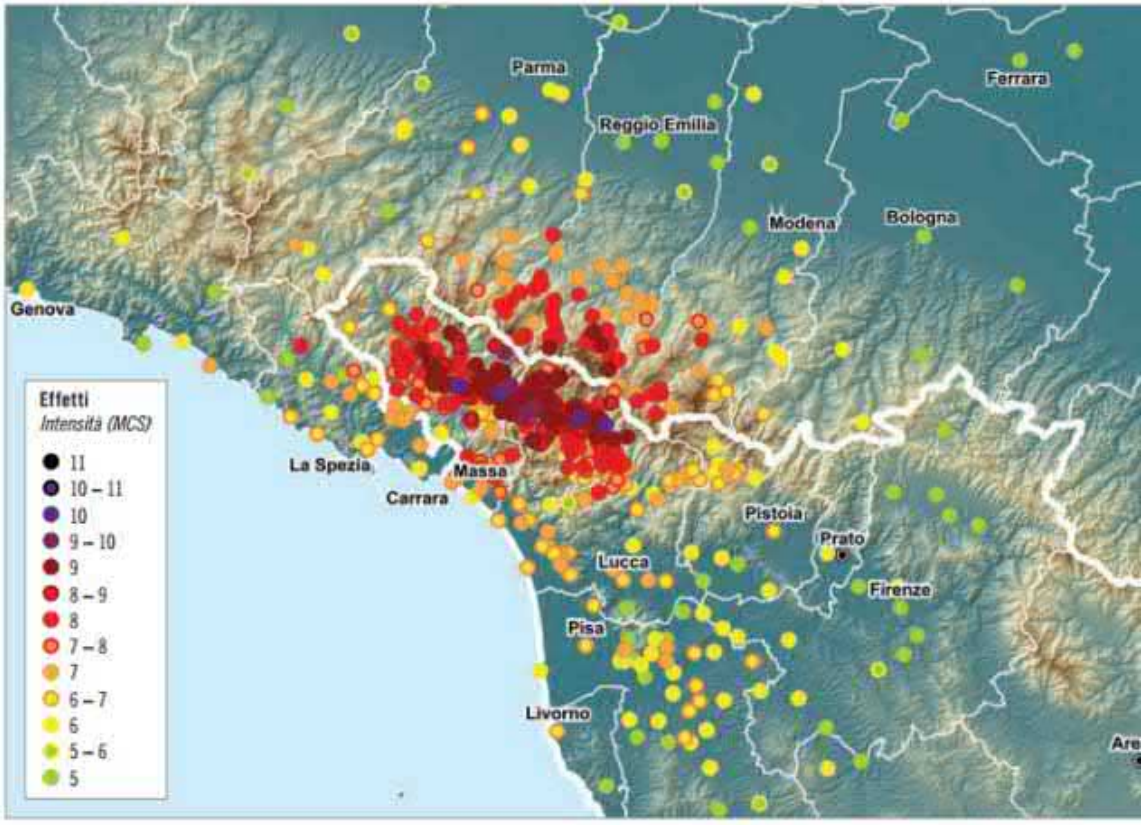
Zona montana con paesaggi di grande bellezza, che includono, appunto, le Alpi Apuane, è interamente attraversata dal fiume Serchio e dai suoi molti affluenti.

*Quest'area, insieme a quella della Lunigiana, è altamente sismica, essendo caratterizzata da **strutture estensionali ad orientamento NW-SE** ed immersione SW, e da faglie antitetiche con la stessa direzione e immersione opposta. Queste strutture appenniniche sono tagliate e sfasate da strutture trasversali.*

*La gran parte dei terremoti si concentra nella zona meridionale, al confine tra la Lunigiana e la Garfagnana, ed è caratterizzata da numerosi eventi storici di magnitudo superiore a 5 (vedi sisma del 14 febbraio del 1834 con Intensità (ricordiamo misurata sulla scala Mercalli) = VIII, e del 7 settembre1920 di I = IX / X, dell'11 aprile 1837 con I = IX-X, e del 6 marzo 1740 di I = VII-VIII). **Il fatto interessante è che non sono riportati terremoti significativi prima del 1481, e che c'è un periodo di "silenzio sismico" tra il 1541 e il 1740; ma c'è il dubbio che ci siano stati vuoti nella documentazione.***

*Il massimo storico, quindi, è stato assegnato al terremoto del **7 settembre 1920** con Magnitudo valutata intorno a 6.5.*

Distribuzione degli effetti prodotti dal terremoto del 7 settembre 1920. L'area di danneggiamento si estende in tutta la provincia di Massa-Carrara e in quella di Lucca, nella parte settentrionale della provincia di Pisa e nella parte meridionale delle province di Parma, Reggio Emilia e Modena (fonte: DBMI11).



Quest'ultimo, con epicentro stimato nel Comune di Casola in Lunigiana, ***era stato preceduto il giorno precedente da alcune scosse minori****, la più sensibile delle quali avvertita verso le ore 14,00 del giorno 6 Settembre, e fu seguita da molte altre per circa un anno fino all'Agosto del 1921.*
L'area dei danni fu molto vasta e comprese la riviera ligure di levante, la Versilia, le zone montane del Parmense, del Modenese, del Pistoiese e la provincia di Pisa.

L'area di risentimento si estese dalla Costa Azzurra al Friuli e, a Sud, a tutta la Toscana, all'Umbria ed alle Marche settentrionali.



In quell'occasione i centri urbani danneggiati furono quasi 500; in circa 70 vi furono crolli estesi a gran parte del patrimonio edilizio ed in altri 100 circa i danni e le lesioni furono estesi. Le località di Montecurto (Fivizzano), Vigneta (Casola in Lunigiana), e Villa Collemandina furono distrutti quasi completamente. I morti furono 171 (tutti nell'area della Lunigiana e Garfagnana), i feriti 650 e i senzatetto alcune migliaia (quasi tutti in Toscana).

Il numero relativamente basso delle vittime in proporzione ai crolli e ai danni agli edifici, come evidenziarono le cronache giornalistiche dell'epoca, dipese principalmente da due fattori. In primo luogo la scossa del 6 Settembre aveva allarmato la popolazione, tanto che molte persone avevano pernottato all'aperto e non in casa. In secondo luogo va ricordato che l'economia locale era basata principalmente sull'agricoltura ed allevamento e sull'estrazione dei marmi (l'80% della popolazione attiva, stimata in circa il 60% dell'intera popolazione) e che pertanto quando avvenne il terremoto (le ore 6 del mattino secondo l'ora solare) solo poche persone erano in casa.

Dal 1920 l'area è stata interessata da altri eventi sismici di minore entità (intorno a Magnitudo 4.0), fatto salvo quello di Barga del 1951 (M=4.5).L'episodio più recente è quello dell'Ottobre del 1995, di M=4.8 che si è verificato nei pressi di Fivizzano (in provincia di Massa Carrara).

Visti i trascorsi del 1920 le autorità evacuarono preventivamente circa 100000 persone; ma la scossa non arrivò, e ci fu "procurato allarme".

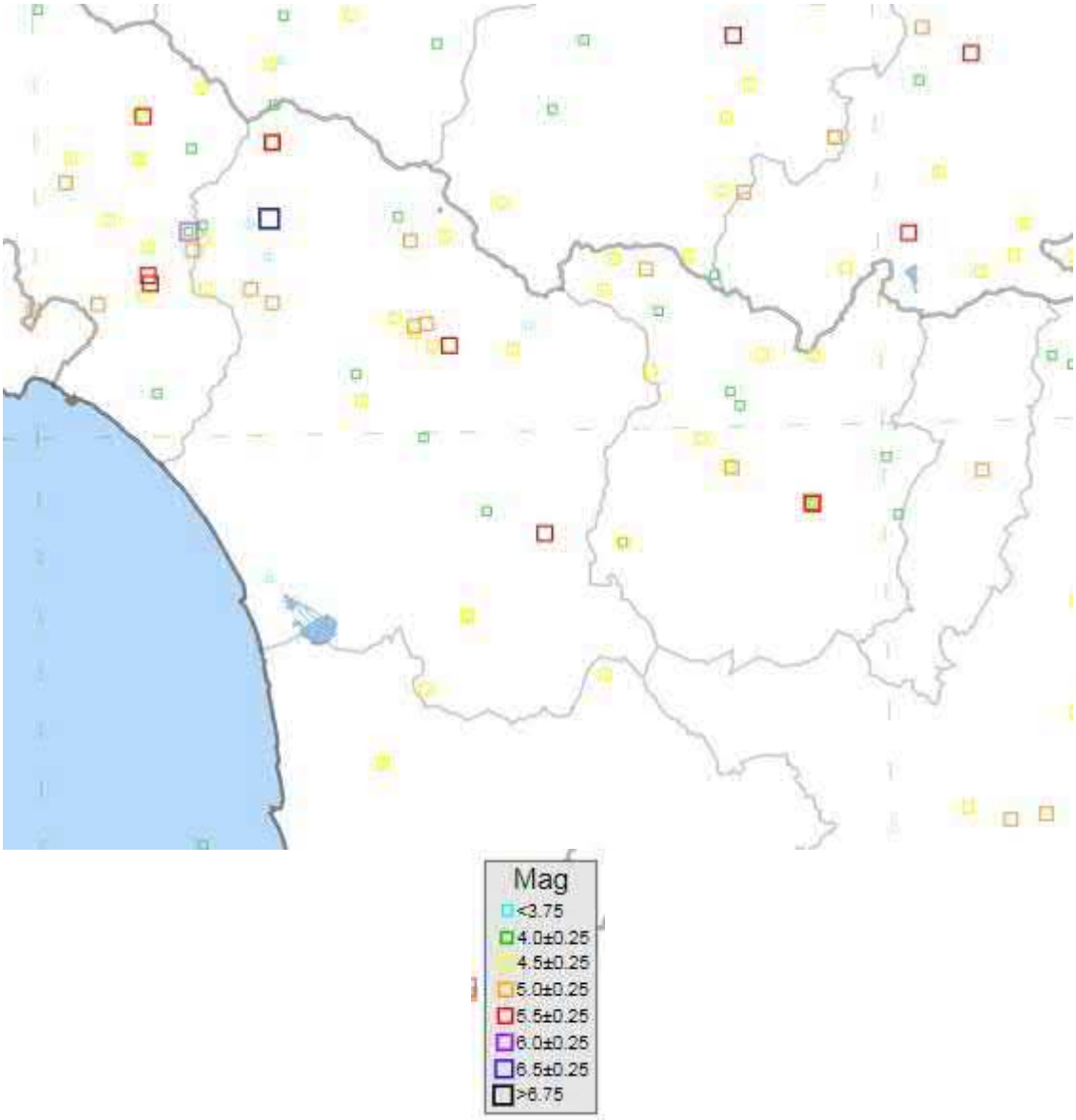
L'ultimo evento di rilievo, avvenuto il 25 gennaio 2013, ***alle ore 15.48, ha raggiunto Magnitudo 4.8 e si è liberato ad una profondità di 15.5 km,*** *al margine sud-est della struttura che si attivò col terremoto del 1920. L'epicentro è stato entro 10 km dai comuni di Barga (Lu), Castelnuovo di Garfagnana (Lu), Castiglione di Garfagnana (Lu), Fosciandora (Lu), Pieve Fosciana (Lu), Villa Collemandina (Lu). Successivamente si sono verificate altre scosse di lieve entità.*
Nonostante l'Appennino sia, come abbiamo visto, caratterizzato da una tettonica estensionale, in alcuni casi, soprattutto nelle zone marginali, si possono avere movimenti trascorrenti, come sembra sia accaduto oggi. Gli studiosi sono attualmente al lavoro per definire l'esatta dinamica dell'evento; ulteriori dettagli potranno, quindi, essere forniti in seguito.

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

Capannori

PlaceID	IT_43036
Coordinate (lat, lon)	43.842, 10.572
Comune (ISTAT 2015)	Capannori
Provincia	Lucca
Regione	Toscana
Numero di eventi riportati	13

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1902	12	04	16	35	0	Lunigiana	36	5	4.35
4	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
7	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
4	1969	01	06	22	03	2	Appennino pistoiese	74	6-7	4.67
5	1980	06	07	18	35	0	Garfagnana	102	6-7	4.64
5	1982	09	01	15	33	1	Valle del Serchio	47	5-6	4.21
NF	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
5	1985	01	23	10	10	1	Garfagnana	73	6	4.60
NF	1987	01	22	05	10	5	Costa pisano-livornese	157	5-6	4.15
2-3	1988	02	08	11	24	4	Garfagnana	75	6	4.34
4	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
3	1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30



3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

Sono state analizzate la maggior parte delle aree urbanizzate del Comune di Capannori.

Si nota un generale affioramento del substrato geologico subito fuori le valli alluvionali e Villafranchiane laddove la morfologia tende ad essere più prettamente collinare o pseudomontuosa. Tale substrato presenta sia le caratteristiche di substrato sismico sia di substrato alterato e fratturato talvolta per molti metri.

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

DOMINIO LIGURE ESTERNO

- Formazione di Sillano-Santa Fiora (SIL) (Cretaceo Sup. – Paleocene)
- Siltiti e arenarie torbiditiche calcaree (SIL1) (Cretaceo Sup. – Paleocene)

DOMINIO TOSCANO

- Formazione del Macigno (MAC) (Oligocene Sup. – Miocene Inf.)
- Scaglia Toscana (STO) (Cretaceo inf.? - Paleogene)

UNITA' TOSCANE METAMORFICHE

- Quarziti di M. Serra (QMS) (Carnico)
- Filladi sericitico-cloritiche con intercalazioni di quarziti (QMS1) (Carnico)
- Formazione della Verruca (VEU) (Ladinico Sup. - Carnico)
- Metaconglomerati quarzosi con matrice quarzitico-filladica (VEUa) (Ladinico Sup. - Carnico)
- Quarziti a granulometria variabile, fino a conglomerati, alternate a filladi e filladi quarzitiche (VEUb) (Ladinico Sup. - Carnico)
- Brecce di Asciano (ASC) (Permiano Inf.)
- Scisti a Spirifer (SFS) (Westfaliano - Autuniano)

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 di versante (aa) (Olocene)
- Depositi alluvionali attuali (b) (Olocene)
- Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna) (Olocene)
- Depositi eluvio-colluviali (b2a) (Olocene)
- Riporti antropici (h) (Olocene)
- Depositi alluvionali terrazzati (bnb) (Pleistocene)

DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI E VILLAFRANCHIANI

- Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (VILh) (Rusciniano-Villafranchiano)
- Conglomerati e ciottolami ad elementi calcarei (VILg) (Rusciniano-Villafranchiano)
- Sabbie, sabbie ciottolose e sabbie siltoso-argillose e limi sabbiosi (VILb) (Rusciniano-Villafranchiano)
- Conglomerati e ciottolami poligenici (VILa) (Rusciniano-Villafranchiano)

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

Il Territorio comunale di Capannori si estende per una superficie pari a 165,50 kmq ed è caratterizzato dalla presenza di un'ampia area pianeggiante delimitata a nord-nord/est e sud/ovest da rilievi collinari e montani con altezza massima comunque inferiore ai 1000 m s.l.m..
Gli assi di drenaggio principali presentano un andamento prevalente nord-sud in accordo con le pendenze della superficie topografica. Solo in corrispondenza dei rilievi meridionali del Monte Serra il reticolo idraulico ha un andamento centrifugo rispetto alla sommità del rilievo. Dal punto di vista idrografico il territorio è compreso per la gran parte della sua estensione all'interno del bacino del Fiume Arno e solo in una limitata parte in quelle del Fiume Serchio (porzione più occidentale del territorio comunale).
La storia geologica e geomorfologica di questa parte del territorio regionale è direttamente collegata alla creazione, nel plio-pleistocene, al termine del sollevamento della catena appeninica, di bacini sedimentari subsidenti (fase distensiva post-orogenetica), con allineamento appenninico (nord-ovest, sud-est) nell'ambito dei quali ha avuto luogo la deposizione di ingenti spessori di materiale sedimentario in ambiente fluviale e fluvio-lacustre.

La pianura di Lucca e l'adiacente Padule di Bientina, in continuità strutturale con la Garfagnana e la Valdera, è uno dei bacini sedimentari subsidenti nell'ambito del quale si sono succeduti, nel corso del tempo, ambienti deposizionali diversi che hanno portato alla sedimentazione di depositi fluviolacustri che oggi si rinvengono sia nel sottosuolo che in affioramento, anche in forme terrazzate, nell'ambito della pianura e dei rilievi collinari contermini.

Formazioni litoidi, appartenenti a differenti Unità e Domini sia metamorfiche che non metamorfiche, affiorano invece sui rilievi collinari e montani posti a nord che a sud dell'area pianeggiante (pianura di Lucca).

Dal punto di vista tettonico i rilievi montuosi e collinari posti a nord e sud del territorio comunale sono interessati da faglie ad andamento prevalentemente normale sviluppatesi a seguito della creazione del bacino tettonico intermontano della Garfagnana – Pianura di Lucca e Padule di Bientina – Valdera. La direzione di detti elementi, in particolare sui rilievi nord del territorio comunale, è prevalentemente appenninica (nord-ovest, sud-est) ed in minor misura anti-appeninica (nord-est, sud-ovest).

Un contatto tettonico per sovrascorrimento, con andamento nordovest, sud-est, interessa invece i terreni appartenenti alla Serie Toscana presenti sul rilievo delle Pizzorne che risultano sovrascorsi dai terreni prevalentemente argillitici appartenenti all'Unita' di Monte Morello, Unita' di S. Fiora, Unita' del Cassio, Unita' dell'Antola.

Contatti tettonici per sovrascorrimento interessano anche i terreni appartenenti alle Unita' Toscane metamorfiche affioranti sui rilievi del Monte Pisano. La loro formazione risulta comunque collegata ad eventi tettonici antecedenti la reazione dell'edificio appennino.

Dal punto di vista geomorfologico il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di diffuse ed ampie aree interessate da condizioni di franosità attiva o quiescente. La loro distribuzione spaziale e densità areale è direttamente correlata alle caratteristiche litotecniche delle formazioni affioranti, l'acclività del pendio e con la circolazione idrica di sottosuolo nei terreni collinari e montani.

In particolare è possibile distinguere nella zona collinare nord, la presenza diffusa di movimenti franosi attivi o quiescenti in corrispondenza dei terreni argillitici della formazione di Sillano che tendono ad evolvere con movimenti lenti e lentissimi con andamento costante o intermittente in funzione delle condizioni di saturazione dei materiali. Lo sviluppo di tali fenomeni franosi è legato anche alle condizioni idrogeologiche locali che caratterizzano il contatto tra la formazione del Macigno ed il complesso di base. Tale limite geologico dà luogo alla formazione di sorgenti di contatto/trabocco che contribuiscono a "fluidificare" il materiale argillitico.

In corrispondenza della formazione della Serie Toscana e dei terreni della Serie Metamorfica del Monte Pisano sono invece presenti fenomeni gravitativi rapidi e rapidissimi che interessano prevalentemente la copertura detritica superficiale ed il bedrock fratturato/alterato in particolare in concomitanza di eventi piovosi prolungati e/o intensi.

Episodi di franamento generalmente rapidi interessano anche i depositi alluvionali sabbioso/ghiaiosi affioranti in corrispondenza dei bordi terrazzati di conoidi alluvionali e in corrispondenza dei depositi fluviali e fluviolacusti del Pleistocene medio-superiore e del Rusciniano-Villafranchiano. Anche in questo caso la mobilitazione dei terreni è strettamente legata al verificarsi di apporti meteorici prolungati e/o intensi.

Ulteriori elementi geomorfologici di particolare interesse per i fini della presente indagine sono costituiti dalle forme e dai fenomeni correlati alla dinamica fluviale, quali erosioni laterali di sponda, nonché soliflussi e le altre forme e fenomeni direttamente generati dalla presenza di circolazione idrica sotterranea.

Nell'ambito della presente indagine è stato effettuato un aggiornamento delle forme e dei fenomeni geomorfologici per inserire nuovi dissesti ed elementi di interesse. E' stato inoltre effettuato un aggiornamento degli interventi di messa in sicurezza geomorfologica realizzati dall'Amministrazione Comunale nel corso degli anni. La cartografia geomorfologica, riprodotta in modalità georeferenziata, ha consentito inoltre di svolgere un'analisi comparativa tra gli elementi di conoscenza disponibili a livello comunale e quelli forniti dagli atti di pianificazione sovraordinata.

Pertanto l'aggiornare della carta dell'inventario dei fenomeni geomorfologici ha richiesto:

1. un censimento delle nuove forme e dei nuovi dissesti idrogeologici non rappresentati sulle cartografie del vigente regolamento urbanistico. Questi sono stati individuati a seguito di indicazioni e informazioni acquisite nell'ambito dell'ordinaria dell'attività del Servizio competente dell'Amministrazione Comunale. Inoltre sono state acquisite le indicazioni delle cartografie di pericolosità dei PAI per verificarne la rispondenza con i dati comunali;

2. un sopralluogo sul terreno con individuazione di dissesti non precedentemente cartografati. Nell'ambito del procedimento di revisione ed aggiornamento del quadro conoscitivo degli elementi geomorfologici sono stati effettuati rilievi diretti di campagna che hanno consentito di individuare nuovi fenomeni in atto e apportare aggiornamenti dell'estensione di quelli esistenti nonché di valutare la tipologia del movimento;

3. un censimento degli interventi di messa in sicurezza geomorfologica effettuati dall'Amministrazione Comunale. Tale attività è stata effettuata a seguito indicazioni e informazioni acquisite nell'ambito dell'ordinaria dell'attività del Servizio competente dell'Amministrazione Comunale. Detti interventi di messa in sicurezza sono stati indicati con apposita simbologia grafica.

4. Modifica/inserimento di elementi morfologici al fine di allineare le condizioni di pericolosità del Regolamento Urbanistico alle indicazioni riportate nel parere espresso dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno in data 14/11/2014 e nel successivo decreto del Segretario Generale n. 1 del 15 gennaio 2015 inerenti l' "Approvazione modifiche della perimetrazione delle aree a pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana della cartografia PAI relativa al Comune di Capannori";

5. correzioni e modifiche dei dati geologici ed geomorfologici derivanti anche dalle osservazioni al quadro conoscitivo del R.U. adottato presentate da cittadini interessati, nonché a seguito di attività di ulteriore verifica/correzione di ufficio al quadro conoscitivo adottato.

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 Capannori 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:

- 11 stratigrafie di pozzi;
- 38 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
- 17 stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e/o SH;
- 14 prove ESAC;
- 31 prove MASW;
- 0 down-hole;
- 14 sondaggi a carotaggi continuo;
- 145 HVSR;
- 25 CPT;
- 10 CPTu;
- 5 sismiche a riflessione SL;
- 5 tomografie elettriche ERT.

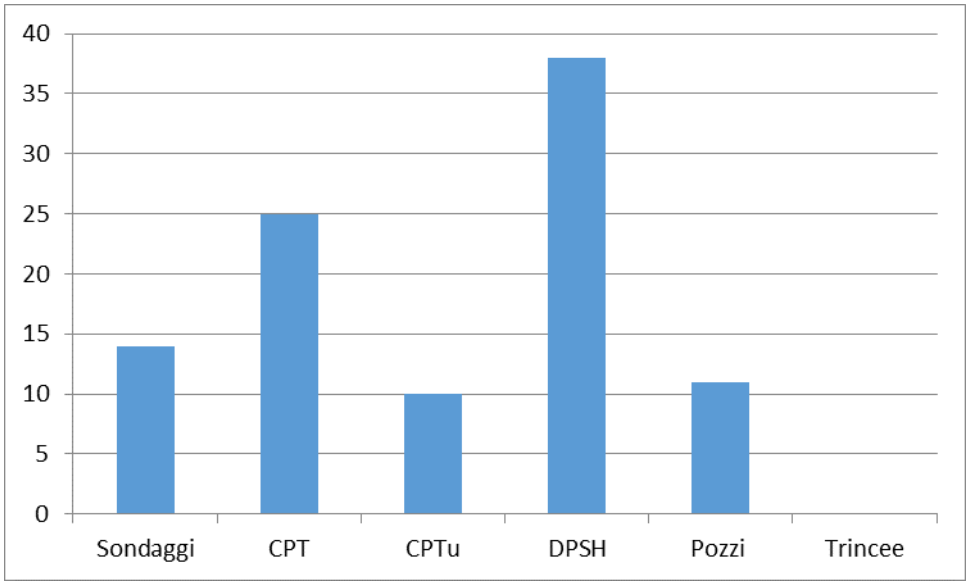
Questi canali di ricerca e implementazione hanno consentito l'acquisizione di una notevole quantità di indagini, in particolare i pozzi e i sondaggi hanno dato un ottimo riscontro dal punto di vista della ricostruzione del sottosuolo, raggiungendo in qualche caso il substrato geologico.

Sono state raccolte nel complesso 315 indagini distribuite più o meno omogeneamente nel territorio comunale ma concentrate prevalentemente a ridosso degli insediamenti.

In funzione della categoria di indagine sono state raccolte 98 indagini geotecniche e 217 indagini geofisiche, per ognuna delle due categorie nei grafici che seguono si possono vedere le varie tipologie di indagine.

Prove geotecniche:

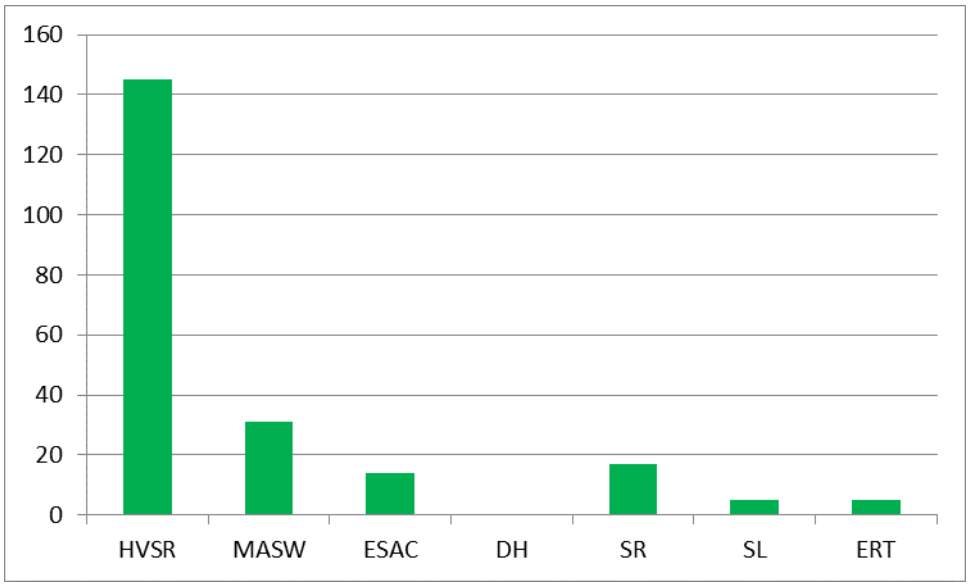
Prove geotecniche					
Sondaggi	CPT	CPTu	DPSH	Pozzi	Trincee
14	25	10	38	11	0



Per quanto riguarda le indagini geotecniche possiamo vedere che la tipologia di indagini che più di frequentemente abbiamo utilizzato ai fini Microzonazione Sismica sono le prove penetrometriche. 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	SL	ERT
145	31	14	0	17	5	5



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 "CdI_Tabelle".

5. Modello del sottosuolo

L'Appennino settentrionale è una catena a falde di ricoprimento costituita da più unità tettoniche (volumi crostali che hanno subito la medesima evoluzione tettonica), aventi andamento generico NO-SE, deformate e strutturate durante la collisione tra la Placca Europea e la Placca Africana (orogenesi alpina, Cretaceo superiore – Eocene medio) e la successiva migrazione con vergenza Est del fronte di compressione appenninico (Eocene superiore – Pleistocene). Ogni unità tettonica è rappresentativa di un diverso dominio paleogeografico.

I domini paleogeografici riferibili all'Appennino Settentrionale sono:

• *Dominio Ligure Interno:* costituito da sequenze ofiolitiche giurassiche e coperture sedimentarie giurassico-paleoceniche;

• *Dominio Ligure Esterno*: costituito da crosta continentale che presenta, nella sua porzione più interna, proprietà oceaniche. È composto dall'Unità tettonica di Ottone e dall'Unità tettonica di Morello;

• *Dominio Subligure:* caratterizzato probabilmente da crosta continentale. È un dominio intermedio tra le Unità Toscane e le Unità Liguri;

• *Dominio Toscano*: costituito da crosta continentale. È composto dall'Unità tettonica della Falda Toscana e dall'Unità tettonica di Cervarola.

Fra questi, affiorano nell'area di interesse il Dominio Ligure Esterno ed il Dominio Toscano.

5.1 Unità Tettoniche appenniniche

Vengono qui descritte le due unità tettoniche rilevanti per l'area in esame: l'Unità tettonica di Morello e l'Unità tettonica della Falda Toscana.

5.1.1 Unità tettonica di Morello

L'unità tettonica di Morello appartiene al Dominio Ligure Esterno. È costituita da successioni sedimentarie composte da: argille calcaree appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) di età Cretacica; torbiditi silicoclastiche di Pietraforte (PTF) del Cretaceo Superiore; torbiditi calcareo-marnose della Formazione di Monte Morello (MLL) del Paleocene-Eocene.

La Formazione di Sillano e la Formazione di Monte Morello affiorano lungo i versanti NO ed E del Monte Albano e alle quote più basse dei rilievi appenninici in corrispondenza dei Comuni di Montecatini Alto, Uzzano e Pescia. Gli affioramenti sono discontinui e limitati ma presenti in un ampio territorio.

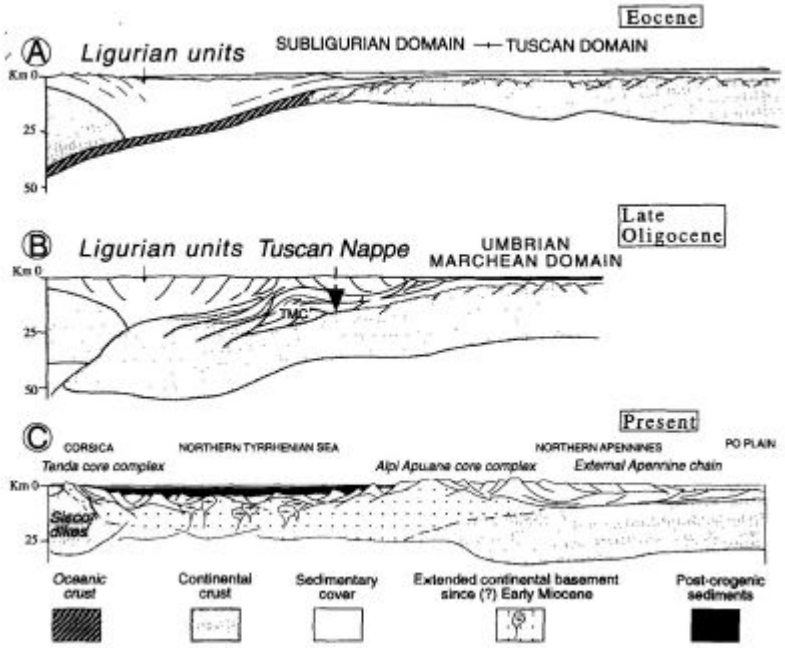
5.1.2 Unità tettonica della Falda Toscana

L'unità tettonica della Falda Toscana appartiene al Dominio Toscano. È costituita prevalentemente dalle torbiditi silicoclastiche del Macigno (MAC, età Oligocene – Miocene) e in parte minore dalla più antica successione calcareo-siliceo-marnosa del Giurassico inferiore – Cretacico inferiore (Calcari ad Angulati, Rosso ammonitico, Calcare selcifero di Limano, Calcari e marne a Posidonia, Calcare selcifero della Val di Lima, Diaspri e Maiolica) e dalla successione pelitico-calcarea del Cretaceo inferiore – Oligocene (Scaglia Toscana, Calcari di Puglianella, Brecce calcareo-silicee). Il Macigno affiora alle quote maggiori del M. Albano (a Est dell'area di interesse) e nelle valli dei torrenti Pescia di Pescia, Pescia di Collodi, del F. Nievole, F. Puzzola e del F. Serchio. La Scaglia Toscana, i Diaspri e il Calcare selcifero della Val di Lima affiorano nell'area di Montecatini Terme.

5.2 Tettonica dell'area

Nel Cretaceo la chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese, apertosi nel Giurassico Medio tra la Placca Europea e la placca Adriatica di pertinenza africana, ha provocato la collisione continentale tra le due. Tale collisione è terminata in epoca eocenica nella regione alpina ma è proseguita fino al Miocene Superiore negli Appennini, dando inizio ad una complessa evoluzione tettonica, che nella regione appenninica ha determinato l'impilamento delle Unità Liguri sulla Placca Adria.

La prima fase deformativa legata alla compressione appenninica è avvenuta tra il tardo Paleocene e l'Eocene medio: essa ha consentito l'accavallamento delle Unità Liguri Interne sulle Unità Liguri Esterne (Fase Ligure di Elter, 1975). Con il procedere dei movimenti tettonici compressivi, durante l'Oligocene e il Miocene (Fase Toscana), le Unità Liguri si accavallano verso NE sulle unità tettoniche più esterne alla catena: le Unità Toscane e le Unità Umbro-Marchigiane.



Mentre la parte esterna, orientale, della catena appenninica ha continuato ad essere interessata dalla compressione, nel Miocene Superiore la parte interna, occidentale, limitatamente ai settori meridionali, è stata interessata da una fase estensionale legata all'apertura del bacino tirrenico e dei bacini neogenici continentali (Puccinelli et al., 2015).

Tra tali bacini neogenici vi sono il bacino di Lucca – Montecarlo – Vinci e il bacino Firenze – Prato – Pistoia, situato più a E.

5.2.1 Evoluzione tettonico - sedimentaria regionale

Sebbene l'assetto strutturale regionale si sia determinato in seguito ai movimenti tettonici legati alla strutturazione della catena appenninica, le formazioni rocciose coinvolte in tali movimenti tettonici hanno un'origine più antica.

L'evoluzione tettonico - sedimentaria dell'area comincia infatti dalle prime fasi di apertura del bacino oceanico della Tetide occidentale ed è caratterizzata da fasi sedimentarie aventi caratteristiche diverse tra loro (rif. [22], Puccinelli et al., 2015):

• dal Triassico medio-superiore al Giurassico inferiore il Dominio Toscano è caratterizzato in un primo momento da una sedimentazione fluviale e costiera (si depone la Formazione del Verrucano) e in un secondo momento da una sedimentazione evaporitica e/o carbonatica di piattaforma (Gessi di Sassalbo, Calcare cavernoso, Calcari a *Rhaetavicula contorta* e Calcare massiccio) dovuta ad una tettonica distensiva;

• dal Giurassico inferiore-medio fino all'inizio della chiusura dell'oceano Ligure- Piemontese (Cretaceo superiore) la sedimentazione assume caratteri variabili nel tempo, producendo inizialmente sedimenti calcareo-siliceo-marnosi emipelagici e pelagici (Calcari Angulati, Rosso Ammonitico, Calcare selcifero di Limano e Calcari e marne a Posidonia). In seguito, la sedimentazione pelagica diventa in un primo momento carbonatica (Calcari a Calpionelle dell'Unità tettonica Bracco-Val Graveglia, corrispondente alla Maiolica dell'Unità della Falda Toscana) ed in un secondo momento pelitica, sia nel Dominio Ligure che in quello Toscano (Argille a Palombini dell'Unità tettonica Bracco-Val Graveglia e Scaglia Toscana dell'Unità tettonica della Falda Toscana);

• nel periodo dal Cretaceo superiore al Miocene la sedimentazione si diversifica notevolmente permettendo una facile distinzione tra i vari domini paleogeografici, ognuno dei quali assume nel tempo caratteristiche differenti:

o *Dominio Ligure Interno*: caratterizzato da sedimenti silicoclastici marini (Scisti della Val Lavagna ed Arenarie di M. Gottero) e da depositi grossolani di scarpata (Argilliti di Giaiette o Scisti del Bocco) la cui deposizione termina nel Paleocene basale.

o *Dominio Ligure Esterno*: caratterizzato da ofioliti risedimentate (sedimenti basali dell'Unità tettonica di Ottone e di Caio), da depositi silicoclastici (Arenarie di Ostia e di Scabiazza) e da sedimenti torbiditici-calcareo-marnosi (Flysh ad Elmintoidi *Auctt.*) la cui sedimentazione continua fino all'Eocene medio.

o *Dominio Subligure*: caratterizzato da sedimenti argillitico-calcarei (Argille e Calcari di Canetolo), da torbiditi calcareo-marnose (Calcari di Groppo del Vescovo) e da sedimenti silicoclastici oligo-miocenici (Arenarie di Ponte Bratica e di Petrignacola). I sedimenti argillitico-calcarei e le torbiditi calcareo-marnose sono caratteristici di una fase deposizionale avvenuta durante le fasi tettoniche di chiusura della Tetide che provocano la collisione tra la Placca Europea e quella Africana.

o *Dominio Toscano*: caratterizzato da sedimenti pelitici (Scaglia Toscana) e da sedimenti torbiditici silicoclastici (Macigno e Arenarie di Monte Modino). Quest'ultimo cambio di sedimentazione è dovuto alla genesi dell'avanfossa appenninica, e la sedimentazione torbiditica continuerà fino al Miocene inferiore.

5.3 Situazione attuale

Ai margini della piana in direzione N si ha l'impilamento di depositi quaternari costituiti da alluvioni, detriti ecc… sopra a depositi lacustri e lagunari Villafranchiani che poggiano sul substrato Ligure – Toscano formato dalla Formazione di Sillano e dalla Formazione del Macigno.

Questa stratigrafia viene meno spostandosi all'interno della piana dove, al contatto con le pendici appenniniche i depositi Villafranchiani paiono avere anche forti spessori e dalla indagini presenti non si ritrova mai il substrato roccioso.

Il centro della piana è costituito da depositi alluvionali di notevole spessore formati da alternanze di materiali fini e ghiaie che in alcuni punti si ritrovano già a bassa profondità.

Al margine sud del piana, al contatto con i sedimenti e le rocce del Monte Serra, non si rinvengono i depositi Villafranchiani e l'impilamento risulta essere costituito dalla Formazione di Sillano (Ligure), sulle formazioni del Dominio Toscano costituite dalla Formazione del Macigno e dalla Scaglia, sulle formazioni metamorfiche toscane del Verrucano.

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 1:10.000; 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, l'area sia omogeneamente coperta.

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 f0 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 Vs e 4 volte lo spessore H:

$$f_o = \frac{Vs}{4H}$$

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 lisciamento, 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 Capannori sono state utilizzate 145 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 costituti 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 Hz <= $f_0 < 2$ Hz;
- 2 Hz <= $f_0 < 3$ Hz;
- 3 Hz <= $f_0 < 4$ Hz;
- 4 Hz <= $f_0 < 5$ Hz;
- 5 Hz <= $f_0 < 6$ Hz;
- 6 Hz <= $f_0 < 7$ Hz;
- 7 Hz <= $f_0 < 8$ Hz;
- $f_0 >= 8$ 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:

Terreni di copertura		
	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.

Ambiente vulcanico	
Colate/spandimenti/cupole/domi/dicchi/coni lavici	la
Coni scorie/ceneri	sc
Coltri ignimbritiche	ig
Lahar (colate di fango)	lh
Ambiente di versante	
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di deiezione	cz
Eluvi/colluvi	ec
Ambiente fluvio - lacustre	
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
Ambiente carsico	
Riempimento di dolina/*karren*/vaschetta/*sinkhole*	do
Forme costruite presso sorgenti	so
Forme costruite in canyon carsici	cy
Croste calcaree	cc
Ambiente glaciale	
Morena	mr
Deposito fluvio glaciale	fg
Deposito lacustre glaciale	fl
Till	ti
Ambiente eolico	
Duna eolica	de
Loess	ls
Ambiente costiero	
Spiaggia	sp
Duna costiera	dc
Cordone litoraneo	cl
Terrazzo marino	tm
Palude/laguna/stagno/lago costiero	pl
Altro ambiente	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).

Substrato geologico		
LP	LP	Lapideo
GR	GR	Granulare cementato
CO	CO	Coesivo sovraconsolidato
AL	AL	Alternanza di litotipi
LPS	LPS	Lapideo, stratificato
GRS	GRS	Granulare cementato, stratificato
COS	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
ALS	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
SFLP	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
SFGR	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
SFCO	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
SFAL	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
SFLPS	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
SFGRS	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
SFCOS	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
SFALS	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 (VILa e VILg).
- Unità geologico-tecnica GC fd: si tratta di terreni costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie di ambiente deposizionale falda detritica (aa e bb).
- Unità geologico-tecnica GC ca: si tratta di terreni costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie di ambiente deposizionale di conoide alluvionale (bna e bnb).
- 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).
- Unita geologico-tecnica SM ec: si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di eluvio-colluviale (b2a).
- Unita geologico-tecnica SM tf: si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di terrazzo fluviale (bna e bnb).
- Unita geologico-tecnica SM ca: si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di conoide alluvionale (b2a).
- Unita geologico-tecnica SM fl: si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio-lacustre (VILb).

- Unita geologico-tecnica MH fl: si tratta di terreni costituiti da limi inorganici, sabbie fini, limi micacei o diatomitici di ambiente genetico fluvio-lacustre (VILh).

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

- Unita geologico-tecnica ALS: corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni con un'alternanza di litotipi (ASC, SFS, QMS, QMS1, VEU, VEUa e VEUb).
- Unita geologico-tecnica LPS: corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee stratificate (MAC, SIL e SIL1).

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 valutazione 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 39 microzone omogenee più 2 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.

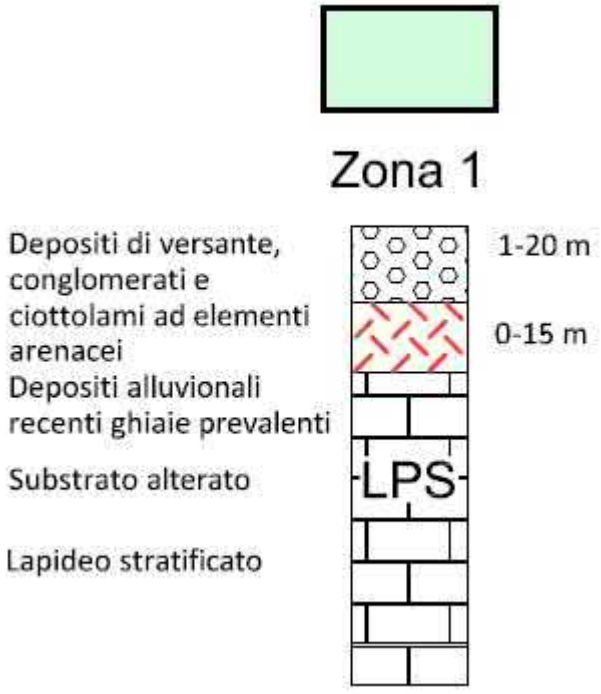
Abbiamo individuato 2 zone di questo tipo ed in particolare: ALS e LPS.

6.4.2 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

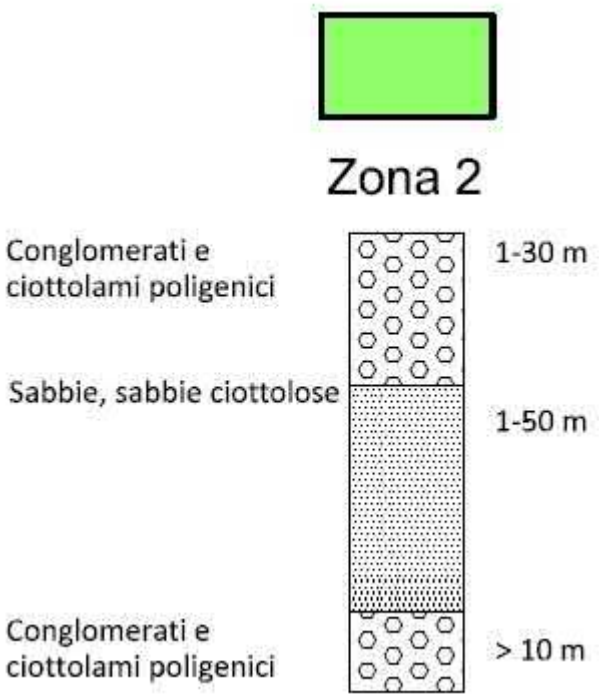
Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state numerate partendo dalla 1 denominata 2001 così come prevede la normativa.

La descrizione delle zone dalla numero 1 alla numero 36 (più le zone 99_a, 99_b e 99_c_t) è stata possibile attraverso la conoscenza dell'area e dopo l'attento studio di tutte le indagini a nostra disposizione.

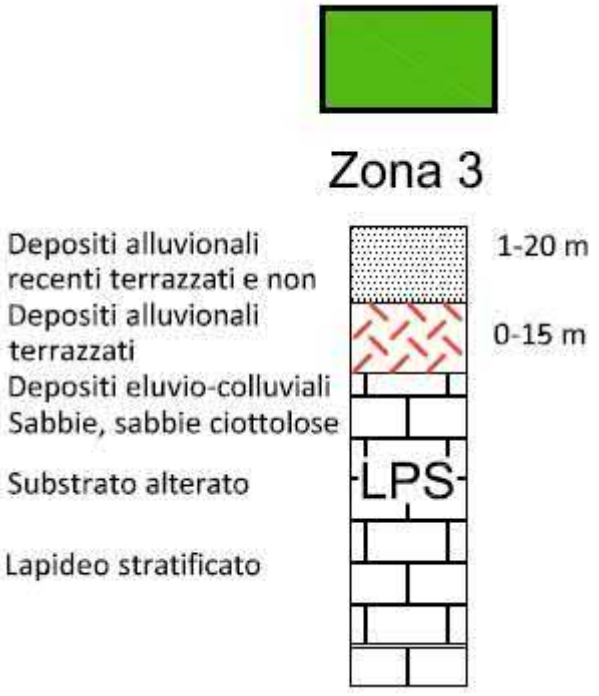
ZONA 2001:



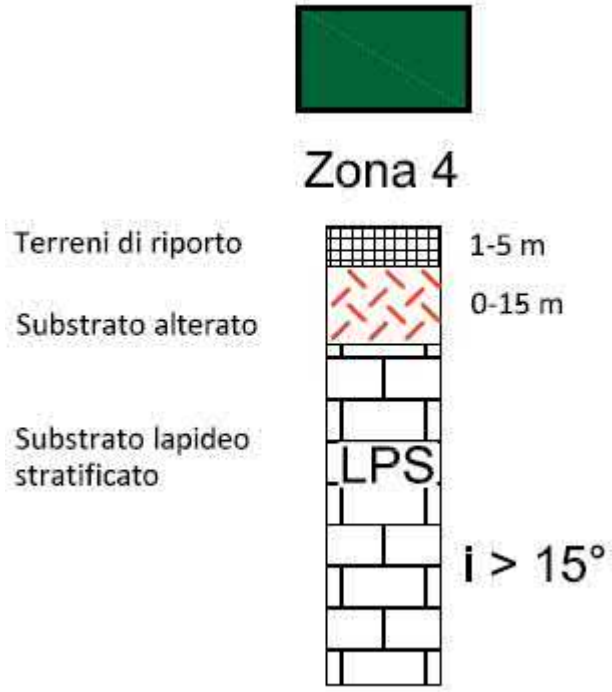
ZONA 2002:



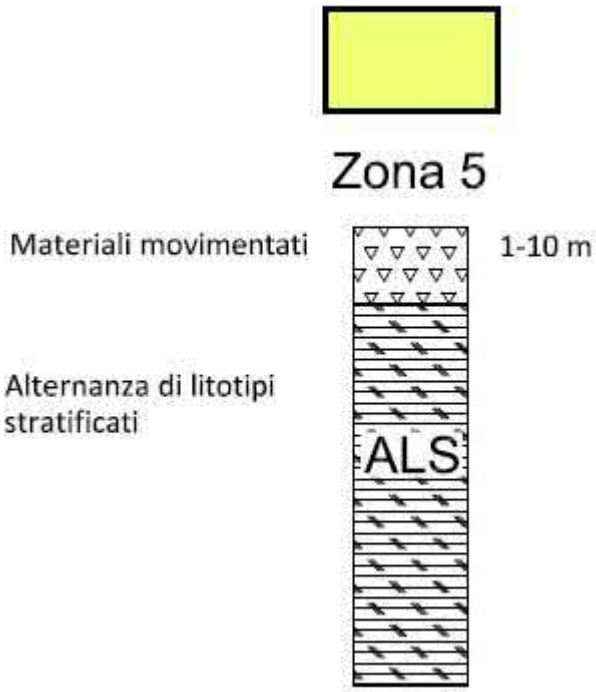
ZONA 2003:



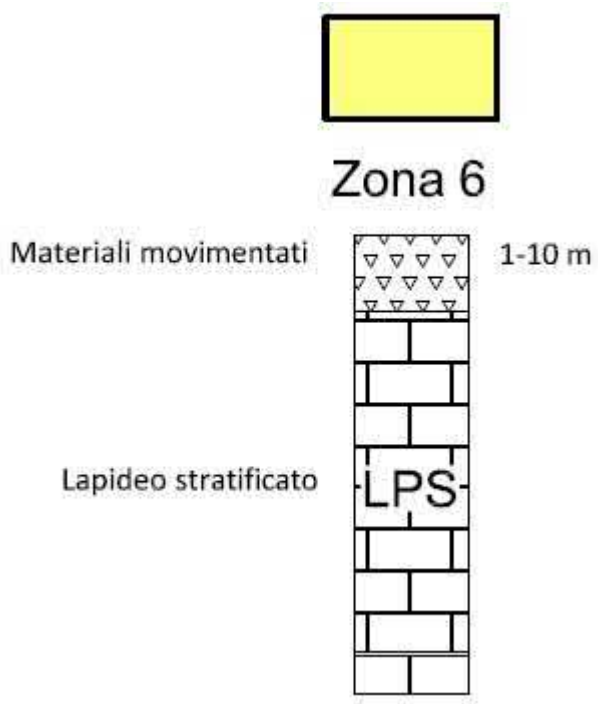
ZONA 2004:



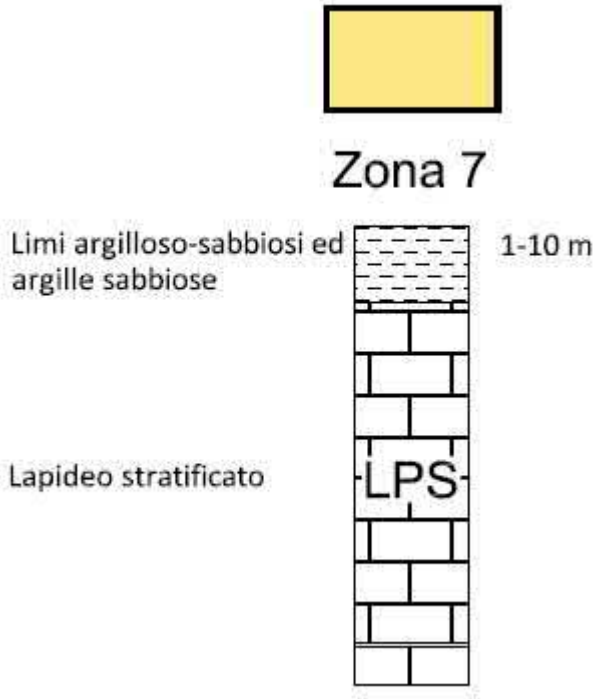
ZONA 2005:



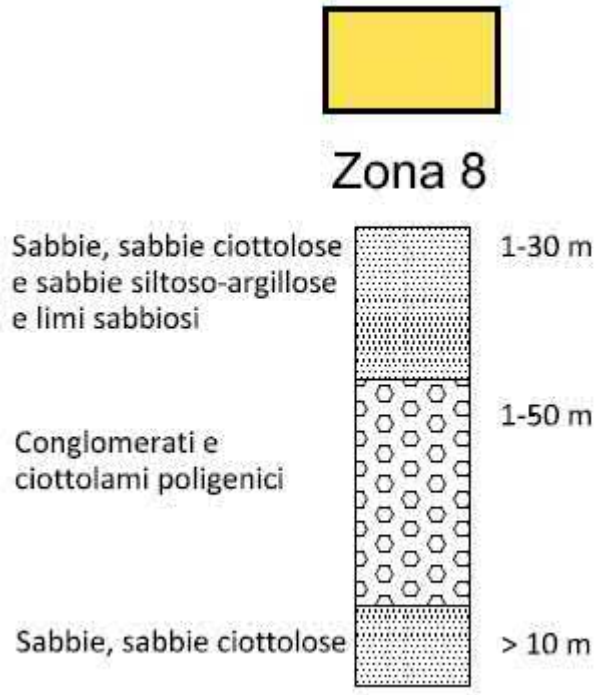
ZONA 2006:



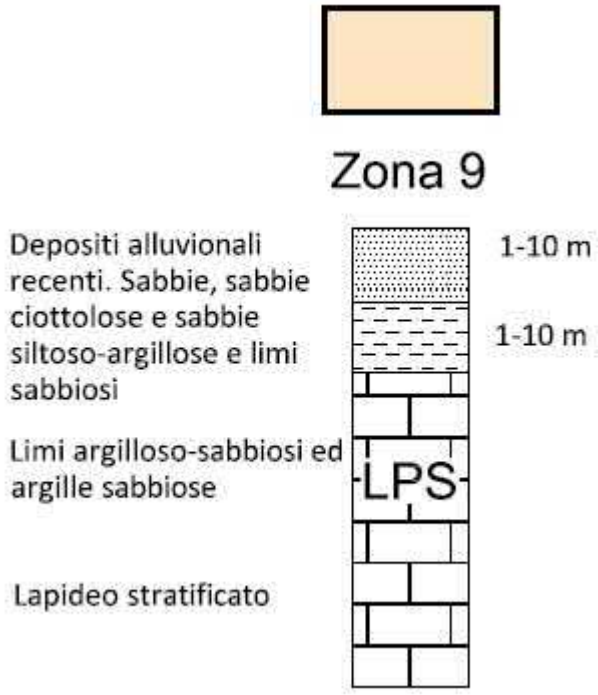
ZONA 2007:



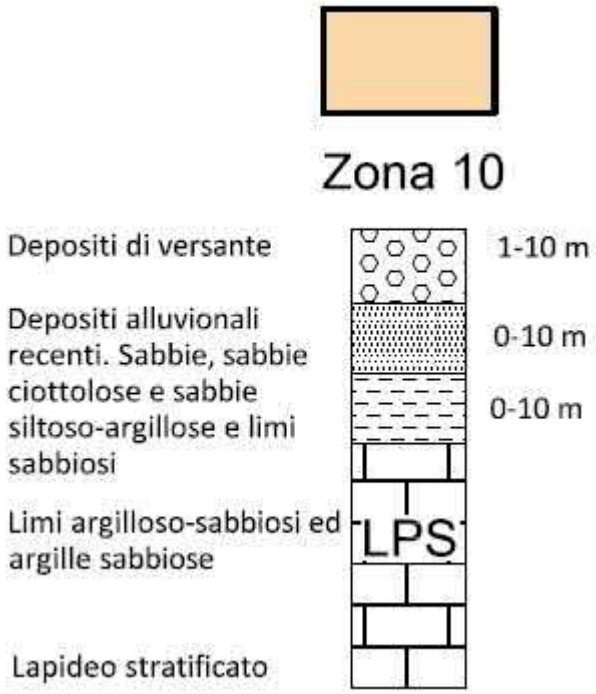
ZONA 2008:



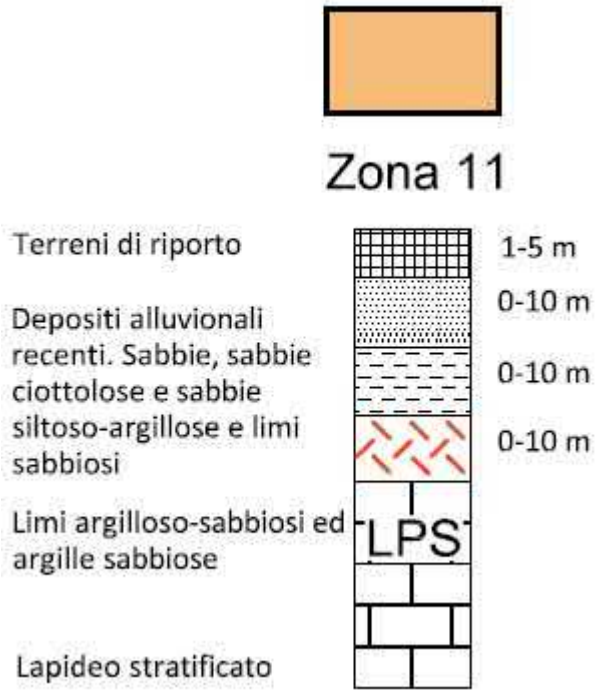
ZONA 2009:



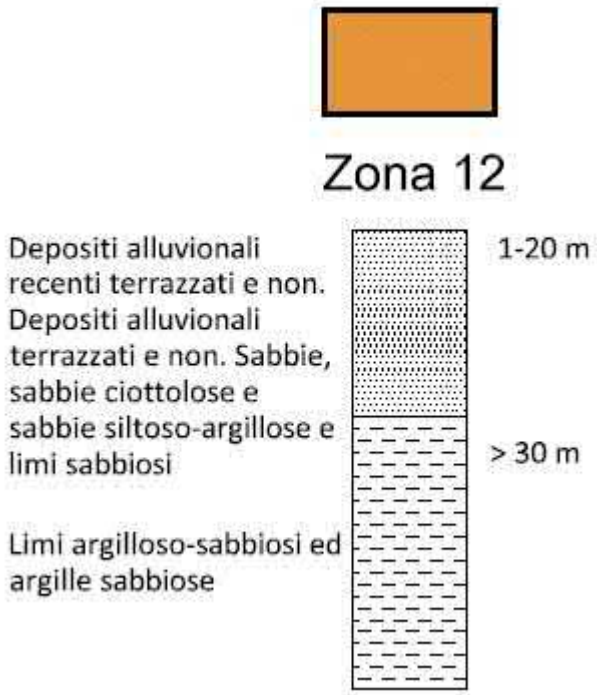
ZONA 2010:



ZONA 2011:



ZONA 2012:



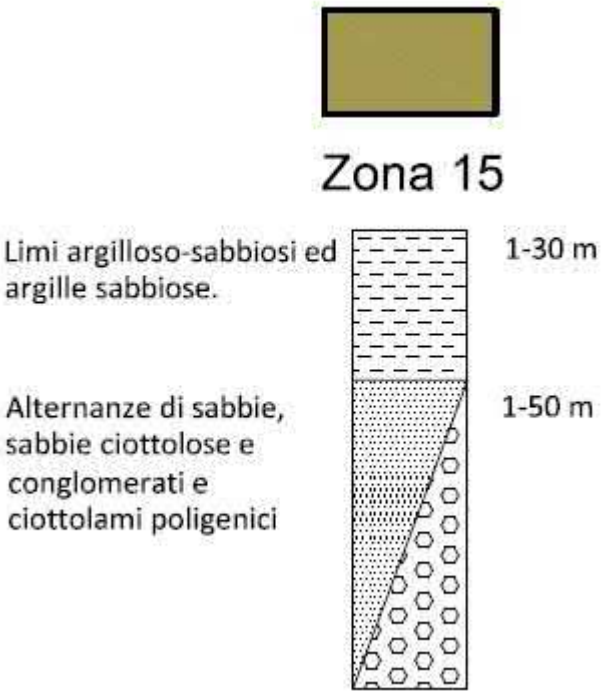
ZONA 2013:



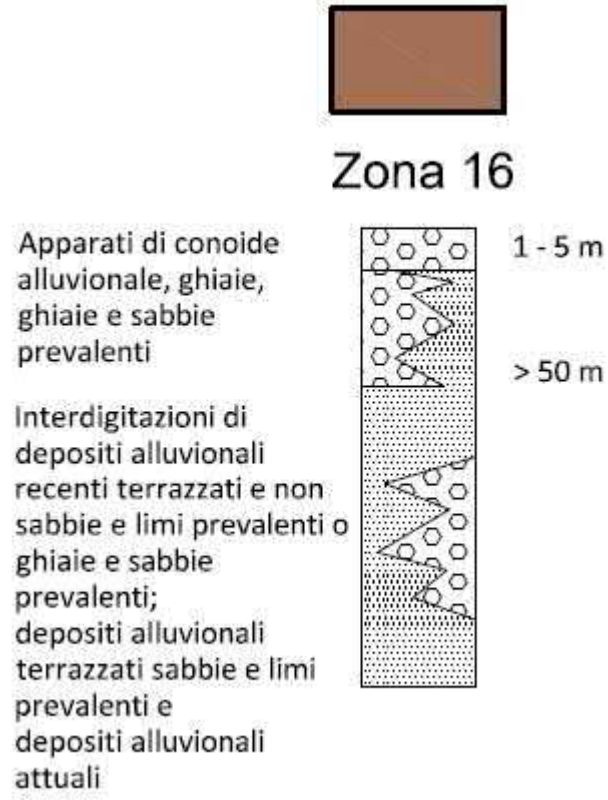
ZONA 2014:



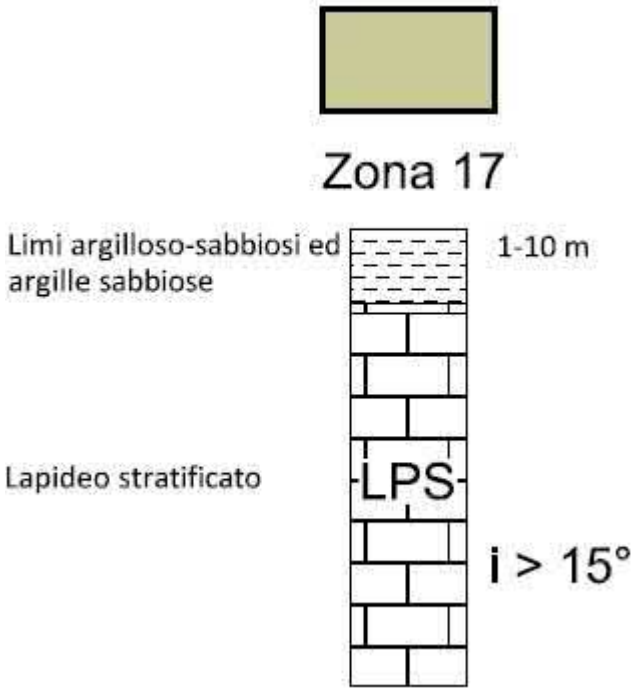
ZONA 2015:



ZONA 2016:



ZONA 2017:

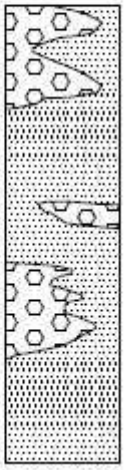


ZONA 2018:



Zona 18

Depositi alluvionali recenti terrazzati e non, depositi alluvionali terrazzati e depositi alluvionali attuali. Sabbie e limi prevalenti o ghiaie e sabbie prevalenti.



> 50 m

ZONA 2019:

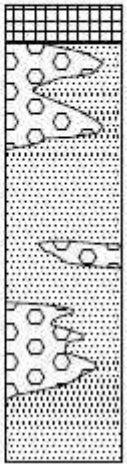


Zona 19

Terreni di riporto

1 - 5 m

Depositi alluvionali recenti terrazzati e non, depositi alluvionali terrazzati e depositi alluvionali attuali. Sabbie e limi prevalenti o ghiaie e sabbie prevalenti.

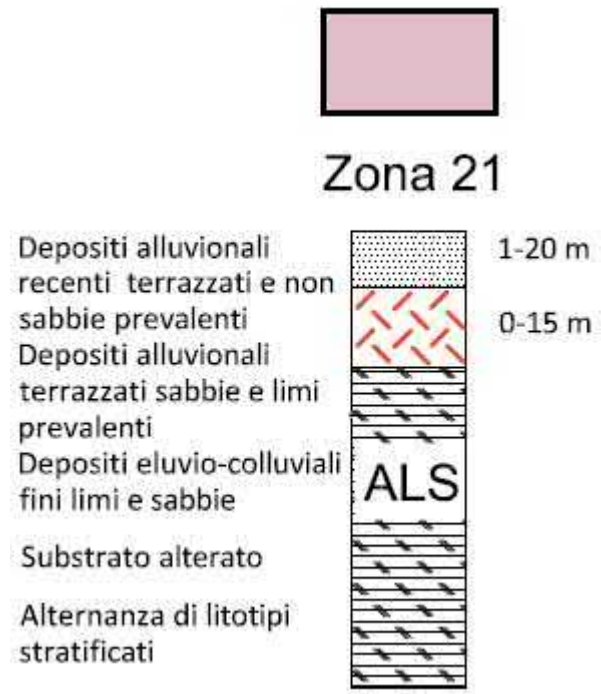


> 50 m

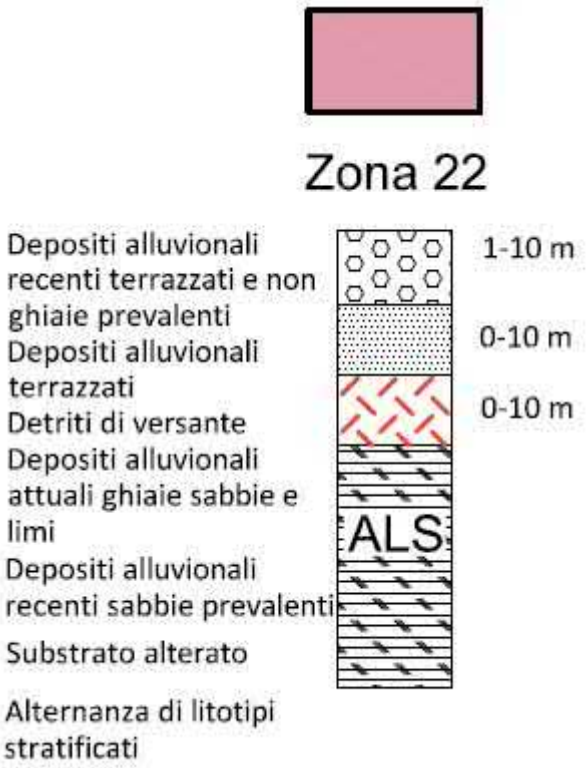
ZONA 2020:



ZONA 2021:



ZONA 2022:



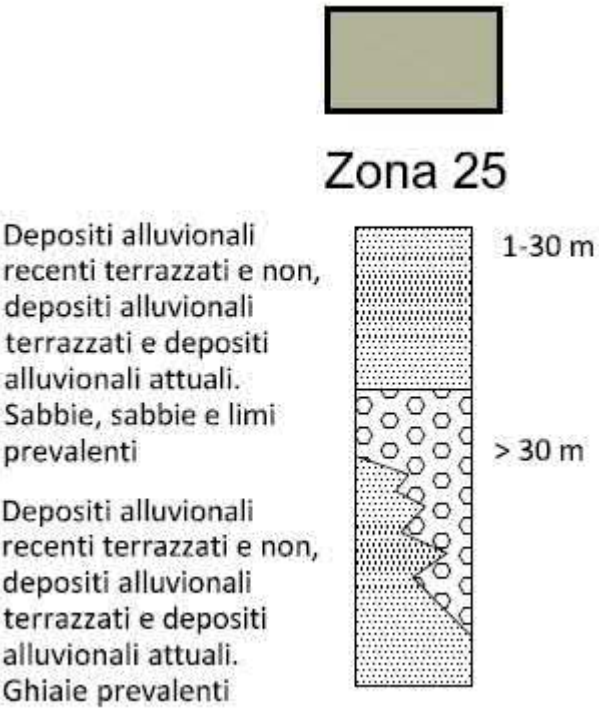
ZONA 2023:



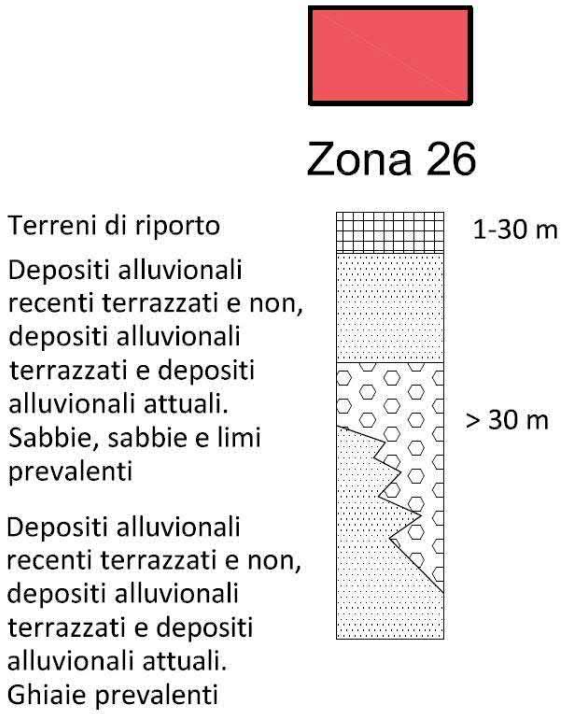
ZONA 2024:



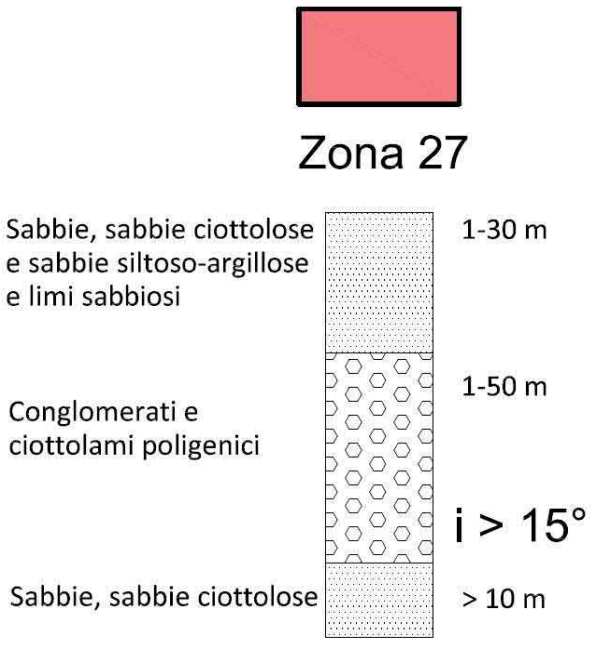
ZONA 2025:



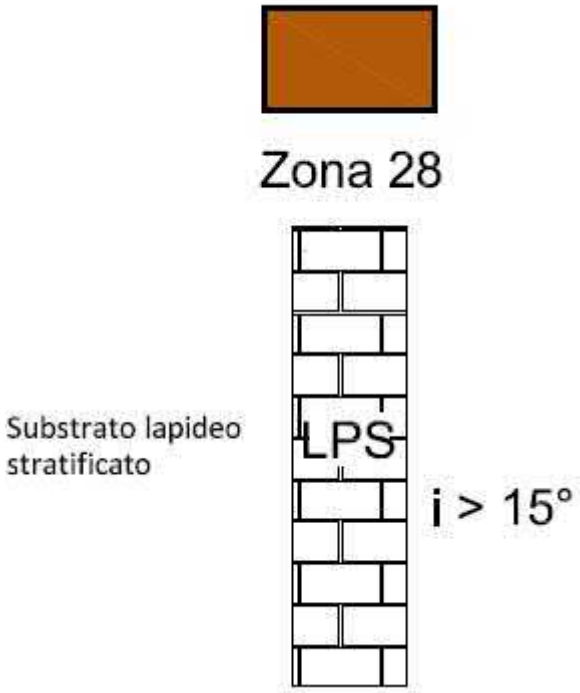
ZONA 2026:



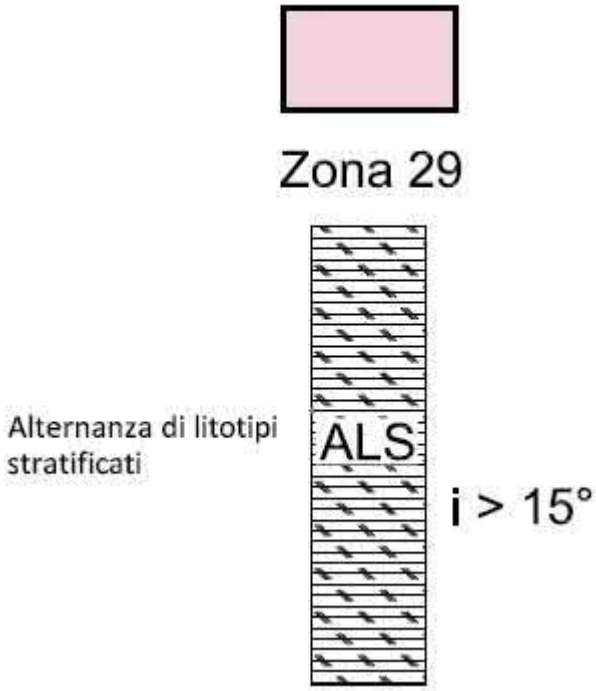
ZONA 2027:



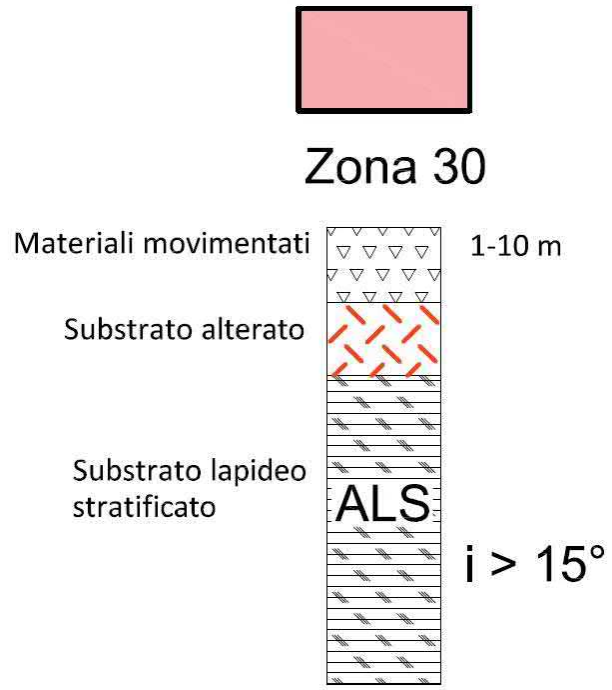
ZONA 2028:



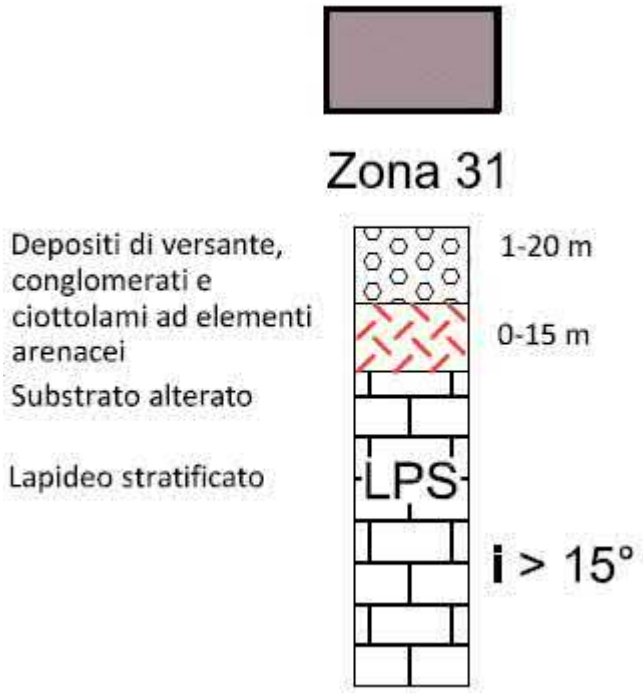
ZONA 2029:



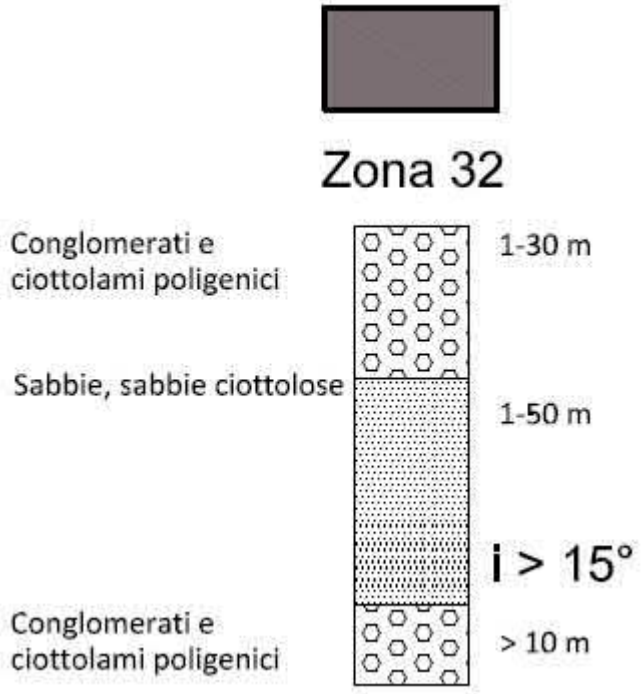
ZONA 2030:



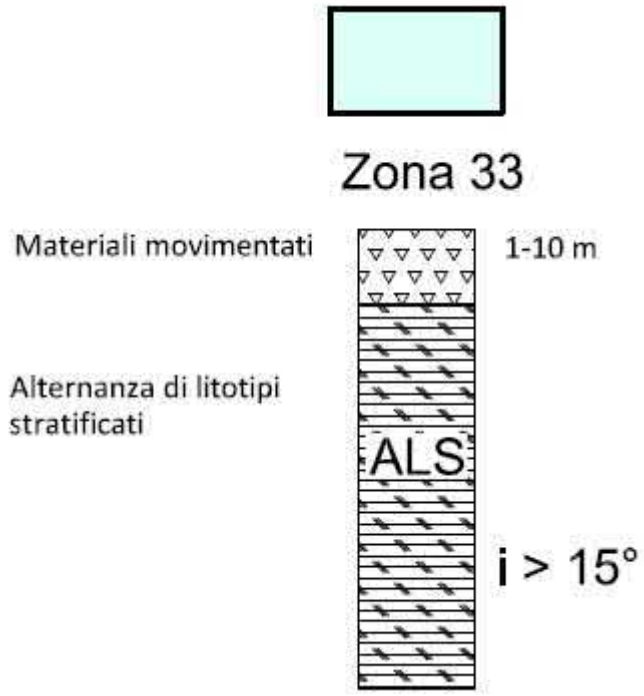
ZONA 2031:



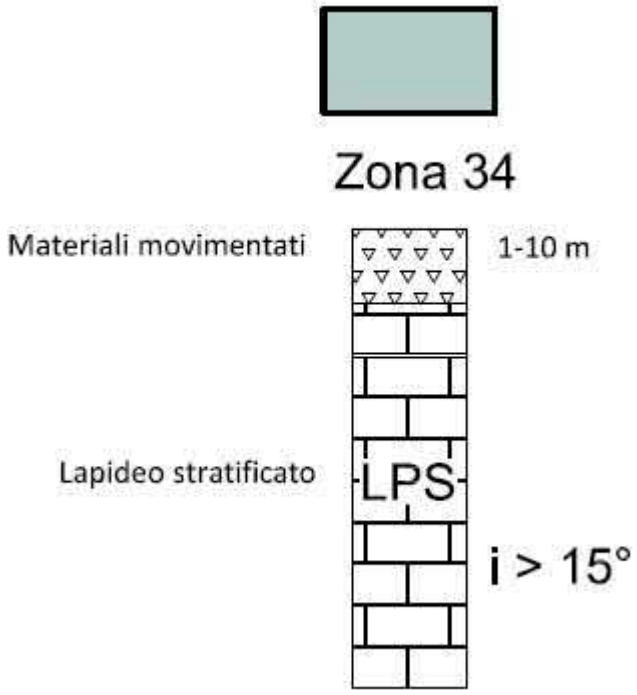
ZONA 2032:



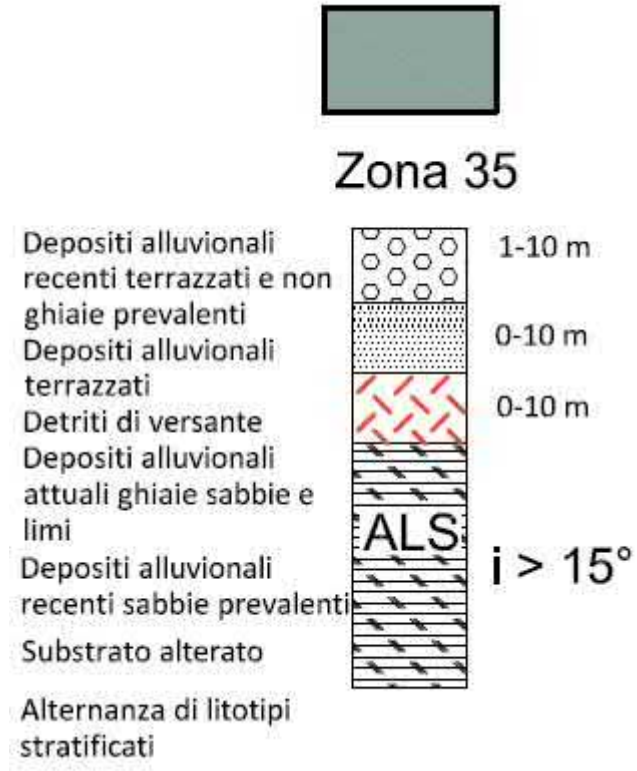
ZONA 2033:



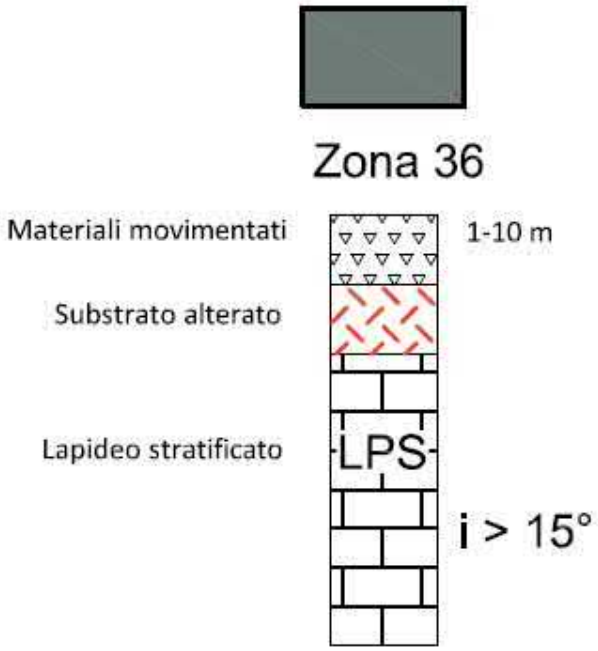
ZONA 2034:



ZONA 2035:

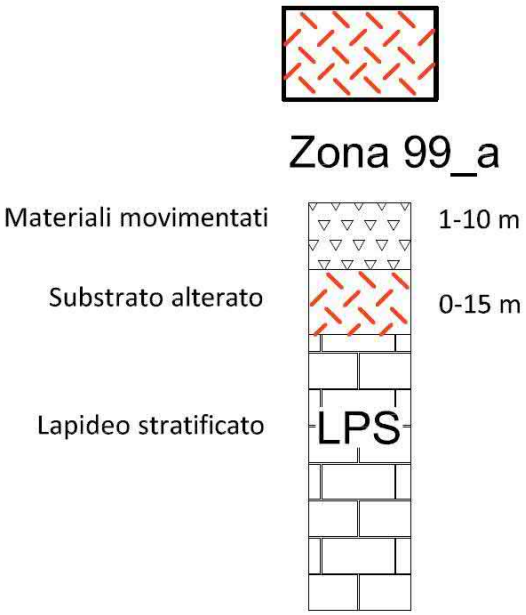


ZONA 2036:

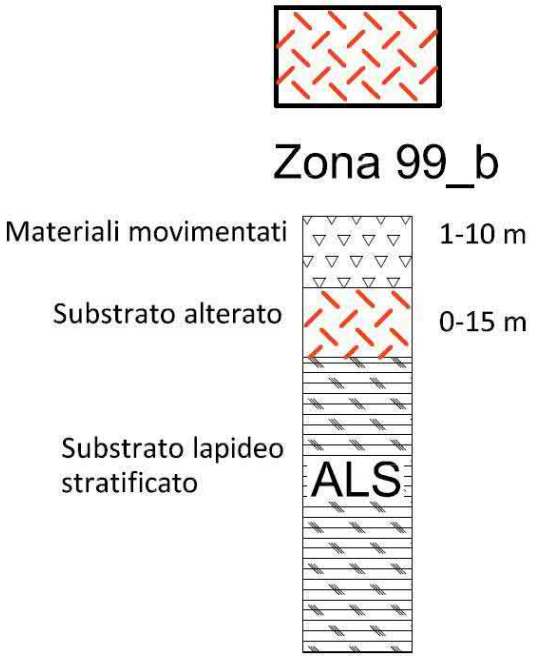


Al fine di fornire maggiori informazioni riguardo alcune aree, abbiamo suddiviso la zona 2099 caratterizzata da substrato fratturato in ulteriori 3 zone:

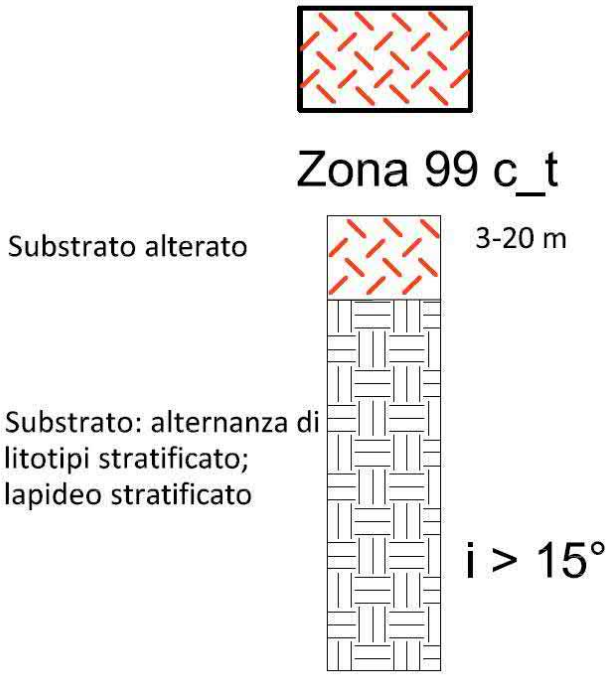
ZONA 2099_a:



ZONA 2099_b:



ZONA 2099_c_t:



Tali informazioni riguardano frane su substrati fratturati di diverse tipologie, nel nostro caso ALS e LPS, e substrati fratturati caratterizzati da pendenze maggiori di 15°.

6.4.3 Zone di attenzione per instabilità

Le zone di attenzione per instabilità cartografate nell'area oggetto di studio sono riferibili ad un unico tipo di instabilità riferibile a fenomeni di instabilità gravitativa.

Per quanto riguarda le zone di instabilità per liquefazione non abbiamo trovato nessuna prova dell'insorgenza di tale problematica e anche le CPTu eseguite hanno dato tutte risultati negativi ai fini della problematica.

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 3012xxxx: si tratta di instabilità di versante per scorrimento e stato di attività attivo. Questo movimento è stato cartografato sulle zone 2001, 2002, 2006, 2031, 2034, 2036 e 2099.

ZONA 3013xxxx: si tratta di instabilità di versante per colamento e stato di attività attivo. Questo movimento è stato cartografato sulle zone 2001, 2002, 2006, 2008, 2031, 2034, 2036 e 2099.

ZONA 3015xxxx: si tratta di instabilità di versante a movimento non definito e stato di attività attivo. Questo movimento è stato cartografato sulle zone 2001, 2002, 2005, 2008, 2012, 2014, 2015, 2022, 2030, 2031, 2033, 2034, 2035, 2036 e 2099.

ZONA 3023xxxx: si tratta di instabilità di versante per colamento e stato di attività quiescente. Questo movimento è stato cartografato sulle zone 2005 e 2022.

ZONA 3025xxxx: si tratta di instabilità di versante a movimento non definito e stato di attività quiescente. Questo movimento è stato cartografato sulle zone 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014 2015, 2022, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036 e 2099.

ZONA 3045xxxx: si tratta di instabilità di versante a movimento non definito e stato di attività non definito. Questo movimento è stato cartografato sulle zone 2034 e 2099.

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		> 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 (Albarello *et alii*)*	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. Puzzilli - 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, vista la difficoltà di suddivisione del territorio per centri abitati ben distinti l'uno dall'altro, per tre macroaree riconoscibili in carta.

-**PICCOLI CENTRI A NORD DELLA PIANA (AREA APPENNINICA)**:

percentuale ottenuta 51.42 %; **Classe B**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.00
Sond. Car. Cont.	0.33
Ind. Geofisiche	0.16
Altre prove	0.00
Frequenze di sito	0.58
FQ	51.42

-PIANA E RACCORDO DELLA PIANA:

percentuale ottenuta 61.01 %; **Classe B**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.22
Sond. Car. Cont.	0.33
Ind. Geofisiche	0.22
Altre prove	0.11
Frequenze di sito	0.58

FQ 61.01

-PICCOLI CENTRI A SUD DELLA PIANA (AREA MONTE SERRA):

percentuale ottenuta 63.37 %; **Classe B**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.16
Sond. Car. Cont.	0.33
Ind. Geofisiche	0.33
Altre prove	0.16
Frequenze di sito	0.58

FQ 63.73

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	³ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana

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.

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.

Appare chiaro come il riattivarsi di fenomeni franosi possa 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 FA0105, FA0408 e FA0711 sono stati usati gli abachi proposti dalla Regione Toscana ed in particolare i “Toscana Interna”. Non avendo microzonato aree con ag/g > 0.15 abbiamo chiaramente scelto i due abachi relativi all’ accelerazione

inferiore:

Area di transizione (Substrato sismico > 30m)

Valore di ag (Tr=475 anni) < 0.15g

FA 0.1 < T < 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	1.0	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
≥800	1.0	1.0	1.0					1.2	1.1	1.0

FA 0.4 < T < 0.8 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	1.5	1.9	2.3							1.8
300	1.4	1.8	2.1	1.8	1.7	1.5	1.7	1.7	1.8	1.7
500	1.2	1.6	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.6	1.6	1.5
700	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.2
≥800	1.0	1.2	1.2					1.1	1.1	1.1

FA 0.7 < T < 1.1 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	2.0	2.5	2.1							2.2
300	1.5	2.0	1.6	1.7	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8
500	1.2	1.7	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5
700	1.1	1.4	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
≥800	1.1	1.3	1.1					0.9	1.0	1.2

CLASSI

velocità (m/s)	
Vs<200	
300	200≤Vs<400
500	400≤Vs<600
700	600≤Vs<800
Vs≥800	

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	

Area di transizione (Substrato sismico ≤ 30m)

Valore di ag (Tr=475 anni) < 0.15g

FA 0.1 < T < 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	1.5	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										

FA 0.4 < T < 0.8 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	1.3	2.3	2.4	1.9	1.5	1.3	1.3	1.2	1.1	2.2
300	1.0	2.1	2.2	1.8	1.4	1.2	1.2	1.2	1.1	1.9
500			1.6	1.5	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
700					1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 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	2.0	2.4	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	2.0
300	1.6	2.0	1.5	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.3
500			1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
700					1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
≥800										

CLASSI

velocità (m/s)	
Vs<200	
300	200≤Vs<400
500	400≤Vs<600
700	600≤Vs<800
Vs≥800	

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	

ABACHI

1: substrato > 30m e < 0,150 g

2: substrato < 30 m e < 0,150 g

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_{media} (scelta tra quelle che davano il coefficiente di amplificazione più prudenziale) e della frequenza di sito f0 (scelta tra quelle che davano il coefficiente di amplificazione più prudenziale).

ZONA	AREA	ABACO	HVSR nome	HVSR ID_SPU	f0	MASW nome	MASW ID_SLN	VS30-VSEQ	VS abaco	f0 abaco	FA0105	FA0408	FA0711	Ft	CAT
1011	MATRAIA		HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1		A
2001	MATRAIA	2	HVSR4	P151	10.7	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1		B
2004	MATRAIA	2	HVSR4	P151	10.7	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1	1.2	B
2006	MATRAIA	2	HVSR11	P158	NO PICCO (A0)	MASW17	L25	220	300	>8	1.5	1.1	1		C
2006	MATRAIA	2	HVSR11	P158	NO PICCO (A0)	MASW17	L25	220	300	75	1.8	1.9	1.3		C
2099_a	MATRAIA	2	HVSR4	P151	10.7	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1		B
2028	MATRAIA		HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1	1.2	A
2099_c_t	MATRAIA	2	HVSR4	P151	10.7	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1	1.2	B
2031	MATRAIA	2	HVSR4	P151	10.7	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1	1.2	B
2034	MATRAIA	2	HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				700	75	1.2	1.1	1	1.2	B
2036	MATRAIA	2	HVSR7	P154	10.5	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1	1.2	B
2036	MATRAIA	2	HVSR7	P154	10.5	MASW20	L28	412	500	75	1.3	1.1	1	1.2	B
2099	MATRAIA	2	HVSR4	P151	10.7	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1		B
2099_a	VALGIANO	2	HVSR9	P156	6.1	MASW2	L24	332	300	5.5	1.8	1.2	1.1		C
2099_c_t	VALGIANO	2	HVSR9	P156	6.1	MASW2	L24	332	300	5.5	1.8	1.2	1.1		C
2031	VALGIANO	2	HVSR4	P151	10.7	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1	1.2	B
2036	VALGIANO	2	HVSR9	P156	6.1	MASW2	L24	332	300	5.5	1.8	1.2	1.1	1.2	C
1011	SAN PIETRO A MARCIGLIANO		HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				>800	>8	1	1	1		A
2006	SAN PIETRO A MARCIGLIANO	2	HVSR11	P158	NO PICCO (A0)	MASW17	L25	220	300	>8	1.5	1.1	1		C
2028	SAN PIETRO A MARCIGLIANO		HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1	1.2	A
2031	SAN PIETRO A MARCIGLIANO	2	HVSR4	P151	10.7	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1	1.2	B
2034	SAN PIETRO A MARCIGLIANO	2	HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				700		1.2	1.1	1	1.2	B
1011	SANT' ANDREA IN CAPRILE		HVSR13	P160	17.8				>800	>8	1	1	1		A
2006	SANT' ANDREA IN CAPRILE	2	HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				700	75	1.2	1.1	1		B
2099_a	SANT' ANDREA IN CAPRILE	2	HVSR14	P161	7	MASW19	L27	435	500	75	1.3	1.1	1		B
2028	SANT' ANDREA IN CAPRILE		HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1	1.2	A
2099_c_t	SANT' ANDREA IN CAPRILE	2	HVSR14	P161	7	MASW19	L27	435	500	75	1.3	1.1	1	1.2	B
2034	SANT' ANDREA IN CAPRILE	2	HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				700	75	1.2	1.1	1	1.2	B
2036	SANT' ANDREA IN CAPRILE	2	HVSR14	P161	7	MASW19	L27	435	500	75	1.3	1.1	1	1.2	B
2099	SANT' ANDREA IN CAPRILE	2	HVSR14	P161	7	MASW19	L27	435	500	75	1.3	1.1	1		B
1011	TOFORI		HVSR15	P162	NO PICCO (A0)				>800	>8	1	1	1		A
2001	TOFORI	2	HVSR4	P151	10.7	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1		B
2006	TOFORI	2	HVSR11	P158	NO PICCO (A0)	MASW17	L25	220	300	>8	1.5	1.1	1		C
2028	TOFORI		HVSR15	P162	NO PICCO (A0)				>800	>8	1	1	1	1.2	A
2031	TOFORI	2	HVSR4	P151	10.7	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1		B
2034	TOFORI	2	HVSR15	P162	NO PICCO (A0)				700	75	1.2	1.1	1	1.2	B

ZONA	AREA	ABACO	HVSR nome	HVSR ID_SPU	f0	MASW nome	MASW ID_SLN	VS30-VSEQ	VS abaco	f0 abaco	FA0105	FA0408	FA0711	Ft	CAT
2001	PETROGNANO	2	HVSR17	P164	6	MASW15	L23	546	500	6.5	1.4	1.1	1		B
2036	PETROGNANO	2	HVSR9	P156	6.1	MASW2	L24	332	300	6.5	1.8	1.2	1.1	1.2	C
1011	PETROGNANO		HVSR18	P165	NO PICCO (AO)				>800		1	1	1		A
2006	PETROGNANO	2	HVSR18	P165	NO PICCO (AO)				700	75	1.2	1.1	1		B
2099_a	PETROGNANO	2	HVSR14	P161	7	MASW19	L27	435	500	7.5	1.5	1.1	1		B
2028	PETROGNANO		HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				>800	>8	1	1	1	1.2	A
2099_c_t	PETROGNANO	2	HVSR4	P151	10.7	MASW20	L28	412	500	>8	1.3	1.1	1	1.2	B
2031	PETROGNANO	2	HVSR17	P164	6	MASW15	L23	546	500	6.5	1.4	1.1	1	1.2	B
2034	PETROGNANO	2	HVSR18	P165	NO PICCO (AO)				700	75	1.2	1.1	1	1.2	B
1011	COLLODI		HVSR15	P162	NO PICCO (A0)				>800	>8	1	1	1		A
2001	COLLODI	2	HVSR20	P167	13.2			700	700	>8	1.2	1	1		B
2003	COLLODI	2	HVSR20	P167	13.2			700	700	>8	1.2	1	1		B
2031	COLLODI	2	HVSR20	P167	13.2			700	700	>8	1.2	1	1		B
1011	MAZZARACCHIO		HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1		A
2001	MAZZARACCHIO	2	HVSR22	P169	19.4 (TROPPO ALTO)			700	700	>8	1.2	1	1		B
2003	MAZZARACCHIO	2	HVSR20	P167	13.2			700	700	>8	1.2	1.1	1		B
2006	MAZZARACCHIO	2	HVSR11	P158	NO PICCO (A0)	MASW17	L25	220	300	>8	1.5	1.1	1		C
2007	MAZZARACCHIO	2	HVSR17	P164	6	MASW15	L23	546	500	6.5	1.4	1.1	1		B
2009	MAZZARACCHIO	2	HVSR38	P185	2.8	MASW27	L35	482	500	2.5	1.5	1.6	1.3		B
2010	MAZZARACCHIO	2	HVSR38	P185	2.8	MASW27	L35	482	500	2.5	1.5	1.6	1.3		B
2011	MAZZARACCHIO	2	HVSR38	P185	2.8	MASW27	L35	482	500	2.5	1.5	1.6	1.3		B
2017	MAZZARACCHIO	2	HVSR17	P164	6	MASW15	L23	546	500	6.5	1.4	1.1	1	1.2	B
2028	MAZZARACCHIO		HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1	1.2	A
2031	MAZZARACCHIO	2	HVSR22	P169	19.4 (TROPPO ALTO)			700	700	>8	1.2	1	1	1.2	B
2034	MAZZARACCHIO	2	HVSR18	P165	NO PICCO (AO)				700	75	1.2	1.1	1	1.2	B
2027	MAZZARACCHIO	1	HVSR28	P175	2.5	MASW-ESAC11	L19	483	500	2.5	1.5	1.7	1.4		B
2002	LAPPATO	1	HVSR28	P175	2.5	MASW-ESAC11	L19	483	500	2.5	1.5	1.7	1.4		B
2008	LAPPATO	1	HVSR28	P175	2.5	MASW-ESAC11	L19	483	500	2.5	1.5	1.7	1.4		B
2012	LAPPATO	1	HVSR23	P170	NO PICCO	MASW-ESAC7	L15	361	300	75	1.4	1.7	1.8		B
2013	LAPPATO	1	HVSR23	P170	NO PICCO	MASW-ESAC7	L15	361	300	75	1.4	1.7	1.8		B
2014	LAPPATO	1	HVSR23	P170	NO PICCO	MASW-ESAC7	L15	361	300	75	1.4	1.7	1.8		B
2015	LAPPATO	1	HVSR23	P170	NO PICCO	MASW-ESAC7	L15	361	300	75	1.4	1.7	1.8		B
2027	LAPPATO	1	HVSR28	P175	2.5	MASW-ESAC11	L19	483	500	2.5	1.5	1.7	1.4	1.2	B
2008	GRAGNANO	1	HVSR25	P172	6.2	MASW-ESAC11	L19	483	500	6.5	1.5	1.4	1.4		B
2013	GRAGNANO	1	HVSR24	P171	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC11	L19	483	500	75	1.4	1.5	1.5		B
2015	GRAGNANO	1	HVSR24	P171	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC11	L19	483	500	75	1.4	1.5	1.5		B
2002	GRAGNANO	1	HVSR25	P172	6.2	MASW-ESAC11	L19	483	500	6.5	1.5	1.4	1.4		B
2012	GRAGNANO	1	HVSR24	P171	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC11	L19	483	500	75	1.4	1.5	1.5		B
2014	GRAGNANO	1	HVSR24	P171	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC11	L19	483	500	75	1.4	1.5	1.5		B
2032	GRAGNANO	1	HVSR25	P172	6.2	MASW-ESAC11	L19	483	500	6.5	1.5	1.4	1.4	1.2	B

ZONA	AREA	ABACO	HVSR nome	HVSR ID_SPU	f0	MASW nome	MASW ID_SLN	VS30-VSEQ	VS abaco	f0 abaco	FA0105	FA0408	FA0711	Ft	CAT
1011	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO		HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1		A
2001	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	2	HVSR21	P168	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC13	L21	431	500	75	1.4	1.1	1		B
2002	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	1	HVSR25	P172	6.2	MASW-ESAC11	L19	483	500	6.5	1.5	1.4	1.4		B
2003	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	2	HVSR20	P167	13.2			700	700	>8	1.2	1	1		B
2006	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	2	HVSR11	P158	NO PICCO (A0)	MASW17	L25	220	300	>8	1.5	1.1	1		C
2007	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	2	HVSR17	P164	6	MASW15	L23	546	500	6.5	1.4	1.1	1		B
2008	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	1	HVSR32	P179	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC11	L19	483	500	75	1.4	1.5	1.5		B
2009	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	2	HVSR39	P186	NO PICCO (A0)	MASW27	L35	482	500	75	1.4	1.1	1		B
2010	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	2	HVSR38	P185	2.8	MASW27	L35	482	500	2.5	1.5	1.6	1.3		B
2011	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	2	HVSR38	P185	2.8	MASW27	L35	482	500	2.5	1.5	1.6	1.3		B
2012	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	1	HVSR33	P180	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC14	L22	329	300	75	1.4	1.7	1.8		C
2013	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	1	HVSR33	P180	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC14	L22	329	300	75	1.4	1.7	1.8		C
2014	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	1	HVSR51	P198	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC14	L22	329	300	75	1.4	1.7	1.8		C
2028	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO		HVSR2	P149	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1	1.2	A
2031	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	2	HVSR21	P168	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC13	L21	431	500	75	1.4	1.1	1	1.2	B
2034	SEGROMIGNO IN MONTE - SAN COLOMBANO	2	HVSR15	P162	NO PICCO (A0)				700	75	1.2	1.1	1	1.2	B
2001	MARLIA - CAPANNORI	2	HVSR21	P168	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC13	L21	431	500	75	1.4	1.1	1		B
2007	MARLIA - CAPANNORI	2	HVSR17	P164	6	MASW15	L23	546	500	6.5	1.4	1.1	1		B
2009	MARLIA - CAPANNORI	2	HVSR39	P186	NO PICCO (A0)	MASW27	L35	482	500	75	1.4	1.1	1		B
2010	MARLIA - CAPANNORI	2	HVSR38	P185	2.8	MASW27	L35	482	500	2.5	1.5	1.6	1.3		B
2012	MARLIA - CAPANNORI	1	HVSR33	P180	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC14	L22	329	300	75	1.4	1.7	1.8		C
2015	MARLIA - CAPANNORI	1	HVSR33	P180	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC14	L22	329	300	75	1.4	1.7	1.8		C
2016	MARLIA - CAPANNORI	1	HVSR52	P199	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC9	L17	354	300	75	1.4	1.7	1.8		C
2018	MARLIA - CAPANNORI	1	HVSR52	P199	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC9	L17	354	300	75	1.4	1.7	1.8		C
2019	MARLIA - CAPANNORI	1	HVSR40	P185	8.5	MASW4	L26	299	300	>8	1.8	1.8	1.7		C
2018	LAMMARI	1	HVSR55	P202	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC10	L18	389	300	75	1.4	1.7	1.8		B
2018	CAMIGLIANO	1	HVSR30	P177	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC8	L16	367	300	75	1.4	1.7	1.8		B
2018	SEGROMIGNO IN PIANO	1	HVSR56	P203	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC8	L16	367	300	75	1.4	1.7	1.8		B
2018	LUNATA	1	HVSR63	P210	NO PICCO (A0)	MASW-ESAC10	L18	389	300	75	1.4	1.7	1.8		B
2025	CAPANNORI	1	HVSR75	P222	4.8	MASW-ESAC12	L20	364	300	4.5	1.7	1.7	1.5		C
2025	VERCIANO	1	HVSR75	P222	4.8	MASW-ESAC12	L20	364	300	4.5	1.7	1.7	1.5		C
2025	CARRAIA	1	HVSR75	P222	4.8	MASW-ESAC12	L20	364	300	4.5	1.7	1.7	1.5		C
2026	CARRAIA	1	HVSR86	P233	5.4	MASW-ESAC13	L21	364	300	4.5	1.7	1.7	1.5		C

ZONA	AREA	ABACO	HVSR nome	HVSR ID_SPU	f0	MASW nome	MASW ID_SLN	VS30-VSEQ	VS abaco	f0 abaco	FA0105	FA0408	FA0711	Ft	CAT
1041	COLOGNORA DI COMPITO		HVSR134	P281	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1		A
2001	COLOGNORA DI COMPITO	2	HVSR96	P243	11.5	MASW21	L29	261	300	>8	1.5	1.1	1		C
2003	COLOGNORA DI COMPITO	2	HVSR95	P242	2.9	MASW21	L29	261	300	2.5	1.8	2.2	1.5		C
2005	COLOGNORA DI COMPITO	2	HVSR134	P281	NO PICCO (A0)				700	75	1.2	1.1	1		B
2021	COLOGNORA DI COMPITO	2	HVSR125	P272	2.8	MASW26	L34	270	300	2.5	1.8	2.2	1.5		C
2022	COLOGNORA DI COMPITO	2	HVSR126	P273	8.4	MASW21	L29	261	300	>8	1.5	1.1	1		C
2099_a	COLOGNORA DI COMPITO	2	HVSR117	P264	12.4	MASW22	L30	296	300	>8	1.5	1.1	1		C
2099_c_t	COLOGNORA DI COMPITO	2	HVSR117	P264	12.4	MASW26	L34	270	300	>8	1.5	1.1	1		C
2031	COLOGNORA DI COMPITO	2	HVSR96	P243	11.5	MASW21	L29	261	300	>8	1.5	1.1	1		C
2099	COLOGNORA DI COMPITO	2	HVSR117	P264	12.4	MASW26	L34	270	300	>8	1.5	1.1	1		C
1011	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO		HVSR142	P289	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1		A
1041	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO		HVSR134	P281	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1		A
2001	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR96	P243	11.5	MASW21	L29	261	300	>8	1.5	1.1	1		C
2002	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR96	P243	11.5	MASW21	L29	261	300	>8	1.5	1.1	1		C
2003	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR95	P242	2.9	MASW21	L29	261	300	2.5	1.8	2.2	1.5		C
2006	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3		C
2011	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR95	P242	2.9	MASW21	L29	261	300	2.5	1.8	2.2	1.5		C
2021	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR125	P272	2.8	MASW26	L34	270	300	2.5	1.8	2.2	1.5		C
2022	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR126	P273	8.4	MASW21	L29	261	300	>8	1.5	1.1	1		C
2023	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR120	P267	NO PICCO (A0)	MASW21	L29	261	300	75	1.8	1.9	1.3		C
2024	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR120	P267	NO PICCO (A0)	MASW21	L29	261	300	75	1.8	1.9	1.3		C
2099_a	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3		C
2028	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO		HVSR142	P289	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1	1.2	A
2099_c_t	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3	1.2	C
2031	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR96	P243	11.5	MASW21	L29	261	300	>8	1.5	1.1	1	1.2	C
2034	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3	1.2	C
2036	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3	1.2	C
2099	SAN LEONARDO IN TREPONZIO - SAN GINESE DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3		C
1041	PIEVE DI COMPITO - SAN'T ANDREA DI COMPITO		HVSR135	P282	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1		A
2005	PIEVE DI COMPITO - SAN'T ANDREA DI COMPITO	2	HVSR112	P259	2				700	75	1.2	1.1	1		B
2021	PIEVE DI COMPITO - SAN'T ANDREA DI COMPITO	2	HVSR108	P255	19.6	MASW26	L34	270	300	>8	1.5	1.1	1		C
2022	PIEVE DI COMPITO - SAN'T ANDREA DI COMPITO	2	HVSR106	P253	5.6	MASW25	L33	482	500	5.5	1.6	1.2	1.1		B
2024	PIEVE DI COMPITO - SAN'T ANDREA DI COMPITO	2	HVSR110	P257	14.7	MASW25	L33	482	500	>8	1.3	1.1	1		B
2099_b	PIEVE DI COMPITO - SAN'T ANDREA DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3		C
2029	PIEVE DI COMPITO - SAN'T ANDREA DI COMPITO		HVSR112	P259	2				>800	2.5	1	1	1	1.2	A
2099_c_t	PIEVE DI COMPITO - SAN'T ANDREA DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3	1.2	C
2035	PIEVE DI COMPITO - SAN'T ANDREA DI COMPITO	2	HVSR106	P253	5.6	MASW25	L33	482	500	5.5	1.6	1.2	1.1	1.2	B
2030	PIEVE DI COMPITO - SAN'T ANDREA DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3	1.2	C
2099	PIEVE DI COMPITO - SAN'T ANDREA DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3		C

ZONA	AREA	ABACO	HVSR nome	HVSR ID_SPU	f0	MASW nome	MASW ID_SLN	VS30-VSEQ	VS abaco	f0 abaco	FA0105	FA0408	FA0711	Ft	CAT
2005	COLLE DI COMPITO - RUOTA - CASTELVECCHIO DI COMPITO	2	HVSR135	P282	NO PICCO (A0)				700	75	1.2	1.1	1		B
2020	COLLE DI COMPITO - RUOTA - CASTELVECCHIO DI COMPITO	2	HVSR125	P272	2.8	MASW28	L36	279	300	2.5	1.8	2.2	1.5		C
2021	COLLE DI COMPITO - RUOTA - CASTELVECCHIO DI COMPITO	2	HVSR125	P272	2.8	MASW28	L36	279	300	2.5	1.8	2.2	1.5		C
2022	COLLE DI COMPITO - RUOTA - CASTELVECCHIO DI COMPITO	2	HVSR126	P273	8.4	MASW21	L29	261	300	>8	1.5	1.1	1		C
2099_b	COLLE DI COMPITO - RUOTA - CASTELVECCHIO DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3		C
2029	COLLE DI COMPITO - RUOTA - CASTELVECCHIO DI COMPITO		HVSR112	P259	2				>800		1	1	1	1.2	A
2099_c_t	COLLE DI COMPITO - RUOTA - CASTELVECCHIO DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3	1.2	C
2033	COLLE DI COMPITO - RUOTA - CASTELVECCHIO DI COMPITO	2							700	75	1.2	1.1	1	1.2	B
2035	COLLE DI COMPITO - RUOTA - CASTELVECCHIO DI COMPITO	2	HVSR101	P248	NO PICCO (A0)	MASW24	L32	240	300	75	1.8	1.9	1.3	1.2	C
2030	COLLE DI COMPITO - RUOTA - CASTELVECCHIO DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3	1.2	C
2099	COLLE DI COMPITO - RUOTA - CASTELVECCHIO DI COMPITO	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3		C
1041	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA		HVSR135	P282	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1		A
2005	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA	2	HVSR135	P282	NO PICCO (A0)				700	75	1.2	1.1	1		B
2021	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA	2	HVSR125	P272	2.8	MASW28	L36	279	300	2.5	1.8	2.2	1.5		C
2022	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA	2	HVSR140	P287	2.3	MASW28	L36	279	300	2.5	1.8	2.2	1.5		C
2023	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA	2	HVSR125	P272	2.8	MASW28	L36	279	300	2.5	1.8	2.2	1.5		C
2024	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA	2	HVSR137	P284	2.2	MASW22	L30	296	300	5.5	1.8	1.2	1.1		C
2099_b	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA	2	HVSR106	P253	5.6	MASW25	L33	482	500	5.5	1.6	1.2	1.1		B
2029	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA		HVSR135	P282	NO PICCO (A0)				>800		1	1	1	1.2	A
2099_c_t	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3	1.2	C
2033	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA	2							700	75	1.2	1.1	1	1.2	B
2035	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA	2	HVSR136	P283	5.8	MASW22	L30	296	300	5.5	1.8	1.2	1.1	1.2	C
2030	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA	2	HVSR106	P253	5.6	MASW25	L33	482	500	5.5	1.6	1.2	1.1	1.2	B
2099	GUAMO - VORNO - MASSA MACINAIA	2	HVSR115	P262	3	MASW22	L30	296	300	3.5	2.1	1.8	1.3		C

Poiché alcuni coefficienti di amplificazione relativi ad aree “instab” risultavano uguali ad 1 dall’incrocio delle velocità e delle frequenze fondamentali di vibrazione, siamo stati costretti a riportarlo sullo shape e quindi in carta con valore di 1.1.

Questo si è reso necessario poiché gli standard non prevedono un coefficiente di 1 per aree che non siano “stab”.

Sono state quindi redatte 3 carte di Microzonazione Sismica in base ai fattori FA0105, FA0408 e FA0711.

Esclusivamente per la Regione Toscana è stata redatta anche una carta di Microzonazione Sismica FAMAX.

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.

7. Risultati e Conclusioni

Il progetto di Microzonazione Sismica di Secondo livello del Comune di Capannori 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 del Piano Strutturale Comunale. 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 Capannori è stata eseguita una campagna di misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR) raccogliendo 145 nuove acquisizioni.

Tutte le prove sono state riportate nella “Carta delle frequenze fondamentali dei depositi” classificandole in base alla frequenza fondamentale f0 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:

- **39 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 Mw >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 Vsh se il substrato è meno profondo di 30 metri, e il relativo picco derivante dalle misure di rumore H/V.

Vista la morfologia del territorio e i risultati delle indagini eseguite non crediamo che il Comune di Capannori possa aver bisogno del Terzo Livello di Approfondimento.

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 accordino 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'Appenino 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 GeophysicalResearch, 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 Pialli 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 Northen 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". Kluw Accad. Pubb. 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: kinemati relation since Late Tortonia 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 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, 28.08.2020