



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE
TOSCANA



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME



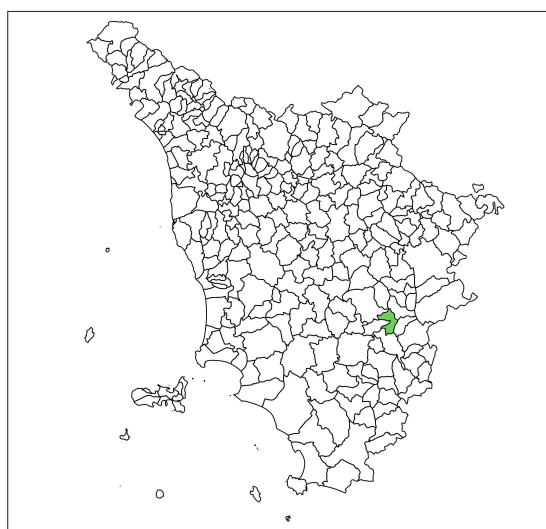
Attuazione dell'art. 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione tecnico-illustrativa

Regione Toscana

Comune di Trequanda



<p>Coordinamento studi sismici</p> <p>UTC Comune di Trequanda Geom. Luca Cortonesi</p>	<p>Con il supporto e la collaborazione di:</p> <p>Geologica Toscana</p> <p>Dott.ssa Aurora Martini</p> <p>Regione Toscana Servizio Sismico Regionale</p>	<p>Data:</p> <p>06.06.2018</p>
--	--	--------------------------------

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	3
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	14
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	14
3.2 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	15
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	18
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	19
6. ELABORATI CARTOGRAFICI	20
6.1 CARTA DELLE INDAGINI	20
6.2 CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI	20
6.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	23
6.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	28
6.5 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTOGRAFIA.....	41
7. RISULTATI E CONCLUSIONI.....	44
8. BIBLIOGRAFIA.....	46

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 primo livello ha come fine principale la raccolta di tutti i dati geologici provenienti da lavori pubblici e privati al fine di definire un modello unitario del sottosuolo per individuare, in via preliminare, con criteri speditivi le zone a più elevato rischio sismico da sottoporre in seguito a studi particolareggiati.

Il Comune di Trequanda – Area Manutenzione, ambiente, patrimonio e pianificazione urbanistica ha aderito al progetto di Microzonazione e a tal fine, sono state individuate delle aree su cui concentrare gli studi, rappresentate da Trequanda, Castelmuzio e Petroio.

Il territorio comunale era già stato investigato dal punto di vista sismico in diverse fasi precedenti a quella che poi ha generato il presente studio e tali indagini sono state parte integrante per lo studio di Microzonazione nel suo complesso.

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

Per la redazione della cartografia necessaria allo studio di MS1 ci siamo avvalsi delle carte geologica e geomorfologica del Nuovo Piano Strutturale redatte dal Dott. Geol. Francesco Agnelli.

La base topografica utilizzata per la redazione degli elaborati cartografici, è la CTR scala 1:10.000 della Regione Toscana.

Il lavoro è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Raccolta delle indagini pregresse presso l'ufficio tecnico del comune di Trequanda;
- 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).

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 4.0b.

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

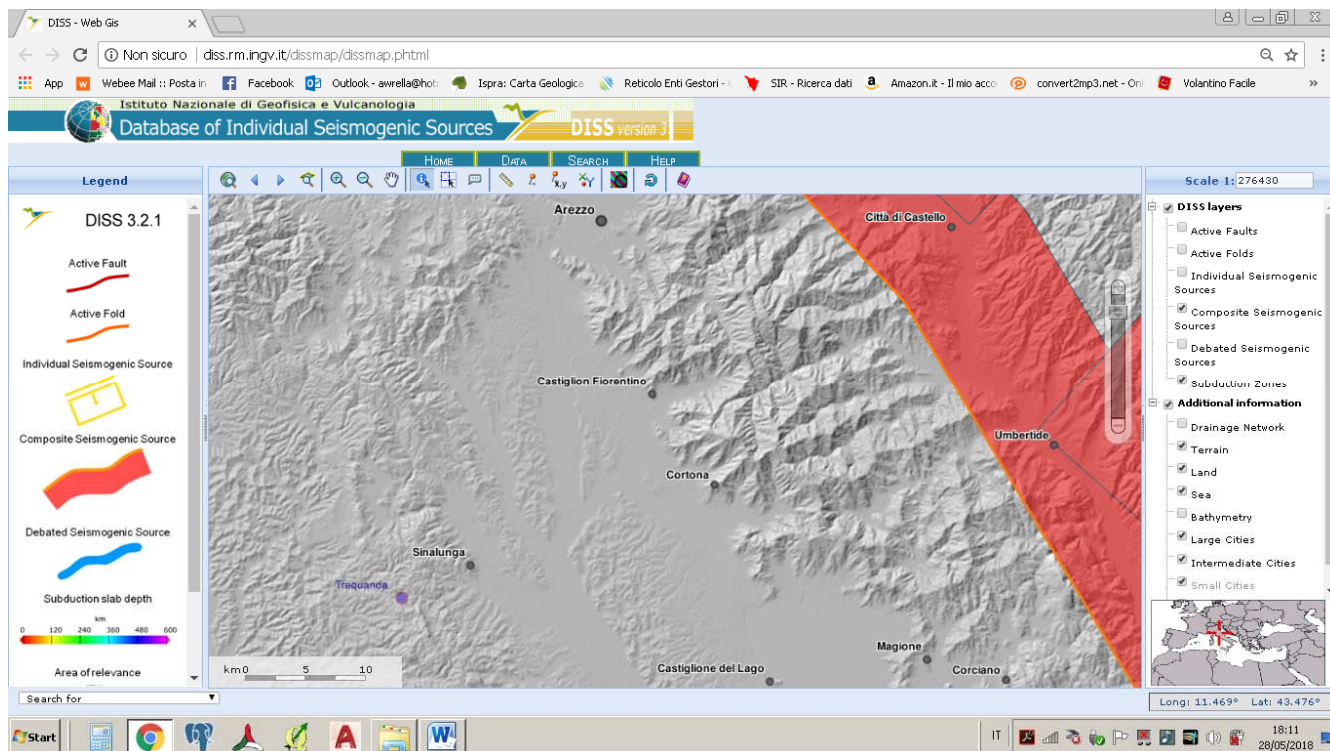
Ai sensi della Classificazione Sismica del Territorio Regionale Toscano – Ord. PCM 3.519 – Delib. G.R. n° 431 del 19/06/2006 – e successive modificazioni e integrazioni, il Comune di Trequanda è censito tra le aree a sismicità 3 ($0,125 < A_g/g < 0,150$).

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

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

Dal progetto DISS_3.2.1 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si nota ancor meglio come le faglie attive, le sorgenti sismogenetiche individuali e le sorgenti sismogenetiche composite siano posizionate tutte a Est-Nord Est del territorio comunale in questione.

In particolare è da mettere in luce un importante sistema fessurativo "*Composite Seismogenic Sources*", che prende il nome di ITCS037: Mugello - Città di Castello - Leonessa distante circa 50 km dal capoluogo comunale.



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

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

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

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

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

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

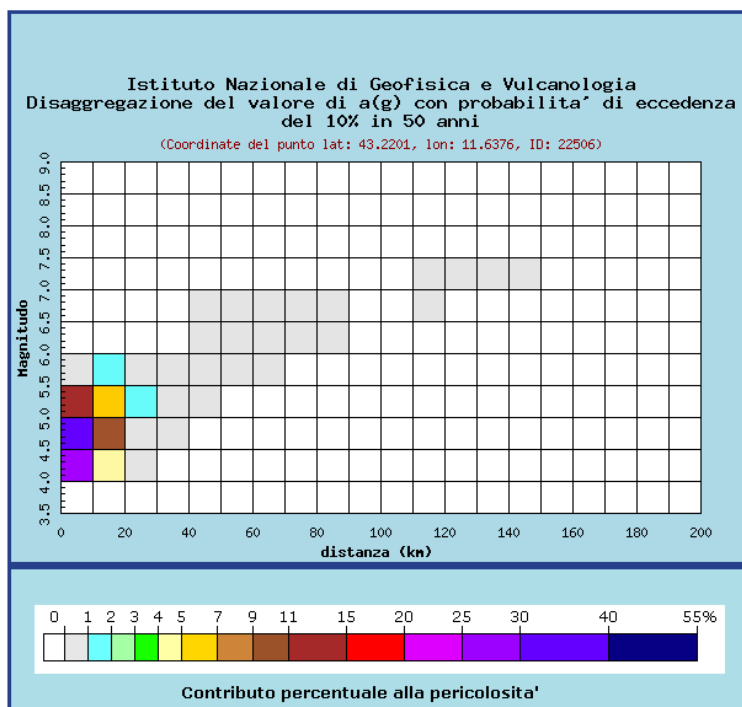
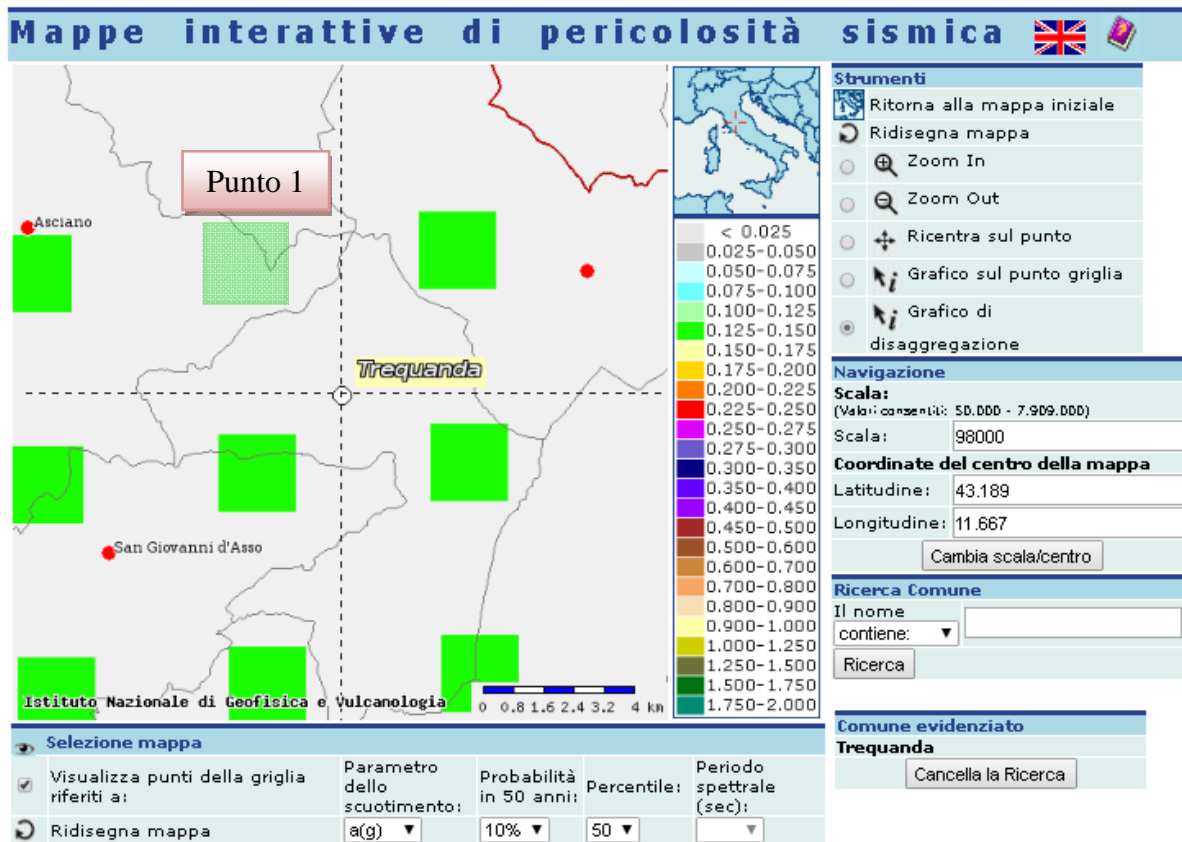
A differenza delle fonti sismogenetiche individuali, questa categoria di sorgenti è stata concepita per raggiungere la completezza delle registrazioni delle potenziali fonti di terremoto, anche se questo può comportare una precisione minore nella loro descrizione.

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

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 all'interno del territorio comunale di Trequanda.

Punto 1:

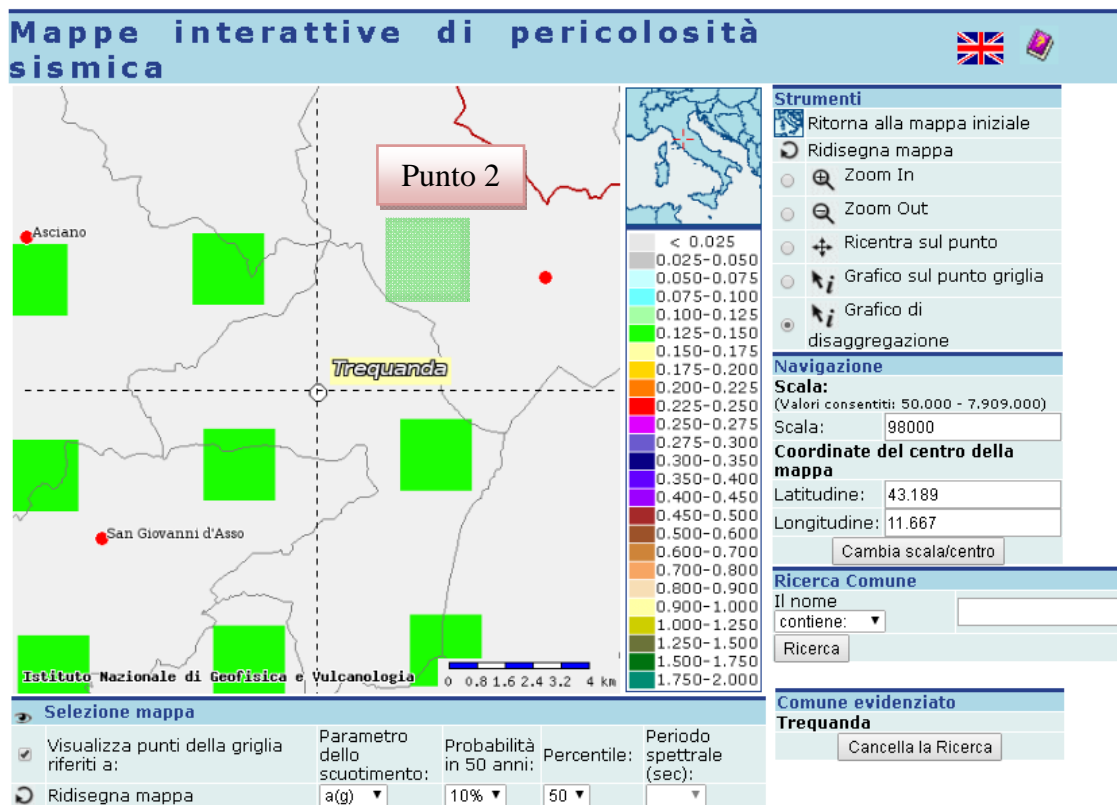


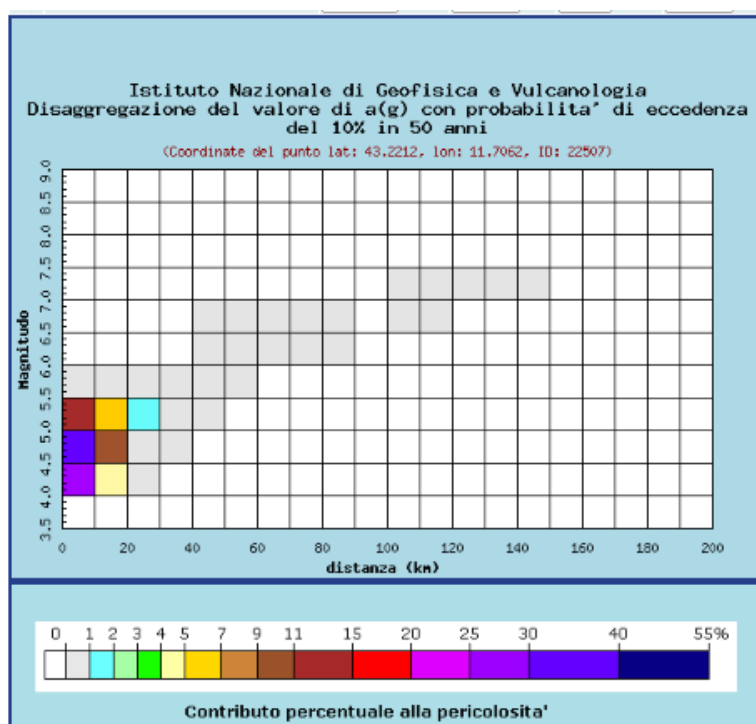
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.2201, lon: 11.6376, ID: 22506)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	27.300	35.100	11.500	0.963	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.690	9.850	5.870	1.220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.047	0.885	1.390	0.463	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.003	0.196	0.151	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.004	0.066	0.078	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.134	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.059	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	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	0.006	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	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
4.740	7.650	0.932

Magnitudo media 4,74 con distanza epicentrale di 7,65 km

Punto 2:



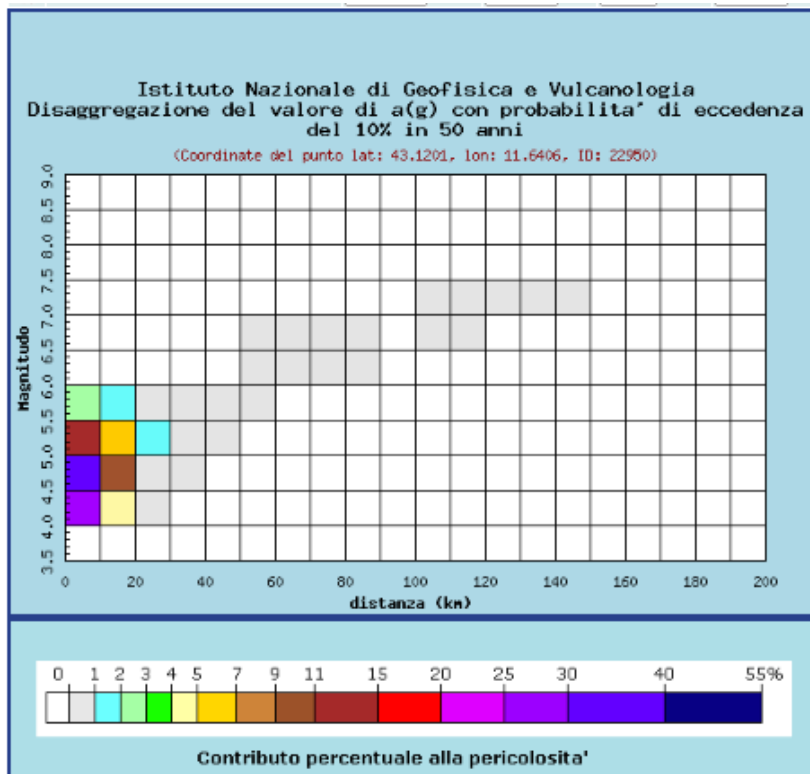
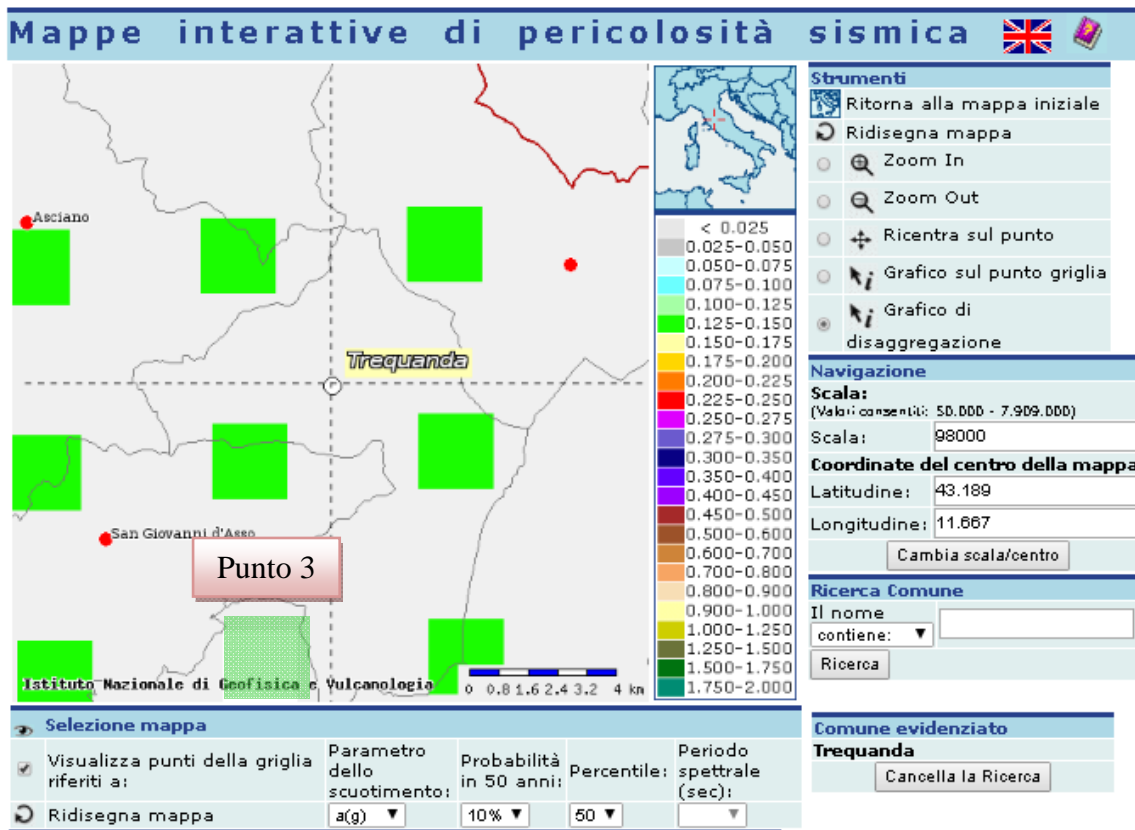


Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.2212, lon: 11.7062, ID: 22507)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	28.200	36.300	11.800	0.224	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.320	9.260	5.590	0.915	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.025	0.745	1.280	0.389	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.163	0.129	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.003	0.127	0.217	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.151	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	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	0.003	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	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
4.730	7.550	0.966

Magnitudo media 4,73 con distanza epicentrale di 7,55 km

Punto 3:

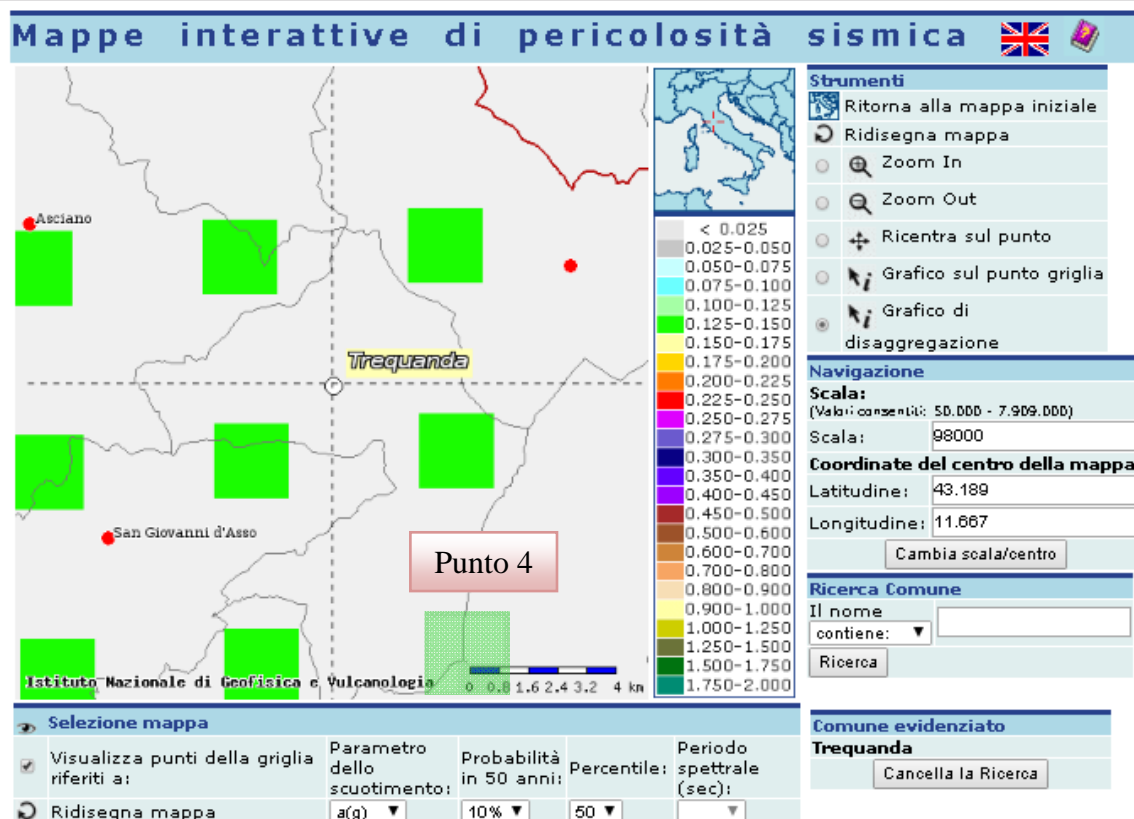


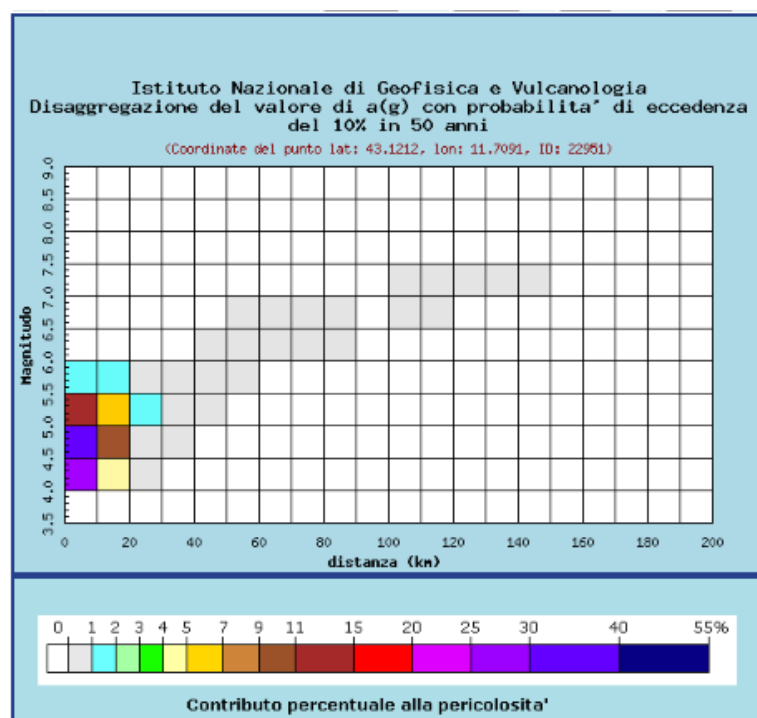
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.1201, lon: 11.6406, ID: 22950)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	26.000	35.300	12.500	2.670	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.250	9.270	5.740	1.490	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.021	0.681	1.210	0.469	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.146	0.139	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.056	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	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	0.002	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	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
4.760	7.330	0.918

Magnitudo media 4,76 con distanza epicentrale di 7,33 km

Punto 4:





Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.1212, lon: 11.7091, ID: 22951)										
	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	26.300	35.100	12.100	1.810	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.560	9.790	5.960	1.300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.026	0.749	1.280	0.445	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.159	0.136	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.039	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.106	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	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	0.001	0.010	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	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									
4.750	7.570	0.952									

Magnitudo media 4,75 con distanza epicentrale di 7 km

Si nota come la magnitudo attesa sia molto stabile su tutto il territorio comunale e compresa tra 4,73 e 4,76. Le distanze epicentrali attese si aggirano tra i 7 e gli 8 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.

Quanto finora detto è del tutto confermato dagli eventi storici la cui magnitudo massima raramente supera il 5° grado. Di seguito riportiamo un estratto dal sito CPTI15 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 con l'elenco dei terremoti storici avvenuti nei pressi del territorio comunale di Trequanda.

12

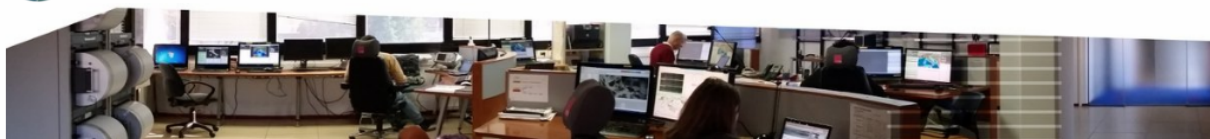
Trequanda



PlaceID IT_48035
Coordinate (lat, lon) 43.188, 11.668
Comune (ISTAT 2015) Trequanda
Provincia Siena
Regione Toscana
Numero di eventi riportati 12

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	📄	1897	11	15	23	52	Val d'Orcia	26	5	4.10
3	📄	1908	11	07	15	23	Val di Chiana	17	5	4.25
4-5	📄	1909	08	25	00	22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
4	📄	1947	12	24			Crete Senesi	26	6	4.46
NF	📄	1965	08	04	11	49 5	Alta Valtiberina	44	5	4.48
NF	📄	1993	06	05	19	16 1	Valle del Topino	326	6	4.72
3	📄	1997	09	26	00	33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
NF	📄	1997	10	14	15	23 1	Valnerina	786		5.62
NF	📄	1998	04	05	15	52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
2	📄	2000	04	01	18	08 0	Monte Amiata	68	6	4.52
NF	📄	2000	06	22	12	16 3	Bacino di Gubbio	107	5	4.47
3	📄	2001	11	26	00	56 5	Casentino	211	5-6	4.63

Si riportano inoltre alcuni eventi storici ricavati dal *Nuovo Portale del Centro Nazionale Terremoti* dell'INGV tra quelli con magnitudo compresa tra 3 e 6 e 50 km di raggio da Trequanda.



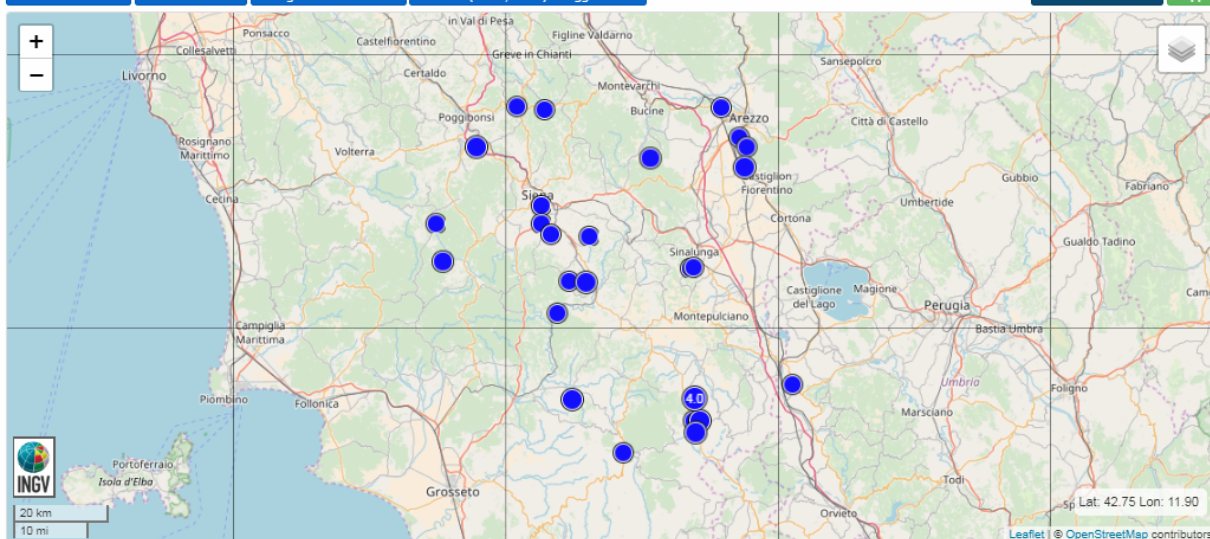
LISTA TERREMOTI STRUMENTI ISIDE PRODOTTI SCIENTIFICI

GUIDA AL SITO CONTATTI



Fuso Orario: Italia Dal 22-05-1985 Magnitudo fra 3.0 e 6.0 Punto: (43.19, 11.67) - Raggio: 50 km

Personalizza Ricerca Mappa



Visualizzati 26 terremoti (Ordinamento Tempo Decrescente)

Esporta lista (UTC)

Fuso Orario: Italia Dal 22-05-1985 Magnitudo fra 3.0 e 6.0 Punto: (43.19, 11.67) - Raggio: 50 km

Personalizza Ricerca Mappa

Visualizzati 26 terremoti (Ordinamento Tempo Decrescente)

Esporta lista (UTC)

Data e Ora (Italia)	Magnitudo	Zona	Profondità	Latitudine	Longitudine
2016-03-04 16:51:19	Mw 3.5	4 km E Colle di Val d'Elsa (SI)	8	43.41	11.17
2013-03-18 03:40:51	Mw 3.6	3 km NW Buonconvento (SI)	9	43.16	11.45
2004-08-15 06:41:38	Md 3.3	8 km S Murlo (SI)	5	43.10	11.38
2003-08-02 20:39:00	Md 3.2	5 km W Monteroni d'Arbia (SI)	9	43.25	11.36
2002-10-10 04:35:52	Md 3.1	5 km SW Arezzo (AR)	5	43.43	11.85
2002-06-25 14:01:48	Md 3.0	4 km SW Sinalunga (SI)	5	43.18	11.72
2002-06-25 10:49:46	Md 3.1	3 km S Sinalunga (SI)	5	43.19	11.73
2001-10-21 16:08:46	Md 3.0	3 km E Monteroni d'Arbia (SI)	5	43.24	11.46
2001-03-20 21:06:51	Md 3.2	2 km SE Murlo (SI)	5	43.16	11.41
2000-10-06 23:01:43	Md 3.5	2 km W Radicofani (SI)	5	42.90	11.75
2000-08-12 05:55:15	Md 3.0	3 km W Radicofani (SI)	5	42.90	11.73
2000-04-01 20:08:05	Md 4.0	5 km NW Radicofani (SI)	8	42.94	11.73
1998-09-06 08:22:58	Md 3.1	3 km W Santa Fiora (GR)	5	42.84	11.55
1998-08-30 02:26:09	Md 3.4	10 km S Bucine (AR)	5	43.39	11.62
1997-03-21 17:46:21	Md 3.5	4 km SW Radicofani (SI)	10	42.87	11.74
1996-12-15 00:37:00	Md 3.1	2 km NW Castellina in Chianti (SI)	5	43.49	11.28
1996-07-14 14:21:51	Md 3.3	2 km NW Città della Pieve (PG)	5	42.97	11.99
1996-05-16 20:42:36	Md 3.1	6 km SE Castiglion Fibocchi (AR)	19	43.48	11.80
1994-03-25 05:08:06	Md 3.3	2 km W Radda in Chianti (SI)	5	43.48	11.35
1992-06-12 11:28:34	Md 3.7	5 km NE Cinigiano (GR)	5	42.94	11.42
1991-05-30 02:12:32	Md 3.4	4 km N Chiusdino (SI)	10	43.20	11.08
1989-11-27 23:45:35	Md 3.0	2 km E Radicondoli (SI)	9	43.27	11.07
1988-11-18 16:25:09	Md 3.0	2 km S Siena (SI)	5	43.30	11.34
1987-01-20 12:10:19	Md 3.2	6 km S Arezzo (AR)	5	43.41	11.87
1987-01-16 02:13:18	Md 3.5	6 km NW Castiglion Fiorentino (AR)	5	43.37	11.86
1985-10-24 21:52:45	Md 3.0	6 km S Siena (SI)	10	43.27	11.34

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

3.1 Inquadramento geologico

I litotipi più antichi riscontrati nel territorio comunale di Trequanda sono riferibili ad affioramenti della Formazione dei Calcari a Rhaetavicula Contorta del Triassico superiore presenti nel settore sud-occidentale dell'area di Trequanda e su gran parte del territorio intorno a Petroio. A seguire, in ordine crono-stratigrafico, vi sono affioramenti di Calcare Massiccio del Giurassico inferiore concentrati nella zona di Trequanda e Petroio, mentre per Castelmuzio tale substrato affiora solo tramite finestre tettoniche di limitate estensioni a NE dell'abitato. Affiorano poi il Calcare Selcifero di Limano e le Marne a Posidonomya del giurassico inferiore-medio, e i Calcari ad aptici del Giurassico superiore subito a nord dell'abitato di Trequanda. Tali litotipi costituiscono a tutti gli effetti il substrato geologico mesozoico su cui poggia in discordanza angolare il Neoautoctono.

Fra l'Oligocene superiore ed il Tortoniano superiore, a causa della collisione tra la placca africana e la placca europea, si costituì la catena appenninica, con sovrapposizione di numerose placche tettoniche, di differenti domini: i suddetti litotipi costituiscono appunto formazioni geologiche della Falda Toscana.

A partire dal Tortoniano Superiore (circa 7 milioni di anni fa) la distensione cui era soggetta la Toscana meridionale, determinò un profondo cambiamento nella paleogeografia della regione. Si formarono infatti zone depresse (graben) e dorsali rialzate (horst), delimitate da faglie dirette, orientate per lo più secondo la direzione NW-SE. In una di queste depressioni si impostò il Bacino marino pliocenico di Siena, nella parte centromeridionale del quale si sono sedimentati i terreni e le rocce costitutivi del Comune di Trequanda.

La profondità del bacino marino di Siena tendeva ad incrementare dalla dorsale di Trequanda verso Buonconvento, influenzando le granulometrie dei sedimenti, caratterizzati da sabbie e ciottolami nelle aree di mare poco profondo e da argille e limi in prossimità di Buonconvento.

Verso la fine del Pliocene medio (circa 3 M.a.) si verificò, come nel resto della Toscana Meridionale, un generale ritiro del mare, a seguito del quale i processi deposizionali continuarono in corrispondenza dei corsi d'acqua, laghi e paludi. In questa fase si ebbe la sedimentazione di depositi continentali: Calcari e Conglomerati e ciottoli poligenici del Villafranchiano. Gli ultimi corpi che si sono accumulati nella zona sono rappresentati da depositi eluvio-colluviali, alluvionali e di versante.

3.2 Assetto geologico e geomorfologico dell'area

L'area analizzata del Comune di Trequanda si articola in tre aree che si estendono rispettivamente per circa 2 km² intorno al capoluogo comunale, per circa 1,5 km² intorno all'abitato di Castelmuzio e per circa 2 km² intorno a Petroio.

Si nota un generale affioramento dei litotipi facenti parte del substrato geologico in corrispondenza delle sommità dei crinali mentre lungo i pendii e nelle zone più a valle si trovano depositi marini pliocenici. Substrato e depositi pliocenici sono poi sormontati in successione da depositi continentali villafranchiani e successivamente da depositi olocenici.

Il substrato affiora principalmente a Trequanda e a Petroio. Nell'area di Castelmuzio, invece, tale substrato affiora nel settore nord-orientale grazie alla presenza di finestre tettoniche che, per erosione delle coperture plioceniche, ne permettono l'affioramento, per poi non riaffiorare. Ciò sta a significare un notevole approfondimento del substrato in questa zona, e un conseguente aumento dello spessore delle coperture plioceniche, quasi certamente imputabile ad un sistema di faglie dirette orientate NNE-SSW che ribassano il settore a SSW di Castelmuzio.

Il pliocene che con contatto "unconformity" si è sedimentato sul substrato giurassico e triassico ha un'età variabile da 4,5 a 3 milioni di anni (Zancleano – Piacenziano). Di seguito sono elencate e descritte le principali unità litostratigrafiche rilevate nel corso dell'aggiornamento cartografico geologico intercorso in prossimità dei centri abitati di Trequanda, Castelmuzio e Petroio. Dalla superficie verso il basso sono presenti le seguenti formazioni:

DEPOSITI QUATERNARI (Olocene)

Depositi di versante (aa)

Accumuli lungo i versanti di frammenti litoidi, eterometrici, angolosi, talora stratificati, con matrice sabbiosa o sabbioso-limosa.

Depositi alluvionali attuali (b)

Ghiaie, sabbie e limi presenti lungo i corsi d'acqua attuali e dunque soggetti ad evoluzione dovuta agli ordinari processi fluviali.

Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna)

Ghiaie, sabbie e limi presenti nei terrazzi fluviali e nelle aree di fondovalle.

Depositi eluvio-colluviali (b2a)

Coperture di materiale a granulometria fine (limi e sabbie), con rari frammenti litoidi grossolani; processi di alterazione e/o trasporto di entità limitata o non precisabile.

DEPOSITI CONTINENTALI RUSTICIANI E VILLAFRANCHIANI (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore)

16

Calcarei (VILd)

Calcarei continentali di origine fluviale o lacustre affioranti, in relazione alle aree in esame, soltanto a NE dell'abitato di Petroio.

Conglomerati e ciottolami poligenici (VILa)

Depositi grossolani di origine fluviale arrotondati e spigolosi di varia natura affioranti, in relazione alle aree in esame, solo nella porzione nordorientale dell'area intorno a Petroio.

DEPOSITI MARINI PLIOCENICI

Calcareniti e calciruditi bioclastiche (PLIc)

Affiorano a nord-est di Petroio. Si tratta di sabbie e conglomerati bioclastici, debolmente cementati, ricchissimi di frammenti di fossili.

Sabbie e arenarie gialle (PLIs)

Areniti, sabbie e sabbie argillose di origine marina che affiorano diffusamente su tutto il territorio in esame.

Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (FAA)

Affiorano in una fascia a sud-ovest di Castelnuovo e a nord-ovest dell'abitato di Trequanda. Questa unità è composta da limi e subordinatamente da argille di colore grigio turchino in superficie fresca, grigio chiaro in superficie alterata. Costituiscono i sedimenti più profondi che si accumularono in questo tratto di mare pliocenico. L'età della formazione è riconducibile al Pliocene inferiore.

Calcarei detritici organogeni costituiti prevalentemente da gusci di ostreidi (FAAi)

Si tratta di calcari detritici di origine organogena che in contatto eteropico con FAA. Affiorano a nord-ovest dell'abitato di Trequanda e nel settore nord orientale dell'area di Petroio.

SUBSTRATO GIURASSICO - DOMINIO TOSCANO

Calcari ad aptici (APT)

Si tratta di calcari stratificati di natura organogena che affiorano in una piccola fascia a nord dell'abitato di Trequanda.

17

Marne a Posidonomya (POD)

Marne e calcari marnosi grigio-verdastri, con rare intercalazioni di marne o argilliti rosse e di calcareniti talvolta selcifere. Tale litotipo affiora in un'area ristretta a nord dell'abitato di Trequanda.

Calcare selcifero di Limano (LIM)

Calcilutiti talvolta marnose, grigio - chiare, ben stratificate, con noduli e liste di selce grigio-chiara e sottili interstrati marnosi; rari livelli calcarenitici affioranti in una fascia ristretta a nord di Trequanda.

Calcare massiccio (MAS)

Si tratta di calcari e calcari dolomitici debolmente stratificati e massicci che affiorano prevalentemente a nord e in corrispondenza dell'abitato di Trequanda e a sud-est e presso la frazione di Petroio. Tale substrato affiora anche nell'area di Castelmuzio per la presenza di finestre tettoniche che, per erosione dei sedimenti pliocenici, ne consentono l'affioramento.

SUBSTRATO TRIASSICO - DOMINIO TOSCANO

Calcari a Rhaetavicula contorta (RET)

Questa formazione, che affiora in una piccola porzione a sud-ovest di Trequanda, e in gran parte dell'area di Petroio, è litologicamente costituita da calcari, calcari dolomitici e dolomie con sottili intercalazioni di marne. Lo spessore dei calcari dolomitici, in genere ben stratificati, può variare dai 15 cm ai 2 metri. Intercalati ai calcari e molto subordinate rispetto ad essi (<10%) affiorano livelli, con spessori dai 5 cm al metro, di marne di colore grigio-chiaro.

Nella cartografia vengono riportati vari tipi di lineazioni dovuti alla tettonica dei quali tuttavia nessuno è stato additato essere attivo e capace.

Dal punto di vista geomorfologico l'area in studio è prettamente collinare e raggiunge quote sul livello del mare comprese tra i 300 m e i 500 m.

L'andamento generale dei corsi d'acqua principali è generalmente NE-SW; essi producono forme in linea con il paesaggio toscano determinando incisioni molto pronunciate in corrispondenza dell'affioramento del substrato.

Principalmente nei depositi pliocenici si generano talvolta fenomeni gravitativi di varia genesi e diverso grado di attività legati sia alla natura dei sedimenti sia alla acclività dei versanti.

4. Dati geotecnici e geofisici

Per lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1 sono indispensabili la raccolta, l'archiviazione organizzata dei dati pregressi e la realizzazione di nuove specifiche indagini.

Nel caso specifico abbiamo raccolto le indagini depositate presso l'ufficio Tecnico comunale, scegliendo quelle che effettuate entro le aree in esame, queste indagini costituiscono una base di partenza, ma non sono sufficienti per effettuare il lavoro in quanto non consentono una copertura unitaria di tutta l'area dal punto di vista sismico.

In particolare, durante la raccolta di indagini pregresse sono state scelte e opportunamente catalogate tramite il software MSoft4.0:

- 5 sondaggi a carotaggio continuo;
- 3 prove penetrometriche statiche (CPT);
- 18 prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- 7 prove MASW;

Per integrare le indagini sopra menzionate, estendere lo studio di Microzonazione Sismica di primo livello alla maggior parte dei nuclei abitati o industriali del comune e investigare zone particolari, sono state effettuate le ulteriori seguenti prove :

- 21 prove HVSr;
- 1 stendimento di sismica a rifrazione in onde P e S;
- 1 stendimento MASW con l'aggiunta di sismica passiva ESAC.

Questi due canali hanno consentito l'acquisizione di una buona quantità di indagini, e hanno dato un ottimo riscontro dal punto di vista della ricostruzione del sottosuolo, raggiungendo in qualche caso il substrato geologico.

Tutti i dati di base sono stati informatizzati (tabelle, shapefiles), in ottemperanza agli "standard di archiviazione informatica versione 4.0b" nel database denominato "CdI_Tabelle".

5. Modello del sottosuolo

Il modello del sottosuolo è stato ricostruito attraverso lo studio e la comprensione dei dati di base presenti negli archivi comunali e dalle indagini da noi eseguite ad-hoc per conseguire i fini del presente studio.

L'assetto geologico del territorio comunale di Trequanda è molto interessante dal punto di vista sismico, la presenza, infatti, di coperture di vario spessore a diretto contatto con un substrato lapideo o lapideo stratificato può influenzare il propagarsi delle onde sismiche di un ipotetico terremoto.

Un'area interessante dal punto di vista stratigrafico si è dimostrata senza dubbio la zona di Castelmuzio, dove andando in direzione NE-SW, dal versante verso valle, non si ritrova più il substrato geologico affiorante e quindi in molti casi anche quello sismico. Le cause di questo approfondimento e la sua entità dovranno essere valutate attraverso studi di Microzonazione di livello superiore, in questa sede ci limitiamo a supporre che si tratti di un sistema di faglie dirette come succede in tutti i bacini neautoctoni toscani che ha ribassato il settore sud-occidentale dell'area.

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 4.0b.

Tutta la cartografia è stata redatta in scala 1:5.000. Analizzando la distribuzione areale delle prove geofisiche e geognostiche si evidenzia una distribuzione omogenea sulle aree in esame.

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 sotto al punto di osservazione.

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

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

Utilizzando questa relazione è possibile risalire dalla frequenza di risonanza misurata allo spessore della copertura una volta nota la velocità delle onde di taglio, o viceversa a quest'ultima se lo spessore H è noto. La misura della funzione H/V richiede l'acquisizione del rumore sismico ambientale in un punto per tempi dell'ordine di diverse decine di minuti. Questa durata ha lo scopo di garantire la misura del campo di rumore generato da una molteplicità di sorgenti dalle diverse direzioni dello spazio. La misura va effettuata utilizzando un sistema di acquisizione tridimensionale caratterizzato da sufficiente sensibilità.

I dati raccolti vengono analizzati per determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sui piani orizzontale e verticale. A questo scopo, la serie di rumore ambientale viene suddivisa in segmenti di durata simile per ciascuna delle quali viene determinato lo spettro del moto.

Dopo un opportuno 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 Trequanda sono state realizzate 21 misure di rumore effettuate dalla ditta Geologica Toscana – Prospezioni Geofisiche Snc per conto del Comune di Trequanda nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica del territorio comunale;

Gli elaborati (Carta delle frequenze fondamentali dei depositi) sono costituiti da una semplice base topografica su cui sono state riportate le misure di rumore con cerchi colorati tratteggiati il cui colore cambia in funzione del rapporto di H/V. I colori dei punti, invece, indicano i range di frequenza in cui ricadono. In particolare sono stati scelti i seguenti intervalli:

- no picco;
- $0 \text{ Hz} > f_0 > 2 \text{ Hz}$;
- $2 \text{ Hz} > f_0 > 4 \text{ Hz}$;
- $4 \text{ Hz} > f_0 > 7 \text{ Hz}$;
- $7 \text{ Hz} > f_0 > 10 \text{ Hz}$;
- $f_0 > 10 \text{ Hz}$.

Si riportano di seguito brevi descrizioni delle aree investigate con i valori della funzione H/V ottenuti.

6.2.1 Trequanda

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo sono state eseguite n. 8 misure di sismica passiva con metodo HVSR. Le registrazioni eseguite mostrano una grande variabilità di frequenze di picco che variano da 0,8 a 20,2 Hz.

Le misure, tranne che per un valore preso su roccia, hanno valori del rapporto H/V tali da far presupporre una possibile risonanza generalmente ad alta profondità:

- HVSRO1: 1,8 Hz (2,9) possibile risonanza ad alta profondità tra copertura e substrato;
- HVSRO2: 2,3 Hz (3,1) possibile risonanza ad alta profondità tra copertura e substrato;
- HVSRO3: 3,0 Hz (3,2) possibile risonanza ad alta profondità tra copertura e substrato;
- HVSRO5: 20,2 Hz (3,3) possibile risonanza a bassa profondità ma con frequenze di scarso interesse ingegneristico;
- HVSRO6: 3,7 Hz (3,3) possibile risonanza ad alta profondità tra materiali di alterazione del substrato e il substrato;
- HVSRO7: 1,3 Hz (4,6) possibile risonanza ad alta profondità tra coperture e substrato;
- HVSRO8: 0,8 Hz (8) possibile risonanza ad alta profondità tra coperture e substrato;

6.2.3 Petroio

In corrispondenza dell'abitato di Petroio sono state eseguite n. 7 misure di sismica passiva con metodo HVSRO. Le registrazioni eseguite mostrano una grande variabilità di frequenze di picco che variano da 0,9 a 9,8 Hz.

Le misure, tranne che per un valore preso su roccia (HVSRO15), hanno, in generale, valori del rapporto H/V tali da far presupporre una possibile risonanza generalmente ad alta profondità:

- HVSRO10: 2,5 Hz (4,9) possibile risonanza ad alta profondità tra copertura e substrato;
- HVSRO11: 2,9 Hz (5,5) possibile risonanza ad alta profondità tra copertura e substrato;
- HVSRO12: 0,9 Hz (7,8) possibile risonanza ad alta profondità tra copertura e substrato alterato;
- HVSRO13: 1,1 Hz (7,8) possibile risonanza ad alta profondità tra materiali di alterazione del substrato e il substrato;
- HVSRO14: 1,2 Hz (5,2) possibile risonanza ad alta profondità tra coperture e substrato;






Da considerare la misura **HVSRO9** che, a differenza delle precedenti, dà possibile risonanza a pochi metri di profondità dal piano campagna, al contatto tra coperture plioceniche assottigliate e substrato.

6.2.2 Castelmuzio

Nell'area di Castelmuzio sono state eseguite 6 misure HV, queste misure hanno valori di H/V molto bassi che indicano un'elevata profondità del substrato tranne l'HV numero 16, realizzata nel settore più orientale dell'area intorno a Castelmuzio, che da possibile risonanza ad elevata profondità tra i materiali di copertura ed il substrato.

6.3 Carta geologico-tecnica

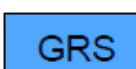
La descrizione della carta geologico-tecnica è stata adeguata al nuovo standard di rappresentazione e archiviazione. Le carte geologico-tecniche sono state redatte per ogni area investigata e rappresentano, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.0b – ottobre 2015), l'elaborato di compendio 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	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

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

Inoltre vengono fornite indicazioni relativamente alle fenomenologie di instabilità di versante (tipologia di instabilità e stato di attività), per le cui definizioni riguardanti lo stato di attività dei versanti il riferimento è il progetto IFFI. 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 GP zz: si tratta di terreni costituiti da ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia di ambiente deposizionale non riconducibile a una di quelli catalogati sopra (VILa, VILd).

- Unità geologico-tecnica GM zz: si tratta di terreni costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo di ambiente deposizionale non riconducibile a una di quelli catalogati sopra (PLIc).

Unità geologico-tecnica GC zz: si tratta di terreni costituiti da ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di ambiente deposizionale non riconducibile a una di quelli catalogati sopra (aa, b, FAAi).

- Unità geologico-tecnica SM pi: si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di piana inondabile (b2a, bna e PLIs).

- Unità geologico-tecnica CL zz: si tratta di terreni costituiti da argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico deposizionale non riconducibile a uno di quelli catalogati sopra (FAA).

Per quanto riguarda i corpi di frana, questi sono stati riportati nella cartografia secondo quanto previsto alla figura 1.1.2-5 delle norme ICMS (versione 4.0b dell'ottobre 2015), evidenziando per ciascun corpo la sua natura (qualora riscontrabile) e lo stato di attività.

Substrato geologico rigido o non rigido

- Unita geologico-tecnica LP: corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni rigide, lapidee, non stratificate. A questa unità appartengono le formazioni MAS e RET.
- Unita geologico-tecnica LPS: corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni rigide, lapidee, stratificate. A questa unità appartengono le formazioni LIM, POD, APT.

6.4 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di Livello 1 costituisce il documento fondamentale di questo livello di approfondimento. La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e delle valutazioni dei dati litostratigrafici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc...).

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

- carta delle indagini, precedentemente prodotta per questo livello;
- carte geologiche e geomorfologiche del Piano Strutturale;
- logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggi, pozzi;
- sezioni geologiche;

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 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 47 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 due tipi di zone stabili e cioè con affioramento del substrato lapideo e del substrato lapideo stratificato.

Queste zone equivalgono alle LP e alle LPS così come definite nella descrizione della carta geologico-tecnica.

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 47 è stata possibile attraverso la conoscenza dell'area e dopo l'attento studio di tutte le indagini a nostra disposizione.

ZONA 2001: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 1 e 10 m, sopra al substrato lapideo non stratificato. Questa zona è prevalentemente concentrata nella parte sud-ovest dell'area di Trequanda, in una ristretta zona a nord-est di Castelmuozio e nell'area di Petroio.

ZONA 2002: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 20 e 60 m, sopra al substrato lapideo non stratificato. Questa zona è presente in tutte e tre le aree in esame.

ZONA 2003: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi di versante o calcari detritici organogeni di spessore tra 1 e 20 m, sopra a spessori da 1 a 30 metri di sabbie, e arenarie gialle sormontanti il substrato costituito da litotipi non stratificati. Questa zona è ubicata a nord-est dell'abitato di Petroio.

ZONA 2004: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi di versante o calcari detritici organogeni di spessore tra 10 e 20 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato. Questa zona è ubicata nei pressi dell'abitato di Trequanda e di Petroio.

ZONA 2005: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari continentali villafranchiani di spessore tra 1 e 15 metri, sopra a sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 0 e 10 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato. Questa zona è ubicata a Petroio.

ZONA 2006: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi eluvio-colluviali di spessore tra 1 e 5 metri, sopra calcari detritici organogeni pliocenici e calcari continentali villafranchiani di spessore tra 5 e 15 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato. Questa zona è ubicata nella parte centrale dell'area di Petroio.

ZONA 2007: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari detritici organogeni di spessore tra 1 e 60 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato. Questa zona è ubicata in una piccola area a NE di Petroio.

ZONA 2008: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 60 e 90 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato. Questa zona si trova nel settore centrale e sud-occidentale dell'area di Castelmuzio.

ZONA 2009: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo argille plioceniche di spessore tra 1 e 20 metri, sopra a sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 20 m, sopra al substrato lapideo non stratificato. Questa zona è ubicata a sud-ovest dell'abitato di Castelmuzio.

ZONA 2010: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo conglomerati e ciottoli poligenici villafranchiani di spessore tra 1 – 10 metri, sopra a sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 5 – 10 m, sopra al substrato lapideo non stratificato. Questa zona, di piccolissima di estensione, si trova a sud di Petroio.

ZONA 2011: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi di versante o calcari detritici organogeni di spessore tra 1 – 20 metri, sopra al substrato lapideo stratificato. Queste zone sono concentrate a nord-est di Trequanda.

ZONA 2012: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo uno spessore di depositi eluvio-colluviali di spessore tra 1 e 5 metri, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici di spessore tra 5 – 15 metri, sopra al substrato lapideo stratificato. La singola zona, si trova a ovest-nord-ovest dell'abitato di Trequanda.

ZONA 2013: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo uno spessore di sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 0 e 40 metri, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici di spessore tra 5– 15 metri, sopra al substrato lapideo stratificato. Questa zona è ubicata a ovest-nord-ovest dell'abitato di Trequanda.

ZONA 2014: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo uno spessore di depositi eluvio-colluviali di spessore tra 0 e 10 metri, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici di spessore tra 10 – 25 m, sopra al substrato lapideo stratificato. Tale zona è ubicata nel settore orientale dell'area di Trequanda.

ZONA 2015: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo uno spessore tra 10 e 30 metri di calcari detritici organogeni pliocenici, sopra al substrato lapideo stratificato. Questa zona è rilevabile a est di Trequanda.

ZONA 2016: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle plioceniche con spessore tra 0 - 40 m, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici, sopra al substrato costituito da litotipi lapidei stratificati. Questa zona è rilevabile prevalentemente a Est dell'area di Trequanda.

ZONA 2017: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi eluvio-colluviali o sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 5 metri, sopra ad argille azzurre di spessore tra 5 – 30 m, sopra al substrato costituito da litotipi lapidei stratificati. Questa zona è rilevabile a nord-est dell'abitato di Trequanda.

ZONA 2018: questa zona comprende una piccola fascia in cui abbiamo depositi in frana di spessore tra 1 – 5 m, sopra al substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati.

ZONA 2019: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo argille azzurre plioceniche di spessore tra 1 – 10 m, sopra a al substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati. Questa zona è rilevabile nel settore ad est di Trequanda.

ZONA 2020: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo conglomerati e ciottolami poligenici villafranchiani di spessore tra 1 – 10 m, sopra a sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 0 - 4 m, sopra a calcari detritici organogeni di spessore tra 5 – 15 metri, sopra al substrato lapideo stratificato.

ZONA 2021: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle di spessore tra 1 e 5 metri, sopra alle argille azzurre plioceniche di spessore tra 20 e 40 metri, sopra il substrato lapideo. Questa zona è rilevabile a sud-ovest dell'abitato di Castelmuzio.

ZONA 2022: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle di spessore tra 1 e 5 metri, sopra alle argille azzurre plioceniche di spessore tra 10 e 20 metri, sopra il substrato lapideo. Questa zona è rilevabile ad ovest dell'abitato di Castelmuzio.

ZONA 2023: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi alluvionali attuali o depositi eluvio-colluviali di spessore tra 3 – 4 metri, sopra a sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 40 metri, sopra il substrato lapideo. Tale zona è rilevabile presso l'abitato di Trequanda e a sud-ovest di Castelmuzio.

ZONA 2024: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi alluvionali attuali di spessore tra 3 – 4 metri, sopra a sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 60 e 90 metri, sopra il substrato lapideo. Tale zona è rilevabile a nord di Castelmuzio dove si assiste ad un improvviso approfondimento del substrato, legato alla presenza di faglie dirette, con un conseguente aumento degli spessori della copertura pliocenica.

ZONA 2025: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi alluvionali attuali di spessore tra 3 – 4 metri, sopra a sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 20 e 60 metri, sopra il substrato lapideo. Tale zona è rilevabile sempre a nord di Castelmuzio.

ZONA 2026: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi detritici organogeni di spessore tra 1 - 3 metri, sopra a calcari villafranchiani di spessore tra 1 e 10 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 30 metri, sopra il substrato lapideo.

ZONA 2027: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari continentali villafranchiani di spessore tra 1 - 10 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 30 metri, sopra il substrato lapideo. Tale zona si trova nei pressi dell'abitato di Petroio.

ZONA 2028: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari e calciruditi bioclastiche del Pliocene di spessore tra 1 - 10 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 10 metri, sopra il substrato lapideo. Tale zona si trova a nord-est di Petroio.

ZONA 2029: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo conglomerati e ciottolami poligenici villafranchiani di spessore tra 1 - 5 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 5 metri, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici di spessore tra 1 e 20 metri, sopra il substrato lapideo. Tale zona si trova a nord-est di Petroio.

ZONA 2030: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 - 30 metri, sopra a calcari detritici organogeni sempre del Pliocene di spessore tra 1 e 35 metri, sopra il substrato lapideo. Tale zona è ubicata a nord-est di Petroio.

ZONA 2031: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari e calciruditi bioclastiche del Pliocene di spessore tra 1 - 5 metri, sopra il substrato lapideo. Tale zona si trova a nord-est di Petroio.

ZONA 2032: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi in frana di spessore tra 1 - 5 metri sopra il substrato lapideo.

ZONA 2033: questa è caratterizzata dal substrato lapideo non stratificato in affioramento in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15°, come si può vedere a nord di Trequanda.

ZONA 2034: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo uno spessore di depositi eluvio-colluviali di spessore tra 1 e 5 metri, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici di spessore tra 5 – 15 metri, sopra al substrato lapideo stratificato in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15 ° come accade nei pressi di Trequanda e Petroio.

ZONA 2035: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 1 e 10 m, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade nei pressi di Trequanda e Petroio.

ZONA 2036: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi alluvionali attuali o depositi eluvio-colluviali di spessore tra 3 – 4 metri, sopra a sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 40 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade nei pressi di Trequanda.

ZONA 2037: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi di versante o calcari detritici organogeni di spessore tra 10 e 20 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade nei pressi di Trequanda e Petroio.

ZONA 2038: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo uno spessore di sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 0 e 40 metri, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici di spessore tra 5– 15 metri, sopra al substrato lapideo stratificato in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade ad est dell'abitato di Trequanda.

ZONA 2039: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 20 e 60 m, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade nei pressi di Castelmuzio e Petroio.

ZONA 2040: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 60 e 90 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade vicino a Castelmuzio.

ZONA 2041: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo argille plioceniche di spessore tra 1 e 20 metri, sopra a sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 20 m, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade nei pressi di Castelmuzio.

ZONA 2042: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle di spessore tra 1 e 5 metri, sopra alle argille azzurre plioceniche di spessore tra 10 e 20 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade in una piccola area ad ovest di Castelmuzio.

ZONA 2043: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle di spessore tra 1 e 5 metri, sopra alle argille azzurre plioceniche di spessore tra 20 e 40 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade a sud-ovest di Castelmuzio.

ZONA 2044: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari continentali villafranchiani di spessore tra 1 - 10 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 30 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade a nord di Petroio.

ZONA 2045: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari e calciruditi bioclastiche del Pliocene di spessore tra 1 - 10 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 10 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade nei pressi di Petroio.

ZONA 2046: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 - 30 metri, sopra a calcari detritici organogeni sempre del Pliocene di spessore tra 1 e 35 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade a nord-est di Petroio.

ZONA 2047: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo conglomerati e ciottolami poligenici villafranchiani di spessore tra 1 - 5 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 5 metri, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici di spessore tra 1 e 20 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di versanti con pendenze maggiori di 15° come accade in una piccola area a nord-est di Petroio.

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, ovvero a fenomeni di instabilità gravitativa. I movimenti gravitativi sono stati cartografati su tutte le tre aree prese in esame. Si tratta di frane per colamento, per scorrimento e con tipo di movimento indeterminato, con stato di attività attivo, quiescente e inattivo. Tali aree sono state classificate come zone di attenzione per instabilità in quanto in occasione di eventi sismici di rilevante importanza, tali fenomeni potrebbero riattivarsi.

ZONA 30122001: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 1 e 10 m, sopra al substrato lapideo, in corrispondenza di una frana per scorrimento attiva.

ZONA 30122027: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari continentali villafranchiani di spessore tra 1 - 10 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 30 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana per scorrimento attiva.

ZONA 30132001: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 1 e 10 m, sopra al substrato lapideo, in corrispondenza di una frana per colata attiva.

ZONA 30132027: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari continentali villafranchiani di spessore tra 1 - 10 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 30 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana per colata attiva.

ZONA 30152001: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 1 e 10 m, sopra al substrato lapideo, in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152002: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 20 e 60 m, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152004: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi di versante o calcari detritici organogeni di spessore tra 10 e 20 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152006: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi eluvio-colluviali di spessore tra 1 e 5 metri, sopra calcari detritici organogeni pliocenici e calcari continentali villafranchiani di spessore tra 5 e 15 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152007: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari detritici organogeni di spessore tra 1 e 60 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152008: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 60 e 90 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152009: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo argille plioceniche di spessore tra 1 e 20 metri, sopra a sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 20 m, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152011: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi di versante o calcari detritici organogeni di spessore tra 1 – 20 metri, sopra al substrato lapideo stratificato in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152013: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo uno spessore di sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 0 e 40 metri, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici di spessore tra 5– 15 metri, sopra al substrato lapideo stratificato in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152014: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo uno spessore di depositi eluvio-colluviali di spessore tra 0 e 10 metri, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici di spessore tra 10 – 25 m, sopra al substrato lapideo stratificato in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152015: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo uno spessore tra 10 e 30 metri di calcari detritici organogeni pliocenici, sopra al substrato lapideo stratificato in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152017: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi eluvio-colluviali o sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 5 metri, sopra ad argille azzurre di spessore tra 5 – 30 m, sopra al substrato costituito da litotipi lapidei stratificati in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152019: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo argille azzurre plioceniche di spessore tra 1 – 10 m, sopra a al substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152020: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo conglomerati e ciottolami poligenici villafranchiani di spessore tra 1 – 10 m, sopra a sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 0 - 4 m, sopra a calcari detritici organogeni di spessore tra 5 – 15 metri, sopra al substrato lapideo stratificato in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152021: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle di spessore tra 1 e 5 metri, sopra alle argille azzurre plioceniche di spessore tra 20 e 40 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152022: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle di spessore tra 1 e 5 metri, sopra alle argille azzurre plioceniche di spessore tra 10 e 20 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152026: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi detritici organogeni di spessore tra 1 - 3 metri, sopra a calcari villafranchiani di spessore tra 1 e 10 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 30 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152027: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari continentali villafranchiani di spessore tra 1 - 10 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 30 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152029: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo conglomerati e ciottolami poligenici villafranchiani di spessore tra 1 - 5 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 5 metri, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici di spessore tra 1 e 20 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152030: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 - 30 metri, sopra a calcari detritici organogeni sempre del Pliocene di spessore tra 1 e 35 metri, sopra il substrato lapideo. Tale zona è ubicata a nord-est di Petroio in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30152032: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi in frana di spessore tra 1 - 5 metri sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana attiva con movimento non definito.

ZONA 30222001: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 1 e 10 m, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30222002: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 20 e 60 m, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30222003: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi di versante o calcari detritici organogeni di spessore tra 1 e 20 m, sopra a spessori da 1 a 30 metri di sabbie, e arenarie gialle sormontanti il substrato costituito da litotipi non stratificati in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30222004: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi di versante o calcari detritici organogeni di spessore tra 10 e 20 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30222008: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 60 e 90 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30222011: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi di versante o calcari detritici organogeni di spessore tra 1 – 20 metri, sopra al substrato lapideo stratificato in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30222014: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo uno spessore di depositi eluvio-colluviali di spessore tra 0 e 10 metri, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici di spessore tra 10 – 25 m, sopra al substrato lapideo stratificato in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30222015: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo uno spessore tra 10 e 30 metri di calcari detritici organogeni pliocenici, sopra al substrato lapideo stratificato in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30222016: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle plioceniche con spessore tra 0 - 40 m, sopra a calcari detritici organogeni pliocenici, sopra al substrato costituito da litotipi lapidei stratificati in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30222018: questa zona comprende una piccola fascia in cui abbiamo depositi in frana di spessore tra 1 – 5 m, sopra al substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30222027: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo calcari continentali villafranchiani di spessore tra 1 - 10 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 30 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30222032: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi in frana di spessore tra 1 - 5 metri sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana per scorrimento quiescente.

ZONA 30232001: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 1 e 10 m, sopra al substrato lapideo, in corrispondenza di una frana per colata quiescente.

ZONA 30232002: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 20 e 60 m, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana per colata quiescente.

ZONA 30232003: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi di versante o calcari detritici organogeni di spessore tra 1 e 20 m, sopra a spessori da 1 a 30 metri di sabbie, e arenarie gialle sormontanti il substrato costituito da litotipi non stratificati in corrispondenza di una frana per colata quiescente.

ZONA 30232006: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi eluvio-colluviali di spessore tra 1 e 5 metri, sopra calcari detritici organogeni pliocenici e calcari continentali villafranchiani di spessore tra 5 e 15 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana per colata quiescente.

ZONA 30232008: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 60 e 90 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana per colata quiescente.

ZONA 30232026: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi detritici organogeni di spessore tra 1 - 3 metri, sopra a calcari villafranchiani di spessore tra 1 e 10 metri, sopra a sabbie ed arenarie gialle plioceniche di spessore tra 1 e 30 metri, sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana per colata quiescente.

ZONA 30232032: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi in frana di spessore tra 1 - 5 metri sopra il substrato lapideo in corrispondenza di una frana per colata quiescente.

ZONA 30332002: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo depositi pliocenici costituiti da sabbie e arenarie di spessore tra 20 e 60 m, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana per colata inattiva.

ZONA 30322008: questa zona comprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie e arenarie gialle plioceniche di spessore tra 60 e 90 metri, sopra al substrato lapideo non stratificato in corrispondenza di una frana inattiva per scorrimento.

ZONA 30322018: questa zona comprende una piccola fascia in cui abbiamo depositi in frana di spessore tra 1 – 5 m, sopra al substrato costituito da un'alternanza di litotipi stratificati in corrispondenza di una frana inattiva per scorrimento.

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 semiquantitativa 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 I – 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 (Albarelli <i>et alii</i>)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

* D. Albarello, C. Cesi, V. Eulilli, F. Guerrini, E. Lunedi, 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 e non risponde ai requisiti minimi richiesti dagli ICMS e dalle suddette specifiche.

Nel caso specifico vengono di seguito riportati i risultati di classe di affidabilità ottenuti per Trequanda, Castelmuzio e Petroio.

-TREQUANDA: percentuale ottenuta 52,04 %; **Classe B**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. DISTRUZIONE	0.00
Sond. Car. Cont.	0.33
Ind. Geofisiche	0.22
Altre prove	0.05
Frequenze di sito	0.49
FQ	52,04

-CASTELMUZIO: percentuale ottenuta 43,89 %; **Classe C**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.00
Sond. Car. Cont.	0.00
Ind. Geofisiche	0.16
Altre prove	0.11
Frequenze di sito	0.49

FQ 43.89

-PETROIO: percentuale ottenuta 52,72%; **Classe B**

Carta Geol-tec	0.99
Sond. Distruzione	0.00
Sond. Car. Cont.	0.33
Ind. Geofisiche	0.16
Altre prove	0.14
Frequenze di sito	0.49

FQ 52.72

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

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, attestandosi a valori più alti per Trequanda e Petroio, e medi per la località di Castelmuzio per la quale sarebbe opportuno un approfondimento di indagine attraverso l'esecuzione di ulteriori indagini o attraverso il miglioramento, se possibile, di quelle esistenti.

7. Risultati e Conclusioni

Il progetto di Microzonazione Sismica di primo livello del Comune di Trequanda 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 4.0b.

Sono state esaminate 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 indagini effettuate per costruzioni private presenti nell'archivio dell'ufficio Urbanistica del Comune e le stratigrafie desunte dalla perforazione dei pozzi censiti nell'archivio dell'ISPRA.

Le prove, l'ubicazione di esse e i parametri geotecnici estrapolati sono stati raccolti in un database seguendo gli standard di archiviazione informatica versione 4.0b. 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 per le tre aree prese in esame. Per quanto riguarda le indagini, maggiore importanza è stata attribuita a quelle dirette, mentre sono state considerate meno attendibili quelle indirette.

Come previsto nel piano di lavoro è stata eseguita una campagna di misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSr) raccogliendo 21 acquisizioni.

Tutte le prove sono state riportate nella “Carta delle frequenze fondamentali dei depositi” classificandole in base alla frequenza fondamentale f_0 e al massimo della funzione H/V. Attraverso le carte di base suddette sono state redatte sia la “Carta geologico-tecnica” che la “Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica” (M.O.P.S.). Poiché il livello 1 ha per obiettivo l'individuazione delle microzone a comportamento sismico omogeneo, tale carta costituisce il documento fondamentale di questo livello di approfondimento. Nel caso specifico sono state identificate:

- **2 zone stabili** di affioramento del substrato, sia esso lapideo e lapideo stratificato;
- **47 stabili suscettibili di amplificazioni locali.**

Le prime sono caratterizzate dall'affioramento del bedrock sismico stratificato e non, considerando anche un massimo di 3 metri di roccia alterata o detrito eluvio-colluviale, conformemente anche alle N.T.C. 2018. Le seconde riguardano situazioni nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale.

Infine vengono riportate le situazioni potenzialmente instabili dovute alla pendenza dei versanti maggiore di 15°.

- **Le zone di attenzione per instabilità** cartografate nell'area oggetto di studio sono riferibili ad un unico tipo di instabilità legato alla presenza di fenomeni di instabilità gravitativa. Tali fenomeni franosi sono cartografati in quasi tutte le aree in studio e sono di tipo attivo, quiescente e inattivo. Tali aree sono state classificate come zone di attenzione per instabilità poiché, in occasione di eventi sismici di rilevante importanza, tali fenomeni potrebbero riattivarsi.

Nel presente studio sono state inoltre valutate le percentuali di qualità delle carte secondo una procedura semiquantitativa 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.

8. Bibliografia

- Bartoloni C., Bernini M., Carloni G.C., Castaldini P., Costantini A., Federici P.R., Francavilla F., Gasperi G., Lazzaretto G., Mozzanti A., Papani G., Pranzini G., Rau A., Sandrelli P. & Vercesi P.L., 1982 – Carta Neotettonica dell'Appennino Settentrionale. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 101: 523-549.
- Biondi G. & Maugeri M. – A modified Newmark type-analysis according to EC-8 requirements for seismic stability analysis of natural slope. University of Catania Italy.
- Boccaletti M., Coli M., Eva C., Ferrari G., Giglia G., Lazzaretto A., Merlanti F., Nicolich R., Papani G. & Postpischl D., (1985) – Considerations on the seismotectonics of the Northern Apennines. *Tectonophysics*; 117, 7-38.
- Boccaletti M., Cerrina Feroni A., Martinelli P., Moratti G., Plesi G. & Sani F. (1991) – L'alternanza distensione-compressione nel quadro evolutivo dei bacini neogenici dell'Appennino Settentrionale. *Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. 1991/1*, 187-192.
- Boncio P. & Lavecchia G. (2001) – Interpretazioni controverse del profilo CROP03: stato dell'arte e considerazioni per un'ipotesi alternativa. In: A. Brogi, M. Ghinassi, Lazzaretto L., Lotta D. (eds.). *Studi per l'interpretazione del profilo sismico Crop18, stato di avanzamento. Atti della riunione scientifica, Siena, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra*, 75-80.
- Brozzetti F., Boncio P. & Lavecchia G. (2001) – Una nuova interpretazione del profilo CROP03 nel tratto Castiglion Fiorentino-M. Castellaccio: vincoli da dati geologici di superficie di recente acquisizione. In: A. Brogi, Cioppi E. (1995). *18 maggio 1895: Storia di un terremoto fiorentino. Osservatorio Ximeniano, Firenze 1995*, 306 pp.
- M. Ghinassi, Lazzaretto L., Lotta D. (eds.). *Studi per l'interpretazione del profilo sismico Crop18, stato di avanzamento. Atti della riunione scientifica, Siena, 26 giugno 2001, Dipartimento di scienze della Terra*, 81-88.
- Brune, J.N. 1970. Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 75, N. 26, pp. 4997-5009.
- Cattuto C., Concetti C., Fisauli M., Gregari L. (1995) – I bacini pleistocenici di Anghiari e Sansepolcro nell'alta valle del Tevere. *Il Quaternario* 8, 119-128.
- Collettini C., Barchi M., Paeselli C., Federico C. and 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 Northern Apennines, Italy. *Earth Science Reviews*, 34, 197 – 233.
- Matini P., Sagri M., Coltella A. (2001) – Neogene-Quaternary basin of the inner Apennine and Calabrian arc. In: G.B. Vai and I.P. Martini (eds.), "Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent mediterranean basin". Kluw Accad. Pubbl. London, 375-400.
- McGuire R.K. 2001. Deterministic vs. probabilistic earthquake hazards and risks. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21, 377-384.
- Newmark N.M. 1965. Effects of earthquakes on dams and embankments. *Géotechnique*, 15, 139-160
- Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) -Tyrrhenian basin and Apenninic arc: kinematic relation since Late Tortonian time. *Memorie Società Geologica Italiana* 45, 425-451.
- Principi G. e Treves B. (1984) – Interpretazione attualistica del Sistema Corso-Appenninico. *Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennino. Memorie Società Geologica Italiana*; 28, 549-576.
- Valensise G. and Pantosti D., (Eds.), 2001 – Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy.
- SGA [ed] (2007). *Viaggio nelle aree sismiche: Liguria basso Piemonte, Toscana, Emilia Romagna, coste e Appennino, dal I secolo a.C. al 2000. Guida monografica a cura della società SGA (Storia Geofisica Ambiente) Bologna*, 496 pp.
- Vannucci G., P. Gasperini and M. Boccaletti (2004). Database e Carta della zonazione sismica dell'area urbana di Firenze: Valutazione del rischio per i beni artistici e culturali. CNR-Progetto Finalizzato "Beni culturali", Sottoprogetto 1, Tema 1.2, Linea 1.2.3.

Siti web consultati:

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

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

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

<http://cnt.rm.ingv.it/iside>

www.regionetoscana.it Regione Toscana;

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

Poggibonsi, 06.06.2018