

Elaborato gestionale

2° POC

POC

PRG 2003
PSC
POC
RUE

Piano Operativo Comunale

POC.14 Microzonazione sismica II e III livello

ADOTTATO	Delibera di C.C.	N. 182544/105	del 31/10/2017
PUBBLICATO	B.U.R	N. 308	del 15/11/2017
APPROVATO	Delibera di C.C.	N. 135845/87	del 19/07/2018
PUBBLICATO	B.U.R	N. 272	del 22/08/2018

Sindaco	Michele de Pascale		
Assessore Urbanistica	Federica Del Conte		
Segretario Generale	Paolo Neri		
CAPO AREA	Dott.ssa Paola Bissi		
RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	Arch. Francesca Proni		
UNITA' DI PROGETTO Responsabile	Ing. Valentino Natali		
Coordinatore	Arch. Francesca Proni		
Progettisti	Arch. Raffaella Bendazzi	Istruttori	Chiara Baffè
	Arch. Doriana Casilio		Francesca Brusi
	Arch. Maurizio Fabbri		Caterina Gramantieri
	Arch. Francesca Proni		Paolo Minguzzi
	Arch. Leonardo Rossi		Federica Proni
	Arch. Silvia Rossi		
	Arch. Antonia Tassinari	Segreteria	Franca Gordini

Piano Operativo Comunale

POC.14

Microzonazione sismica II e III livello

INDICE

<i>1. Introduzione</i>	<i>2</i>
<i>2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento</i>	<i>3</i>
<i>3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area</i>	<i>23</i>
3.1 Inquadramento geologico	24
3.2 Inquadramento geomorfologico	28
<i>4. Dati geotecnici e geofisici.....</i>	<i>29</i>
<i>5. Modello del sottosuolo.....</i>	<i>31</i>
<i>6. Elaborati cartografici.....</i>	<i>31</i>
6.1 Carta delle indagini	32
6.2 Carta geologico - tecnica e delle frequenze naturali dei terreni	32
6.3 Carta delle aree suscettibili di effetti locali	37
6.4 Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)	38
6.5 Carta dei fattori di amplificazione.....	38
6.6 Carta della potenziale liquefazione	39
<i>7. Calcolo dei cedimenti post-sismici e RSL.....</i>	<i>40</i>
7.1 Calcolo dei cedimenti post-sismici.....	40
7.2 Risposta Sismica Locale (RSL).....	42
<i>8. Risultati e Conclusioni.....</i>	<i>79</i>
<i>9. Bibliografia.....</i>	<i>80</i>

ALLEGATO 1

<i>Allegati cartografici suddivisi per centri urbani.....</i>	<i>82</i>
---	-----------

ALLEGATO 2

<i>Report della campagna geognostica e geofisica</i>	<i>83</i>
--	-----------

ALLEGATO 3

<i>Indagini d'archivio.....</i>	<i>84</i>
---------------------------------	-----------

ALLEGATO 4

<i>Risultati verifiche a liquefazione</i>	<i>85</i>
---	-----------

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 approfondimento al secondo e quindi al terzo livello ha come obiettivo finale la valutazione della risposta sismica locale di alcuni fabbricati strategici e la verifica della potenziale liquefazione dei terreni di quelle aree perimetrate in fase di secondo livello di approfondimento.

Le aree studiate sono quelle ricomprese nel 2° POC e sono distribuite un po' su tutto il territorio comunale, con particolare concentrazione sul centro abitato di Ravenna e delle sue aree industriali.

Il territorio comunale era già stato investigato dal punto di vista sismico con una prima fase di approfondimento, nell'ambito della redazione del Piano Operativo Comunale (*Dott. Geol. Giorgio Frassinetti*) nel dicembre 2010, 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 e geognostiche (sismica attiva e passiva ad hoc, penetrometrie statiche e piezoconi sismici, progettate e ubicate in accordo con il *Comune di Ravenna*) effettuate per conto del Comune di Ravenna a completamento delle aree rimaste scoperte durante la redazione del Piano Operativo Comunale (2016).

Infine ulteriori indagini sono state eseguite questa estate per la definizione ancora più puntuale delle caratteristiche sismiche del Comune e per il conseguimento degli obiettivi che questo studio si prefigge.

Per la redazione della cartografia necessaria all'approfondimento di secondo e terzo livello ci siamo avvalsi della cartografia redatta in fase di secondo livello di approfondimento RUE che è stata ricontrollata e revisionata in virtù delle nuove indagini eseguite.

Inoltre è stata presa come riferimento la carta geomorfologica del Piano Operativo Comunale; è stato infine consultato l'archivio on - line del progetto IFFI.

La base topografica utilizzata per la redazione degli elaborati cartografici, è la CTR scala 1:5.000 fornita dall'Ufficio Progettazione Urbanistica del Comune di Ravenna, in particolare dal Dott. Paolo Minguzzi.

Il lavoro è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Raccolta delle indagini pregresse;
- Esecuzione delle nuove indagini;
- Revisione della Cartografia (*Carta delle indagini, Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni, Carta delle aree suscettibili di effetti locali, Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s), Carta dei fattori di amplificazione.*).
- Redazione di nuova cartografia (*Carta della potenziale liquefazione*)

Il presente studio di Microzonazione è stato effettuato in ottemperanza:

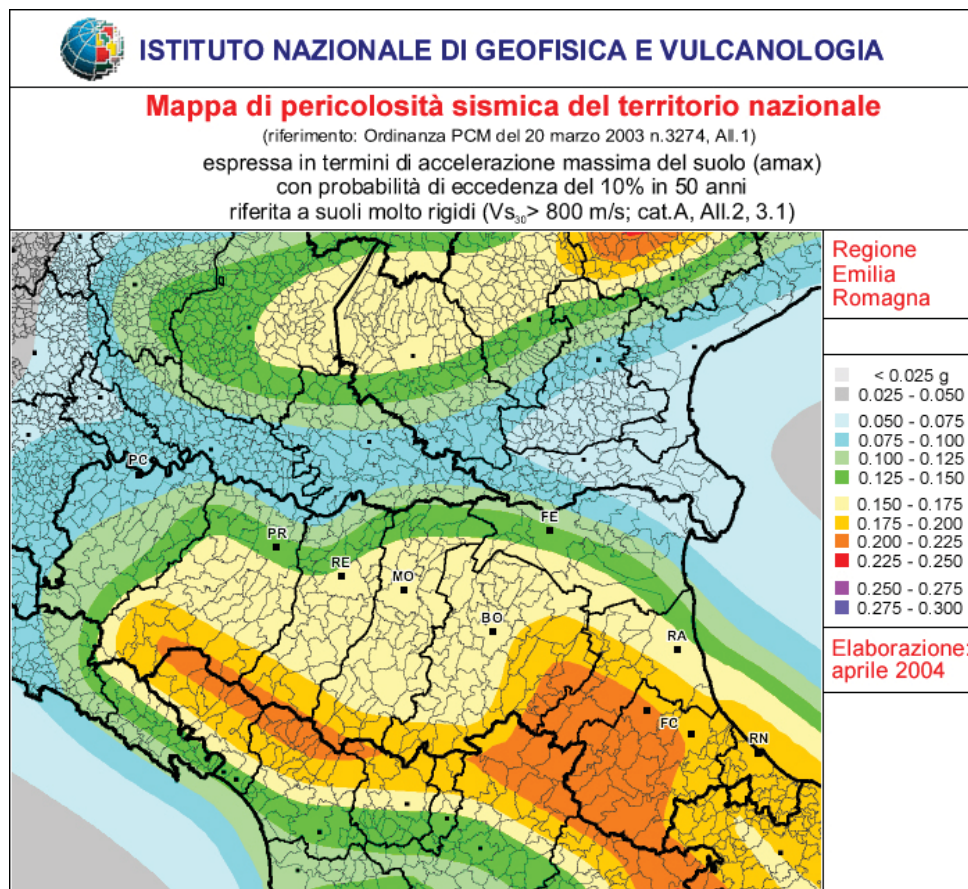
- DGR 2193/15 Aggiornamento all'atto di coordinamento tecnico denominato "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*"
- All. A del DGR 2193/15 "*Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'Art. 16, c.1, della LR 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*;
- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – versione 4.0 b.

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

Ai sensi della Classificazione Sismica del Territorio Regionale dell'Emilia Romagna – Ord. PCM 3274/2003 – Delib. G.R. n° 1435 del 21/07/2003 – e successive modificazioni e integrazioni, il Comune di Ravenna è censito tra le aree a sismicità 3 ($0,100 < A_g/g < 0,200$).

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.

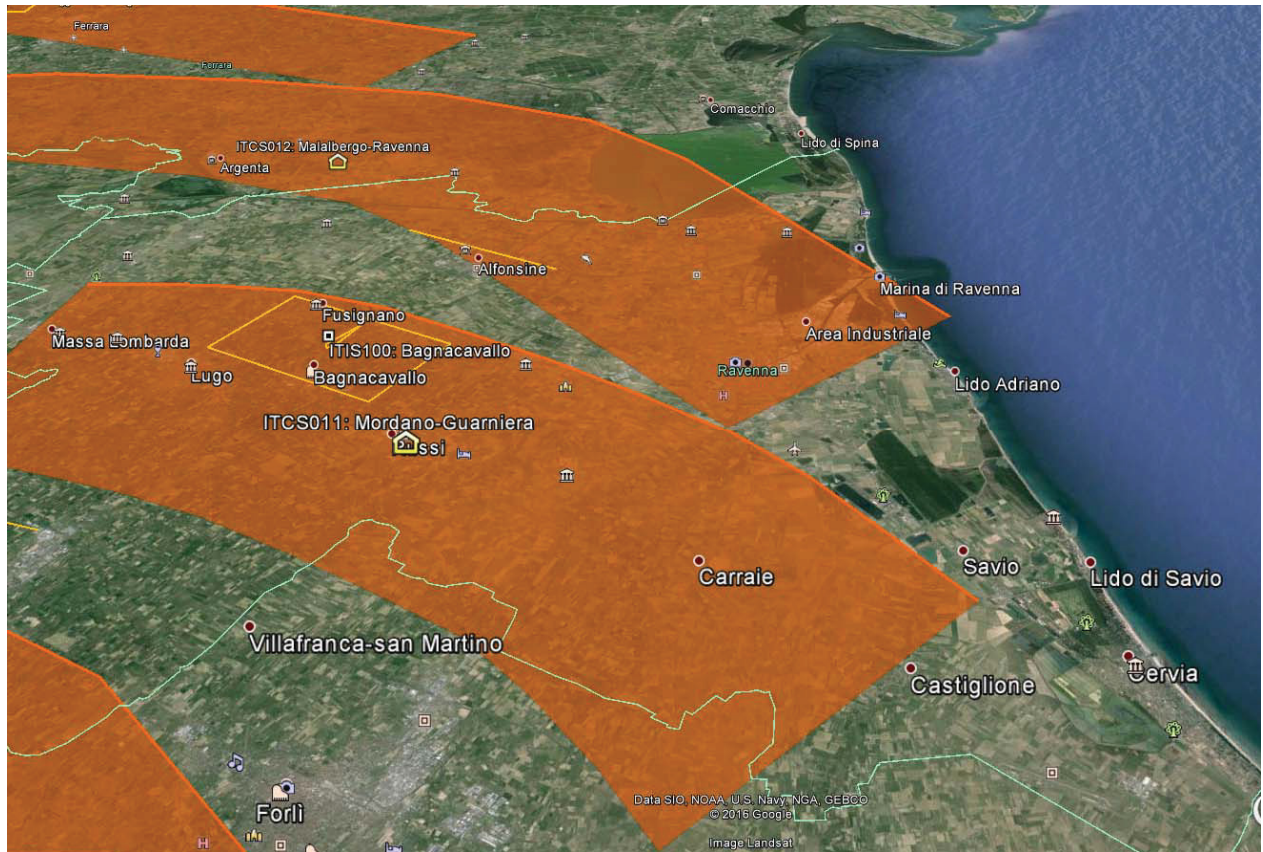
In linea con i meccanismi sismogenetici dell'appennino settentrionale tale accelerazione assume, sul territorio del Comune di Ravenna, valori progressivamente decrescenti spostandosi da Sud - Ovest verso Nord - Est, allontanandosi quindi dalle sorgenti principali dei terremoti.



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

Dal progetto DISS_3.1.1 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si nota ancor meglio come le faglie attive e capaci siano posizionate tutte a Ovest e a Nord - Est del territorio comunale in questione.

In particolare sono da mettere in luce due importanti sistemi fessurativi “*Individual Seismogenic Sources*”, che prendono il nome di *ITCS011: Mordano - Guarniera* e *ITCS012: Malalbergo - Ravenna Ovest* distanti poco più di 20 km dal capoluogo comunale.



Mapa delle fonti sismogenetiche

Le fonti sismogenetiche individuali (nella figura sopra in giallo – *ITIS100 Bagnacavallo*) 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, oltre a poter essere aumentate 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 sovrastante, 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.

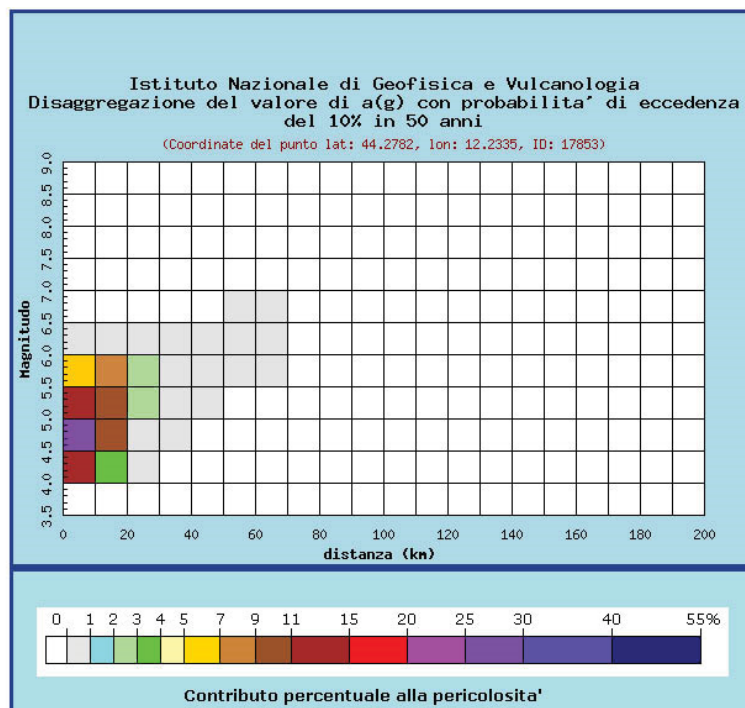
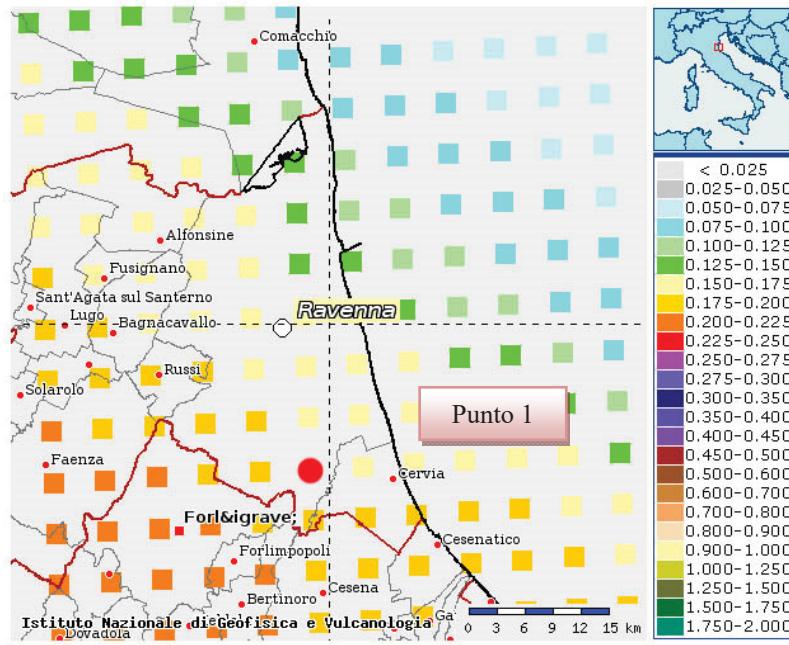
Dai dati di disaggregazione di $a(g)$ delle mappe di pericolosità sismica dell'INGV possiamo valutare quale sia la magnitudo e la distanza epicentrale più probabile con tempi di ritorno di circa 475 anni (10% di superamento in 50 anni) attesi per il Comune di Ravenna.

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

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

Dalla figura sottostante si evince come tali nodi siano 5 disposti in direzione circa sud/nord-:

Punto 1:



Dott. Paolo Castellani

Dott. Stefano Nastasi

Dott. Damiano Guarguaglini

Dott. Annalisa Fontanelli

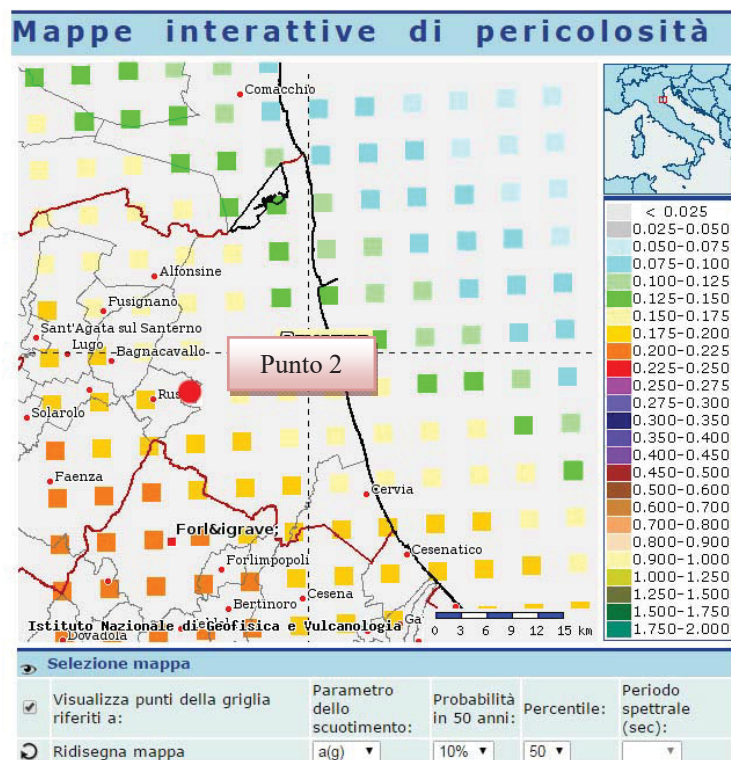
Dott. Andrea Castellani

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.2782, lon: 12.2335, ID: 17853)										
	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	13.800	25.300	14.300	6.890	0.799	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.020	9.720	10.300	7.740	0.916	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.022	0.721	2.160	2.590	0.452	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.002	0.204	0.651	0.190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.003	0.124	0.079	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.030	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

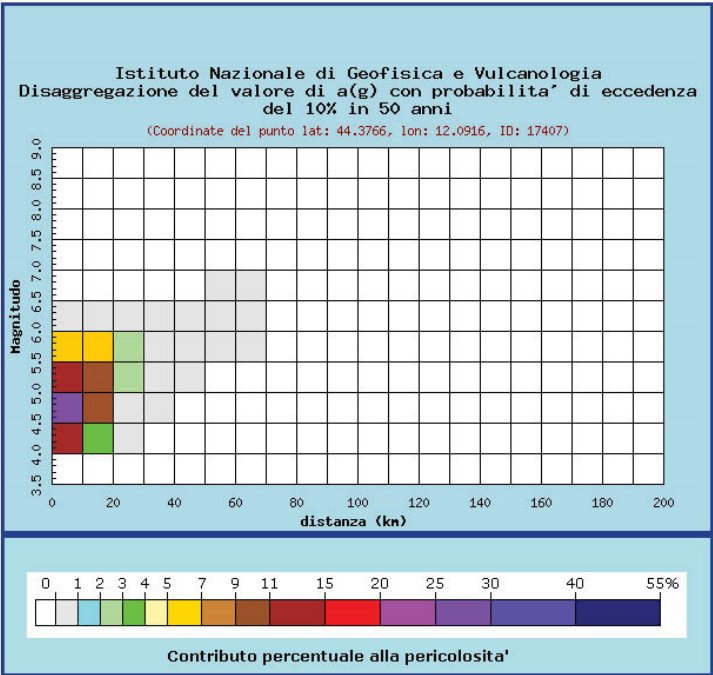
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.030	9.480	0.904

Magnitudo media 5,03 con distanza epicentrale di 9,48 km

Punto 2:



Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.3766, lon: 12.0916, ID: 17407)										
	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	14.300	26.300	14.700	6.950	0.771	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.180	9.790	9.690	6.600	0.662	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.027	0.788	2.220	2.450	0.307	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.002	0.233	0.689	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.004	0.131	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.023	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Valori medi											
Magnitudo	Distanza	Epsilon									
5.000	9.330	0.904									

Magnitudo media 5,00 con distanza epicentrale di 9,33 km

Dott. Paolo Castellani

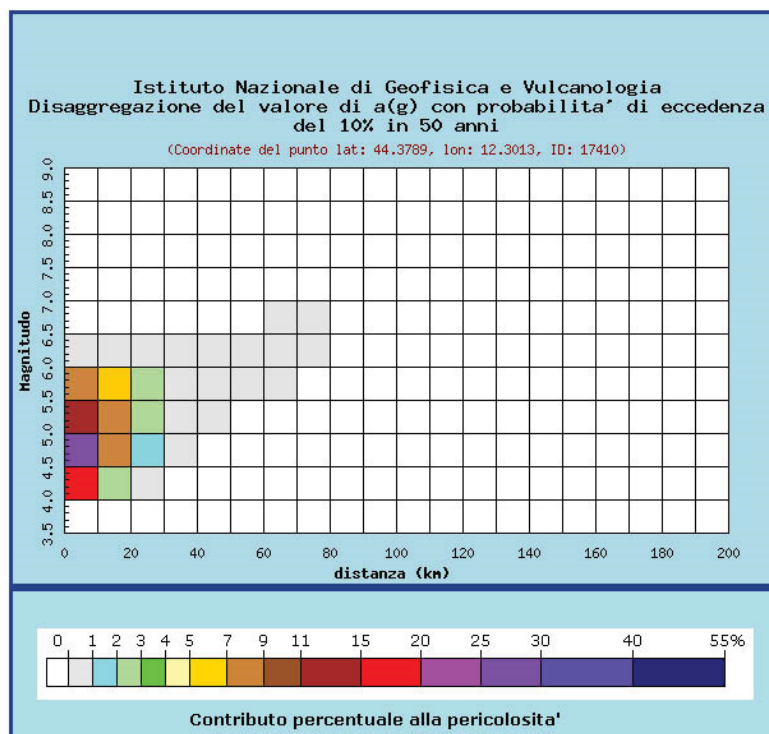
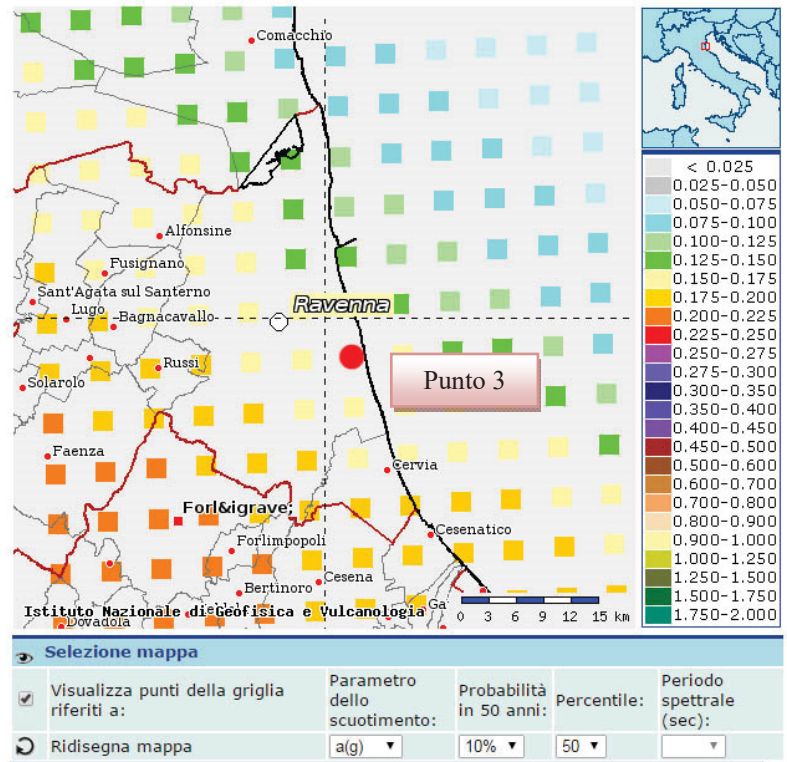
Dott. Stefano Nastasi

Dott. Damiano Guarguaglini

Dott. Annalisa Fontanelli

Dott. Andrea Castellani

Punto 3:



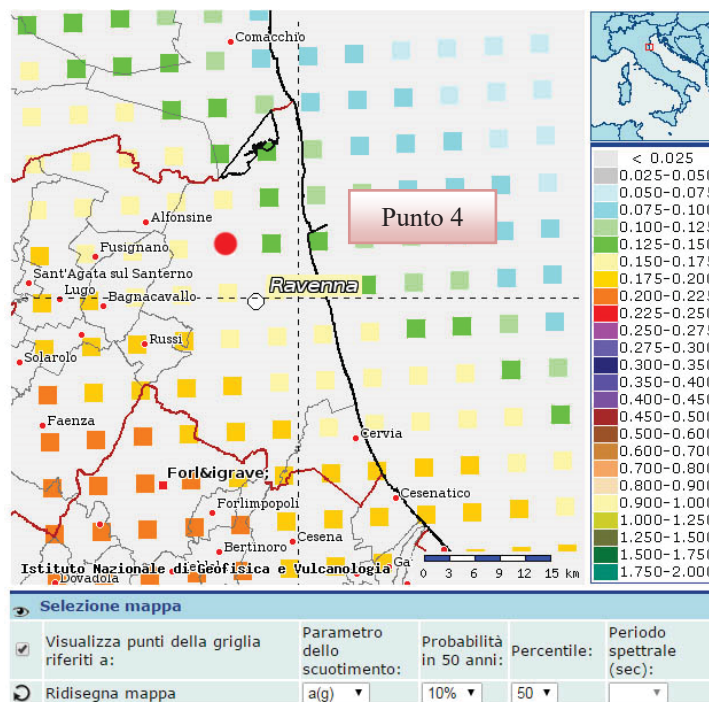
Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.3789, lon: 12.3013, ID: 17410)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.300	27.300	14.800	7.000	0.826	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.990	8.360	7.950	6.100	0.948	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.121	1.160	2.290	2.450	0.374	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.031	0.479	0.900	0.179	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.033	0.267	0.097	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.017	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

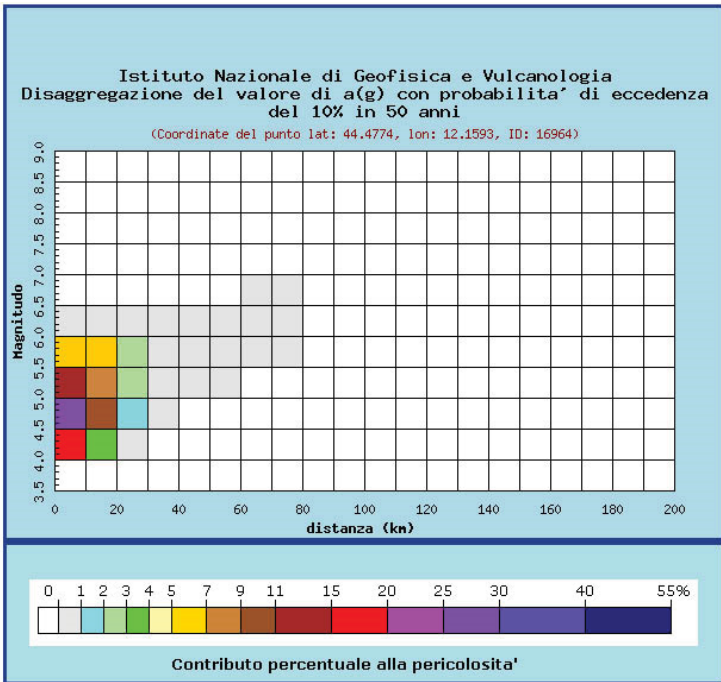
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.000	9.500	0.686

Magnitudo media 5,00 con distanza epicentrale di 9,5 km

Punto 4:



Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

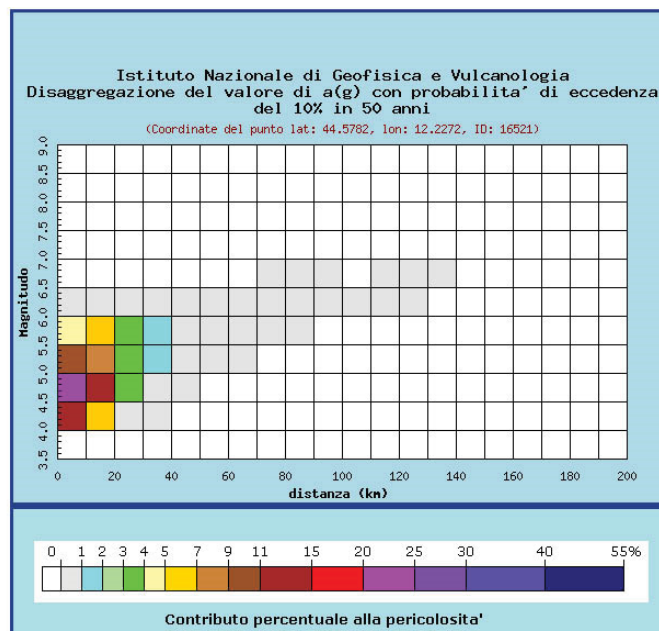
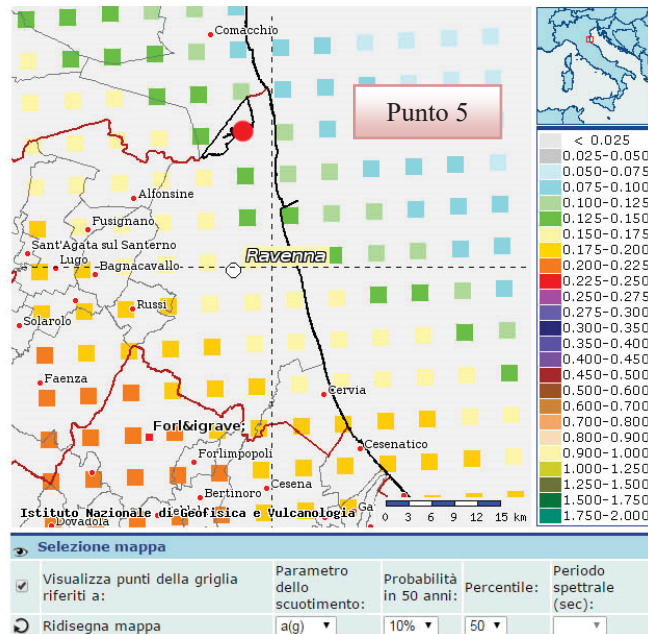


Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.4774, lon: 12.1593, ID: 16964)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.700	27.400	14.200	6.390	0.719	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.580	9.320	7.990	5.480	0.787	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.153	1.250	2.270	2.290	0.337	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.039	0.516	0.891	0.133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.041	0.281	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Valori medi											
Magnitudo	Distanza		Epsilon								
4.970	9.480		0.686								

Magnitudo media 4,97 con distanza epicentrale di 9,48 km

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

Punto 5:



Dott. Paolo Castellani

Dott. Stefano Nastasi

Dott. Damiano Guarguaglini

Dott. Annalisa Fontanelli

Dott. Andrea Castellani

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.5762, lon: 12.2272, ID: 16521)										
	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	13.500	21.800	10.100	4.130	0.440	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.250	12.100	8.920	5.360	0.712	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.853	3.130	3.640	3.190	0.529	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.021	0.583	1.460	1.720	0.296	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.023	0.462	0.863	0.133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.064	0.362	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.002	0.109	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.016	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Valori medi											
Magnitudo	Distanza	Epsilon									
4.980	12.600	0.636									

Magnitudo media 4,98 con distanza epicentrale di 12,6 km

Si nota come la magnitudo attesa pi  probabile con tempo di ritorno 475 anni rimanga stabile su tutto il territorio comunale.

Il valore medio stimato   intorno ai 4,9 – 5 con distanza epicentrale compresa tra 9 e 12 km.

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

Quanto finora detto   del tutto confermato dagli eventi storici la cui magnitudo massima raramente supera il 4° grado.

Qui di seguito riportiamo alcuni eventi storici ricavati dalla banca dati del sito web *resitalica.it* e dalla banca dati ISIDE dell'INGV tra quelli con magnitudo compresa tra 0 e 10:

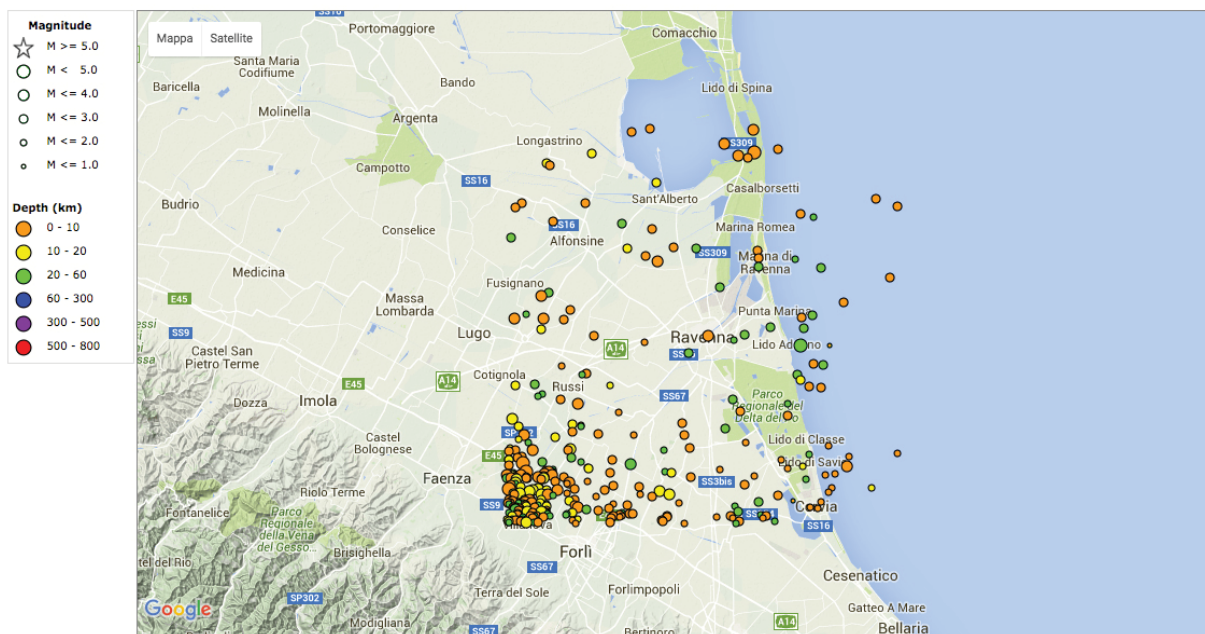


Mappa estratta dal sito www.resitalica.it

data	MAG	zona	dist. in km
1) 10/05/2000	4,9	Ponticello	28,49
2) 05/12/1978	4,76	Villanova	7,41
3) 10/01/1969	4,63	Russi	16,12
4) 11/01/1968	4,58	Bagnacavallo	15,78
5) 30/12/1967	5,36	Alfonsine	26,17
6) 18/12/1965	4,95	Russi	15,78
7) 01/08/1891	4,83	Lugo	20,99
8) 12/02/1881	5,03	Faenza	25,08
9) 16/10/1861	5,13	Forlimpopoli	21,48
10) 10/03/1844	5,03	Forlimpopoli	26,88
11) 08/10/1828	4,63	Forlimpopoli	28,53
12) 21/09/1813	5,32	Forlì	25,91
13) 17/07/1781	5,53	Faenza	24,87
14) 25/05/1780	5,03	Ravenna	0,06
15) 11/06/1778	5,03	Forlì	25,17
16) 09/08/1732	4,83	Faenza	29,05
17) 15/03/1689	4,83	Bagnacavallo	15,66
18) 18/08/1688	5,17	Bagnacavallo	15,66
19) 11/04/1688	5,88	Cotignola	20,50
20) 15/08/1653	5,03	Forlì	25,04
21) 10/07/1591	5,24	Russi	12,79
22) 19/04/1509	5,17	Faenza	28,16
23) 11/08/1483	5,67	Cesena	27,58
24) 10/10/1479	4,83	Forlì	25,17
25) 04/08/1383	5,37	Forlì	25,17
26) 00/00/ 725	5,57	Ravenna	2,61

Tabella estratta dal sito www.resitalica.it

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani



Mapa estratta dal sito <http://iside.rm.ingv.it/>

#Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	Magnitudo
2016-01-26 21:39:28.960	44.245	12.002	38.4	1.2--ML
2016-01-18 11:32:50.740	44.287	11.997	10.0	1.7--ML
2015-11-09 18:10:41.010	44.312	11.975	29.4	1.3--ML
2015-11-04 09:45:44.350	44.354	11.987	34.7	1.7--ML
2015-09-21 02:19:22.820	44.256	11.951	24.4	1.8--ML
2015-09-15 00:49:00.200	44.448	12.001	30.7	2.2--ML
2015-08-24 03:47:21.910	44.28	11.991	18.8	1.6--ML
2015-05-18 20:48:44.890	44.239	11.982	24.8	1.6--ML
2015-04-27 20:03:52.240	44.275	11.958	22.6	1.8--ML
2015-04-27 04:51:59.400	44.282	11.959	24.1	1.0--ML
2015-04-27 03:41:03.710	44.283	11.96	19.5	1.0--ML
2015-04-27 02:24:48.790	44.272	11.966	19.2	1.2--ML
2015-04-26 06:27:19.540	44.28	11.958	23.1	1.2--ML
2015-04-25 13:30:57.760	44.242	12.038	14.4	1.5--ML
2015-04-25 05:20:19.060	44.246	12.272	43.2	1.3--ML
2015-04-25 04:58:42.450	44.289	12.05	10.2	1.7--Md
2015-04-25 02:55:29.960	44.247	11.963	18.9	1.3--ML
2015-04-25 02:50:55.820	44.242	11.955	24.6	1.6--ML
2015-04-25 00:33:00.790	44.246	12.023	25.4	1.4--ML
2015-04-24 23:34:59.250	44.254	11.959	19.9	1.7--ML
2015-04-24 20:28:22.990	44.258	11.965	24.0	1.6--ML
2015-04-24 19:48:10.600	44.258	11.953	24.7	1.4--ML
2015-04-24 18:16:54.350	44.261	11.969	17.6	1.2--ML
2015-04-24 17:47:05.260	44.256	11.973	20.5	1.4--ML

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

2015-04-24 15:23:21.360	44.248	11.951	22.4	1.8--ML
2015-04-24 13:09:29.810	44.244	11.968	23.0	1.5--ML
2015-04-08 05:08:13.520	44.282	11.973	31.6	1.8--ML
2014-10-30 22:20:48.450	44.245	12.095	10.0	1.0--ML
2014-10-10 08:12:52.210	44.24	12.289	28.3	1.8--ML
2014-09-16 06:50:07.370	44.405	12.238	35.1	1.7--ML
2014-08-29 19:23:58.030	44.511	12.094	32.8	2.2--ML
2014-07-29 02:09:03.310	44.248	12.094	31.6	1.3--ML
2014-06-14 22:53:25.920	44.327	12.043	30.6	1.8--ML
2014-06-14 18:42:33.430	44.294	12.043	31.1	1.8--ML
2014-01-22 06:24:05.620	44.383	12.352	23.2	2.6--ML
2014-01-15 03:36:49.410	44.429	11.973	35.0	1.7--ML
2013-12-14 02:09:58.990	44.254	12.239	23.9	1.6--ML
2013-07-15 17:05:38.350	44.489	12.189	20.2	2.2--ML
2012-11-25 17:03:28.620	44.394	12.18	36.2	2.0--ML
2012-09-25 19:48:28.330	44.238	12.24	22.5	1.6--ML
2012-08-29 02:27:22.620	44.479	12.316	28.9	1.5--ML
2012-08-16 10:10:59.150	44.266	12.024	9.3	1.9--ML
2012-08-13 23:54:46.690	44.271	12.413	10.1	1.3--ML
2012-07-09 03:28:55.910	44.301	12.333	40.7	1.6--ML
2012-06-14 20:48:29.010	44.305	12.148	27.5	1.3--ML
2012-06-09 09:31:36.140	44.287	12.007	22.7	1.5--ML
2012-06-09 02:13:57.930	44.416	12.326	21.9	2.3--ML
2012-06-08 20:30:04.630	44.428	12.337	30.1	2.1--ML
2012-06-08 01:11:39.670	44.472	12.269	21.3	2.6--ML
2012-06-06 09:57:06.580	44.471	12.348	28.8	2.1--ML
2012-06-06 05:14:49.200	44.453	12.219	33.1	2.1--ML
2012-06-06 04:11:47.810	44.41	12.251	32.2	2.3--Md
2012-06-06 04:08:31.410	44.4	12.322	31.1	4.0--Mw
2012-06-03 02:32:42.070	44.374	12.318	33.8	2.3--ML
2012-04-06 04:51:06.860	44.319	12.109	9.4	1.2--ML
2012-04-05 20:13:03.870	44.243	12.236	8.0	1.8--ML
2012-01-13 01:14:44.120	44.364	11.959	10.9	2.1--ML
2011-12-12 13:00:33.420	44.249	11.999	10.0	1.6--ML
2011-11-06 20:12:07.860	44.374	12.044	25.4	1.9--Md
2011-11-03 02:09:19.520	44.256	12.084	10.0	1.2--ML
2011-09-05 21:47:57.700	44.256	11.999	32.9	1.6--ML
2011-08-19 02:11:00.370	44.263	12.062	10.0	1.0--ML
2011-08-11 06:34:55.790	44.382	12.018	10.0	1.4--ML
2011-08-06 00:36:00.810	44.24	11.972	10.0	1.3--ML
2011-08-05 14:48:41.700	44.246	11.986	10.0	1.3--ML
2011-07-30 04:07:28.580	44.242	11.948	11.9	1.4--ML
2011-06-25 12:28:54.690	44.264	12.294	5.6	2.2--ML
2011-05-07 22:53:53.010	44.517	12.339	29.9	1.2--ML

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

2011-01-28 12:54:56.000	44.4	12.36	10.0	0.6--M
2010-12-22 23:47:02.390	44.249	12.243	22.4	2.0--ML
2010-09-01 14:09:14.480	44.498	11.953	44.3	2.3--ML
2010-08-10 00:45:45.770	44.288	12.306	10.0	1.0--ML
2010-08-08 20:52:27.630	44.238	12.174	9.6	1.0--ML
2010-08-07 20:22:51.370	44.259	12.313	5.0	0.9--ML
2010-08-07 20:10:01.460	44.296	12.298	5.5	1.3--ML
2010-08-07 20:06:41.920	44.29	12.325	17.0	1.9--ML
2010-08-07 08:38:38.110	44.299	12.385	6.6	1.8--ML
2010-06-30 02:06:15.740	44.294	11.993	26.1	2.2--ML
2010-06-29 08:05:30.940	44.364	12.08	15.0	1.7--ML
2010-06-23 18:41:21.060	44.305	11.956	24.4	1.5--ML
2010-06-23 18:08:59.720	44.315	11.963	18.6	1.4--ML
2009-12-25 16:05:33.040	44.258	12.269	27.4	2.2--ML
2009-12-10 17:02:17.260	44.365	11.983	24.8	2.1--ML
2009-11-27 10:02:19.120	44.244	12.092	9.1	1.4--ML
2009-07-22 03:30:56.540	44.347	12.306	36.4	1.2--ML
2009-05-27 08:29:52.060	44.275	12.024	10.0	1.4--ML
2009-05-24 02:13:46.250	44.279	12.33	42.6	1.6--ML
2009-04-16 14:01:31.110	44.307	11.952	10.3	1.8--ML
2009-04-09 18:09:52.620	44.28	11.948	27.9	2.6--ML
2009-04-08 05:24:01.480	44.249	11.997	32.1	1.8--ML
2009-04-07 17:21:00.480	44.265	12.118	10.0	1.3--ML
2009-04-07 10:46:10.600	44.277	12.051	10.0	1.7--ML
2009-04-06 13:03:43.730	44.251	12.049	32.2	2.0--ML
2009-04-06 06:27:30.820	44.247	12.024	32.1	1.7--ML
2009-04-06 03:33:39.410	44.251	11.958	27.7	3.3--ML
2009-04-06 01:03:34.970	44.328	12.043	10.0	1.4--ML
2009-04-05 23:42:04.460	44.307	11.979	25.0	1.6--ML
2009-04-05 23:38:30.010	44.257	11.968	36.1	1.1--Md
2009-04-05 23:20:41.340	44.255	11.987	31.0	1.4--ML
2009-04-05 22:26:32.550	44.264	12.007	33.8	1.9--ML
2009-04-05 22:02:58.250	44.241	11.957	29.4	1.8--ML
2009-04-05 21:57:49.710	44.245	11.983	33.7	1.5--ML
2009-04-05 21:25:00.920	44.261	11.979	30.0	1.5--ML
2009-04-05 21:22:18.680	44.247	12.0	30.3	1.6--ML
2009-04-05 21:11:04.800	44.285	11.956	30.6	1.6--ML
2009-04-05 21:09:38.720	44.242	11.968	28.8	1.9--ML
2009-04-05 20:56:04.680	44.239	11.95	29.1	1.8--ML
2009-04-05 20:45:03.500	44.257	11.963	25.0	1.6--ML
2009-04-05 20:29:55.730	44.298	12.03	34.2	2.0--Md
2009-03-30 17:43:01.420	44.487	12.267	8.0	2.0--ML
2009-02-23 20:53:26.220	44.403	12.124	5.0	1.5--ML
2009-02-18 10:14:35.210	44.302	12.446	10.0	1.9--ML

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

2009-01-06 10:03:55.670	44.251	11.999	10.0	1.5--ML
2008-11-04 13:06:48.140	44.243	12.274	10.0	1.4--ML
2008-07-12 00:54:25.650	44.241	12.032	10.0	1.0--ML
2008-06-20 08:41:17.020	44.257	11.98	21.7	1.6--ML
2008-06-02 17:09:13.720	44.284	12.367	5.0	1.1--ML
2008-03-29 15:12:11.920	44.309	12.358	10.0	1.5--ML
2008-03-29 05:43:26.040	44.252	12.344	10.0	1.8--ML
2008-03-29 00:27:22.230	44.283	12.354	10.0	1.5--ML
2008-03-29 00:17:09.360	44.271	12.363	10.0	1.8--ML
2008-03-28 19:54:52.460	44.258	12.348	10.0	1.5--ML
2008-03-28 19:52:50.670	44.267	12.358	6.6	1.6--ML
2008-03-27 21:40:21.920	44.253	12.335	3.9	1.7--ML
2007-09-29 20:22:01.850	44.282	12.263	7.7	1.8--ML
2007-06-30 23:37:22.750	44.286	12.006	5.0	1.3--ML
2007-05-18 01:34:29.720	44.287	12.22	10.0	1.6--ML
2007-05-11 16:20:55.090	44.325	12.227	30.9	2.1--ML
2007-02-18 12:02:01.010	44.34	12.09	10.0	1.5--ML
2007-02-15 23:23:56.780	44.356	11.993	29.6	1.3--ML
2007-02-15 00:27:30.420	44.351	12.016	10.0	2.0--Md
2007-02-14 23:10:54.270	44.306	12.029	17.6	3.3--ML
2007-01-27 22:13:49.770	44.238	12.036	10.0	1.4--ML
2007-01-27 19:41:56.260	44.312	12.253	10.0	1.5--ML
2007-01-24 04:06:00.870	44.351	12.236	28.3	2.2--Md
2006-12-12 22:08:25.060	44.575	12.056	12.1	2.0--ML
2006-05-04 13:18:47.660	44.369	12.322	11.9	2.3--ML
2006-03-24 08:51:59.290	44.307	12.181	10.0	2.3--ML
2006-01-03 14:59:29.050	44.241	12.145	10.0	2.0--ML
2005-12-01 00:15:35.980	44.286	12.15	23.5	1.8--ML
2005-11-09 00:29:59.920	44.244	12.216	9.9	1.7--ML
2005-06-05 12:16:57.050	44.254	11.96	6.6	1.8--ML
2005-04-11 01:32:18.080	44.363	12.333	5.0	2.7--Md
2005-03-26 16:59:18.590	44.548	12.138	13.0	2.4--Md
2005-03-08 08:41:53.870	44.44	12.378	10.0	2.3--Md
2004-07-20 11:33:46.740	44.462	12.437	10.0	2.4--Md
2004-02-13 06:18:10.880	44.433	12.028	10.0	2.4--Md
2004-02-06 19:02:38.250	44.319	12.174	10.0	2.1--Md
2004-01-23 10:40:11.060	44.32	12.065	10.0	2.2--Md
2003-02-01 09:24:37.780	44.584	12.225	6.8	3.2--Md
2003-02-01 08:51:54.430	44.579	12.294	4.8	2.9--Md
2002-11-21 17:23:33.430	44.573	12.243	5.0	3.1--Md
2002-11-02 10:57:44.650	44.576	12.263	8.8	4.1--Md
2002-10-21 19:42:46.090	44.49	12.16	10.0	2.5--Md
2002-08-12 22:50:37.930	44.596	12.262	5.0	3.3--Md
2002-07-26 02:01:27.180	44.571	12.255	8.7	2.9--Md

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

2002-06-22 19:26:28.050	44.566	11.999	12.2	2.3--Md
2002-05-31 02:39:32.320	44.248	11.98	5.0	2.5--Md
2002-04-28 14:58:15.220	44.26	11.95	10.0	2.1--Md
2002-04-15 14:11:32.030	44.26	12.034	10.0	2.0--Md
2002-04-13 14:30:43.750	44.274	11.953	10.0	2.3--Md
2002-04-12 20:34:44.950	44.28	11.974	10.0	2.1--Md
2001-12-02 20:34:51.700	44.244	11.995	6.3	2.2--Md
2001-11-04 12:43:42.560	44.239	11.987	6.5	2.6--Md
2001-05-22 03:58:14.300	44.274	12.251	6.4	2.4--Md
2001-04-17 22:35:27.850	44.426	12.324	10.0	2.2--Md
2001-03-18 08:28:52.800	44.245	12.233	5.0	2.4--Md
2001-02-20 19:58:19.300	44.263	12.133	10.0	2.4--Md
2001-02-13 19:40:25.690	44.281	12.183	5.0	2.3--Md
2001-02-13 19:22:09.200	44.257	12.167	10.0	1.9--Md
2001-01-23 12:11:22.830	44.341	12.245	3.8	2.7--Md
2001-01-11 18:22:55.200	44.564	12.002	5.0	2.6--Md
2001-01-07 23:24:10.040	44.253	11.984	10.0	2.1--Md
2001-01-03 02:33:11.400	44.53	11.967	5.1	2.4--Md
2000-12-27 09:36:47.860	44.24	11.951	15.4	2.7--Md
2000-12-09 11:47:29.880	44.526	11.959	5.0	2.6--Md
2000-12-06 04:39:51.020	44.53	12.048	10.0	2.4--Md
2000-11-29 18:10:12.540	44.245	11.954	11.8	2.6--Md
2000-10-16 21:58:11.830	44.513	12.007	5.0	2.7--Md
2000-10-14 04:09:22.090	44.25	12.064	6.6	2.3--Md
2000-10-02 22:55:37.110	44.247	12.104	5.0	2.4--Md
2000-07-25 04:09:13.460	44.252	12.078	5.0	2.4--Md
2000-07-16 07:34:40.330	44.281	12.02	5.0	2.7--Md
2000-07-02 05:30:30.950	44.27	11.987	16.8	3.3--Md
2000-06-06 06:55:03.890	44.299	11.967	10.0	2.2--Md
2000-05-22 06:28:11.050	44.28	11.973	10.0	2.4--Md
2000-05-21 02:58:25.910	44.291	11.951	10.0	2.3--Md
2000-05-20 23:42:20.280	44.241	11.961	5.0	2.3--Md
2000-05-19 17:06:43.970	44.247	11.961	10.8	2.8--Md
2000-05-18 15:16:53.770	44.25	11.966	4.0	2.6--Md
2000-05-18 15:11:22.280	44.246	11.961	5.0	2.4--Md
2000-05-14 19:32:44.560	44.296	11.951	5.0	2.1--Md
2000-05-13 19:56:14.960	44.258	11.955	10.0	3.3--Md
2000-05-13 08:33:28.770	44.27	12.034	5.0	2.5--Md
2000-05-13 08:17:15.030	44.305	11.959	5.0	2.6--Md
2000-05-13 08:14:04.830	44.243	11.981	5.0	2.4--Md
2000-05-13 08:08:50.030	44.255	12.034	5.0	2.6--Md
2000-05-11 11:57:15.750	44.293	11.968	5.1	4.1--Md
2000-05-11 04:41:13.130	44.265	11.992	12.3	3.5--Md
2000-05-11 02:39:18.390	44.296	11.95	14.1	2.7--Md

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

2000-05-11 01:00:29.460	44.26	11.991	10.1	2.9--Md
2000-05-11 00:02:59.260	44.317	12.009	14.8	2.9--Md
2000-05-10 23:04:08.880	44.266	11.964	14.0	3.0--Md
2000-05-10 22:22:10.360	44.269	11.981	11.2	2.6--Md
2000-05-10 22:03:16.670	44.249	11.992	13.6	3.4--Md
2000-05-10 19:48:14.230	44.279	11.992	10.0	2.8--Md
2000-05-10 19:35:28.220	44.266	11.956	11.9	2.6--Md
2000-05-10 18:19:28.740	44.283	11.955	13.0	2.6--Md
2000-05-10 12:15:02.860	44.271	11.989	11.2	2.8--Md
2000-05-10 05:54:10.680	44.269	12.012	5.0	3.1--Md
2000-05-10 03:55:33.550	44.257	11.952	5.0	2.5--Md
2000-05-10 03:46:02.650	44.257	11.979	10.0	3.5--Md
2000-05-09 00:53:34.570	44.298	11.961	5.0	2.8--Md
2000-05-08 18:33:51.480	44.243	12.081	5.0	2.2--Md
2000-05-08 14:55:58.090	44.248	12.032	11.6	2.2--Md
2000-05-08 14:28:58.650	44.268	11.977	10.4	3.5--Md
2000-05-08 13:57:54.750	44.283	11.965	10.0	2.5--Md
2000-05-08 13:16:23.890	44.28	11.995	11.0	3.0--Md
2000-05-08 12:58:19.230	44.288	12.052	11.0	2.5--Md
2000-05-08 12:40:25.660	44.258	11.971	5.0	3.1--Md
2000-05-08 12:29:56.700	44.27	11.95	10.0	4.3--Md
2000-05-08 00:14:36.190	44.269	11.98	10.1	3.2--Md
2000-05-07 05:01:42.720	44.276	11.958	11.9	3.9--Md
2000-05-07 03:08:36.860	44.327	11.963	13.5	2.8--Md
2000-05-07 03:05:28.160	44.279	11.96	15.2	3.7--Md
2000-05-07 00:44:08.130	44.249	11.974	16.3	3.3--Md
2000-05-05 14:23:43.950	44.253	11.956	5.0	2.6--Md
2000-05-05 13:24:46.960	44.265	12.0	8.0	3.5--Md
2000-05-02 16:48:25.190	44.247	12.108	5.0	2.1--Md
2000-05-02 08:48:49.520	44.286	11.972	9.8	4.0--Md
2000-05-02 02:03:16.580	44.283	12.005	5.0	3.3--Md
2000-05-01 18:06:15.190	44.305	11.98	5.0	3.1--Md
2000-05-01 07:40:26.330	44.284	11.996	5.0	3.2--Md
2000-05-01 02:49:09.670	44.265	11.957	5.0	2.7--Md
2000-05-01 02:28:42.180	44.319	11.97	5.0	3.8--Md
2000-04-29 23:23:33.160	44.277	12.01	4.1	2.9--Md
2000-04-29 13:42:12.440	44.272	11.965	12.2	2.8--Md
2000-04-29 12:03:40.860	44.241	11.958	5.0	2.6--Md
2000-04-28 15:15:49.650	44.286	12.001	5.0	3.5--Md
2000-04-27 03:01:29.910	44.281	11.994	9.4	3.0--Md
2000-04-27 02:26:25.560	44.283	11.965	5.0	3.2--Md
2000-04-27 01:57:50.990	44.28	11.953	5.0	3.4--Md
2000-04-26 21:08:27.620	44.252	11.957	5.0	2.8--Md
2000-04-26 20:28:50.740	44.375	12.049	5.0	2.7--Md

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

2000-04-26 19:56:17.880	44.281	11.987	5.0	3.4--Md
2000-04-24 08:27:53.600	44.25	11.963	5.0	2.3--Md
2000-04-24 04:38:12.540	44.283	11.948	5.0	3.2--Md
2000-04-23 21:45:20.310	44.304	11.95	5.0	2.6--Md
2000-04-21 14:54:39.810	44.254	11.972	11.6	2.8--Md
2000-04-21 02:15:50.980	44.24	11.965	3.9	2.8--Md
2000-04-20 09:01:28.500	44.285	12.079	5.0	2.6--Md
2000-04-19 18:58:11.420	44.239	11.972	17.6	3.3--Md
2000-04-05 03:04:55.690	44.26	11.977	5.0	3.0--Md
2000-04-04 01:09:10.940	44.255	11.971	5.0	2.4--Md
2000-02-07 23:08:06.430	44.273	12.083	6.9	2.6--Md
2000-01-06 11:45:28.180	44.259	12.027	16.9	2.6--Md
2000-01-05 21:48:11.730	44.269	11.998	11.7	2.7--Md
2000-01-05 14:14:51.130	44.254	11.998	15.0	2.9--Md
2000-01-05 13:38:51.410	44.257	11.99	14.9	2.8--Md
2000-01-05 13:21:58.560	44.276	12.027	5.0	3.4--Md
1999-01-30 05:19:34.420	44.245	12.152	10.0	2.4--Md
1998-02-26 09:14:13.440	44.296	12.082	5.0	2.5--Md
1998-02-16 07:55:44.170	44.245	12.278	5.0	2.3--Md
1997-10-02 19:42:23.480	44.417	12.284	41.7	2.4--Md
1997-08-10 12:25:38.270	44.285	12.158	19.1	2.6--Md
1997-08-02 14:00:48.220	44.329	12.031	10.9	2.5--Md
1996-12-12 21:13:49.740	44.29	12.382	5.0	3.1--Md
1996-11-23 14:48:00.530	44.272	12.116	10.0	2.2--Md
1996-08-23 05:03:51.240	44.534	12.419	5.0	2.8--Md
1996-04-18 10:45:09.990	44.409	12.205	9.9	3.4--Md
1996-03-18 02:15:52.610	44.506	12.133	5.0	2.9--Md
1996-01-11 10:40:36.140	44.482	12.125	5.0	2.5--Md
1995-10-07 15:47:59.230	44.362	12.349	10.0	2.3--Md
1995-08-09 23:35:10.890	44.489	12.102	11.0	2.9--Md
1995-02-26 20:22:40.910	44.477	12.14	5.3	3.0--Md
1994-11-29 09:20:20.730	44.337	12.306	10.0	2.3--Md
1994-11-27 18:02:05.110	44.594	12.107	8.1	2.9--Md
1994-02-15 13:17:58.150	44.305	12.026	10.0	2.6--Md
1993-11-14 21:26:24.300	44.409	12.059	5.0	2.2--Md
1993-11-08 00:12:38.680	44.269	12.073	10.0	2.0--Md
1993-11-06 23:21:14.410	44.253	12.038	10.0	3.8--M
1993-11-05 02:17:37.580	44.24	12.147	10.0	2.3--Md
1993-05-01 21:53:23.590	44.33	12.172	10.0	2.2--Md
1993-03-11 23:42:07.110	44.245	12.083	5.0	2.7--Md
1993-03-11 22:43:56.330	44.322	12.031	10.0	2.5--Md
1993-03-11 22:38:10.290	44.268	12.142	11.6	3.1--Md
1993-03-11 22:35:37.260	44.265	12.155	12.8	3.0--Md
1993-02-09 10:22:25.300	44.384	12.339	10.0	2.3--Md

1992-06-25 20:19:54.430	44.48	12.269	7.0	2.7--Md
1992-06-24 10:47:17.390	44.24	12.244	5.0	2.6--Md
1992-04-03 21:23:54.630	44.425	11.957	9.8	3.5--Md
1992-03-15 03:53:06.830	44.415	11.992	17.2	2.6--Md
1992-02-20 17:10:52.680	44.334	11.955	10.4	3.1--Md
1991-11-08 23:26:31.810	44.246	12.092	10.0	2.0--Md
1991-03-29 14:37:55.290	44.252	11.964	5.0	2.5--Md
1991-02-20 18:58:10.630	44.257	11.949	5.0	2.4--Md
1991-02-20 13:53:30.730	44.347	12.038	5.0	3.3--Md
1990-01-19 12:46:16.550	44.424	12.021	5.0	2.8--Md
1989-11-04 03:37:05.640	44.239	12.079	10.0	2.3--Md
1989-03-26 21:30:15.080	44.281	11.957	10.0	2.3--Md
1988-05-22 23:31:03.320	44.527	12.446	5.0	2.8--Md
1988-05-15 16:29:18.200	44.52	12.323	9.9	2.7--Md
1988-04-07 11:42:06.080	44.425	11.994	5.0	3.0--Md
1988-03-10 13:07:23.280	44.597	12.13	5.0	2.7--Md
1988-02-16 23:47:39.910	44.446	11.992	5.0	3.2--Md
1988-02-01 14:05:36.300	44.245	11.978	10.0	2.1--Md
1987-06-23 10:40:48.320	44.255	12.102	7.5	2.4--Md
1986-06-21 22:57:30.800	44.292	12.106	24.4	3.6--Md
1985-06-22 09:03:17.910	44.244	12.152	5.0	2.7--Md

Tabella estratta dal sito <http://iside.rm.ingv.it>

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

Per quanto riguarda la descrizione dell'assetto geologico e geomorfologico comunale riprendiamo dati di archivio e bibliografici ampiamente diffusi in letteratura, in particolare il *Piano di Protezione Civile del Comune di Ravenna*.

Il territorio comunale di Ravenna si estende su una superficie complessiva di 654,88 kmq.

Dal punto di vista morfologico si tratta di un paesaggio completamente pianeggiante con andamento totalmente omogeneo compreso tra le quote di 20 m s.l.m. ed il livello del mare stesso.

Tale paesaggio e la varietà di forme associate sono da mettere in relazione con l'evoluzione geologico - strutturale antica e recente dell'area.

La morfologia del territorio è quella tipica di una pianura alluvionale intensamente antropizzata, con alvei fluviali pensili aventi argini rialzati e rinforzati dall'uomo nel corso dei secoli scorsi per consentire il deflusso incanalato e proteggere le aree abitate e coltivate dalle frequenti esondazioni dovute alle improvvise piene dei fiumi, che trovavano facile e rapida espansione nelle zone tra un corso d'acqua e l'altro, talora particolarmente depresse.

Gli argini fluviali ed i rilevati stradali sono gli unici rilievi della parte interna del territorio comunale, mentre nella zona costiera si hanno in alcune ristrette fasce modesti rilievi, che raggiungono al massimo alcuni metri, determinati dalla presenza dei cordoni litorali dunosi.

Una menzione particolare merita il fenomeno della subsidenza, che nella zona della pianura ravennate è particolarmente intenso in particolar modo per l'emungimento di acqua dal sottosuolo ed in misura minore e più localizzata per la coltivazione dei giacimenti di gas a terra ed a mare in piattaforma.

Negli ultimi 30 - 40 anni infatti il territorio della zona di Ravenna ha subito notevoli abbassamenti, specialmente nell'area della zona industriale, dove è più alta la concentrazione di pozzi.

Numerosi corsi d'acqua appenninici che nascono fuori comune o fuori provincia sfociano in mare dopo aver transitato nel territorio comunale di Ravenna: in particolare il Reno, il Lamone, il Montone e il Ronco (questi ultimi due a sud del capoluogo sono stati fatti confluire a formare i Fiumi Uniti), il Bevano e il Savio.

Le direzioni prevalenti di scorrimento sono da sudovest verso nordest, così come determinato dalla esposizione predominante del versante appenninico romagnolo, mentre nel tratto terminale verso il mare l'orientazione degli alvei tende a disporsi da ovest verso est.

Esistono nel territorio comunale anche numerosi specchi d'acqua e zone umide, tra cui le Valli di Comacchio, di Ponte Alberete, la Valle delle Canne, alcune grosse cave e le zone delle Piallasse, che ricevendo e restituendo le maree, formano correnti che agiscono sul fondo del canale e proteggono la bocca del porto da insabbiamenti e da altre ostruzioni.

Infine bisogna menzionare il Canale Candiano, scavato nel 18° secolo al fine di migliorare e potenziare i collegamenti per il trasporto marittimo della città, che costituisce una fondamentale via d'acqua tra il mare ed il Porto interno di Ravenna.

3.1 Inquadramento geologico

3.1.1 Assetto geologico regionale

I caratteri geologici che definiscono la Pianura Padana traggono principalmente origine dagli studi di sismica a riflessione condotti da AGIP, che hanno evidenziato la presenza di depositi di età plio - quaternaria costituenti il riempimento del bacino di avanfossa compreso tra la catena appenninica a Sud e quella alpina a Nord.

Lo spessore complessivo delle unità quaternarie risulta di circa 1.000 - 1.500 metri.

L'evoluzione sedimentaria plio - quaternaria del bacino registra una 'tendenza regressiva' da depositi marini di ambiente progressivamente sempre meno profondo fino a depositi continentali.

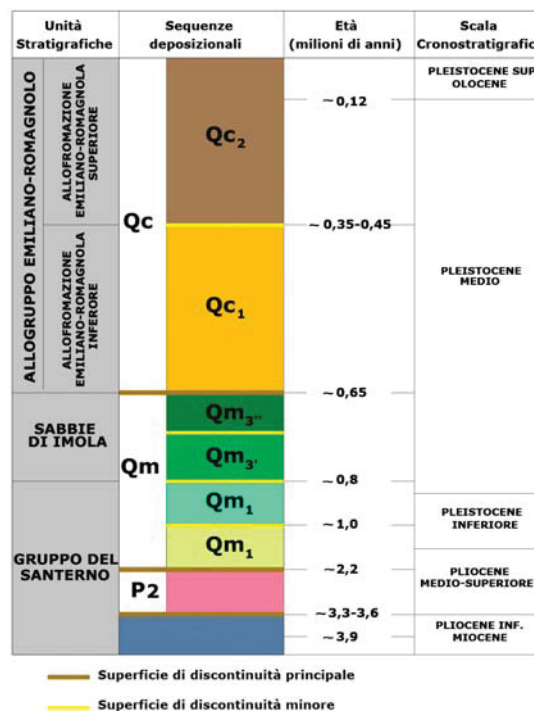
Dott. Paolo Castellani
 Dott. Stefano Nastasi
 Dott. Damiano Guarguaglini
 Dott. Annalisa Fontanelli
 Dott. Andrea Castellani

Si identificano quindi due distinti cicli sedimentari, uno marino (indicato in letteratura con 'Qm') ed uno continentale ('Qc'); tale tendenza risulta ben riconoscibile al margine appenninico (Ricci Lucchi et al., 1982).

25

Studi condotti dalla Regione Emilia - Romagna & ENI - AGIP (1998), basati sui profili sismici integrati da dati stratigrafici di pozzi profondi, hanno permesso di identificare la superficie di discontinuità tra i due cicli sedimentari anche nel sottosuolo della Pianura Padana, in corrispondenza del limite tra il Supersistema del Quaternario Marino (corrispondente al ciclo Qm) e il sovrastante Supersistema Emiliano - Romagnolo (ciclo Qc).

All'interno di queste due unità sono state riscontrate da vari autori discontinuità minori, che portano alla distinzione di sequenze deposizionali di rango inferiore all'interno dei due cicli sedimentari, come evidenziato nello schema sottostante, (Regione Emilia-Romagna, 1998).



SCHEMA STRATIGRAFICO DEI DEPOSITI PLIO - QUATERNARI DEL BACINO PADANO (FONTE: REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998)

Facendo riferimento allo studio della Regione Emilia - Romagna & ENI - Agip (1998), si riconoscono nel Supersistema Emiliano - Romagnolo, caratterizzato da uno spessore complessivo di circa 600 - 700 metri, due unità allostratigrafiche definite come Alloformazione Emiliano - Romagnola Inferiore e Alloformazione Emiliano - Romagnola Superiore.

All'interno di quest'ultima sono presenti unità di rango inferiore (Allomembri) che registrano la ciclicità elementare glacioeustatica di IV ordine e che per loro natura ciclica costituiscono le unità cartografiche di riferimento.

Supersintema Emiliano - Romagnolo

Il Supersintema Emiliano - Romagnolo è l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti in corrispondenza del margine appenninico padano (ciclo Qc di Ricci Lucchi et al, 1982) ed i sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano - romagnola.

Questi ultimi, nel ravennate, includono depositi alluvionali che passano verso Est a depositi deltizi e marini, organizzati in cicli deposizionali di vario ordine gerarchico.

Il limite inferiore del Supersintema Emiliano - Romagnolo affiora esclusivamente a ridosso del margine appenninico e nei settori intravallivi nell'area meridionale del Comune, dove è fortemente discordante sui depositi marini del Pleistocene medio (sabbie di Imola - IMO) e mio - pliocenici.

Il limite superiore coincide col piano topografico.

L'età dell'unità è Pleistocene medio – attuale (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998).

Alloformazione Emiliano - Romagnola Superiore (AES)

Costituisce la porzione superiore del Supersintema Emiliano - Romagnolo.

Nell'area di pianura comprende tutti i depositi continentali, deltizi, litorali e marini organizzati in successioni cicliche di alcune decine di metri di spessore.

Nel sottosuolo l'Alloformazione appoggia localmente in discontinuità stratigrafica sull'Alloformazione Emiliano - Romagnola Inf. ed è suddivisibile in quattro cicli deposizionali.

Il limite superiore corrisponde all'attuale superficie topografica.

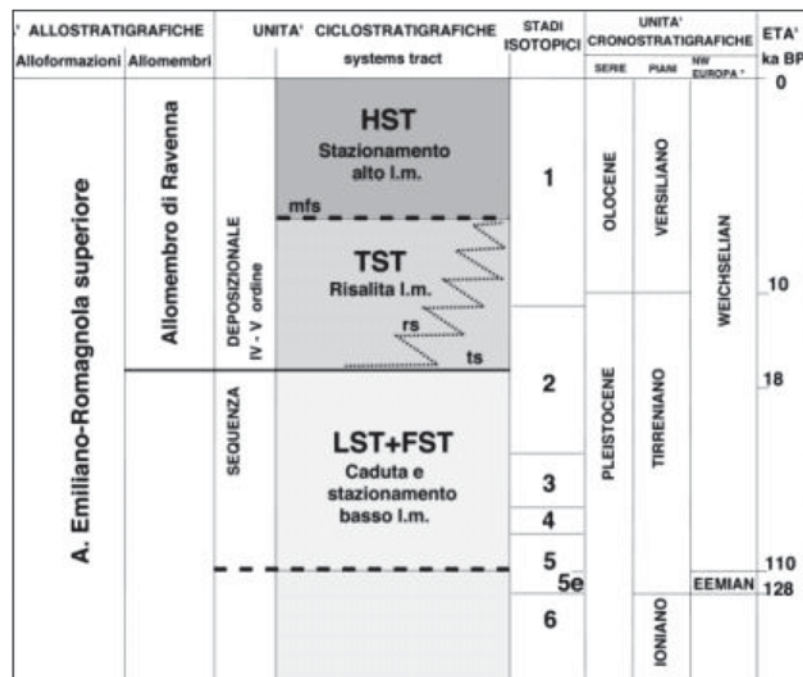
L'età è attribuibile al Pleistocene medio - Olocene.

La porzione più investigata dell'alloformazione è rappresentata dai 120 metri sommitali: al di sotto dei sedimenti litorali, localmente affioranti, di età olocenica, attribuibili all'ultimo episodio trasgressivo quaternario (Allomembro di Ravenna), i primi depositi litorali e marini che si incontrano verso il basso stratigrafico sono rappresentati da un corpo tabulare alla profondità di circa -100 metri slm costituito da sabbie litorali e subordinatamente da argille di prodelta e transizione alla piattaforma.

Al di sopra di questi sedimenti marini sono riconoscibili depositi di alcune decine di metri prevalentemente argillosi di piana deltizia.

La comparsa, intorno a -50÷-70 metri slm di corpi sabbiosi nastriformi, interpretati come depositi fluviali di valle incisa, segna il passaggio ai sedimenti alluvionali che costituiscono la porzione dell'alloformazione immediatamente sottostante all'Allomembro di Ravenna.

Questo intervallo è caratterizzato da argille e limi di piana inondabile, con subordinate sabbie di canale, (Regione Emilia-Romagna, 1999) come si vede nello schema sottostante.



SCHEMA STRATIGRAFICO DELL'ALLOFORMAZIONE EMILIANO-ROMAGNOLA SUP. (FONTE: REGIONE EMILIA-ROMAGNA)

Allomembro di Ravenna (AES8)

Esso è caratterizzato da sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale, organizzati in corpi lentiformi, nastriformi e tabulari di vario spessore.

Il tetto, che coincide con il piano topografico, presenta suoli con diverso grado di alterazione, i cui orizzonti superiori variano da non calcarei a calcarei.

Il limite inferiore è inconforme e marcato da una superficie di discontinuità definita su base radiometrica.

Nell'area ravennate l'unità ha uno spessore compreso tra 20 e 28 metri.

La porzione basale di AES8 è caratterizzata dalla frequente presenza di sedimenti ricchi di sostanza organica palustri e/o lagunari di natura trasgressiva che si accompagnano ad una generale disattivazione dei sistemi fluviali del ciclo sottostante ed ad un generale spostamento verso monte dei sistemi deposizionali.

Questo intervallo basale costituisce pertanto un orizzonte stratigrafico di correlazione molto importante che caratterizza la base del subsistema in settori della pianura anche abbastanza diversi e lontani fra loro (per distanze dell'ordine di decine di chilometri).

La sua età, definita su basi radiometriche, varia da 14.280 +/- 140 a 7.420 +/- 60 anni.

Nella parte sommitale dell'Allomembro di Ravenna viene distinta un'unità di rango gerarchico inferiore, l'Unità di Modena (AES8a), la quale contiene i depositi più superficiali (sempre affioranti) e più recenti, compresi quelli attualmente in evoluzione.

Nel settore di alta pianura, la base di AES8a è data da una superficie di erosione fluviale che passa lateralmente ad una scarpata di terrazzo in cui sono confinati i depositi di canale.

Nei settori di bassa pianura la base di AES8a è individuata dal contatto, in discontinuità, delle sue tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo o scarsamente calcareo di AES8 che contiene i reperti di epoca romana o più antica in posto.

Il tetto di AES8a è dato da un suolo poco evoluto, calcareo, di pochi decimetri di spessore e generalmente di colore bruno olivastro o bruno grigiastro.

Il limite inferiore è datato al periodo post-romano e segna l'instaurarsi di un'importante fase di deterioramento climatico tra il IV e il VI sec. d.C. che determinò un aumento della piovosità, con conseguente modifica della rete idrografica e alluvionamento della pianura.

Nell'area ravennate gli effetti del cambiamento climatico sono registrati nell'incremento del tasso di sedimentazione con conseguente seppellimento degli elementi infrastrutturale della colonizzazione e bonifica romana.

Lo spessore dell'Unità di Modena varia da 0 a 5,5 metri (Regione Emilia-Romagna, 1999).

3.2 Inquadramento geomorfologico

La caratterizzazione geomorfologica è strettamente connessa al modello genetico di formazione del territorio.

In pianura gli effetti morfologici maggiori e più rilevanti sono quelli legati all'evoluzione del sistema idrografico, che a sua volta viene condizionato dai caratteri climatici prevalenti e dalle condizioni geologiche del sottosuolo.

Occorre inoltre considerare che il territorio ha subito nel tempo significative trasformazioni antropiche.

Non è semplice quindi riconoscere e ricostruire gli allineamenti fisici e morfologici originari ed anche molti 'fenomeni ambientali' che si verificano attualmente sono di difficile interpretazione, essendo spesso dipendenti o comunque connessi all'intervento dell'uomo sull'ambiente.

Tra gli agenti che concorrono all'assetto morfologico del territorio, la subsidenza, in parte di origine naturale in parte legata ai prelievi di fluido dal sottosuolo, è tra quelli attualmente attivi.

Studi effettuati da Arpa Ingegneria Ambientale indicano per il territorio comunale velocità di movimento verticale del suolo, comprese tra circa 5 e 10 mm/anno nei periodi 1999 - 2000 e 2002 - 2006.

4. Dati geotecnici e geofisici

Per lo studio di Microzonazione Sismica di livello 2° e quindi del 3° sono indispensabili la raccolta, l'archiviazione organizzata dei dati pregressi e la realizzazione di nuove specifiche indagini.

Nel caso specifico il Comune di Ravenna era stato già parzialmente indagato dal punto di vista sismico nell'ambito della redazione del Piano Operativo Comunale nel 2010 e, limitatamente alla fascia costiera, in occasione della stesura del recente POC Arenile (*indagini svolte dal Dott. Geol. Angelo Angeli*); queste indagini hanno costituito una discreta base di partenza per effettuare il lavoro di Microzonazione Sismica di livello 2 (RUE) e integrate nella primavera 2016 in quanto non consentivano una copertura unitaria di tutta l'area (vedi studio di secondo livello di approfondimento (RUE)).

Inoltre il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna ha messo a disposizione coppie di prove CPT – CPTU eseguite dal *Dott. Geol. Thomas Veronese di Codigoro (FE)* nelle località di Casalborgorsetti, Lido di Savio e Marina di Ravenna, oltre ad una serie di misure di sismica passiva a stazione singola e in modalità di antenna sismica eseguite dalla ditta *EGIS System Srl di Siena* lungo la fascia costiera.

Infine l'Ing. Sara Martini dell'Area Infrastrutture Civili del Comune di Ravenna, in cooperazione con gli altri settori dell'Amministrazione, ha fornito una serie di prove geognostiche e geofisiche eseguite per svariati lavori presso infrastrutture ed edifici pubblici.

Riassumendo quanto appena enunciato, il lavoro di ricerca bibliografica e di archivio ha messo a disposizione le seguenti indagini geognostiche e geofisiche disposte abbastanza omogeneamente nei centri urbani del Comune:

- 87 prove HVSR;
- 122 prove CPT (prove penetrometriche statiche);
- 58 CPTU (prove con piezocono);
- 18 SCPTU (prove con piezocono sismico);
- 3 DH (prove sismiche in foro down - hole);
- 25 sondaggi geognostici;
- 13 prove ESAC;
- 5 prove Re.Mi.;
- 22 prove MASW.

Per integrare ulteriormente le indagini sopra menzionate ed estendere lo studio di Microzonazione Sismica alla maggior parte dei nuclei abitati o industriali del Comune, in particolare nelle aree interessate dal nuovo POC sono state effettuate le ulteriori seguenti prove :

- **9 prove HVSR;**
- **22 prove MASW;**
- **23 prove SCPTU;**
- **2 prove DPSH.**

Per quanto riguarda le indagini geotecniche possiamo vedere che la tipologia di indagini che più frequentemente è stata effettuata nel territorio comunale è la prova penetrometrica statica (CPT) seguita dalle prove con piezocono e dai sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

L'elenco relativo alle indagini geofisiche mostra che le prove maggiormente presenti sul territorio sono le HVSR che sono state effettuate per il progetto di Microzonazione unite a quelle usate per la redazione del Piano Operativo Comunale e a quelle reperite dagli archivi dell'Ufficio Tecnico comunale e regionale.

A seguire il binomio MASW - ESAC che solitamente viene eseguito in contemporanea per sopperire alle lacune dei due diversi metodi eseguiti singolarmente.

5. Modello del sottosuolo

La raccolta delle indagini disponibili e la realizzazione di prove geofisiche e geognostiche ex-novo ha consentito la ricostruzione del modello di sottosuolo sia nelle frazioni che nel Capoluogo.

La qualità del modello, funzione della densità di indagini, risulta maggiore laddove queste ultime sono ben distribuite e in gran numero come nel caso del Capoluogo e dei Lidi costieri; nelle altre aree il modello presenta alcune lacune e incertezze, superate mediante correlazioni di tipo geologico ed interpretazioni stratigrafiche.

Inoltre si sono rivelate fondamentali le prove di sismica passiva, le quali ci hanno fornito informazioni attendibili sulla profondità del substrato sismico.

In contrapposizione assumono minore importanza i risultati dei sondaggi a carotaggio continuo e delle prove penetrometriche, che non hanno mai consentito l'individuazione del bedrock geologico, in quanto quest'ultimo, come evidenziato dai dati delle compagnie petrolifere nel capitolo precedente, è stato rinvenuto a profondità di svariate centinaia di metri.

Come detto, molto utili sono state invece le indagini geofisiche sia attive che passive: queste a differenza delle prove geotecniche hanno consentito di stimare nella maggior parte dei casi il bedrock sismico (stimato a profondità comprese tra 300 e 350 metri), utile per valutare eventuali effetti di amplificazione stratigrafica.

Le indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSR) effettuate in buon numero, specificatamente per questo progetto, si sono correlate in maniera ottimale con le prove esistenti; questo ha consentito di utilizzarle, seppur con cautela, nella ricostruzione del modello geologico e geofisico del sottosuolo.

6. Elaborati cartografici

Come previsto dal DGR 2193/15 *“Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”* sono state revisionate le seguenti cartografie redatte in fase di secondo livello (RUE) di approfondimento:

- *Carta delle indagini*
- *Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni*
- *Carta delle aree suscettibili di effetti locali*
- *Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_S)*
- *Carta dei fattori di amplificazione*

E' stata infine redatta la *Carta della potenziale liquefazione*.

Abbiamo deciso di accorpare la *Carta geologico – tecnica* e la *Carta delle frequenze naturali dei terreni* a scopi semplificativi, senza inficiare la qualità delle stesse.

Per ognuna delle aree sottoposte ad approfondimento di II° e III° livello sono conseguentemente stati redatti 6 elaborati cartografici.

In virtù delle prescrizioni riportate nel DGR 2193/15 la scala di tutte le cartografie è 1:10.000.

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 4.0 b.

Tutta la cartografia è stata redatta in scala 1:10.000.

Analizzando la distribuzione areale delle prove si evidenzia una maggior densità nel Capoluogo e nei lidi costieri (Casal Borsetti, Lido Adriano, Lido di Savio e Lido di Classe).

Per quanto riguarda le altre frazioni, presentano una discreta densità di indagini le frazioni di Porto Fuori, Fosso Ghiaia, San Pietro in Vincoli e Classe, mentre le frazioni più piccole come Casemurate, Coccolia, Gambellara, San Bartolo e San Zaccaria, anche in funzione della minore espansione residenziale, risultano meno coperte da indagini di qualsiasi tipologia.

Le indagini eseguite per il presente studio sono riportate nello specifico report denominato ***report della campagna geognostica e geofisica ai fini dello “studio di microzonazione sismica (approfondimento al II° e II° livello di microzonazione sismica per il 2° POC e al III° livello di microzonazione sismica per l’11° RUE secondo le istruzioni contenute nel D.A.L. Regione Emilia-Romagna n. 112/2007 e smi)” del Comune di Ravenna.***

Tutte le indagini di archivio sono state opportunamente siglate, raccolte a loro volta e fornite all'Amministrazione Committente in un'apposita relazione riepilogativa.

6.2 Carta geologico - tecnica e delle frequenze naturali dei terreni

In funzione dell'elevato numero di elaborati cartografici da produrre, dipendente dalla grande estensione comunale e dalla notevole presenza di agglomerati urbani, abbiamo ritenuto opportuno unificare la *carta geologico – tecnica* e la *carta delle frequenze naturali dei terreni*.

Questa operazione non ha compromesso in alcun modo la qualità e la leggibilità della cartografia, che risultano buone e ampiamente comprensibili.

La carta geologico - tecnica è stata revisionata a partire dagli elaborati geologici del Piano Operativo Comunale del 2010 e dalla carta geologico – tecnica redatta in fase di secondo livello di approfondimento del RUE.






La perimetrazione di alcune formazioni è stata tuttavia rivista e modificata in funzione delle nuove indagini geognostiche e geofisiche eseguite in occasione del presente lavoro.

Le carte geologico tecniche sono state redatte per ogni ambito indagato in scala 1:10.000 e rappresentano, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.0 b – 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 aree suscettibili di effetti locali.

Le uniche unità geologico - litologiche presenti sono rappresentate dai *terreni di copertura*; nel territorio comunale di Ravenna non è mai stato rilevato il substrato geologico rigido o non rigido.

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 media-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 ignimbriche	ig
<i>Lahar</i> (colate di fango)	lh
Ambiente di versante	
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di delezione	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
Lacustre	lc
Palustre	pa
Piana inondabile	pi
Ambiente carsico	
Riempimento di dolina/ <i>karren</i> /vaschetta/ <i>sinkhole</i>	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
<i>Till</i>	ti
Ambiente eolico	
Duna eolica	de
<i>Loess</i>	ls
Ambiente costiero	
Spiaggia	sp
Duna costiera	dc
Cordone litoraneo	cl
Terrazzo marino	tm
Palude/laguna/stagno/lago costiero	pl
Altro ambiente	zz

In tale cartografia sono stati valutati gli elementi geologici e idrogeologici puntuali derivanti dai dati di base (profondità di sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido, profondità della falda).

Infine sono state valutate 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 SP:** si tratta di terreni costituiti da sabbie pulite a granulometria poco assortita, corrispondente alle *sabbie* della legenda della carta geologica del POC;
- **Unità geologico - tecnica SM:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscele di sabbie e limi, corrispondenti alle *sabbie limose* della legenda della carta geologica del POC;
- **Unità geologico - tecnica MH:** si tratta di terreni costituiti da limi inorganici, sabbie fini, limi micacei o diatomitici, corrispondenti ai *limi argilloso – sabbiosi e sabbie limoso - argillose* della legenda della carta geologica del POC;
- **Unità geologico - tecnica CH:** si tratta di terreni costituiti da argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse, corrispondenti alle *argille limose e alle argille limose con torba* della legenda della carta geologica del POC.

Infine per quanto riguarda gli ambienti genetico deposizionali dei terreni di copertura abbiamo riconosciuto unicamente terreni di ambiente fluvio – lacustre di piana inondabile (*pi*) e di ambiente costiero – spiaggia (*sp*).

Sono invece stati utilizzati i dati ricavati dalle misure HVSR per rappresentare in cartografia le frequenze naturali dei terreni.

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è basata sulla misura dei rapporti medi tra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontale e verticale del rumore sismico ambientale.

Le frequenze di risonanza corrispondono ai massimi della funzione che rappresenta rapporti spettrali medi in funzione della frequenza (funzione H/V).

L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura.

La campagna di misure passive del rumore sismico ambientale ha avuto come obiettivo quello di individuare possibili fenomeni di risonanza sismica e misurare la corrispondente frequenza di vibrazione.

Queste misure forniscono indicazioni sul rapporto fra la velocità media delle onde S nella copertura e la profondità del basamento sismico al di sotto del punto di osservazione.

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

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

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 Ravenna sono state utilizzate 96 misure di rumore di cui:

-n. 9 effettuate dalla ditta Geologica Toscana – Prospezioni Geofisiche Snc per conto del Comune di Ravenna nell'ambito del presente incarico per la Microzonazione Sismica di II° e III° livello;

-n. 87 effettuate in vari step precedenti: *a)* in occasione del POC dell'Arenile; *b)* in occasione della Microzonazione di I° e II° livello; *c)* reperite negli archivi comunali derivanti da interventi a carattere pubblico o privato; *d)* fornite dalla Regione Emilia Romagna.

6.3 Carta delle aree suscettibili di effetti locali

La carta delle aree suscettibili di effetti locali costituisce il documento fondamentale del I° livello di approfondimento.

La carta individua le aree ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici, è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità, liquefazione).

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

- carta delle indagini, precedentemente prodotta per questo livello di approfondimento;
- carte geologiche e geomorfologiche del Piano Operativo Comunale;
- logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggi e prove profonde;
- carte di dissesto idrogeologico (progetto IFFI).

Le distinte aree della carta sono classificate in tre categorie:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;
- b) zone suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- c) zone suscettibili di 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.

Nel caso specifico del Comune di Ravenna sono state individuate 2 aree suscettibili di effetti locali (determinate in funzione dei criteri sopra esposti) che vengono descritte di seguito:

6.3.1 Zone suscettibili di amplificazioni locali

Le zone suscettibili di amplificazioni locali sono le aree riconducibili ai litotipi MH della carta geologico tecnica, sui quali si prevedono amplificazioni del moto sismico come effetto dell'assetto litostratigrafico.

6.3.2 Zone suscettibili di instabilità

Le zone suscettibili di instabilità sono le aree riconducibili ai litotipi CH, SP e SM della carta geologico tecnica, in particolare sui litotipi CH sono attesi effetti sismici del tipo di *cedimento* o *cedimento differenziale*, mentre sui litotipi SP e SM sono attesi effetti sismici del tipo di *liquefazione*.

Nelle zone in esame gli effetti di queste fenomenologie risultano essere maggiori di quelli causati dall'amplificazione litostratigrafica evidenziate nel paragrafo 6.3.1.

Le zone suscettibili di liquefazione sono le zone nelle quali gli studi di microzonazione sismica di I° livello hanno verificato l'esistenza di 4 condizioni predisponenti:

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

Tali zone dovranno essere riviste, confermate o smentite dal III° livello di approfondimento, di cui diamo perimetrazione nella Carta dei fattori di amplificazione.

6.4 Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)

In questa carta vengono riportati tutti i punti di misura di V_s delle aree oggetto di microzonazione e vengono evidenziati i valori di velocità di propagazione delle onde di taglio S nei primi 30 metri del sottosuolo.

I valori utilizzati di V_{s30} sono da riferirsi sia alle indagini d'archivio che a quelle effettuate (MASW, MASW - ESAC, SCPTU, DOWN - HOLE, Re.Mi.).

Considerando distribuzione ed andamento dei dati di velocità delle onde S nei primi 30 metri di sottosuolo, opportunamente correlati con altri dati geognostici e geofisici, si nota come in generale le elaborazioni delle acquisizioni eseguite abbiano evidenziato valori oscillanti tra un valore minimo di 150 m/s, rilevato nei pressi delle frazioni di Casal Borsetti, Marina Romea e Porto Corsini, e un valore massimo di 290 m/sec nei pressi della zona industriale.

6.5 Carta dei fattori di amplificazione

La carta dei fattori di amplificazione costituisce l'elaborato principale del II° livello di approfondimento.

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

Questo genere di cartografia riporta la suddivisione del territorio in zone suscettibili di amplificazione e zone suscettibili di amplificazione e liquefazione.

Per Ravenna in accordo con il Servizio Sismico Regionale era stato scelto in fase di secondo livello di approfondimento (RUE) di utilizzare l'abaco PIANURA 2 in virtù di conseguire risultati più cautelativi.

In questa sede è stato scelto invece utilizzato l'abaco PIANURA 3 per la redazione della carta suddetta poiché il PIANURA 2 si è rivelato troppo prudentiale.

L'obiettivo di questa carta è quello di riportare i valori di amplificazione stimati in termini di rapporto tra PGA al sito e PGA di riferimento (FA_{PGA}) e di rapporto tra Intensità di Housner al sito e quella al sito di riferimento per intervalli di periodi compresi tra 0,1 e 0,5 secondi ($FA_{0,1-0,5S}$), tra 0,5 e 1 secondo ($FA_{0,5-1S}$) e tra 0,5 e 1,5 secondi ($FA_{0,5-1,5S}$).

Questi 4 fattori sono riportati nella carta dei fattori di amplificazione in corrispondenza del punto sul quale sono stati calcolati.

Nelle zone dove le indagini presenti non permettevano tale rappresentazione per tutti e quattro i valori, viene proposta solamente la carta dei fattori di amplificazione in termini di intensità di Housner $FA - SI3$ che è l'interpolazione più cautelativa per il territorio del Comune di Ravenna.

6.6 Carta della potenziale liquefazione

Tale carta rappresenta l'elaborato fondamentale del III° livello di approfondimento sismico, che in questa fase è stato eseguito su tutti gli ambiti di POC proposti dall'Amministrazione Comunale di Ravenna.

In verità il territorio di Ravenna risulta in una zona per la quale la magnitudo attesa con tempo di ritorno di 475 anni è quasi sempre sotto 5 (valore limite per eseguire la verifica a liquefazione), tranne che per l'area a sud-ovest dove il valore atteso è 5,03. E' stato tuttavia scelto di eseguire tale tipo di elaborazione viste le scarse proprietà sismiche dei materiali presenti nel territorio in particolare quelle presenti nei primi venti metri di sottosuolo.

La stima del potenziale di liquefazione è stata eseguita su tutte le verticali SCPTU eseguite per conto del Comune di Ravenna per la microzonazione sismica del territorio.

Il calcolo è stato eseguito per i primi 20 metri di sottosuolo attraverso i 6 metodi empirici più comunemente usati, moltiplicando l'accelerazione di sito (riferita al suolo rigido) di ogni singola prova con il fattore di amplificazione ricavato dalle precedenti analisi.

I metodi usati sono stati i seguenti:

- 1. NCEER (2001)**
- 2. Robertson (2009)**
- 3. Idriss & Boulanger (2008)**
- 4. J&AI**
- 5. Moss**
- 6. AGI**

La comparazione tra queste metodologie di calcolo e il raffronto tra lo scrivente e membri della commissione tecnica nazionale sulla liquefazione ha permesso di scegliere per il Comune di Ravenna l'uso dei più cautelativi tra i risultati del metodo 2. Robertson e il metodo 3. Idriss&Boulanger in quanto affinati su banche date molto ampie e stabili nei risultati.

La carta, oltre che il potenziale di liquefazione a 20 metri per sisma con magnitudo >5 e $T_r = 475$, riporta anche lo stesso valore per profondità di 10 m.

In allegato vengono riportate le analisi per ogni verticale indagata.

7. Calcolo dei cedimenti post-sismici e RSL

7.1 Calcolo dei cedimenti post-sismici

Sulle verticali delle prove SCPTU eseguite nella primavera 2016 e su quelle eseguite questa estate a corredo dei nuovi strumenti urbanistici oltre al calcolo della potenziale liquefazione, sono stati verificati anche i cedimenti post-sismici.

I terreni sono stati considerati prevalentemente granulari in modo da poter stimare la deformazione volumetrica dai risultati delle suddette prove.

Per il calcolo della deformazione di taglio indotta dall'azione sismica γ_{\max} è stato deciso di utilizzare la legge di variazione $G(\gamma)/G_0$ desunta da curve di letteratura per terreni con proprietà simili.

Poiché i primi 20 metri di sottosuolo presentano bene o male sempre le solite caratteristiche litologiche è stato deciso in via del tutto prudentiale di utilizzare sempre la curva EPRI(93), 0 – 20 ft.

Da quanto fin qui detto e utilizzando l'espressione di Idriss e Boulanger (2008) abbiamo rilevato per le varie zone i seguenti cedimenti:

SCPTU1B: 1,3 cm – Casalborsetti

SCPTU2B: 1,6 cm – Piangipane

SCPTU3B: 1,4 cm – Sant'Alberto

SCPTU4B: 1,2 cm – Coccolia

SCPTU5B: 1,5 cm – Ragone e Filetto

SCPTU6B: 1,7 cm – Villanova e San Marco

SCPTU7B: 1,6 cm – Case Murate

SCPTU8B: 1,2 cm – Punta Marina

SCPTU9B: 1,6 cm – Lido di Dante

SCPTU10B: 0,6 cm – Ravenna città

SCPTU11B: 0,7 cm – Ravenna città

SCPTU12B: 0,7 cm – Castiglione di Ravenna

SCPTU13B: 1,6 cm – San Pietro in Vincoli

SCPTU14B: 1,4 cm – Marina di Ravenna

SCPTU15B: 0,9 cm – Porto Fuori

SCPTU1C: 1,3 cm – San Romualdo

SCPTU2C: 6,4 cm – Camerlona

SCPTU3C: 0,9 cm – Fornace Zarattini

SCPTU4C: 1,7 cm – San Michele

SCPTU5C: 0,7 cm – Torre Piezometrica

SCPTU7C: 1,2 cm – Ravenna Parco Mura

SCPTU8C: 1,3 cm – Castiglione di Ravenna

SCPTU10C: 0,9 cm – Classe

SCPTU11C: 1,2 cm – Massa Castello

SCPTU12C: 1,9 cm – San Pietro in Campiano

SCPTU13C: 5,3 cm – Ravenna Rotonda Doganieri

SCPTU14C: 20,3 cm – Marina Romea

SCPTU15C: 31,9 cm – Casalborgorsetti

SCPTU16C: 14,3 cm – Sant'Alberto

SCPTU17C: 20,7 cm – Sant'Alberto

SCPTU18C: 2,5 cm – Ravenna Scuola Ricci

SCPTU19C: 0,7 cm – Ravenna Scuola Don Minzoni

SCPTU20C: 1,2 cm – Ravenna Via Talamone

SCPTU21C: 0,3 cm – Ravenna Pala De Andrè

SCPTU22C: 0,6 cm – Ravenna Scuola Callegari – Montanari

SCPTU23C: 1,3 cm – Ravenna Rocca Brancaleone

SCPTU24C: 4,1 cm – Marina di Ravenna Campo da baseball

SCPTU25C: 2,9 cm – Marina di Ravenna Campo da calcio

7.2 Risposta Sismica Locale (RSL)

Su 11 fabbricati di particolare interesse per l'amministrazione comunale, abbiamo eseguito il calcolo della risposta sismica locale. Tale verifica, puntuale e monodimensionale, permette di ricavare lo spettro di progetto reale del terreno in quel punto e quindi poterlo confrontare con lo spettro di normativa e quindi eseguire una valutazione di pericolosità sismica più accurata.

DATI DI INPUT

La valutazione della risposta sismica locale mediante analisi 1D permette di definire una realistica risposta sismica stratigrafica di terreni non affetti da problematiche bidimensionali (sia sepolte sia topografiche). Questo approccio è ritenuto la via ufficiale delle NTC2008 (Cap. 3.2.2) e consente, in determinati casi e mediante il confronto con la relativa categoria di sottosuolo (Cap. 3.2.2 NTC2008), elementi di risparmio rispetto all'approccio semplificato di normativa (categorie di sottosuolo), poiché identifica amplificazione per intervalli di periodi solitamente più limitati rispetto a quelli di normativa.

In determinati casi (ad esempio con substrato sismico con profondità dal piano campagna > 350 m e con assenza di importanti contrasti di Vs nelle coperture sismiche) anche il livello di amplificazione, ovvero l'ordinata dello spettro di risposta $S_e(g)$, risulta inferiore a quello desumibile dal ricorso alle categorie di sottosuolo.

Di seguito si illustra una procedura per giungere alla definizione della risposta sismica locale, sulla base dei parametri progettuali e geologico-tecnici (relativi alla campagna di esplorazione del sottosuolo) mediante l'utilizzo di software specifici come STRATA (Kottke & Rathje, 2008) per la realizzazione delle analisi di risposta sismica locale 1D.

La prima informazione necessaria per la definizione dell'input sismico (definizione degli accelerogrammi scelti tra quelli spettrocompatibili della Regione Emilia Romagna per il Comune di Ravenna - 000046xa_039014Ravenna - 000126xa_039014Ravenna - 000354xa_039014Ravenna) è l'accelerazione di base del sito di progetto (a_g), al valore della quale bisognerà scalare ognuno dei 3 accelerogrammi, costituenti l'input sismico. Per la definizione di tale parametro sono necessarie al modellista alcune informazioni relative al progetto ed alla sua localizzazione spaziale.

Nel caso specifico abbiamo:

1. Pala De Andrè

Sito in esame.	
latitudine:	44,419922
longitudine:	12.230001
Classe:	2
Vita nominale:	50

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***Siti di riferimento**

Sito 1	ID: 17186 Lat: 44,4274Lon: 12,1604	Distanza: 5589,173
Sito 2	ID: 17187 Lat: 44,4282Lon: 12,2304	Distanza: 918,822
Sito 3	ID: 17409 Lat: 44,3782Lon: 12,2314	Distanza: 4640,568
Sito 4	ID: 17408 Lat: 44,3774Lon: 12,1615	Distanza: 7208,318

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%	
Tr:	30		[anni]
ag:	0,047	g	
Fo:	2,453		
Tc*:	0,262		[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%	
Tr:	50		[anni]
ag:	0,058	g	
Fo:	2,485		
Tc*:	0,278		[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%	
Tr:	475		[anni]
ag:	0,160	g	
Fo:	2,557		
Tc*:	0,279		[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%	
Tr:	975		[anni]
ag:	0,212	g	
Fo:	2,504		
Tc*:	0,285		[s]

Coefficienti Sismici**SLO:**

Ss:	1,500
Cc:	1,630
St:	1,000
Kh:	0,014
Kv:	0,007
Amax:	0,691
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,600
St:	1,000
Kh:	0,018
Kv:	0,009
Amax:	0,860
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,450
Cc:	1,600
St:	1,000
Kh:	0,056
Kv:	0,028
Amax:	2,278
Beta:	0,240

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

SLC:

Ss: 1,380
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,082
Kv: 0,041
Amax: 2,868
Beta: 0,280

44

2. Uffici Viale Berlinguer

Sito in esame.

latitudine: 44,4038121547083
longitudine: 12,1922068333613
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17186 Lat: 44,4274Lon: 12,1604	Distanza: 3643,451
Sito 2	ID: 17187 Lat: 44,4282Lon: 12,2304	Distanza: 4067,984
Sito 3	ID: 17409 Lat: 44,3782Lon: 12,2314	Distanza: 4218,906
Sito 4	ID: 17408 Lat: 44,3774Lon: 12,1615	Distanza: 3816,640

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%	
Tr:	30		[anni]
ag:	0,048	g	
Fo:	2,448		
Tc*:	0,262		[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%	
Tr:	50		[anni]
ag:	0,060	g	
Fo:	2,481		
Tc*:	0,278		[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%	
Tr:	475		[anni]
ag:	0,164	g	
Fo:	2,544		
Tc*:	0,281		[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%	
Tr:	975		[anni]
ag:	0,217	g	
Fo:	2,493		
Tc*:	0,286		[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,630
St: 1,000
Kh: 0,015
Kv: 0,007
Amax: 0,713
Beta: 0,200

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***SLD:**

Ss: 1,500
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,018
Kv: 0,009
Amax: 0,886
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,450
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,057
Kv: 0,029
Amax: 2,332
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,380
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,084
Kv: 0,042
Amax: 2,930
Beta: 0,280

3. Sede Polizia Municipale

Sito in esame.

latitudine: 44,420426625364

longitudine: 12,2063007819235

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 17186 Lat: 44,4274 Lon: 12,1604 Distanza: 3726,609

Sito 2 ID: 17187 Lat: 44,4282 Lon: 12,2304 Distanza: 2099,736

Sito 3 ID: 17409 Lat: 44,3782 Lon: 12,2314 Distanza: 5100,642

Sito 4 ID: 17408 Lat: 44,3774 Lon: 12,1615 Distanza: 5961,369

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 % [anni]

Tr: 30

ag: 0,048 g

Fo: 2,450

Tc*: 0,262 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 % [anni]

Tr: 50

ag: 0,059 g

Fo: 2,483

Tc*: 0,278 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 % [anni]

Tr: 475

ag: 0,162 g

Fo: 2,550

Tc*: 0,280 [s]

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%	
Tr:	975		[anni]
ag:	0,214	g	
Fo:	2,499		
Tc*:	0,286		[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,630
St:	1,000
Kh:	0,014
Kv:	0,007
Amax:	0,702
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,600
St:	1,000
Kh:	0,018
Kv:	0,009
Amax:	0,873
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,450
Cc:	1,600
St:	1,000
Kh:	0,056
Kv:	0,028
Amax:	2,305
Beta:	0,240

SLC:

Ss:	1,380
Cc:	1,590
St:	1,000
Kh:	0,083
Kv:	0,041
Amax:	2,899
Beta:	0,280

4. MAR

Sito in esame.

latitudine: 44,4148127521916

longitudine: 12,2076586574786

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17186 Lat: 44,4274Lon: 12,1604	Distanza: 4006,053
Sito 2	ID: 17187 Lat: 44,4282Lon: 12,2304	Distanza: 2339,646
Sito 3	ID: 17409 Lat: 44,3782Lon: 12,2314	Distanza: 4486,231
Sito 4	ID: 17408 Lat: 44,3774Lon: 12,1615	Distanza: 5544,356

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%	
Tr:	30		[anni]
ag:	0,048	g	
Fo:	2,450		
Tc*:	0,262		[s]

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Danno (SLD):
 Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,059 g
 Fo: 2,483
 Tc*: 0,278 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
 Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,162 g
 Fo: 2,549
 Tc*: 0,280 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
 Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,215 g
 Fo: 2,497
 Tc*: 0,286 [s]

Coefficienti Sismici**SLO:**

Ss: 1,500
 Cc: 1,630
 St: 1,000
 Kh: 0,014
 Kv: 0,007
 Amax: 0,704
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
 Cc: 1,600
 St: 1,000
 Kh: 0,018
 Kv: 0,009
 Amax: 0,875
 Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,450
 Cc: 1,600
 St: 1,000
 Kh: 0,057
 Kv: 0,028
 Amax: 2,310
 Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,380
 Cc: 1,590
 St: 1,000
 Kh: 0,083
 Kv: 0,041
 Amax: 2,905
 Beta: 0,280

5. Biblioteca Classense**Sito in esame.**

latitudine: 44,4153567981745
 longitudine: 12,2006778282608
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17186 Lat: 44,4274Lon: 12,1604	Distanza: 3468,292
Sito 2	ID: 17187 Lat: 44,4282Lon: 12,2304	Distanza: 2758,343
Sito 3	ID: 17409 Lat: 44,3782Lon: 12,2314	Distanza: 4797,984
Sito 4	ID: 17408 Lat: 44,3774Lon: 12,1615	Distanza: 5242,534

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%	
Tr:		30	[anni]
ag:		0,048 g	
Fo:		2,449	
Tc*:		0,262	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%	
Tr:		50	[anni]
ag:		0,060 g	
Fo:		2,483	
Tc*:		0,278	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%	
Tr:		475	[anni]
ag:		0,163 g	
Fo:		2,548	
Tc*:		0,280	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%	
Tr:		975	[anni]
ag:		0,215 g	
Fo:		2,497	
Tc*:		0,286	[s]

Coefficienti Sismici**SLO:**

Ss:	1,500
Cc:	1,630
St:	1,000
Kh:	0,014
Kv:	0,007
Amax:	0,706
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,600
St:	1,000
Kh:	0,018
Kv:	0,009
Amax:	0,878
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,450
Cc:	1,600
St:	1,000
Kh:	0,057
Kv:	0,028
Amax:	2,315
Beta:	0,240

SLC:

Ss:	1,380
Cc:	1,590
St:	1,000
Kh:	0,083
Kv:	0,042
Amax:	2,911
Beta:	0,280

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***6. Stadio Benelli**

Sito in esame.

latitudine: 44,4072010399284

longitudine: 12,1958848042612

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 17186 Lat: 44,4274Lon: 12,1604

Distanza: 3605,253

Sito 2 ID: 17187 Lat: 44,4282Lon: 12,2304

Distanza: 3600,080

Sito 3 ID: 17409 Lat: 44,3782Lon: 12,2314

Distanza: 4284,062

Sito 4 ID: 17408 Lat: 44,3774Lon: 12,1615

Distanza: 4293,209

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,048 g

Fo: 2,449

Tc*: 0,262 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,060 g

Fo: 2,481

Tc*: 0,278 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,164 g

Fo: 2,545

Tc*: 0,281 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,216 g

Fo: 2,494

Tc*: 0,286 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,800

Cc: 2,440

St: 1,000

Kh: 0,017

Kv: 0,009

Amax: 0,853

Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,800

Cc: 2,370

St: 1,000

Kh: 0,022

Kv: 0,011

Amax: 1,060

Beta: 0,200

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

SLV:

Ss: 1,780
Cc: 2,360
St: 1,000
Kh: 0,070
Kv: 0,035
Amax: 2,856
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,590
Cc: 2,340
St: 1,000
Kh: 0,096
Kv: 0,048
Amax: 3,369
Beta: 0,280

50

7. Scuola Primaria Randi

Sito in esame.

latitudine: 44,4065570976043

longitudine: 12,1909709074411

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17186 Lat: 44,4274Lon: 12,1604	Distanza: 3358,318
Sito 2	ID: 17187 Lat: 44,4282Lon: 12,2304	Distanza: 3948,730
Sito 3	ID: 17409 Lat: 44,3782Lon: 12,2314	Distanza: 4500,151
Sito 4	ID: 17408 Lat: 44,3774Lon: 12,1615	Distanza: 3997,567

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%	
Tr:	30		[anni]
ag:	0,048	g	
Fo:	2,448		
Tc*:	0,262		[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%	
Tr:	50		[anni]
ag:	0,060	g	
Fo:	2,481		
Tc*:	0,278		[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%	
Tr:	475		[anni]
ag:	0,164	g	
Fo:	2,544		
Tc*:	0,281		[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%	
Tr:	975		[anni]
ag:	0,216	g	
Fo:	2,493		
Tc*:	0,286		[s]

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***Coefficienti Sismici****SLO:**

Ss: 1,800
Cc: 2,440
St: 1,000
Kh: 0,017
Kv: 0,009
Amax: 0,855
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,800
Cc: 2,370
St: 1,000
Kh: 0,022
Kv: 0,011
Amax: 1,062
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,770
Cc: 2,360
St: 1,000
Kh: 0,070
Kv: 0,035
Amax: 2,844
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,590
Cc: 2,340
St: 1,000
Kh: 0,096
Kv: 0,048
Amax: 3,373
Beta: 0,280

8. Scuola Ricci Muratori**Sito in esame.**

latitudine: 44,40412
longitudine: 12,202744
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17186 Lat: 44,4274 Lon: 12,1604	Distanza: 4245,423
Sito 2	ID: 17187 Lat: 44,4282 Lon: 12,2304	Distanza: 3462,051
Sito 3	ID: 17409 Lat: 44,3782 Lon: 12,2314	Distanza: 3672,076
Sito 4	ID: 17408 Lat: 44,3774 Lon: 12,1615	Distanza: 4422,454

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%	
Tr:		30	[anni]
ag:		0,048	g
Fo:		2,449	
Tc*:		0,262	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%	
Tr:		50	[anni]
ag:		0,060	g
Fo:		2,482	
Tc*:		0,278	[s]

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***Salvaguardia della vita (SLV):**

Probabilità di superamento:	10	%	
Tr:	475	[anni]	
ag:	0,164	g	
Fo:	2,546		
Tc*:	0,281	[s]	

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%	
Tr:	975	[anni]	
ag:	0,216	g	
Fo:	2,494		
Tc*:	0,286	[s]	

Coefficienti Sismici**SLO:**

Ss:	1,800
Cc:	2,440
St:	1,000
Kh:	0,017
Kv:	0,009
Amax:	0,852
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,800
Cc:	2,370
St:	1,000
Kh:	0,022
Kv:	0,011
Amax:	1,059
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,780
Cc:	2,360
St:	1,000
Kh:	0,070
Kv:	0,035
Amax:	2,854
Beta:	0,240

SLC:

Ss:	1,590
Cc:	2,340
St:	1,000
Kh:	0,096
Kv:	0,048
Amax:	3,368
Beta:	0,280

9. Scuola Mordani

Sito in esame.

latitudine:	44,419403
longitudine:	12,199057
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17186 Lat: 44,4274Lon: 12,1604	Distanza: 3196,264
Sito 2	ID: 17187 Lat: 44,4282Lon: 12,2304	Distanza: 2674,293
Sito 3	ID: 17409 Lat: 44,3782Lon: 12,2314	Distanza: 5252,165
Sito 4	ID: 17408 Lat: 44,3774Lon: 12,1615	Distanza: 5540,334

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente cu:	1

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Operatività (SLO):
 Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,048 g
 Fo: 2,450
 Tc*: 0,262 [s]

Danno (SLD):
 Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,060 g
 Fo: 2,483
 Tc*: 0,278 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
 Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,163 g
 Fo: 2,548
 Tc*: 0,280 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
 Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,215 g
 Fo: 2,497
 Tc*: 0,286 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:
 Ss: 1,800
 Cc: 2,440
 St: 1,000
 Kh: 0,017
 Kv: 0,009
 Amax: 0,847
 Beta: 0,200

SLD:
 Ss: 1,800
 Cc: 2,370
 St: 1,000
 Kh: 0,021
 Kv: 0,011
 Amax: 1,052
 Beta: 0,200

SLV:
 Ss: 1,780
 Cc: 2,360
 St: 1,000
 Kh: 0,070
 Kv: 0,035
 Amax: 2,840
 Beta: 0,240

SLC:
 Ss: 1,600
 Cc: 2,340
 St: 1,000
 Kh: 0,096
 Kv: 0,048
 Amax: 3,371
 Beta: 0,280

10. Scuola Garibaldi

Sito in esame.
 latitudine: 44,4098898381728
 longitudine: 12,211813479689
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***Siti di riferimento**

Sito 1	ID: 17186 Lat: 44,4274Lon: 12,1604	Distanza: 4524,450
Sito 2	ID: 17187 Lat: 44,4282Lon: 12,2304	Distanza: 2513,477
Sito 3	ID: 17409 Lat: 44,3782Lon: 12,2314	Distanza: 3851,454
Sito 4	ID: 17408 Lat: 44,3774Lon: 12,1615	Distanza: 5387,138

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%	
Tr:	30		[anni]
ag:	0,048	g	
Fo:	2,450		
Tc*:	0,262		[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%	
Tr:	50		[anni]
ag:	0,060	g	
Fo:	2,483		
Tc*:	0,278		[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%	
Tr:	475		[anni]
ag:	0,163	g	
Fo:	2,549		
Tc*:	0,280		[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%	
Tr:	975		[anni]
ag:	0,215	g	
Fo:	2,496		
Tc*:	0,286		[s]

Coefficienti Sismici**SLO:**

Ss:	1,500
Cc:	1,630
St:	1,000
Kh:	0,014
Kv:	0,007
Amax:	0,705
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,600
St:	1,000
Kh:	0,018
Kv:	0,009
Amax:	0,876
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,450
Cc:	1,600
St:	1,000
Kh:	0,057
Kv:	0,028
Amax:	2,313
Beta:	0,240

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

SLC:

Ss: 1,380
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,083
Kv: 0,042
Amax: 2,909
Beta: 0,280

55

11. San Pietro in Campiano

Sito in esame.

latitudine: 44,291015
longitudine: 12,180218
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17852 Lat: 44,2774Lon: 12,1637	Distanza: 2002,374
Sito 2	ID: 17853 Lat: 44,2782Lon: 12,2335	Distanza: 4472,476
Sito 3	ID: 17631 Lat: 44,3282Lon: 12,2324	Distanza: 5861,935
Sito 4	ID: 17630 Lat: 44,3274Lon: 12,1626	Distanza: 4284,441

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%	
Tr:	30		[anni]
ag:	0,055	g	
Fo:	2,443		
Tc*:	0,263		[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%	
Tr:	50		[anni]
ag:	0,069	g	
Fo:	2,436		
Tc*:	0,278		[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%	
Tr:	475		[anni]
ag:	0,181	g	
Fo:	2,453		
Tc*:	0,298		[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%	
Tr:	975		[anni]
ag:	0,237	g	
Fo:	2,424		
Tc*:	0,303		[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,630
St: 1,000
Kh: 0,016
Kv: 0,008
Amax: 0,803
Beta: 0,200

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

SLD:	
Ss:	1,500
Cc:	1,600
St:	1,000
Kh:	0,021
Kv:	0,010
Amax:	1,012
Beta:	0,200
SLV:	
Ss:	1,430
Cc:	1,570
St:	1,000
Kh:	0,062
Kv:	0,031
Amax:	2,535
Beta:	0,240
SLC:	
Ss:	1,350
Cc:	1,560
St:	1,000
Kh:	0,090
Kv:	0,045
Amax:	3,141
Beta:	0,280

Per quanto riguarda l'input sismico sono stati scelti i 3 accelerogrammi disponibili sul database regionale per il Comune di Ravenna, per un tempo di ritorno di 475 anni pari allo stato limite SLV.

Definito l'input in termini di eventi sismici da sottoporre a simulazione, bisogna determinare le caratteristiche sismostratigrafiche del volume di terreno d'indagine ed oggetto della probabile amplificazione. Bisognerà riportare nel software il profilo sismostratigrafico del terreno, ovvero i differenti sismostrati/strati in cui la campagna di esplorazione geologica (geofisica e geotecnica) del sottosuolo ha discretizzato il sottosuolo dell'area in esame. Si assume, trattandosi di indagini monodimensionali, che gli strati siano piano paralleli e che la propagazione del sisma sia verticale. Qualora questa condizione non fosse corrispondente ai risultati dell'indagine geologica, si dovrà ricorrere ad analisi 2D.

In particolare per ciascuna delle undici elaborazioni sono state controllate e quindi inserite le prove geognostiche e geofisiche più vicine, discretizzando volta per volta il terreno in modo che la modellazione risultasse il più vicino possibile a quella reale.

Sono state scelte curve di degradazione del modulo di taglio e dello smorzamento in funzione della deformazione tra quelle comunemente usate per terreni sabbiosi e sabbio-limosi come quelli in esame.

Per strati più argillosi sono state scelte sempre curve di letteratura facendo riferimento, per la scelta, all'indice di plasticità del terreno.

Poiché avevamo pochi dati sotto i 50-60 metri di sottosuolo ci siamo aiutati con i sondaggi profondi eseguiti dall'AGIP in vicinanza delle zone in esame e di sezioni di bibliografia, per arrivare ad una quota finale di 100 – 110 metri da piano campagna dove, in ottica del tutto prudentiale (substrati più profondi producono minori amplificazioni del moto sismico) è stato inserito il substrato sismico ($V_s > 800$ m/sec). Da chiarire che il substrato sismico non coincide necessariamente con quello geologico, infatti in questa zona per arrivare al substrato geologico dobbiamo approfondirci di diverse centinaia di metri.

I parametri che abbiamo inserito nel software Strata sono i seguenti:

1. Pala De Andrè

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model
1	sabbie	18.63	EPRI (93), 0-20 ft	EPRI (93), 0-20 ft
2	argille inorganiche	21.00	EPRI (93), PI=30	EPRI (93), PI=30
3	sabbie	18.63	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft
4	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft
5	sabbie e limi	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
6	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
7	sabbie e limi	20.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft
8	sabbie e argille	21.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft
9	sabbie e argille	21.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft
10	sabbie e argille_b	22.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	1.40	sabbie	196.00
2	1.40	1.15	argille inorganiche	100.00
3	2.55	30.00	sabbie	205.00
4	32.55	6.00	sabbie e argille	262.00
5	38.55	7.20	sabbie e limi	250.00
6	45.75	6.10	sabbie e argille	300.00
7	51.85	5.10	sabbie e limi	250.00
8	56.95	30.00	sabbie e argille	270.00
9	86.95	14.00	sabbie e argille	270.00
10	100.95	80.00	sabbie e argille	270.00
11	180.95	170.00	sabbie e argille_b	350.00
12	350.95	Half-Space	Pedrock	800.00

2. Uffici Viale Berlinguer

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model
1	sabbie limi e argille	19.00	EPRI (93), 0-20 ft	EPRI (93), 0-20 ft
2	sabbie e sabbie limose	18.50	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft
3	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft
4	sabbie e limi	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
5	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
6	argille e sabbie	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
7	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft
8	sabbie e argille_b	22.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	8.00	sabbie limi e argille	130.00
2	8.00	4.00	sabbie limi e argille	390.00
3	12.00	18.00	sabbie e sabbie limose	240.00
4	30.00	10.00	sabbie e argille	250.00
5	40.00	15.00	sabbie e limi	200.00
6	55.00	15.00	sabbie e argille	270.00
7	70.00	15.00	argille e sabbie	270.00
8	85.00	15.00	sabbie e argille	270.00
9	100.00	80.00	sabbie e argille	270.00
10	180.00	170.00	sabbie e argille_b	350.00
11	350.00	Half-Space	Bedrock	800.00

3. Sede Polizia Municipale

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model
1	sabbie limose	18.00	EPRI (93), 0-20 ft	EPRI (93), 0-20 ft
2	sabbie limose	20.00	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft
3	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
4	argille e sabbie	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
5	sabbie e argi...	22.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	10.00	sabbie limose	180.00
2	10.00	10.00	sabbie limose	211.00
3	20.00	10.00	sabbie limose	290.00
4	30.00	30.00	sabbie e argille	350.00
5	60.00	40.00	argille e sabbie	270.00
6	100.00	80.00	argille e sabbie	270.00
7	180.00	170.00	sabbie e argill...	350.00
8	350.00	Half-Space	Bedrock	800.00

4. MAR

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model
1	limi sabbiosi	19.00	EPRI (93), 0-20 ft	EPRI (93), 0-20 ft
2	limi sabbiosi	19.00	EPRI (93), 20-50 ft	EPRI (93), 20-50 ft
3	sabbie limose	20.00	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft
4	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
5	argille e sabbie	20.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft
6	sabbie e argi...	22.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	7.00	limi sabbiosi	150.00
2	7.00	5.00	limi sabbiosi	270.00
3	12.00	18.00	sabbie limose	290.00
4	30.00	30.00	sabbie e argille	350.00
5	60.00	40.00	argille e sabbie	270.00
6	100.00	80.00	argille e sabbie	270.00
7	180.00	170.00	sabbie e argill...	350.00
8	350.00	Half-Space	Bedrock	800.00

5. Biblioteca Classense

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	limi argillosi e sabbiosi	19.00	EPRI (93), PI=50	EPRI (93), PI=50	
2	sabbie limose	19.00	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft	
3	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft	
4	sabbie e limi	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft	
5	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft	
6	argille e sabbie	20.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft	
7	sabbie e argille_b	22.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft	

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	4.30	limi argillosi e sabbiosi	172.00
2	4.30	5.00	limi argillosi e sabbiosi	225.00
3	9.30	6.70	limi argillosi e sabbiosi	169.00
4	16.00	6.40	sabbie limose	267.00
5	22.40	6.60	sabbie limose	220.00
6	29.00	6.00	sabbie limose	295.00
7	35.00	6.40	sabbie e argille	260.00
8	41.40	5.80	sabbie e argille	358.00
9	47.20	6.30	sabbie e argille	368.00
10	53.50	15.00	sabbie e limi	333.00
11	68.50	15.00	sabbie e argille	270.00
12	83.50	17.50	argille e sabbie	270.00
13	101.00	80.00	argille e sabbie	270.00
14	181.00	170.00	sabbie e argille_b	350.00
15	351.00	Half-Space	Bedrock	800.00

6. Stadio Benelli

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	sabbie limi e argille	19.00	EPRI (93), 0-20 ft	EPRI (93), 0-20 ft	
2	sabbie e sabbie limose	18.50	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft	
3	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft	
4	sabbie e limi	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft	
5	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft	
6	argille e sabbie	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft	
7	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft	
8	sabbie e argille_b	22.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft	

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	12.00	sabbie limi e argille	170.00
2	12.00	18.00	sabbie e sabbie limose	250.00
3	30.00	15.00	sabbie e argille	300.00
4	45.00	15.00	sabbie e limi	270.00
5	60.00	15.00	sabbie e argille	270.00
6	75.00	15.00	argille e sabbie	270.00
7	90.00	15.00	sabbie e argille	270.00
8	105.00	80.00	sabbie e argille	350.00
9	185.00	170.00	sabbie e argille_b	350.00
10	355.00	Half-Space	Bedrock	800.00

7. Scuola Primaria Randi

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model
1	sabbie limi e argille	19.00	EPRI (93), 0-20 ft	EPRI (93), 0-20 ft
2	sabbie e sabbie limose	18.50	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft
3	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft
4	sabbie e limi	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
5	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
6	argille e sabbie	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
7	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft
8	sabbie e argille_b	22.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	12.00	sabbie limi e argille	170.00
2	12.00	18.00	sabbie e sabbie limose	250.00
3	30.00	15.00	sabbie e argille	300.00
4	45.00	15.00	sabbie e limi	320.00
5	60.00	15.00	sabbie e argille	270.00
6	75.00	15.00	argille e sabbie	270.00
7	90.00	15.00	sabbie e argille	270.00
8	105.00	80.00	sabbie e argille	270.00
9	185.00	70.00	sabbie e argille_b	350.00
10	255.00	Half-Space	Bedrock	800.00

8. Scuola Ricci Muratori

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model
1	limi e argille	19.00	EPRI (93), PI=30	EPRI (93), PI=30
2	sabbie	18.00	EPRI (93), 20-50 ft	EPRI (93), 20-50 ft
3	sabbie e limi	18.50	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft
4	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
5	argille e sabbie	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
6	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft
7	sabbie e argi...	22.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	8.00	limi e argille	130.00
2	8.00	7.00	sabbie	200.00
3	15.00	9.00	sabbie	300.00
4	24.00	6.00	sabbie e limi	200.00
5	30.00	20.00	sabbie e argille	320.00
6	50.00	15.00	argille e sabbie	270.00
7	65.00	15.00	sabbie e argille	270.00
8	80.00	20.00	sabbie e argille	270.00
9	100.00	80.00	sabbie e argille	270.00
10	180.00	170.00	sabbie e argill...	350.00
11	350.00	Half-Space	Bedrock	800.00

9. Scuola Mordani

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model
1	sabbie limose	18.00	EPRI (93), 0-20 ft	EPRI (93), 0-20 ft
2	sabbie limose	20.00	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft
3	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
4	argille e sabbie	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
5	sabbie e argi...	22.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	10.00	sabbie limose	151.00
2	10.00	10.00	sabbie limose	190.00
3	20.00	10.00	sabbie limose	234.00
4	30.00	20.00	sabbie limose	270.00
5	50.00	25.00	sabbie e argille	270.00
6	75.00	30.00	argille e sabbie	270.00
7	105.00	80.00	argille e sabbie	270.00
8	185.00	170.00	sabbie e argill...	350.00
9	355.00	Half-Space	Bedrock	800.00

10. Scuola Garibaldi

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model
1	sabbie limose	18.50	EPRI (93), 0-20 ft	EPRI (93), 0-20 ft
2	sabbie limose	18.50	EPRI (93), 20-50 ft	EPRI (93), 20-50 ft
3	argille sabbiose	19.50	EPRI (93), PI=50	EPRI (93), PI=50
4	sabbie e limi	18.50	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
5	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
6	argille e sabbie	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft
7	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft
8	sabbie e argill...	22.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	12.00	sabbie limose	170.00
2	12.00	10.00	sabbie limose	220.00
3	22.00	18.00	argille sabbiose	220.00
4	40.00	10.00	sabbie e limi	250.00
5	50.00	20.00	sabbie e argille	270.00
6	70.00	15.00	argille e sabbie	270.00
7	85.00	15.00	sabbie e argille	270.00
8	100.00	80.00	sabbie e argille	270.00
9	180.00	170.00	sabbie e argill...	350.00
10	350.00	Half-Space	Bedrock	800.00

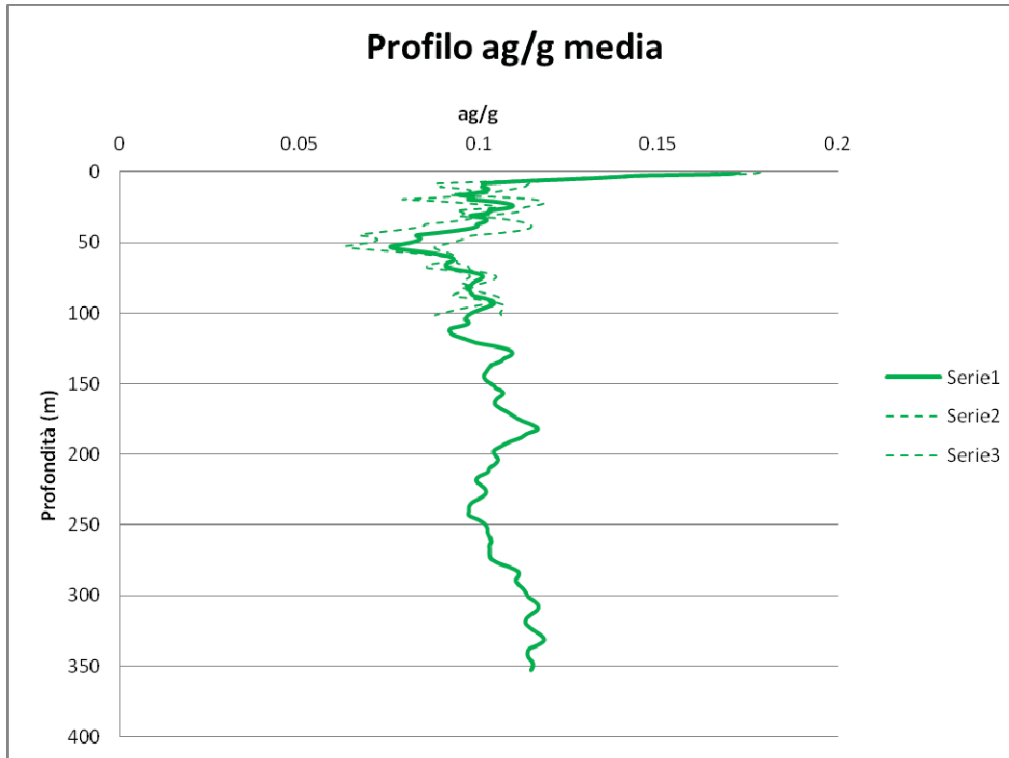
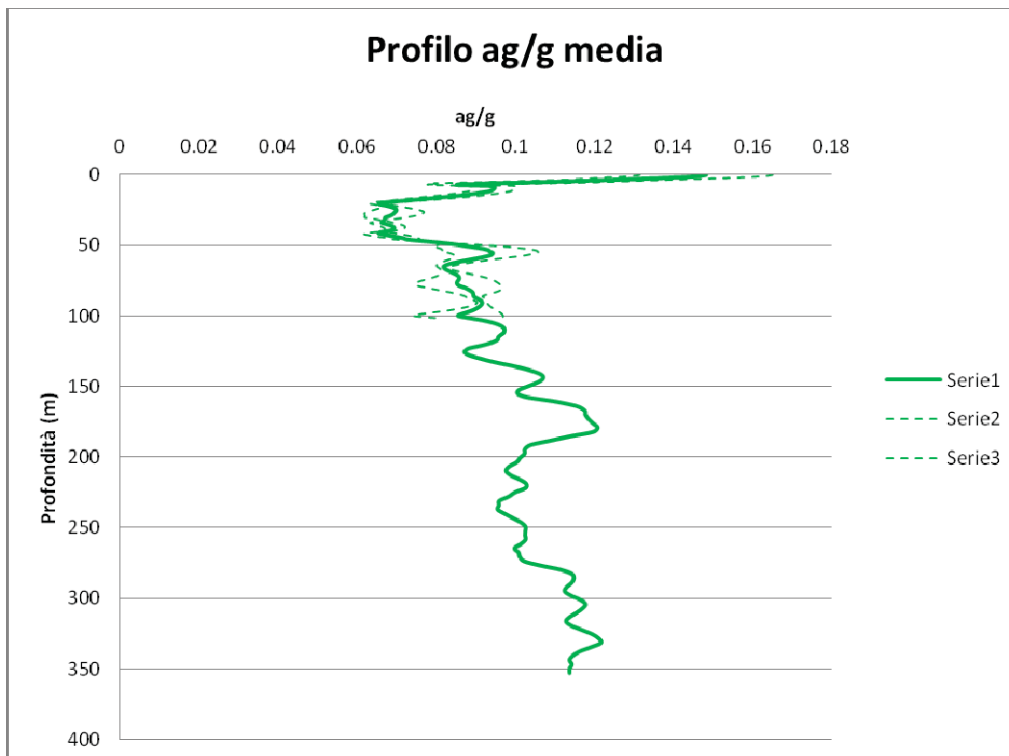
11. San Pietro in Campiano

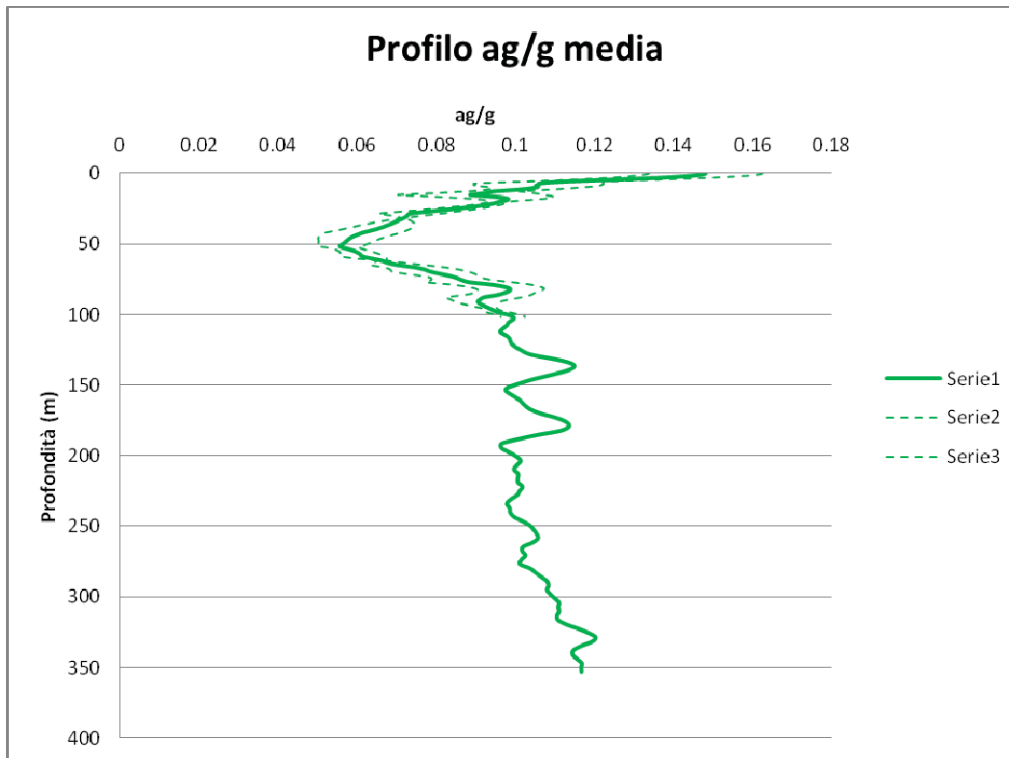
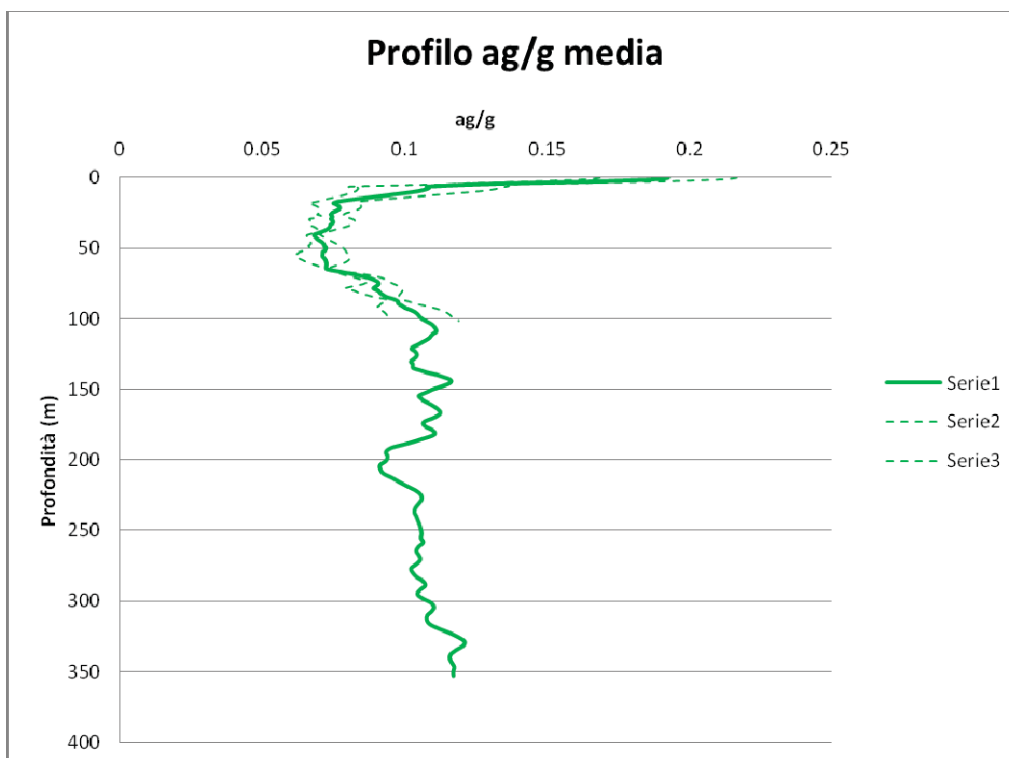
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	sabbie limose	18.50	EPRI (93), 0-20 ft	EPRI (93), 0-20 ft	
2	sabbie limose	18.50	EPRI (93), 50-120 ft	EPRI (93), 50-120 ft	
3	argille sabbiose	19.50	EPRI (93), PI=50	EPRI (93), PI=50	
4	sabbie e limi	18.50	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft	
5	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft	
6	argille e sabbie	20.00	EPRI (93), 120-250 ft	EPRI (93), 120-250 ft	
7	sabbie e argille	20.00	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft	
8	sabbie e argil...	22.00	EPRI (93), 500-1000 ft	EPRI (93), 500-1000 ft	

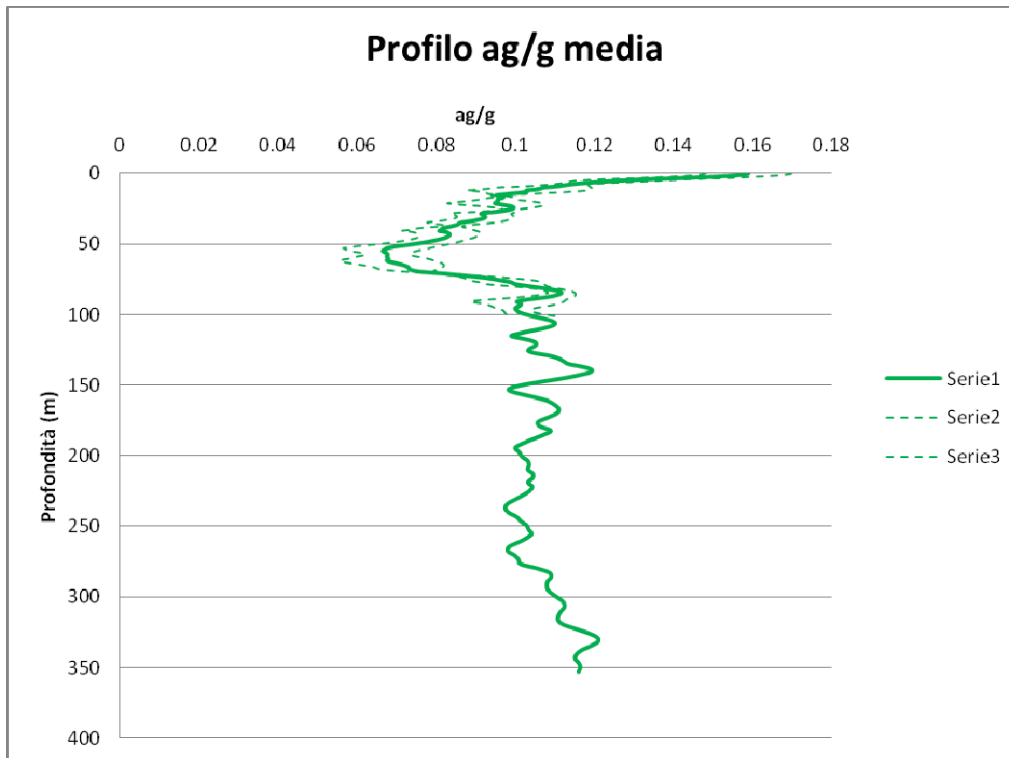
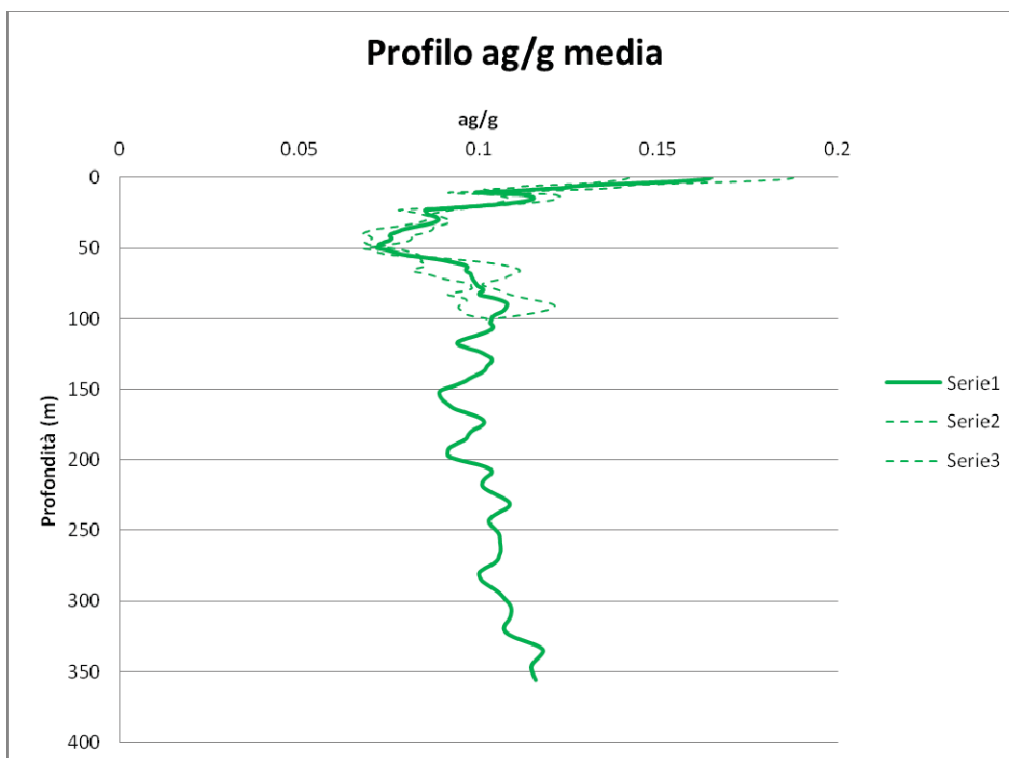
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	16.00	sabbie limose	190.00
2	16.00	14.00	sabbie limose	250.00
3	30.00	18.00	argille sabbiose	270.00
4	48.00	10.00	sabbie e limi	300.00
5	58.00	15.00	sabbie e argille	270.00
6	73.00	15.00	argille e sabbie	270.00
7	88.00	15.00	sabbie e argille	270.00
8	103.00	80.00	sabbie e argille	270.00
9	183.00	170.00	sabbie e argill...	350.00
10	353.00	Half-Space	Bedrock	800.00

DATI DI OUTPUT

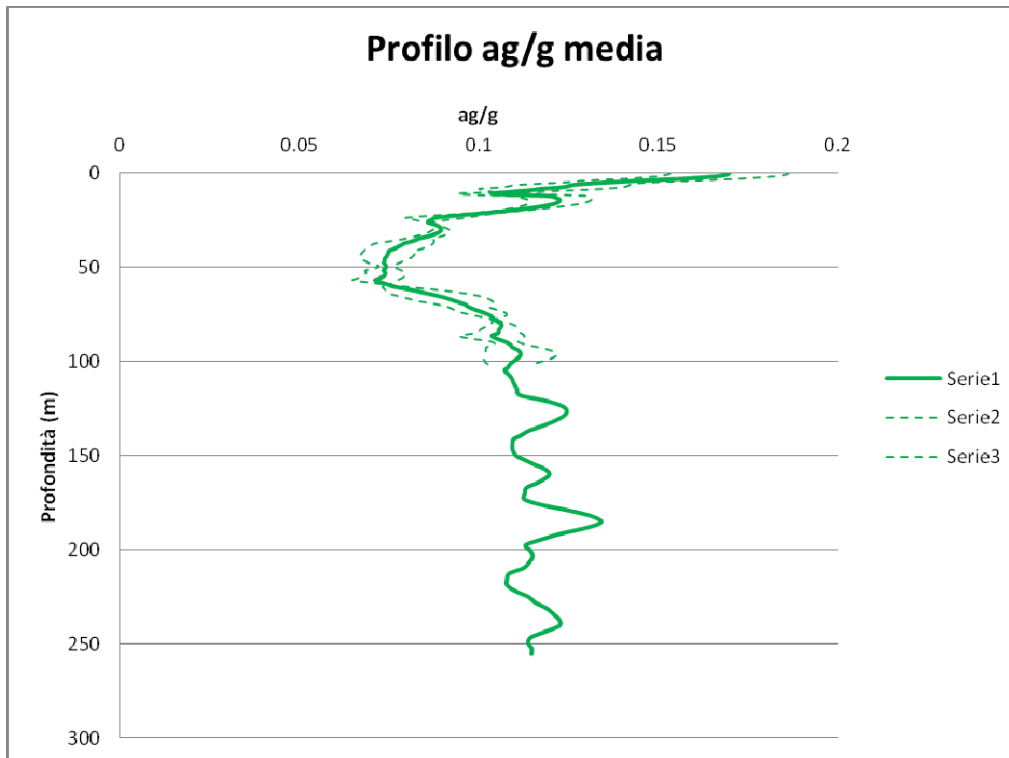
Come output dei risultati è possibile ottenere diversi dati, ma ai fini della RSL i più interessanti e riconosciuti essere fondamentali sono: il profilo dell'accelerazione dal substrato al piano campagna e lo spettro di progetto normalizzato in funzione a quanto riportato al capitolo 3.2.3.2 delle NTC.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***PROFILO DELL'ACCELERAZIONE PER LE VARIE ZONE STUDIATE****1. PALA DE ANDRE'****2. UFFICI VIALE BERLINGUER**

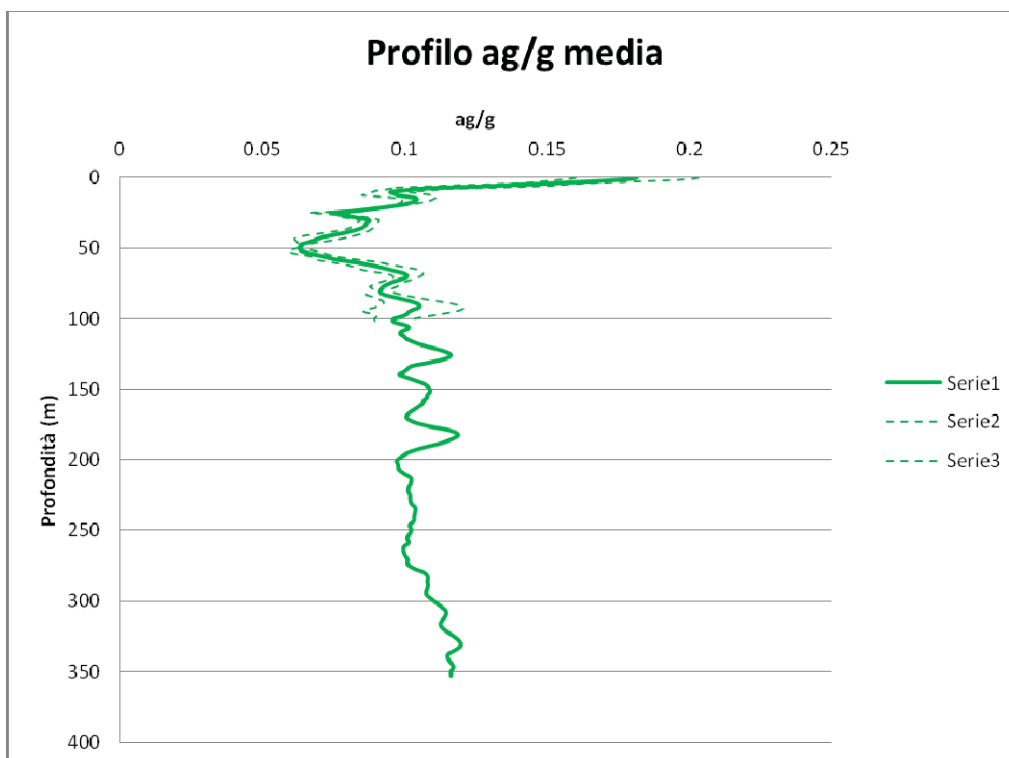
*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***3. SEDE POLIZIA MUNICIPALE****4. MAR**

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***5. BIBLIOTECA CLASSESENSE****6. STADIO BENELLI**

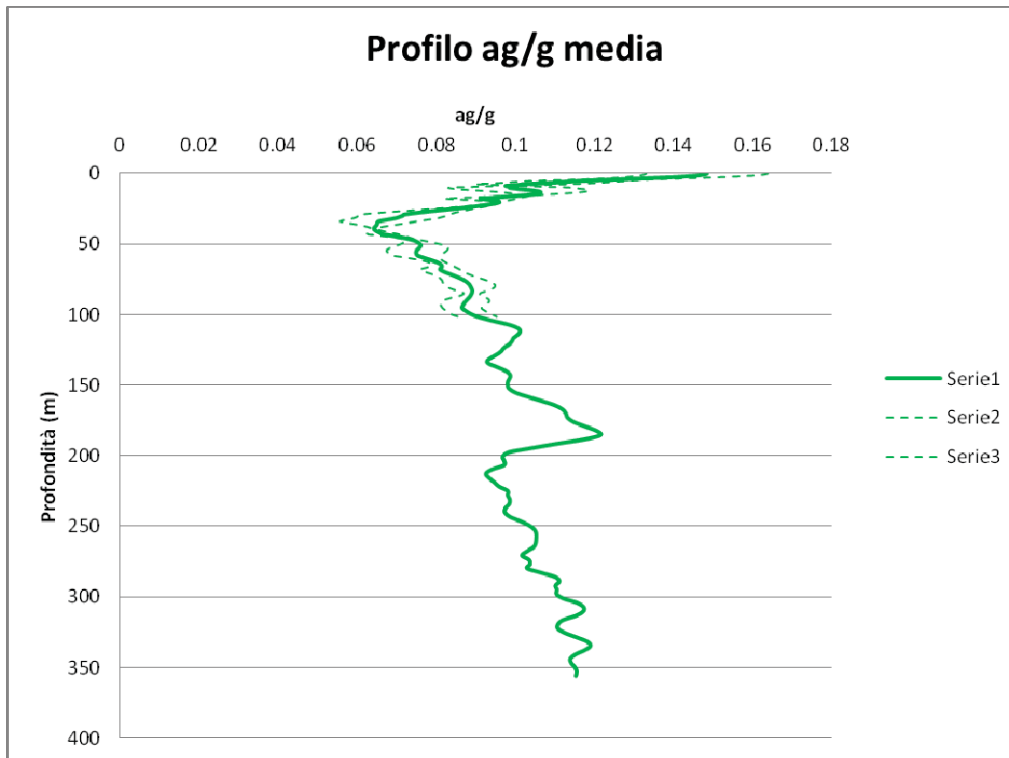
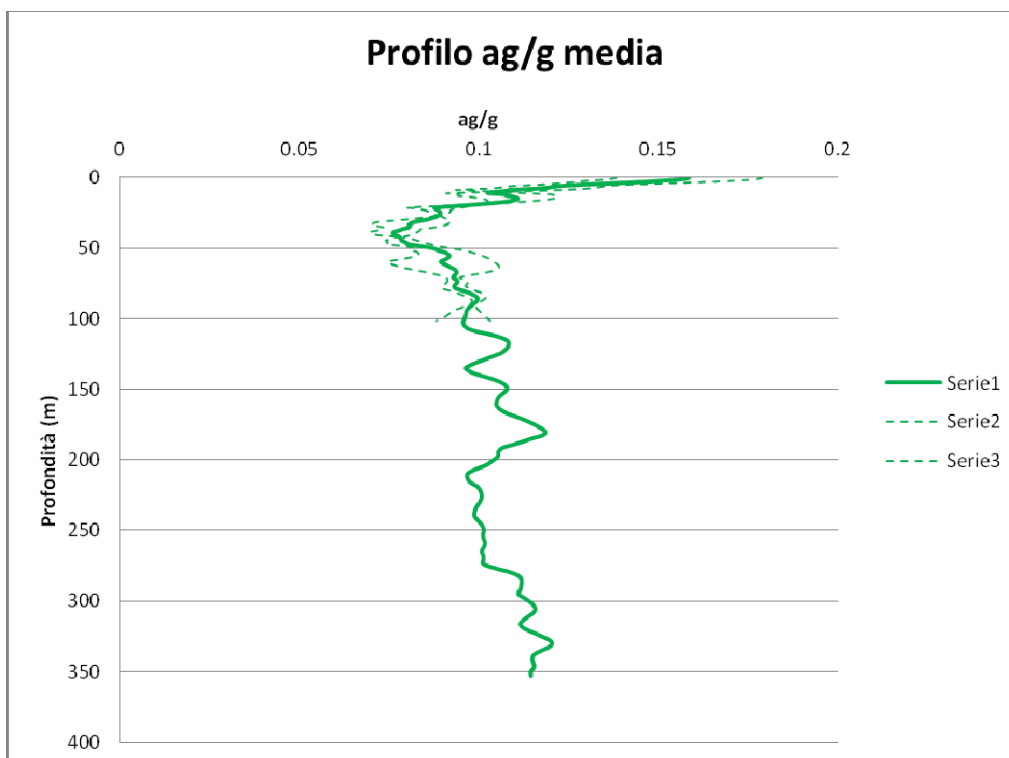
Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

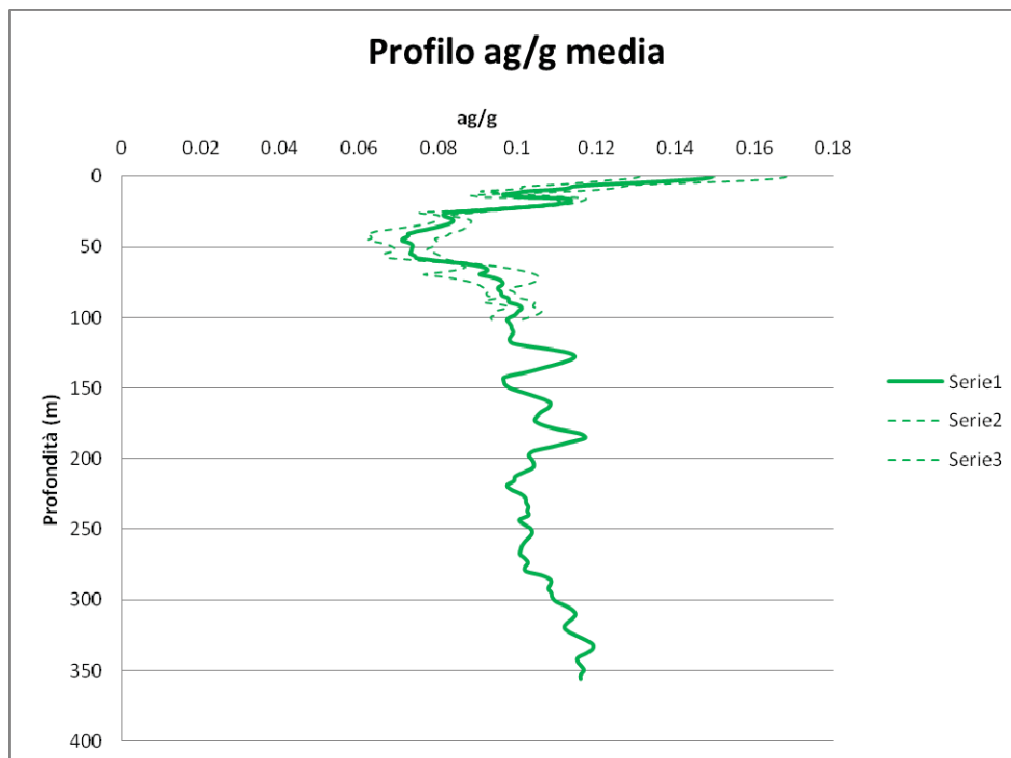


7. SCUOLA PRIMARIA RANDI



8. SCUOLA RICCI - MURATORI

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***9. SCUOLA MORDANI****10. SCUOLA GARIBALDI**

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***11. SAN PIETRO IN CAMPIANO**

CONFRONTO TRA SPETTRO DI PROGETTO E SPETTRO “NTC2008”

Infine, ma non per importanza, ricostruiamo attraverso lo spettro di risposta elastico in accelerazione lo spettro di progetto normalizzato per lo SLV.

C'ho è possibile attraverso l'attribuzione di uno smorzamento ε del 5 % considerato standard per quanto riguarda i terreni.

Tale spettro deve essere normalizzato ai sensi delle NTC2008 attraverso le formule seguenti, creando uno spettro “cucito” su quello ottenuto dall'analisi 1D, in maniera tale che esso ne sia compreso interamente. a_g , F_0 , T^*c verranno ricavati automaticamente dalle coordinate del sito e dalle scelte progettuali, mentre per i parametri dipendenti: T_b e T_c saranno calcolati manualmente dal grafico (verificando l'aderenza dello spettro semplificato allo spettro di output delle analisi) ed S ricavato dalla formula [3.2.4] delle NTC2008 ovvero $S_e(T)=a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$ dove S è l'unica incognita e quindi $S=S_e(T)/a_g \cdot \eta \cdot F_0$.

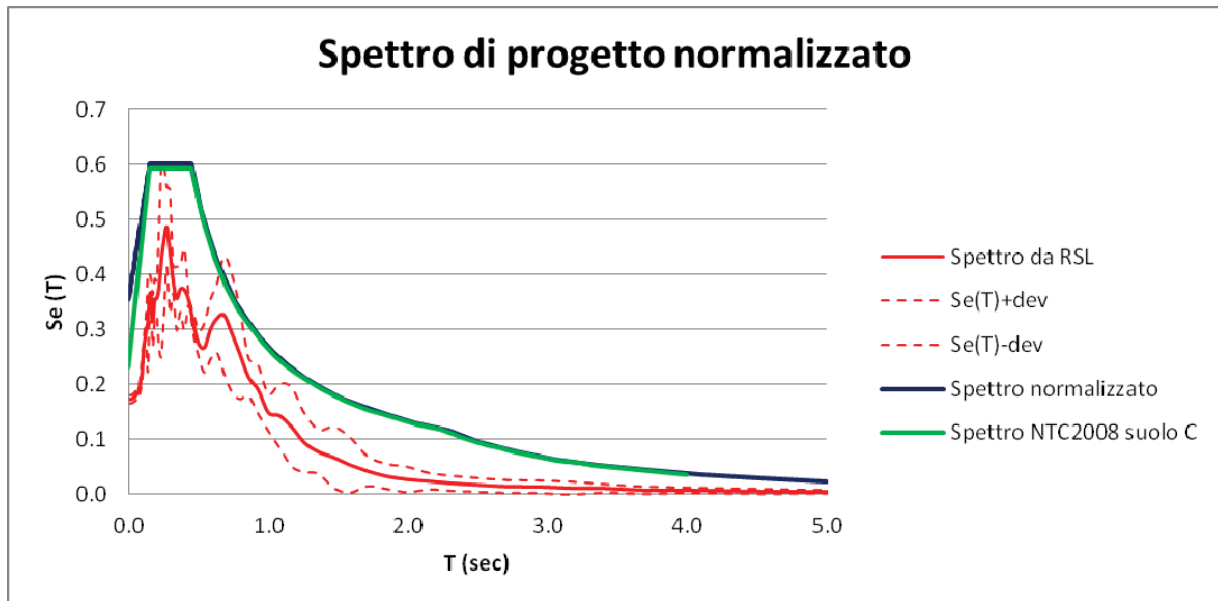
$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

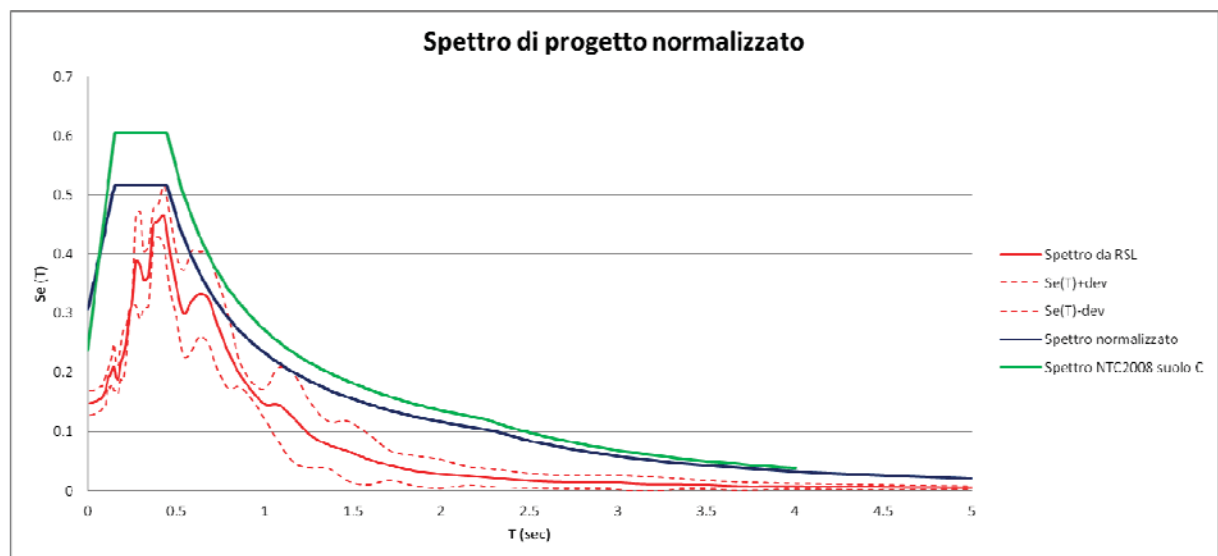
$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

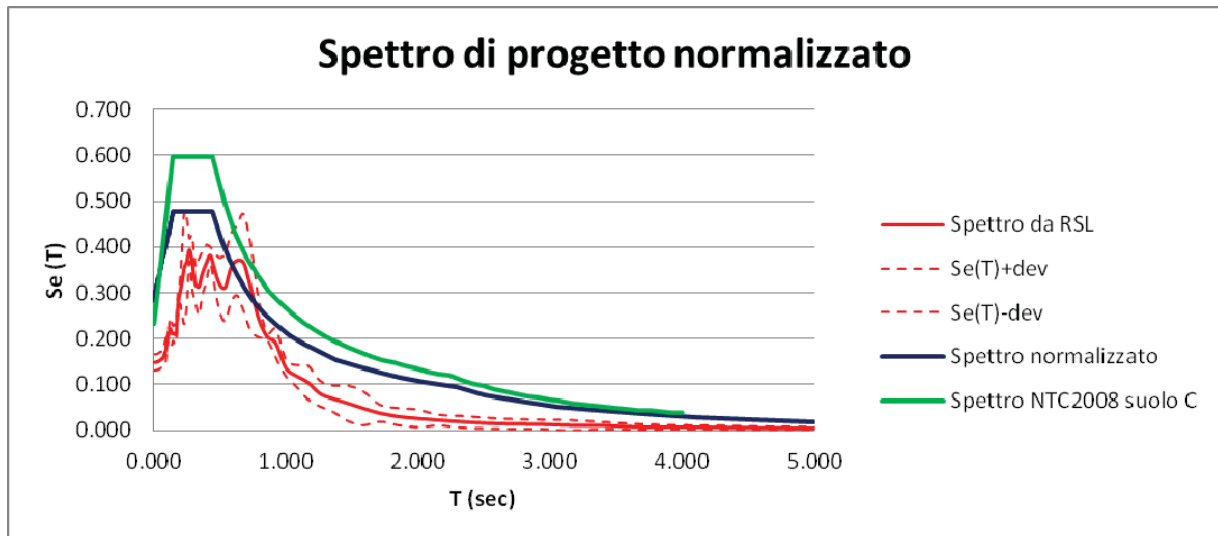
Infine viene paragonato lo spettro di progetto calcolato e ricostruito grazie alla RSL con lo spettro di normativa per il tipo di suolo di riferimento proprio di ogni punto di verifica così come sarebbe stato ricavato dall'approccio semplificato.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

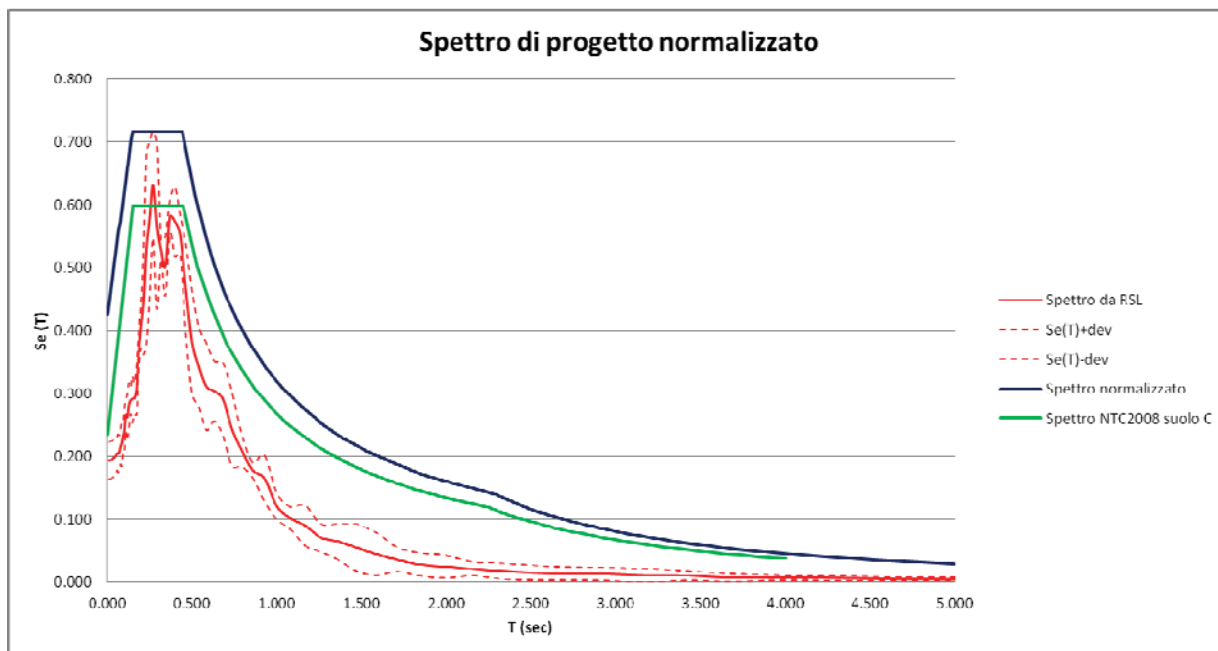
1. PALA DE ANDRE'



2. UFFICI VIALE BERLINGUER

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

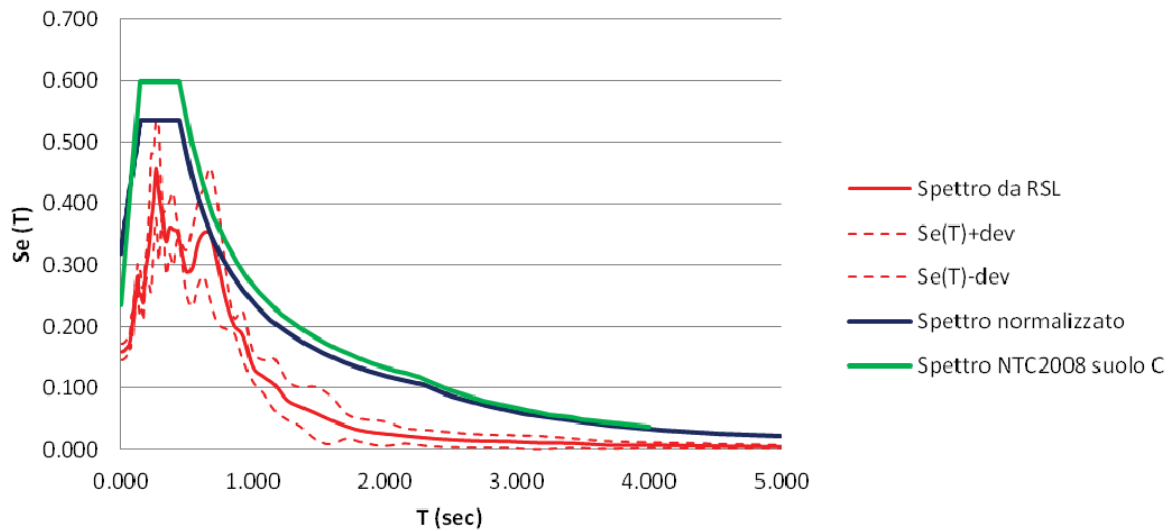
3. SEDE POLIZIA MUNICIPALE



4. MAR

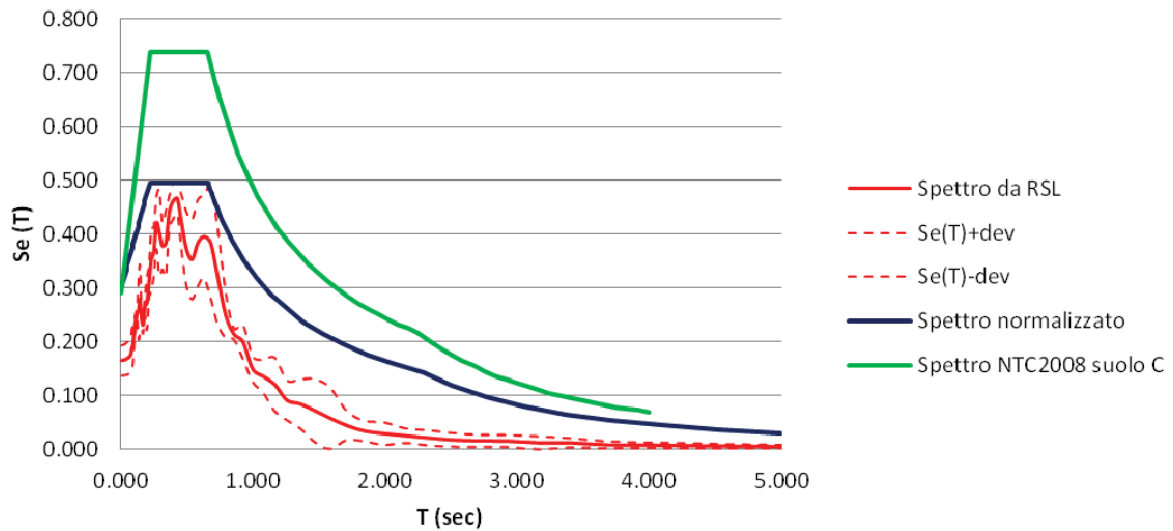
*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Spettro di progetto normalizzato

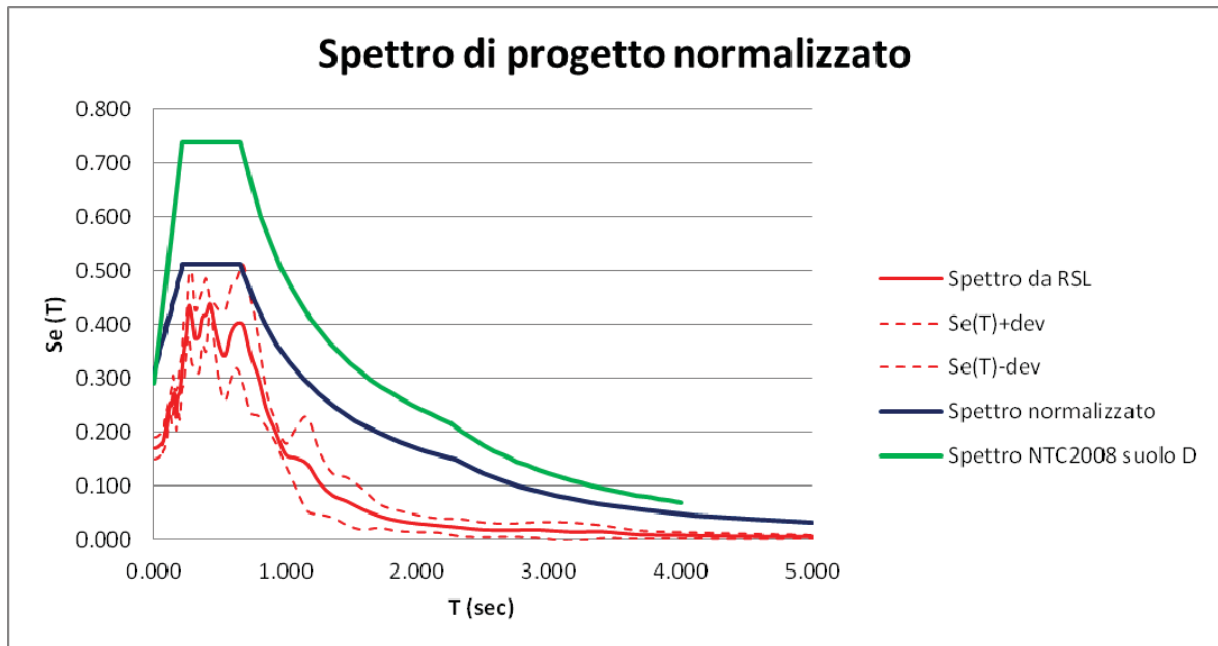


5. BIBLIOTECA CLASSESENSE

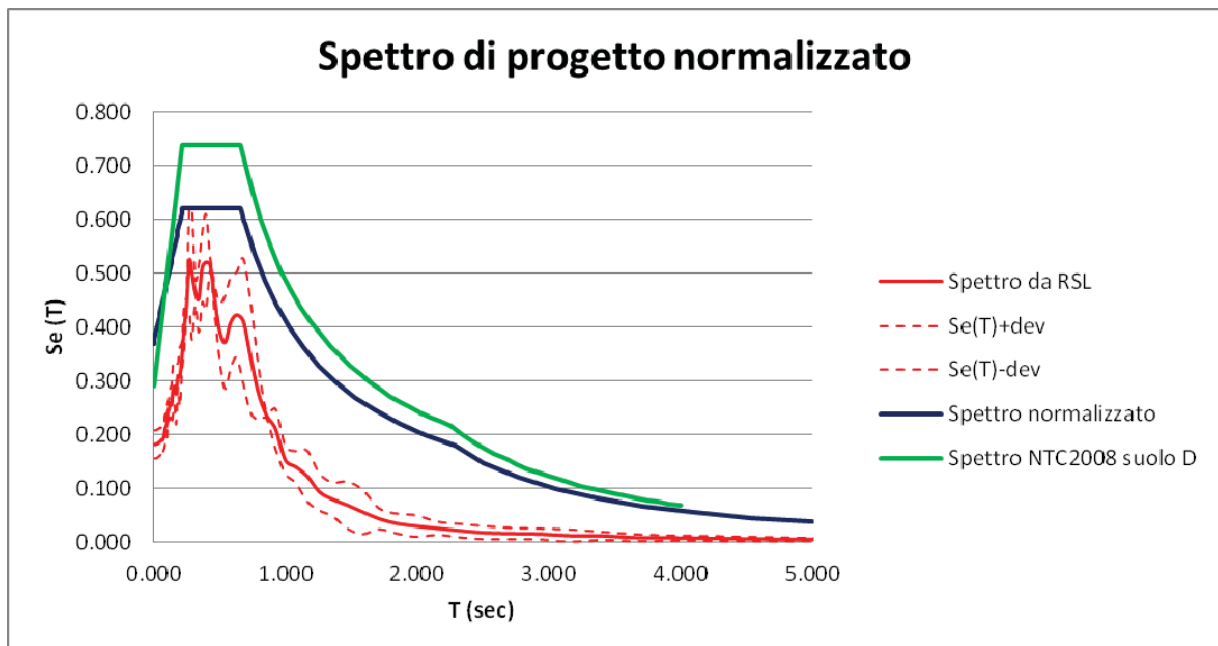
Spettro di progetto normalizzato



6. STADIO BENELLI



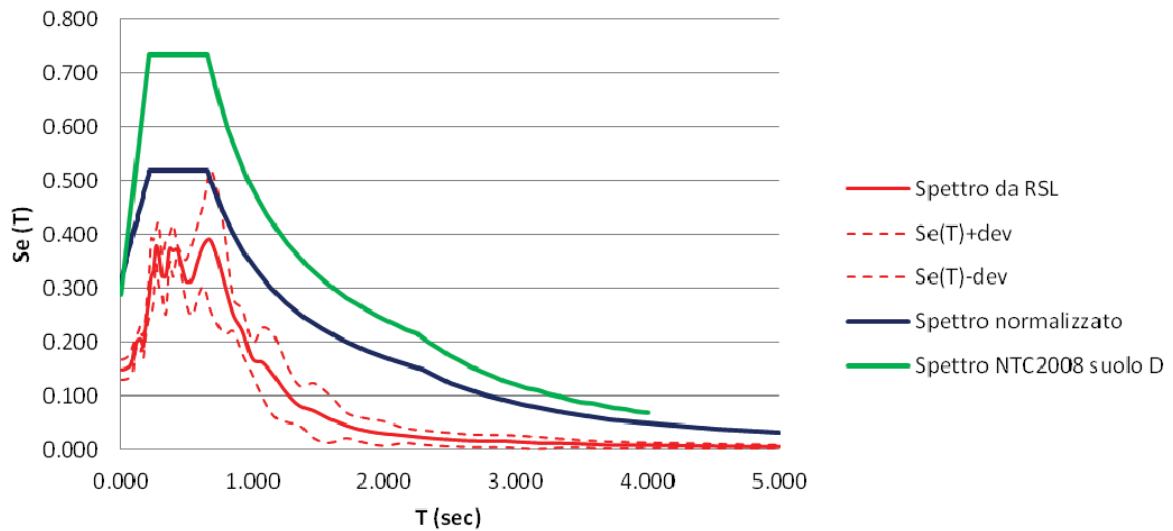
7. SCUOLA PRIMARIA RANDI



8. SCUOLA RICCI-MURATORI

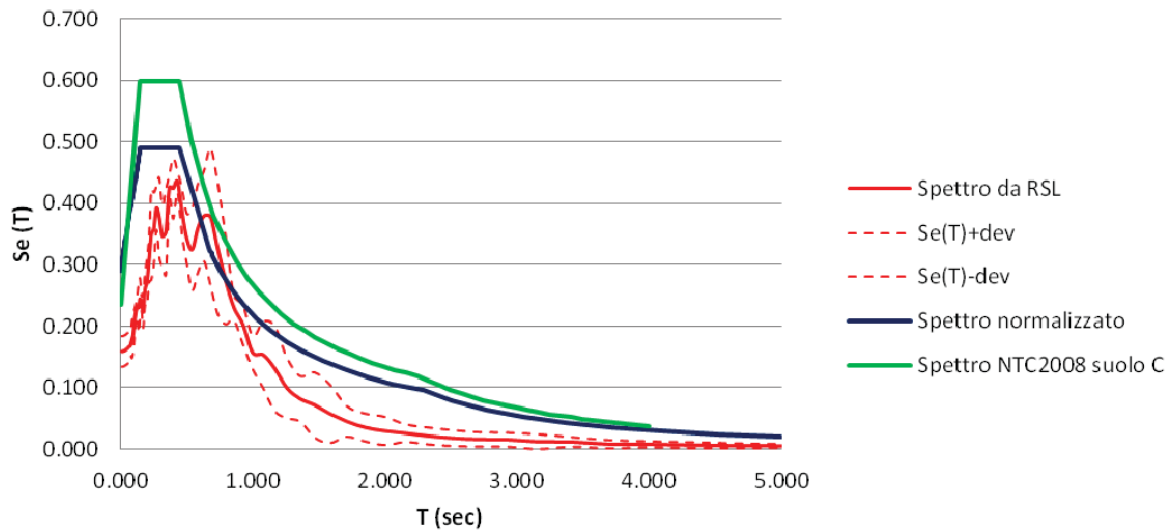
*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Spettro di progetto normalizzato

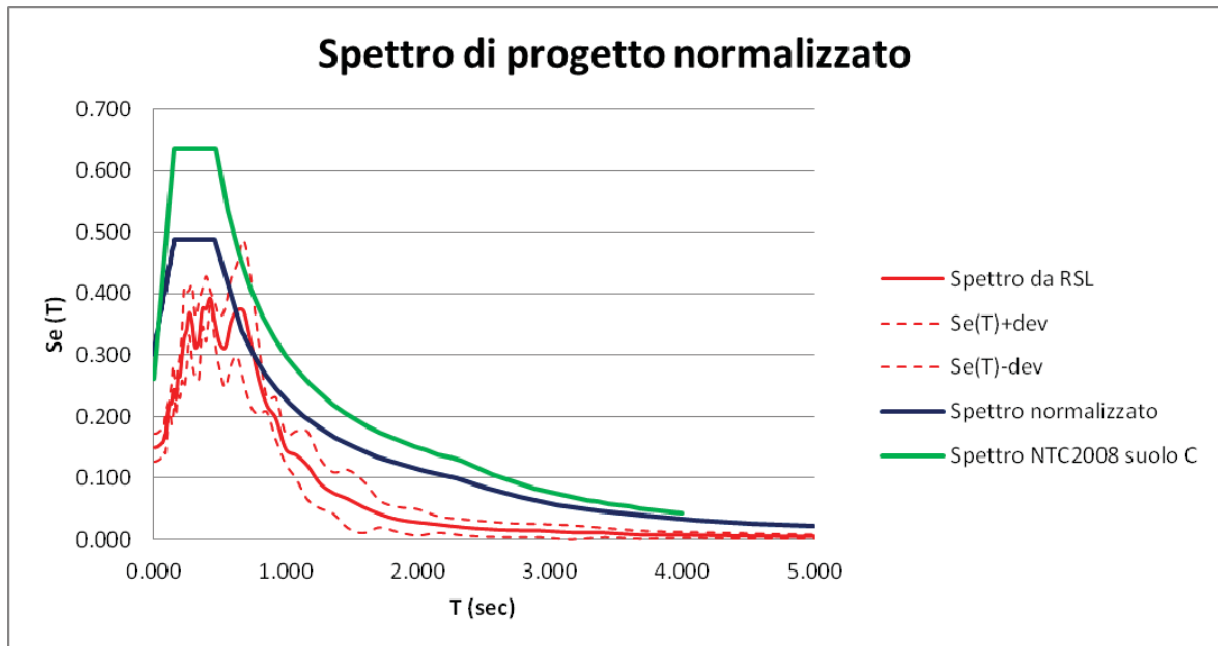


9. SCUOLA MORDANI

Spettro di progetto normalizzato



10. SCUOLA GARIBALDI



11. SAN PIETRO IN CAMPIANO

Dalle 11 verifiche eseguite appare chiaro come l'utilizzo dello spettro ottenuto per via semplificata fornisca per Ravenna una sovrastima delle accelerazioni al suolo.

Solo nel caso della MAR lo spettro di progetto ha il plateau più alto di quello di normativa per un suolo di tipo C, questo significa che la progettazione per via semplificata potrebbe in questo caso sottostimare le accelerazioni attese.

8. Risultati e Conclusioni

Il progetto di studio di microzonazione sismica con approfondimento al secondo e terzo livello del Comune di Ravenna è stato svolto in ottemperanza a:

- DGR 2193/15 Aggiornamento all'atto di coordinamento tecnico denominato *“Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”*
- All. A del DGR 2193/15 *“Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'Art. 16, c.1, della LR 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;*
- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – versione 4.0 b.

Per quanto attiene ai contenuti dello studio si è fatto riferimento agli Strumenti Urbanistici vigenti, in particolare alle indagini geologiche e sismiche eseguite per il Piano Operativo Comunale e delle studio di secondo livello eseguito per il RUE approvato.

In particolare sono state esaminate le carte geologica e geomorfologica, 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 quelle fornite dalla Regione Emilia – Romagna.

Le prove e la loro ubicazione sono state riportate su base topografica dando origine alla Carta delle indagini.

Come previsto nel piano di lavoro impostato con il Comune di Ravenna è stata eseguita una campagna di misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSr) raccogliendo 9 acquisizioni, in aggiunta a quelle già presenti sul territorio.

Tutte le prove sono state riportate nella *“Carta delle frequenze naturali dei terreni”* 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 Aree suscettibili di effetti locali”*.

Alla luce delle nuove indagini sono state riviste tutte la carte riferite al secondo livello di approfondimento ivi compresa la *“Carta dei fattori di amplificazione”* e quindi costruita la *“Carta della potenziale liquefazione”* e calcolati i cedimenti sotto ogni verticale indagata.

Inoltre è stato effettuato un calcolo di risposta sismica locale su undici siti proposti dall'amministrazione comunale per verificare le condizioni di amplificazione sismica in maniera più puntuale e approfondita.

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

9. 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;

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;

Collettini C., Barchi M., Paeselli C., Federico C. and Piali G., 2000, *Seismic expression of active extensional fault in northern Umbria (Central Italy)*. *Journal of Geodynamics* 29 (2000): 309-321;

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*. 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;

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

Dott. Geol. Giorgio Frassinetti (2010) Piano Operativo Comunale di Ravenna;

Dott. Geol. Angelo Angeli (2015) Indagini geognostiche e geofisiche POC Arenile del Comune di Ravenna;

Dott. Geol. Thomas Veronese per i dati di alcune prove geognostiche di archivio;

EGIS System Srl per i dati di alcune prove sismiche di archivio.

81

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

Poggibonsi (SI), 28.09.2017