



**COMUNE DI POGGIBONSI**  
(Provincia di Siena)



*Sindaca*

**Susanna Cenni**

*Responsabile Unico del Procedimento*

**Arch. Vito Disabato**

*Collaboratori:*

**Arch. Simona Mezzedimi, Dott.ssa Carla Bimbi, Roberto Gori**

*Garante dell'informazione e della partecipazione*

**Dott.ssa Tatiana Marsili**

## **GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

**Arch. Mauro Ciampa - Coordinatore**

**Studio Architetti Associati Ciampa**

**Arch. Chiara Ciampa**

**Arch. Giovanni Giusti**

*Digitalizzazione elaborati cartografici*

**Pianif. Junior Anita Pieroni**

*Valutazione Ambientale Strategica e Territorio Rurale*

**Dott. Agr. Elisabetta Norci**

*Collaboratori:*

**Stefano Calloni - Dott. Agr. Edoardo Manfredini - Dott. Giuseppe Malfitana**

*Studi Idraulici*

**Ing. Alessio Gabbrielli**

*Studi Geologici*

**Dott. Geol. Michele Sani**

*Quadro di Progetto o Conoscitivo*

**Relazione tecnica illustrativa MS livello 2**

*Scala 1:10.000*

TAVOLA

**S10**

**ADOZIONE**



## INDICE

1. PREMESSA .....	1
2. DELIMITAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE .....	2
3. ELENCO DEGLI ELABORATI .....	3
4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SIMICA DI BASE .....	3
5. GEOLOGIA .....	8
5.1. Inquadramento geologico .....	8
5.2. Stratigrafia .....	8
5.2.1. Dominio Ligure Esterno .....	8
5.2.1.1. Argille varicolori con calcari .....	8
5.2.1.2. Arenarie e siltiti silicoclastiche – carbonatiche .....	8
5.2.1.3. Argilliti grigio – brune e calcilutiti .....	8
5.2.1.4. Flysch di Monteverdi Marittimo .....	9
5.2.2. Depositi lacustri del Turoliano inf. ....	9
5.2.2.1. Argille con intercalazioni di arenarie e conglomerati .....	9
5.2.3. Depositi lacustri e lagunari post – evaporitici messiniani .....	9
5.2.3.1. Argille del Casino .....	9
5.2.3.2. Conglomerati poligenici .....	10
5.2.3.3. Sabbie e arenarie .....	10
5.2.4. Depositi marini pliocenici .....	10
5.2.4.1. Conglomerati marini poligenici .....	10
5.2.4.2. <i>Argille sabbiose e limi di colore variabile da nocciola a grigio</i> .....	10
5.2.4.3. Argille e argille siltose grigio – azzurre .....	11
5.2.4.4. Sabbie e arenarie gialle .....	11
5.2.4.5. Calcareniti e calciruditi bioclastiche .....	11
5.2.5. Depositi continentali Rusciniani e Villafranchiani .....	11
5.2.5.1. <i>Travertini di Massa Marittima</i> .....	11
5.2.5.2. Conglomerati .....	11
5.2.6. Depositi pleistocenici .....	12
5.2.6.1. Depositi alluvionali terrazzati .....	12
5.2.6.2. Travertini e calcari continentali .....	12
5.2.7. Depositi olocenici .....	12
6. GEOMORFOLOGIA .....	12
7. RISULTATI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 .....	13
7.1. Generalità .....	13
7.2. Risultati delle prove penetrometriche CPTU .....	14
7.3. Individuazione delle zone .....	17
7.3.1. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali .....	17
7.3.2. Zone suscettibili di instabilità .....	20
8. MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2 .....	20
8.1. La carta delle indagini per la microzonazione sismica .....	20
8.2. La carta geologico - tecnica per la microzonazione sismica .....	21
8.3. Sezioni geologico - tecniche .....	21
8.4. La carta delle frequenze fondamentali dei depositi .....	22
8.5. Carte della Microzonazione Sismica di Livello 2 .....	23

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Il territorio del Comune di Poggibonsi all'interno della Regione Toscana (a sinistra) e all'interno della Provincia di Siena (a destra). .....	1
Figura 2 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (elaborazione aprile 2004). .....	4
Figura 3 - Estratto dalla Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (elaborazione aprile 2004) per il Comune di Poggibonsi. ....	5
Figura 4 - Terremoti avvenuti a partire dall'anno 1000 e nel raggio di 10 km da Poggibonsi (estratti da da Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2022. <i>Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0.</i> Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <a href="https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4">https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4</a> ). ....	6
Figura 5 - Colonne stratigrafiche MOPS. ....	19
Figura 6 - Le 5 macro aree in cui è stato suddiviso il territorio regionale toscano per gli studi di microzonazione sismica. ....	24
Figura 7 - Valori di pericolosità sismica espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi, della Regione Toscana (INGV). ....	25
Figura 8 - Abachi di riferimento per la macro area Toscana Interna, per valori di $ag \geq 0,125g$ e profondità del substrato sismico maggiore di 30m. ....	29

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Indagini eseguite per la Microzonazione Sismica di Livello 2 del Comune di Poggibonsi (Si). ....	2
Tabella 2 - Elenco dei terremoti avvenuti a partire dall'anno 1000 e nel raggio di 10 km da Poggibonsi (estratti da da Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2022. <i>Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0.</i> Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <a href="https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4">https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4</a> ). ....	7
Tabella 3 - Indagini geognostiche e indagini geofisiche utilizzate per il presente lavoro suddivise per tipologia. ....	21
Tabella 4 - Classificazione delle frequenze utilizzata nell'elaborato 3.12. ....	23
Tabella 5 - Classificazione dei valori di Ampiezza. ....	23
Tabella 6 - Dati utilizzati per l'area di Castiglioni per ricavare i fattori di amplificazione di ogni zona MOPS dagli abachi e valori ottenuti. ....	26
Tabella 7 - Dati utilizzati per l'area di Lecchi per ricavare i fattori di amplificazione di ogni zona MOPS dagli abachi e valori ottenuti. ....	26
Tabella 8 - Dati utilizzati per l'area di Staggia per ricavare i fattori di amplificazione di ogni zona MOPS dagli abachi e valori ottenuti. ....	26
Tabella 9 - Dati utilizzati per l'area di Talciona per ricavare i fattori di amplificazione di ogni singola zona MOPS dagli abachi e valori ottenuti. ....	27
Tabella 10 - Dati utilizzati per l'area di Poggibonsi per ricavare i fattori di amplificazione di ogni singola zona MOPS dagli abachi e valori ottenuti. ....	28
Tabella 11 - Parametri di amplificazione sismica .....	30

\* \* \*

## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica illustrativa è stata redatta a seguito dell'incarico ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Poggibonsi (Provincia di Siena) e rappresenta il risultato del lavoro di cui all'incarico formalizzato con Determinazione n. 76/GPT del 24 marzo 2022 a firma del Dirigente del Settore gestione e pianificazione del territorio del Comune di Poggibonsi (Si) Dott. Arch. Vito Disabato.

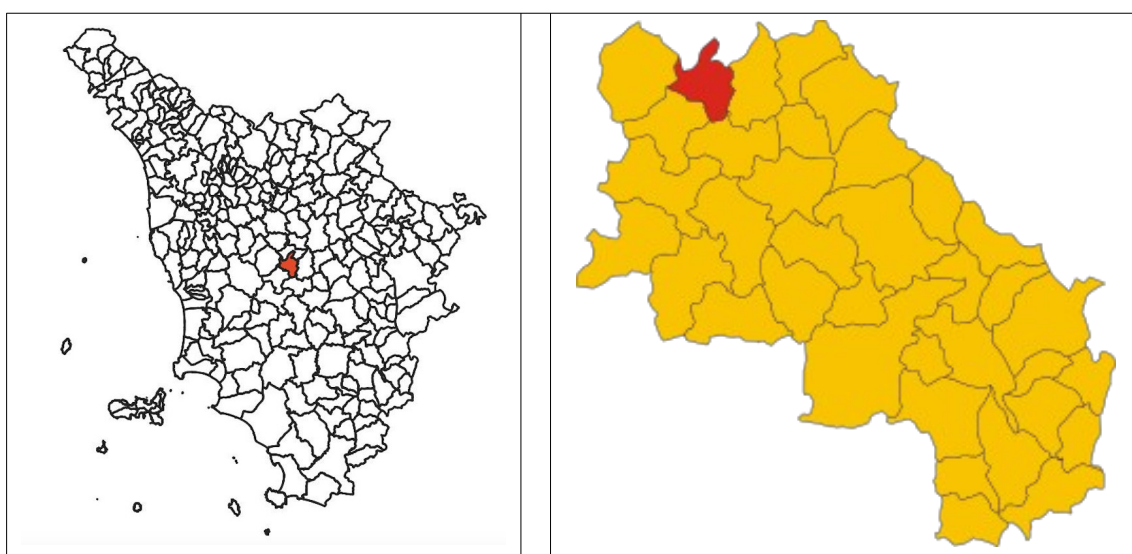


Figura 1 - Il territorio del Comune di Poggibonsi all'interno della Regione Toscana (a sinistra) e all'interno della Provincia di Siena (a destra).

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 è stato condotto in ottemperanza della versione 4.2 degli *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica* (Commissione tecnica per la microzonazione sismica) e alla Deliberazione della Giunta Regionale Toscana 27 settembre 2021, n. 977 avente come oggetto *Documento operativo per la prevenzione sismica (DOPS) 2021 – II stralcio* e in particolare all'Allegato A *Redazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di Microzonazione Sismica e prescrizioni per le analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (aggiornamento 08/09/2021)*.

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 eseguito ha tenuto conto

delle indagini geologico – tecniche di supporto al Piano Strutturale e al Piano Operativo del Comune di Poggibonsi, approvati rispettivamente con Delibera del Consiglio Comunale n. 11 del 10 febbraio 2014 e con Delibera del Consiglio Comunale n. 41 del 31 luglio 2019 ed è stato riferito alle aree già oggetto della Microzonazione Sismica di Livello 1, integrate da cinque nuove aree: Podere Le Vigne e Podere Villamaggio a nord, Montemorli, Casa al Vento, Vada e Coccola ad ovest, area di Bellavista a sud del Torrente Staggia, Castiglioni alto e Castiglioni basso a sud, e La Caduta a sud est.

Per quanto riguarda le indagini, lo studio si è basato sulle conoscenze acquisite con le indagini precedentemente svolte, integrate da altre eseguite appositamente per il presente lavoro ed elencate nella tabella 1.

TIPOLOGIA DI INDAGINE	N. INDAGINI PREVISTE
Sismica a rifrazione (onde P e Sh)	3
ESAC Extended Spatial Autocorrelation Method+ MASW Multi-channel Analysis of Surface Waves	9
MASW Multi-channel Analysis of Surface Waves	9
HVSR Horizontal to Vertical Spectral Ratio	23
CPT <sub>u</sub> Cone Penetration Test con piezocono	9

Tabella 1 - Indagini eseguite per la Microzonazione Sismica di Livello 2 del Comune di Poggibonsi (Si).

La nuova campagna geofisica e geognostica eseguite hanno portato all'integrazione della indagini esistenti e hanno fornito risultati che hanno permesso di ottenere un quadro microsismico maggiormente dettagliato. Conseguentemente, a seguito dello svolgimento delle nuove indagini sono state aggiornate le carte che lo hanno necessitato sia dal punto di vista dei contenuti sia dal punto di vista delle nuove aree aggiunte.

## **2. DELIMITAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE**

Come già accennato in PREMESSA l'area indagata corrisponde a quella già oggetto dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, integrata da cinque nuove aree: Podere Le Vigne e Podere Villamaggio a nord, Montemorli, Casa al

Vento, Vada e Coccola ad ovest, area di Bellavista a sud del Torrente Staggia, Castiglioni alto e Castiglioni basso a sud, e La Caduta a sud est. Sostanzialmente le aree di studio sono state individuate e concordate con l'Amministrazione Comunale e possono essere riassunte come segue:

- Poggibonsi, Bellavista e aree limitrofe (zona artigianale Foci, Montemorli, Gavignano, Castagneto, Il Casalino, Mocarello, Mocarellino, Luco, Megognano)
- Talciona
- Lecchi
- Staggia e aree limitrofe (Querceto, Fontana, Verrucola, San Silvestro, La Caduta)
- Castiglioni alto e Castiglioni basso.

### **3. ELENCO DEGLI ELABORATI**

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 si compone dei seguenti elaborati tutti disegnati sulla base topografica in scala 1:10.000 e stampabili su due fogli (nord e sud):

- Carta delle indagini per la MS
- Carta geologico - tecnica per la MS
- Sezioni geologico - tecniche
- Carta delle frequenze fondamentali dei depositi
- Colonne stratigrafiche MOPS (nella presente relazione)
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica
- Carta della Microzonazione Sismica con FA 0,1 – 0,5 s
- Carta della Microzonazione Sismica con FA 0,4 – 0,8
- Carta della Microzonazione Sismica con FA 0,7 – 1,1 s
- Relazione tecnico illustrativa (la presente relazione)
- Schede delle indagini (da software MS rel. 4.2)

### **4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE**

Osservando la Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (elaborazione aprile 2004) e avente come riferimento l'Allegato 1B dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005), nel territorio

relativo al Comune di Poggibonsi risultano valori di accelerazione massima compresi tra 0.100g e 0.125g e tra 0,125g e 0,150g.

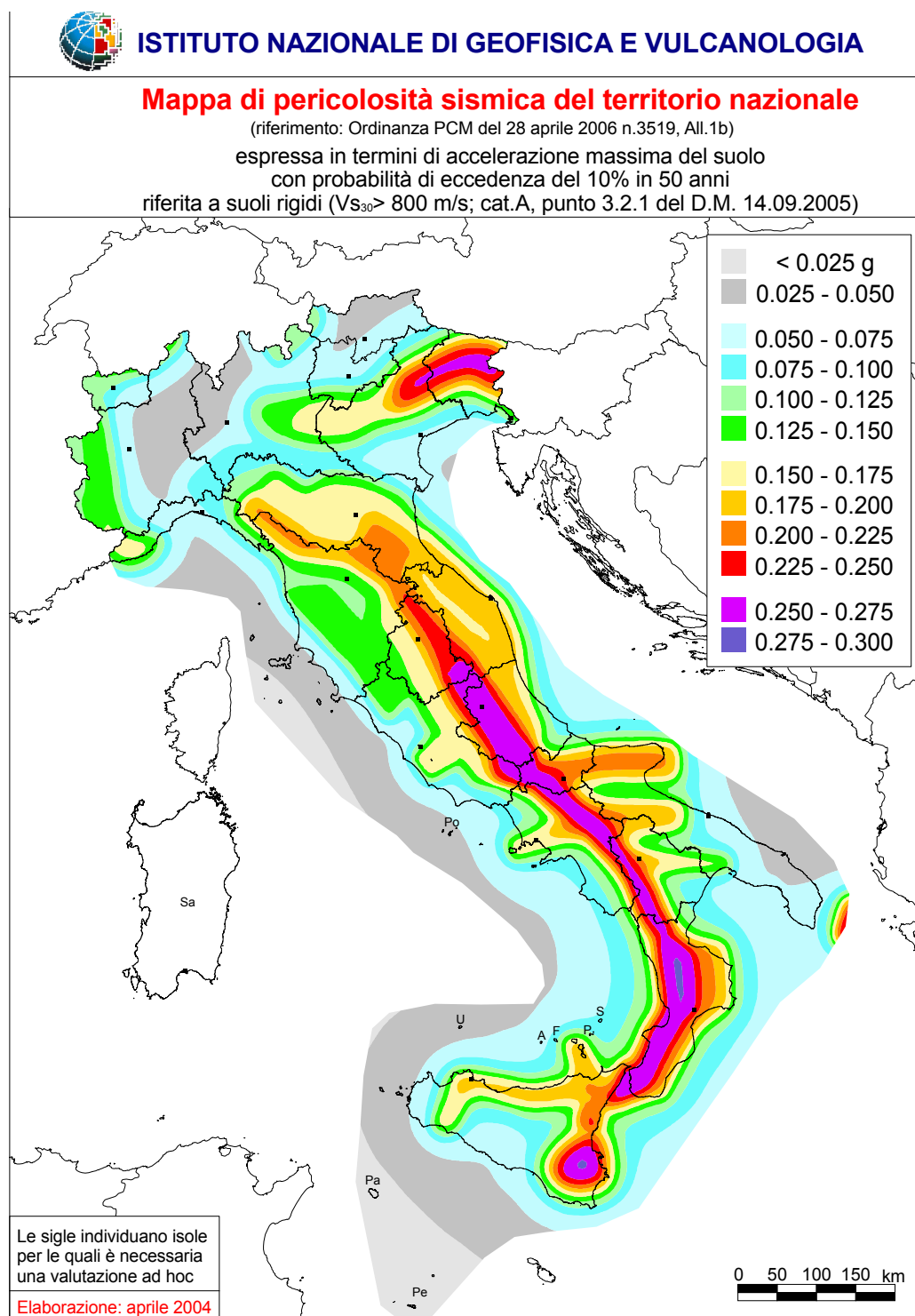


Figura 2 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (elaborazione aprile 2004).

### Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

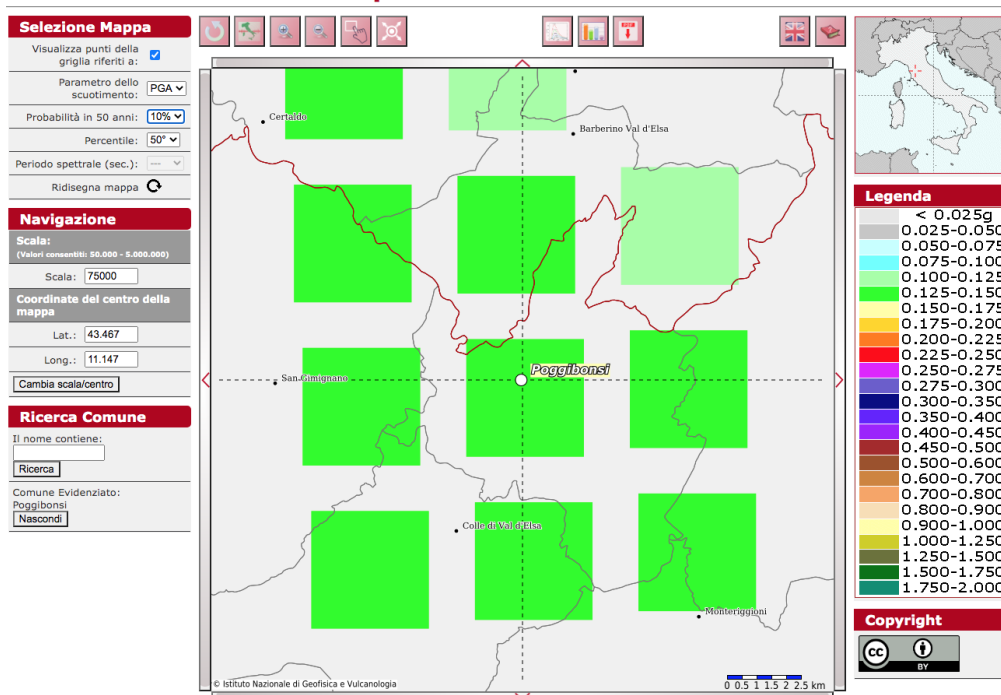


Figura 3 - Estratto dalla Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (elaborazione aprile 2004) per il Comune di Poggibonsi.

La valutazione della magnitudo attesa può essere eseguita sulla base di due diversi metodi di calcolo suggeriti nel paragrafo 2.8.2 degli Indirizzi & Criteri per la Microzonazione Sismica (volume 1) a cura del Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri:

- con il primo metodo la valutazione si effettua considerando la zonazione sismogenetica (ZS9), secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima  $M_{wmax}$ , il territorio del Comune di Poggibonsi ricade prevalentemente nella zona 916 con una piccola porzione della parte nord est che ricade nella zona 921, alle quali corrisponde una magnitudo massima pari a 6,14;
- con il secondo metodo viene utilizzata la disaggregazione per una probabilità di occorrenza con tempo di ritorno pari a 475 anni e la magnitudo media risulta compresa tra 4,5 e 5,0 (elaborazione su dati da Spallarossa e Barani, 2007).

Le specifiche dei terremoti avvenuti nell'area in cui sorge il Comune di

Poggibonsi con un raggio di 10 km e registrati nel database del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione CPTI15 (Rovida et alii, 2015), sono riportate in tabella 2.

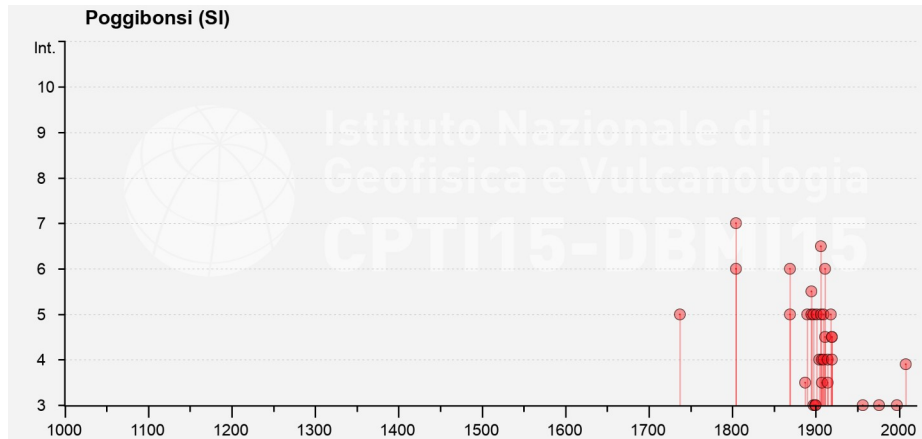


Figura 4 - Terremoti avvenuti a partire dall'anno 1000 e nel raggio di 10 km da Poggibonsi (estratti da da Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2022. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15)*, versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>).

La presenza delle faglie attive e capaci è stata valutata attraverso i dati relativi al progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) sviluppato dal Servizio Geologico d'Italia; nel catalogo consultabile on line all'indirizzo <http://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html> non risultano faglie attive e capaci nell'area di studio.

La nuova classificazione sismica è stata approvata con Deliberazione della Giunta Regionale n. 421 del 26 maggio 2014 e ha apportato modifiche alla classificazione definita con la Delibera della Giunta Regionale n. 878 dell'8 ottobre 2012. L'aggiornamento, redatto ai sensi dell'O.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519, si era reso necessario per recepire le novità introdotte dalle NTC e di rendere la classificazione sismica aderente all'approccio "sito-dipendente" introdotto da tali norme. Inoltre, contestualmente, è stato approvato il regolamento 58/R del 22 ottobre 2021, di attuazione dell'art. 117, comma 2, lettera g) della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1. Il Comune di Poggibonsi è inserito nella "zona sismica 3".

**TERRA & OPERE S.R.L.**  
**SOCIETÀ D'INGEGNERIA**  
**CONSULENZE GEOLOGICHE**

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
5	1737	06	11	00	30		Val di Pesa	4	5 4.16
7	1804	10	18	20			Valdelsa	4	7 5.10
6	1804	12	17				Valdelsa	4	6 4.84
5	1869	02	07				Senese	8	6-7 4.81
6	1869	09	26	20	45		Valdelsa	9	6-7 4.98
3-4	1887	11	14	05	48	0	Fiorentino	101	6 4.47
5	1890	02	15	02	35	0	Valdelsa	12	5 4.52
5	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8 5.50
5-6	1895	10	25	00	24	5	Chianti	36	5-6 4.51
5	1897	05	22	02	05		Valdelsa	23	5 4.26
3	1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6 4.59
3	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7 5.02
3	1900	08	28	16	38		Chianti	3	4 3.70
5	1901	09	22	21	42	1	Valdelsa	35	6 4.68
4	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7 5.10
6-7	1906	04	21	06	35		Valdelsa	45	5-6 4.30
5	1906	12	20	02	38		Valdelsa	28	4 3.96
4	1907	12	15	13	06	5	Chianti	20	5 4.19
3-4	1907	12	20	10	29	1	Chianti	35	6 4.44
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
5	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8 5.34
6	1911	09	13	22	29	0	Chianti	115	7 5.08
4-5	1911	09	13	22	35	1	Chianti	13	4-5 4.35
3-4	1914	05	15	13	06		Chianti	6	5 4.16
4	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7 5.63
5	1918	11	10	15	12	2	Appennino forlivese	187	9 5.96
4-5	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10 6.38
4	1919	09	10	16	57		Val di Paglia	67	7-8 5.36
4-5	1919	10	25	13	51		Alta Valtiberina	30	6 5.03
2-3	1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8 5.83
2	1940	01	31	11			Siena	30	5-6 4.23
NF	1947	12	24				Crete Senesi	26	6 4.46
3	1956	02	22	22	55	0	Senese	29	5 4.03
2	1960	10	29	00	08	3	Mugello	69	7 4.91
3	1976	05	06	20	00	1	Friuli	770	9-10 6.45
3	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 5.97
NF	1998	05	20	11	07	4	Colline Metallifere	31	4-5 4.19
F	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7 5.36

Tabella 2 - Elenco dei terremoti avvenuti a partire dall'anno 1000 e nel raggio di 10 km da Poggibonsi (estratti da da Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2022. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0.* Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>).

## **5. GEOLOGIA**

### **5.1. Inquadramento geologico**

L'area del Comune di Poggibonsi è compresa nella cosiddetta alta Val d'Elsa, che è costituita da un bacino di età neogenica orientato in senso nord-nord-ovest / sud-sud-est (NNW – SSE), delimitato da due zone di alto morfologico e strutturale: la dorsale Monte Albano – Monti del Chianti a est e la dorsale Medio Toscana a ovest. Le aree di fondovalle e delle colline ad esso immediatamente adiacenti sono interessate estesamente dall'affioramento di sedimenti di età neogenica, che sono stati successivamente incisi dal Fiume Elsa.

### **5.2. Stratigrafia**

#### **5.2.1. Dominio Ligure Esterno**

Le Unità Liguri rappresentano la deposizione avvenuta nel Dominio paleogeografico che comprendeva l'Oceano Ligure – Piemontese, corrispondente a una porzione della Tetide. Le Unità del Dominio Ligure affiorano estesamente nell'area toscana; nel territorio del Comune di Poggibonsi se ne hanno alcuni esempi. Nell'area risultano affiorare le formazioni riconducibili a Formazione di Villa a Radda, Pietraforte, Formazione di Sillano e Flysch di Monteverdi Marittimo.

##### **5.2.1.1. Argille varicolori con calcari**

Si tratta di una Formazione a prevalente litologia argillitica con colori dal rosso al verde fino al grigio, contenente straterelli di arenarie calcaree e calcari verdastri o grigi. I fossili forniti dalle Argille varicolori con calcari hanno fornito un'età riferibile al Cretacico.

##### **5.2.1.2. Arenarie e siltiti silicoclastiche – carbonatiche**

Si tratta di una formazione composta, dal punto di vista litologico, da arenarie quarzose – calcaree, gradate, spesso grossolane alla base, di colore giallastro per ossidazione, passanti a peliti grigio-scure e grigie, ad argilloscisti di colore grigio scuro, siltosi e scagliosi, e a calcari marnosi giallastri, peraltro piuttosto rari. L'età è Cretacico.

##### **5.2.1.3. Argilliti grigio – brune e calcilutiti**

La Formazione, dal punto di vista litologico, è costituita da argilliti varicolori con irregolari intercalazioni di arenarie quarzose - calcaree e calcareniti

finemente stratificate, di marne e calcari marnosi grigio chiari. Nelle facies più comuni le argilliti sono prevalenti; altre facies abbastanza diffuse sono formate da una maggiore quantità di arenarie fittamente interstratificate con argilliti grigie con o senza rare intercalazioni di calcari marnosi e marne. A seguito della prevalente natura argillitica, la formazione presenta spesso una deformazione tettonica, rendendo difficile la definizione dello spessore originario che, comunque, dovrebbe aggirarsi su qualche centinaio di metri. I microfossili situati nei livelli calcarei e marnosi permettono di determinare un'età compresa tra il Cretacico superiore ed il Paleocene.

#### **5.2.1.4. *Flysch di Monteverdi Marittimo***

Si tratta di un flysch a Helmitoidi costituito da torbiditi calcareo – marnose, organizzate in strati spessi e molto spessi a base calcarenitica oppure arenaceo calcarifera, da fini a molto fini, caratterizzati da laminazione piano parallela oppure debolmente ondulata e interstrati argillitici. Al tetto possono essere presenti localmente marne rosate. L'età è Cretacico superiore – Paleocene.

### **5.2.2. Depositi lacustri del Turoliano inf.**

#### **5.2.2.1. *Argille con intercalazioni di arenarie e conglomerati***

La Formazione in esame è denominata anche Argille del Torrente Fosci ed è sinonimo, tra gli altri, di Argille lignitifere lacustri, Argille lacustri, Argille spesso lignitifere. La Formazione in oggetto è costituita da argille di colore grigio, di aspetto massiccio, talvolta caratterizzate da intercalazioni di arenarie, conglomerati minuti e marne. Talvolta le arenarie possono essere di colore giallo – ocra; talvolta possono essere presenti livelli e lenti di lignite. L'età è Turoliano inferiore.

### **5.2.3. Depositi lacustri e lagunari post – evaporitici messiniani**

#### **5.2.3.1. *Argille del Casino***

Si tratta per lo più di argille e argille marnose azzurre o grigie, con banchi di lignite. La lignite in passato è stata sfruttata dal punto di vista minerario. Nelle ligniti di questa Formazione è stata rinvenuta un'abbondante fauna a molluschi e mammiferi accompagnata da una flora caratteristica di un clima caldo. L'età è Turoliano superiore.

#### **5.2.3.2. Conglomerati poligenici**

La formazione è costituita da conglomerati grano - sostenuti costituiti da clasti subarrotondati ed eterometrici. La matrice è sabbiosa o sabbioso - argillosa ed è di colore avana. L'età è Messiniano sup. (Turoliano).

#### **5.2.3.3. Sabbie e arenarie**

Si tratta di sabbie e arenarie a grana grossa, mal stratificate e di limitato spessore. L'età è Turoliano.

#### **5.2.4. Depositi marini pliocenici**

In Toscana, durante il Pliocene, si è verificata una trasgressione marina molto importante. La sedimentazione non mostra ovunque caratteri uniformi e quindi in alcune aree si rinviene un unico ciclo sedimentario mentre in altre se ne possono osservare due, separati tra di loro da una fase di emersione. Il cosiddetto primo ciclo inizia nel Pliocene inferiore e si chiude o nel Pliocene inferiore oppure, in altre aree, nel Pliocene medio. La trasgressione del secondo ciclo, iniziata generalmente nel Pliocene medio, coinvolge anche aree che non erano state coinvolte durante il primo ciclo. Con il Pliocene medio la sedimentazione marina termina in tutta la Toscana; in alcune zone la sedimentazione continua ma con modalità di deposizione di ambiente francamente continentale.

##### **5.2.4.1. Conglomerati marini poligenici**

Si tratta della Formazione dei cosiddetti Conglomerati di Gambassi. Si presentano di regola ben cementati, scarsamente organizzati, con matrice sabbiosa presente in quantità variabile. Lo spessore massimo della Formazione non supera mai i 15 m. In questa Unità si rinvencono spesso resti di Ostreidi e di Pectinidi ed i ciottoli sono spesso forati da organismi litofagi. Le caratteristiche litologiche e paleontologiche indicano, per la Formazione in esame, un ambiente di formazione costiero ad elevata energia. L'età è riferibile all'intervallo Zancleano - Piacenziano.

##### **5.2.4.2. Argille sabbiose e limi di colore variabile da nocciola a grigio**

La Formazione in esame poggia sopra le Argille e argille siltose grigio azzurre localmente fossilifere (FAA). La Formazione è costituita da argille e da argille siltose, talora marnose, di colore grigio e nocciola, in genere ad aspetto

massiccio. L'età è Zancleano – Piacenziano.

#### **5.2.4.3. Argille e argille siltose grigio – azzurre**

La Formazione in oggetto è molto estesa nel territorio comunale di Poggibonsi e poggia in continuità di sedimentazione sulle Unità mioceniche. La Formazione è costituita da argille e da argille siltose, talora marnose, di colore grigio – azzurro o nocciola, in genere di aspetto massiccio. L'età è Zancleano – Piacenziano.

#### **5.2.4.4. Sabbie e arenarie gialle**

La Formazione è costituita prevalentemente da areniti, sabbie e sabbie argillose di colore giallo e giallo arancio ed è piuttosto estesa. Localmente si osservano strati e rare lenti di ciottoli. Intercalati alle sabbie argillose si hanno strati di arenaria e sottili livelli di conglomerati che sfumano in sabbie nocciola. Negli strati presenti è possibile effettuare anche alcune misure della giacitura. Risultano abbondanti le macrofaune, con presenza predominante di Ostreidi e Pectinidi. L'ambiente di deposizione è marino con profondità compresa tra la zona neritica esterna ed interna. L'età è Pliocene inferiore (Zancleano – Piacenziano).

#### **5.2.4.5. Calcareniti e calciruditi bioclastiche**

Si tratta di calcari detritico – organogeni di colore giallo, ben cementati e caratterizzati da una stratificazione piano – parallela. La presenza di fossili indica un'età Zancleano – Piacenziano.

### **5.2.5. Depositi continentali Rusciniati e Villafranchiani**

#### **5.2.5.1. Travertini di Massa Marittima**

Si tratta di depositi continentali a travertini. La Formazione è piuttosto estesa nella porzione meridionale del territorio comunale. L'età dei Travertini di Massa Marittima è Pliocene – Pleistocene (Villafranchiano).

#### **5.2.5.2. Conglomerati**

Si tratta di conglomerati del Rusciniato – Villafranchiano compresi tra la Formazione delle Argille con intercalazioni di arenarie e conglomerati (FOS) e quella delle Argille e argille siltose grigio – azzurre localmente fossilifere (FAA).

## **5.2.6. Depositi pleistocenici**

### *5.2.6.1. Depositi alluvionali terrazzati*

Si tratta di Depositi alluvionali terrazzati suddivisi, dal punto di vista della simbologia, evidenziando la litologia prevalente: al di sopra del retino in colore è riportato un simbolo che individua la granulometria prevalente del deposito. Le litologie individuabili sono ghiaie, sabbie, limi e argille e le loro combinazioni (ghiaie e limi, ghiaie e sabbie, ghiaie sabbie e limi, limi e argille, sabbie e limi).

### *5.2.6.2. Travertini e calcari continentali*

Si tratta di travertini in banchi talvolta di dimensioni e spessori minimi e comunque di regola modeste; più spesso si tratta di sabbie e limi. La loro origine risiede nelle acque calde e ricche di gas solfidrici e di CO<sub>2</sub> che continuano a formare concrezioni travertinose anche attualmente.

## **5.2.7. Depositi olocenici**

I terreni individuati ed appartenenti alla categoria in esame sono:

- terreni di riporto, bonifica per colmata
- depositi di versante
- depositi alluvionali attuali **b** (ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali)
- depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (è importante notare che detti depositi sono suddivisibili in base alla granulometria)
- depositi eluvio – colluviali (coperture di materiale a granulometria fine quali limi e sabbie, con rari frammenti litoidi grossolani; processi di alterazione e/o trasporto di entità non precisabile).

## **6. GEOMORFOLOGIA**

La geomorfologia rappresenta un tematismo che individua, sulla base topografica, le forme del territorio e il loro stato che può essere attivo, quiescente, inattivo. Per la comprensione della geomorfologia del territorio del Comune di Poggibonsi sono stati utilizzati i seguenti lavori precedenti:

- indagini geologico – tecniche a supporto del Piano Strutturale (D.C.R. 94/1985 – D.C.R. 230/1994) redatte dallo studio Geotecno di Firenze nel 1997;
- suscettibilità e censimento aree in dissesto da frana nel bacino dell'Arno, redatto nel 2007 da parte dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno di Firenze;

- carta geologica di nuovo impianto, disegnata sulla base topografica in scala 1:10.000 (Regione Toscana);
- indagini geologico – tecniche di supporto al Piano Strutturale approvato nel 2019 redatto dal sottoscritto;
- progetto di piano – PAI “dissesti geomorfologici” predisposto dall’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale adottato con delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n. 20 del 20 dicembre 2019;
- alcuni lavori rinvenuti presso l'archivio del Comune di Poggibonsi riguardanti movimenti gravitativi.

I dati ricavati dai lavori sopra citati sono stati acquisiti e valutati criticamente per mezzo dell'osservazione stereoscopica di foto aeree e di numerosi sopralluoghi.

Nell'area del Comune di Poggibonsi sono presenti scarpate di erosione, suddivise in attive ed inattive, e movimenti gravitativi, di diverse tipologie e stato di attività. A proposito delle frane si rileva che talvolta la corona di frana è ben visibile, altre volte lo è meno. Talora è individuabile l'accumulo al piede. Le tipologie di movimento più frequenti sono le frane di scivolamento che spesso presentano anche una componente rotazionale, specie nei litotipi argillosi. Nei litotipi sabbiosi sono presenti talvolta frane di crollo anche se di dimensione molto limitata e difficilmente cartografabili con alcune eccezioni. Nell'area sono presenti anche alcune doline sepolte nella porzione meridionale del territorio.

## **7. RISULTATI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1**

### **7.1. Generalità**

La Microzonazione Sismica di livello 1 ha portato alla stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (in seguito MOPS). La carta in oggetto è stata redatta solamente per le aree dei centri abitati definite assieme all'Amministrazione Comunale e con i consigli dei funzionari del Genio Civile di Siena e del Dipartimento di Sismica della Regione Toscana. La Carta delle MOPS è stata redatta sulla base delle informazioni esistenti e finalizzate alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico e con l'ausilio di una serie di indagini geofisiche. La redazione della Carta MOPS, quindi, è fatta secondo le specifiche tecniche definite negli *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*, redatti dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dal Dipartimento della

Protezione Civile. Lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1, come detto, consiste esclusivamente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato appunto alla realizzazione della carta tematica in esame. Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di individuare a una scala comunale le zone in cui le condizioni locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni, per le infrastrutture e per l'ambiente.

In occasione della stesura della Microzonazione Sismica di Livello 2 sono state fatte ulteriori indagini tra cui 9 prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU allo scopo di approfondire la questione delle aree soggette a liquefazione.

## **7.2. Risultati delle prove penetrometriche CPTU**

Per la definizione delle zone di attenzione per liquefazione ( $Z_{A_{LQ}}$ ) sono state realizzate nel mese di giugno 2022 n. 9 prove penetrometriche di tipo statico con piezocono (CPTU1÷CPTU9) da parte della *Geognostica Fiorentina S.r.l.* di Scandicci (Firenze), spinte fino a profondità compresa fra 3,41 e 15,39 m dal piano di campagna. Le prove sono state eseguite laddove sono presenti depositi alluvionali attuali. Di seguito sono riportati i risultati delle prove:

- CPTU1: la prova penetrometrica statica meccanica con piezocono CPTU1 ha raggiunto la profondità di infissione di 14,93 m dal piano di campagna. La profondità della falda è stata riscontrata a 9,00 m dal piano di campagna. Dai risultati della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU1 sono state rilevate sabbie, o terreni con comportamento simile alle sabbie (*sand like*), dalla profondità di circa 7,40 m fino alla profondità di circa 8,50 m dal piano di campagna intercalate ad argille. Dall'esito della prova i terreni presenti si escludono dalle Zone di attenzione per liquefazione ( $Z_{A_{LQ}}$ );
- CPTU2: la prova penetrometrica statica meccanica con piezocono CPTU2 ha raggiunto la profondità di infissione di 9,86 m dal piano di campagna. La profondità della falda è stata rilevata a 3,90 m dal piano di campagna. Dai risultati della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU2 sono state

riscontrate sabbie, o terreni con comportamento simile alle sabbie (*sand like*), dalla profondità di circa 9,30 m fino alla profondità di fine prova, corrispondente al rifiuto strumentale, a 9,86 m dal piano di campagna. Superiormente, da una profondità di circa 1,30 m dal piano di campagna fino al tetto delle sabbie sono presenti argille o terreni con comportamento simile alle argille (*clay like*). Dal grafico della pressione nei pori si vede come nello strato delle sabbie ci sia una discontinuità di pressione idrostatica e non risentendo della falda. Dall'esito della prova i terreni presenti si escludono dalle Zone di attenzione per liquefazione ( $ZA_{LQ}$ );

- CPTU3: la prova penetrometrica statica meccanica con piezocono CPTU3 ha raggiunto la profondità di infissione di 14,86 m dal piano di campagna. La profondità della falda è stata rilevata a 6,75 m dal piano di campagna. Dai risultati della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU3 sono state riscontrate sabbie, o terreni con comportamento simile alle sabbie (*sand like*), dal piano di campagna fino alla profondità di circa 6,75 m dal piano di campagna. Inferiormente, dalla profondità di circa 6,75 m fino a fine prova, sono presenti argille o terreni con comportamento simile alle argille (*clay like*). Dall'esito della prova si ritiene di includere i terreni presenti nelle Zone di attenzione per liquefazione ( $ZA_{LQ}$ );
- CPTU4: la prova penetrometrica statica meccanica con piezocono CPTU4 ha raggiunto la profondità di infissione di 5,26 m dal piano di campagna, profondità per la quale si è raggiunto il rifiuto strumentale. Non è stata rilevata falda. Dai risultati della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU4 sono state riscontrate sabbie o terreni con comportamento simile alle sabbie (*sand like*), in quasi tutta la verticale indagata, con un livello di argille spesso circa 0,90 m (dalla profondità di circa 2,60 m fino alla profondità di circa 3,50 m dal piano di campagna) e di altri livelli decimetrici di argille. Dai risultati della prova penetrometrica, anche se non è stata riscontrata falda, ma considerata la presenza di sabbie si ritiene di includere i terreni presenti nelle Zone di attenzione per liquefazione ( $ZA_{LQ}$ );
- CPTU5: la prova penetrometrica statica meccanica con piezocono CPTU5 ha raggiunto la profondità di infissione di 3,41 m dal piano di campagna, profondità per la quale si è raggiunto il rifiuto strumentale. Non è stata riscontrata la falda.

Dai risultati della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU5 sono state riscontrate sabbie, o terreni con comportamento simile alle sabbie (*sand like*) nella verticale indagata. L'esigua profondità raggiunta dalla prova prima di andare a rifiuto comporta incertezza sulla porzione sottostante non indagata, per questo motivo, considerata la presenza di sabbie, si ritiene di includere i terreni presenti nelle Zone di attenzione per liquefazione ( $ZA_{LQ}$ );

- CPTU6: la prova penetrometrica statica meccanica con piezocono CPTU6 ha raggiunto la profondità di infissione di 3,68 m dal piano di campagna, profondità per la quale si è raggiunto il rifiuto strumentale. La profondità della falda è stata riscontrata a 1,95 m dal piano di campagna. Dai risultati della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU6 sono state riscontrate sabbie, o terreni con comportamento simile alle sabbie (*sand like*) nella verticale indagata. L'esigua profondità raggiunta dalla prova prima di andare a rifiuto comporta incertezza sulla porzione sottostante non indagata, per questo motivo, considerata la presenza di sabbie e di falda superficiale, si ritiene di includere i terreni presenti nelle Zone di attenzione per liquefazione ( $ZA_{LQ}$ );
- CPTU7: la prova penetrometrica statica meccanica con piezocono CPTU7 ha raggiunto la profondità di infissione di 15,00 m dal piano di campagna. La profondità della falda è stata riscontrata a 7,55 m dal piano di campagna. Dai risultati della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU7 sono state riscontrate alternanze di sabbie, limi sabbiosi, limi argillosi e argille di spessore variabile dal decimetro a qualche decimetro. Non si nota la presenza di sabbie pulite monogranulari, anche se si riscontrano livelli con comportamento simile alle sabbie (*sand like*). Dall'esito della prova i terreni presenti si escludono dalle Zone di attenzione per liquefazione ( $ZA_{LQ}$ );
- CPTU8: la prova penetrometrica statica meccanica con piezocono CPTU8 ha raggiunto la profondità di infissione di 15,39 m dal piano di campagna. La profondità della falda è stata riscontrata a 6,60 m dal piano di campagna. Dai risultati della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU8 sono state riscontrate sabbie, o terreni con comportamento simile alle sabbie (*sand like*), dalla profondità di circa 13,69 m fino alla profondità di fine infissione. Questo livello è caratterizzato da intervalli decimetrici di sabbie e limi sabbiosi intercalati a limi sabbiosi e sabbie limose e non si riscontra la presenza di

sabbie pulite monogranulari. La parte soprastante è caratterizzata da argille. Dall'esito della prova i terreni presenti si escludono dalle Zone di attenzione per liquefazione ( $ZA_{LQ}$ );

- CPTU9: la prova penetrometrica statica meccanica con piezocono CPTU9 ha raggiunto la profondità di infissione di 11,06 m dal piano di campagna, profondità per la quale si è raggiunto il rifiuto strumentale. La profondità della falda è stata riscontrata a 9,00 m dal piano di campagna. Dai risultati della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU9 sono state riscontrate sabbie o terreni con comportamento simile alle sabbie (*sand like*), soltanto superficialmente dal piano di campagna fino ad una profondità di 3,19 m, successivamente sono presenti argille fino a fine infissione corrispondente al rifiuto strumentale. Dall'esito della prova i terreni presenti si escludono dalle Zone di attenzione per liquefazione ( $ZA_{LQ}$ ).

### **7.3. Individuazione delle zone**

La legenda della Carta delle MOPS prevede la suddivisione del territorio indagato in tre tipologie di zone:

- zone stabili (non presenti nella Carta delle MOPS del Comune di Poggibonsi),
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015),
- zone suscettibili di instabilità (3050, 3070, 3080).

Segue la descrizione delle zone individuate.

#### **7.3.1. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

Come spiegato in precedenza sono state individuate dodici zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (Colonne stratigrafiche MOPS - Figura 5):

- 2001 – è caratterizzata dalla presenza di alluvioni recenti e depositi alluvionali terrazzati con spessore massimo di 10 m, sovrastanti sabbie cementate con livelli di arenaria;
- 2002 - è caratterizzata dalla presenza di alluvioni recenti e depositi alluvionali terrazzati con spessore massimo di 10 m, sovrastanti argille e argille siltose sovraconsolidate;
- 2003 – è caratterizzata dalla presenza di sabbie travertinose cementate con spessore massimo di 10 m, sovrastanti sabbie cementate con livelli di arenaria;
- 2004 - è caratterizzata dalla presenza di sabbie cementate con livelli di arenaria

con spessore massimo di 40 m;

- 2005 - è caratterizzata da riporto antropico con spessore massimo di 10 m, sovrastanti sabbie cementate con livelli di arenaria;
- 2006 - è caratterizzata dalla presenza di argille e argille siltose sovraconsolidati aventi uno spessore di almeno 40 m;
- 2007 - è caratterizzata da depositi eluvio-colluviali e di versante con uno spessore massimo di 10 m, sovrastanti sabbie cementate con livelli di arenaria;
- 2008 - è caratterizzata da depositi eluvio-colluviali e di versante con uno spessore massimo di 10 m, sovrastanti a sabbie travertinose cementate con spessore massimo di 15 m, sovrastanti a sabbie cementate con livelli di arenaria;
- 2009 - è caratterizzata dalla presenza di depositi eluvio-colluviali e di versante con spessore massimo di 10 m, sovrastanti a alluvioni recenti e depositi alluvionali terrazzati con spessore compreso tra 5 e 20 m, sovrastanti a sabbie cementate con livelli di arenaria;
- 2010 - è caratterizzata dalla presenza di riporto antropico con spessore massimo di 10 m, sovrastante a alluvioni recenti e depositi alluvionali terrazzati con spessore compreso tra 5 e 20 m, sovrastanti a argille e argille siltose sovraconsolidate;
- 2011 - è caratterizzata dalla presenza di riporto antropico con spessore massimo di 10 m, sovrastante a alluvioni recenti e depositi alluvionali terrazzati con spessore compreso tra 5 e 20 m, sovrastanti a sabbie cementate con livelli di arenaria;
- 2012 - è caratterizzata dalla presenza di depositi eluvio-colluviali e di versante con spessore massimo di 10 m, sovrastante a sabbie cementate con livelli di arenaria con spessore massimo di 25 m sovrastanti a argille e argille siltose sovraconsolidate;
- 2013 - è caratterizzata dalla presenza di depositi eluvio-colluviali e di versante con spessore massimo di 10 m, sovrastante a argille e argille siltose sovraconsolidate;
- 2014 - è caratterizzata da riporto antropico con spessore massimo di 10 m, sovrastante a argille e argille siltose sovraconsolidate;

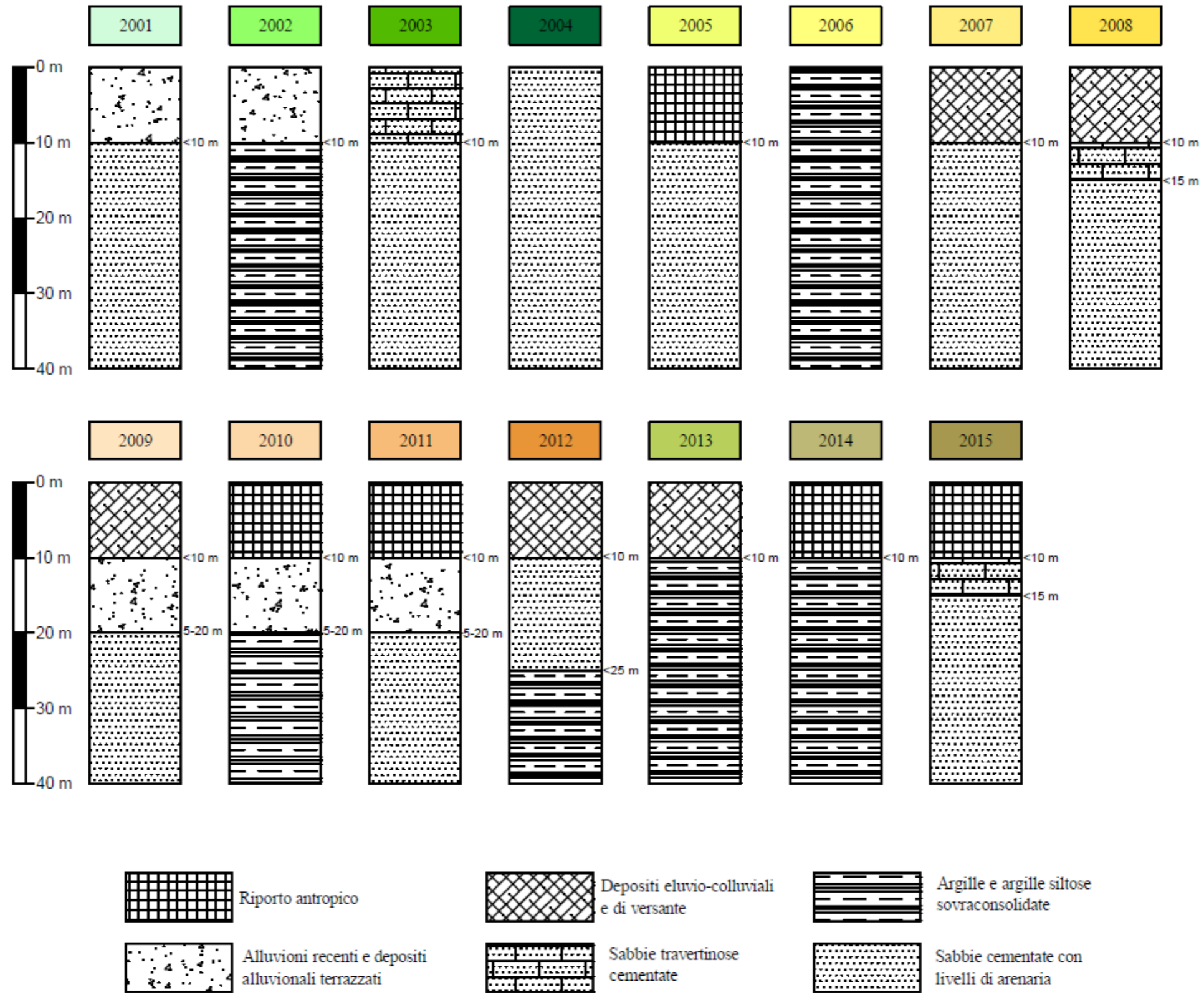


Figura 5 - Colonne stratigrafiche MOPS.

- 2015 - è caratterizzata da riporto antropico con spessore massimo di 10 m, sovrastanti sabbie travertinose cementate con uno spessore massimo di 15 m, sovrastanti sabbie cementate con livelli di arenaria.

### **7.3.2. Zone suscettibili di instabilità**

- Come spiegato in precedenza sono state individuate tre zone suscettibili di instabilità:
- 3050 – si tratta di zone di attenzione per liquefazioni che sono state ridefinite sulla base dei nuovi dati acquisiti grazie alle prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU;
- 3070 - si tratta di zone di attenzione per cedimenti differenziali;
- 3080 – si tratta di zone di attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti.

## **8. MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2**

### **8.1. La carta delle indagini per la microzonazione sismica**

Al fine di caratterizzare il territorio del Comune di Poggibonsi dal punto di vista sismico, nelle aree da indagare, è stata necessaria l'acquisizione delle informazioni relative all'ubicazione e ai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche effettuate e disponibili. La Microzonazione Sismica viene svolta in corrispondenza dei centri urbani e nelle aree ritenute maggiormente significative ai fini della gestione territoriale, definita in accordo con l'Amministrazione Comunale, con i funzionari del Genio Civile Valdarno Superiore e del Dipartimento di Sismica della Regione Toscana.

Nella Carta delle indagini per la microzonazione sismica sono state rappresentate, con una simbologia specifica, le indagini preesistenti e quelle effettuate ex-novo. In particolare, sono state utilizzate le indagini fornite da:

- documentazione presente negli archivi comunali predisposta per il supporto di progetti di opere pubbliche, compreso il Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale;
- indagini geofisiche effettuate in occasione della stesura della Microzonazione Sismica di Livello 1;
- indagini geofisiche effettuate in occasione della stesura della Microzonazione Sismica di Livello 2 (tabella 1).

Complessivamente sono state utilizzate oltre 300 indagini (tabella 3) tra queste

non sono state computate le indagini di laboratorio geotecnico in quanto i campioni indisturbati sono stati prelevati nei fori di sondaggio.

TIPOLOGIA DI INDAGINE	QUANTITÀ
CPT	43
CPTU	10
DOWN HOLE	7
DPSH	30
ESAC/SPAC	9
Geoelettrica (ERT)	3
HVSR	67
MASW	21
ReMi	1
SASW	3
sismica a rifrazione	15
saggio geognostico	19
sondaggio a carotaggio continuo	18
sondaggio con prelievo campioni	84
prova penetrometrica in foro (SPT)	26
stratigrafia zona MS (teorica) SMS	15
<b>TOTALE</b>	<b>371</b>

Tabella 3 - Indagini geognostiche e indagini geofisiche utilizzate per il presente lavoro suddivise per tipologia.

### **8.2. La carta geologico - tecnica per la microzonazione sismica**

La Carta geologico - tecnica per la microzonazione sismica deriva da una revisione delle cartografie geologiche e geomorfologiche redatte, unitamente a tutti i dati litologici, stratigrafici e litotecnici acquisiti ed è stata redatta per la sola porzione di indagine. Le unità sono state classificate in base a una serie di criteri tra cui origine, caratteristiche litologiche, caratteristiche meccaniche. Nella carta sono state riportati anche tutti gli elementi tettonico – strutturali.

### **8.3. Sezioni geologico - tecniche**

Nella tavola Sezioni geologico - tecniche sono riportate le sezioni le cui

tracce sono visibili nella Carta geologico - tecnica per la Microzonazione Sismica.

#### **8.4. La carta delle frequenze fondamentali dei depositi**

Dalle indagini definite Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) è stata realizzata la Carta delle frequenze fondamentali dei depositi. La prova HVSR è nota anche con il nome H/V e fu sperimentata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970, ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura (infatti la prova viene anche definita come metodo di Nakamura).

La prova consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica passiva) misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un sismometro a tre componenti (due orizzontali perpendicolari tra loro ed una verticale). Da quanto detto si capisce anche perché il metodo venga definito come prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) oppure HVSNR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio). Le vibrazioni che vengono misurate sono i cosiddetti microtremori e sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano a fini ingegneristici sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz. Le principali sorgenti di vibrazione sono sia di origine antropica (traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere, ...) che naturale (onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici, ...). Durante l'acquisizione dei dati vanno rispettate una precisa metodologia ed alcune accortezze per fare in modo che il dato sia statisticamente corretto.

La Carta delle frequenze fondamentali dei depositi riporta l'ubicazione di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola, con i relativi valori della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) e dell'ampiezza dei picchi fondamentali ( $A_0$ ). La rappresentazione grafica scelta è stata quella semplificata con l'ubicazione dei punti di misura distinti con dei cerchi di colore variabile in funzione della frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza, secondo la classificazione riportata nelle tabelle 4 e 5. Lo scopo di tale rappresentazione tematica è quello di individuare qualitativamente zone caratterizzate o meno da fenomeni di risonanza significativi e quelle caratterizzate da alti contrasti di impedenza.

### **8.5. Carte della Microzonazione Sismica di Livello 2**

A completamento della caratterizzazione del territorio di Poggibonsi in termini di pericolosità sismica locale, si è provveduto a redigere le seguenti carte della Microzonazione Sismica di livello 2:

- **Carta della microzonazione sismica con FA 0,1 – 0,5 s**
- **Carta della microzonazione sismica con FA 0,4 – 0,8 s**
- **Carta della microzonazione sismica con FA 0,7 – 1,1 s**

<b>CLASSI DI FREQUENZA (Hz)</b>
$f_0 < 0,99$
$1,00 < f_0 < 1,99$
$2,00 < f_0 < 2,99$
$3,00 < f_0 < 3,99$
$4,00 < f_0 < 4,99$
$5,00 < f_0 < 5,99$
$6,00 < f_0 < 6,99$
$7,00 < f_0 < 7,99$
$f_0 > 8,00$

Tabella 4 - Classificazione delle frequenze utilizzata nell'elaborato 3.12.

<b>CLASSI DI AMPIEZZA <math>A_0</math></b>
$0 \leq A_0 < 2,5$
$2,5 \leq A_0 < 4,5$
$A_0 \geq 4,5$

Tabella 5 - Classificazione dei valori di Ampiezza.

In tali carte viene rappresentata l'amplificazione locale del moto sismico di base ottenuta utilizzando gli abachi predisposti dalla Regione Toscana. Tali abachi si differenziano sulla base di:

- area geografica in esame;
- tipologia di input sismico;
- profondità del substrato sismico;
- tipo di fattore di amplificazione.

Come è possibile notare dalla mappa di figura 6, il Comune di Poggibonsi rientra nella macro area classificata come "Toscana Interna". Una volta definita la macro area, si è proceduto considerando il valore di accelerazione di base per un tempo di ritorno di 475 anni ( $ag_{475anni}$ ) di riferimento per la macro area identificata. Per il Comune di Poggibonsi, tale valore risulta essere compreso tra 0,125 e 0,150 g, identificato consultando la Mappa di Pericolosità Sismica dell'INGV, riportata in figura 7. Per la scelta dell'abaco più idoneo risulta essenziale stabilire la profondità del substrato sismico. Sulla base dei dati di sottosuolo a disposizione è stato determinato se la profondità del substrato sismico risultava minore o superiore a 30 metri. E' stato dunque utilizzato come riferimento per la costruzione delle carte di MS di livello 2 il solo abaco di figura 8. Per quantificare l'amplificazione sismica delle microzone in cui è stato suddiviso il territorio di Poggibonsi sono stati utilizzati i valori della frequenza fondamentale  $f_0$  e della velocità media delle onde  $Sh$  nei primi 30 metri di sottosuolo  $V_{s30}$  ottenuti dai risultati delle prove geofisiche effettuate sul territorio comunale.

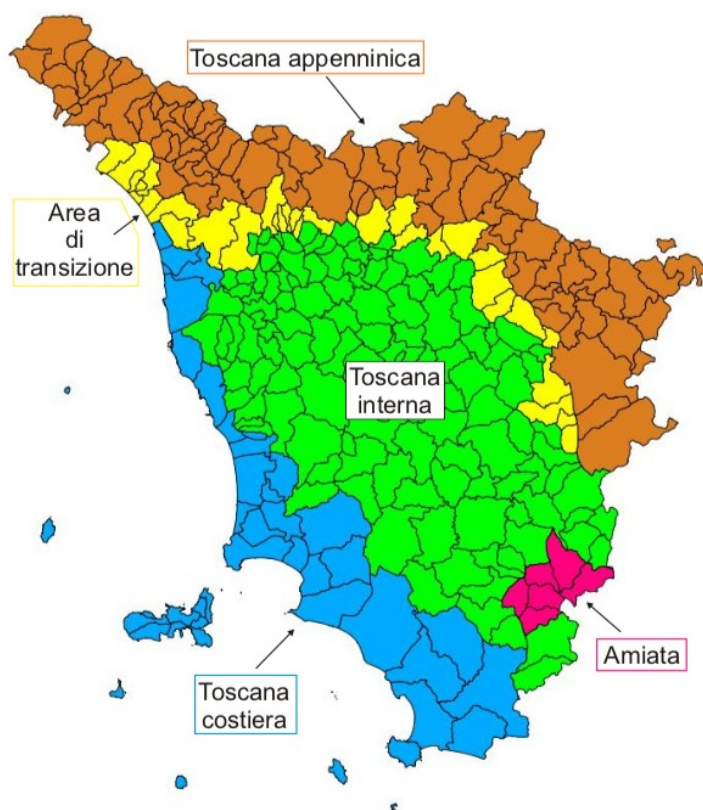


Figura 6 - Le 5 macro aree in cui è stato suddiviso il territorio regionale toscano per gli studi di microzonazione sismica.

L'elaborazione eseguita è riassunta nella tabella 6 nella quale oltre alla zona MOPS e ai valori di entrata (frequenza F0 e velocità delle onde di taglio entro la profondità di 30 m VS30) sono riportati i fattori di amplificazione nel caso di substrato superiore a 30 m di profondità.

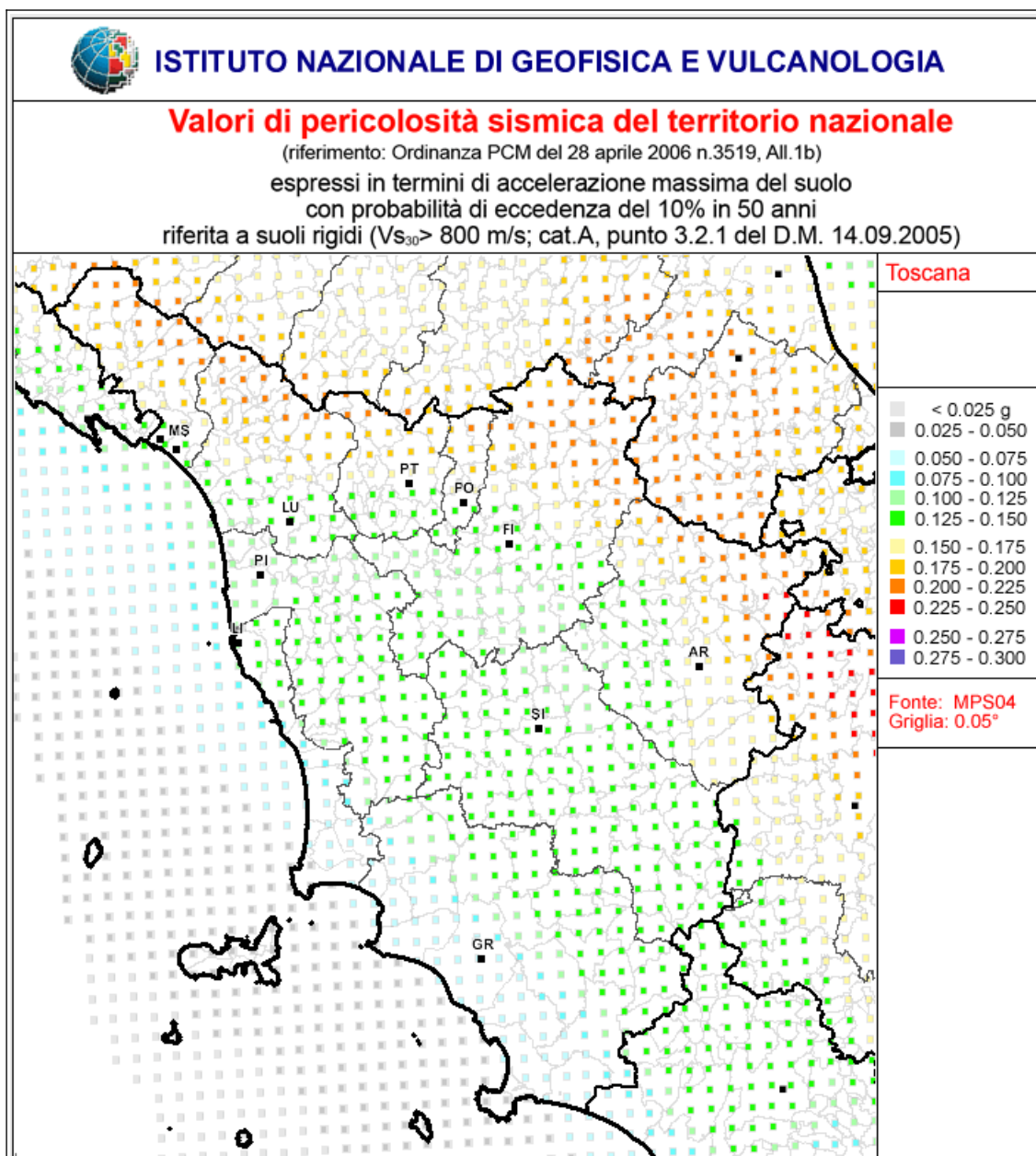


Figura 7 - Valori di pericolosità sismica espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi, della Regione Toscana (INGV).

zona MOPS	indagine HVSR	indagine lineare	FO media da HVSR	VS30 Media	substrato > 30m			località
					FH 01-05	FH 04-08	FH 07-11	
2001	052022P240HVSR275	052022L29MASW30	4,55	284	1,7	1,7	1,5	Castiglioni Basso
2003	052022P235HVSR270	052022L27MASW28	0,63	414	1,2	1,4	1,5	Castiglioni
2004	052022P236HVSR271	052022L28SR29	0,59	300	1,2	1,4	1,5	Castiglioni
2007	052022P237HVSR272		0,66	284	1,2	1,4	1,5	Castiglioni Alto
2008	052022P238HVSR273		0,75	-	1,2	1,4	1,5	Castiglioni
2009	052022P239HVSR274		0,94	-	1,2	1,4	1,5	Castiglioni Basso

Tabella 6 - Dati utilizzati per l'area di Castiglioni per ricavare i fattori di amplificazione di ogni zona MOPS dagli abachi e valori ottenuti.

zona MOPS	indagine HVSR	indagine lineare	FO media da HVSR	VS30 Media	substrato > 30m			località
					FH 01-05	FH 04-08	FH 07-11	
2004	052022P227HVSR262	052022L26MASW27	1,3	363	1,4	1,8	2,0	Lecchi
2006	052022P226HVSR261	052022L25MASW26	1,33	298	1,4	1,8	2,0	

Tabella 7 - Dati utilizzati per l'area di Lecchi per ricavare i fattori di amplificazione di ogni zona MOPS dagli abachi e valori ottenuti.

zona MOPS	indagine HVSR	indagine geofisica	FO media da HVSR	VS30 Media	substrato > 30m			località
					FH 01-05	FH 04-08	FH 07-11	
2001	052022P279HVSR316		1,31		1,4	1,8	2,0	San Silvestro
	052022P243HVSR278	052022L41MASW43; 052022L36MASW37; 052022L35MASW36	0,88	327; 387; 267	1,2	1,4	1,5	Staggia; Verrucola
2003	052022P261HVSR296; 052022P263HVSR298	052022L38MASW39, 052022L37SR38; 052022L39MASW40; 052022L34SR35; 052022P278ESAC_SPAC315; 052022P271DH307	1,2, 1,2	296; 291; 254; 328; 315	1,4	1,8	2,0	Staggia
	052022P275HVSR311		0,7	-	1,2	1,4	1,5	Fontana
2004	052022P262HVSR297; 052022P242HVSR277	052022L31SR32; 052022L32SR33; 052022L33SR34	1,4; 1,57	358; 367; 331	1,4	1,8	2,0	Staggia
2007	052022P276HVSR312	052022L41MASW43; 052022L36MASW37; 052022L35MASW36	0,9	327; 387; 267	1,2	1,4	1,5	Verrucola; Il Crocifisso
2008	052022P277HVSR313	052022P277ESAC_SPAC314	2,15	301	1,7	2,1	1,6	Staggia

Tabella 8 - Dati utilizzati per l'area di Staggia per ricavare i fattori di amplificazione di ogni zona MOPS dagli abachi e valori ottenuti.

zona MOPS	indagine HVSR	indagine geofisica	FO media da HVSR	VS30 Media	substrato > 30m			località
					FH 01-05	FH 04-08	FH 07-11	
2002	052022P128HVSR140	052022P169ESAC_SPAC187	13,6	320	1,8	1,8	1,7	Talciona
2004	052022P127HVSR139	052022L12SR13	0,7	363	1,2	1,4	1,5	
2006	052022P170HVSR188	-	0,8	-	1,2	1,4	1,5	

Tabella 9 - Dati utilizzati per l'area di Talciona per ricavare i fattori di amplificazione di ogni singola zona MOPS dagli abachi e valori ottenuti.

zona MOPS	indagine HVSR	indagine geofisica	FO media da HVSR	VS30 Media	substrato > 30m			località
					FH 01-05	FH 04-08	FH 07-11	
2001	052022P162HVSR180		24,98	300	1,8	1,8	1,7	Area industriale Fosci
	052022P126HVSR138	052022L21SR22;	2,26	350	1,7	2,1	1,6	castello Strozavolpe
	052022P204HVSR234	052022P234ESAC_SPAC269	1,1	301	1,4	1,8	2,0	Poggibonsi – Bellavista
2002	052022P161HVSR179; 052022P90HVSR99; 052022P3HVSR3; 052022P4HVSR4; 052022P68HVSR83; 052022P51HVSR58; 052022P68HVSR75; 052022P67HVSR74; 052022P81HVSR90; 052022P121HVSR132; 052022P107HVSR116; 052022P168HVSR186; 052022P100HVSR109.	052022L5SR5; 052022L6MASW6; 052022L7MASW7; 052022L10MASW10; 052022L10REMI11; 052022L11MASW12; 052022P39DH39; 052022P50DH57; 052022P69DH77;	0,4; 0,5; 0,7; 0,87; 0,3; 0,28; 0,8; 0,47; 0,6; 0,84; 1,0; 1,0; 0,3	404; 318; 332; 352; 332; 338; 264; 366; 297; 303; 273	1,2	1,4	1,5	Poggibonsi – Bellavista
	052022P2HVSR2	052022P108DH119;	1,8		1,4	1,8	2,0	Poggibonsi Drove
	052022P160HVSR178; 052022P12HVSR12;	052022P120DH134	3,1; 3,5;		1,8	1,8	1,7	Area industriale Foci nord
	052022P10HVSR10; 052022P11HVSR11; 052022P188HVSR213; 052022P32HVSR32		19,9; 20; 11,2; 14,4		1,8	1,8	1,7	Pancole – Gucci – Bernino
2003	052022P99HVSR108; 052022P224HVSR259	052022L8MASW8	0,0; 0,2	378	1,2	1,4	1,5	Poggibonsi – Bellavista sud
	052022P180HVSR205; 052022P219HVSR249		1,1; 1,0		1,4	1,8	2,0	Campostaggia a nord dell'ospedale e Bellavista
	052022P91HVSR100;	052022P163ESAC_SPAC181	0,3	582	1,2	1,2	1,2	zona industriale Foci
2004	052022P6HVSR6; 052022P44HVSR44; 052022P216HVSR246; 052022P104HVSR113; 052022P136HVSR154	052022L2MASW2; 052022P217ESAC_SPAC247	0,8; 0,3; 0,9; 0,3; 0,5;	418; 341	1,2	1,4	1,5	Poggibonsi
	052022P33HVSR33	052022L3MASW3; 052022L4MASW4; 052022P129DH142; 052022L19MASW20; 052022L24MASW25; 052022P89ESAC_SPAC98; 052022L13SR14; 052022L16SASW17; 052022L14SASW15; 052022L17SR18; 052022L20SR21	1,2	385; 426; 409; 318; 372; (500); 340; 346; 300; 300; 238	1,4	1,8	2,0	Poggibonsi – Poggiafrati – Campostaggia – Fortezza

zona MOPS	indagine HVSr	indagine geofisica	F0 media da HVSr	VS30 Media	substrato > 30m			località
					FH 01-05	FH 04-08	FH 07-11	
2005	Valori di Fa uguali alla zona MOPS 2001		-	-	1,4	1,8	2,0	Campostaggia – Fortezza – Coccola
2006	052022P1HVSr1;	052022L1MASW1	13,11	324	1,8	1,8	1,7	Campomaggio (nord-est di Poggibonsi)
	052022P35HVSr35; 052022P34HVSr34; 052022P36HVSr36; 052022P45HVSr45; 052022P5HVSr5		0,4; 0,5; 1,0; 0,4; 0,94		1,2	1,4	1,5	Poggibonsi est
	052022P218HVSr248		1,1		1,4	1,8	2,0	Bellavista
2007	Valori di Fa uguali alla zona MOPS 2001		-	-	1,8	1,8	1,7	zona industriale Foci
					1,7	2,1	1,6	castello Strozzevolpe
					1,4	1,8	2,0	Poggibonsi – Campostaggia – Bellavista
2008	052022P179HVSr204		0,89		1,2	1,4	1,5	Campostaggia
2009	052022P5HVSr5	052022L22MASW23	0,94	275	1,2	1,4	1,5	zona industriale Foci – Campostaggia – Bellavista
2010	052022P80HVSr89	052022P43ESAC_SPAC43	0,94	301	1,2	1,4	1,5	Poggibonsi – Coccola – Campostaggia
2011	052022P189HVSr214	052022P190ESAC_SPAC215	1,0	297	1,2	1,4	1,5	Poggibonsi – Bellavista
2012	Valori di Fa uguali alla zona MOPS 2002		-	-	1,2	1,4	1,5	Poggifratrati
2013	Valori di Fa uguali alla zona MOPS 2002		-	-	1,2	1,4	1,5	Poggibonsi Est e Sud
2014	Valori di Fa uguali alla zona MOPS 2002		-	-	1,2	1,4	1,5	Poggibonsi – Bellavista
					1,8	1,8	1,7	zona industriale Foci
2015	Valori di Fa uguali alla zona MOPS 2008		-	-	1,2	1,4	1,5	Campostaggia – Bellavista

Tabella 10 - Dati utilizzati per l'area di Poggibonsi per ricavare i fattori di amplificazione di ogni singola zona MOPS dagli abachi e valori ottenuti.

Qualora il valore della frequenza fondamentale non fosse stato disponibile, è stato scelto di utilizzare i valori riportati negli abachi in corrispondenza della colonna 75° percentile (fattore di amplificazione che scaturisce dal 75° percentile di tutte le analisi effettuate per quel determinato range di Vs30 o Vsh) oppure, qualora il 75° percentile fosse stato troppo penalizzante, è stata considerata una Vsh minore scegliendo così un approccio cautelativo. Nelle zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse è stato attribuito un FA corrispondente alla MOPS in cui ricadono.

Per la costruzione delle carte di Microzonazione Sismica sono stati determinati i valori del fattore di amplificazione per ognuno degli intervalli di interesse e i parametri riportati nella tabella 11.

Il fattore di amplificazione di Housner (denominato FH in tabella 11), misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione in output (PSAout) e l'omologo integrale dello spettro di accelerazione in input (PSAin), è stato valutato in tre intervalli di integrazione:

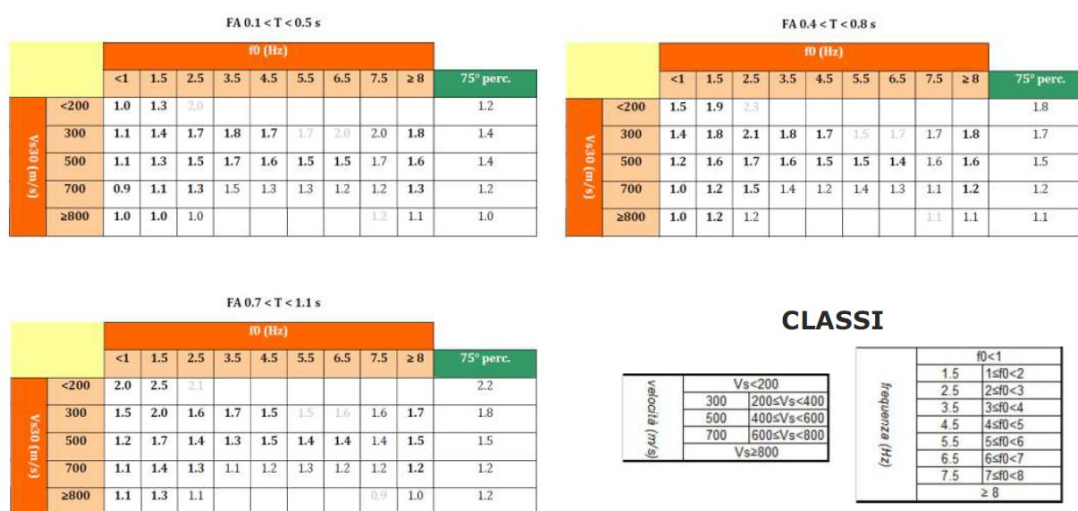


Figura 8 - Abachi di riferimento per la macro area Toscana Interna, per valori di  $ag \geq 0,125g$  e profondità del substrato sismico maggiore di 30m.

- tra 0,1 e 0,5 secondi: denominato FH 0,1 – 0,5 s;
- tra 0,4 e 0,8 secondi: denominato FH 0,4 – 0,8 s;
- tra 0,7 e 1,1 secondi: denominato FH 0,7 – 1,1 s;

Gli intervalli di frequenza sono Significativi per le diverse tipologie di

strutture presenti nel territorio (rigide e flessibili).

<b>PARAMETRO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
FA	Valore del fattore di amplificazione a bassi periodi
FH 0105	Valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner in pseudo velocità nell'intervallo di integrazione 0.1-0.5 s
FH 0408	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudo accelerazione nell'intervallo di integrazione 0.4-0.8 s
FH 0711	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudo accelerazione nell'intervallo di integrazione 0.7-1.1 s

Tabella 11 - Parametri di amplificazione sismica

Firenze, dicembre 2024

dr. geol. Michele Sani