

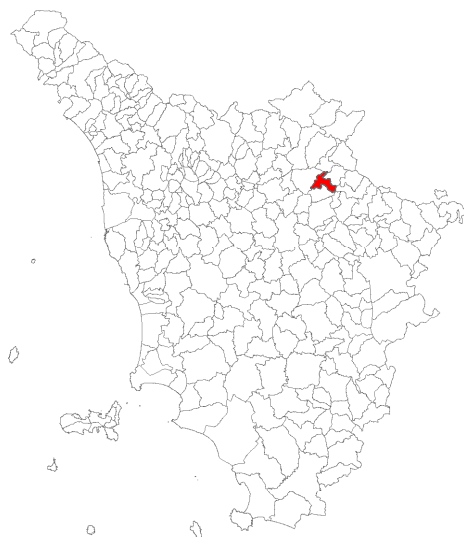


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Illustrativa

### Regione Toscana Comune di Rufina (FI)



<b>Regione</b>  Regione Toscana – Settore Sismica	<b>Soggetto realizzatore:</b>  Comune di Rufina /Servizio Assetto del Territorio/RUP Geom. Pilade Pinzani  Professionisti incaricati: Dott. Geol. Eros Aiello Dott. Geol. Gabriele Grandini Dott. Geol. Cristian Pieroni Dott. Geol. Francesco Puccetti   <small>Via Andrea del Castagno, 8 - 50132 Firenze tel.055/671393, 055/675964, fax.055/6522329 E3 info@geocoprogetti.com</small>	<b>Data</b>  Gennaio 2022
---	---	---------------------------------

## Indice generale

1. INTRODUZIONE.....	2
1.1 METODOLOGIA.....	2
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1 SISMICITA' DELL'AREA.....	6
2.2 RISCHIO SISMICO.....	9
2.3 MODELLAZIONE SISMICA.....	14
2.4 PERICOLOSITA' SISMICA.....	17
2.5 VERIFICHE DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DI SITO.....	23
2.6 LIQUEFAZIONE – BASE TEORICA E VERIFICA PER LOCALITA'.....	37
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	49
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO.....	49
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE.....	51
3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI.....	53
3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	57
3.5 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E NOTAZIONI IDROGEOLOGICHE.....	60
3.6 ACCLIVITA' DEI VERSANTI.....	61
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	62
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	73
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	74
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	75
8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	76
8.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE.....	88
8.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE.....	88
8.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.....	90
8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	96
8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	97
8.6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	105
8.7 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE PORZIONI DI TERRITORIO INDAGATE.....	113
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	135
10. BIBLIOGRAFIA.....	136
11. ALLEGATI.....	137

# RELAZIONE ILLUSTRATIVA

## 1. INTRODUZIONE

La Regione Toscana (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica) con proprio Decreto Dirigenziale di G.R.T. n. 16262 del 4 ottobre 2018, ha inserito il Comune di Rufina nella graduatoria relativa alla erogazione di finanziamenti previsti per la redazione di **indagini e studi di microzonazione sismica sui centri urbani** (studi di MS di livello 2 e 3) comunali di cui alla Del. G.R.T. n. 468 del 02.05.2018.

Il presente studio è finanziato ai sensi dell'Ordinanza O.C.D.P.C. n. 344/2016 – art. 2, comma 1 lett. a, che disciplina a livello nazionale i contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico già previsti all'art. 11 della legge n. 77 del 24 giugno 2009.

Con la delibera di cui sopra, la Regione Toscana ha definito le modalità di finanziamento degli studi Microzonazione Sismica.

Il Comune di Rufina individuava nella Geo Eco Progetti il “soggetto realizzatore” delle indagini in questione da svolgersi nelle more e modalità previste dalle precipue specifiche tecniche regionali approvate con la citata Del. G.R.T. n. 144 del 23.02.2015 “*Approvazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica*” e con esplicito riferimento agli “*Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica*” (in seguito denominati ICMS) – GdLDPC/Regioni. Documento approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni nella seduta del 13 novembre 2008.

### 1.1 METODOLOGIA

La Regione Toscana, con propria Del. G.R.T. n. 144/2015, ha definito il “programma minimo” di tali studi dettagliando:

- *indicazione delle aree di indagine,*
- *indicazione del quantitativo minimo e delle tipologie di indagine da realizzare,*
- *indicazione della documentazione tecnica da produrre.*

In merito ai tre citati punti si dettaglia quanto segue:

#### 1) *Indicazione delle aree di indagine*

Secondo quanto indicato dalle istruzioni tecniche in materia le suddette attività devono essere concentrate in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi che il Comune individua secondo le specifiche di cui al Par. 1.B.1.2 delle ITR (Istruzioni Tecniche Regionali) del Programma VEL e perimetra secondo i criteri definiti dagli ICMS.

L'Amministrazione Comunale di Rufina, di compendio con la Struttura Regionale deputata alla Prevenzione Sismica (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica), ha individuato le seguenti aree:

- capoluogo di Rufina,
- frazione di Contea,
- frazione di Scopeti,
- frazione di Pomino.

Al fine di una migliore rappresentazione delle strutture geologiche e delle fenomenologie geomorfologiche, i tematismi cartografici allestiti sono inoltre stati estesi a quelle porzioni di territorio, in adiacenza ai centri urbani, per cui fosse disponibile cartografia C.T.R. in scala 1:2.000, ricorrendo talvolta a “mosaici cartografici” con cartografia C.T.R. in scala 1:10.000, in settori ove non fosse disponibile cartografia in scala 1:2.000.

## 2) Indicazione del quantitativo minimo e delle tipologie di indagine

Relativamente alle cartografie geologiche e geomorfologiche in prima fase si è fatto riferimento alle cartografie originali realizzate nell’ambito del supporto geologico tecnico al vigente Strumento Urbanistico del Comune di Rufina. Tali cartografie sono state rivisitate mediante le recenti indicazioni della cartografia regionale CARG e con appositi rilievi di campagna geologici e geomorfologici di dettaglio.

Si è provveduto inoltre ad acquisire tutte le indagini geognostiche e geofisiche esistenti sulle porzioni di territorio in esame reperibile presso gli archivi regionale, provinciale e comunale.

Il Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica ha, inoltre, fornito l’indicazione di minima, in funzione del quadro conoscitivo esistente, circa la realizzazione delle seguenti indagini geofisiche minime obbligatorie:

### **CAMPAGNA DI INDAGINE PROPEDEUTICA AGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISIMICA DI LIVELLO 1 – SETTEMBRE 2013**

- n. 7 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità Vp e Vs nel sottosuolo;
- n. 72 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell’eventuale comportamento amplificativo degli stessi.

### **CAMPAGNA DI INDAGINI PROPEDEUTICA AGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISIMICA DI LIVELLO 2 e 3 – APRILE 2021**

- n. 1 indagine di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;
- n. 3 linee di sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità Vp e Vs nel sottosuolo;
- n. 2 indagine sismica attiva di tipo Masw per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la valutazione del VsEq,30;
- n. 1 indagine sismica attiva congiunta di tipo Masw e Esac per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la valutazione del VsEq,30;
- n. 15 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell’eventuale comportamento amplificativo degli stessi.

## 3) Indicazione della documentazione tecnica da produrre

La delibera prevede che lo studio di microzonazione sismica restituisca i seguenti elaborati tecnici per ciascuna delle frazioni indagate:

- carta delle indagini
- carta geologico-tecnica con relative sezioni
- carta delle frequenze
- carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.) con relative sezioni
- carta di microzonazione sismica

e a compendio delle varie cartografie allestite la presente relazione tecnica illustrativa.

Per le frazioni come sopra dettagliate sono pertanto stati realizzati tutti i tematismi sotto dettagliati su base cartografica C.T.R. in scala 1:5.000 (scala adottata per la restituzione grafica dei tematismi rilevati in scala 1:2.000 di dettaglio).

Vengono di seguito riportati gli elaborati e i tematismi appositamente realizzati per gli studi di Microzonazione Sismica di livello 3 (livello 2 per il solo abitato di Pomino).

N° Tavola	Titolo	Scala	Data di emissione
	Relazione Illustrativa		gennaio 2022
	Relazione tecnica inerente l'elaborazione di Risposta Sismica Locale 2D (RSL2D)		gennaio 2022
	<b>Rufina – Scopeti</b>		
<b>G.01</b>	Carta delle indagini	1:5.000	gennaio 2022
<b>G.02</b>	Carta delle frequenze	1:5.000	gennaio 2022
<b>G.03</b>	Carta geologico - tecnica	1:5.000	gennaio 2022
<b>G.04</b>	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	1:5.000	gennaio 2022
<b>G.09</b>	Carta di Microzonazione Sismica – FA01-05	1:5.000	gennaio 2022
	<b>Contea - Pomino</b>		
<b>G.05</b>	Carta delle indagini	1:5.000	gennaio 2022
<b>G.06</b>	Carta delle frequenze	1:5.000	gennaio 2022
<b>G.07</b>	Carta geologico - tecnica	1:5.000	gennaio 2022
<b>G.08</b>	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	1:5.000	gennaio 2022
<b>G.10</b>	Carta di Microzonazione Sismica – FA01-05	1:5.000	gennaio 2022
	<b>Rufina – Scopeti - Contea - Pomino</b>		
<b>G.11</b>	Sezioni geologico-tecniche con indicazione zone Mops	1:2.000	gennaio 2022
	<b>Data base “cartella indagini”</b> contenente certificazioni indagini stratigrafiche, geotecniche e sismiche strutturata come da istruzioni “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per Microzonazione Sismica – Versione 4.2” (in formato digitale)		gennaio 2022
<b>Microzonazione sismica di livello 1 – Relazione sismica – Rifrazioni onde P ed SH – Dott.sa Bartolomei, Dott. Capacci, Dott. Falaschi e Dott. Guldani</b>			
			settembre 2013
<b>Microzonazione sismica di livello 1 – Relazione sismica – Indagini HVSR – Dott.sa Bartolomei, Dott. Capacci, Dott. Falaschi e Dott. Guldani</b>			
			settembre 2013
<b>Microzonazione sismica di livello 2 e 3 – Relazione Indagini geofisiche – Dott. Pieroni e Dott. Pucetti</b>			
			aprile 2021
<b>Microzonazione sismica di livello 2 e 3 – Report Sondaggio (Scheda stratigrafica e documentazione fotografica)</b>			
			dicembre 2020

Occorre sottolineare che la cartografia realizzata nel presente studio di “microzonazione sismica” costituisce implementazione e adeguamento del quadro conoscitivo del supporto geologico – tecnico agli strumenti

urbanistici del Comune di Rufina, ai sensi dell'ex Regolamento Regionale n. 53/R e del Regolamento Regionale n. 5/R, e risulta di fondamentale importanza per improntare future eventuali scelte secondo il principio dello sviluppo sostenibile.

A questo scopo è importante evidenziare che tutta la cartografia tematica elaborata è georeferenziata nel sistema di riferimento Gauss Boaga, e perciò coerente con la topografia della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 / 1:2.000 ed è presentata anche nel sistema WGS84UTM33N.

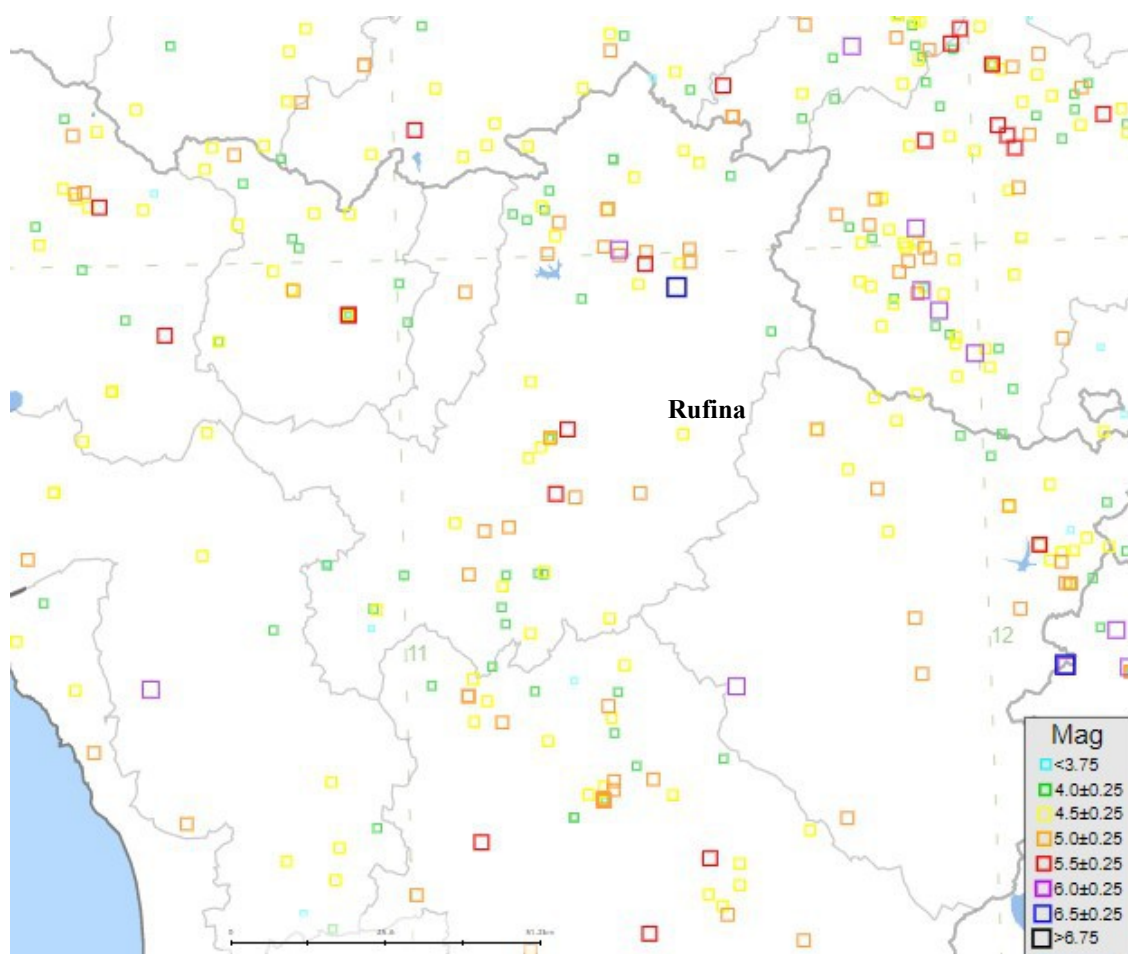
I dati tematici sono tutti vettoriali ed inseriti all'interno di una Banca Dati GIS facilmente interrogabile e aggiornabile, in ottemperanza a quanto richiesto nell'art. 28 della L.R. 1/2005; in particolare, i dati consegnati alla amministrazione comunale sono in formato sia "shape" che "pdf".

Le note illustrative, relative alle tavole elencate, sono contenute nel presente fascicolo "**Relazione Illustrativa**".

## 2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 SISMICITA' DELL'AREA

La sismicità storica del Comune di Rufina è stata ricostruita con la consultazione del “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 - Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. (2021). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>; Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>.



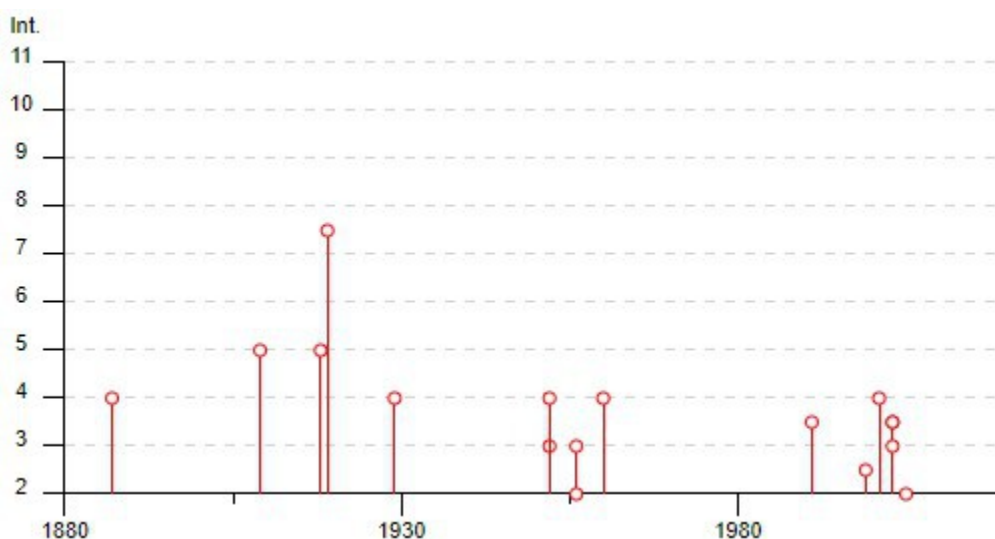
*Localizzazione degli eventi macrosismici a livello regionale nel territorio circostante il Comune di Rufina (Periodo 1005 – 2017)*

In particolare gli effetti macrosismici che hanno interessato il Comune di Rufina sono riconducibili a n. 22 eventi sismici, verificatisi dal 1887 al 2005, con vario grado di intensità sismica. (cfr. Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D’Amico S., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1887	11	14	05	48	05	Fiorentino	101	6	4.47
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1918	11	10	15	12	28	Appennino forlivese	187	9	5.96
7-8	1919	06	29	15	06	13	Mugello	565	10	6.38
4	1929	07	18	21	02		Mugello	56	6-7	4.96
NF	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
3	1952	07	04	20	35	12	Appennino forlivese	64	7	4.94
4	1952	12	02	06	13	22	Appennino forlivese	53	5	4.42
3	1956	05	26	18	40		Appennino forlivese	76	7	4.99
2	1956	06	03	01	45	57	Appennino forlivese	62	6	4.51
NF	1957	04	30	06	05	08	Alta Valtiberina	57	5	4.23
4	1960	10	29	00	08	39	Mugello	69	7	4.91
NF	1970	02	09	07	39		Appennino forlivese	30	5-6	4.50
3-4	1991	01	14	07	38	3	Casentino	62	5	4.26
2-3	1999	01	25	22	45	5	Appennino forlivese	97	5	4.36
NF	2000	05	08	12	29	0	Faentino	126	5	4.67
NF	2000	05	10	16	52	0	Faentino	151	5-6	4.82
4	2001	11	26	00	56	5	Casentino	211	5-6	4.63
3-4	2003	01	26	20	15	0	Appennino forlivese	63	5-6	4.50
3-4	2003	01	29	23	50	1	Appennino forlivese	71	4-5	4.06
3	2003	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5	4.18
2	2005	07	15	15	17	18	Forlivese	173	4-5	4.29

*Eventi macrosismici riportati nel DBMI15*

La maggiore intensità sismica percepita in questo territorio raggiunge i gradi 7-8 MCS nel terremoto avvenuto nel Mugello nel 1919 (Mw = 6,38).



*Distribuzione temporale ed intensità degli eventi macrosismici nel periodo 1880-2020*

Analizzando il catalogo delle sorgenti sismogenetiche (DISS - Database of Individual Seismogenic Sources – 2021 - DOI:10.13127/diss3.3.0) si osserva che il territorio del Comune di Rufina si colloca circa 5,5 km a sud-



ovest dell'area sismogenetica composite codificata come ITCS037 “Mugello-Città di Castello-Leonessa”, caratterizzata dai seguenti parametri:

Strike (angolo rispetto al nord):	280° - 330°
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	25° - 40°
Profondità min - max:	0,5 – 8 km
Magnitudo massima (Mw):	6,2

Questa struttura composita corre per oltre 200 km lungo la dorsale dell'Appennino settentrionale, dai settori dell'Appennino Pratese (a nord-ovest) verso l'alta valle del Fiume Nera (a sud-est), e costituisce il nucleo della cintura estensionale dell'“Etrurian Fault System”. Questa sorgente è un complesso di faglie superficiali a basso angolo che segna il confine estensionale occidentale dell'Appennino settentrionale.

Cataloghi storici e strumentali mostrano terremoti (magnitudo 4.5 < Mw 5.0) potenzialmente dannosi all'interno dell'area, in particolare nei settori nord-occidentale e sud-orientale. Inoltre, si sono verificati i principali terremoti dannosi e distruttivi (da nord-ovest a sud-est): 13 giugno 1542 (Mw 5.9, Mugello), 29 giugno 1919 (Mw 6.2, Mugello), 26 aprile 1917 (Mw 5.8, Monterchi-Citerna), 25 dicembre 1352 (Mw 6.0, Monterchi), 26 aprile 1458 (Mw 5.9, Città di Castello), 13 gennaio 1832 (Mw 5.8, Foligno), 15 set 1878 (Mw 5.5, Montefalco), e 5 giugno 1767 (Mw 5.4, Spolefino).

Relativamente alle Sorgenti Sismogenetiche Individuali (Individual Seismogenic Sources), all'interno della suddetta area sismogenetica composite ITCS037 “Mugello-Città di Castello-Leonessa”, si rileva la struttura codificata come ITIS087 “Mugello West” con le caratteristiche principali di cui alla tabella seguente:

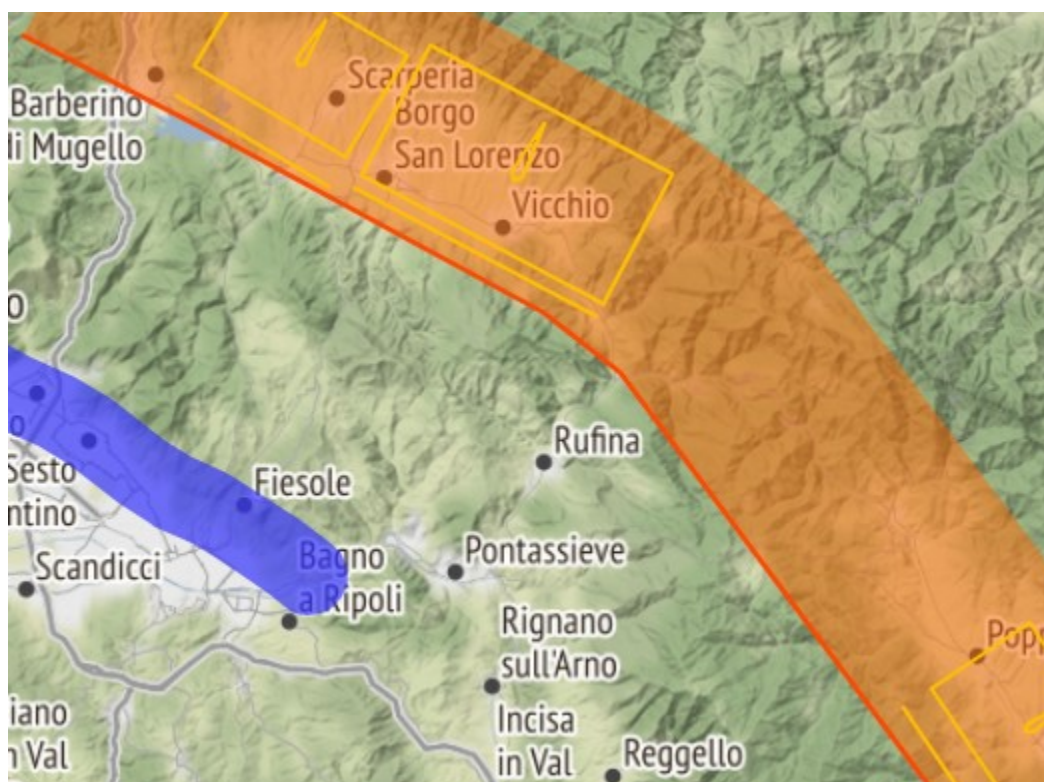
Strike (angolo rispetto al nord):	301°
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	30°
Profondità min - max:	1,0 – 4,5 km
Magnitudo massima (Mw):	5,9

e la struttura codificata come ITIS086 “Mugello East” con le caratteristiche principali di cui alla tabella seguente:

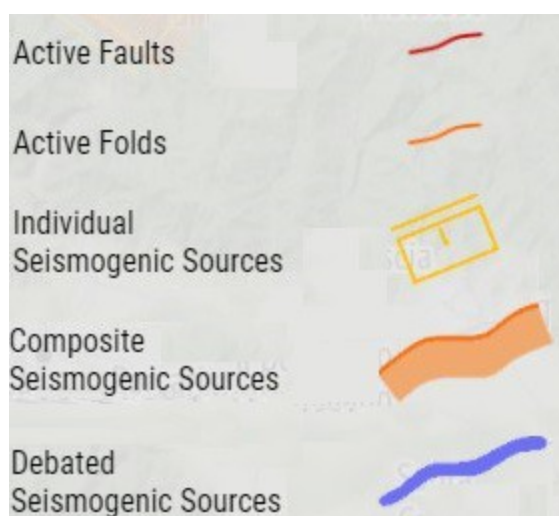
Strike (angolo rispetto al nord):	298°
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	40°
Profondità min - max:	0,6 – 6,9 km
Magnitudo massima (Mw):	6,2

Dal medesimo catalogo si riconosce, inoltre, la presenza nel settore in esame di una area sismogenetica incerta codificata come ITDS015 “Prato - Fiesole Fault System”, che corre con andamento appenninico dall'area di Montale a quella di Bagno a Ripoli.

Le aree sismogenetiche incerte sono quelle aree caratterizzate dalla presenza di faglie potenzialmente attive, sulla scorta dei dati di letteratura, ma che non sono considerate abbastanza affidabili da includerle con certezza nelle aree sismogenetiche certe, in quanto: faglie per cui sono fornite solo minime evidenze superficiali; faglie basate su evidenze geologiche ambigue; faglie di cui ci sono visioni contrastanti in letteratura; faglie che ricadono in zone a sismicità bassa o molto bassa; faglie le cui caratteristiche sono in aperto contrasto con quelle dei sistemi di faglie vicini e di conoscenza più approfondita.



*Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0*



*Potenziali sorgenti sismiche per terremoti con  $M > 5.5$*

## 2.2 RISCHIO SISMICO

Il rischio sismico nella accezione corrente rappresenta il probabile danno che un determinato sito può subire in occasione di un sisma. In maniera analitica può essere espresso come il prodotto della pericolosità sismica, della vulnerabilità sismica e della quantificazione economica delle realtà danneggiate. La pericolosità sismica può essere direttamente riferita alla vibrazione che un sito può subire durante un sisma, mentre la vulnerabilità definisce lo stato di conservazione del patrimonio edilizio e delle strutture sociali potenzialmente rese inattive dal sisma. Il parametro relativo alla quantificazione economica delle realtà danneggiate è di difficilissima valutazione poiché comprende, oltre a edifici, strutture produttive ed infrastrutture, anche vite umane e beni artistici e culturali.

La *valutazione del rischio sismico*, in aree ad estensione regionale, viene effettuata mediante la **macrozonazione sismica**, definita come l'individuazione di aree che possano essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità.

All'interno di queste aree si possono valutare, con maggior dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce la **microzonazione sismica**. Infatti l'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra che le azioni sismiche possono assumere anche a distanze di poche decine di metri caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, etc.).

La microzonazione sismica mira ad individuare gli strumenti necessari a prevedere e a mitigare gli effetti sismici in una zona di dimensioni urbane, tramite opportuni criteri d'uso del territorio.



Le indagini per la *valutazione del rischio sismico* sono, pertanto, suddivise in due fasi.

### **Macrozonazione sismica**

Fornisce un quadro generale del potenziale sismico e quindi della pericolosità sismica di una regione, con l'individuazione delle aree sismiche e di quelle non soggette a sisma.

Nell'ambito dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274/03 si sono individuate 4 zone, delle quali le prime tre coincidono con quelle (Categorie) individuate dalla L.n. 64/74 e successivi D.M. ad essa collegati, mentre la quarta è di nuova costituzione. In quest'ultima zona le regioni possono imporre l'obbligo della progettazione antisismica e stabilire norme e criteri specifici.

Sulla scorta di questa nuova classificazione il territorio del Comune di Rufina è inserito in Zona 2.

La OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006 disciplina i criteri alla base degli studi per la definizione della pericolosità sismica utili alla riclassificazione sismica del territorio nazionale, ma definisce anche con:

- la lett. g) la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle zone sismiche che dovranno prevedere:
- la discretizzazione dell'elaborato di riferimento rispetto ai confini dei comuni. E' opportuno a tale proposito che il passaggio fra zone sismiche territorialmente contigue sia definito in termini gradualità, sia all'interno di ciascuna regione che al confine di regioni diverse.

- la definizione di eventuali sottozone nell'ambito di uno stesso comune e secondo quanto previsto alla lett. a) per descrivere meglio l'azione sismica, soprattutto in relazione alle esigenze di valutazione e di recupero degli edifici esistenti.

- la lett. c) - sulla base della valutazione di  $a_g$  l'assegnazione di un territorio ad una delle zone sismiche potrà avvenire, secondo la tab. di cui alla lett. a), con la tolleranza di 0,025  $a_g$ .

La Regione Toscana con D.G.R. n. 431 del 19.06.2006 ha proposto la riclassificazione sismica regionale, mantenendo in via preliminare un atteggiamento di cautela soprattutto nelle situazioni che potevano comportare una declassificazione dei comuni dalla zona a media sismicità alla zona a bassa sismica (da zona 2 a zona 3).

A tal proposito ha ritenuto opportuno, nel processo di declassificazione dei comuni, mantenere lo stesso livello di protezione assicurato dalle azioni sismiche della zona 2, provvedendo di conseguenza all'individuazione di una zona 3S. Il territorio comunale di Rufina rimane comunque inserito in zona 2.

A distanza di sei anni dall'entrata in vigore della precedente classificazione sismica, la Regione Toscana ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. La nuova mappa sismica è stata approvata con la delibera n. 878 dell'8 ottobre 2012. L'aggiornamento della classificazione sismica, redatto ai sensi dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006, si è reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008) e di rendere la classificazione sismica (riferimento per la disciplina dei controlli sui progetti depositati presso gli Uffici tecnici regionali preposti), maggiormente aderente all'approccio *sito-dipendente* introdotto dalle vigenti Norme. Il territorio comunale di Rufina rimane in **zona 2 nella più recente classificazione regionale**.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ $a_g$ ]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ $a_g$ ]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	1.982

### **Microzonazione sismica**

Individua le risposte sismiche locali nell'ambito di una zona dell'ordine di grandezza di un comune o di una città metropolitana, fornendo informazioni di dettaglio relative agli effetti locali, ottimizzando quindi i dati rilevati tramite la macrozonazione.

Compito precipuo della microzonazione è quello di individuare terreni dinamicamente instabili e stimare le accelerazioni che si possono verificare in terreni dinamicamente stabili, poiché condizioni geologiche,

geomorfologiche ed idrogeologiche particolari possono determinare variazioni nella risposta sismica locale e di conseguenza sulla pericolosità del sito.

### ***NTC***

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) e successivamente del D.M. 17 gennaio 2018 – Nuove norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito-dipendente" e non più tramite un criterio "zona-dipendente".

Secondo l'approccio "zona dipendente", adottato dalla precedenti normative nazionali in campo antisismico, l'accelerazione di base  $a_g$ , senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni, derivava direttamente dalla Zona sismica di appartenenza del comune nel cui territorio è localizzato il sito di progetto.

Pertanto, la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (tabella 1, allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Tale griglia è costituita da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convenzioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2 ,allegato B del D.M. 14 gennaio 2008); tale considerazione riguarda anche le isole dell'arcipelago toscano. La Toscana è interessata da 936 nodi.

Per ciascuno dei nodi della griglia vengono forniti, per 9 valori del periodo di ritorno (da 30 anni a 2.475 anni), i valori dei parametri  $a_g$  (espresso in  $g/10$ ),  $F_0$  (adimensionale) e  $T^*c$  (espresso in secondi) necessari per la definizione dell'azione sismica.

Secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, sarà possibile il calcolo dei suddetti parametri spettrali (per uno dei tempi di ritorno forniti) tramite media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che comprendono il sito in esame. Qualora il tempo di ritorno richiesto sia differente da uno dei 9 tempi di ritorno forniti in tabella, sarà possibile ricavare il valore del parametro di interesse mediante interpolazione tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno (dei nove forniti per ognuno dei nodi del reticolo di riferimento) che comprendono il tempo di ritorno necessario.

A tale proposito sono state predisposte dal Servizio Sismico della Regione Toscana, le mappe di pericolosità relative alla distribuzione dei nodi della griglia per ciascuna delle dieci province.

Per ogni territorio comunale è riportata inoltre la classificazione sismica (Del. GRT n. 431 del 19 giugno 2006) sia in mappa che in forma tabellare. Infine, sempre in tabella, è illustrato a titolo indicativo anche il valore di accelerazione ( $a_{g475}$ ), calcolato in corrispondenza della sede comunale.

Si ricorda che i valori di accelerazione vanno divisi per 10. Pertanto, i valori di accelerazione del settore nord del territorio comunale (Capoluogo) sono compresi tra 0,125 e 0,150 g, mentre ai restanti settori vengono attribuiti valori di accelerazione compresi tra 0,100 e 0,125 g.

L'attività di valutazione su un territorio (alla scala comunale) delle modificazioni apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologico-tecniche locali e dalle condizioni topografiche locali viene chiamata **microzonazione sismica (MS)**.

Tale attività rientra in un quadro più generale nei programmi di prevenzione e di mitigazione degli effetti di un terremoto, in cui è necessario individuare in via preliminare con criteri speditivi le zone a più elevato rischio sismico da sottoporre a studi particolareggiati.

Si definiscono “**condizioni locali di sito**”:

- la geologia e la geomorfologia locale;
- condizioni geotecniche e stratigrafiche locali;
- prossimità ad una faglia sismicamente attiva.

Le condizioni locali di sito sono responsabili degli effetti locali di sito che possono schematicamente essere così riassunti:

- modifica delle caratteristiche dello scuotimento rispetto a quanto definito in termini di pericolosità di base;
- fenomeni di instabilità del terreno.

Per ciò che attiene alla modifica del moto sismico, si tratta di definire la **pericolosità sismica locale**. Ciò comporta in generale un'amplificazione del moto sismico, la cui causa è riconducibile a motivi stratigrafici (presenza di depositi soffici poggianti su substrato roccioso), topografici (amplificazione del moto sismico lungo pendii o alla sommità di scarpate o pendii) oppure riferibile alla presenza di particolari geometrie sepolte, in grado di modificare le caratteristiche del moto sismico sia in termini di intensità sia per quanto concerne il contenuto spettrale.

Per quanto concerne i fenomeni di instabilità dei terreni e delle rocce gli aspetti rilevanti sono quelli che riguardano:

- liquefazione e/o densificazione dei depositi sabbiosi;
- eccessivi cedimenti e deformazioni permanenti del suolo;
- instabilità di pendio in terreni e roccia;
- attività di faglia.

Danni consistenti possono ricorrere quando la frequenza di risonanza di un terreno raggiunta durante un evento sismico corrisponde a quella propria dell'edificio (fenomeno della doppia risonanza).

La pericolosità di base è di norma definita mediante approccio di tipo probabilistico. In generale, per la determinazione della pericolosità di base è necessario definire:

- la sismicità storica;
- le zone sismogenetiche;
- le relazioni di attenuazione;
- le leggi di ricorrenza.

A tal fine è necessario raccogliere e interpretare dati e informazioni riguardanti la sismicità regionale, la sismo-tettonica, dati e registrazioni ottenuti da reti sismiche nazionali e locali.

Per quanto riguarda la stima della pericolosità sismica locale, essa è da ricondurre ad una serie di caratteri geologico-tecnici di un'area più o meno ampia che viene presa in esame. Tali caratteri geologico tecnici come è noto riguardano: la morfologia di superficie, la morfologia sepolta, le litologie, le caratteristiche fisico meccaniche, le condizioni idrogeologiche s.l. Queste condizioni infatti oltre ad essere causa di possibile amplificazione degli effetti sismici possono provocare i cosiddetti fenomeni indotti, quali: attivazione e rimobilizzazione di fenomeni gravitativi, liquefazione in terreni granulari saturi, deformazioni permanenti in terreni di fondazione.

La **valutazione degli effetti locali** di amplificazione del moto sismico e quindi la pericolosità sismica locale sono di norma valutati attraverso analisi di risposta sismica locale dei depositi di terreno.

A riguardo la normativa di riferimento (D.M. 14.09.2008) consente di valutare gli effetti locali di amplificazione del moto sismico sia in modo semplificato, sia con modalità analitiche più rigorose.

Uno degli aspetti più importanti di queste normative è quello di definire e di valutare l'amplificazione sismica dei terreni sulla base della definizione del parametro  $V_s$ , cioè della velocità delle onde di taglio.

## 2.3 MODELLAZIONE SISMICA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare quel *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, una volta definite le relative *probabilità di superamento*, è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

### **VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO**

Nelle NTC il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \times C_U \quad (2.1)$$

dove:

$V_R$  = *periodo di riferimento*

$V_N$  = *vita nominale*

$C_U$  = *coefficiente d'uso*

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$ , secondo le NTC, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata

e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

$VN \leq 10$  anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto  $\geq 2$  anni.

$VN \geq 50$  anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.

$VN \geq 100$  anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

In esempio  $VN = 50$  anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.  $CU = 0.7$ ;

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.  $CU = 1.0$ ;

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.  $CU = 1.5$ ;

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.  $CU = 2.0$ ;

In esempio viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso  $CU = 1$ .

Una volta ottenuti  $VN$  e  $CU$ , è possibile calcolare il periodo di riferimento  $VR$ , che ad esempio vale:

$VR = 50 * 1 = 50$  anni.

### **STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO**

Le NTC prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o



comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

**Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

**Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

**Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

**Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV. Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento PVR*, ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ( $n \geq 1$ ) di ag prefissata (ag = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza  $\lambda = 1/TR$  (TR = periodo di ritorno).

*Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR*

Stati limite			PVR
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC08:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

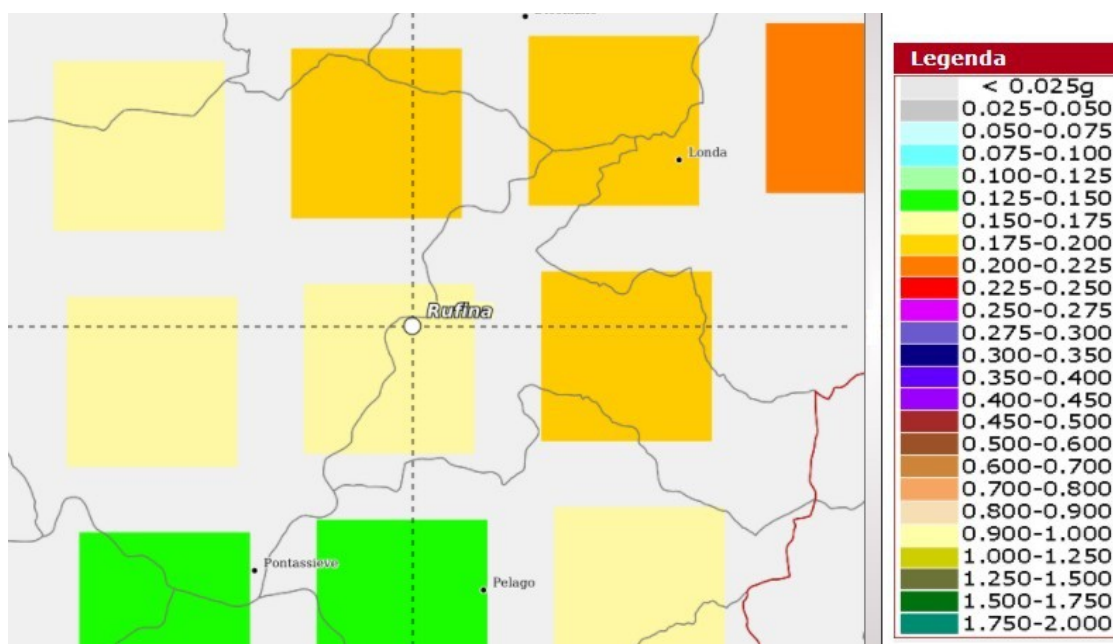
Poiché è **VR = 50 anni**, il tempo di ritorno TR sarà:

*Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR*

Stati limite			TR
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	30
	Stato limite di danno	SLD	50
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	475
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	975

## 2.4 PERICOLOSITA' SISMICA

In termini generali la pericolosità sismica dell'area di intervento è valutabile facendo riferimento agli studi condotti dal “Gruppo di Lavoro MPS, 2004” nell’ambito della “Convenzione - Progetto “S1” DPC - INGV 2004-2006” i cui risultati sono stati promulgati mediante l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006 (cfr. Mappa MPS04-S1).

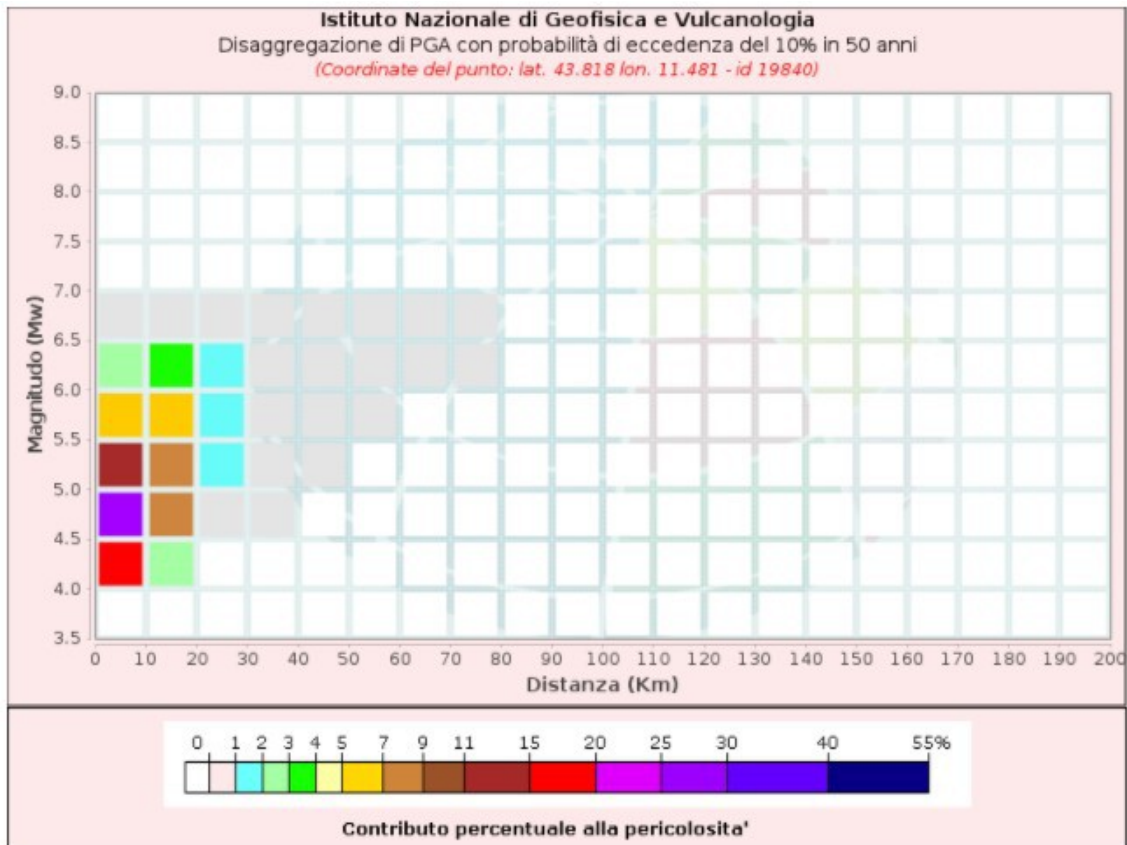


*Mappa di pericolosità sismica - Accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s; cat.A) – da INGV*

Per valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di sito viene operata la disaggregazione della pericolosità sismica. La disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) come l’evento di magnitudo M a distanza R dal sito di interesse, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica dello stesso.

Dalla mappa di pericolosità sismica viene effettuata un’analisi della disaggregazione dei valori di  $a(g)$  e per ogni nodo della griglia di calcolo è possibile valutare il contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza.

Questa informazione è riportata sia in forma grafica che in forma tabellare.



**Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni**  
 (Coordinate del punto: lat. 43.818 lon. 11.481 - id 19840)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	16.3000	27.6000	14.2000	5.5400	2.3800	0.2580	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	2.3600	7.6600	7.6200	5.3200	3.3900	0.4640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.3050	1.5300	1.8200	1.4100	0.2390	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0004	0.2160	0.6070	0.3700	0.0755	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.1120	0.1130	0.0279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0462	0.0052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0120	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici.

La Magnitudo media riferibile all'area di intervento è pari a 5,06.

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.06	9.25	1.11

Dove  $\epsilon$  rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

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

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC08:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

$a_g$ , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

$F_0$  e  $T_c^*$  i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti nella seguente tabella, contenuta nell'Allegato B delle NTC08, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	TR = 30			TR = 50			TR = 72			TR = 101		
			$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240

13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

*Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.*

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno TR corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

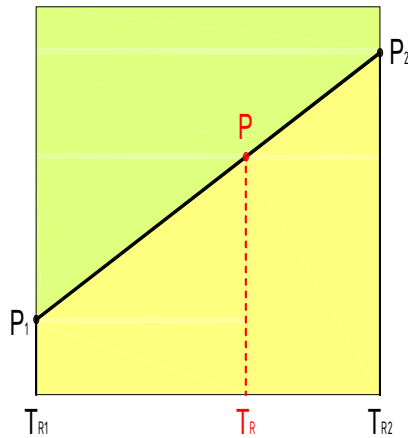
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC\*) corrispondente al periodo di ritorno TR desiderato, mentre p1, 2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno TR1, 2.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

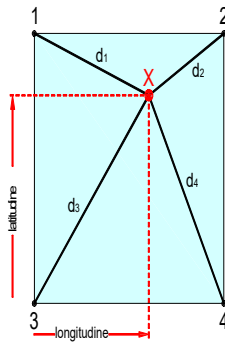
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC\*) corrispondente al punto considerato, pi è il valore di tale parametro nell'i-esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e di è la distanza del punto in esame dall'i-esimo vertice della suddetta maglia.



*Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.*

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura che segue.



*Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.*

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza  $d$  tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

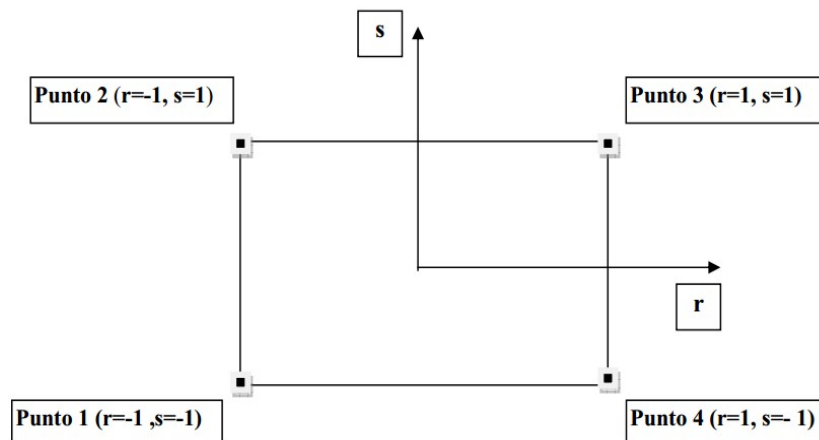
$$d = R \cdot \arccos[\sin(lat\beta) \cdot \sin(lata) + \cos(lat\beta) \cdot \cos(lata) \cdot \cos(lon\alpha - lon\beta)] \quad (4.3)$$

dove  $R = 6371$  è il raggio medio terrestre in km, mentre  $lata$ ,  $lon\alpha$ ,  $lat\beta$  e  $lon\beta$  sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di  $\pm 0,01g$  ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.



Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.



*Applicazione dell'interpolazione bilineare.*

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1 - r)(1 - s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1 - r)(1 + s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1 + r)(1 + s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1 + r)(1 - s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate  $x, y$  di un punto generico e le coordinate  $r, s$  dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i x_i = [(1 - r)(1 - s)x_1 + (1 - r)(1 + s)x_2 + (1 + r)(1 + s)x_3 + (1 + r)(1 - s)x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i y_i = [(1 - r)(1 - s)y_1 + (1 - r)(1 + s)y_2 + (1 + r)(1 + s)y_3 + (1 + r)(1 - s)y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di  $r$  ed  $s$ , si determinano i parametri  $ag, F_0, T_c^*$  dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i p_i = [(1 - r)(1 - s)p_1 + (1 - r)(1 + s)p_2 + (1 + r)(1 + s)p_3 + (1 + r)(1 - s)p_4] \quad (4.10)$$

Dove  $p$  rappresenta il parametro cercato.

### **PERICOLOSITA' SISMICA DI SITO**

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti,

rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

### COEFFICIENTI SISMICI

I coefficienti sismici orizzontale  $K_h$  e verticale  $K_v$  dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$TR = -VR / \ln(1 - PVR)$$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR non può essere inferiore a 35 anni.

### STABILITA' DEI PENDII DI FONDAZIONE

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti  $K_h$  e  $K_v$  sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  accelerazione di gravità.

I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella seguente tabella.

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$a_{max} = SS \cdot ST \cdot a_g$

SS (effetto di amplificazione stratigrafica) ( $0,90 \leq S_s \leq 1,80$ ) è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1:  $ST = 1,0$ ; T2:  $ST = 1,20$ ; T3:  $ST = 1,2$ ; T4:  $ST = 1,40$ .

## 2.5 VERIFICHE DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DI SITO

### Rufina capoluogo

#### PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Vita nominale ( $V_n$ ):

50

[anni]



Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43.8240929 [°]  
 Longitudine (WGS84): 11.4866781 [°]  
 Latitudine (ED50): 43.8250465 [°]  
 Longitudine (ED50): 11.4876566 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19840	43.817680	11.480840	984.96
2	19841	43.818840	11.550090	5056.16
3	19619	43.868820	11.548530	6893.55
4	19618	43.867660	11.479190	4786.72

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.055	2.504	0.258
SLD	50	0.068	2.496	0.271
	72	0.078	2.504	0.277
	101	0.091	2.464	0.282
	140	0.106	2.426	0.283
	201	0.121	2.410	0.290
SLV	475	0.165	2.387	0.296
SLC	975	0.209	2.380	0.299
	2475	0.277	2.415	0.317

#### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.493	0.261
SLD	50	0.072	2.468	0.271
	72	0.086	2.431	0.275
	101	0.099	2.431	0.277
	140	0.113	2.416	0.283
	201	0.131	2.399	0.286
SLV	475	0.178	2.383	0.292
SLC	975	0.227	2.368	0.308
	2475	0.303	2.417	0.317

#### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.061	2.467	0.261

SLD	50	0.079	2.413	0.269
	72	0.093	2.426	0.272
	101	0.107	2.420	0.275
	140	0.124	2.386	0.280
	201	0.141	2.410	0.283
SLV	475	0.194	2.395	0.287
SLC	975	0.248	2.379	0.304
	2475	0.330	2.424	0.319

#### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.487	0.260
SLD	50	0.074	2.459	0.270
	72	0.088	2.428	0.272
	101	0.101	2.432	0.276
	140	0.116	2.415	0.282
	201	0.134	2.402	0.284
SLV	475	0.184	2.384	0.290
SLC	975	0.234	2.380	0.305
	2475	0.312	2.429	0.320

#### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.056	2.497	0.259
SLD	50	0.070	2.480	0.271
SLV	475	0.172	2.387	0.294
SLC	975	0.218	2.378	0.302

#### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

#### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.017	0.049	0.073
kv	0.007	0.008	0.025	0.036
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.662	0.828	2.021	2.550
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

#### Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.040	0.078	--
kv	--	0.020	0.039	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.662	0.828	2.021	2.550
Beta	--	0.470	0.380	--

#### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.040	0.078	--
kv	--	0.020	0.039	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.662	0.828	2.021	2.550
Beta	--	0.470	0.380	--

#### Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

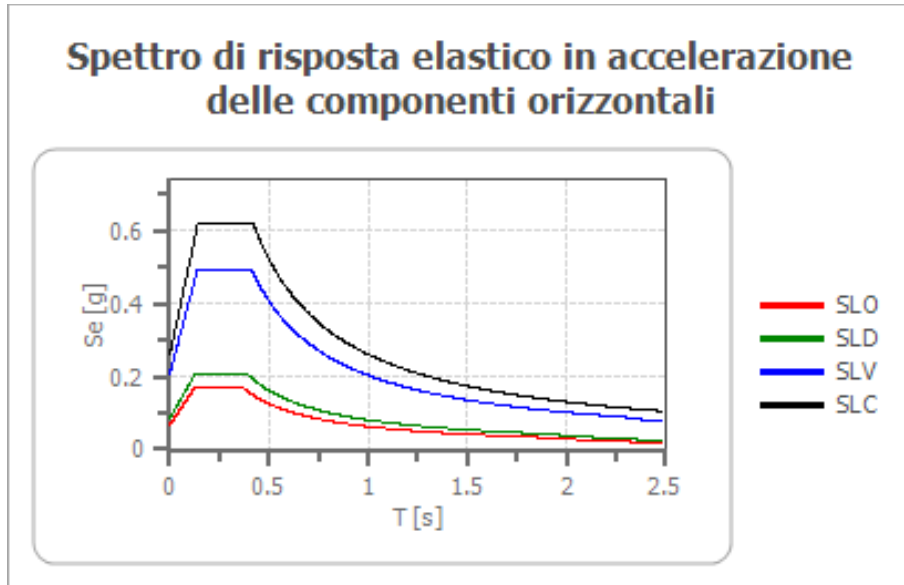
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.052	0.066	0.160	0.202
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.662	0.828	2.021	2.550
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.056	2.497	0.259	1.200	1.440	1.000	1.200	1.000	0.124	0.372	1.825	0.068	0.169
SLD	1.0	0.070	2.480	0.271	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.129	0.387	1.881	0.084	0.209
SLV	1.0	0.172	2.387	0.294	1.200	1.410	1.000	1.200	1.000	0.138	0.414	2.287	0.206	0.492
SLC	1.0	0.218	2.378	0.302	1.190	1.400	1.000	1.190	1.000	0.141	0.422	2.474	0.260	0.618

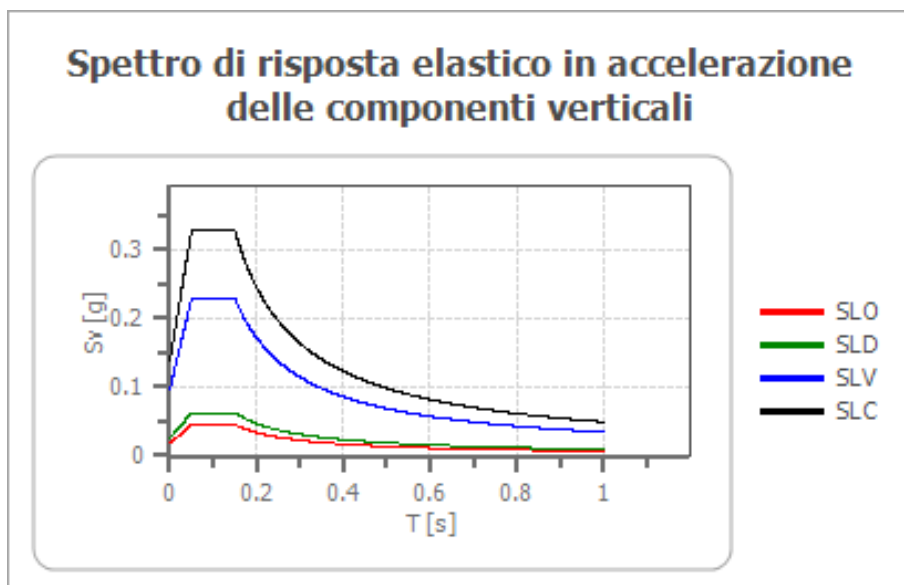
**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali**

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{\wedge}(1/2)$ :

1,000



	cu	ag	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD		
--	----	----	----	-----	----	----	----	---	---	----	----	----	--	--

		[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]		
SLO	1.0	0.056	2.497	0.259	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.018	0.045
SLD	1.0	0.070	2.480	0.271	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.025	0.062
SLV	1.0	0.172	2.387	0.294	1	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.096	0.229
SLC	1.0	0.218	2.378	0.302	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.138	0.328

## Contea

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (Cu):	1	
Periodo di riferimento (Vr):	50	[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

#### Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	43.8606491	[°]
Longitudine (WGS84):	11.5293999	[°]
Latitudine (ED50):	43.8616028	[°]
Longitudine (ED50):	11.5303783	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19618	43.867660	11.479190	4158.63
2	19619	43.868820	11.548530	1661.87
3	19841	43.818840	11.550090	5010.85
4	19840	43.817680	11.480840	6295.87

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.487	0.260
SLD	50	0.074	2.459	0.270
	72	0.088	2.428	0.272
	101	0.101	2.432	0.276
	140	0.116	2.415	0.282
	201	0.134	2.402	0.284
SLV	475	0.184	2.384	0.290
SLC	975	0.234	2.380	0.305
	2475	0.312	2.429	0.320

#### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.061	2.467	0.261
SLD	50	0.079	2.413	0.269
	72	0.093	2.426	0.272

	101	0.107	2.420	0.275
	140	0.124	2.386	0.280
	201	0.141	2.410	0.283
SLV	475	0.194	2.395	0.287
SLC	975	0.248	2.379	0.304
	2475	0.330	2.424	0.319

### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.493	0.261
SLD	50	0.072	2.468	0.271
	72	0.086	2.431	0.275
	101	0.099	2.431	0.277
	140	0.113	2.416	0.283
	201	0.131	2.399	0.286
SLV	475	0.178	2.383	0.292
SLC	975	0.227	2.368	0.308
	2475	0.303	2.417	0.317

### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.055	2.504	0.258
SLD	50	0.068	2.496	0.271
	72	0.078	2.504	0.277
	101	0.091	2.464	0.282
	140	0.106	2.426	0.283
	201	0.121	2.410	0.290
SLV	475	0.165	2.387	0.296
SLC	975	0.209	2.380	0.299
	2475	0.277	2.415	0.317

### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.480	0.260
SLD	50	0.075	2.442	0.270
SLV	475	0.186	2.390	0.290
SLC	975	0.237	2.377	0.304

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000  
 Categoria sottosuolo: B  
 Categoria topografica: T2-Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

### Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.043	0.085	--
kv	--	0.021	0.042	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.697	0.888	2.185	2.738
Beta	--	0.470	0.380	--

### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.018	0.053	0.078
kv	0.007	0.009	0.027	0.039
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.697	0.888	2.185	2.738

Beta	0.200	0.200	0.240	0.280
------	-------	-------	-------	-------

### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.043	0.085	--
kv	--	0.021	0.042	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.697	0.888	2.185	2.738
Beta	--	0.470	0.380	--

### Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

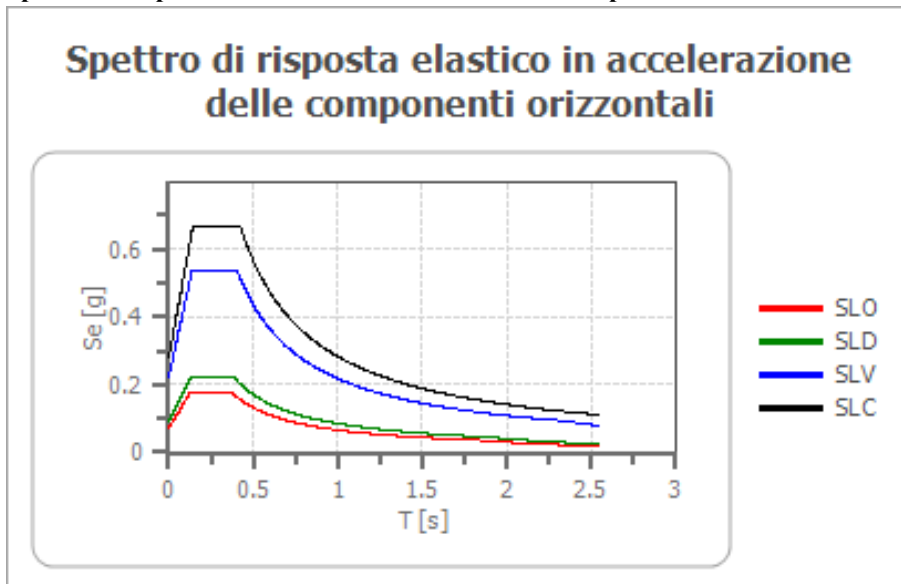
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.055	0.070	0.173	0.217
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.697	0.888	2.185	2.738
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.059	2.480	0.260	1.200	1.440	1.000	1.200	1.000	0.125	0.375	1.837	0.071	0.176
SLD	1.0	0.075	2.442	0.270	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.129	0.386	1.902	0.091	0.221
SLV	1.0	0.186	2.390	0.290	1.200	1.410	1.000	1.200	1.000	0.136	0.409	2.343	0.223	0.532
SLC	1.0	0.237	2.377	0.304	1.180	1.400	1.000	1.180	1.000	0.142	0.426	2.546	0.279	0.664

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

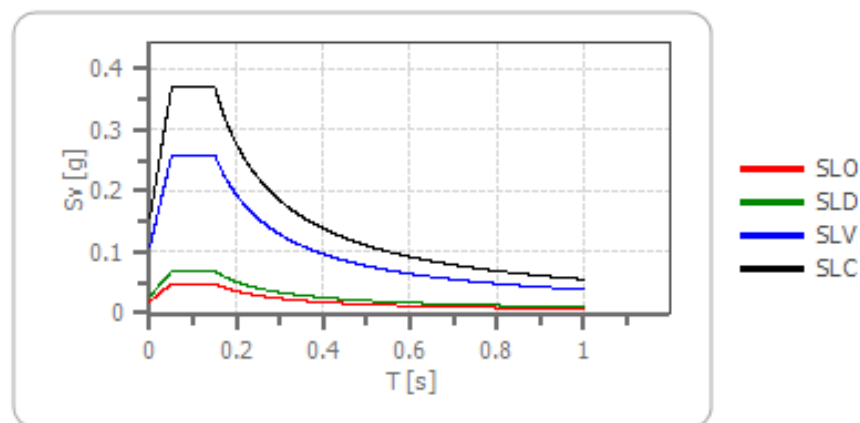
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{\wedge}(1/2)$ :

1,000

## Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.059	2.480	0.260	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.019	0.048
SLD	1.0	0.075	2.442	0.270	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.028	0.068
SLV	1.0	0.186	2.390	0.290	1	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.108	0.258
SLC	1.0	0.237	2.377	0.304	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.155	0.369

### Scopeti

#### PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

#### Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43.8434715 [°]  
 Longitudine (WGS84): 11.4988661 [°]  
 Latitudine (ED50): 43.8444252 [°]  
 Longitudine (ED50): 11.4998446 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19618	43.867660	11.479190	3068.67
2	19619	43.868820	11.548530	4753.45
3	19841	43.818840	11.550090	4933.41
4	19840	43.817680	11.480840	3342.02

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

**Punto 1**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.487	0.260
SLD	50	0.074	2.459	0.270
	72	0.088	2.428	0.272
	101	0.101	2.432	0.276
	140	0.116	2.415	0.282
	201	0.134	2.402	0.284
SLV	475	0.184	2.384	0.290
SLC	975	0.234	2.380	0.305
	2475	0.312	2.429	0.320

**Punto 2**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.061	2.467	0.261
SLD	50	0.079	2.413	0.269
	72	0.093	2.426	0.272
	101	0.107	2.420	0.275
	140	0.124	2.386	0.280
	201	0.141	2.410	0.283
SLV	475	0.194	2.395	0.287
SLC	975	0.248	2.379	0.304
	2475	0.330	2.424	0.319

**Punto 3**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.493	0.261
SLD	50	0.072	2.468	0.271
	72	0.086	2.431	0.275
	101	0.099	2.431	0.277
	140	0.113	2.416	0.283
	201	0.131	2.399	0.286
SLV	475	0.178	2.383	0.292
SLC	975	0.227	2.368	0.308
	2475	0.303	2.417	0.317

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.055	2.504	0.258
SLD	50	0.068	2.496	0.271
	72	0.078	2.504	0.277
	101	0.091	2.464	0.282
	140	0.106	2.426	0.283
	201	0.121	2.410	0.290
SLV	475	0.165	2.387	0.296
SLC	975	0.209	2.380	0.299
	2475	0.277	2.415	0.317

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.489	0.260



SLD	50	0.073	2.462	0.270
SLV	475	0.179	2.387	0.292
SLC	975	0.228	2.377	0.304

#### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000  
 Categoria sottosuolo: B  
 Categoria topografica: T2-Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

#### Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.041	0.082	--
kv	--	0.021	0.041	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.680	0.858	2.111	2.643
Beta	--	0.470	0.380	--

#### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.018	0.052	0.075
kv	0.007	0.009	0.026	0.038
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.680	0.858	2.111	2.643
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

#### Fronti di scavo e rilevati

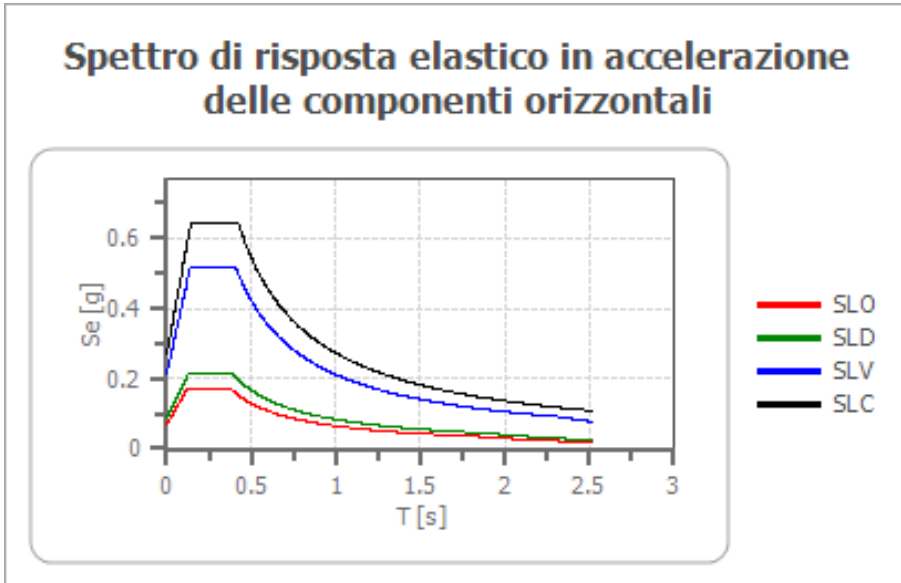
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.041	0.082	--
kv	--	0.021	0.041	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.680	0.858	2.111	2.643
Beta	--	0.470	0.380	--

#### Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H): 3,0 [m]  
 Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.054	0.068	0.167	0.209
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.680	0.858	2.111	2.643
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.058	2.489	0.260	1.200	1.440	1.000	1.200	1.000	0.125	0.374	1.831	0.069	0.173
SLD	1.0	0.073	2.462	0.270	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.129	0.386	1.892	0.088	0.215
SLV	1.0	0.179	2.387	0.292	1.200	1.410	1.000	1.200	1.000	0.137	0.411	2.317	0.215	0.514
SLC	1.0	0.228	2.377	0.304	1.180	1.400	1.000	1.180	1.000	0.142	0.425	2.514	0.270	0.641

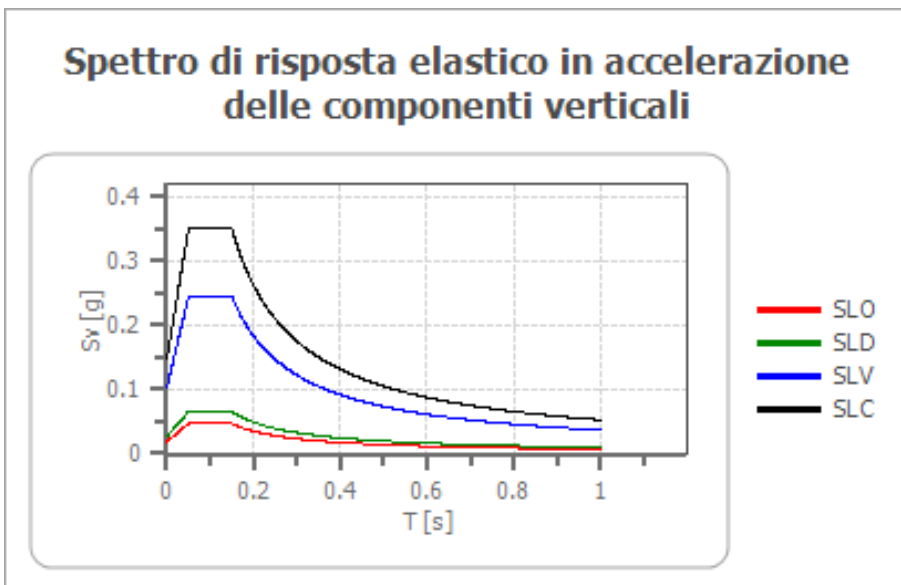
**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali**

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ :

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.058	2.489	0.260	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.019	0.047
SLD	1.0	0.073	2.462	0.270	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.027	0.065
SLV	1.0	0.179	2.387	0.292	1	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.103	0.245
SLC	1.0	0.228	2.377	0.304	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.147	0.350

## **Pomino**

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (Cu):	1	
Periodo di riferimento (Vr):	50	[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

#### Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	43.8157501	[°]
Longitudine (WGS84):	11.5506859	[°]
Latitudine (ED50):	43.8167038	[°]
Longitudine (ED50):	11.5516624	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19841	43.818840	11.550090	269.07
2	19842	43.819970	11.619370	5444.37
3	20064	43.769980	11.620880	7606.42
4	20063	43.768850	11.551700	5321.00

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### **Punto 1**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.493	0.261
SLD	50	0.072	2.468	0.271
	72	0.086	2.431	0.275
	101	0.099	2.431	0.277
	140	0.113	2.416	0.283
	201	0.131	2.399	0.286
SLV	475	0.178	2.383	0.292
SLC	975	0.227	2.368	0.308
	2475	0.303	2.417	0.317

#### **Punto 2**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.060	2.481	0.262
SLD	50	0.077	2.443	0.271
	72	0.091	2.425	0.272
	101	0.105	2.421	0.276
	140	0.121	2.390	0.282
	201	0.138	2.412	0.284
SLV	475	0.190	2.394	0.288
SLC	975	0.242	2.385	0.304
	2475	0.323	2.429	0.321

**Punto 3**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.057	2.499	0.261
SLD	50	0.071	2.479	0.272
	72	0.082	2.489	0.278
	101	0.097	2.424	0.279
	140	0.110	2.416	0.284
	201	0.127	2.397	0.289
SLV	475	0.173	2.377	0.294
SLC	975	0.220	2.383	0.297
	2475	0.292	2.400	0.318

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.054	2.511	0.258
SLD	50	0.066	2.512	0.271
	72	0.076	2.514	0.278
	101	0.087	2.503	0.284
	140	0.101	2.459	0.285
	201	0.118	2.409	0.291
SLV	475	0.158	2.405	0.299
SLC	975	0.200	2.394	0.311
	2475	0.265	2.434	0.319

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.057	2.493	0.260
SLD	50	0.072	2.470	0.271
SLV	475	0.178	2.385	0.292
SLC	975	0.226	2.370	0.307

**PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO**

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000  
 Categoria sottosuolo: B  
 Categoria topografica: T2-Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

**Muri di sostegno NTC 2018**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.049	0.097	--
kv	--	0.024	0.049	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.811	1.019	2.511	3.171
Beta	--	0.470	0.380	--

**Stabilità di pendii e fondazioni**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.017	0.021	0.061	0.091
kv	0.008	0.010	0.031	0.045
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.811	1.019	2.511	3.171
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

**Fronti di scavo e rilevati**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.049	0.097	--

kv	--	0.024	0.049	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.811	1.019	2.511	3.171
Beta	--	0.470	0.380	--

### Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

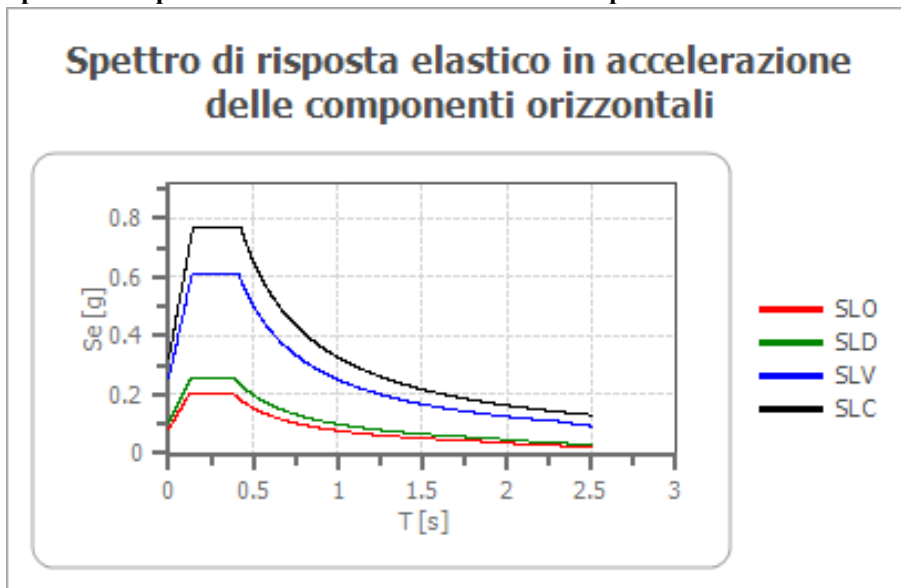
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.064	0.081	0.199	0.251
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.811	1.019	2.511	3.171
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.057	2.493	0.260	1.200	1.440	1.200	1.440	1.000	0.125	0.375	1.830	0.083	0.206
LD	1.0	0.072	2.470	0.271	1.200	1.430	1.200	1.440	1.000	0.129	0.388	1.889	0.104	0.257
SLV	1.0	0.178	2.385	0.292	1.200	1.410	1.200	1.440	1.000	0.137	0.412	2.311	0.256	0.611
SLC	1.0	0.226	2.370	0.307	1.190	1.390	1.200	1.428	1.000	0.142	0.427	2.506	0.323	0.766

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

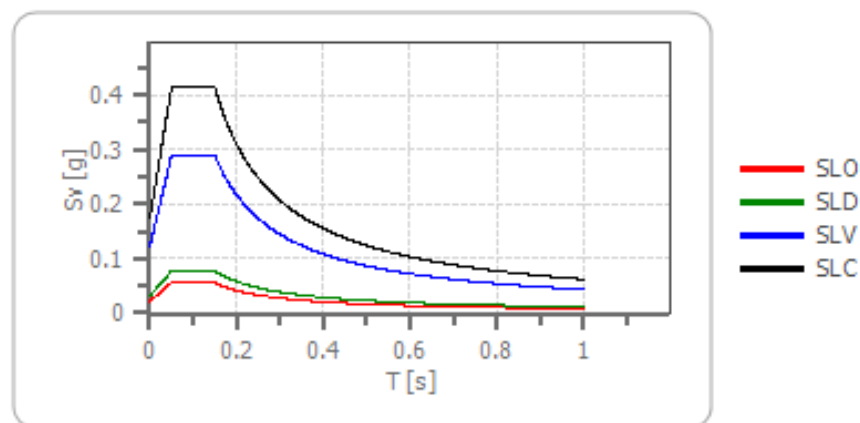
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ :

1,000

## Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.057	2.493	0.260	1	1.440	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.022	0.056
SLD	1.0	0.072	2.470	0.271	1	1.430	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.031	0.078
SLV	1.0	0.178	2.385	0.292	1	1.410	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.121	0.290
SLC	1.0	0.226	2.370	0.307	1	1.390	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.175	0.414

## 2.6 LIQUEFAZIONE – BASE TEORICA E VERIFICA PER LOCALITA'

I siti in cui si possa prevedere la realizzazione di edifici e/o manufatti dovranno risultare stabili per quanto concerne fenomeni di liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni non coesivi saturi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

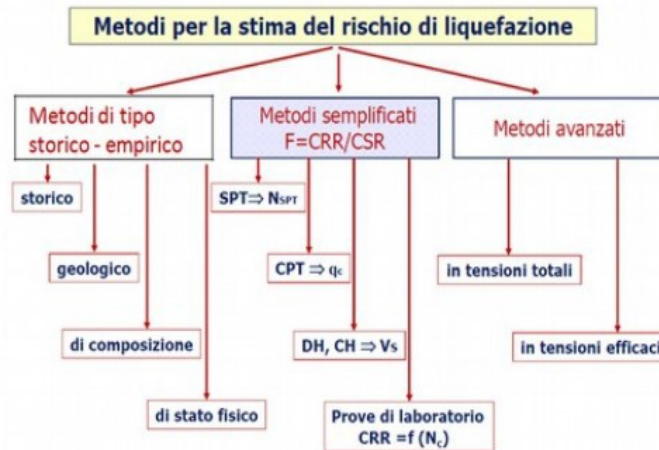
In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni, incrementi indotti nei pali.

Secondo le NTC 2018 la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in

prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



*Metodo applicato: Metodi basati sull'EC8 (1998; 2003)*

Le indicazioni della normativa europea sono contenute al punto 4.1.3 a cui si aggiungono ulteriori indicazioni che si possono trovare nell'appendice B della parte 5 dell'Eurocodice 8.

Secondo tale normativa si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando  $a_g < 0,15$  e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità  $> 10$ ;
- contenuto di limo superiore al 10% e resistenza  $N_{1,60} > 20$ ;
- frazione fine trascurabile e resistenza  $N_{1,60} > 25$ .

In generale il metodo è valido se  $N_{1,60} < 30$ . Per  $N_{1,60} > 30$ , i suoli sono classificati non liquefacibili (suoli granulari puliti densi).

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, *la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.*

Lo sforzo ciclico di taglio CSR viene stimato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0.65 \frac{a_g}{g} \cdot S \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \frac{r_d}{MSF}$$

dove S è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

Coefficients di profilo stratigrafico

<i>Categoria suolo</i>	<i>Spettri di Tipo 1 S (M &gt; 5,5)</i>	<i>Spettri di Tipo 2 S (M ≤ 5,5)</i>
<i>A</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>
<i>B</i>	<i>1,20</i>	<i>1,35</i>
<i>C</i>	<i>1,15</i>	<i>1,50</i>
<i>D</i>	<i>1,35</i>	<i>1,80</i>
<i>E</i>	<i>1,40</i>	<i>1,60</i>

Il fattore di correzione della magnitudo MSF consigliato dalla normativa è quello di Ambraseys (Tabella 1-metodo Seed Idriss).

Nel caso vengano utilizzati dati provenienti da prove SPT la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di Blake, 1997:

$$CRR = \frac{0,04844 - 0,004721 (N_{1,60})_{cs} + 0,0006136 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,00001673 [(N_{1,60})_{cs}]^3}{1 - 0,1248 (N_{1,60})_{cs} + 0,009578 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,0003285 [(N_{1,60})_{cs}]^3 + 0,000003714 [(N_{1,60})_{cs}]^4}$$

dove (N1,60)cs viene valutato con il metodo proposto da Youd e Idriss (1997) e raccomandato dal NCEER:

$$(N_{1,60})_{cs} = \alpha + \beta N_{1,60}$$

dove N<sub>1,60</sub> è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice N<sub>m</sub> (ridotti del 25% per profondità < 3 m) nella prova SPT rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$N_{1,60} = C_N C_E N_m$$

$$C_N = \left( \frac{100}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5}$$

$$C_E = \frac{ER}{60}$$

dove ER è pari al (rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico) x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato (vedi Tabella 2-metodo NTC 2008).

I parametri α e β, invece, dipendono dalla frazione fine FC:

$$\alpha = 0 \text{ per } FC \leq 5\%$$

$$\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)] \text{ per } 5\% < FC \leq 35\%$$

$$\alpha = 5 \text{ per } FC > 35\%$$

$$\beta = 1,0 \text{ per } FC \leq 5\%$$

$$\beta = [0,99 + (FC^{1.5} / 1000)] \text{ per } 5\% < FC \leq 35\%$$

$$\beta = 1,2 \text{ per } FC > 35\%$$

Se invece si possiedono dati provenienti da una prova penetrometrica statica (CPT), i valori di resistenza alla punta misurati qc devono essere normalizzati rispetto ad una pressione efficace di confinamento pari a 100 KPa e vanno calcolati mediante la seguente espressione:



$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left( \frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

come proposto dall'EC8, quando sono disponibili i dati provenienti da una prova CPT, si può utilizzare la seguente relazione per derivare il valore delle  $(N_{1,60})_{cs}$  :

$$\frac{(q_{c1N})_{cs}}{(N_{1,60})_{cs}} = 5$$

Il valore della resistenza a liquefazione si determina dalla relazione di Blake, 1997. Quando invece si possiedono dati provenienti da prove sismiche di rifrazione, si calcola la velocità di propagazione normalizzata con la relazione di Robertson et al., 1992:

$$v_{s1} = v_s \left( \frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$$

per la resistenza alla liquefazione si utilizza la formula di Andrus e Stokoe:

$$CRR = 0,03 \left( \frac{v_{s1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[ \frac{1}{(v_{s1})_{cs} - v_{s1}} - \frac{1}{(v_{s1})_{cs}} \right]$$

### Rufina Capoluogo

Indagini di riferimento: P34

Fattore sicurezza normativa 1,25

FALDA

Profondità falda idrica 5,0 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,25

Fattore amplificazione 1,8

Tipo Suolo: B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti  $V_{s30}=360-800$

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico ( $M_w$ ) 5.5

Distanza epicentro 5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.24

### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)
1		0	8	18,5	19,5	21
2		8	10	20	21	33
3		10	15	22	23	60

### EC8 (SPT) (1998)

Energy Ratio (ER) 0.6

Correzione per ER (CE) (CE) 1

Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo Suolo	Validità
50	25	≤ 10	C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360	Valido
25	5	> 10	B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800	Valido
5	5	> 10	A-Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi Vs30>800	Valido

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Numero colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
5.20	96.400	94.439	1.029	30.931	0.960	0.308	0.108	2.847	Terreno non suscettibile	1.391
5.40	100.300	96.377	1.019	30.669	0.959	0.203	0.110	1.843	Terreno non suscettibile	5.148
5.60	104.200	98.316	1.009	30.415	0.957	12.454	0.112	111.381	Terreno non suscettibile	0.000
5.80	108.100	100.255	0.999	30.168	0.956	0.569	0.114	5.006	Terreno non suscettibile	0.245
6.00	112.000	102.193	0.989	29.928	0.954	0.470	0.115	4.074	Terreno non suscettibile	0.462
6.20	115.900	104.132	0.980	29.695	0.953	0.432	0.117	3.700	Terreno non suscettibile	0.622
6.40	119.800	106.071	0.971	29.468	0.951	0.411	0.118	3.472	Terreno non suscettibile	0.756
6.60	123.700	108.009	0.962	29.248	0.950	0.396	0.120	3.307	Terreno non suscettibile	0.879
6.80	127.600	109.948	0.954	29.033	0.948	0.385	0.121	3.175	Terreno non suscettibile	0.995
7.00	131.500	111.887	0.945	28.824	0.946	0.376	0.123	3.065	Terreno non suscettibile	1.109
7.20	135.400	113.825	0.937	28.620	0.945	0.368	0.124	2.970	Terreno non suscettibile	1.222
7.40	139.300	115.764	0.929	28.421	0.943	0.361	0.125	2.885	Terreno non suscettibile	1.335
7.60	143.200	117.703	0.922	28.228	0.942	0.355	0.126	2.809	Terreno non suscettibile	1.448
7.80	147.100	119.641	0.914	28.039	0.940	0.349	0.127	2.740	Terreno non suscettibile	1.562
8.00	151.000	121.580	0.907	27.854	0.939	0.344	0.129	2.677	Terreno non suscettibile	1.678
8.20	155.200	123.819	0.899	38.939	0.937	0.996	0.117	8.549	Terreno non suscettibile	0.047
8.40	159.400	126.057	0.891	38.634	0.936	0.941	0.117	8.019	Terreno non suscettibile	0.057
8.60	163.600	128.296	0.883	38.337	0.934	0.893	0.118	7.557	Terreno non suscettibile	0.068
8.80	167.800	130.535	0.875	38.047	0.933	0.851	0.119	7.152	Terreno non suscettibile	0.081
9.00	172.000	132.773	0.868	37.765	0.931	0.813	0.120	6.793	Terreno non suscettibile	0.095
9.20	176.200	135.012	0.861	37.490	0.928	0.779	0.120	6.483	Terreno non suscettibile	0.110

9.40	180.400	137.251	0.854	37.221	0.923	0.749	0.120	6.222	Terreno non suscettibile	0.125
9.60	184.600	139.489	0.847	36.959	0.918	0.721	0.120	5.988	Terreno non suscettibile	0.140
9.80	188.800	141.728	0.840	36.703	0.912	0.696	0.121	5.776	Terreno non suscettibile	0.157
10.00	193.000	143.967	0.833	36.454	0.907	0.674	0.121	5.584	Terreno non suscettibile	0.174
10.20	197.600	146.605	0.826	51.495	0.902	-0.693	0.089	--	Terreno non suscettibile	0.174
10.40	202.200	149.244	0.819	51.045	0.896	-0.738	0.089	--	Terreno non suscettibile	0.174
10.60	206.800	151.883	0.811	50.607	0.891	-0.789	0.089	--	Terreno non suscettibile	0.174
10.80	211.400	154.521	0.804	50.181	0.886	-0.845	0.089	--	Terreno non suscettibile	0.174
11.00	216.000	157.160	0.798	49.765	0.880	-0.908	0.089	--	Terreno non suscettibile	0.174
11.20	220.600	159.799	0.791	49.360	0.875	-0.979	0.089	--	Terreno non suscettibile	0.174
11.40	225.200	162.437	0.785	48.964	0.870	-1.060	0.089	--	Terreno non suscettibile	0.174
11.60	229.800	165.076	0.778	48.578	0.864	-1.153	0.088	--	Terreno non suscettibile	0.174
11.80	234.400	167.715	0.772	48.202	0.859	-1.260	0.088	--	Terreno non suscettibile	0.174
12.00	239.000	170.354	0.766	47.834	0.854	-1.387	0.088	--	Terreno non suscettibile	0.174
12.20	243.600	172.992	0.760	47.474	0.848	-1.537	0.088	--	Terreno non suscettibile	0.174
12.40	248.200	175.631	0.755	47.123	0.843	-1.719	0.088	--	Terreno non suscettibile	0.174
12.60	252.800	178.270	0.749	46.779	0.838	-1.944	0.087	--	Terreno non suscettibile	0.174
12.80	257.400	180.908	0.743	46.443	0.832	-2.229	0.087	--	Terreno non suscettibile	0.174
13.00	262.000	183.547	0.738	46.114	0.827	-2.601	0.087	--	Terreno non suscettibile	0.174
13.20	266.600	186.186	0.733	45.792	0.822	-3.109	0.086	--	Terreno non suscettibile	0.174
13.40	271.200	188.824	0.728	45.477	0.816	-3.842	0.086	--	Terreno non suscettibile	0.174
13.60	275.800	191.463	0.723	45.169	0.811	-4.996	0.086	--	Terreno non suscettibile	0.174
13.80	280.400	194.102	0.718	44.867	0.806	-7.073	0.086	--	Terreno non suscettibile	0.174
14.00	285.000	196.740	0.713	44.571	0.800	-11.930	0.085	--	Terreno non suscettibile	0.174
14.20	289.600	199.379	0.708	44.281	0.795	-36.420	0.085	--	Terreno non suscettibile	0.174
14.40	294.200	202.018	0.704	43.996	0.790	36.036	0.084	426.520	Terreno non suscettibile	0.000
14.60	298.800	204.656	0.699	43.717	0.784	12.219	0.084	145.233	Terreno non suscettibile	0.000
14.80	303.400	207.295	0.695	43.444	0.779	7.415	0.084	88.525	Terreno non suscettibile	0.000
15.00	308.000	209.934	0.690	43.175	0.774	5.352	0.083	64.185	Terreno non suscettibile	0.000

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

### Contea

Indagini di riferimento: P2, P4

Fattore sicurezza normativa 1,25

FALDA

Profondità falda idrica 5,0 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,25

Fattore amplificazione 1,8

Tipo Suolo: B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.5

Distanza epicentro 5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.24

### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)
1		0	8	18,5	19,5	21
2		8	13	20	21	33
3		13	15	22	23	60

### EC8 (SPT) (1998)

Energy Ratio (ER) 0.6

Correzione per ER (CE) (CE) 1

Correzione per la magnitudo (MSF) 2.21

Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo Suolo	Validità
50	25	$\leq 10$	C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360	Valido
25	5	$> 10$	B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800	Valido
5	5	$> 10$	A-Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi Vs30>800	Valido

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Numero colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
5.20	96.400	94.439	1.029	30.931	0.960	0.308	0.108	2.847	Terreno non suscettibile	1.391
5.40	100.300	96.377	1.019	30.669	0.959	0.203	0.110	1.843	Terreno non suscettibile	5.148
5.60	104.200	98.316	1.009	30.415	0.957	12.454	0.112	111.381	Terreno non suscettibile	0.000
5.80	108.100	100.255	0.999	30.168	0.956	0.569	0.114	5.006	Terreno non suscettibile	0.245

6.00	112.000	102.193	0.989	29.928	0.954	0.470	0.115	4.074	Terreno non suscettibile	0.462
6.20	115.900	104.132	0.980	29.695	0.953	0.432	0.117	3.700	Terreno non suscettibile	0.622
6.40	119.800	106.071	0.971	29.468	0.951	0.411	0.118	3.472	Terreno non suscettibile	0.756
6.60	123.700	108.009	0.962	29.248	0.950	0.396	0.120	3.307	Terreno non suscettibile	0.879
6.80	127.600	109.948	0.954	29.033	0.948	0.385	0.121	3.175	Terreno non suscettibile	0.995
7.00	131.500	111.887	0.945	28.824	0.946	0.376	0.123	3.065	Terreno non suscettibile	1.109
7.20	135.400	113.825	0.937	28.620	0.945	0.368	0.124	2.970	Terreno non suscettibile	1.222
7.40	139.300	115.764	0.929	28.421	0.943	0.361	0.125	2.885	Terreno non suscettibile	1.335
7.60	143.200	117.703	0.922	28.228	0.942	0.355	0.126	2.809	Terreno non suscettibile	1.448
7.80	147.100	119.641	0.914	28.039	0.940	0.349	0.127	2.740	Terreno non suscettibile	1.562
8.00	151.000	121.580	0.907	27.854	0.939	0.344	0.129	2.677	Terreno non suscettibile	1.678
8.20	155.200	123.819	0.899	38.939	0.937	0.996	0.117	8.549	Terreno non suscettibile	0.047
8.40	159.400	126.057	0.891	38.634	0.936	0.941	0.117	8.019	Terreno non suscettibile	0.057
8.60	163.600	128.296	0.883	38.337	0.934	0.893	0.118	7.557	Terreno non suscettibile	0.068
8.80	167.800	130.535	0.875	38.047	0.933	0.851	0.119	7.152	Terreno non suscettibile	0.081
9.00	172.000	132.773	0.868	37.765	0.931	0.813	0.120	6.793	Terreno non suscettibile	0.095
9.20	176.200	135.012	0.861	37.490	0.928	0.779	0.120	6.483	Terreno non suscettibile	0.110
9.40	180.400	137.251	0.854	37.221	0.923	0.749	0.120	6.222	Terreno non suscettibile	0.125
9.60	184.600	139.489	0.847	36.959	0.918	0.721	0.120	5.988	Terreno non suscettibile	0.140
9.80	188.800	141.728	0.840	36.703	0.912	0.696	0.121	5.776	Terreno non suscettibile	0.157
10.00	193.000	143.967	0.833	36.454	0.907	0.674	0.121	5.584	Terreno non suscettibile	0.174
10.20	197.200	146.205	0.827	36.210	0.902	0.653	0.121	5.409	Terreno non suscettibile	0.192
10.40	201.400	148.444	0.821	35.971	0.896	0.633	0.121	5.249	Terreno non suscettibile	0.211
10.60	205.600	150.683	0.815	35.738	0.891	0.615	0.121	5.103	Terreno non suscettibile	0.230
10.80	209.800	152.921	0.809	35.510	0.886	0.599	0.121	4.968	Terreno non suscettibile	0.250
11.00	214.000	155.160	0.803	35.287	0.880	0.583	0.120	4.843	Terreno non suscettibile	0.271
11.20	218.200	157.399	0.797	35.069	0.875	0.569	0.120	4.727	Terreno non suscettibile	0.292
11.40	222.400	159.637	0.791	34.855	0.870	0.555	0.120	4.620	Terreno non suscettibile	0.313
11.60	226.600	161.876	0.786	34.646	0.864	0.542	0.120	4.520	Terreno non suscettibile	0.335
11.80	230.800	164.115	0.781	34.441	0.859	0.530	0.120	4.426	Terreno non	0.358

									suscettibile	
12.00	235.000	166.354	0.775	34.240	0.854	0.519	0.120	4.338	Terreno non suscettibile	0.381
12.20	239.200	168.592	0.770	34.044	0.848	0.508	0.119	4.256	Terreno non suscettibile	0.404
12.40	243.400	170.831	0.765	33.851	0.843	0.498	0.119	4.178	Terreno non suscettibile	0.427
12.60	247.600	173.070	0.760	33.662	0.838	0.488	0.119	4.105	Terreno non suscettibile	0.451
12.80	251.800	175.308	0.755	33.476	0.832	0.478	0.119	4.035	Terreno non suscettibile	0.476
13.00	256.000	177.547	0.750	33.294	0.827	0.469	0.118	3.968	Terreno non suscettibile	0.501
13.20	260.600	180.186	0.745	46.534	0.822	-2.144	0.087	--	Terreno non suscettibile	0.501
13.40	265.200	182.824	0.740	46.203	0.816	-2.488	0.087	--	Terreno non suscettibile	0.501
13.60	269.800	185.463	0.734	45.880	0.811	-2.952	0.087	--	Terreno non suscettibile	0.501
13.80	274.400	188.102	0.729	45.563	0.806	-3.611	0.086	--	Terreno non suscettibile	0.501
14.00	279.000	190.740	0.724	45.253	0.800	-4.619	0.086	--	Terreno non suscettibile	0.501
14.20	283.600	193.379	0.719	44.949	0.795	-6.355	0.086	--	Terreno non suscettibile	0.501
14.40	288.200	196.018	0.714	44.651	0.790	-10.054	0.085	--	Terreno non suscettibile	0.501
14.60	292.800	198.656	0.709	44.360	0.784	-23.377	0.085	--	Terreno non suscettibile	0.501
14.80	297.400	201.295	0.705	44.074	0.779	78.475	0.085	928.100	Terreno non suscettibile	0.000
15.00	302.000	203.934	0.700	43.793	0.774	14.895	0.084	176.962	Terreno non suscettibile	0.000

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

### Scopeti

Indagini di riferimento: P24, P25

Fattore sicurezza normativa 1,25

FALDA

Profondità falda idrica 5,0 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,25

Fattore amplificazione 1,8

Tipo Suolo: B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.5

Distanza epicentro 5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.24

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)
1		0	8	18,5	19,5	21
2		8	13	20	21	33
3		13	15	22	23	60

### EC8 (SPT) (1998)

Energy Ratio (ER)

0.6

Correzione per ER (CE) (CE)

1

Correzione per la magnitudo (MSF)

2.21

Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo Suolo	Validità
50	25	<= 10	C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360	Valido
25	5	> 10	B-Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti Vs30=360-800	Valido
5	5	> 10	A-Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi Vs30>800	Valido

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Numero colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
5.20	96.400	94.439	1.029	30.931	0.960	0.308	0.108	2.847	Terreno non suscettibile	1.391
5.40	100.300	96.377	1.019	30.669	0.959	0.203	0.110	1.843	Terreno non suscettibile	5.148
5.60	104.200	98.316	1.009	30.415	0.957	12.454	0.112	111.381	Terreno non suscettibile	0.000
5.80	108.100	100.255	0.999	30.168	0.956	0.569	0.114	5.006	Terreno non suscettibile	0.245
6.00	112.000	102.193	0.989	29.928	0.954	0.470	0.115	4.074	Terreno non suscettibile	0.462
6.20	115.900	104.132	0.980	29.695	0.953	0.432	0.117	3.700	Terreno non suscettibile	0.622
6.40	119.800	106.071	0.971	29.468	0.951	0.411	0.118	3.472	Terreno non suscettibile	0.756
6.60	123.700	108.009	0.962	29.248	0.950	0.396	0.120	3.307	Terreno non suscettibile	0.879
6.80	127.600	109.948	0.954	29.033	0.948	0.385	0.121	3.175	Terreno non suscettibile	0.995
7.00	131.500	111.887	0.945	28.824	0.946	0.376	0.123	3.065	Terreno non suscettibile	1.109
7.20	135.400	113.825	0.937	28.620	0.945	0.368	0.124	2.970	Terreno non suscettibile	1.222
7.40	139.300	115.764	0.929	28.421	0.943	0.361	0.125	2.885	Terreno non suscettibile	1.335
7.60	143.200	117.703	0.922	28.228	0.942	0.355	0.126	2.809	Terreno non suscettibile	1.448
7.80	147.100	119.641	0.914	28.039	0.940	0.349	0.127	2.740	Terreno non suscettibile	1.562
8.00	151.000	121.580	0.907	27.854	0.939	0.344	0.129	2.677	Terreno non suscettibile	1.678
8.20	155.200	123.819	0.899	38.939	0.937	0.996	0.117	8.549	Terreno non suscettibile	0.047

8.40	159.400	126.057	0.891	38.634	0.936	0.941	0.117	8.019	Terreno non suscettibile	0.057
8.60	163.600	128.296	0.883	38.337	0.934	0.893	0.118	7.557	Terreno non suscettibile	0.068
8.80	167.800	130.535	0.875	38.047	0.933	0.851	0.119	7.152	Terreno non suscettibile	0.081
9.00	172.000	132.773	0.868	37.765	0.931	0.813	0.120	6.793	Terreno non suscettibile	0.095
9.20	176.200	135.012	0.861	37.490	0.928	0.779	0.120	6.483	Terreno non suscettibile	0.110
9.40	180.400	137.251	0.854	37.221	0.923	0.749	0.120	6.222	Terreno non suscettibile	0.125
9.60	184.600	139.489	0.847	36.959	0.918	0.721	0.120	5.988	Terreno non suscettibile	0.140
9.80	188.800	141.728	0.840	36.703	0.912	0.696	0.121	5.776	Terreno non suscettibile	0.157
10.00	193.000	143.967	0.833	36.454	0.907	0.674	0.121	5.584	Terreno non suscettibile	0.174
10.20	197.200	146.205	0.827	36.210	0.902	0.653	0.121	5.409	Terreno non suscettibile	0.192
10.40	201.400	148.444	0.821	35.971	0.896	0.633	0.121	5.249	Terreno non suscettibile	0.211
10.60	205.600	150.683	0.815	35.738	0.891	0.615	0.121	5.103	Terreno non suscettibile	0.230
10.80	209.800	152.921	0.809	35.510	0.886	0.599	0.121	4.968	Terreno non suscettibile	0.250
11.00	214.000	155.160	0.803	35.287	0.880	0.583	0.120	4.843	Terreno non suscettibile	0.271
11.20	218.200	157.399	0.797	35.069	0.875	0.569	0.120	4.727	Terreno non suscettibile	0.292
11.40	222.400	159.637	0.791	34.855	0.870	0.555	0.120	4.620	Terreno non suscettibile	0.313
11.60	226.600	161.876	0.786	34.646	0.864	0.542	0.120	4.520	Terreno non suscettibile	0.335
11.80	230.800	164.115	0.781	34.441	0.859	0.530	0.120	4.426	Terreno non suscettibile	0.358
12.00	235.000	166.354	0.775	34.240	0.854	0.519	0.120	4.338	Terreno non suscettibile	0.381
12.20	239.200	168.592	0.770	34.044	0.848	0.508	0.119	4.256	Terreno non suscettibile	0.404
12.40	243.400	170.831	0.765	33.851	0.843	0.498	0.119	4.178	Terreno non suscettibile	0.427
12.60	247.600	173.070	0.760	33.662	0.838	0.488	0.119	4.105	Terreno non suscettibile	0.451
12.80	251.800	175.308	0.755	33.476	0.832	0.478	0.119	4.035	Terreno non suscettibile	0.476
13.00	256.000	177.547	0.750	33.294	0.827	0.469	0.118	3.968	Terreno non suscettibile	0.501
13.20	260.600	180.186	0.745	46.534	0.822	-2.144	0.087	--	Terreno non suscettibile	0.501
13.40	265.200	182.824	0.740	46.203	0.816	-2.488	0.087	--	Terreno non suscettibile	0.501
13.60	269.800	185.463	0.734	45.880	0.811	-2.952	0.087	--	Terreno non suscettibile	0.501
13.80	274.400	188.102	0.729	45.563	0.806	-3.611	0.086	--	Terreno non suscettibile	0.501
14.00	279.000	190.740	0.724	45.253	0.800	-4.619	0.086	--	Terreno non suscettibile	0.501
14.20	283.600	193.379	0.719	44.949	0.795	-6.355	0.086	--	Terreno non	0.501



									suscettibile	
14.40	288.200	196.018	0.714	44.651	0.790	-10.054	0.085	--	Terreno non suscettibile	0.501
14.60	292.800	198.656	0.709	44.360	0.784	-23.377	0.085	--	Terreno non suscettibile	0.501
14.80	297.400	201.295	0.705	44.074	0.779	78.475	0.085	928.100	Terreno non suscettibile	0.000
15.00	302.000	203.934	0.700	43.793	0.774	14.895	0.084	176.962	Terreno non suscettibile	0.000

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO

Le aree di studio sono inserite nel territorio del Comune di Rufina (Città Metropolitana di Firenze), che si sviluppa su di una superficie di 45,88 kmq.

Il territorio del Comune di Rufina si colloca nella porzione centro-orientale della Provincia di Firenze, al confine, ad est, con quella di Arezzo (Comuni di Montemignaio e Pratovecchio-Stia), ed è delimitato a sud dal Comune di Pelago, ad ovest dal Comune di Pontassieve, a nord dal Comune di Dicomano e a nord-est dal Comune di Londi, lungo la Val di Sieve, sulla riva sinistra del Fiume Sieve.



*Ubicazione del Comune di Rufina all'interno della Città Metropolitana di Firenze*

Il territorio è segnato in maniera caratteristica dal corso del Fiume Sieve che lo delimita nella sua porzione occidentale, e dai corsi dei torrenti Moscia e Macinaie che ne definiscono rispettivamente i confini settentrionali e meridionali.

Altimetricamente si presenta un dislivello di circa 1.100 metri compresi tra un minimo di ca. 98,0 m s.l.m. nei pressi del confine meridionale del Comune a sud-ovest della località Selva Piana, ed un massimo di circa 1.050 m s.l.m. presso il rilievo del Monte Alto.

Dal punto di vista morfologico si tratta di un paesaggio prevalentemente collinare che passa a montano con andamento relativamente omogeneo in cui le sommità dei rilievi sono distribuite su una serie di dorsali con andamento appenninico con un range medio di quote compreso fra 300,0 e 700,0 m s.l.m..

In particolare il territorio comunale di Rufina fa parte dell'unità geografica del bacino del Fiume Sieve, compreso tra il fondo valle dello stesso Fiume Sieve e i rilievi della catena appenninica (che ne definiscono il territorio ad est).

Il paesaggio presenta una forte variabilità dei caratteri morfologici strettamente legati alla natura dei terreni.

In linea generale si possono distinguere tre grandi unità morfologico/paesaggistiche, molto diverse tra loro, anche se ciascuna con caratteri omogenei.

La prima comprende le aree di pianura alluvionale, mentre le altre corrispondono a due grandi fasce, rispettivamente collinare e montuosa.

La tipologia principale di paesaggio e quella medio collinare di transizione a quella di zona montana più aspra. Essa è caratterizzato da condizioni morfologiche riconducibili a poche forme caratteristiche, in quanto la costituzione geologica presenta limitata variabilità. Vi si distinguono cioè settori prevalentemente caratterizzati da morfologia collinare relativamente aspra con modesti rilievi che raggiungono quote comprese tra i 200-550 m s.l.m., con versanti a notevole acclività alternati a dorsali a pendici ripide, non particolarmente larghe e ondulate (nell'insieme si crea un susseguirsi di colline d'erosione separate talvolta da strettissime vallecole). Spostandosi verso sud e verso est da tale paesaggio si passa a zone dove spiccano invece rilievi montuosi che possono raggiungere quote attorno ai 900 - 1.000 m s.l.m..

Per quanto riguarda l'ambiente di piana alluvionale, questo è principalmente diffuso in corrispondenza del corso d'acqua maggiore, il Fiume Sieve, e dei suoi affluenti principali.

L'assetto morfologico è strettamente connesso con la natura geologica dei terreni affioranti e in stretta correlazione con la costituzione geologica e le caratteristiche pedologiche dell'area.

Questa zona è caratterizzata da terreni appartenenti alle arenarie dell'Unità Cervarola – Falterona, le quali sono costituite da sequenze litologiche di arenarie, con intercalazioni siltitico-marnose in vario rapporto di prevalenza tra loro. Le sequenze prevalentemente arenacee presentano delle chiare connotazioni di resistenza e competenza, decisamente superiori rispetto alle siltitico-marnose, riuscendo a mantenere acclività più elevate e determinando una maggiore energia del rilievo.

Inoltre la presenza di suoli diversi, come evidenziato dalla costituzione geologica, determina variazioni anche nella concentrazione ed intensità dell'erosione e si riflette in parte sul tipo di vegetazione presente ed in parte sulla possibilità di uso agricolo.

Le pendenze che caratterizzano mediamente queste aree sono quasi sempre medio-elevate, comprese tra il 20-30%.

Il fondovalle del Fiume Sieve e dei suoi affluenti maggiori, è caratterizzato da pianure alluvionali relativamente strette, formate in gran parte da terrazzi fluviali. Si tratta di aree antropizzate, in ciò favorite dalla morfologia pianeggiante e dalla presenza dei corsi d'acqua che, fin dall'antichità, hanno rappresentato le principali direttrici di traffico.

In particolare, nella fasce di fondovalle sono presenti gli abitati del Capoluogo, di Contea e di Scopeti.

Subito a monte delle aree alluvionali si ha una fascia a morfologia prevalentemente collinare, con forme tondeggianti e pendenze contenute, in cui si è sviluppato un reticolo idrografico ramificato, afferente al Fiume Sieve e ai suoi principali affluenti. In corrispondenza di questi rilievi collinari si ubicano alcuni centri abitati, tra cui Pomino.

Intorno ai suddetti nuclei urbani rimangono numerose aree destinate ad attività agricole, in particolare colture seminative, vigneti e oliveti.

In questo settore le valli sono generalmente relativamente larghe e piatte, i versanti convessi o rettilinei, sebbene i corsi d'acqua che vi scorrono abbiano talora generato numerose vallecole dai fianchi ripidi.

Infine la porzione orientale del territorio comunale è costituito da forme morfologiche con pendenze più accentate poste in corrispondenza dei settori di maggior rilievo del montuoso, caratterizzato da vegetazione a bosco ceduo e da un substrato geologico costituito principalmente da rocce di natura arenacea.

Riguardo l'aspetto idrografico, come detto, il principale corso d'acqua è il Fiume Sieve che determina il confine occidentale del territorio comunale.

Altri corsi d'acqua di rilievo sono il Torrente Moscia, il Torrente Rufina e il Torrente Macinaie, cui seguono per importanza gli affluenti, in ordine gerarchico decrescente.

Il regime dei corsi d'acqua che interessano l'ambito comunale, con la sola esclusione del corso d'acqua maggiore, risulta di tipo torrentizio. Si hanno notevoli portate durante la stagione piovosa ed in occasione di intense precipitazioni, mentre durante la stagione estiva le portate si riducono notevolmente fino a mostrare in taluni casi condizioni di completa assenza d'acqua.

### **3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE**

Il territorio comunale di Rufina risulta caratterizzato dalla presenza di terreni appartenenti a unità diverse che sono stati coinvolti in movimenti di sovrascorrimento legati alla orogenesi appenninica.

Da un punto di vista geologico appartiene alla fascia centrale della catena orogenetica dell'Appennino settentrionale, parte integrante della fascia di deformazione perimediterranea sviluppatesi prevalentemente in tempi neogenici e costituita da una struttura complessa di falde e thrust formatasi in relazione a più fasi tettoniche. Queste sono legate agli eventi verificatisi a partire dal Cretaceo superiore in seguito alla completa chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese ed alla successiva collisione continentale tra la placca europea e quella adriatica.

In tale contesto si distinguono una fase oceanica ed una fase ensialica. La fase oceanica inizia al limite tra il Cretaceo inferiore ed il Cretaceo superiore, e termina nell'Eocene medio con la completa chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese. Durante questa fase si forma un prisma d'accrezione costruito dall'impilamento per sottoscorrimento verso W delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento, che andranno così a costituire le cosiddette Unità Liguri. Segue, nell'Eocene medio-superiore la collisione tra il margine continentale europeo (Sardo-corso) e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale dell'orogenesi appenninica. In questa fase si ha lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso W dell'Unità Toscane, prima, e di quelle Umbro-marchigiane poi, sotto le unità precedentemente impilate. Fenomeni gravitativi e di retroscorrimento, anche importanti, accompagnano in superficie questa strutturazione crostale. In questa fase il fronte compressivo, che migra verso E, è seguito, a partire dal Miocene medio, da un fronte distensivo, legato alla distensione crostale che ha portato all'apertura del Bacino Tirrenico. Attualmente i due regimi tettonici diversi coesistono in due fasce contigue della catena: nel versante tirrenico è attivo il regime distensivo, in quello adriatico quello compressivo.

Da un punto di vista regionale questa complessa storia tettonica ha portato prima (Cretaceo superiore-Eocene) allo sradicamento delle Unità Liguri dal loro substrato oceanico e al loro appilamento su se stesse secondo un ordine tettonico-geometrico che vede in alto le unità più interne e in basso le più esterne, tra cui ricordiamo

l'Unità della Calvana. Tutto questo complesso di Unità Liguri sovrasta tettonicamente l'Unità di Canetolo (Eocene-Oligocene) attribuita a una zona di transizione con il margine continentale adriatico. Successivamente, dopo la messa in posto della Falda Toscana (Dominio Toscano interno), avvenuta nel Miocene medio-superiore, sopra la più esterna Unità Cervarola-Falterona, le Unità Liguri si sono rimosse, per mettersi in posto prima sopra la Falda Toscana, e poi sopra l'Unità Cervarola-Falterona già sovrascorsa verso E (Tortoniano) sulla Marnoso arenacea del Dominio Umbro-Marchigiano.

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

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

Questi bacini estensionali sono stati interessati anche da vari eventi compressivi, che si sarebbero alternati alla prevalente tettonica estensionale. Vi sono ancora indeterminazioni nel definire queste pulsazioni, se siano da mettere in relazione con generali shock compressivi dell'intera catena appenninica, oppure se siano legate a costipamento laterale causato da repentini approfondimenti dei bacini in concomitanza con pulsazioni estensive maggiormente pronunciate legate alle maggiori compressioni nella zona esterna della catena.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale è interessato principalmente dalla presenza di terreni appartenenti alle formazioni torbiditiche arenacee del Dominio Toscano (Unità di M. Cervarola e di M. Falterona), mentre, secondariamente e solo in corrispondenza del settore sud-occidentale del Comune e dell'estrema porzione orientale dello stesso si hanno terreni flyschoidi da calcareo marnosi ad argillitico marnosi e arenaceo siltitici appartenenti al Dominio Ligure (Unità di Monte Morello) e Subligure (Unità di Canetolo).

Le rocce più antiche affioranti nell'area in esame sono quelle appartenenti alle unità del Dominio Ligure, in particolare alle formazioni cretacico-eoceniche del Dominio Ligure Esterno (Unità di Monte Morello) che giacciono in discordanza sui depositi torbiditici oligo-miocenici del Dominio Toscano (Unità di M. Cervarola – Falterona), a seguito del sovrascorrimento e sovrapposizione in età miocenica (medio-superiore) delle Unità Liguri e Sub-Liguri sui terreni appartenenti al Dominio Toscano.

In particolare, nel settore di interesse le formazioni cretacico-eoceniche dell'Unità di Monte Morello sono composte principalmente dalla Formazione di Sillano, costituita dall'alternanza di prevalenti argilliti, calciliti, marne calcaree e argillitiche e livelli arenacei e calcarenitici e dalla Formazione di Monte Morello, flysch carbonatico costituito da prevalenti calcari marnosi, calcari micritici, marne e subordinati livelli argillitici. Le formazioni paleocenico-oligoceniche del Dominio Subligure sono costituite da formazioni prevalentemente argillitico-calcaree (i.e Argille e Calcari di Canetolo) e da depositi torbiditici arenacei (Arenarie di Monte Senario) con associati depositi calcareo marnosi e arenaceo calcarei (Brecce di Monte Senario).

Per quanto riguarda le formazioni torbiditiche oligo-mioceniche del Dominio Toscano, affiorano le litologie appartenenti alla formazione delle Arenarie del M. Falterona e delle Arenarie del M. Cervarola nelle loro varietà di litofacies, da quella arenaceo torbiditica con intercalazioni pelitico siltitiche, a quella olistostromica caratterizzata da breccie argillose e calcaree in matrice argillitica.

In vari settori alle suddette formazioni si sovrappongono i terreni recenti di copertura costituiti dai depositi eluvio-colluviali, dai depositi detritici di versante, dalle alluvioni recenti e dai depositi alluvionali attuali.

In particolare il settore in esame è caratterizzato principalmente dalla presenza di depositi eluvio-colluviali, costituiti da materiale con elementi eterometrici prevalentemente fini in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti da trasporto per ruscellamento e di depositi detritici di versante e di frana, costituiti da accumuli di materiale litoide eterometrico. Inoltre nei settori vallivi si riscontrano i depositi alluvionali recenti e attuali, presenti in maniera diffusa lungo il corso d'acqua principale (Fiume Sieve) e dei suoi affluenti, costituiti da ciottolami in matrice limoso-sabbiosa con tessitura da clasto a matrice sostenuta, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati.

In corrispondenza dei settori urbanizzati si ha la presenza di terreni antropici di riporto.

I terreni oggetto di studio appartengono pertanto, per la quasi totalità, ad eccezione dei depositi di copertura, alle formazioni del substrato cretaceo-cenozoico e le suddivisioni litostratigrafiche o allostratigrafiche che sono proposte in letteratura permettono di avere un quadro completo ed esaustivo dei caratteri litologici e sedimentologici, nonché del significato paleo-ambientale della successione in esame.

### **3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI**

In dettaglio, nell'area del Comune di Rufina, si ritrova, dall'alto verso il basso stratigrafico e con nomenclatura congruente con il Progetto CARG (Cartografia Geologica Regione Toscana) e con il Continuum Territoriale Geologico della Regione Toscana:

#### **DEPOSITI ANTROPICI**

Sono terreni di origine antropica (h) individuati nelle aree urbane dei centri abitati.

#### **DEPOSITI QUATERNARI**

Sono costituiti dalle coltri detritiche riconducibili a:

- coltri di frana
- depositi di versante (aa) e di falda (a3a) (*Olocene*)
- depositi alluvionali attuali (b) (*Olocene*)
- depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna) (*Olocene*)
- depositi eluvio-colluviali (b2a) (*Olocene*)
- depositi di conoide (ca) (*Olocene*)

I depositi alluvionali attuali (b) sono i depositi dei letti fluviali attuali, soggetti ad evoluzione, attraverso processi fluviali ordinari, costituiti da sabbie, limi e ghiaie e da depositi prevalentemente limoso sabbiosi nel caso delle piane alluvionali minori.

I depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna) sono riconducibili a depositi di piana alluvionale, costituiti prevalentemente da ciottolati in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati.

I corpi di frana e i depositi detritici (aa) di versante e di falda (a3a) sono costituiti da elementi eterometrici prevalentemente grossolani, dispersi in matrice sabbiosa e sabbioso limosa e si trovano accumulati per gravità lungo i versanti o ai piedi di scarpate.

I depositi eluvio-colluviali (b2a) sono costituiti da elementi eterometrici a granulometria minore del detrito di versante, in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti dall'alterazione del substrato ed accumulati in posto dopo breve trasporto per ruscellamento e per gravità.

Infine i depositi di conoide (ca) sono costituiti da elementi eterometrici, dispersi in matrice sabbiosa e limosa e si trovano accumulati allo sbocco di valle laterali nel fondovalle principale.

Il substrato litoide del territorio comunale è costituito dalle formazioni litoidi riconducibili principalmente al Dominio Toscano (Unità di M. Cervarola – Falterona) e al Dominio Subligure (Unità di Canetolo) e, secondariamente al Dominio Ligure (Unità di Monte Morello).

#### **DOMINIO LIGURE – UNITA' DI MONTE MORELLO**

- Formazione di Monte Morello (MLL) (*Paleocene Superiore – Eocene Medio*)

Si tratta di una formazione torbiditica costituita dall'alternanza dei seguenti litotipi:

- Calcari marnosi compatti, bianchi o giallognoli a frattura concoide in strati di spessore variabile da pochi centimetri a qualche metro.

- Marne calcaree e marne granulari gialle o grigie con caratteristica sfaldatura “a saponetta” anch'esse in strati di spessore variabile da una decina di centimetri ad oltre dieci metri.

- Calcareniti fini grigio chiare, marroni se alterate, in strati di spessore inferiore al mezzo metro. Localmente, associate a queste, si rinvengono calciruditi, anche grossolane di color grigio chiaro.

- Arenarie grigie, marroni per alterazione, di solito in strati di spessore dai dieci ai quindici centimetri, ricche di calcare (più del 50%) e quarzo. In genere sono associate alle argilliti ed hanno le stesse strutture sedimentarie delle calcareniti.

- Argilliti grigio-scure a sfaldatura lamellare o scagliosa. Solitamente si presentano in strati piuttosto sottili alternate ai calcari; localmente possono raggiungere spessori di qualche metro.

Lo spessore degli strati varia da pochi centimetri ad alcuni metri. Verso la base è presente talora una litofacies prevalentemente marnosa con colorazioni che variano dal rosa al verdastro e con rare intercalazioni di marne argillose brune. Localmente sono presenti liste di selce nera.

In generale i calcari marnosi e le marne calcaree costituiscono circa l'80% dell'intera formazione e inoltre è possibile definire che le intercalazioni di materiale arenaceo e /o argillitico diminuiscono di spessore salendo nella sequenza; comunque da zona a zona si possono notare differenti anche se lievi ma interessanti.

- Formazione di Sillano (SIL) (*Cretaceo Superiore – Paleocene*)

Argilliti e siltiti fogliettate, scure (grigie o nerastre) o variegata (rosse, marroni e verdastre), alternate o con intercalazioni di strati calcilutitici, talora silicee, marnosi, calcarenitici e calcareo-marnosi torbiditici a grana fine, talora litografici, da sottili a molto spessi, di colore nocciola o giallastri all'alterazione, grigio chiari al taglio, talvolta con patina verdastra. Frequenti strati gradati calcarenitici (tipo "Pietraforte") da medio-fini a

grossolane grigio-scuri, marroni all'alterazione. I livelli calcarei si presentano spesso con fatturazione ad incudine.

Nella facies più comune le argilliti sono prevalenti e inglobano strati, in genere sottili, degli altri tipi litologici.

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.

Può, inoltre, presentare variazioni laterali di litologia con aumento della componente argillitica, oppure aumento, fino alla prevalenza, della componente arenacea (con passaggio alla "Pietraforte").

Localmente sono presenti impregnazioni nerastre di ossidi di manganese.

La porzione basale è solitamente caoticizzata ed i termini litoidi si ritrovano spezzettati e immersi in una massa argillitica.

Data la natura prevalentemente argillitica di questa formazione, la deformazione tettonica è spesso assai intensa, rendendo talvolta mal calcolabile lo spessore originario, anche a causa di probabili raddoppi tettonici interni.

### **DOMINIO SUBLIGURE – UNITA' DI CANETOLO**

#### **- Brecce di Monte Senario (BMS) (Eocene - Oligocene)**

Si tratta di brecce calcaree, calcari, calcari marnosi grigi, marne argillitiche e argilliti fogliettate, alternate ad arenarie-arenarie calcaree torbiditiche, talvolta grossolane, con selci. Queste ultime presentano al loro interne strutture di corrente e di colamento sottomarino (slump) nelle loro parti marnose e arenacee.

Verso il tetto della formazione le arenarie aumentano, fino ad un rapporto arenaria/calcare > 3.

Generalmente rappresentano la base delle Arenarie di Monte Senario.

#### **- Arenarie di Monte Senario (SEN) (Eocene - Oligocene)**

Alternanze di arenarie quarzoso-feldspatiche e di arenarie -pelitiche in strati da medi a molto spessi e, più frequentemente, in banchi, con base molto grossolana e presentano laminazione pianoparallela e convoluta. Il rapporto A/P è generalmente compreso tra 1 e 3. Le areniti, di colore giallo verdastro, hanno composizione quarzoso-feldspatica e granulometria da medio-fine a grossolana, fino a microconglomeratica. Presenza di clay chips. Talora sono presenti intercalazioni di strati calcareo-marnosi, di spessore medio, grigi, a frattura scheggiata e di sottili livelli di peliti siltitiche color grigio scuro

Si tratta di arenarie torbiditiche (ambiente di conoide sottomarina) quarzoso-feldspatiche contenenti ciottoli di quarzo, micascisti, filladi e calcarei.

#### **- Argille e Calcari di Canetolo (ACC) (Paleocene - Eocene)**

Argilliti grigio-nere e variegata, fissili, argille marnose verdi, bruno-rossastre e grigio scuro o nerastre, in strati da medi a molto spessi, con intercalazioni ed alternanze di calcilutiti color avana in strati medio-sottili, di calcareniti fini e finissime grigio scure, di marne calcaree biancastre e grigie, di calcari marnosi scheggiosi e fratturati grigi o verdi con spalmature di ossido di manganese in strati spessi e molto spessi e di calcari torbiditici grigio-biancastri, di areniti, spesso bioclastiche, e siltiti in strati gradati e laminati medio-sottili.

Sono riferibili ad una sedimentazione emipelagica, intervallata da torbiditi intrabacinali e terrigene.

#### **- Argille e Calcari di Canetolo – Litofacies calcareo-argillitica (ACCa) (Paleocene - Eocene)**

Si tratta di un'alternanza di strati arenitici, strati calcarei, calcarenitici, e livelli marnoso-argillitici color grigio, nocciola e verdastri. Gli strati arenitici sono da molto spessi a banchi ed hanno generalmente una granulometria grossolana alla base, talora microconglomeratica negli strati più spessi, e tetto marnoso-siltoso.



Gli strati calcarei si presentano a grana fine e finissima, frattura concoide, di colore grigio chiaro, nocciola o biancastri all'alterazione; talora sono presenti liste di selce.

Si rinvengono in eteropia latero verticale alle Argille e Calcari di Canetolo.

- Argille e Calcari di Canetolo – Litofacies calcarea / Calcari e argille di Monteacuto (ACCb) (Paleocene - Eocene)

Si tratta di torbiditi calcareo marnose costituite da calcari e calcari marnosi fini, con base calcarenitica, silicei, in strati generalmente di spessore da spessi a molto spessi, intercalati a calcareniti in strati da medi a molto spessi, con sottili interstrati pelitico marnosi.

Si rinvengono, inoltre, marne e marne calcaree grigio chiaro, biancastre e talora rosate, calcari marnosi rossastri in strati sottili e medi alternati a argilliti variegata.

Si presentano in eteropia latero verticale alle Argille e Calcari di Canetolo.

## **DOMINIO TOSCANO – UNITA' DI M. CERVAROLA-FALTERONA**

- Marne varicolori di Villore (MVV) (Aquitaniense)

Depositi pelagici ed emipelagici costituiti da marne e marne argillose di colore variegato grigio chiaro, verdino, talora rossastro, caratterizzate da vistosa fissilità.

- Arenarie del Falterona; Membro di Montefalco (FAL1) (Aquitaniense – Burdigaliano)

Arenarie grigio azzurre e grigio verdi in strati spessi e frequentemente amalgamati, con base grossolana e microconglomeratica, pelite quasi assente. Il rapporto arenaria/pelite è maggiore di 10 ( $A/P > 10$ ).

Sono presenti rari strati di spessore per lo più nell'ordine di alcuni decimetri costituiti da areniti carbonatiche e marne.

- Arenarie del Falterona; Membro di Montalto (FAL3) (Aquitaniense – Burdigaliano)

Arenarie, marne, argilliti e siltiti con  $1/4 < A/P < 2$ . Stratificazione da molto sottile a molto spessa, talora in banchi. Si alternano pacchi decametrici di strati sottili con peliti prevalenti a banchi o strati molto spessi ravvicinati. Sono presenti, specialmente verso la base, numerosi livelli calcarenitici, in strati da medi a molto spessi; mentre nella parte alta del membro sono prevalenti le peliti con rari banchi arenacei. Sono presenti numerosi livelli torbiditici calcarei slump.

- Arenarie del Falterona; Membro di Lonnano (FAL4) (Aquitaniense – Burdigaliano)

Si tratta di un flysch arenaceo composto da siltiti, argilliti e marne prevalenti con arenarie gradate aventi strutture sedimentarie caratteristiche dei depositi di torbida.

Dal punto di vista petrografico si tratta di un'arenaria quarzoso-feldspatico micacea (greywackes) con frammenti di rocce metamorfiche (micascisti) e poco cemento carbonatico.

In particolare si tratta di un'alternanza pelitico-arenacea in strati gradati prevalentemente da sottili a medi costituiti da strati sottili di arenarie molto fini e siltiti che mostrano gradazione e laminazione parallela e/o convoluta; talora si trovano associati livelli decimetrici di argilliti nere e torbiditi calcareo-marnose, spesse da pochi centimetri fino a qualche metro.

Le areniti hanno grana fine e il rapporto arenaria/pelite ( $A/P$ ) varia da  $\ll 1$  a  $< 1$ , generalmente  $A/P < 1/4$ , con tendenza ad aumentare verso la porzione basale della serie. Gli strati delle arenarie non supera mai i 20 cm.

L'arenaria presenta colori grigio-azzurri al taglio fresco, invece assume una colorazione giallastra se alterata; le siltiti sono di color grigio-giallastro, talora scure; mentre le marne sono di colore grigio chiaro, molto fratturate, e le peliti sono generalmente più scure.

- Arenarie del Falterona; Olistostromi (FALa) (Aquitano – Burdigaliano)

Si tratta di olistostromi, il cui meccanismo genetico principale è la gravità, ad affinità ligure e subligure staccatisi dal fronte del thrust in avanzamento e presenti sottoforma di corpi lenticolari, generalmente allungati, intercalati stratigraficamente in sedimenti normali.

Per la loro messa in posto è richiesta un'intensa frammentazione delle rocce per la formazione dei clasti e una liquefazione del materiale pelitico proveniente da formazioni ancora poco litificate.

Sono rappresentati da argilliti, talora marnose, con struttura caotica, color grigio scuro e grigio chiaro, spesso rosse e verdi, pervase da superfici di fissilità, che inglobano pezzame litoide di dimensioni da millimetriche a metriche, costituito da calcari micritici spesso silicei, calcari marnosi, calcareniti, torbiditi arenaceo-micacee, arenarie da microconglomeratiche a fini e brecce ofiolitiche.

Talvolta si trovano all'interno di essi corpi litoidi di materiali provenienti dalle Unità inglobanti; il contatto inferiore con i sedimenti è di solito brusco, mentre verso l'alto sfuma impercettibilmente verso sedimenti normali.

### **3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE**

L'indagine geomorfologica si propone, attraverso un'analisi delle forme del paesaggio, di individuare i processi morfogenetici che agiscono nell'area e che nel loro insieme costituiscono la dinamica morfologica.

Senza dubbio questa caratterizzazione fornisce un'ampia gamma di informazioni (dagli aspetti puramente fisici all'assetto delle forme naturali ed antropiche), ma nell'ambito della pianificazione territoriale lo scopo da perseguire è quello di valutare i processi di maggiore rilievo e la loro influenza sull'ambiente.

E' importante sottolineare che dalla lettura geomorfologia del territorio si devono ricavare non solo le informazioni sulle situazioni di degrado in atto, ma anche le correlazioni fra i vari elementi del paesaggio, che consentono di prevedere le dinamiche evolutive dell'ambiente.

La potenzialità previsionale geomorfologica deve venire usata e sviluppata nel modo più opportuno per ottenere una migliore gestione del territorio.

Lo studio geomorfologico del territorio, infatti, fornisce una grande quantità di informazioni utili per valutare lo stato della dinamica morfologica dell'area e per prevedere la sua evoluzione nel periodo immediatamente successivo allo studio stesso.

Le notazioni geomorfologiche sono state rilevate in base ad osservazioni stereoscopiche di aerofotogrammi diacronici relativi a differenti voli eseguiti in periodi successivi a partire dal 1982, congiuntamente all'analisi critica dei documenti presenti per l'area di interesse, la comparazione tra dati provenienti da diverse fonti e in base alla verifica puntuale mediante il rilevamento sul campo.

I documenti presi in esame consistono nelle cartografie del piano strutturale vigente al momento dei rilievi, i dati geomorfologici forniti dal Servizio Geologico – ISPRA, la banca dati frane ed i dati geomorfologici della Regione Toscana (BD\_Frane, BD\_Geom), la banca dati frane ISPRA (Progetto IFFI), i dati relativi al "Censimento delle aree in dissesto da frana" allestita dalla Autorità di Bacino del F. Arno.

Le notazioni ricavate dalla fotointerpretazione e dall'analisi critica dei dati bibliografici sono state verificate in campagna ed integrate a mezzo rilevamento geomorfologico.

Prima di passare all'analisi dei processi morfogenetici ed alle relative forme, è opportuno specificare la distinzione che è stata adottata in cartografia per quanto riguarda le forme attive e quiescenti e le forme inattive.

E' da sottolineare che la chiave interpretativa adottata è stata scelta in base agli obiettivi da raggiungere, ossia ottenere uno strumento valido per valutare lo stato del territorio ed individuare dove intervenire per risanare o prevenire eventuali dissesti e dove, invece, prevedere nuove espansioni urbanistiche.

Per **fenomeni attivi** si intendono quelli in continua evoluzione, le cui dinamiche e modificazioni possono essere registrate in breve intervallo temporale; si tratta quindi di fenomeni che non hanno raggiunto condizioni di equilibrio. Questi possono alternare periodi di massima dinamica a periodi di inattività temporanea generalmente legati al ciclo stagionale. Si citano ad esempio l'azione erosiva delle acque incanalate, oppure fenomeni legati alla dinamica gravitativa sui versanti del tipo "soliflusso", che mostrano diversa velocità nei vari periodi dell'anno.

Le **forme "quiescenti"** sono quelle la cui evoluzione non è legata al ciclo stagionale, ma si sviluppa secondo tempi di ricorrenza più lunghi. Infatti tali fenomenologie, pur non avendo raggiunto una situazione di equilibrio o stabilità, possono rimanere temporaneamente inattive anche per lunghi periodi come nel caso delle "paleofrane con tracce di instabilità". Gran parte di tali frane non ha subito sostanziali evoluzioni negli ultimi anni, ma è facilmente prevedibile che riverificandosi eventi meteorici con precipitazioni superiori alla media, si possano verificare riprese nell'attività dinamica di tali dissesti. Tali forme, durante il periodo di inattività, mostrano comunque indicatori tali da far ritenere una più o meno prossima ripresa del movimento.

Le **forme "inattive"** comprendono quelle fenomenologie che hanno raggiunto uno stato di equilibrio tale da far ritenere improbabili nuove evoluzioni in senso dinamico. Per tali forme non è quindi più attivo il processo morfogenetico che le ha innescate, né esistono indizi tali da far prevedere una successiva dinamica evolutiva, se non in seguito all'insorgere di nuovi fattori scatenanti.

Sulla carta geologico tecnica sono stati riportati tutti quei fenomeni geomorfologici che possono avere una particolare importanza ai fini dell'analisi della stabilità delle aree in esame e della valutazione degli effetti della risposta sismica locale.

In particolare sono state individuate:

- *forme, processi e depositi gravitativi di versante;*
- *forme, processi e depositi per acque correnti superficiali;*
- *forme, processi e depositi antropici e manufatti.*

Le principali forme di pendio comprendono le superfici e le scarpate di origine strutturale o litologica, le scarpate di degradazione, i ruscellamenti diffusi, i movimenti franosi, distinti ove possibile nelle varie parti che li compongono (nicchia di distacco, corpo della frana e zona di accumulo) ed i movimenti di massa generalizzati.

Si procede ad una breve descrizione sistematica.

#### **Forme, processi e depositi gravitativi di versante**

##### **Movimenti franosi**

Sono stati suddivisi nelle parti che li compongono: nicchia di distacco/coronamento di frana/scarpatata di frana, corpo della frana, zona d'accumulo. La nicchia di distacco o corona di frana, di facile individuazione in carta perché caratterizzata quasi sempre da una forma arcuata, separa a monte del fenomeno la massa in frana da quella stabile con esposizione del substrato; il corpo della frana è costituito dall'insieme dei terreni mobilizzati

sottostanti la zona di distacco fino alla zona d'accumulo; la zona d'accumulo presenta struttura caotica e forma variabile a seconda della tipologia del processo e delle caratteristiche litologiche dei terreni coinvolti.

Per quanto concerne la dinamica sono state individuate:

- frane attive;
- paleofrane con tracce di instabilità o frane quiescenti che evidenziano fenomeni gravitativi avvenuti in tempi passati e che mostrano chiari segni di instabilità quali contropendenze e rotture di pendio;
- paleofrane o frane antiche stabilizzate avvenute in tempi passati, riconoscibili per la loro morfologia, ma tali da poter essere considerate al momento non attive. L'equilibrio così raggiunto può essere turbato, specie in funzione dei terreni presenti, da interventi antropici di modifica dei profili.

#### **Aree molto instabili per franosità diffusa**

Sono zone in cui è stata rilevata la presenza di più fenomeni franosi di svariata dimensione e tipologia; si è pertanto provveduto alla delimitazione del settore comprendente tutti i fenomeni in atto.

#### **Movimenti di massa generalizzati e/o soliflussi**

Sono stati individuati su tratti di versante con evidenti indizi di instabilità (dossi, contropendenze, lacerazioni, ecc.) talvolta singolarmente cartografabili, ma in altri casi interessanti anche vaste porzioni di versante. Mobilizzano, generalmente, limitati spessori di coltre alteritica e/o livelli di terreno coltivo. Talora sono innescati o favoriti da intensa attività antropica.

### **Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali**

#### **Ruscellamento diffuso**

Forme dovute ad erosione idrica superficiale in rigagnoli o foliare, periodicamente obliterate da pratiche agricole; si innescano nella parte superiore e mediana degli stessi e provocano un progressivo assottigliamento del suolo. A seconda dell'intensità e della diffusione areale caratterizzano "aree soggette ad erosione profonda" o settori "soggetti ad erosione superficiale".

#### **Erosione lineare o incanalata e/o alveo con tendenza all'approfondimento**

Incisioni vallive con versanti ripidi e simmetrici, generalmente prive di depositi alluvio-colluviali, sede di deflusso di acque sia permanente che temporaneo che mostrano incisioni in continuo approfondimento.

#### **Orli di terrazzo o ripe d'erosione**

Brusche rotture di pendio al margine di superfici terrazzate; indicano fenomeni erosivi fluviali in terreni alluvionali più antichi.

#### **Erosioni laterali di sponda**

Attività erosive esercitate dai corsi d'acqua sulle sponde, in particolare in corrispondenza delle anse; tali processi possono causare, a lungo andare, crolli di entità cospicua in aree ritenute ad alta stabilità perché pianeggianti.

### **Forme, processi e depositi antropici e manufatti**

#### **Le forme ed i processi antropici**

Si tratta di forme dovute all'azione dell'uomo sul territorio, quindi rientrano in questa categoria un'ampia gamma di interventi: cave attive o inattive, dighe, rilevati e laghetti artificiali e in generale tutte le aree che per una qualsiasi ragione sono state manipolate dall'uomo.

Nel complesso, da un punto di vista geomorfologico l'areale di interesse è talora interessato sia da forme e processi di erosione idrica e del pendio, sia da forme e processi dovuti a gravità, nonché da forme di origine artificiale (antropica).

Per quanto riguarda la prima tipologia sono presenti forme di denudazione ed erosione (orlo di scarpata fluviale o di terrazzo, orlo rimodellato di scarpata o debole rottura di pendio aree soggette ad erosione superficiale). Tra le forme e i processi dovuti a gravità si ha la presenza di forme di denudazione (frane di limitata estensione e aree instabili per soliflusso generalizzato). Infine si hanno forme antropiche (artificiali) costituite da orli di scarpata di origine antropica, argini artificiali, rilevati stradali, cave attive e inattive e corpi d'acqua.

Dall'analisi generale del territorio di Rufina, emerge come la dinamica dei versanti sia piuttosto attiva in quanto il rilievo ubicato a est dei centri abitati di Rufina, Contea e Scopeti, è costituita da materiali molto alterati e erodibili.

Sono presenti numerose frane attive, quiescenti e naturalmente stabilizzate distribuite in tutta l'area di studio.

Un caso a parte rappresenta l'abitato di Pomino che si sviluppa lungo un versante alla quota di circa 580 m s.l.m., in quest'area la dinamica dei versanti è molto attiva e presenta coltri detritiche e frane a nord est e sud ovest del centro abitato.

Le scarpate morfologiche naturali ed antropiche presenti in tutta l'area oggetto dello studio hanno un'altezza inferiore a 10 metri e si impostano su terreni granulari cementati e lapidei. Queste scarpate sono da considerarsi soggette a erosione da parte degli agenti atmosferici.

### **3.5 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E NOTAZIONI IDROGEOLOGICHE**

Per quanto riguarda il sistema idrografico, il reticolo dell'area risulta abbondante data la permeabilità medio-bassa dei terreni affioranti, dovuta alla forte alterazione che comporta la produzione anche di materiale fine.

Le acque meteoriche, principale fonte di alimentazioni dei fossi e dei torrenti, vengono regimate lungo i fianchi dei versanti da canalette di drenaggio che scendendo verso valle convogliano nelle aste fluviali di grado superiore fino raggiungere l'asta principale il Fiume Sieve, che corre con andamento circa nord-est/sud-ovest delimitando il confine occidentale del territorio comunale.

In particolare il reticolo idrografico che caratterizza il territorio comunale mostra un andamento dei principali corsi d'acqua rispettivamente in direzione antiappenninica (NE – SW), verso il corso del Fiume Sieve.

Gli affluenti di ordine gerarchico inferiore, più brevi, sono orientati in linea di massima anch'essi in direzione circa NE - SW (antiappenninica).

Il reticolo può essere definito di tipo sub-rettangolare, con aste impostate lungo linee di frattura o di dislocazione. Infine, si osserva un aumento della densità del drenaggio nelle aree in cui si rileva la presenza di terreni prevalentemente argillitici, rispetto a tipi litologici a prevalente composizione sabbiosa grossolana o di natura arenacea con intensa fratturazione.

L'intero reticolo idrografico ha carattere prevalentemente stagionale.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nel territorio comunale di Rufina, si può definire che il sistema idrogeologico risulta chiaramente alimentato dai rilievi circostanti la pianura alluvionale. I dati disponibili indicano come la falda alimenti il Fiume Sieve. Si può ritenere che tale stato di cose non si modifichi sostanzialmente se non in particolari ed eccezionali episodi di piena del fiume.

Si fornisce di seguito una descrizione sintetica delle diverse situazioni riscontrabili all'interno del territorio comunale.

#### *Falda libera all'interno delle alluvioni del Fiume Sieve e dei corsi minori*

Si tratta della risorsa più importante che gode di una situazione idrogeologica particolarmente favorevole in corrispondenza dell'area di fondovalle di Rufina. La risorsa principale a disposizione del territorio è rappresentata dai depositi alluvionali del Fiume Sieve. L'assetto idrogeologico di questi settori è favorevole in quanto le litologie che affiorano sui margini collinari dei settori vallivi contribuiscono alla ricarica della falda libera del fondo valle. Questa falda è sfruttata sia a scopo idropotabile sia per scopi diversi con una presenza notevole di pozzi privati. Circa la profondità della falda, questa tende ad aumentare progressivamente dai settori contermini ai rilievi collinari presenti al margine della piana verso il corso della Sieve, passando da 2-3 m di profondità (si rilevano valori più bassi nelle vallecole minori) fino a 7-8 m, con massimi di 10 m in prossimità dell'argine del fiume. Lo spessore dell'acquifero può essere stimato intorno ai 10 metri.

#### *Falde all'interno delle formazioni litoidi*

Si tratta di livelli acquiferi presenti all'interno dell'ammasso roccioso in corrispondenza delle linee di filtrazione idrica confinate nelle fasce di fratturazione della formazione litoide. Talora queste sono frapposte a livelli a minor permeabilità che rendono la falda acquifera di carattere artesiano. La presenza della risorsa idrica è connessa a condizioni di fratturazione e di alimentazione definibili a grande scala e non risolvibili nel ristretto intorno dell'area di captazione e/o di ricerca.

### **3.6 ACCLIVITA' DEI VERSANTI**

Le variazioni altimetriche e topografiche sono utili per la definizione delle zone MOPS delle cartografie di Microzonazione, in quanto il progressivo aumento delle pendenze, a parità di condizioni litotecniche e giaciture, si ha un aumento del grado di instabilità di una pendice.

Una maggiore inclinazione del versante favorisce inoltre l'erosione superficiale, con trasporto a valle del materiale detritico asportato da parte delle acque di corrivazione; per contro una inclinazione minore della pendice favorisce i processi chimico-fisici di alterazione del substrato roccioso con formazione di suolo, data la maggiore permanenza delle acque di ristagno.

In particolare sono state definite le seguenti soglie:

- fino al 15 % non si hanno in genere controindicazioni in termini di stabilità dei versanti, anche se tali zone rappresentano una percentuale minima del territorio in aree collinari e montuose;
- dal 15 % al 25 % si possono verificare stati di instabilità dinamica in litologie costituite da sabbie sciolte, argille e limi soffici e detriti, se in presenza di falda superficiale;
- dal 25 % al 35 % possono verificarsi dissesti nelle litologie sopra elencate anche non in presenza di acqua;
- oltre il 35 % questa classe caratterizza versanti molto acclivi nei quali possono verificarsi crolli o distacchi se in presenza di rocce poco cementate, alterate o fessurate sia per fenomeni fisici (gelo-disgelo), che tettonici.

#### 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per effettuare gli studi di Microzonazione si è provveduto alla raccolta e all'archiviazione organizzata di dati pregressi, quali le indagini eseguite da Dott.sa Bartolomei, Dott. Capacci, Dott. Falaschi e Dott. Galdani nel settembre 2013 nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1, e alla realizzazione, a supporto degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3, di una specifica e inedita campagna di indagini, eseguita da Dott. Pieroni e Dott. Puccetti nell'aprile 2021.

Le Carte delle indagini mostrano nel dettaglio, per ciascuna delle frazioni indagate, l'ubicazione di tutte le prove eseguite precedentemente al presente studio reperibili da fonti "bibliografiche" e/o banche dati, nonché l'ubicazione delle indagini geofisiche all'uopo realizzate su indicazione del Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica come supporto al presente studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3.

La nomenclatura delle diverse tipologie di indagine ubicate sulla CTR, è stata definita sulla base delle indicazioni riportate al par. 1.1.1. degli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica".

La raccolta dei dati esistenti si è basata sull'acquisizione, laddove reperibili, di stratigrafie relative a pozzi e sondaggi, di certificati di prove penetrometriche dinamiche e statiche, di indagini geofisiche (prove di sismica a rifrazione, prove down-hole, Masw e Hvsr).

Si citano di seguito le fonti di reperimento dei dati raccolti nel citato "data base" (per i dati di base da bibliografia):

- Studi geologici e geomorfologici di dettaglio, commissionati dalla Amministrazione Comunale, a supporto alla progettazione di opere di opere pubbliche e/o interventi infrastrutturali;
- Data base della Regione Toscana delle indagini di sottosuolo;
- Data base ISPRA relativamente a stratigrafie di pozzi idrici profondi;
- Archivi comunali in merito alle pratiche urbanistiche, edilizie e lavori pubblici;
- Indagini contenute negli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare, per quanto riguarda le indagini geofisiche sono state ricavate le risultanze del seguente numero di prove, appositamente eseguite o contenute negli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1

- n. 8 indagini di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;
- n. 16 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  nel sottosuolo;
- n. 72 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSR), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell'eventuale comportamento amplificativo degli stessi.

Per la predisposizione degli studi di *Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3* è stato necessario realizzare una specifica campagna di indagini geofisiche, ad integrazione della campagna di indagine realizzata durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1, la cui distribuzione all'interno delle frazioni ed ubicazione in

relazione alle problematiche da indagare è stata concordata con i funzionari del Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica.

Questa campagna è consistita nell'esecuzione di:

- n. 1 indagine di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;
- n. 3 linee di sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  nel sottosuolo;
- n. 2 indagine sismica attiva di tipo Masw per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la valutazione del  $V_sEq,30$ ;
- n. 1 indagine sismica attiva congiunta di tipo Masw e Esac per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la valutazione del  $V_sEq,30$ ;
- n. 15 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell'eventuale comportamento amplificativo degli stessi.

Si fornisce il dettaglio delle indagini geofisiche appositamente eseguite con la loro distribuzione nelle varie frazioni, eseguite con specifico riferimento agli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3.

Rufina Capoluogo:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 3 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Rufina Capoluogo	L19		X			
	P129	X				
	P130	X				
	P131	X				

Contea:

- n. 1 prova Masw;
- n. 1 array sismico di tipo Esac;
- n. 1 indagine di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;
- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 2 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Contea	L17		X			
	L18				X	
	P125					X
	P126	X				
	P127	X				



Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
	P128			X		

Scopeti:

- n. 1 prova Masw;
- n. 6 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremitori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Scopeti	L12				X	
	P136	X				
	P137	X				
	P138	X				
	P139	X				
	P140	X				
	P141	X				

Pomino:

- n. 1 prova Masw;
- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 4 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremitori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Pomino	L20		X			
	L21				X	
	P132	X				
	P133	X				
	P134	X				
	P135	X				

Inoltre sono state collezionate, sulla scorta delle specifiche indagini geofisiche eseguite a supporto degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 e ricavate dall'archivio dei dati di base a disposizione dell'amministrazione Comunale, le seguenti indagini per ciascuna località.

Rufina Capoluogo:

- n. 5 indagini di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;
- n. 8 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 30 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremitori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
	L1		X			

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Rufina Capoluogo	L4		X			
	L6		X			
	L7		X			
	L8		X			
	L9		X			
	L10		X			
	L11		X			
	P1					X
	P5					X
	P6					X
	P7					X
	P8					X
	P65	X				
	P66	X				
	P67	X				
	P68	X				
	P69	X				
	P70	X				
	P71	X				
	P72	X				
	P73	X				
	P74	X				
	P75	X				
	P76	X				
	P77	X				
	P78	X				
	P79	X				
	P80	X				
	P81	X				
	P82	X				
	P83	X				
	P84	X				
	P85	X				
	P86	X				
	P87	X				
P88	X					
P89	X					
P90	X					
P91	X					
P92	X					
P96	X					
P97	X					

Contea:

- n. 1 indagine di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 11 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtrempi (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Contea	L2		X			
	P2					X
	P43	X				
	P44	X				
	P45	X				
	P46	X				
	P47	X				
	P48	X				
	P49	X				
	P56	X				
	P93	X				
	P99	X				
P100	X					

Scopeti:

- n. 2 indagini di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;
- n. 4 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 17 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtrempi (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Scopeti	L3		X			
	L5		X			
	L13		X			
	L14		X			
	P3					X
	P4					X
	P50	X				
	P51	X				
	P52	X				
	P53	X				
	P54	X				
	P55	X				
	P57	X				
	P58	X				
	P59	X				
	P60	X				
	P61	X				
	P62	X				
	P63	X				
	P64	X				
P94	X					

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
	P95	X				
	P98	X				

Pomino:

- n. 2 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 14 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Pomino	L15		X			
	L16		X			
	P111	X				
	P112	X				
	P113	X				
	P114	X				
	P115	X				
	P116	X				
	P117	X				
	P118	X				
	P119	X				
	P120	X				
	P121	X				
	P122	X				
	P123	X				
P124	X					

L'ubicazione di tali indagini all'interno delle frazioni, in relazione alle problematiche da indagare, è mostrata nelle sopra citate cartografie, mentre per le risultanze si rimanda agli elaborati ed allegati contenuti nella relazione sulle indagini geofisiche svolte nel novero delle attività correlate al presente studio con le relative certificazioni e/o elaborazioni rappresentative.

Di seguito si riporta una tabella con i risultati delle prove HVSR appositamente eseguite per gli studi di livello 2 e 3.

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
Rufina Capoluogo	P129	Nessun picco				A2	
	P130	6,46		2,16		A1	
	P131	4,03		2,62		A1	

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
Contea	P126	5,02		5,27		A1	
	P127	17,95		2,53		A1	

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2	
Scopeti	P136	3,08		2,37		A1		
	P137	Nessun picco					A2	
	P138	5,59		2,40		A1		
	P139	Nessun picco					A2	
	P140	Nessun picco					A2	
	P141	Nessun picco					A2	

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2	
Pomino	P132	Nessun picco					A2	
	P133	4,03		2,62		A1		
	P134	4,09		2,66		A1		
	P135	Nessun picco					A2	

Mentre di seguito si riporta una tabella con i risultati delle prove HVSR ricavate dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 e dai dati di base collezionati.

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2	
Rufina Capoluogo	P65	NP					NP	
	P66	7,05		2,68		A2		
	P67	6,56		2,92		A1		
	P68	13,98		2,08		A2		
	P69	9,10		3,02		B2		
	P70	NP					NP	
	P71	NP					NP	
	P72	2,08		2,42		A2		
	P73	2,66		3,32		A1		
	P74	NP					NP	
	P75	8,26		5,72		A2		
	P76	8,25		2,72		A2		
	P77	12,14		2,36		A2		
	P78	14,32		2,18		A2		
	P79	1,43		2,21		A2		
	P80	13,67		3,65		A2		
	P81	20,86		2,4		A2		
	P82	0,96		2,52		A2		
	P83	17,76		3,12		A1		
	P84	4,93		3,12		A2		
	P85	4,58		3,33		A2		
	P86	9,5		3,56		A2		
	P87	9,64		2,98		A1		
P88	18,03		2,45		A2			
P89	5,01		4,85		A2			
P90	7,0		12,15		A2			
P91	6,85		2,57		A1			
P92	7,44		5,03		A2			

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
	P96	13,15		1,81		A2	
	P97	1,83		1,92		B2	

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
Contea	P43	6,16		2,29		A2	
	P44	2,79	6,33	3,54	3,21	B1	B1
	P45	9,93	2,78	5,24	2,94	A1	A1
	P46	15,26		3,2		B1	
	P47	12,62		2,19		B2	
	P48	10,23		4,89		A1	
	P49	11,35		6,03		A1	
	P56	11,58		2,22		B2	
	P93	3,32		4,79		B1	
	P99	10,52		2,26		B2	
	P100	9,87		5,9		A2	

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
Scopeti	P50	10,61		7,31		A1	
	P51	17,91		4,86		B1	
	P52	8,00		3,87		A2	
	P53	3,18		2,2		A2	
	P54	10,01		3,3		B2	
	P55	6,97		3,43		A1	
	P57	18,48		3,55		A2	
	P58	23,46	7,03	4,03	3,12	A2	A2
	P59	18,23		4,59		A1	
	P60	8,47		4,15		B2	
	P61	24,16		2,34		B2	
	P62	12,19		2,28		B2	
	P63	20,85		3,39		B2	
	P64	6,61		2,99		B2	
	P94	7,37		4,24		A2	
	P95	25,23		4,57		A1	
	P98	5,86		2,12		A2	

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
Pomino	P111	2,39		2,35		B2	
	P112	2,41		3,00		A1	
	P113	2,49		3,24		A2	
	P114	2,60		2,59		A2	
	P115	2,17		3,69		B2	
	P116	2,67		1,66		A2	
	P117	3,19		3,19		A1	
	P118	5,19		2,68		A1	

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
	P119	2,07		2,38		A2	
	P120	NP				NP	
	P121	3,74		3,76		A1	
	P122	4,24		2,36		A2	
	P123	2,81		2,45		A1	

Per ogni misura HVSR, è stata attribuita una delle seguenti 3 classi di appartenenza (cfr. relazioni sulle indagini geofisiche svolte):

Classe A: registrazione affidabile ed interpretabile che può essere utilizzata anche da sola;

Classe B: registrazione sospetta da utilizzare con cautela ed in presenza di altre misure ottenute nelle vicinanze;

Classe C: registrazione scadente e di difficile interpretazione.

Per ciascuna delle frazioni indagate, nel seguito del presente rapporto in cui si descrivono le caratteristiche rilevate per ogni centro urbano studiato, si fornisce indicazione della Classe di qualità ottenuta applicando la “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS, i cui criteri e dati di input sono riassunti nella sotto riportata tabella 1 e i cui “range” di accettabilità sono indicati nel seguente abaco per le classi A, B e C.

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

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

Relativamente alle notazioni litotecniche e geotecniche, sulla scorta dei risultati degli studi geologici e geologico tecnici dell'attuale Piano Regolatore è possibile distinguere i terreni presenti nel territorio da un punto di vista litotecnico. Infatti i terreni che possono manifestare comportamento meccanico omogeneo vengono accorpati in "unità litotecniche" distinte. Per cui vengono raggruppati nella stessa unità litotecnica quei litotipi che presentano caratteristiche tecniche simili, indipendentemente dalla formazione geologica a cui appartengono, dalla posizione stratigrafica, dai relativi rapporti geometrici, seguendo quindi solamente il criterio del comportamento meccanico omogeneo.

Relativamente alla caratterizzazione geotecnica e litotecnica dei terreni, con riferimento alla descrizione geologica relativa a ciascuna formazione, individuata e distinta nelle zone di studio, è stata definita la classe di appartenenza ad "unità litologico-tecnica – U.L.T." secondo le indicazioni formulate dal Programma VEL.

Le "unità litologico tecniche", cui si fa riferimento per le formazioni geologiche riscontrate nelle aree indagate, sono state distinte in gruppi principali in base alle diverse successioni di terreni che li caratterizzano uniformandosi alla "Legenda per la definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.)" del programma regionale VEL "Istruzioni tecniche per le indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche per la valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana".

Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle varie "unità litologico-tecniche" con il dettaglio delle varie formazioni geologiche che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere.



### **Unità litologico tecnica A**

Si tratta di materiali lapidei stratificati costituiti da unico litotipi non stratificato. Questo raggruppamento comprende una unità litologico tecnica cartografata secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica A:** rocce non stratificate o con bancate di spessore superiore a 3 mt. E' riconducibile a tale unità la formazione geologica delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montefalco (FAL1).

### **Unità litologico tecnica B**

Si tratta di materiali lapidei stratificati o costituiti da alternanze di diversi litotipi con rapporto lapideo/pelite variabile. Questo raggruppamento comprende unità litologico tecniche cartografate secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica B4:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale pelitico compreso tra 25% e 75%. Sono riconducibili a tale unità le formazioni geologiche delle Argille e Calcari di Canetolo in litofacies torbiditico calcareo marnosa (ACCb), delle Arenarie di Monte Senario (SEN), delle Brecciole di Monte Senario (BMS), della Formazione di Monte Morello (MLL) e delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

- **Unità litologico-tecnica B5:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo < 75%. Ne fanno parte le Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4), la Formazione di Sillano (SIL), le Argille e Calcari di Canetolo (ACC), le Argille e Calcari di Canetolo – litofacies calcareo argillitica (ACCa) e le Marne Varicolori di Villore (MVV).

- **Unità litologico-tecnica Bc:** alternanze disordinate di livelli lapidei e pelitici. Ne fa parte la litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa).

### **Unità litologico tecnica E**

Vi sono compresi i terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituiti da materiali granulari non cementati o con lieve grado di cementazione. Per le varie granulometria può essere valutato lo stato di addensamento mediante prove manuali. Le sabbie, le breccie ed i conglomerati con grado di cementazione medio basso ricadono nella unità “C”. Il limite fra le unità litologiche “C” ed “E” può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

- **Unità litologico-tecnica E:** materiali granulari non cementati. Si tratta di materiali granulari eterogenei ed eterometrici. Ne fanno parte i detriti appartenenti ai corpi di frana, ai depositi di versante (aa) e ai detriti di falda (a3a).

- **Unità litologico-tecnica E2:** ghiaie (elementi lapidei compresi mediamente tra 2 - 60 mm). Si tratta di materiali granulari generalmente grossolani. Ne fanno parte i depositi alluvionali attuali (b) e i depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna).

- **Unità litologico-tecnica E3:** sabbie (granuli di dimensioni comprese tra 2 mm e 0.06 mm). Si tratta di materiali granulari a prevalente composizione sabbiosa. Ne fanno parte i depositi eluvio-colluviali (b2a) e quelli di conoide (ca).

I depositi antropici, data la loro eterogeneità granulometrica non sono stati attribuiti a una specifica Unità Litologico Tecnica ma vengono evidenziati nella cartografia con una specifica simbologia e sigla (h).

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Viene definito come modello del sottosuolo “una rappresentazione tridimensionale approssimata di una porzione di sottosuolo, nella quale devono essere distinguibili gli elementi qualitativi e quantitativi necessari per il suo impiego nelle valutazioni funzionali alla specifica applicazione. Metodologicamente è il risultato di un processo interattivo e iterativo di trattamento di dati provenienti da diverse fonti informative, riconducibili a specifiche aree disciplinari: geologia, geofisica e geotecnica”.

In sintesi, il processo è indirizzato e finalizzato alla definizione del minimo numero di parametri necessari a fornire una ricostruzione di Unità Omogenee, cioè quelle unità caratterizzate da valori simili dei parametri rilevanti ai fini dello studio. Il processo prevede di passare da unità strettamente litologiche a unità caratterizzate da parametri geotecnici e geofisici simili.

In particolare, si devono definire per le diverse unità:

- le geometrie e i limiti superiori, laterali e inferiori; in particolare, è importante stabilire il rapporto stratigrafico tra i terreni di copertura e il substrato geologico, per definire l'andamento morfologico del tetto del substrato geologico sepolto;
- l'assetto strutturale degli ammassi rocciosi ed eventualmente delle formazioni fortemente sovracconsolidate e/o cementate;
- le proprietà fisiche e meccaniche, sebbene secondo le loro intrinseche variazioni e valutazioni di incertezza;
- la posizione delle falde acquifere e le loro eventuali oscillazioni, con definizione delle condizioni idrodinamiche e di pressione interstiziale.

Il processo di costruzione del modello del sottosuolo è partito, quindi, dalla ricostruzione dell'assetto geologico-geomorfologico e strutturale dell'area indagata, effettuato sia mediante cartografie già a disposizione e redatte in passato, come la Carta Geologica Regionale (1:10.000), la Carta Geologica del P.R.G., ecc..., sia attraverso un'inedita revisione con rilievi di campagna.

Tutta l'informazione geologica acquisita, coadiuvata dai dati geotecnici e geofisici, è stata tradotta in un modello, sintetizzato nelle Carte Geologico Tecniche, fornite in scala 1:5.000, riguardanti i settori del territorio del Comune di Londa scelti per gli studi di Microzonazione Sismica.

L'insieme dei dati geologici finalizzati a definire modelli del sottosuolo, particolarmente inerenti alla Microzonazione Sismica, hanno consentito di:

- distinguere il substrato geologico dai terreni di copertura;
- definire le loro geometrie;
- individuare, nei terreni di copertura, le aree soggette a fenomeni di instabilità dei versanti;
- individuare le criticità geomorfologiche.

Ai dati di superficie sono stati aggiunti i dati prelevati in profondità con le indagini geognostiche:

- successioni litostratigrafiche;
- contatto terreni di copertura – substrato geologico.

Inoltre, come riportato al precedente capitolo sono stati trattati i dati e gli aspetti di carattere geotecnico e geofisico delle varie UO riconosciute.

## **6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE**

La finalità delle indagini geotecniche negli studi di Microzonazione Sismica è pervenire alla conoscenza dettagliata dello stato del sito e dei terreni presenti nell'area in funzione di un evento sismico attraverso lo studio delle condizioni naturali del terreno in sito mediante indagini geognostiche, prove geotecniche in sito e di laboratorio e di indagini geofisiche, che devono contribuire a definire tutte le caratteristiche morfologiche, stratigrafiche, idrogeologiche, e che, soprattutto, devono identificare il comportamento dinamico dei vari terreni presenti nel sito, assegnando dei valori ai parametri dinamici indispensabili per la valutazione della risposta del sito mediante modelli analitici e numerici.

Il programma delle indagini geotecniche va perciò commisurato sia al problema nonché ai modelli di calcolo di analisi numerica.

Pertanto, ad esempio, dovranno essere eseguite specifiche indagini per la valutazione della velocità delle onde sismiche, indagini per la caratterizzazione dinamica dei terreni finalizzate alla definizione dell'analisi di risposta sismica locale, indagini in sito per la valutazione del potenziale di liquefazione, indagini finalizzate alla determinazione dei parametri residui in caso di analisi di stabilità di pendii.

Le incertezze del modello geologico (e geologico-tecnico) ricostruito sono principalmente legate alla mancanza di indagini geognostiche spinte a profondità tali da avere una maggior conoscenza della successione stratigrafica del substrato geologico al fine di evidenziare eventuali variazioni di litofacies in corrispondenza dei contrasti di impedenza riconosciuti dalle indagini HVSR effettuate.

Inoltre dovranno essere implementate le conoscenze relative ai parametri geotecnici desunti da indagini in situ e di laboratorio.

Oltre alle prove geotecniche e indagini in situ dovranno essere realizzate prove geofisiche finalizzate sia alla ricostruzione sismostratigrafica del territorio (i.e. mediante l'esecuzione di indagini di sismica a rifrazione in onde P) sia alla determinazione dei valori di  $V_s$  (i.e. indagini Down-Hole, Masw, ecc...).

Infine, data la categoria granulometrica del fondo, in prima analisi (lettura ed interpretazione delle descrizioni presenti nelle stratigrafie) sembrerebbero esclusi fenomeni di liquefazione. Le indagini geotecniche di cui si è accennato in precedenza (prove CPT, analisi granulometriche, limiti di Atterberg, ecc...) dovranno chiarire e garantire l'eventuale assenza di questa tipologia permanente di deformazione in caso di sisma.

## **7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI**

Per una completa ed esaustiva trattazione delle indagini geofisiche svolte, della loro elaborazione e dei risultati conseguiti si rimanda alle allegate relazioni contenenti le indagini geofisiche svolte, nel novero del presente studio, per la caratterizzazione sismica e propedeutiche alla redazione della cartografia MOPS di Livello 1 e della Carta di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3.

## 8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Gli studi di Microzonazione Sismica Comunale (di seguito MS) svolti per il Comune di Rufina sono stati condotti secondo le indicazioni formulate dal Settore Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica nel rispetto degli “Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica Nazionale” (di seguito ICMS, versione 4.2 del dicembre 2020) e delle specifiche tecniche regionali per la microzonazione sismica approvate con Deliberazione di G.R.T. n. 144/2015.

Nei citati ICMS vengono definite le procedure, le metodologie di analisi al fine di individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Nello specifico la MS individua e caratterizza:

- Le **Zone Stabili**, sono zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- Le **Zone Stabili Suscettibili di Amplificazione Sismica**, sono le zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- Le **Zone di Attenzione per Instabilità**, sono le zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali e sovrapposizione di differenti fenomeni di instabilità).

Per la definizione delle zone e della loro perimetrazione si rimanda a quanto definito al par. 1.1.3 e 1.1.4 degli standard ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020).

Gli studi di MS rivestono una notevole importanza nella pianificazione territoriale, fornendo una base conoscitiva della pericolosità sismica locale, al fine di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico a varie scale, orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti, definire gli interventi ammissibili in una determinata area, programmare le indagini e i livelli di approfondimento, stabilire orientamenti, modalità e priorità di intervento nelle aree urbanizzate.

In relazione ai diversi contesti geologico-tecnici, alla pericolosità sismica di base ed in funzione dei diversi obiettivi degli studi di MS, possono essere effettuati n. 3 livelli di approfondimento, con complessità e impegno economico crescente.

In particolare possono essere predisposti i seguenti livelli:

- il **livello 1** è un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che 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 alla realizzazione della carta delle “Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)”;
- il **livello 2** è un livello successivo in cui si introduce l’elemento quantitativo associato alle zone omogenee mediante metodologie di analisi numerica di tipo semplificato (abachi regionalizzati, modellazione 1D, leggi

empiriche) e l'esecuzione di ulteriori e più mirate indagini. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della "Carta di Microzonazione Sismica";

- il **livello 3** rappresenta il livello più approfondito che permette di giungere ad una microzonazione approfondita del territorio basata su metodologie analitiche di analisi di tipo quantitativo. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della "Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti".

**Per la Microzonazione Sismica del Comune di Londa sono stati eseguiti sia gli studi di Livello 1 (per gli abitati di Rufina Capoluogo, Scopeti, Contea e Pomino) che gli studi di Livello 2 (per il solo abitato di Pomino) o Livello 3 (per gli abitati di Rufina Capoluogo, Scopeti e Contea).**

Ciascuno dei livelli di approfondimento prevede una serie di adempimenti come sotto elencati e dettagliati nella tabella riassuntiva al fine della definizione del quadro conoscitivo minimo che debba essere raggiunto per ogni livello sulla scorta delle indicazioni contenute negli ICMS:

- la realizzazione di opportune indagini geologiche, geofisiche e geotecniche al fine di definire il quadro conoscitivo;
- l'effettuazione di opportune analisi ed elaborazioni;
- la predisposizione di risultati finali.

**INDAGINI MINIME** Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell'area: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi;  
Rilevamenti geologici di controllo sul terreno;  
Nuove indagini: Esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geotecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 1;  
Misura passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.

**ANALISI ED ELABORAZIONI** Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili;  
Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici.

**PRODOTTI FINALI** Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione);  
Carta geologico-technica per la microzonazione sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;  
Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;  
Relazione tecnica illustrativa della carta MOPS;  
Carta delle frequenze fondamentali dei depositi.

*Sintesi del quadro conoscitivo del livello 1*

**INDAGINI MINIME** Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell'area: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi;  
Rilevamenti geologici di controllo sul terreno;  
Nuove indagini: Esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geotecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 2;  
Misura passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.  
Stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e Sh

**ANALISI ED ELABORAZIONI** Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili;  
Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici.

**PRODOTTI FINALI** Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione);  
Carta di Microzonazione Sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000, rappresentative dei parametri di FA, in termini di pseudoaccelerazione, corrispondenti ai periodi 0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s e 0.7-1.1 s;

Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) con eventuali modifiche; almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;

Relazione tecnica illustrativa della Carta MOPS e di Microzonazione Sismica.

*Sintesi del quadro conoscitivo del livello 2*

**INDAGINI  
MINIME**

Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell'area: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi;

Rilevamenti geologici di controllo sul terreno;

Nuove indagini: Programmazione ed esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geotecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 3;

Misura passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.

Stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e Sh.

Indagini di sismica a rifrazione in onde P e Sh eseguite in foro di sondaggio (prove down-hole e cross-hole).

Analisi dinamiche di laboratorio.

**ANALISI ED  
ELABORAZIONI**

Analisi numeriche di risposta sismica locale almeno 1D e/o 2D per amplificazioni sismiche e/o deformazioni permanenti.

**PRODOTTI  
FINALI**

Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione), implementata rispetto a quella del livello 1 e/o 2 con le nuove indagini;

Carta di Microzonazione Sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000, rappresentative dei parametri di FA, in termini di pseudoaccelerazione, corrispondenti al periodo 0.1-0.5 s, considerato l'intervallo di riferimento statisticamente più probabile;

Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) con eventuali modifiche; almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;

Relazione tecnica illustrativa della Carta MOPS e di Microzonazione Sismica.

*Sintesi del quadro conoscitivo del livello 3*

Il **Livello 1** può quindi essere caratterizzato essenzialmente 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.

Le finalità degli studi di MS di livello 1 sono:

- individuare qualitativamente le aree che necessitano di approfondimenti;
- definire le tipologie di effetti attesi;
- individuare il modello geologico di sottosuolo preliminare.

Il principale elaborato previsto in questo livello è la **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**. Questa carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e di alcune tipologie di dati geofisici, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.). Di particolare importanza a questo scopo risulta la ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area, l'individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido (ovvero dei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti) accompagnata da una stima approssimativa della loro profondità rispetto al piano di campagna (del tipo: "qualche metro", "una decina di metri", "alcune decine di metri", "oltre i 100 metri"), una stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso (del tipo: "alto" o "basso"). Di particolare importanza sarà l'individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte

potenzialmente in grado di causare inversioni della velocità di propagazione delle onde di taglio ed effetti di RSL bi- e tri-dimensionali.

Pertanto, per acquisire tali informazioni di tipo semiquantitativo al fine di consentire la predisposizione della cartografia delle *Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)* si è provveduto alla acquisizione, oltre alle informazioni già previste al par. 1.1.3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020), dei risultati di indagini geofisiche utili alla ricostruzione geometrica dei corpi sepolti (sismica a rifrazione, ERT, gravimetria, ecc.) e alla individuazione di eventuali contrasti di impedenza sismica e possibili fenomeni di risonanza (campagne di misura delle frequenze naturali di sito da vibrazioni ambientali o da terremoti).

Per meglio rappresentare queste caratteristiche la carta dovrà essere corredata da sezioni geolitologiche rappresentative della situazione lito-stratigrafica e strutturale presente.

Attraverso questo livello, quindi, sarà possibile:

- la definizione delle caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo;
- l'individuazione delle aree a minore pericolosità locale (zone stabili);
- l'individuazione delle aree per le quali sono necessari ulteriori livelli di approfondimento;
- definire il livello di approfondimento richiesto nelle aree che necessitano di approfondimenti;
- la programmazione di indagini di approfondimento, sulla base delle diverse tipologie di effetti attesi.

Per le indicazioni tecniche cui attenersi per la predisposizione delle **cartografie delle indagini e delle cartografie delle Microzonazione Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)** si rimanda ai par. 1.1.1, 1.1.2 e 1.1.3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

Negli studi di **Livello 2** viene introdotto l'elemento quantitativo associato all'area omogenea, utilizzando metodologie di analisi numerica semplificate (abachi a scala regionale, modellizzazione 1D, leggi empiriche), anche mediante l'esecuzione di ulteriori e più mirate indagini.

Questa analisi approfondita ha lo scopo di creare la "Mappa di microzonazione sismica".

Il Livello 2, sviluppato per gli studi di pianificazione urbanistica allorquando le condizioni geologiche e geomorfologiche consentono l'applicazione di metodi semplificati, ha come scopo quello di:

- ricavare le regole e i requisiti volti a ridurre il rischio sismico per le aree urbane e le nuove aree di previsione;
- individuare le aree ad alto rischio che richiedono particolari dettagli;
- definire le priorità di intervento per edifici strategici e rilevanti;
- prevedere gli scenari di danno.

Questo secondo livello prevede l'uso di parametri che quantificano la variazione del movimento sismico sulla superficie e che possono essere determinati con metodi semplificati, mediante l'uso di specifici "abachi", che definiscono i fattori di amplificazione degli spettri elastici sulla superficie, associati alle singole situazioni litostratigrafiche per le quali sono applicabili.

Gli abachi per la caratterizzazione quantitativa dei fenomeni di amplificazione attesi sono tabelle in cui un insieme di valori assunti da parametri considerati diagnostici e ad un particolare livello di rischio sismico sono



associati univocamente ai valori previsti dell'amplificazione del movimento sismico (FA o "Amplificazione del fattore" ") rispetto a un motivo di riferimento.

Gli abachi sono stati preparati nell'ambito di uno studio commissionato all'Università DST di Siena (Prof. Albarello) e successivamente approvato dalla Risoluzione regionale.

Per ottenere i fattori di amplificazione dagli abachi litostratigrafici è necessario determinare due parametri:

a) il valore delle Vs equivalenti (velocità delle onde di taglio sismiche fornite dalla media ponderata della velocità delle onde sismiche fino al raggiungimento del "substrato", caratterizzato da velocità superiori a 800 m/s);

b) il valore della frequenza fondamentale del terreno.

Il parametro utilizzato per la rappresentazione dei livelli di amplificazione è il fattore di amplificazione di Housner (di seguito denominato FHA) misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione di uscita (PSAout) e la controparte integrale dello spettro di accelerazione di ingresso (PSAin). Questo fattore di amplificazione viene calcolato per periodi di riferimento specifici: brevi periodi -  $0,1 < T < 0,5$  s; lunghi periodi -  $0,4 < T < 0,8$  s e  $0,7 < T < 1,1$  s.

Di seguito vengono presentati gli abachi usati per gli studi di Microzonazione di Livello 2, con riferimento alla macroarea Toscana Interna di cui il Comune di Montespertoli fa parte

### Toscana Interna (Substrato sismico $\leq 30$ m)

Valore di  $a_g$  ( $T_r=475$  anni)  $< 0.125g$

**FA 0.1 < T < 0.5 s**

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

**FA 0.4 < T < 0.8 s**

		f0 (Hz)										75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8		
Vs (m/s)	<200	1.5	2.4	2.4	1.8	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1		2.2
	300	1.0	2.2	2.1	1.7	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1		1.7
	500			1.6	1.5	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1		1.1
	700					1.1	1.1	1.1	1.1	1.0		1.1
	≥800											

**FA 0.7 < T < 1.1 s**

		f0 (Hz)										75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8		
Vs (m/s)	<200	2.3	2.5	1.6	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0		2.1
	300	1.5	2.0	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0		1.3
	500			1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0		1.0
	700					1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0
	≥800											

### Toscana Interna (Substrato sismico ≤ 30m)

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

FA  $0.1 < T < 0.5$  s

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

FA  $0.4 < T < 0.8$  s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V (m) H (s)	<200	1.3	2.3	2.4	1.9	1.5	1.3	1.3	1.2	1.1	2.2
	300	1.0	2.1	2.2	1.8	1.4	1.2	1.2	1.2	1.1	1.9
	500			1.6	1.5	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
	700					1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
	≥800										

FA  $0.7 < T < 1.1$  s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V (m) H (s)	<200	2.0	2.4	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	2.0
	300	1.6	2.0	1.5	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.3
	500			1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
	700					1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	≥800										

### Toscana Interna (Substrato sismico > 30m)

Valore di  $a_g$  ( $T_r=475$  anni)  $< 0.125g$

FA  $0.1 < T < 0.5$  s

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

FA  $0.4 < T < 0.8$  s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V (m) H (s)	<200	1.6	2.1	2.1							2.0
	300	1.4	1.9	2.0	1.7	1.6	1.7	1.5	1.6	1.8	1.8
	500	1.2	1.6	1.7	1.5	1.5	1.6	1.4	1.6	1.6	1.5
	700	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.2
	≥800	1.1	1.2	1.2						1.1	1.1

FA  $0.7 < T < 1.1$  s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V (m) H (s)	<200	2.1	2.6	2.5							2.4
	300	1.5	2.1	1.6	1.7	1.5	1.7	1.7	1.6	1.7	1.8
	500	1.2	1.8	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5	1.5
	700	1.1	1.5	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
	≥800	1.1	1.3	1.1						1.0	1.2

## Toscana Interna (Substrato sismico > 30m)

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

		FA 0.1 < T < 0.5 s									
		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V (m) DSEA	<200	1.0	1.3	2.0							1.2
	300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.4
	500	1.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.4
	700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
	≥800	1.0	1.0	1.0					1.2	1.1	1.0

		FA 0.4 < T < 0.8 s									
		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V (m) DSEA	<200	1.5	1.9	2.3							1.8
	300	1.4	1.8	2.1	1.8	1.7	1.5	1.7	1.7	1.8	1.7
	500	1.2	1.6	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.6	1.6	1.5
	700	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.2
	≥800	1.0	1.2	1.2					1.1	1.1	1.1

		FA 0.7 < T < 1.1 s									
		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V (m) DSEA	<200	2.0	2.5	2.1							2.2
	300	1.5	2.0	1.6	1.7	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8
	500	1.2	1.7	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5
	700	1.1	1.4	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
	≥800	1.1	1.3	1.1					0.9	1.0	1.2

L'obiettivo fondamentale della procedura è, quindi, quello di fornire delle stime statisticamente valide e ragionevolmente conservative del fattore di amplificazione atteso, nelle varie situazioni litostratigrafiche e in particolare nelle aree a maggior rischio sismico. Queste stime devono poter essere fornite a partire da un numero limitato di osservazioni, relativamente facili da determinare sperimentalmente e comunque rappresentative delle varie possibili situazioni presenti.

Il livello 2 degli studi di Microzonazione Sismica consiste, quindi, nel raggiungere una parametrizzazione dell'amplificazione sismica locale:

- in contesti geologici "semplici" (ad esempio se il modello geologico del sito è caratterizzato dall'assenza di elementi in grado di innescare fenomeni di amplificazione 2D-3D);
- mediante "approcci semplificati" (applicazione di programmi per la stima dell'amplificazione sismica locale);
- senza intervenire sulle aree considerate instabili nello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, poiché tali studi sono previsti per il terzo livello;
- senza intervenire sulle aree considerate nello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 come stabili, poiché per queste aree il fattore di amplificazione atteso è pari a 1.

I criteri principali per il passaggio da uno studio di microzonazione sismica di livello 1 a uno studio di microzonazione sismica di livello 2 sono legati alla valutazione dell'idoneità al passaggio e si basano sulle seguenti verifiche e controlli:

- Verifica della congruenza tra le sezioni geologico-tecniche che definiscono il modello geologico 2D dell'area e la cartografia MOPS che rappresenta in realtà una ricostruzione 3D dello stesso modello geologico.

- Verifica della congruenza tra le sezioni geologico-tecniche e i risultati delle indagini (nel caso in cui non vi siano idonei rilievi sarà necessario effettuare ulteriori indagini al fine di completare la ricostruzione in termini sismostratigrafici del modello geologico).
- Controllo dell'estrapolazione di area del modello geologico tecnico 2D riportato nelle sezioni geologico tecniche.

La procedura per la realizzazione degli studi di costruzione della Microzonazione Sismica di Livello 2 segue i seguenti steps:

- Prima fase

1. Identificazione delle tipologie lito-stratigrafiche
2. Parametrizzazione delle unità lito-stratigrafiche
3. Inserire la selezione del movimento

- Seconda fase

1. Generazione casuale di profili Vs e curve di degrado
2. Selezione dei profili V e curve di degrado compatibili con le osservazioni
3. Costruzione di funzioni di amplificazione e fattori di amplificazione (FA) per singole tipologie lito-stratigrafiche e gruppi di accelerogrammi

- Terza fase

1. Caratterizzazione statistica della distribuzione di valori FA per singole tipologie litografiche e gruppi di accelerogrammi
2. Identificazione dei parametri sperimentali che caratterizzano le varie situazioni lito-stratigrafiche

- Quarta fase

1. Costruzione degli abachi
2. Convalida degli abachi

Per l'utilizzo degli abachi, di seguito sono illustrate le fasi che il professionista incaricato di redigere lo studio di microzonazione sismica di livello 2 deve seguire:

- Verifica dell'ammissibilità: verificare che il comune in esame sia incluso nell'elenco dei comuni ammessi agli studi di microzonazione sismica di secondo livello e per i quali è consentito l'uso di abachi.
- Determinazione della macroarea alla quale appartiene il comune. Nella seguente mappa è possibile visualizzare le diverse macroaree in cui è stato diviso il territorio della Regione Toscana: Toscana appenninica, Toscana interna, Toscana costiera, Area di transizione, Amiata.



- Stima del valore di accelerazione di base: una volta definita la macroarea, è necessario stimare il valore di accelerazione di base per un tempo di ritorno di 475 anni per il centro abitato oggetto di analisi di secondo livello. I valori di soglia sono 0,15 g per le macroaree dell'Appennino toscano e dell'area di transizione e 0,125 g per la Toscana interna. Questa operazione consente di definire il tipo di abaco più adatto al contesto macrosismico dell'area di interesse.
- Verifica dell'idoneità: una volta identificato il sito di misurazione, deve essere verificato che sia adatto per l'applicazione degli abachi litostratigrafici di secondo livello.
- Stima della profondità del substrato: per ciascun sito di misurazione FHa, deve essere stimata se la profondità del substrato sismico è inferiore o superiore a 30,0 m. Questa informazione è essenziale per scegliere l'abaco più adatto per il contesto sismostratigrafico.
- Determinazione dei valori di FHa: per ogni sito deve essere definito il valore della frequenza fondamentale e il valore di Vs30 o Vsh; in modo da poter dedurre i valori di FHa (0,1-0,5s), FHa (0,4-0,8s) e di FHa (0,7-1,1s).
- Estensione areale del modello: una volta definiti i fattori di amplificazione, l'estensione areale deve tenere conto del modello geologico desunto dallo studio di microzonazione sismica di livello 1, opportunamente integrato in questa fase.

È la facoltà del tecnico che esegue lo studio di non utilizzare i risultati dei programmi regionali, ma di effettuare in alternativa specifiche analisi di risposta sismica locale (RSL) in una configurazione monodimensionale, volte a determinare il fattori di amplificazione FHa nell'intervallo 0,1-0,5 secondi , 0,4-0,8 secondi e 0,7-1,1 secondi.

Il risultato fondamentale del secondo livello è la **Carta di Microzonazione Sismica** ottenuta associando la quantificazione numerica degli effetti, con metodi semplificati, alle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica.

Nella carta vengono individuate le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e le zone suscettibili di instabilità.

Per quanto riguarda le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, le amplificazioni vengono quantificate, come descritto precedentemente, per mezzo di abachi che definiscono i fattori di amplificazione degli spettri elastici in superficie, associati alle singole situazioni litostratigrafiche. Detti abachi vengono predisposti dalle regioni, sulla base di criteri generali comuni, tenendo conto delle peculiarità sismotettoniche e geologiche dei rispettivi territori.

Sulla scorta dei fattori di amplificazione locale ricavati per ogni singola zona stabile suscettibile di amplificazioni locali derivante dalla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) di Livello 1, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali vengono raggruppate in base al valore del fattore di amplificazione di riferimento.

Inoltre, nella Carta di Microzonazione Sismica vengono inserite le zone suscettibili di instabilità, con particolare riferimento alle zone di attenzione per instabilità di versante, alle zone di attenzione per liquefazione e alle zone di attenzione per cedimenti differenziali.

Negli studi di **Livello 3** viene eseguito uno studio parametrico rigoroso che prevede la disamina di tutti gli aspetti propri di una microzonazione sismica (stima dell'azione sismica e, quindi, dell'eventuale livello di amplificazione sismica e definizione delle aree di rispetto e/o suscettibilità per le aree instabili) mediante procedure avanzate finalizzate ad una parametrizzazione quantitativa.

Nell'ambito di studi di Microzonazione Sismica di Terzo Livello la base di riferimento è la valutazione dell'amplificazione sismica che dovrà prevedere la realizzazione di analisi di risposta sismica locale (tipicamente in assetto bidimensionale) per le quali bisogna definire un modello di input sia sismologico (selezione delle storie temporali di input), geometrico (determinazione dell'assetto geometrico sepolto e superficiale dei terreni interessati dallo studio di microzonazione sismica) e fisico-meccanico (parametrizzazione in chiave dinamica dei sismostrati oggetto delle analisi di RSL).

Il Livello 3 rappresenta, quindi, il livello più approfondito che permette di giungere ad una microzonazione del territorio basata su metodologie analitiche di analisi di tipo quantitativo. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della "Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti".

L'obiettivo è valutare e individuare a scala subcomunale (frazioni e centri), aree a comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica locale in corrispondenza di un terremoto atteso.

Per ogni centro urbano individuato, è previsto l'avvio di una serie di attività e di indagini per conoscere le caratteristiche geologiche, geotecniche, geofisiche e strutturali dei terreni in funzione dei possibili effetti di amplificazione e di instabilità connessi con un evento sismico.

I dati geologici, geotecnici e geofisici ad oggi acquisiti, hanno permesso di:

- verificare e approfondire le conoscenze geologiche del sottosuolo (con cartografie, sezioni geologiche, logs stratigrafici, sezioni sismostratigrafiche);
- caratterizzare per i siti investigati le unità geologiche in termini di velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_{sh}$ ) e il coefficiente di Poisson dinamico;

- determinare per le unità geologiche campionabili i parametri geotecnici dinamici (curva di decadimento del modulo di taglio, l'incremento dello smorzamento a crescere della deformazione, il coefficiente di Poisson dinamico).

Il programma delle attività è improntato su una filosofia operativa di tipo multidisciplinare ed analitica, assimilabile al livello 3 come meglio definito dagli I&C di Microzonazione Sismica, che prede come riferimento i criteri e le metodologie operative definite ed illustrate nelle Istruzioni Tecniche Regionali e si articola nelle seguenti fasi:

FASE 0. Individuazione delle aree oggetto di indagine Per ognuno dei Comuni sono definite le aree oggetto delle indagini sulla base di alcuni criteri morfologici, geologici e antropici di interesse ai fini della valutazione degli effetti locali;

FASE 1. Redazione e aggiornamento delle Istruzioni tecniche regionali per fissare i criteri e standard previsti per eseguire i rilievi superficiali e le indagini geofisiche e geotecniche di esplorazione del sottosuolo;

FASE 2. Realizzazione di cartografia geologica e geomorfologica in scala 1:2.000 o 1:5.000 ed individuazione della sezione geologica significativa, al fine di acquisire strumenti cartografici di dettaglio alla scala del centro urbano, in relazione soprattutto alla ricostruzione delle geometrie delle unità geologiche presenti, con particolare riferimento agli spessori delle coperture.

FASE 3. Campagna di indagini di sismica a rifrazione in onde P e SH, in grado di fornire una parametrizzazione geometrica e fisico-meccanica, in assetto bidimensionale, per estendere nel sottosuolo le conoscenze di superficie, nei limiti della metodologia e connessi alla logistica delle aree indagate;

FASE 4. Approfondimento delle indagini: Sulla base dei risultati delle indagini sismiche di superficie, vengono realizzate indagini di dettaglio, quali sondaggi geognostici (con prelievo di campioni per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio in campo statico e dinamico) e prove Down-hole, per una migliore e puntuale definizione del profilo sismostratigrafico;

FASE 5. Definizione del modello geologico-tecnico, dell'input sismico ed esecuzione dell'analisi di amplificazione: a seguito della realizzazione di sez. litostratigrafiche e della parallela definizione di un input sismico significativo (eseguito su base deterministica, probabilistica o energetica) vengono realizzate analisi numeriche in campo mono e bidimensionale, per fornire una stima quantitativa della risposta sismica locale;

FASE 6. Definizione dei parametri (spettri di risposta e fattori di amplificazione) da fornire ai comuni per la progettazione di nuovi edifici e per gli interventi di adeguamento e miglioramento sugli edifici esistenti;

FASE 7. Realizzazione di un banca dati geografica (GIS) dei dati acquisiti mediante le indagini geologiche, geotecniche e geofisiche: Lo scopo principale è poter gestire un quantitativo ingente di informazioni provenienti da diverse discipline e integrare tali dati in modo oggettivo e dinamico, in modo da poterli modificare e aggiornare nel corso del progetto ed utilizzarli per scopi diversi, quali la semplice rappresentazione cartografica, l'estrazione dei dati sulla base di specifiche richieste dell'utente (comuni e singoli professionisti) o l'analisi con diversi metodi.

FASE 8 - Redazione di cartografie di microzonazione sismica da fornire agli Enti Locali ed ai professionisti al fine di integrare lo strumento conoscitivo del territorio e costituire la base conoscitiva da utilizzare anche ai fini urbanistici.

L'analisi parametrica finalizzata alla redazione di una cartografia di microzonazione sismica di livello 3, impone la preliminare definizione di un input sismico, costituito da un set di accelerogrammi naturali sismocompatibili con le caratteristiche tettoniche dell'area e spettrocompatibili con quanto prescritto dalle vigenti NTC 2018. L'input sismico è stato definito mediante la procedura messa a punto dall'Università di Pavia nell'ambito di un Accordo di Collaborazione Scientifica con la Regione Toscana, finalizzata alla "Definizione di input sismici sismocompatibili e spettro-compatibili per i comuni della Regione Toscana".

A tal proposito è stato sviluppato un codice di calcolo di semplice utilizzo che fornisce, in funzione del sito e del periodo di ritorno considerati, l'input sismico compatibile con le NTC18 sia in termini spettrali che di accelerogrammi spettro-compatibili.

Il codice, scritto in Fortran90, è chiamato SCALCONA 3.0 (SCALing of COmpatible Natural Accelerograms) ed è in grado di fornire, in funzione del sito e del periodo di ritorno considerati, l'input sismico compatibile con le NTC18 sia in termini spettrali che di accelerogrammi spettro-compatibili.

Gli accelerogrammi così ottenuti rientrano in una banca dati composta da eventi naturali da preferire all'utilizzo di accelerogrammi artificiali secondo la normativa e gli studi accademici svolti negli anni.

Nel caso on esame, ai fini della selezione degli accelerogrammi non è stata necessaria la suddivisione del territorio in più aree omogenee sismicamente in quanto l'estensione ridotta del Comune di Londa oggetto di studio ha permesso l'utilizzo di un solo set di accelerogrammi.

SCALCONA utilizza opportunamente i risultati della selezione degli accelerogrammi, consentendo di restituire, per il sito e periodo di ritorno di interesse, un gruppo di 7 accelerogrammi che soddisfano i requisiti di spettro-compatibilità prescritti dalle NTC18 e succ. Circolare.

Gli accelerogrammi possono essere selezionati per ciascun punto interno ai territori di studio e per ciascuno dei 9 periodi di ritorno considerati nelle NTC18 (ossia 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni).

Le analisi di risposta sismica locale realizzate per la microzonazione sismica di livello 3 oggetto del presente lavoro fanno riferimento ad un input sismico relativo ad un periodo di ritorno di 475 anni (SLV) e di 50 anni (SLD).

Per una verifica dei 7 accelerogrammi utilizzati come input delle analisi svolte riferiti ad una condizione detta di "outcrop" e per una completa trattazione delle analisi e delle elaborazioni relative al livello 3 di indagine si rimanda alla specifica **Relazione tecnica inerente l'elaborazione di Risposta Sismica Locale 2D (RSL2D)**.

Il risultato fondamentale del terzo livello è la *Carta di Microzonazione Sismica* ottenuta associando la quantificazione numerica degli effetti, con metodi semplificati, alle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica.

Nella carta vengono individuate le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e le zone suscettibili di instabilità.

Per quanto riguarda le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, le amplificazioni vengono quantificate, come descritto precedentemente, per mezzo di abachi che definiscono i fattori di amplificazione degli spettri elastici in superficie, associati alle singole situazioni litostratigrafiche. Detti abachi vengono predisposti dalle regioni, sulla base di criteri generali comuni, tenendo conto delle peculiarità sismotettoniche e geologiche dei rispettivi territori.

Sulla scorta dei fattori di amplificazione locale ricavati per ogni singola zona stabile suscettibile di amplificazioni locali derivante dalla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) di Livello



1, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali vengono raggruppate in base al valore del fattore di amplificazione di riferimento.

Inoltre, nella Carta di Microzonazione Sismica vengono inserite le zone suscettibili di instabilità, con particolare riferimento alle zone di attenzione per instabilità di versante, alle zone di attenzione per liquefazione e alle zone di attenzione per cedimenti differenziali.

Per le indicazioni tecniche cui attenersi per la predisposizione della **cartografie di Microzonazione Sismica** si rimanda ai par. 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 e 1.1.4 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

## **8.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE**

Gli studi di MS si sono concentrati sulla quasi totalità del territorio comunale ad eccezione di quelle porzioni perimetrali o morfologicamente più acclivi laddove non presenti aree edificate.

Infatti l'area di indagine coincide necessariamente con le zone del territorio comunale occupate da insediamenti abitativi, industriali e/o elementi antropici di interesse e sono state, pertanto, sottoposte a studi e indagini specifiche finalizzate alla redazione delle carte di dettaglio con rilievo in scala 1:2.000 e restituzione grafica ed "editing" in scala 1:5.000 (carta delle indagini, carta delle frequenze, carta geologico tecnica per la microzonazione sismica, carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, carta di Microzonazione Sismica) previste per gli studi di microzonazione sismica di 1°, 2° e 3° Livello.

## **8.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE**

La Carta delle indagini (Tavole G.01 e G.05) mostrano, nel dettaglio per ciascuna delle frazioni indagate, l'ubicazione di tutte le prove eseguite precedentemente al presente studio reperibili da fonti "bibliografiche" e/o banche dati, nonché l'ubicazione delle indagini geofisiche appositamente realizzate nel novero dello svolgimento delle attività di cui al presente studio di microzonazione sismica di 2° e 3° livello (cfr. certificazioni ed elaborazione grafiche e tabellari delle prove stesse).

La nomenclatura delle diverse tipologie di indagine ubicate sulla CTR, è stata definita sulla base delle indicazioni riportate al par. 1.1.1. degli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica" (versione 4.2 del dicembre 2020).

Nella Carta delle frequenze (Tavole G.02 e G.06) vengono fornite le informazioni ottenute (frequenza e ampiezza del picco di risonanza, classe di appartenenza) dall'interpretazione delle misure di rumore sismico eseguite nelle aree urbanizzate del comune di Londa assoggettate alla presente indagine.

Per ogni misura è stata ottenuta la curva del rapporto H/V del segnale sismico acquisito, sulla quale sono stati eventualmente individuati picchi di risonanza per un certo valore di frequenza.

Tale cartografia riassume e fornisce indicazioni qualitative sulla classe di frequenza fondamentale allo scopo di distinguere:

- aree caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (ad esempio nessun massimo relativo significativo di  $f_0$  nell'intervallo 0,1-20 Hz);
- aree caratterizzate da presenza di fenomeni di risonanza, distinguendo fra:

- spessori attesi > di 100 m (indicativamente con  $f_0 < 1$  Hz),
- spessori compresi fra 100 e 50 m (indicativamente con  $1\text{ Hz} < f_0 < 2$  Hz),
- spessori compresi fra 50 e 30 m (indicativamente con  $2\text{ Hz} < f_0 < 3$  Hz),
- spessori compresi fra 30 e 20 m (indicativamente con  $3\text{ Hz} < f_0 < 5$  Hz),
- spessori compresi fra 20 e 10 m (indicativamente con  $5\text{ Hz} < f_0 < 8$  Hz),
- spessori compresi fra 10 e 5 m (indicativamente con  $8\text{ Hz} < f_0 < 20$  Hz),
- spessori minori di 5 m (indicativamente con  $f_0 > 20$  Hz).

Il range significativo a cui fare riferimento per la valutazione della suscettibilità all'amplificazione sismica di un sito è circa 1-10 Hz. Picchi con frequenze di circa 1-2 Hz sono rappresentativi mediamente di contrasti di impedenza sismica collocati a profondità dell'ordine di qualche centinaia di metri. Frequenze di risonanza, invece, comprese nell'intervallo 8-12 Hz sono rappresentative di limiti stratigrafici, esistenti tra coperture detritiche e substrato roccioso, la cui profondità è dell'ordine di qualche metro (mediamente compresa tra 0 e 10 m).

Per la rappresentazione dei risultati, sono stati considerati i seguenti intervalli di frequenza (Hz):

- nessuna risonanza
- 0,1 - 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- 7,5 - 10,0
- 10,0 - 15,0
- 15,0 - 20,0

Al fine di riportare in carta il dato relativo all'ampiezza del picco fondamentale, sono stati considerati i seguenti intervalli di ampiezza:

- nessuna risonanza
- 1,1 - 2,0
- 2,0 - 3,0
- 3,0 - 5,0
- > 5,0

Ogni coppia di valori (frequenza/ampiezza) individuati, è stato riportato in apposita tabella sulla relativa cartografia di ubicazione indagini.

Per la valutazione dell'entità del contrasto d'impedenza sismica, individuato con l'interpretazione delle misure di rumore, si è fatto riferimento al seguente criterio di classificazione:

- per ampiezze < 3, il contrasto d'impedenza sismico è basso
- per ampiezze > 3, il contrasto d'impedenza sismico è elevato (alto).

Tale discriminazione è stata applicata solo a valori di ampiezza riferite al picco principale.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione allegata al presente documento redatta dall'impresa realizzatrice delle indagini sismiche (cfr. relazione collazionata in apposito fascicolo unitamente alle certificazioni ed elaborazione grafiche e tabellari delle prove stesse).

L'entità del contrasto di impedenza sismica non è stato riportato direttamente sulla carta delle frequenze, ma sulle colonne stratigrafiche del modello geologico di sottosuolo, mostrate sulla carta delle MOPS e di Microzonazione sismica e sulle sezioni geologiche.

Tale elaborato ha il duplice scopo di fornire un adeguato strumento per la predisposizione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di livello 1, ma anche offrire un'indicazione delle profondità di investigazione per il livello superiore di MS (livello 2 e livello 3) e la definizione della relativa Carta di Microzonazione Sismica di livello 2 e 3.

L'utilizzo della tabella di confronto tra lo spessore di copertura stimato e la frequenza fondamentale del terreno, riportata nel lavoro di *Albarello ed alii, 2010.*, costituisce un valido ausilio. Utilizzando questa tabella, infatti, è quindi possibile ottimizzare i costi ed evitare eventuali indagini geognostiche spinte a profondità eccessive o al contrario a profondità insufficienti a raggiungere il contrasto di impedenza sismico principale.







Una sintetica descrizione delle risultanze delle misure di rumore sismico effettuate con tecnica HVSR presso le aree di indagine nel territorio comunale di Rufina è riportata nel seguito del presente rapporto in cui si descrivono le caratteristiche rilevate per ogni frazione studiata.

### **8.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA**

La carta geologico tecnica è stata redatta in scala 1:5.000 (Tavole G.03 e G.07) rappresenta, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020), l'elaborato di compendio di tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) e della carta di microzonazione sismica.

Le unità geologico-litologiche vengono distinte tra terreni di copertura, con spessore minimo di 3,0 m, e substrato geologico rigido o non rigido, per giungere ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici. La suddivisione dei litotipi in classi predefinite permette, così, di identificare situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità. Le tipologie dei terreni di copertura in base alle caratteristiche litologiche e i relativi codici corrispondenti vengono descritti utilizzando l'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985, modificato) come di seguito presentato:

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

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

*Legenda della Carta Geologico Tecnica: terreni di copertura*

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

*Legenda della Carta Geologico Tecnica: ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura*

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

Substrato geologico		
IS	IS	Incoerente o poco consolidato
LP	LP	Lapideo
GR	GR	Granulare cementato
CO	CO	Coesivo sovraconsolidato
AL	AL	Alternanza di litotipi
ISS	ISS	Incoerente o poco consolidato, stratificato
LPS	LPS	Lapideo, stratificato
GRS	GRS	Granulare cementato, stratificato
COS	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
ALS	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
SFIS	SFIS	Incoerente o poco consolidato fratturato / alterato
SFLP	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
SFGR	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
SFCO	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
SFAL	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
SFISS	SFISS	Incoerente o poco consolidato, stratificato fratturato / alterato
SFLPS	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
SFGRS	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
SFCOS	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
SFALS	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

*Legenda della Carta Geologico Tecnica: substrato geologico*

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

A riguardo del raggiungimento o meno del substrato rigido si precisa che nella cartografia prodotta viene considerata come substrato rigido la sola unità geologico-tecnica LPS, tra quelle appartenenti al substrato geologico e presenti nel territorio comunale in esame. Infatti le altre unità geologico-tecniche (ALS) appartenenti al substrato geologico non vengono considerate come un substrato rigido in quanto, data la loro natura litologica e stratigrafico-strutturale e sulla scorta delle indagini sismiche effettuate, presentano valori di  $V_s < 800$  m/s.

Inoltre vengono fornite indicazioni relativamente alle fenomenologie di instabilità di versante (tipologia di instabilità e stato di attività), per le cui definizioni riguardanti lo stato di attività dei versanti il riferimento è il progetto IFFI. Infine vengono presentate le forme morfologiche di superficie e sepolte.

Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle varie “unità geologico-tecniche” individuate con il dettaglio delle varie formazioni geologiche che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere.

#### **Terreni di copertura**

- **Unità geologico-tecnica RI:** corrisponde ai terreni di riporto contenenti resti di attività antropica (h).
- **Unità geologico-tecnica GMes:** si tratta di terreni costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (argine/barre/canali). A questi corrispondono i depositi alluvionali in evoluzione (b) e i depositi alluvionali recenti terrazzati o non (bna).
- **Unità geologico-tecnica SMfd:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante (falda detritica). A questi corrispondono i corpi detriti appartenenti ai depositi di versante (aa) e ai detriti di falda (a3a).
- **Unità geologico-tecnica SMec:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante (eluvi/colluvi). A questi corrispondono i depositi eluvio-colluviali (b2a).
- **Unità geologico-tecnica SMca:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante (conoide alluvionale). A questi corrispondono i depositi di conoide (ca).

Per quanto riguarda i corpi di frana, questi sono stati riportati nella cartografia secondo quanto previsto alla figure 1.1.2-1 e 1.1.2-2 delle norme ICMS (versione 4.2, dicembre 2020), evidenziando per ciascun corpo la sua natura (qualora riscontrabile) e lo stato di attività.

#### **Substrato geologico**

- **Unità geologico-tecnica LPS:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), alle Arenarie di Monte Senario (SEN), alle Brecciole di Monte Senario (BMS), alla litofacies calcareo-marnosa (ACCb) delle Argille e Calcari di Canetolo e alle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montefalco (FAL1) e Membro di Montalto (FAL3).
- **Unità geologico-tecnica ALS:** corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litologie stratificate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alle Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano (FAL4), alla Formazione di Sillano (SIL), alle Argille e Calcari di Canetolo (ACC) e alla loro litofacies calcareo argillitica (ACCa) e alle Marne varicolori di Villore (MVV).

- **Unità geologico-tecnica SFAL:** corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litotipi molto fratturati e/o alterati. A questa unità sono riferibili i depositi appartenenti ai depositi olistostromici delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Di seguito viene riportata una tabella comparativa delle classi di attribuzione, per ciascun deposito litostratigrafico o formazione geologica, della cartografia litologico-tecnica, secondo le norme VEL, e della cartografia geologico-tecnica per la microzonazione sismica, secondo le norme ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020).

<b>SIGLA FORMAZIONE</b>	<b>NOME FORMAZIONE</b>	<b>UNITA' LITOLOGICO-TECNICA (VEL)</b>	<b>UNITA' GEOLOGICO-TECNICA (ICMS)</b>
h	Depositi antropici di riporto	h	RI
	Corpi di frana	E	varie
a3a	Detrito di falda	E	SMfd
aa	Depositi di versante	E	SMfd
b	Depositi alluvionali attuali	E2	GMes
bna	Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non	E2	GMes
b2a	Depositi eluvio-colluviali	E3	SMec
ca	Depositi di conoide		SMca
MLL	Formazioine di Monte Morello	B4	LPS
SEN	Arenarie di Monte Senario	B4	LPS
ACCb	Argille e Calcari di Canetolo - litofacies calcareo-marnosa	B4	LPS
BMS	Brecciole di Monte Senario	B4	LPS
FAL1	Arenarie del M. Falterona – Membro di Montefalco	A	LPS
FAL3	Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto	B4	LPS
SIL	Formazione di Sillano	B5	ALS
ACCa	Argille e Calcari di Canetolo - litofacies calcareo argillitica	B5	ALS
MVV	Marne varicolori di Villore	B5	ALS
FAL4	Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano	B5	ALS
FALa	Arenarie del M. Falterona – litofacies olistostromica	Bc	SFAL

A corredo della carta geologico-tecnica in scala 1:5.000 (Tavole G.03 e G.07) sono state realizzate alcune sezioni geologico-tecniche (Tavola G.11 in scala 1:2.000) rappresentative del modello geologico del sottosuolo. Tali sezioni sono state tracciate in modo tale da intersecare gli elementi strutturali e geomorfologici più rappresentativi anche in funzione delle condizioni di rischio sismico, nonché i rapporti stratigrafici più significativi per la valutazione della suscettibilità all'amplificazione sismica. Ciò ha permesso di rappresentare non solo il modello geologico-stratigrafico e strutturale locale, ma anche di mettere in evidenza le principali



criticità legate al profilo dei versanti (scarpate con  $h = 10-20$  m o  $h > 20$  m, picchi isolati, zone di cresta, inclinazioni pendii elevate).

#### **8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)**

La “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” rappresenta l’elaborato cartografico fondamentale degli studi di microzonazione sismica di livello 1. Scopo della realizzazione di tale elaborato è la definizione di zone ad eguale comportamento sismico. La produzione della carta MOPS è basata sulla sintesi delle informazioni di carattere geologico, geomorfologico, litotecnico-tecnico e sismico desunti dalle cartografie tematiche realizzate per lo studio di microzonazione e i “dati di base raccolti” quali stratigrafie e certificazioni di prove penetrometriche, analisi di laboratorio e indagini sismiche per la definizione della velocità delle onde P e SH e misure di frequenza caratteristica dei terreni. Inoltre, al fine di valutare l’influenza degli aspetti topografici di versate, si sono tenute in considerazione le caratteristiche clivometriche dei luoghi deducibili dalla cartografia ufficiale C.T.R. della Regione Toscana.

Per classificare le aree in esame si è stato fatto riferimento (come da paragrafo 1.1.3 degli ICMS, versione 4.2 del dicembre 2020) alle seguenti categorie di microzone:

- **zone stabili**
- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**
- **zone di attenzione per le instabilità**

Le **zone stabili** sono quelle nelle quali si ipotizza che non si verifichino significativi fenomeni di amplificazione sismica (presenza di substrato geologico/sismico in affioramento) e per le quali, perciò, in caso di evento sismico, sono attesi scuotimenti equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base dell’INGV. Considerando che la pericolosità sismica di base di un sito è definita sull’ipotesi di substrato litoide affiorante su superficie pianeggiante o con inclinazione inferiore a  $15^\circ$ , rientrano nella classe delle zone stabili tutte quelle aree che presentano substrato roccioso in affioramento (con eventuale copertura costituita dalla coltre di alterazione con spessore massimo di 3 m) e per le quali si abbiano condizioni di bassa fratturazione dell’ammasso ( $J_v \leq 10-15$ ), nonché inclinazione del pendio  $< 15^\circ$ . Inoltre, qualora studi pregressi evidenzino una velocità di propagazione delle onde S nei primi 30 m di sottosuolo inferiore a 800 m/s, il substrato affiorante può non essere considerato substrato sismico, ma solamente geologico. La numerazione delle zone stabili è progressiva a partire dalla n.1 fino alla n. K.

Le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** sono le aree nelle quali si presume che, in presenza di sisma, si possano verificare fenomeni di amplificazione sismica. Sono caratterizzate o dalla presenza solamente di substrato roccioso affiorante con caratteristiche strutturali e/o topografiche e/o sismiche tali da non permettere la delimitazione di una zona stabile, oppure dall’esistenza di coperture riconducibili a depositi di origine alluvionale, a coltri detritiche di versante (detriti di versante, depositi eluvio-colluviali, frane), a depositi di origine antropica. La numerazione è progressiva a partire da k+1 fino a n.

Le **zone di attenzione per le instabilità** sono le zone per le quali, in caso di terremoto, si ipotizza si possano manifestare deformazioni permanenti del sottosuolo. I fenomeni deformativi individuati dagli ICMS come causa dell’evento sismico sono:

- **instabilità di versante (frane attive, quiescenti, inattive)**

- **liquefazione**

- **cedimenti differenziali**

- **faglie attive e capaci**

Le **instabilità di versante** sono legate all'attivazione di nuove frane o alla riattivazione di frane quiescenti o antiche stabilizzate. Le tipologie di movimenti sulla base delle quali possono essere discriminate le frane sono: crollo o ribaltamento, scorrimento, colata, frana complessa.

La **liquefazione** è legata alla presenza di materiali granulari sciolti riconducibili a sabbie, sabbie e limi, sabbie e ghiaie. Inoltre si considerano terreni potenzialmente liquefacibili, quelli nei quali la superficie piezometrica della falda freatica superficiale o di falde confinate più profonde si trovi ad una profondità da p.c.  $\leq 15$  m. Comunque per gli aspetti legati alla liquefacibilità dei terreni, gli aspetti di cui tenere conto sono quelli indicati al par. 7.11.3.4 delle NTC 2008 (per le quali sicuramente la natura granulometrica, la profondità della falda e la magnitudo attesa costituiscono i principali fattori predisponenti) e gli ulteriori approfondimenti riportati al par. 3.1.1.3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020). Relativamente a tale aspetto si è tenuto conto delle indicazioni di cui alle *“Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione”* editate dalla Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – (versione 1.0 del luglio 2013 e versione 1.20 beta del 2014).

I **cedimenti differenziali** sono attesi lungo le zone di contatto tra unità geologiche aventi caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (es. depositi alluvionali su substrato roccioso). Tale differenza si traduce in una diversa risposta sismica, la quale può indurre, in caso di terremoto, cedimenti significativi, soprattutto nei terreni presenti a ridosso del contatto stratigrafico. Le zone di instabilità per cedimenti differenziali possono perciò essere rappresentate tramite buffer.

Le **faglie attive e capaci** sono faglie per le quali si ipotizza che:

- si siano mosse almeno una volta negli ultimi 40.000 anni
- che potenzialmente manifestano deformazioni che si possono propagare fino in superficie.

Come descritto negli ICMS, le potenziali faglie attive da inserire nella cartografia geologica-geomorfologica devono essere confermate da studi di geologia strutturale di comprovata validità. Inoltre l'identificazione di eventuali faglie capaci, deve essere eseguita facendo riferimento allo studio ITHACA dell'INGV, con il quale è stato realizzato un archivio delle faglie capaci presenti sul territorio italiano. Anche nel caso di instabilità per faglie attive e capaci, come per i cedimenti differenziali, si tende a definire un buffer in corrispondenza della lineazione tettonica.

Al fine di integrare le informazioni acquisite con la definizione delle microzone, la carta delle MOPS riporta le morfologie che hanno rilevanza ai fini dell'amplificazione sismica (**forme di superficie e forme/elementi sepolti**). Tali morfologie sono riconducibili a forme deposizionali come conoidi alluvionali e falde detritiche, ma anche a forme di versante quali orli di scarpata morfologica con  $10 < h < 20$  m e  $h > 20$  m, creste e picchi isolati (cocuzzoli), forme fluviali come orli di terrazzi fluviali con  $10 < h < 20$  m e  $h > 20$  m, forme erosive (scarpate e valli) e carsiche (cavità) sepolte.

## 8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La “Carta di Microzonazione Sismica” rappresenta l'elaborato cartografico fondamentale degli studi di microzonazione sismica sia di Livello 2 che di Livello 3.

Scopo della realizzazione di tale elaborato è la definizione di zone ad uguale comportamento sismico in funzione dello specifico fattore di amplificazione sismica. La produzione della carta di Microzonazione Sismica si basa sulla sintesi delle informazioni di carattere geologico, geomorfologico, litotecnico-tecnico, di indagine e sismico desunti dalle cartografie tematiche realizzate per lo studio di microzonazione sismica di Livello 1 e sull'applicazione, nel caso di studi di Livello 2, della quantificazione numerica degli effetti, sulla scorta degli abachi di riferimento, in funzione dei valori peculiari di caratterizzazione sismica ( $V_{sEq,30}$ ,  $f_0$ ) del sottosuolo di interesse; mentre, nel caso del Livello 3 sull'applicazione delle metodologie analitiche di analisi di tipo quantitativo 2D eseguite per le elaborazioni di detto livello di indagine.

Per classificare le aree in esame si è stato fatto riferimento (come da paragrafo 1.1.4 degli ICMS, versione 4.2 del dicembre 2020) alle seguenti categorie di microzone:

- **zone stabili**
- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**
- **zone suscettibili di instabilità**

Le **zone stabili** e le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** hanno come attributo i parametri che quantificano l'amplificazione locale del moto sismico di base e uno spettro di risposta elastico rappresentativo.

Le zone stabili sono caratterizzate sempre da un'amplificazione uguale a 1,0. Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono invece caratterizzate da classi di fattori di amplificazione. Se dalle analisi sviluppate con gli abachi o attraverso simulazioni numeriche vengono riscontrate delle deamplificazioni, per convenzione si attribuirà alla microzona un valore uguale a 1,0.

Nell'ambito degli approfondimenti di Livello 2 le amplificazioni vengono valutate attraverso abachi in funzione della bassa complessità del contesto nel quale è inquadrato lo studio.

Nell'ambito degli approfondimenti di Livello 3, invece, le amplificazioni vengono valutate attraverso analisi numeriche 2D.

In entrambi i casi nella Carta di Microzonazione Sismica viene riportato il parametro che quantifica l'amplificazione indicato dalla Regione.

Gli ICMS definiscono, nell'ambito degli approfondimenti di Livello 2, una serie di abachi finalizzati all'individuazione di un valore che caratterizzi le microzone stabili suscettibili di amplificazioni locali in termini di fattori di amplificazione.

Le amplificazioni dovute ad effetti litostratigrafici sono espresse con due fattori numerici (FA e FV) da applicare alle ordinate spettrali a basso periodo (FA) e alto periodo (FV). Tra i parametri di amplificazione, potrà essere inserito anche Ft, che sarà espresso con la stessa simbologia e le stesse classi degli altri parametri di amplificazione.

Gli abachi degli ICMS sono rappresentativi di assetti litostratigrafici semplificati e sono stati sviluppati con la finalità di consentirne un utilizzo quanto più possibile diffuso. La Regione Toscana, si è dotata, come prescritto dalle Linee Guida ICMS di abachi propri e più rappresentativi degli assetti sismotettonici e geologico-tecnici regionali degli ambienti che li caratterizzano.

Nella tabella seguente vengono riportati i parametri di amplificazione da riportare secondo i criteri ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) nelle Carte di Microzonazione Sismica.

<b>Parametro</b>	<b>Descrizione</b>
FA	Valore del fattore di amplificazione FA a bassi periodi come definito in ICMS
FV	Valore del fattore di amplificazione FV ad alti periodi come definito in ICMS
Ft	Valore del fattore di amplificazione topografica come definito in ICMS
FH0105	Valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner in pseudovelocità nell'intervallo di integrazione 0.1-0.5 s
FH0510	Valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner in pseudovelocità nell'intervallo di integrazione 0.5-1.0 s
FH0515	Valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner in pseudovelocità nell'intervallo di integrazione 0.5-1.5 s
FPGA	Valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA
FA0105	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.1-0.5 s
FA0408	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.4-0.8 s
FA0711	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.7-1.1 s

L'inserimento dei valori di FA0105, FA0408 e FA0711, per garantire omogeneità di rappresentazione nel database a livello nazionale, è facoltativo per il Livello 2 di Microzonazione Sismica qualora siano disponibili abachi regionalizzati, come nel caso della Regione Toscana. Nel caso in esame, essendo stati definiti dalla Regione Toscana gli abachi di riferimento, vengono presentati i valori di FA0105, FA0408 e FA0711.

L'inserimento dei valori di FA0105, FA0408 e FA0711, per garantire omogeneità di rappresentazione nel database a livello nazionale, è invece obbligatorio per il Livello 3.












Nel caso in esame sono state elaborate le analisi riferibili a tutti e tre i suddetti intervalli di integrazione, tuttavia cartograficamente sono stati presentati i valori del solo intervallo FA0105, dato ritenuto maggiormente rappresentativo e statisticamente più probabile.

Oltre ai valori dei fattori di amplificazione e alle analisi numeriche, negli studi di Microzonazione di Livello 3 viene fornito anche lo spettro elastico di risposta in superficie (output) rappresentativo della singola zona, sia in termini di pseudovelocità, che in termini di pseudoaccelerazione, e gli accelerogrammi di input utilizzati per le elaborazioni numeriche. Per ciascuna microzona viene riportata nel DB anche la categoria di sottosuolo indicativa (A, B, C, D, E), così come definita nella normativa antisismica vigente (NTC2018 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 17 Gennaio 2018; Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica). Non è prevista la rappresentazione cartografica delle categorie di sottosuolo.

Nelle carte di Microzonazione Sismica di livello 2 per le zone stabili e per le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali viene usata, secondo quanto riportato alla fig. 1.1.4.1-1 la seguente legenda.

Si precisa che nella zona stabile, con parametro di amplificazione uguale a 1,0 sono comprese le zone con deamplificazione e con amplificazioni fino a 1,04. Nella classe 1,1-1,2, invece, sono compresi valori di

amplificazione da 1,05 a 1,24, mentre nella classe 1,3-1,4 sono compresi valori di amplificazione da 1,25 a 1,44, e così via.




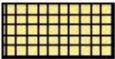



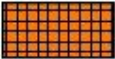












Zone stabili (parametro di amplificazione uguale a 1.0). <sup>12</sup>	
	1.0
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (classe del parametro di amplificazione). <sup>13</sup>	
	1.1 - 1.2
	1.3 - 1.4
	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	2.5 - 3.0
	3.1 - 3.5
	>3.5

Per quanto riguarda le zone suscettibili di instabilità, nella carta di Microzonazione Sismica con approfondimento di Livello 2, le zone suscettibili di instabilità per liquefazione o instabilità di versante conservano la geometria delle zone definite dalla Carta delle MOPS, ma con riferimento alle zone date dall'amplificazione calcolata con gli abachi.

Di seguito vengono riportate le legende relative alle zone di attenzione per instabilità

Zone di attenzione per instabilità	
Vedi Figura 1.1.4.2-1a	ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante
Vedi Figura 1.1.4.2-1a	ZALQ - Zona di Attenzione per liquefazioni
	ZAFAC - Zona di Attenzione per faglie attive e capaci
	ZACD - Zona di Attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità sotterranee/sinkhole
	ZALD - Zona di Attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti

Estratto Fig. 1.1.4.2-1


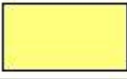









Zone di attenzione per instabilità		
ZAFR	ZALQ	PARAMETRO DI AMPLIFICAZIONE
		1.1 - 1.2
		1.3 - 1.4
		1.5 - 1.6
		1.7 - 1.8
		1.9 - 2.0
		2.1 - 2.2
		2.3 - 2.4
		2.5 - 3.0
		3.1 - 3.5
		>3.5

Estratto Fig. 1.1.4.2-1.a

In carta, su ciascuna zona di attenzione per instabilità di versante e per liquefazione, viene riportato il valore del fattore di amplificazione.

Nelle carte di Microzonazione Sismica di livello 3 per le zone stabili e per le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali viene usata, secondo quanto riportato alla fig. 1.1.4.1-1 la seguente legenda.

Si precisa che nella zona stabile, con parametro di amplificazione uguale a 1,0 sono comprese le zone con deamplificazione e con amplificazioni fino a 1,04. Nella classe 1,1-1,2, invece, sono compresi valori di amplificazione da 1,05 a 1,24, mentre nella classe 1,3-1,4 sono compresi valori di amplificazione da 1,25 a 1,44, e così via.

Zone stabili (parametro di amplificazione uguale a 1.0). <sup>12</sup>	
	1.0
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (classe del parametro di amplificazione). <sup>13</sup>	
	1.1 - 1.2
	1.3 - 1.4
	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	2.5 - 3.0
	3.1 - 3.5
	>3.5

Per quanto riguarda le zone suscettibili di instabilità, nella carta di Microzonazione Sismica con approfondimento di Livello 3, le zone suscettibili di instabilità per liquefazione o instabilità di versante potranno avere geometrie, descrizioni e indicazioni diverse e aggiuntive rispetto alla geometria delle zone definite dalla Carta delle MOPS, essendo state espletate ulteriori indagini ed elaborazioni proprie di questo livello di approfondimento.

Le Zone Suscettibili di instabilità (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci) potranno essere di 2 tipi:

- ZS: Zone di Suscettibilità (zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifici per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche semplificati, è possibile definire la pericolosità in termini quantitativi).
- ZR: Zone di Rispetto (zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifica per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche avanzati, è possibile quantificare con maggior accuratezza la

pericolosità. Tale quantificazione è finalizzata all'analisi dettagliata di aree limitate sulle quali possono essere presenti opere vulnerabili).

Per entrambi i tipi di zone sarà possibile riportare un parametro che quantifichi il fenomeno.

I parametri per le instabilità di versante sono il massimo movimento (FRT, in centimetri) di una frana di scivolamento e il massimo spostamento di blocchi (FRR, in metri) in una frana in roccia.

Il parametro che caratterizza una zona instabile per liquefazione è l'Indice del potenziale di liquefazione (valore medio di IL), così come definito in Sonmez (2003).

Per le faglie attive e capaci il parametro quantitativo richiesto è la dislocazione massima (DISL).

Di seguito vengono riportate le legende relative alle zone di attenzione per instabilità

<b>Zone suscettibili di instabilità</b>	
Vedi Figura 1.1.4.2-2a	Z <sub>Sr</sub> Zona di Suscettibilità per Instabilità di versante
	Z <sub>Rr</sub> Zona di Rispetto per Instabilità di versante
Vedi Figura 1.1.4.2-2b	Z <sub>Sq</sub> Zona di Suscettibilità per Liquefazione
	Z <sub>Rq</sub> Zona di Rispetto per Liquefazione
	Z <sub>Srac</sub> Zona di Suscettibilità per Faglie Attive e Capaci
	Z <sub>Rrac</sub> Zona di Rispetto per Faglie Attive e Capaci
	Z <sub>AcD</sub> - Zona di Attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità sotterranee/sinkhole *
	Z <sub>Ad</sub> - Zona di Attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti *

*Estratto Fig. 1.1.4.2-2*



Parametro di amplificazione <sup>1)</sup>	ZSra			ZRra
	0 < FRT ≤ 15cm 0 < FRR ≤ 10m	15 < FRT ≤ 100cm 10 < FRR ≤ 50m	FRT > 100cm FRR > 50m	
1				
1.1 - 1.2				
1.3 - 1.4				
1.5 - 1.6				
1.7 - 1.8				
1.9 - 2.0				
2.1 - 2.2				
2.3 - 2.4				
2.5 - 3.0				
3.1 - 3.5				
>3.5				

Estratto Fig. 1.1.4.2-2.a

Parametro di amplificazione <sup>1)</sup>	ZS <sub>iq</sub>		ZR <sub>iq</sub>
	2 < IL ≤ 5	5 < IL ≤ 15	IL > 15
1			
1.1 - 1.2			
1.3 - 1.4			
1.5 - 1.6			
1.7 - 1.8			
1.9 - 2.0			
2.1 - 2.2			
2.3 - 2.4			
2.5 - 3.0			
3.1 - 3.5			
>3.5			

Estratto Fig. 1.1.4.2-2.b

Anche in questo caso nella cartografia, su ciascuna zona di attenzione per instabilità di versante e per liquefazione, viene riportato il valore del fattore di amplificazione ricavato.

## **8.6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI**

### **ELABORAZIONI DI LIVELLO 1**

Relativamente al livello 1 e alle carte delle indagini, delle frequenze e geologico tecnica per la microzonazione sismica si rimanda a quanto riportato ai paragrafi 8.2 e 8.3, mentre per quanto concerne la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) nel proseguo vengono elencate e descritte le risultanze relative alla elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica eseguita per il territorio comunale (come presentate negli elaborati Tavola G.04 e G.05 in scala 1:5.000).

#### **Zone stabili**

<b>ID</b>	<b>Descrizione Zona</b>
<b>(1011)</b>	Substrato lapideo stratificato (LPS), in assenza di copertura (o spessori generalmente inferiori ai 3,0 m) con pendenza (di seguito "i") < 15° e basso contrasto di impedenza sismica (di seguito "c.i.").
<b>(1041)</b>	Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), in assenza di copertura (o spessori generalmente inferiori ai 3,0 m), i < 15°. Basso c.i.

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

<b>ID</b>	<b>Descrizione Zona</b>
<b>Z1 (2001)</b>	Substrato lapideo stratificato (LPS), copertura alteritica < 3,0 m, i > 15°. Basso c.i.
<b>Z2 (2002)</b>	Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), copertura alteritica < 3,0 m, i > 15°. Basso c.i.
<b>Z3 (2003)</b>	Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) di spessore complessivo compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Possibile alto c.i..
<b>Z4 (2004)</b>	Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) di spessore compreso tra 10,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..
<b>Z5 (2005)</b>	Copertura alluvionale di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS); talora presenza di riporti. Possibile alto c.i..
<b>Z6 (2006)</b>	Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) di spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i..
<b>Z7 (2007)</b>	Copertura alluvionale di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Possibile alto c.i..
<b>Z8 (2008)</b>	Copertura alluvionale di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 10,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..
<b>Z9 (2009)</b>	Copertura alluvionale di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS); talora presenza di riporti. Basso c.i.
<b>Z10 (2010)</b>	Copertura alluvionale di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Possibile alto c.i..

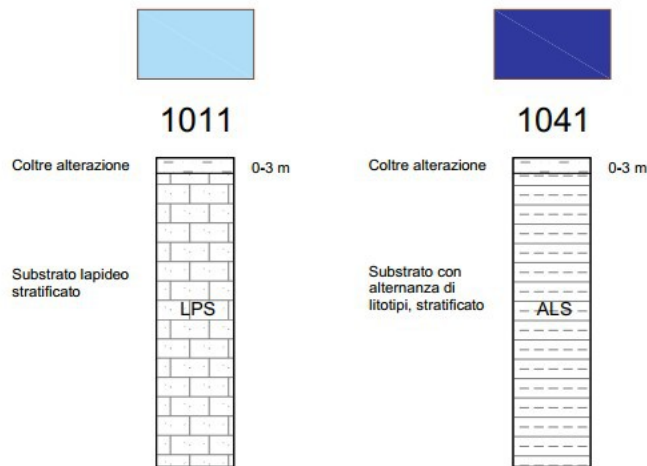
#### **Zone di attenzione per le instabilità**

<b>ID</b>	<b>Descrizione Zona</b>
-----------	-------------------------

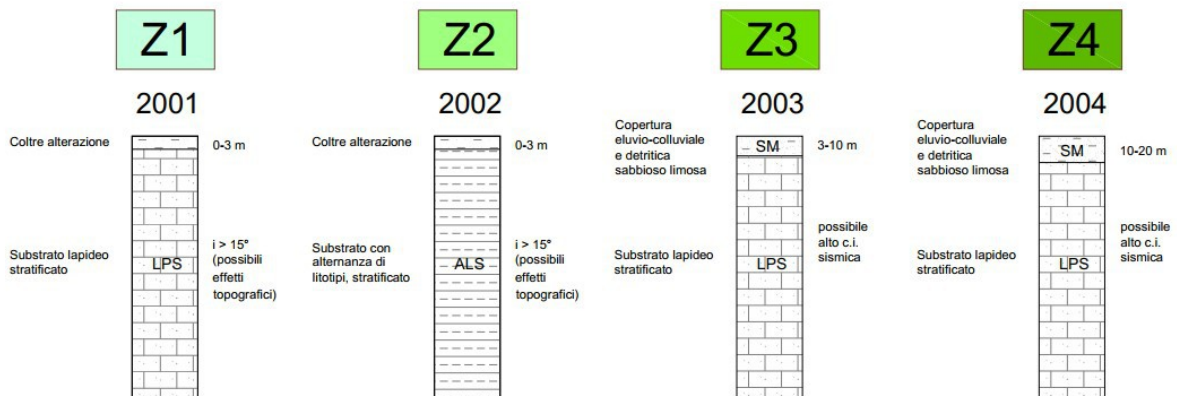
**ZAFR1....n** Instabilità di versante per frana (con indicato il numero della zona stabile suscettibile di amplificazione locale a cui il corpo franoso è sovrastante).

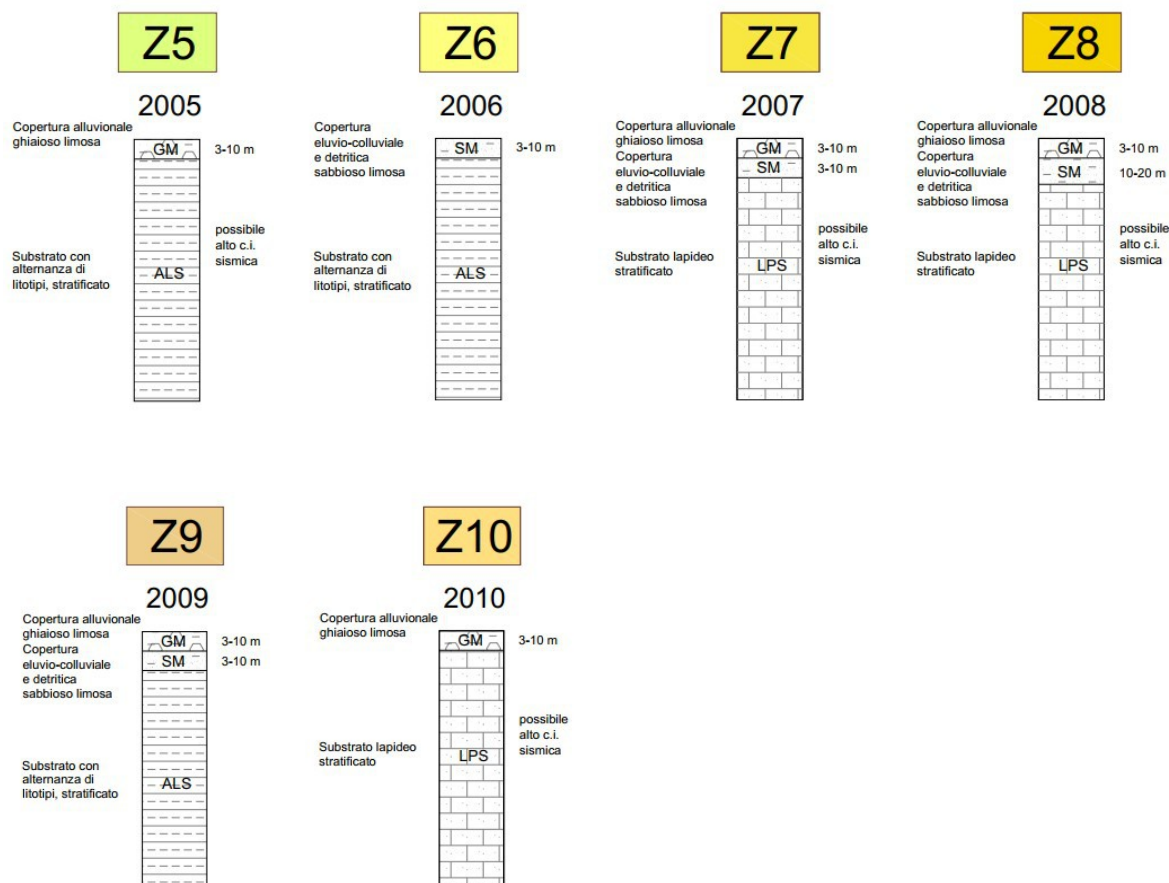
Di seguito vengono riportate graficamente le colonne sintetiche rappresentative delle suddette microzone, riportate anche nella specifica carta delle Mops.

## ZONE STABILI



## ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI





## ELABORAZIONI DI LIVELLO 2

Per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2, eseguiti nel territorio comunale di Rufina per il solo areale dell'abitato di Pomino, la Carta delle Indagini di Livello 1 ed il relativo database sono stati aggiornati con i nuovi dati acquisiti durante il presente lavoro; è stata naturalmente seguita la simbologia indicata nelle Istruzioni Tecniche e negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica ufficiali.

Anche l'elaborato relativo alla Carta delle Frequenze redatto per il Livello 1, è stato aggiornato in funzione delle nuove misure HVSR eseguite.

Nella carta sono riportati i risultati della campagna di misure di microtremore a stazione singola HVSR, comunemente nota con il termine H/V condotte secondo gli standard e i criteri stabiliti dagli ICMS e indicati nel Volume di Ingegneria sismica 2/11 per la misura delle frequenze fondamentali dei depositi che costituiscono la copertura della pianura alluvionale e delle coltri detritiche su substrato.

Nella Carta di Microzonazione Sismica è stata riportata la distribuzione delle aree caratterizzate da amplificazioni locali del moto sismico per effetti litostratigrafici, per le quali è stato quantificato il fattore di amplificazione FA, ottenute tramite lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 effettuato.

In accordo con i referenti della Regione Toscana per meglio rappresentare gli effetti attesi sono state elaborate tre rappresentazioni cartografiche per ognuna delle zone studiate:

- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0.1 e 0.5s,
- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0.4 e 0.8s;

- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0.7 e 1.1s. Per detto elaborato le nuove indagini eseguite hanno confermato il modello geologico generale e quindi, sostanzialmente, la classificazione delle microzone eseguita in fase di Livello 1, sebbene con alcune modifiche ed integrazioni.

Pertanto, alle varie Zone, individuate in fase di primo livello, sono stati assegnati i valori del Fattore di Amplificazione, secondo le procedure indicate nella relazione esplicativa sull'utilizzo degli Abachi Regionali.

In termini metodologici si è proceduto:

- all'individuazione degli abachi relativi alla zona di interesse, corrispondente alla **Toscana Appenninica**;
- all'individuazione del valore di  $A_g$  (475 anni): è stata utilizzata la griglia dei valori indicati dall'INGV. Il settore di Pomino all'interno del Comune di Rufina ricade totalmente in  **$A_g > 0,15g$** .
- alla verifica della profondità del substrato (nel caso in esame risulta nella sua interezza **inferiore a 30,0 m**).
- all'utilizzo degli abachi per l'assegnazione dei valori del fattore di amplificazione utilizzando i valori di  $V_{s30}$  o  $V_s$  equivalenti e di  $f_0$ .

Sono quindi state effettuate le determinazioni dei valori del fattore di amplificazione per le aree oggetto di Microzonazione Sismica di Livello 2 nei siti d'indagine, con i risultati sintetizzati nella Carta di Microzonazione Sismica di Livello 2.

Per semplicità di lettura e di adeguamento con le cartografie di livello 3 è stata prodotta solamente la cartografia riferita ai fattori di amplificazione relativi a  $T_0 = 0.1-0.5s$ , ritenuto l'intervallo maggiormente significativo e lo scenario maggiormente rappresentativo.

Per l'assegnazione dei valori del fattore di amplificazione (FHa) si precisa che i dati geofisici ottenuti dalle campagne di Microzonazione Sismica di Livello 1 e Livello 2 / 3 evidenziano delle particolarità dovute alla peculiarità del contesto geologico, già evidenziate negli studi di Microzonazione di Livello 1.

In particolare:

Per l'Intervallo 0.1-0.5s, con  $A_g > 0.15g$  e profondità del substrato  $< 30 m$  le zone Mops 2001, 2003 e 2004 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,9–2,0, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde  $V_{sH}$  e i seguenti valori medi di frequenza:  $V_{sEq} = 300 m/s$  con  $f_0 = 2,5 Hz$  e  $3,5 Hz$ .

Per l'Intervallo 0.4-0.8s, con  $A_g > 0.15g$  e profondità del substrato  $< 30 m$  la zona Mops 2001 mostra valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,7–1,8, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde  $V_{sH}$  e i seguenti valori medi di frequenza:  $V_{sEq} = 300 m/s$  con  $f_0 = 3,5 Hz$ .

Le zone Mops 2003 e 2004 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 2,1-2,2, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde  $V_{sH}$  e i seguenti valori medi di frequenza:  $V_{sEq} = 300 m/s$  con  $f_0 = 2,5 Hz$ .

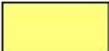
Per l'Intervallo 0.7-1.1s, con  $A_g > 0.15g$  e profondità del substrato  $< 30 m$  la zona Mops 2001 mostra valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1–1,2, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde  $V_{sH}$  e i seguenti valori medi di frequenza:  $V_{sEq} = 300 m/s$  con  $f_0 = 3,5 Hz$ .


Le zone Mops 2003 e 2004 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 2,1-2,2, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde  $V_{sH}$  e i seguenti valori medi di frequenza:  $V_{sEq} = 300 m/s$  con  $f_0 = 2,5 Hz$ .


## Zone stabili


 FA = 1


## Zone stabili suscettibili di amplificazione locale


 FA = 1,1 - 1,2

 FA = 1,3 - 1,4

 FA = 1,5 - 1,6

 FA = 1,7 - 1,8

 FA = 1,9 - 2,0

 FA = 2,1 - 2,2

*Legenda delle carte di Microzonazione Sismica*

Inoltre sono state valutate le **Zone di attenzione per instabilità** e in particolare le zone interessate dalla presenza di *instabilità di versante*, comprendenti le aree interessate da frane attive o quiescenti.

Sulla scorta delle verifiche alla *liquefazione* eseguite si ritiene ipotizzabile la non presenza di zone instabili per la possibilità di fenomeni di liquefazione.

Si riportano di seguito le Microzone Sismiche individuate nello studio di Secondo Livello, eseguito per il solo areale dell'abitato di Pomino, e la loro descrizione (come presentate nell'elaborato Tavola G.10 in scala 1:5.000).

### Zone stabili

ID	Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona
(1011)	Substrato lapideo stratificato (LPS), in assenza di copertura (o spessori generalmente inferiori ai 3,0 m), $i < 15^\circ$ . Basso c.i. <i>Profondità substrato &lt; 30,0 m; Ag &gt; 0,15g</i> FA 0,1-0,5      1,0 FA 0,4-0,8      1,0 FA 0,7-1,1      1,0

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

ID	Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona
Z1 (2001)	Substrato lapideo stratificato (LPS), copertura alteritica < 3,0 m, $i > 15^\circ$ . Basso c.i. <i>Profondità substrato &lt; 30,0 m; Ag &gt; 0,15g</i> FA 0,1-0,5      2,0 FA 0,4-0,8      1,7 FA 0,7-1,1      1,2
Z3 (2003)	Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) di spessore complessivo compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Possibile alto c.i..

**Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g**

FA 0,1-0,5	1,9
FA 0,4-0,8	2,1
FA 0,7-1,1	2,2

**Z4 (2004)** Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) di spessore compreso tra 10,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..

**Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g**

FA 0,1-0,5	1,9
FA 0,4-0,8	2,1
FA 0,7-1,1	2,2

**Zone di attenzione per le instabilità'**

**ID**                      **Descrizione Zona**

**ZAFR1....n**      Instabilità di versante per frana (con indicato il numero della zona stabile suscettibile di amplificazione locale a cui il corpo franoso è sovrastante).

Di seguito, al fine di una migliore valutazione delle procedure che hanno portato alla specifica assegnazione dei valori del fattore di amplificazione precedentemente definiti, per l'area di indagine di Pomino su cui è stato sviluppato uno studio di Livello 2, vengono presentate delle specifiche tabelle in cui vengono indicate le condizioni al contorno (valore di Ag di riferimento e profondità del substrato) e le Zone riconosciute; e, per ciascuna zona individuata, vengono presentati i risultati di tutte le misure HVSR (valore di F0) e delle indagini lineari (valore di Vs) eseguiti, nonché il valore dei fattori di amplificazione nel periodo 0,1-0,5s analizzato.

Relativamente alle Zone prive di specifiche indagini sismiche di tipo Hvsr o lineari i fattori di amplificazioni sono stati ricavati in funzione dei risultati delle indagini sismiche eseguiti in aree limitrofe aventi successione stratigrafica simile e/o interpretate sulla scorta dei risultati delle indagini sismiche eseguite in contesti geologici analoghi ma in aree a diverso Ag di riferimento.

POMINO – ABACO > 0.15g								
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.4-0.8s)	Fa (0.7-1.1s)
1011			<30m	500	<1	1.0	1.0	1.0
2001	P110 P112 P114 P115 P122	L20 L21	<30m	300	3.5	2.0	1.7	1.2
2003	P113		<30m	300	2.5	1.9	2.1	2.2
2004	P111 P119 P121 P123	L15 L16	<30m	300	2.5	1.9	2.1	2.2

**ELABORAZIONI DI LIVELLO 3**

Per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3 del territorio comunale di Rufina (areali del Capoluogo, di Contea e di Scopeti), la Carta delle Indagini di Livello 1 ed il relativo database sono stati aggiornati con i nuovi dati acquisiti durante il presente lavoro; è stata naturalmente seguita la simbologia indicata nelle Istruzioni Tecniche e negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica ufficiali.

Anche l'elaborato relativo alla Carta delle Frequenze redatto per il Livello 1, è stato aggiornato in funzione delle nuove misure HVSR.

Nella carta sono riportati i risultati della campagna di misure di microtremore a stazione singola HVSR, comunemente nota con il termine H/V condotte secondo gli standard e i criteri stabiliti dagli ICMS e indicati nel Volume di Ingegneria sismica 2/11 per la misura delle frequenze fondamentali dei depositi che costituiscono la copertura della pianura alluvionale e delle coltri detritiche su substrato.

Nella Carta di Microzonazione Sismica è stata riportata la distribuzione delle aree caratterizzate da amplificazioni locali del moto sismico per effetti litostratigrafici, per le quali è stato quantificato analiticamente il fattore di amplificazione FA, ottenuto tramite lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 effettuato.

In accordo con i referenti della Regione Toscana per meglio rappresentare gli effetti attesi è stata elaborata, per le aree di indagine, la sola rappresentazione cartografica relativa a:

- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0.1 e 0.5s.

Per detto elaborato le nuove indagini eseguite hanno confermato il modello geologico generale e quindi, sostanzialmente, la classificazione delle microzone eseguita in fase di Livello 1, sebbene con alcune modifiche.

Pertanto, alle varie Zone individuate in fase di primo livello e confermate o modificate in fase di terzo livello, sono stati assegnati i valori del Fattore di Amplificazione, secondo le procedure indicate nella Relazione tecnica inerente l'elaborazione di Risposta Sismica Locale 2D (RSL2D) e a cui si rimanda per una specifica trattazione.

Si riportano di seguito le Microzone Sismiche individuate nello studio di Terzo Livello e la loro descrizione. (come presentate negli elaborati Tavola G.09 e G.10 in scala 1:5.000).

### **Zone stabili**

<b>ID</b>	<b>Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona</b>
<b>(1011)</b>	Substrato lapideo stratificato (LPS), in assenza di copertura (o spessori generalmente inferiori ai 3,0 m), $i < 15^\circ$ . Basso c.i. FA 0,1-0,5      1,0
<b>(1041)</b>	Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), in assenza di copertura (o spessori generalmente inferiori ai 3,0 m), $i < 15^\circ$ . Basso c.i. FA 0,1-0,5      1,0

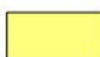
### **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

<b>ID</b>	<b>Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona</b>
<b>Z1 (2001)</b>	Substrato lapideo stratificato (LPS), copertura alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$ . Basso c.i. FA 0,1-0,5      1,26
<b>Z2 (2002)</b>	Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), copertura alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$ . Basso c.i. FA 0,1-0,5      1,26
<b>Z3 (2003)</b>	Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) di spessore complessivo compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Possibile alto c.i.. FA 0,1-0,5      1,25
<b>Z4 (2004)</b>	Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) di spessore compreso tra 10,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. FA 0,1-0,5      1,46
<b>Z5 (2005)</b>	Copertura alluvionale di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS); talora presenza di riporti. Possibile alto c.i.. FA 0,1-0,5      1,46
<b>Z6 (2006)</b>	Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) di spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i..




	FA 0,1-0,5	1,25
<b>Z7 (2007)</b>	Copertura alluvionale di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Possibile alto c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,46 (Rufina, Scopeti) – 1,75 (Contea)
<b>Z8 (2008)</b>	Copertura alluvionale di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 10,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,46
<b>Z9 (2009)</b>	Copertura alluvionale di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS); talora presenza di riporti. Basso c.i.	
	FA 0,1-0,5	1,46
<b>Z10 (2010)</b>	Copertura alluvionale di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Possibile alto c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,75

## Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 FA = 1.3 - 1.4

 FA = 1.5 - 1.6

 FA = 1.7 - 1.8

## Zone stabili

 FA = 1

### Zone di attenzione per le instabilità

ID	Descrizione Zona
<b>ZAFR1...n</b>	Instabilità di versante per frana (con indicato il numero della zona stabile suscettibile di amplificazione locale a cui il corpo franoso è sovrastante).
<b>(30122001)</b>	FA 0,1-0,5 1,62 (ZSFR)
<b>(30222001)</b>	FA 0,1-0,5 1,62 (ZSFR)
<b>(30222002)</b>	FA 0,1-0,5 1,62 (ZSFR)
<b>(30122003)</b>	FA 0,1-0,5 1,62 (ZSFR)
<b>(30222003)</b>	FA 0,1-0,5 1,62 (ZSFR)
<b>(30222003)</b>	FA 0,1-0,5 1,62 (ZSFR)
<b>(30222004)</b>	FA 0,1-0,5 1,62 (ZSFR)
<b>(30122007)</b>	FA 0,1-0,5 1,62 (ZSFR)
<b>(30222007)</b>	FA 0,1-0,5 1,62 (ZSFR)
<b>(30222009)</b>	FA 0,1-0,5 1,62 (ZSFR)

## Zone suscettibili di instabilità



ZSFR = Zona di suscettibilità per frane  
in terra FA = 1.6 FRT = 50

### 8.7 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE PORZIONI DI TERRITORIO INDAGATE

Si raccolgono nel presente capitolo considerazioni riassuntive in merito agli aspetti relativi alle indagini eseguite e alla definizione delle zone Mops e dei fattori di amplificazione attribuiti, per ciascuna area oggetto di approfondimento.

#### **RUFINA – Capoluogo**

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04 e G.09 in scala 1:5.000 e G.11 in scala 1:2.000)

#### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

Il settore di fondovalle su cui sorge l'abitato del Capoluogo è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna) poggianti, principalmente su litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona, nella sua facies principale costituita da un'alternanza di livelli arenacei, marnosi, argillitici e siltitici.

Secondariamente, nella porzione meridionale e occidentale (presso l'area del campo sportivo) dell'abitato, le litologie su cui poggiano i depositi alluvionali sono riferibili alle formazioni dell'Unità di Canetolo del Dominio Sub-ligure. Queste si presentano in contatto tettonico con i suddetti depositi del Dominio Toscano.

Le litologie appartenenti all'Unità di Canetolo sono in particolare riferibili alla formazione delle Argille e Calcari di Canetolo nella sua litofacies principale prevalentemente argillitica (ACC), presente nella porzione meridionale dell'abitato di Rufina, e alla medesima formazione ma nella litofacies torbiditica calcareo marnosa (ACCb), nella porzione di territorio in corrispondenza del campo sportivo.

I termini riferibili al Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona e alle formazioni appartenenti all'Unità di Canetolo si rinvergono in affioramento nei rilievi collinari posti attorno al fondovalle del Fiume Sieve.

L'assetto giaciturale è prevalentemente verso i quadranti occidentali, con inclinazioni a franapoggio variabili tra 30° e 40° in corrispondenza delle arenarie torbiditiche del Membro di Montalto (FAL3); mentre in corrispondenza delle litologie riferibili alle Argille e Calcari di Canetolo in s.l. l'assetto è estremamente variabile, con inclinazioni, tuttavia, comprese generalmente tra 20° e 45°.

Nei settori collinari e al piede dei versanti stessi le litologie del substrato riconosciute sono soventemente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a), da coltri detritiche (a3a) e nonché da depositi di frana sia attive che quiescenti. Nel settore di fondovalle, lungo il corso del Fiume Sieve si rinvergono spessori di depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non terrazzati (bna).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree intensamente urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è principalmente quiescente e secondariamente attivo, presenti lungo i versanti collinari posti ad oriente dell'abitato del Capoluogo. Il principio di questi si colloca in corrispondenza dell'areale su cui sorge l'area cimiteriale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di frane di limitata estensione, scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia scarsa acclività (generalmente compresa tra 0% e 5%) nel settore di fondovalle, laddove sorge l'abitato di Rufina, con un aumento della stessa (generalmente compresa tra 5% e 25%) risalendo i settori collinari in corrispondenza delle aree urbanizzate. Maggiori acclività (comprese tra 25% e 35%) si rilevano nei settori collinari ad est dell'abitato del Capoluogo.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

### ***Indagini geognostiche realizzate e/o progressse***

Per il Capoluogo sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 13 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 5 strumentati con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 5 sondaggi geognostici a distruzione di nucleo con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 6 prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- n. 3 prove penetrometriche dinamiche leggere;
- n. 4 prove penetrometriche statiche;
- n. 5 indagini di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;
- n. 8 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 30 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSR).

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo sono inoltre stata effettuata ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geognostiche e geofisiche consistente in:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 3 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSR).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico litoide su cui sorge l'abitato di Rufina risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona e all'Unità di Canetolo.

In particolare, la maggior parte del substrato litoide su cui sorge l'abitato del Capoluogo, è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3). Queste litologie affiorano sui rilievi posti ad est dell'abitato.

Secondariamente il substrato litoide è caratterizzato dalle litologie appartenenti alla formazione delle Argille e Calcari di Canetolo, nella sua litofacies caratteristica prevalentemente argillitica (ACC) e nella sua litofacies torbiditica calcareo marnosa (ACCb). La prima rappresenta il substrato litoide presente nella porzione meridionale dell'abitato di Rufina, mentre la seconda nella porzione di territorio in corrispondenza del campo sportivo.

Nel fondovalle del Fiume Sieve dove sorge l'abitato del Capoluogo le suddette litologie, sono sormontate da spessori da metrici a decametrici (comunque inferiori a 20,0 m) di depositi alluvionali.

Nei settori collinari e al piede degli stessi i litotipi litoidi sono talora sormontati da spessori plurimetrici di coltre eluvio-colluviale e/o alteritica o da coperture detritiche.

Inoltre in alcuni areali, come ad esempio lungo il versante posto presso l'area cimiteriale vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

Infine vi sono talora spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***Modello geologico tecnico***

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMfd (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) i corpi detriti appartenenti ai detriti di falda (a3a) e ai depositi di versante (aa), all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluviocolluviali, all'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali attuali (b) e i depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna).

Per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) e alla formazione delle Argille e Calcari di Canetolo nella litofacies torbiditica calcareo marnosa (ACCb) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato);
- i terreni di natura litoide appartenenti alle Argille e Calcari di Canetolo (ACC) sono stati inseriti nella classe geologicotecnica ALS (Alternanza di litotipi, stratificato);

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato litoide raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato litoide.

### ***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al precedente dettaglio e da n. 33 misure HVSR di cui n. 7 classificate in classe A1, n. 24 classificate in A2 e n. 2 classificate in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 85,1 che la colloca in classe di accettabilità A.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3 sono state eseguite n. 3 misure di sismica passiva con metodo HVSR finalizzate allo studio in questione (prove con sigle P129, P130 e P131), oltre a n. 1 stesa di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagine L19).

In corrispondenza delle medesime aree sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Rufina e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 30 misure di sismica passiva con metodo HVSR (P65, P66, P67, P68, P69, P70, P71, P72, P73, P74, P75, P76, P77, P78, P79, P80, P81, P82, P83, P84, P85, P86, P87, P88, P89, P90, P91, P92, P96 e P97), n. 5 indagini di sismica a rifrazione in foro di tipo down-hole (indagini P1, P5, P6, P7 e P8) e n. 8 stese di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagini L1, L4, L6, L7, L8, L9, L10 e L11).

Nei settori di fondovalle, le indagini eseguite nella porzione settentrionale dell'abitato di Rufina (prove P74, P75, P82, P84, P86, P90 e P94) hanno mostrato nella totalità alti contrasti di frequenza riferibili a picchi con frequenze maggiori di ca. 4,5 Hz, ad eccezione delle prove P74 e P82 che non hanno mostrato picchi significativi o molto profondi.

Presso la prova P86 è stata eseguita la stesa di sismica a rifrazione L1 che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore di ca. 3,0 m, avente  $V_s$  comprese tra 190 e 210 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore variabile tra ca. 5,0 e 12,0 m con  $V_s$  comprese tra 395 e 445 m/s, a cui segue un terzo sismostrato dello spessore variabile tra ca. 16,0 m e ca. 22,0 m con  $V_s$  comprese tra 720 e 785 m/s. A questo seguono terreni con  $V_s$  comprese tra 1400 e 1740 m/s.

La stesa di sismica a rifrazione L4, realizzata lungo il corso del Fiume Sieve, poco ad ovest della prova P82, ha invece mostrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore variabile tra ca. 2,0 e ca. 4,0 m, avente  $V_s$  comprese tra 180 e 215 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore variabile tra ca. 4,0 e 12,0 m con  $V_s$  comprese tra 390 e 395 m/s, a cui seguono terreni con  $V_s$  comprese tra 760 e 820 m/s.

Nei settori di fondovalle, le indagini eseguite nella porzione meridionale dell'abitato di Rufina (prove P69, P73, P77, P81, P85, P87, P88 e P89) hanno mostrato contrasti di frequenza di intensità variabile (compresi tra 2,36 e 4,85) riferibili a picchi con frequenze anche in questo caso maggiori di ca. 4,5 Hz.

Presso le prove P77 e P85 la stesa di sismica a rifrazione L8 ha registrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore di ca. 5,0 m, avente  $V_s = 310$  m/s, a cui seguono terreni con  $V_s = 885$  m/s.

Nello stesso areale è stata eseguita una prova di sismica a rifrazione in foro di tipo down-hole (prova P1) che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 1,0 m avente  $V_s = 188$  m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di 5,0 m con  $V_s = 305$  m/s, un terzo sismostrato dello spessore di 2,0 m con  $V_s = 426$  m/s, un quarto sismostrato dello spessore di 6,0 m con  $V_s = 750$  m/s e un quinto sismostrato dello spessore di 11,5 m con  $V_s = 1197$  m/s. A questo seguono terreni, di spessore non definito con  $V_s = 683$  m/s.

Sempre nei settori di fondovalle, le indagini eseguite nella porzione meridionale dell'area di studio (prove P67, P70, P79, P80, P96 e P131) hanno mostrato ad eccezione della prova P80 ( $A_0 = 3,85$ ) bassi contrasti di frequenza (compresi tra 1,81 e 2,92) riferibili a picchi con frequenze generalmente maggiori di 4,0 Hz. In questo settore la prova P70 non ha registrato la presenza di picchi significativi.

Le prove eseguite lungo i versanti collinari presenti ad est dell'abitato di Rufina e nei settori di raccordo tra i versanti medesimi ed il fondovalle hanno mostrato generalmente bassi contrasti di impedenza sismica (prove P66, P68, P72, P76, P78, P91, P97, P131), o la non presenza di picchi significativi (P65, P70, P71, P129 e P130).

Nel settore di versante sovrastante l'area cimiteriale di Rufina è stata eseguita la stesa di sismica a rifrazione L19. La prova ha registrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore variabile tra 1,0 e 2,0 m, avente Vs di 150 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore variabile tra ca. 4,0 e 10,0 m con Vs che raggiungono i 300 m/s, un terzo sismostrato dello spessore variabile tra ca. 4,0 e 8,0 m con Vs che raggiungono i 450 m/s, un quarto sismostrato dello spessore variabile tra ca. 6,0 e 10,0 m con Vs che raggiungono i 600 - 650 m/s e un quinto sismostrato dello spessore variabile tra ca. 4,0 e 6,0 m con Vs che raggiungono gli 800 m/s. A questo seguono terreni con Vs che raggiungono i 1100 m/s.

### ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

#### **Zone stabili**

- **(1011)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) con assenza di copertura o presenza di spessori di coltre di alterazione generalmente inferiori ai 3,0 m, con  $i < 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) o delle Argille e Calcari di Canetolo in litofacies torbiditica calcareo marnosa (ACCb).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P65, P71, P72, P78) e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentano alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,0 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in vari settori dei rilievi collinari posti ad est dell'area su cui sorge il Capoluogo di Rufina.

- **(1041)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), con assenza di copertura o presenza di spessori di coltre di alterazione generalmente inferiori ai 3,0 m, con  $i < 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P68) e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentano alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,0 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in corrispondenza dei rilievi collinari presenti nell'estrema porzione meridionale dell'area di indagine.

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1 (2001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) con assenza di copertura o presenza di spessori generalmente inferiori ai 3,0 m, con  $i > 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) o delle Argille e Calcari di Canetolo in litofacies torbiditica calcareo marnosa (ACCb).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P129 e P130) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di

alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 si evince che la zona assume un fattore di amplificazione pari a 1,26 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nei rilievi collinari della porzione nord-orientale dell'area di indagine, come in corrispondenza di Poggio Paretaio.

- **zona 2 (2002)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS) con assenza di copertura o presenza di spessori generalmente inferiori ai 3,0 m, con  $i > 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P68 e P131) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione pari a 1,26 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori dei rilievi collinari dell'estrema porzione sud-orientale dell'area di indagine.

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture eluvio-colluviali e detritiche (di natura prevalentemente sabbioso limosa - SM) di spessore complessivo compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) o delle Argille e Calcari di Canetolo in litofacies torbiditica calcareo marnosa (ACCb).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P84, P89 e P92) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione pari a 1,25 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori dei rilievi collinari della porzione nord-orientale dell'area di indagine.

- **zona 4 (2004)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture eluvio-colluviali e detritiche (di natura prevalentemente sabbioso limosa - SM) di spessore complessivo compreso tra 10,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) o delle Argille e Calcari di Canetolo in litofacies torbiditica calcareo marnosa (ACCb).

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione pari a 1,46 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un isolato settore della porzione nord-orientale dell'area di indagine.

- **zona 5 (2005)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture alluvionali di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi,

stratificato (ALS); talora presenza di riporti. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P80) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione pari a 1,46 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nell'estrema porzione sud-occidentale del settore di fondovalle dell'area di studio.

- **zona 6 (2006)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture eluvio-colluviali e detritiche (di natura prevalentemente sabbioso limosa - SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione pari a 1,25 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nei settori di raccordo tra rilievi e fondovalle nella porzione meridionale dell'area di studio.

- **zona 7 (2007)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture alluvionali di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) o delle Argille e Calcari di Canetolo in litofacies torbidity calcareo marnosa (ACCb).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P75, P89 e P90) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione pari a 1,46 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in gran parte dei settori di raccordo tra rilievi e fondovalle nella porzione centrale e settentrionale dell'area di studio.

- **zona 9 (2009)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture alluvionali di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS); talora presenza di riporti. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P67) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione pari a 1,46 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.



La zona viene individuata in un limitato areale nella porzione di raccordo tra rilievi e il fondovalle nel settore meridionale dell'area di studio.

- **zona 10 (2010)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture alluvionali di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) o delle Argille e Calcari di Canetolo in litofacies torbiditica calcareo marnosa (ACCb).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P69, P86) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione pari a 1,75 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

Rappresenta gran parte dei settori di fondovalle del corso del Fiume Sieve su cui sorge l'abitato di Rufina.

#### **Zone suscettibili di attenzione per instabilità**

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione pari a 1,62 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane) riferibili alle zone instabili 30222001, 30222002, 30122003, 30222003, 30222004, 30222006, 30222007 e 30222009.

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, e delle considerazioni e verifiche riportate al paragrafo 2.6, nell'areale del Capoluogo non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

### **CONTEA**

(vedi tavv. G.05, G.06, G.07, G.08 e G.10 in scala 1:5.000 e G.11 in scala 1:2.000)

#### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

Il settore di fondovalle su cui sorge l'abitato di Contea, posto alla confluenza del Torrente Moscia nel Fiume Sieve, è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna) poggianti su litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona.

I termini riferibili al Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona si rinvegnono in affioramento nei rilievi collinari posti attorno al fondovalle del Fiume Sieve e Torrente Moscia.

L'assetto giaciturale è prevalentemente verso sud-ovest, con assetto sia normale che inverso e inclinazioni variabili tra 20° e 80°, anche in funzione dell'influenza delle varie dislocazioni tettoniche che interessano l'area, nei settori dei rilievi ad est dell'abitato. Nei rilievi presenti a sud-est dell'area di interesse, detto assetto presenta giaciture normali immergenti a basso angolo (inclinazioni generalmente comprese tra 5° e 30°) verso nord-est.

Nei settori collinari e al piede dei versanti stessi le litologie del substrato riconosciute sono soventemente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a), da coltri detritiche (a3a) e nonché da depositi di frana sia attive che

quiescenti. Nel settore di fondovalle, lungo il corso del Fiume Sieve e del Torrente Moscia si rinvennero spessori di depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non terrazzati (bna).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree intensamente urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è principalmente quiescente e secondariamente attivo, presenti lungo i versanti collinari posti ad orientate dell'abitato di Contea. Inoltre, la porzione centrale dell'abitato è interessata dalla presenza di un corpo di conoide collocata allo sbocco nel fondovalle del Fosso del Molinuzzo. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di frane di limitata estensione, scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia scarsa acclività (generalmente compresa tra 0% e 5%) nel settore di fondovalle, laddove sorge l'abitato di Contea, con un aumento della stessa (generalmente compresa tra 5% e 25%) risalendo i settori collinari in corrispondenza delle aree urbanizzate. Maggiori acclività (comprese tra 25% e 35% e talora anche maggiori) si rilevano nei settori collinari ad est dell'abitato di Contea.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

### ***Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse***

Per l'abitato di Contea sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 2 sondaggi geognostico a carotaggio continuo strumentati con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 1 sondaggio geognostico a distruzione di nucleo con la relativa risultanza stratigrafica;
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- n. 2 indagini di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;
- n. 2 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 11 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSr).

In corrispondenza dell'abitato di Contea sono inoltre stata effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geognostiche e geofisiche consistente in:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo strumentato con tubo per prova down-hole, con la relativa risultanza stratigrafica;
- n. 1 prova Masw;
- n. 1 array sismico di tipo Esac;
- n. 1 indagini di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;
- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh;

- n. 2 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtrempi (HVSR).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico litoide su cui sorge l'abitato di Contea risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona.

In particolare, il substrato litoide su cui sorge l'abitato di Contea è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3). Queste litologie affiorano sui rilievi posti ad est dell'abitato.

Nel fondovalle del Fiume Sieve e del Torrente Moscia, dove sorge l'abitato di Contea le suddette litologie, sono sormontate da spessori da metrici a decametrici (comunque inferiori a 20,0 m) di depositi alluvionali.

Nei settori collinari e al piede degli stessi i litotipio litoidi sono talora sormontati da spessori plurimetrici di coltre eluvio-colluviale e/o alteritica o da coperture detritiche.

Inoltre in alcuni areali, come ad esempio lungo il versante posto presso l'area cimiteriale vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

Infine vi sono talora spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***Modello geologico tecnico***

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMfd (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) i corpi detriti appartenenti ai detriti di falda (a3a) e ai depositi di versante (aa), all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluviocolluviali, all'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali attuali (b) e i depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna).

Per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato litoide raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato litoide.

### ***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al precedente dettaglio e da n. 13 misure HVSR di cui n. 5 classificate in classe A1, n. 2 classificate in A2, n. 3 classificate in B1 e n. 3 classificate in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 62,3 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3 sono state eseguite n. 2 misure di sismica passiva con metodo HVSR finalizzate allo studio in questione (prove con sigle P126 e P127), oltre a n. 1 indagine di sismica a rifrazione in foro di tipo down-hole (indagine P125), n. 1

stesa di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagine L17) e n. 1 indagine sismica di tipo Masw (indagine L18) congiunta ad una prova di array sismico di tipo Esac (prova P128).

In corrispondenza delle medesime aree sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Rufina e dagli studi di Microzonazione Simica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 11 misure di sismica passiva con metodo HVSR (P43, P44, P45, P46, P47, P48, P49, P56, P93, P99 e P100), n. 1 indagine di sismica a rifrazione in foro di tipo down-hole (indagine P2) e n. 1 stesa di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagine L2).

Nel settore di fondovalle, prossimo al corso del Fiume Sieve le prove P49, P49 e P100 hanno mostrato alti contrasti di impedenza ( $A_0$  comprese tra 5,09 e 6,03) con picchi di frequenza presenti attorno a 10,0 metri di profondità ( $f_0$  compresi tra 9,87 Hz e 11,35 Hz).

In questo settore l'indagine di sismica a rifrazione L2 ha mostrato la presenza nel sottosuolo di una successione sismostratigrafica costituita da un primo sismostrato dello spessore di ca. 3,0 m avente  $V_s$  comprese tra 180 e 260 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di ca. 16,0 m con  $V_s$  comprese tra 455 e 520 m/s. A questo seguono terreni con  $V_s$  comprese tra 1220 e 1405 m/s.

Nel settore di fondovalle sono state eseguite anche due prove sismiche in foro di tipo down-hole (prove P2 e P125).

L'indagine P2 ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 2,0 m avente  $V_s = 140$  m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di 4,0 m con  $V_s = 280$  m/s, un terzo sismostrato dello spessore di 7,0 m con  $V_s = 365$  m/s, a cui seguono terreni con  $V_s = 845$  m/s.

Mentre l'indagine P125, eseguita in un settore tra le prove P45 e P49, ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 2,0 m avente  $V_s = 190$  m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di 2,0 m e  $V_s = 354$  m/s, un terzo sismostrato dello spessore di 2,0 m con  $V_s = 632$  m/s, un quarto sismostrato dello spessore di 2,0 m con  $V_s = 313$  m/s, un quinto sismostrato dello spessore di 2,0 m e  $V_s = 496$  m/s, un sesto sismostrato dello spessore di 6,0 m e  $V_s = 1662$  m/s, un settimo sismostrato dello spessore di 2,0 m e  $V_s = 875$  m/s, un ottavo sismostrato dello spessore di 2,0 m e  $V_s = 1665$  m/s, un nono sismostrato dello spessore di 2,0 m e  $V_s = 822$  m/s, un decimo sismostrato dello spessore di 2,0 m e  $V_s = 1643$  m/s, un undicesimo sismostrato dello spessore di 3,0 m e  $V_s = 910$  m/s. A questo seguono terreni con  $V_s = 2019$  m/s.

Nei settori collinari le prove (prove P46, P47, P56 e P127) eseguite nella porzione settentrionale dell'area di indagine hanno mostrato nella quasi totalità bassi contrasti di impedenza sismica ( $A_0$  compresi tra 2,19 e 2,53) a profondità inferiori a 10,0 m dal p.c. (picchi di frequenza compresi tra 11,58 Hz e 12,62 Hz). Un alto contrasto di impedenza ( $A_0 = 3,2$ ), anch'esso superficiale ( $f_0 = 15,26$  Hz), è stato registrato nella sola prova P46.

In prossimità della prova P127 è stata eseguita un'indagine Masw (L18) associata ad un'indagine Esac (P128).

Le prove hanno mostrato la presenza nel sottosuolo di una successione sismostratigrafica costituita da un primo sismostrato dello spessore di 6,0 m avente  $V_s$  pari a circa 420 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di ca. 1,5 m con  $V_s$  pari a circa 560 m/s e un terzo sismostrato dello spessore di ca. 3,5 m con  $V_s$  pari a ca. 880 m/s. A questo seguono terreni con  $V_s$  pari a circa 1300 m/s.

Le prove eseguite nella porzione centrale (prove P44, P48, P93 e P126) hanno mostrato alti contrasti di impedenza ( $A_0$  compresi tra 3,50 e 4,89) a profondità variabili (picchi di frequenza variabili tra 2,74 e 10,23 Hz).

Infine, nei rilievi della porzione meridionale dell'area di indagine, le prove P43 e P99 hanno presentato bassi contrasti di impedenza ( $A_0$  uguali rispettivamente a 2,29 e 2,26 Hz) con picchi di frequenza superficiali ( $f_0$  rispettivamente uguali a 6,16 Hz e 10,52 Hz).

## ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1 (2001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) con assenza di copertura o presenza di spessori generalmente inferiori ai 3,0 m, con  $i > 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P99) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 si evince che la zona assume un fattore di amplificazione pari a 1,26 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nei rilievi collinari della porzione orientale dell'area d'indagine.

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture eluvio-colluviali e detritiche (di natura prevalentemente sabbioso limosa - SM) di spessore complessivo compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P46) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 si evince che la zona assume un fattore di amplificazione pari a 1,25 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in vari settori dei rilievi collinari dell'area d'indagine.

- **zona 4 (2004)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture eluvio-colluviali e detritiche (di natura prevalentemente sabbioso limosa - SM) di spessore complessivo compreso tra 10,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P93) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 si evince che la zona assume un fattore di amplificazione pari a 1,46 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un'ampia fascia che interessa la porzione meridionale dell'area di studio.

- **zona 7 (2007)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture alluvionali di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P44, P45, P49 e P100) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 si evince che la zona assume un fattore di amplificazione pari a 1,75 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in gran parte dei settori di raccordo tra rilievi e fondovalle e in corrispondenza del fondovalle stesso su cui sorge l'abitato di Contea.

#### **Zone suscettibili di attenzione per instabilità**

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione pari a 1,62 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane) riferibili alle zone instabili 30122001, 30222001, 30222003, 30222004, 30212007 e 30222007.

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, e delle considerazioni e verifiche riportate al paragrafo 2.6, nell'areale di Contea non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

#### **SCOPETI**

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04 e G.09 in scala 1:5.000 e G.11 in scala 1:2.000)

#### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

Il settore di fondovalle su cui sorge l'abitato di Scopeti è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna) poggianti su litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona.

I termini riferibili al Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona si rinvencono in affioramento nei rilievi collinari posti ad est del fondovalle del Fiume Sieve.

L'assetto giaciturale è prevalentemente verso i quadranti occidentali, con inclinazioni a franapoggio variabili tra 20° e 40°.

Nei settori collinari e al piede dei versanti stessi le litologie del substrato riconosciute sono sovente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a), da coltri detritiche (a3a) e nonché da depositi di frana sia attive che quiescenti. Nel settore di fondovalle, lungo il corso del Fiume Sieve si rinvencono spessori di depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non terrazzati (bna).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree intensamente urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è principalmente quiescente, presenti lungo i versanti collinari posti ad oriente dell'abitato. Il principale di questi interessa gran parte dei rilievi collinari nella porzione nord-orientale dell'areale di studio. Nella porzione meridionale si ha la presenza, invece, di un corpo di conoide allo sbocco nel fondovalle del Fosso dei Casini. Il contesto geomorfologico è completato dalla presenza di frane di limitata estensione, scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia scarsa acclività (generalmente compresa tra 0% e 5%) nel settore di fondovalle, laddove sorge l'abitato di Scopeti, con un aumento della stessa (generalmente compresa tra 5% e

25%) risalendo i settori collinari in corrispondenza delle aree urbanizzate. Maggiori acclività (comprese tra 25% e 35%, ma anche superiori) si rilevano nei settori collinari ad est dell'abitato.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

### ***Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse***

Per l'abitato di Scopeti sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo strumentati con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 1 sondaggio geognostico a distruzione di nucleo con la relativa risultanza stratigrafica;
- n. 6 prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- n. 1 prova penetrometrica statica;
- n. 2 indagini di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;
- n. 4 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 17 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremitori (HVSr).

In corrispondenza dell'abitato di Scopeti sono inoltre stata effettuata ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geognostiche e geofisiche consistente in:

- n. 1 prova sismica di tipo Masw;
- n. 6 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremitori (HVSr).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico litoide su cui sorge l'abitato di Scopeti risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona.

In particolare, il substrato litoide su cui sorge l'abitato è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3). Queste litologie affiorano sui rilievi posti ad est dell'abitato.

Secondariamente il substrato litoide è caratterizzato dalle litologie appartenenti alla formazione delle Argille e Nel fondovalle del Fiume Sieve dove sorge l'abitato di Scopeti le suddette litologie, sono sormontate da spessori da metrici a decametrici (comunque inferiori a 20,0 m) di depositi alluvionali.

Nei settori collinari e al piede degli stessi i litotipio litoidi sono talora sormontati da spessori plurimetrici di coltre eluvio-colluviale e/o alteritica o da coperture detritiche.

Inoltre in alcuni areali, come ad esempio lungo il versante posto presso l'area cimiteriale vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

Infine vi sono talora spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***Modello geologico tecnico***

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMfd (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) i corpi detriti appartenenti ai detriti di falda (a3a) e ai depositi di versante (aa), all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluviocolluviali, all'unità geologico-tecnica SMca (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – conoide alluvionale) i depositi appartenenti ai corpi di conoide, all'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali attuali (b) e i depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna).

Per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato litoide raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato litoide.

### ***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al precedente dettaglio e da n. 23 misure HVSR di cui n. 6 classificate in classe A1, n. 10 classificate in A2, n. 1 classificata in B1 e n. 6 classificate in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 65,0 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di Scopeti durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3 sono state eseguite n. 6 misure di sismica passiva con metodo HVSR finalizzate allo studio in questione (prove con sigle P136, P137, P138, P139, P140 e P141), oltre a n. 1 indagine sismica tipo Masw (indagine L12).

In corrispondenza delle medesime aree sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Rufina e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 17 misure di sismica passiva con metodo HVSR (P50, P51, P52, P53, P54, P55, P57, P58, P59, P60, P61, P62, P63, P64, P94, P95 e P98), n. 2 indagini di sismica a rifrazione in foro di tipo down-hole (indagini P3 e P4) e n. 4 stese di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagini L3, L5, L13 e L14).

Nei settori di fondovalle le indagini hvsr eseguite (P50, P51, P52, P57, P58, P59, P60, P61, P62 e P94) hanno mostrato principalmente alti contrasti di impedenza a frequenze dei picchi superiori a 7,0 Hz.

Medesima situazione si rileva nelle prove eseguite (P52, P54, P55 e P95) nei settori centrali e settentrionali delle zone di raccordo tra rilievi e fondovalle dell'area di indagine.

Nei settori di raccordo tra rilievi e fondovalle presenti nella porzione meridionale dell'area di indagine le prove eseguite (P64, P98 e P138) hanno mostrato bassi contrasti di impedenza a frequenze dei picchi comprese tra circa 5,5 e 6,0 Hz.

Nei settori di fondovalle le stese sismiche a rifrazione L3 (a nord della prova P62) e L5 (a sud-ovest della prova P94) hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 1,0-2,0 m avente Vs compresa tra 155



e 175 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di ca. 10,0 m e  $V_s$  comprese tra 415 e 435 m/s. A questo seguono terreni con  $V_s$  comprese tra 1490 e 1535 m/s.

Nel settore di fondovalle prossimo (ad ovest) alla prova P60 è stata eseguita anche una prova sismica in foro di tipo down-hole (prova P4).

L'indagine P4 ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 2,0 m avente  $V_s = 175$  m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di 4,0 m e  $V_s = 390$  m/s, un terzo sismostrato dello spessore di 4,0 m con  $V_s = 545$  m/s, un quarto sismostrato dello spessore di 4,0 m con  $V_s = 855$  m/s e un quinto sismostrato dello spessore di 3,0 m e  $V_s = 1540$  m/s. A questo seguono terreni con  $V_s = 2090$  m/s.

Nei versanti posti ad est dell'abitato di Scopeti le prove eseguite hanno mostrato o bassi contrasti di impedenza (A0 compresi tra 2,2 e 2,37) e picchi di frequenza compresi tra 3,08 e 3,18 Hz (prove P53 e P136) o la non registrazione di picchi di frequenza (prove P137, P139, P140 e P141).

In questa zona la prova Masw L12 ha registrato una successione sismostratigrafica con un primo sismostrato dello spessore di 10,0 m avente  $V_s = 300$  m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di 25,0 m e  $V_s = 500$  m/s. A questo seguono terreni con  $V_s$  pari a ca. 970 m/s.

### ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

#### **Zone stabili**

- **(1011)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) con assenza di copertura o presenza di spessori di coltre di alterazione generalmente inferiori ai 3,0 m, con  $i < 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) o delle Argille e Calcari di Canetolo in litofacies torbiditica calcareo marnosa (ACCb).

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentano alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,0 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni limitati areali lungo i rilievi collinari posti ad est dell'area su cui sorge l'abitato di Scopeti.

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1 (2001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) con assenza di copertura o presenza di spessori generalmente inferiori ai 3,0 m, con  $i > 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 si evince che la zona assume un fattore di amplificazione pari a 1,26 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nei rilievi collinari della porzione sud-orientale dell'area di indagine.

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture eluvio-colluviali, detritiche e talora, limitatamente all'area di indagine, di conoide (di natura prevalentemente sabbioso limosa - SM) di spessore complessivo compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di

riporti. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 si evince che la zona assume un fattore di amplificazione pari a 1,25 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori dei rilievi collinari ad est dell'area di indagine; principalmente nella porzione sud-orientale.

- **zona 4 (2004)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture eluvio-colluviali, detritiche e talora, limitatamente all'area di indagine, di conoide (di natura prevalentemente sabbioso limosa - SM) di spessore complessivo compreso tra 10,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 si evince che la zona assume un fattore di amplificazione pari a 1,46 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un isolato settore della porzione sud-orientale dell'area di indagine.

- **zona 7 (2007)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture alluvionali di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P52, P57, P58 e P59) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 si evince che la zona assume un fattore di amplificazione pari a 1,46 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in gran parte dei settori di raccordo tra rilievi e fondovalle e nel fondovalle stesso, dove sorge l'abitato di Scopeti.

- **zona 8 (2008)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture alluvionali di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture eluvio-colluviali e detritiche di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 10,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P52) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 si evince che la zona assume un fattore di amplificazione pari a 1,46 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nei settori di raccordo tra rilievi e fondovalle nella porzione settentrionale dell'area di studio.

- **zona 10 (2010)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture alluvionali di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P50, P51, P60 e P94) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 si evince che la zona assume un fattore di amplificazione pari a 1,75 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

Rappresenta gran parte dei settori di fondovalle lungo il corso del Fiume Sieve nella porzione meridionale dell'area di studio.

#### **Zone suscettibili di attenzione per instabilità**

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione pari a 1,62 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane) riferibili alle zone instabili 30222001, e 30222003.

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, e delle considerazioni e verifiche riportate al paragrafo 2.6, nell'areale di Scopeti non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

### **POMINO**

(vedi tavv. G.05, G.06, G.07, G.08 e G.10 in scala 1:5.000 e G.11 in scala 1:2.000)

#### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

Il settore su cui sorge l'abitato di Pomino è caratterizzato dalla presenza di litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona, nella sua facies principale costituita da un'alternanza di livelli arenacei, marnosi, argillitici e siltitici.

I termini riferibili al Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona si rinvegnono in affioramento nei rilievi posti a monte dell'abitato di Pomino.

L'assetto giaciturale è prevalentemente verso i quadranti occidentali, con inclinazioni a franapoggio variabili tra 25° e 40°.

Le litologie litoidi sono soventemente sormontate da coltri detritiche (a3a) e da depositi di frana sia attive che quiescenti.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo che quiescente, presenti in gran parte dell'area di studio. Il contesto

geomorfologico è completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia un'acclività generalmente compresa tra 5% e 25%, con maggiori acclività (comprese tra 25% e 35% e anche superiori) nei settori a monte dell'abitato.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

### ***Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse***

Per l'abitato di Pomino sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 1 sondaggio geognostici a carotaggio continuo con la relativa risultanza stratigrafica;
- n. 1 sondaggio geognostici a distruzione di nucleo con la relativa risultanza stratigrafica;
- n. 2 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 14 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo sono inoltre stata effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geognostiche e geofisiche consistente in:

- n. 1 prova Masw;
- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 4 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico litoide su cui sorge l'abitato di Pomino risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona.

In particolare, la maggior parte del substrato litoide su cui sorge l'abitato di Pomino, è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3). Queste litologie affiorano sui rilievi posti a monte dell'abitato.

I litotipi litoidi sono generalmente sormontati da spessori plurimetri di coperture detritiche o di frana.

### ***Modello geologico tecnico***

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMfd (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) i corpi detriti appartenenti ai detriti di falda (a3a) e ai depositi di versante (aa).

Per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato);

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato litoide raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato litoide.

### ***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al precedente dettaglio e da n. 17 misure HVSR di cui n. 7 classificate in classe A1, n. 8 classificate in A2 e n. 2 classificate in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 61,0 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di Pomino durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3 sono state eseguite n. 4 misure di sismica passiva con metodo HVSR finalizzate allo studio in questione (prove con sigle P132, P133, P134 e P135), oltre a n. 1 stesa di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagine L20) e a n.1 indagine sismica di tipo Masw (indagine L21).

In corrispondenza delle medesime aree sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Rufina e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 14 misure di sismica passiva con metodo HVSR (P111, P112, P113, P114, P115, P116, P117, P118, P119, P120, P121, P122, P123 e P124) e n. 2 stese di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagini L15 e L16).

Nel settore nord-occidentale dell'abitato di Pomino le prove effettuate (P111, P112, P113, P115 e P123) hanno mostrato picchi di frequenza generalmente compresi tra 2,0 e 3,0 Hz (2,17 – 2,81 Hz in particolare) e ampiezze comprese tra 2,35 e 3,24. Medesima situazione è stata riconosciuta anche nella porzione centrale dell'abitato, dove la prova P114 ha registrato un picco principale di frequenza 2,6 Hz e ampiezza 2,59. Nelle vicinanze della prova P114, la prova P133 non ha, invece, registrato la presenza di un picco principale. Nessun picco è stato rilevato anche durante l'esecuzione della prova P124, realizzata lungo i rilievi a monte e ad oriente dell'abitato di Pomino, e della prova P120, eseguita a sud del centro abitato, presso la Fattoria Il Palagio.

Nel settore nord-orientale dell'abitato, invece, le prove eseguite (P122, P132 e P135) hanno mostrato picchi di frequenza generalmente a maggiori frequenze (comprese tra 4,08 e 6,17 Hz) e minori ampiezze (comprese tra 2,01 e 2,66).

Le prove eseguite nella porzione meridionale dell'abitato hanno mostrato picchi a frequenze superiori a 3,0 Hz (minimo 3,19 Hz e massimo 6,46 Hz) e ampiezze generalmente comprese tra 3,0 e 4,0.

Lungo i versanti a sud dell'abitato di Pomino le prove eseguite, ad eccezione della suddetta prova P120, hanno mostrato la presenza di bassi contrasti di impedenza (A0 comprese tra 1,66 e 2,68) con frequenze comprese tra 2,07 e 5,19 Hz.

Presso la prova P120 è stata eseguita la stesa di sismica a rifrazione L16 che ha registrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore variabile tra ca. 2,0 e 5,0 m, avente Vs comprese tra 193 e 226 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore variabile tra ca. 3,0 e ca. 15,0 m con Vs comprese tra 375 e 444, a cui segue un terzo ultimo sismostrato con Vs comprese tra 718 e 938 m/s.

In corrispondenza della prova P115 è stata eseguita una stesa di sismica a rifrazione denominata L20, associata ad una indagine Masw (L21). L'indagine di sismica a rifrazione L20 ha registrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore variabile tra ca. 2,0 e 3,0 m, avente Vs = 150 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore variabile tra ca. 4,0 e ca. 6,0 m con Vs = 350 m/s, a cui segue un terzo sismostrato con Vs = 450

m/s, che si spinge sino a profondità comprese tra 8,0 e 12,0 m dal p.c.. A questo segue un quarto sismostrato con velocità  $V_s = 650$  m/s.

La prova Masw L21 eseguita in adiacenza alla prova L20 ha, invece, mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 12,0 m con  $V_s$  pari a ca. 250 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di ca. 7,0 m con  $V_{spari}$  a ca. 500 m/s, a cui segue un terzo sismostrato, dello spessore di ca. 15,0 m, con  $V_s$  pari a ca. 600 m/s. Le velocità raggiungono i ca. 980 m/s a profondità di ca. 35,0 m da p.c..

La stesa di sismica a rifrazione L15 eseguita presso la prova P111 ha, invece, mostrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore variabile tra ca. 1,0 e 5,0 m, avente  $V_s$  comprese tra 220 e 280 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore variabile tra ca. 7,0 e ca. 17,0 m con  $V_s$  comprese tra 410 e 450, a cui segue un terzo ultimo sismostrato con  $V_s$  comprese tra 800 e 1090 m/s.

### ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

#### **Zone stabili**

- **(1011)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) con assenza di copertura o presenza di spessori di coltre di alterazione generalmente inferiori ai 3,0 m, con  $i < 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentano alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,0 per tutti gli intervalli analizzati.

La zona viene individuata in corrispondenza della porzione settentrionale dell'abitato di Pomino.

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1 (2001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) con assenza di copertura o presenza di spessori generalmente inferiori ai 3,0 m, con  $i > 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P114, P122, P132, P133, P134 e P135) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,1-0,5s, di 1,7 per l'intervallo 0,4-0,8s e 1,2 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei rilievi posti nella porzione nord-orientale dell'area di indagine.

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture eluvio-colluviali e detritiche (di natura prevalentemente sabbioso limosa - SM) di spessore complessivo compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS); talora presenza di riporti. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P113) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,9 per l'intervallo 0,1-0,5s, di 2,1 per l'intervallo 0,4-0,8s e 2,2 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata in una fascia con andamento circa nord-ovest/sud-est nella porzione centrale dell'area di studio.

- **zona 4 (2004)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di coperture eluvio-colluviali e detritiche (di natura prevalentemente sabbioso limosa - SM) di spessore complessivo compreso tra 10,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P117 e P121) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,9 per l'intervallo 0,1-0,5s, di 2,1 per l'intervallo 0,4-0,8s e 2,2 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei settori occidentali dell'area di indagine.

#### **Zone suscettibili di attenzione per instabilità**

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, nell'areale di Pomino non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

## 9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Come già ampiamente trattato nel precedente capitolo 2, relativo agli eventi sismici di riferimento, il territorio comunale di Rufina ha registrato nel passato alcuni episodi sismici, anche di importante intensità; tuttavia non sono stati storicamente registrati particolari danni a opere civili e/o infrastrutture.

Tra questi l'evento sismico maggiormente significativo e ricordato è quello del 1919 che causò oltre 100 morti nel Mugello e che vide come epicentro la zona di Vicchio, dove ci furono una quarantina di vittime e crollò la metà degli edifici esistenti.

Tra i comuni più colpiti da quell'evento si ricorda anche quelli di Dicomano, Borgo San Lorenzo, San Godenzo, Marradi, Firenzuola, Scarperia, Barberino del Mugello, Londa e in parte anche Rufina e Pontassieve.

La zona dove si ebbero i danni maggiori fu quella nelle immediate vicinanze di Vicchio; nel Capoluogo comunale furono distrutte 700 case su 1.500; 500 divennero inagibili e le restanti subirono danni seri. Fu gravemente lesionata anche la casa natale del pittore Giotto nella frazione di Vespignano.

Gravi danni si ebbero anche a Borgo San Lorenzo, dove oltre il 75% delle case fu dichiarato inagibile e si ebbe il crollo della Pieve, di un'altra chiesa e danni seri ad altri edifici; a San Godenzo, dove si ebbero danni gravissimi alla chiesa e gran parte delle case inagibili; a Dicomano, dove crollarono la Torre dell'Orologio, diverse case e gran parte delle altre furono gravemente lesionate; si dovette evacuare l'ospedale di Luco del Mugello. Si ebbero danni gravi anche a Firenzuola ed in alcuni comuni del versante romagnolo ma per fortuna non alle persone, dato che la zona era stata già colpita da un terremoto nel novembre precedente e la popolazione viveva ancora in baracche di fortuna.

Si ricorda, inoltre il terremoto del maggio 1895, allorché una forte scossa di terremoto colpì quasi tutta la provincia di Firenze, causando danni diffusi, in alcune zone anche gravi.

A Firenze i danni furono molto estesi, ma nel complesso non gravissimi. Numerosi danni interessarono l'edilizia residenziale e privata della città, con lesioni diffuse e cadute di soffitti. Complessivamente circa 100 edifici risultarono inagibili. A Firenze non vi furono vittime e si contarono solo alcuni feriti non gravi.

Danni diffusi interessarono diversi comuni e centri del circondario fiorentino, in un'area piuttosto ampia, estesa dal Valdarno Superiore a Prato e ai centri della Valle del Bisenzio, dal Chianti e la Val di Pesa fino al Mugello, bassa Val di Sieve e all'Empolese.

I danni più gravi furono registrati in diverse località nella zona posta immediatamente a sud di Firenze.

Anche la scossa di terremoto avvenuta il 9 dicembre 2019, con epicentro nel Mugello nella zona tra Scarperia e Barberino del Mugello è stata avvertita nel territorio comunale di Rufina, senza procurare danni a edifici o manufatti.

Dagli studi eseguiti è possibile desumere che le maggiori lesioni e danni di un evento sismico possono essere registrate laddove si ha la presenza di una coltre di copertura su un substrato litoide, e dove possono avvenire fenomeni di contrasto di impedenza sismica.



## 10. BIBLIOGRAFIA

- Albarello D. (2013) - I dati di rumore ambientale per la MS di Livello I - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 22-23 maggio 2013.
- Albarello D. (2013) - La risposta sismica locale. Seminario ODG – Fermo, 11 Ottobre 2013.
- Albarello D. (2013) - Sismica passiva con tecniche a stazione singola e antenna. Seminario ODG – Fermo, 11 Ottobre 2013.
- Albarello D. (2013) - Misure di rumore ambientale. Corso di microzonazione sismica e valutazione della risposta sismica locale per la ricostruzione post-terremoto.
- Albarello D. & Castellaro S. (2011) – Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola – Supplemento alla rivista trimestrale Ingegneria Sismica – Anno XXVIII, n. 2.
- Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M. M. & Boschi E. (2008) - DISS - Database of Individual Seismogenic Sources.
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell’OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) - Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica. Microzonazione sismica. Versione 4.2 (dicembre 2020).
- Comune di Rufina; gruppo di lavoro Bartolomei L., Capacci F., Falaschi R. e Gualdani M. (2013) – Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.
- DISS - Database of Individual Seismogenic Sources – 2021 – DOI:10.13127/diss3.3.0.
- 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 Dvd.
- Gruppo di Lavoro MS–AQ (2010) - Microzonazione sismica per la ricostruzione dell’area aquilana. Regione Abruzzo – Dipartimento della Protezione Civile, L’Aquila, 3 vol. e Cd-rom.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D’Amico S., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>.
- Meletti C., Valensise G. (2004) - Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo - Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274) - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della protezione civile, Ufficio rischio sismico e vulcanico (2012) - Classificazione sismica al 2012 Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell’Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B. & Gasperini P. (2016) - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 Release v1.5 2015 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- SESAME European research project WP12 – Deliverable D23.12 - Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation.

## 11. ALLEGATI

- Tav. G.01 Carta delle indagini – Rufina, Scopeti (scala 1:5.000)
- Tav. G.02 Carta delle frequenze – Rufina, Scopeti (scala 1:5.000)
- Tav. G.03 Carta geologico tecnica – Rufina, Scopeti (scala 1:5.000)
- Tav. G.04 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – Rufina, Scopeti (scala 1:5.000)
- Tav. G.05 Carta delle indagini – Contea, Pomino (scala 1:5.000)
- Tav. G.06 Carta delle frequenze – Contea, Pomino (scala 1:5.000)
- Tav. G.07 Carta geologico tecnica – Contea, Pomino (scala 1:5.000)
- Tav. G.08 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – Contea, Pomino (scala 1:5.000)
- Tav. G.09 Carta di Microzonazione Sismica FA01-05 - Rufina, Scopeti (scala 1:5.000)
- Tav. G.10 Carta di Microzonazione Sismica FA01-05 - Contea, Pomino (scala 1:5.000)
- Tav. G.11 Sezioni geologico-tecniche con indicazione zone Mops – Rufina, Scopeti, Contea, Pomino (scala 1:2.000)
- Relazione tecnica inerente l'elaborazione di Risposta Sismica Locale 2D (RSL2D)
- Microzonazione sismica di livello 1 - Relazione sismica – Rifrazioni onde P ed SH – Dott.sa Bartolomei, Dott. Capacci, Dott. Falaschi e Dott. Gualdani
- Microzonazione sismica di livello 1 - Relazione sismica – Indagini HVSR – Dott.sa Bartolomei, Dott. Capacci, Dott. Falaschi e Dott. Gualdani
- Microzonazione sismica di livello 2 e 3 – Relazione Indagini geofisiche – Dott. Pieroni e Dott. Puccetti
- Microzonazione sismica di livello 2 e 3 – Report Sondaggio (Scheda stratigrafica e documentazione fotografica)

Firenze li 24.01.2022

---

Prof. Geol. Eros Aiello

---

Dott. Geol. Gabriele Grandini