

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Toscana
Comune di Pelago (FI)



Regione
Regione Toscana - Settore Sismica

Soggetto realizzatore:
Comune di Pelago/Servizio Assetto del
Territorio/RUP Geom. Alessandro Pratesi

Data
Febbraio 2020

Professionisti incaricati:
Dott. Geol. Eros Aiello
Dott. Geol. Gabriele Grandini
Dott. Geol. Cristian Pieroni
Dott. Geol. Francesco Puccetti

GEOECO
PROGETTI

Via Andrea del Castagno, 8 - 50132 Firenze
tel.055/571385, 055/515664, fax.055/6823329
E: info@ggeocoprogetti.com

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'.....	33
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	36
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO.....	36
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE.....	37
3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI.....	39
3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	41
3.5 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E NOTAZIONI IDROGEOLOGICHE.....	44
3.6 ACCLIVITA' DEI VERSANTI.....	46
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	47
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	53
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	54
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	55
8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	56
8.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE.....	64
8.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE.....	64
8.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.....	66
8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	71
8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	72
8.6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	76
8.7 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE PORZIONI di TERRITORIO INDAGATE.....	88
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	144
10. BIBLIOGRAFIA.....	145
11. ALLEGATI.....	146

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 Pelago 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) 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 Pelago, con determinazione del Responsabile del Settore UO Urbanistica n. 321 del 11.04.2017, individuava nella Geo Eco Progetti il “soggetto realizzatore” delle indagini in questione da svolgersi nelle more e modalità previste dalle precipe 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 Pelago, di compendio con la Struttura Regionale deputata alla Prevenzione Sismica (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica), ha individuato le seguenti aree:

- capoluogo di Pelago,
- frazione di Diacceto,
- frazione di Borselli,
- frazione di Consuma,

- frazione di San Francesco,
- frazione di Palaie,
- frazione di Stentatoto,
- frazione di Massolina,
- frazione di Carbonile,
- frazione di Paterno.

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 di particolare interesse 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 in scala 1:10.000 realizzate nell’ambito del supporto geologico tecnico al vigente Piano Strutturale del Comune di Pontassieve per l'intero territorio comunale. 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 2014

- n. 5 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, per caratterizzare dinamicamente sia la copertura presente sia il substrato roccioso ed individuarne la morfologia del tetto del substrato roccioso;
- n. 42 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 – MAGGIO / GIUGNO 2019

- n. 4 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, per caratterizzare dinamicamente sia la copertura presente sia il substrato roccioso ed individuarne la morfologia del tetto del substrato roccioso.
- n. 1 prova Masw per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la categoria sismica di sottosuolo secondo le N.T.C. 2008.

- n. 3 prove penetrometriche statiche finalizzate alla valutazione della suscettibilità da liquefazione dei terreni.

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).

In **rosso** vengono riportati gli elaborati e i tematismi appositamente realizzati per gli studi di Microzonazione Sismica di livello 2, mentre in **blu** i tematismi e gli elaborati redatti per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1, precedentemente approvati e rieditati per il presente studio.

N° Tavola	Titolo	Scala	Data di emissione
G.0	Relazione tecnico illustrativa		agosto 2017
	Pelago - Diacceto		
G.1	Carta delle indagini	1:5.000	marzo 2015
G.2	Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica	1:5.000	marzo 2015
G.3	Carta delle frequenze	1:5.000	marzo 2015
G.4	Carta delle MOPS	1:5.000	marzo 2015
G.17	Carta di Microzonazione Sismica – FH01-05	1:5.000	febbraio 2020
G.21	Carta di Microzonazione Sismica – FH05-1	1:5.000	febbraio 2020
G.25	Carta di Microzonazione Sismica – FPGA	1:5.000	febbraio 2020
	San Francesco – Palaie - Stentatoio		
G.5	Carta delle indagini	1:5.000	marzo 2015
G.6	Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica	1:5.000	marzo 2015
G.7	Carta delle frequenze	1:5.000	marzo 2015
G.8	Carta delle MOPS	1:5.000	marzo 2015
G.18	Carta di Microzonazione Sismica – FH01-05	1:5.000	febbraio 2020
G.22	Carta di Microzonazione Sismica – FH05-1	1:5.000	febbraio 2020
G.26	Carta di Microzonazione Sismica – FPGA	1:5.000	febbraio 2020
	Borselli - Consuma		
G.9	Carta delle indagini	1:5.000	marzo 2015
G.10	Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica	1:5.000	marzo 2015
G.11	Carta delle frequenze	1:5.000	marzo 2015
G.12	Carta delle MOPS	1:5.000	marzo 2015
G.19	Carta di Microzonazione Sismica – FH01-05	1:5.000	febbraio 2020
G.23	Carta di Microzonazione Sismica – FH05-1	1:5.000	febbraio 2020
G.27	Carta di Microzonazione Sismica – FPGA	1:5.000	febbraio 2020
	Carbonile – Massolina - Paterno		
G.13	Carta delle indagini	1:5.000	marzo 2015
G.14	Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica	1:5.000	marzo 2015
G.15	Carta delle frequenze	1:5.000	marzo 2015
G.16	Carta delle MOPS	1:5.000	marzo 2015
G.20	Carta di Microzonazione Sismica – FH01-05	1:5.000	febbraio 2020
G.24	Carta di Microzonazione Sismica – FH05-1	1:5.000	febbraio 2020

G.28	Carta di Microzonazione Sismica – FPGA	1:5.000	febbraio 2020
	Sezioni geologico tecniche		
G.29	Sezioni geologico tecniche con indicazioni MOPS	1:2.000	febbraio 2020
	Data base “cartella indagini” contenente certificazioni indagini stratigrafiche, geotecniche e sismiche strutturata come da istruzioni “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per Microzonazione Sismica – Versione 4.1 dell’ottobre 2017” (in formato digitale)		febbraio 2020
Indagini sismiche in sito propedeutiche alla realizzazione della cartografia MOPS realizzate dalla Ditta Geoecho s.n.c.			
	Indagine geofisica di sismica passiva HVSR e rifrazione per la microzonazione sismica		settembre 2014
Indagini geofisiche integrate di caratterizzazione sismica propedeutiche alla redazione di cartografie di microzonazione sismica di livello 2 – eseguite dalla Ditta ENKI s.r.l.			
	Relazione tecnica		settembre 2019
	Tav. 01 – Carta delle indagini	1:5.000	settembre 2019
	Tav. 02 – Carta delle frequenze	1:5.000	settembre 2019
	Tav. 03 – Carta di dettaglio indagini	1:500	settembre 2019

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 Pontassieve, ai sensi del Regolamento Regionale n. 53/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.

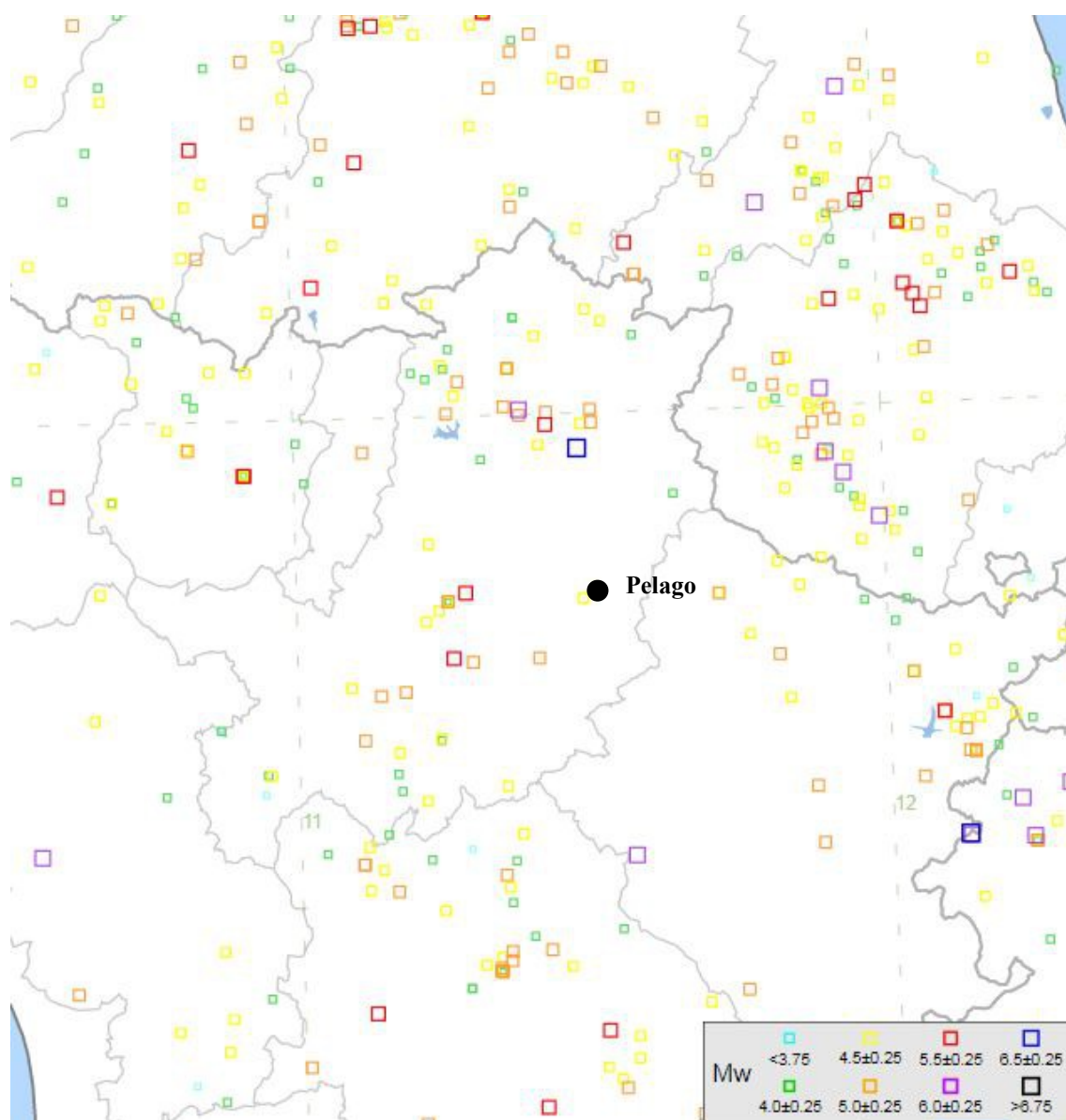
I dati tematici sono tutti vettoriali ed inseriti all’interno di una Banca Dati GIS facilmente interrogabile e aggiornabile, in ottemperanza a quanto richiesto nell’art. 28 della L.R. 1/2005; in particolare, i dati consegnati alla amministrazione comunale sono in formato sia “shape” che “pdf”.

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

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

2.1 SISMICITA' DELL'AREA

La sismicità storica del Comune di Pelago è stata ricostruita con la consultazione del “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 Release v1.5 - Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>).



Localizzazione degli eventi macrosismici a livello regionale nel territorio circostante il Comune di Pelago (Periodo 1000 – 2014)

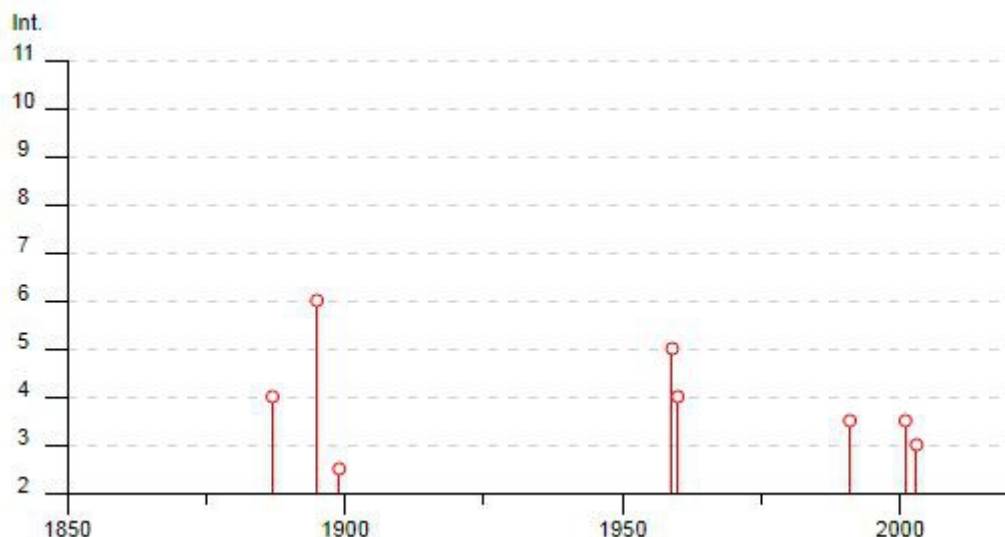
In particolare gli effetti macrosismici che hanno interessato il Comune di Pelago sono riconducibili a n. 18 eventi sismici, verificatisi dal 1887 al 2005, con vario grado di intensità sismica. (cfr. Database Macrosismico Italiano DBMI15 - Release v1.5 - Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo

C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	🔗	1887	11	14	05	48	0 Fiorentino	101	6	4.47
6	🔗	1895	05	18	19	55	1 Fiorentino	401	8	5.50
2-3	🔗	1899	07	08	22	56	5 Bagno di Romagna	37	4	4.02
F	🔗	1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	🔗	1950	09	05	04	08	Gran Sasso	386	8	5.69
NF	🔗	1951	09	01			Monti Sibillini	80	7	5.25
NF	🔗	1956	04	26	03	00	0 Appennino bolognese	89	6	4.74
5	🔗	1959	03	24	10	24	Fiorentino	28	7	4.85
4	🔗	1960	10	29	00	08	3 Mugello	69	7	4.91
3-4	🔗	1991	01	14	07	38	3 Casentino	62	5	4.26
NF	🔗	1999	01	25	22	45	5 Appennino forlivese	97	5	4.36
NF	🔗	2000	05	08	12	29	5 Faentino	126	5	4.67
NF	🔗	2000	05	10	16	52	1 Faentino	151	5-6	4.82
3-4	🔗	2001	11	26	00	56	5 Casentino	211	5-6	4.63
3	🔗	2003	01	26	20	15	0 Appennino forlivese	63	5-6	4.50
NF	🔗	2003	01	29	23	50	1 Appennino forlivese	71	4-5	4.06
NF	🔗	2003	12	07	10	20	3 Forlivese	165	5	4.18
NF	🔗	2005	07	15	15	17	1 Forlivese	173	4-5	4.29

Eventi macrosismici riportati nel DBMI15

La maggiore intensità sismica percepita in questo territorio raggiunge il grado 6 MCS nel terremoto avvenuto nel Fiorentino nel 1895 (Mw = 5,52) e il grado 5 MCS registrato durante il terremoto avvenuto nel Fiorentino nel 1959 (Mw = 4,85).



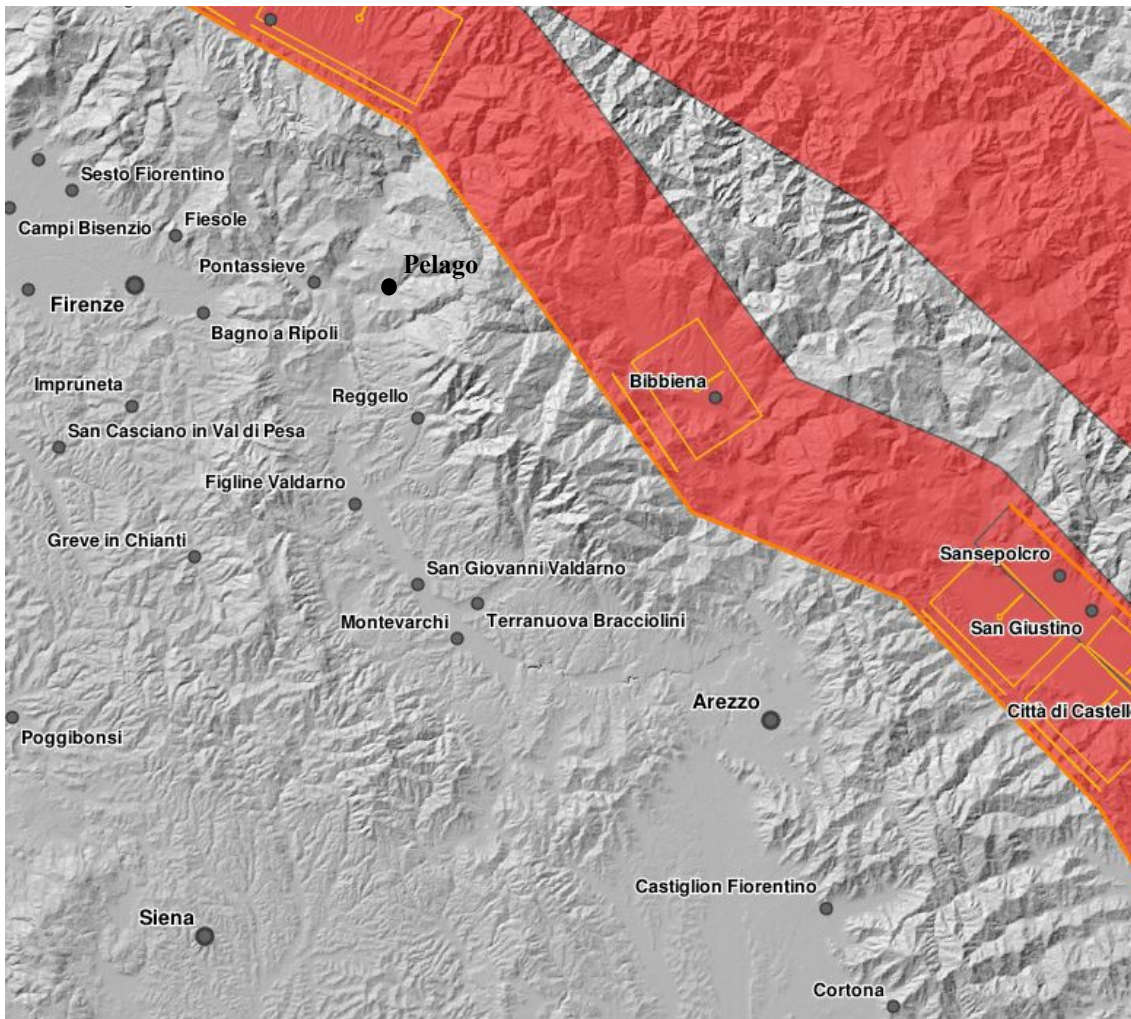
Distribuzione temporale ed intensità degli eventi macrosismici nel periodo 1887-2005

Analizzando il catalogo delle sorgenti sismogenetiche (DISS - Database of Individual Seismogenic Sources - Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi, 2008) si osserva che il territorio del Comune di Pelago si colloca a ovest (a una distanza di circa 8 km) dell'area sismogenetica composite codificata come ITCS037 "Mugello-Città di Castello-Leonessa", caratterizzata dai seguenti parametri:

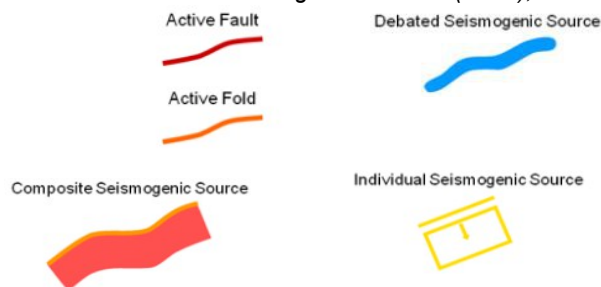
Strike (angolo rispetto al nord):	280° - 330°
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	25° - 40°
Profondità min - max:	0,5 - 8 km
Magnitudo massima (Mw):	6,2

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 $4.5 < M_w < 5.0$) 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).



Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0



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 Pelago è inserito in Zona 2 con i seguenti parametri:

Zona	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) (ag/g)
------	---

2	0,25
---	------

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 *ag* 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 *ag*.

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 Pelago è stato inserito in zona sismica 3S, mantenendo lo stesso livello di protezione della 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 Pelago passa da zona 3S a **zona 2 nella più recente classificazione regionale**.

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 ≥ 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.

Nel caso specifico **$VN = 50$ 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. $CU = 2.0$;

Nel caso in esame 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 qui 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.

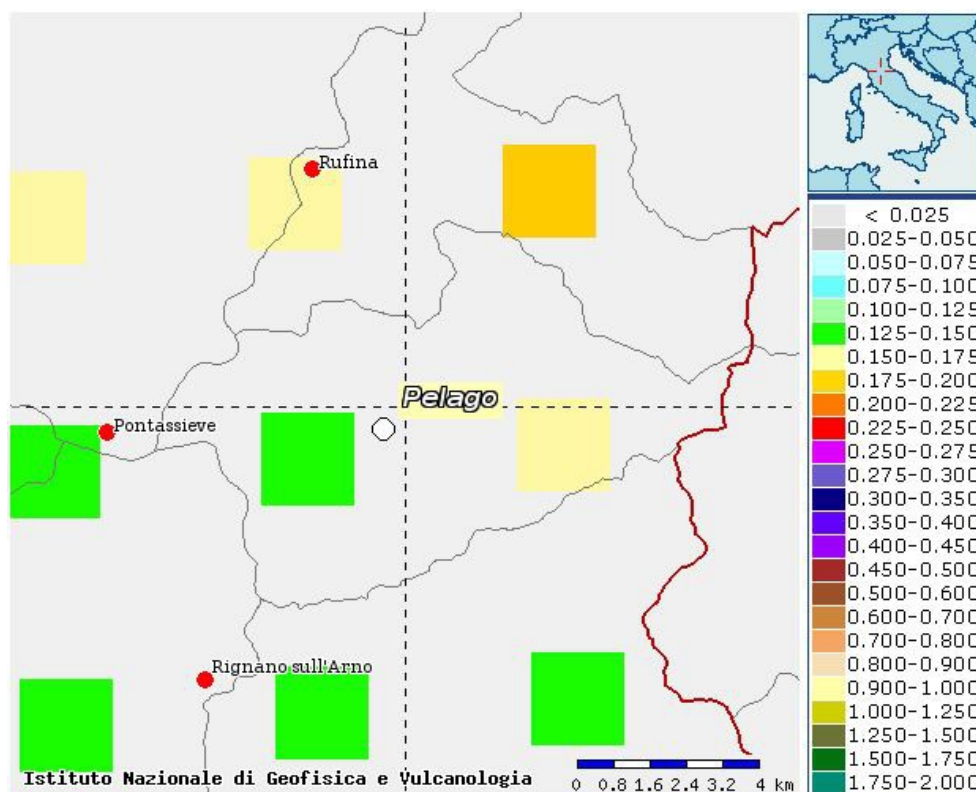
Poiché è **VR = 50 anni**, il tempo di ritorno TR sarà:

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).



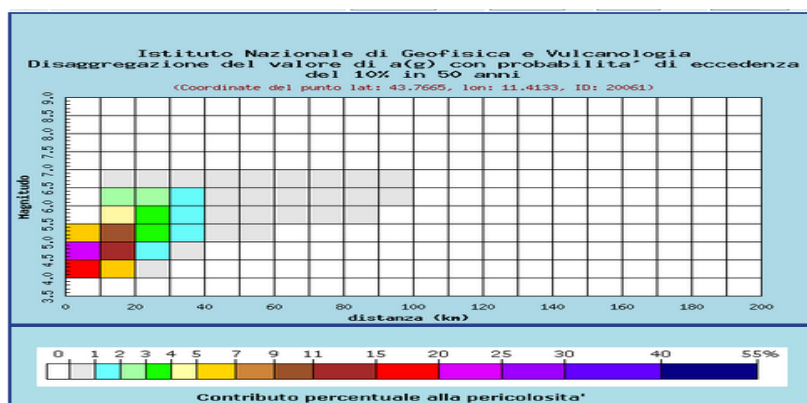
Mappa di pericolosità sismica - Accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat.A) – da INGV

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.



Contributo percentuale alla pericolosità'											
Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.7665, lon: 11.4133, ID: 20061)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	17.500	21.900	6.840	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.350	12.800	9.740	4.920	2.850	0.368	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.141	1.950	3.600	3.230	2.580	0.401	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.052	1.040	1.570	1.150	0.208	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.167	0.645	0.381	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.003	0.159	0.176	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.095	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.037	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4,990	12,600	1,180

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 4,99.

Dove ε 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:

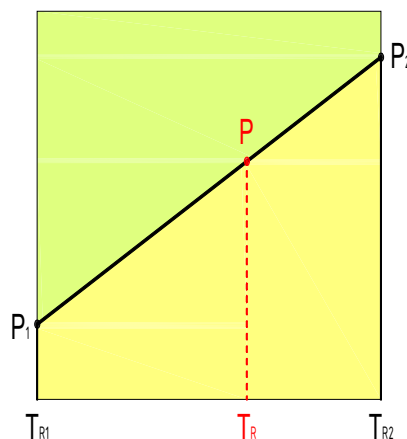
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

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:

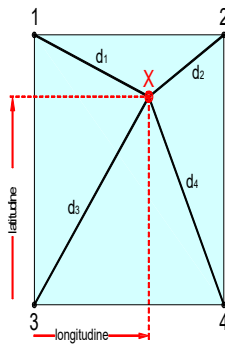
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

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.

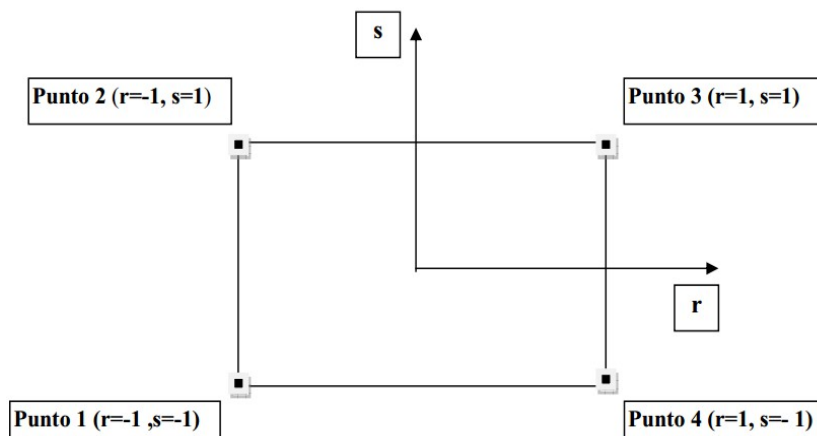
Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria 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:

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

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $lata\alpha$, $lon\alpha$, $lat\beta$ 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

β_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 β_s sono riportati nella seguente tabella.

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_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.

$a_{max} = S_S S_T a_g$

S_S (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).

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

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

2.5 VERIFICHE DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DI SITO

Pelago capoluogo

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (V_n): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (C_u): 1

Periodo di riferimento (V_r): 50 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43,770808 [°]

Longitudine (WGS84): 11,505233 [°]

Latitudine (ED50): 43,771763 [°]

Longitudine (ED50): 11,506210 [°]

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	20062	43,7677	11,4825	1957,221
2	20063	43,7689	11,5517	3666,997
3	19841	43,8188	11,5501	6309,216
4	19840	43,8177	11,4808	5496,815

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,054	2,513	0,257
SLD	50	0,066	2,519	0,272
SLV	475	0,156	2,411	0,300
SLC	975	0,199	2,394	0,310

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

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

Categoria sottosuolo: B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,016	0,045	0,057
kv	0,006	0,008	0,023	0,029
amax [m/s ²]	0,630	0,773	1,840	2,341
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Diacceto

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): 43,784782 [°]

Longitudine (WGS84): 11,504159 [°]

Latitudine (ED50): 43,785737 [°]
 Longitudine (ED50): 11,505136 [°]

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	20062	43,7677	11,4825	2708,223
2	20063	43,7689	11,5517	4183,514
3	19841	43,8188	11,5501	5154,037
4	19840	43,8177	11,4808	4051,915

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,054	2,511	0,257
SLD	50	0,066	2,513	0,271
SLV	475	0,159	2,406	0,299
SLC	975	0,202	2,390	0,309

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

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

Categoria sottosuolo: B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,016	0,046	0,068
kv	0,006	0,008	0,023	0,034
amax [m/s ²]	0,635	0,782	1,871	2,380
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Borselli

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): 43,795253 [°]

Longitudine (WGS84): 11,539563 [°]

Latitudine (ED50): 43,796207 [°]

Longitudine (ED50): 11,540539 [°]

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	43,8177	11,4808	5352,735
2	19841	43,8188	11,5501	2630,724
3	20063	43,7689	11,5517	3171,203
4	20062	43,7677	11,4825	5636,736

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,055	2,506	0,258
SLD	50	0,068	2,500	0,271
SLV	475	0,164	2,398	0,297
SLC	975	0,209	2,384	0,309

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

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

Categoria sottosuolo: B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,016	0,047	0,070
kv	0,007	0,008	0,024	0,035
amax [m/s ²]	0,647	0,802	1,935	2,461
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Consuma

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): 43,781202 [°]
 Longitudine (WGS84): 11,597090 [°]
 Latitudine (ED50): 43,782156 [°]
 Longitudine (ED50): 11,598065 [°]

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	20063	43,7689	11,5517	4005,883
2	20064	43,7700	11,6209	2277,824
3	19842	43,8200	11,6194	4539,037
4	19841	43,8188	11,5501	5609,206

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,057	2,497	0,260
SLD	50	0,071	2,478	0,272
SLV	475	0,174	2,388	0,293
SLC	975	0,221	2,384	0,304

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

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

Categoria sottosuolo: B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,017	0,050	0,074
kV	0,007	0,009	0,025	0,037

amax [m/s ²]	0,669	0,837	2,048	2,580
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

San Francesco di Pelago

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):	43,777683	[°]
Longitudine (WGS84):	11,445070	[°]
Latitudine (ED50):	43,778638	[°]
Longitudine (ED50):	11,446048	[°]

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	20061	43,7665	11,4133	2956,698
2	20062	43,7677	11,4825	3170,293
3	19840	43,8177	11,4808	5161,679
4	19839	43,8165	11,4116	5032,090

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,052	2,523	0,256
SLD	50	0,063	2,543	0,272
SLV	475	0,147	2,429	0,303
SLC	975	0,188	2,399	0,311

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

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

Categoria sottosuolo: B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,015	0,042	0,054
kv	0,006	0,008	0,021	0,027
amax [m/s ²]	0,608	0,738	1,730	2,211
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Stentatoio

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): 43,791470 [°]
 Longitudine (WGS84): 11,464982 [°]
 Latitudine (ED50): 43,792425 [°]
 Longitudine (ED50): 11,465960 [°]

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	19839	43,8165	11,4116	5114,619
2	19840	43,8177	11,4808	3051,531
3	20062	43,7677	11,4825	3055,182
4	20061	43,7665	11,4133	5118,314

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,052	2,519	0,256
SLD	50	0,064	2,533	0,271
SLV	475	0,151	2,419	0,301
SLC	975	0,192	2,396	0,309

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

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

Categoria sottosuolo: B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,015	0,043	0,055
kv	0,006	0,008	0,022	0,028
amax [m/s ²]	0,616	0,752	1,775	2,263
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Palaie

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): 43,771068 [°]

Longitudine (WGS84): 11,464437 [°]

Latitudine (ED50): 43,772023 [°]

Longitudine (ED50): 11,465415 [°]

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	20061	43,7665	11,4133	4229,865
2	20062	43,7677	11,4825	1454,399
3	19840	43,8177	11,4808	5225,530
4	19839	43,8165	11,4116	6561,845

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,052	2,523	0,256
SLD	50	0,063	2,543	0,272
SLV	475	0,147	2,428	0,303
SLC	975	0,188	2,401	0,312

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

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

Categoria sottosuolo: B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,015	0,042	0,054
kv	0,006	0,008	0,021	0,027
amax [m/s ²]	0,609	0,740	1,734	2,213
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Massolina

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): 43,762402 [°]

Longitudine (WGS84): 11,466202 [°]

Latitudine (ED50): 43,763357 [°]

Longitudine (ED50): 11,467179 [°]

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	20061	43,7665	11,4133	4340,636
2	20062	43,7677	11,4825	1320,779
3	20284	43,7177	11,4842	5257,407

4	20283	43,7165	11,4150	6685,317
---	-------	---------	---------	----------

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,050	2,523	0,255
SLD	50	0,061	2,561	0,272
SLV	475	0,141	2,437	0,306
SLC	975	0,180	2,401	0,314

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

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

Categoria sottosuolo: B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,015	0,040	0,052
kv	0,006	0,007	0,020	0,026
amax [m/s ²]	0,591	0,713	1,655	2,118
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Carbonile

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): 43,752624 [°]

Longitudine (WGS84): 11,472276 [°]

Latitudine (ED50): 43,753580 [°]

Longitudine (ED50): 11,473253 [°]

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	20061	43,7665	11,4133	5023,985
2	20062	43,7677	11,4825	1734,801
3	20284	43,7177	11,4842	4085,115
4	20283	43,7165	11,4150	6234,990

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,050	2,534	0,255
SLD	50	0,060	2,564	0,272
SLV	475	0,140	2,438	0,306
SLC	975	0,179	2,400	0,314

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

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

Categoria sottosuolo: B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,014	0,040	0,051
kv	0,006	0,007	0,020	0,026
amax [m/s ²]	0,588	0,708	1,643	2,103
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

2.6 LIQUEFAZIONE – BASE TEORICA E VERIFICA PER LOCALITA'

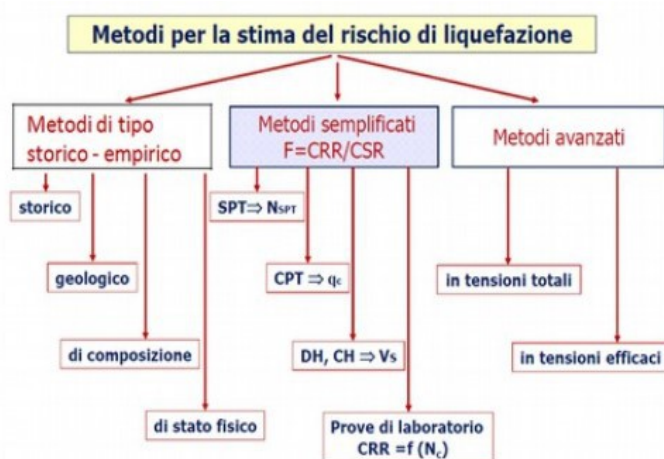
I siti in cui si possa prevedere la realizzazione di edifici e/o manufatti dovranno risultare stabili per quanto concerne fenomeni di liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni non coesivi saturi, 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 $U_c > 3,5$.



Per il territorio comunale di Pelago, nei casi in esame laddove si presume la possibilità che vi sia un rischio potenziale di liquefazione, settori di San Francesco di Pelago e di Stentatoio, sono state eseguite nel maggio 2019 n. 3 prove penetrometriche statiche (Cpt), di cui n. 2 (Cpt1 e Cpt2) eseguite presso la località Monsavano, subito a sud dell'abitato di San Francesco di Pelago e n.1 (Cpt3) presso l'abitato di Stentatoio.

Le prove penetrometriche si sono spinte, data la natura del sottosuolo, fino a pochi metri dal piano campagna, rispettivamente 4,6 m, 4,2 m e 3,6 m; pertanto in tutti i casi non hanno raggiunto profondità tali da permettere che i terreni divengano saturi e a divenire vulnerabili.

Si ritiene, quindi che la suscettibilità alla liquefazione dei terreni esaminati sia molto bassa, ossia trattasi di terreni non liquefacibili, considerando anche i modesti spessori in gioco, per la presenza a pochi metri di profondità dal piano campagna del substrato geologico litoide.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO

Le aree di studio sono inserite nel territorio del Comune di Pelago (Provincia di Firenze).

Posto nel settore occidentale della Provincia di Firenze al confine con quella di Arezzo, il territorio comunale di Pelago ricade nella parte meridionale della Val di Sieve al passaggio con la porzione settentrionale del Valdarno Superiore e si sviluppa su una superficie di 54,78 kmq, lungo un'ampia fascia in direzione E-W, interamente ubicata in destra idraulica del Fiume Arno, delimitata dal suo corso e dalle pendici della catena montuosa del Pratomagno. L'area confina amministrativamente ad ovest con i Comuni di Pontassieve e Rignano sull'Arno (confini segnati rispettivamente dai fiumi Sieve e Arno), a nord con il Comune di Rufina, a ovest coi Comuni di Pratovecchio e Montemignaio, mentre a sud con il Comune di Reggello, in corrispondenza del corso del Torrente Vicano di Sant'Ellero.



Ubicazione del Comune di Pelago all'interno della Provincia di Firenze

Il territorio comunale di Pelago fa parte dell'unità geografica del bacino del Fiume Arno, compreso tra i fondo valle dello stesso F. Arno e Torrente Sieve (corsi d'acqua che ne delimitano territorialmente il perimetro occidentale) e la catena montuosa del Pratomagno (che ne definisce il limite territoriale orientale).

Le quote variano dai circa 77,00 m s.l.m. della località Pian di Sieve alla confluenza tra il Fiume Arno e il Fiume Sieve, ai circa 1.150,00 m s.l.m. del Poggio Tesoro posto poco a sud dell'abitato di Consuma.

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

In linea generale si possono distinguere tre grandi unità 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 che si sviluppano in direzione circa N-S, parallele al corso dell'Arno e ai monti del Pratomagno.

I fondovalle del Fiume Arno, del Fiume Sieve e dei loro affluenti maggiori, sono caratterizzati da pianure alluvionali relativamente strette, formata in gran parte da terrazzi fluviali. Si tratta di aree antropizzate, in ciò favorite dalla morfologia pianeggiante e dalla presenza dei due corsi d'acqua che, fin dall'antichità, hanno rappresentato le principali direttrici di traffico.

In particolare, nella fascia lungo il Fiume Arno è presente l'aggregato dell'area produttiva della Massolina, mentre nella fascia lungo il Fiume Sieve si sono sviluppati gli urbanizzati di San Francesco di Pelago e di Stentatoio.

Subito a monte delle aree alluvionali si ha una fascia a morfologia prevalentemente collinare, con forme tondeggianti e pendenze contenute, che si estende circa N-S in corrispondenza dei depositi appartenenti principalmente al substrato da calcareo marnoso ad argillitico marnoso, in cui si è sviluppato un reticolo idrografico ramificato, afferente ai fiumi Arno, Sieve e ai loro principali affluenti (Vicano di Pelago e Vicano di Sant'Ellero). In corrispondenza di questi rilievi collinari si ubicano alcuni dei principali centri abitati, tra cui il Capoluogo, Palaie, Diacceto, Carbonile e Paterno. 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 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 settore occidentale della catena montuosa del Pratomagno, caratterizzato da vegetazione a bosco ceduo e da un substrato geologico costituito principalmente da rocce di natura arenacea. In detti settori si trovano collocate le frazioni di Borselli e di Consuma.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE

Il territorio comunale di Pelago risulta particolarmente interessante e complicato dal punto di vista geologico. Infatti è caratterizzato dalla presenza di terreni appartenenti a unità diverse che sono stati coinvolti in movimenti di sovrascorrimento legati alla orogenesi appenninica.

Il territorio del Comune di Pelago è collocato ai piedi e nella porzione nord-occidentale (versante valdarnese) della dorsale del Pratomagno che, da un punto di vista strutturale, consiste in una grossa monoclinale con immersione verso NE, con versanti, corrispondenti al versante di testata di strato, maggiormente ripidi e incisi da valli che, pur essendo incassate, sono comparativamente più brevi (Vicano di Pelago e Vicano di Sant'Ellero).

Dal punto di vista geologico il territorio comunale si può dividere, in maniera schematica, in due zone, una occidentale caratterizzata dalla presenza di terreni flyschoidi da calcareo marnosi ad argillitico marnosi e arenaceo siltitici appartenenti al Dominio Ligure (Unità di Monte Morello) e Subligure (Unità di Canetolo), e l'altra orientale con presenza di terreni appartenenti alle formazioni torbiditiche arenacee del Dominio Toscano (Unità di M. Cervarola).

Per quanto riguarda i depositi alluvionali, questi sono presenti in maniera diffusa lungo i corsi d'acqua principali (Fiume Arno e Fiume Sieve) e dei loro affluenti.

Al fine di collocare correttamente da un punto di vista geologico-strutturale l'area, saranno riportate brevemente alcune informazioni riguardo la storia geologica di questa parte dell'Appennino Settentrionale.

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, calcilutiti, marne calcaree e argillitiche e livelli arenacei e calcarenitici, dalla Pietraforte costituita da arenarie e siltiti 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 nelle sue varietà di litofacies, da quella arenaceo torbiditica con intercalazioni pelitico siltitiche, a quella olistostromica caratterizzata da brecce argillose e calcaree in matrice argillitica.

Nei settori vallivi 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, 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.

A corredo delle carte geologico-tecniche in scala 1:5.000 (elaborati G.02, G.06, G.10 e G.14), per ciascun centro urbano di interesse, sono state realizzate alcune sezioni geologiche 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).

3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI

In dettaglio, nell'area del Comune di Pelago, 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*)

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.

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

DOMINIO SUBLIGURE – UNITA' DI CANETOLO

- Arenarie di Monte Senario (SEN) (*Eocene Medio/Superiore - Oligocene Inferiore*)

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 giallastro, 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.

- Brecciole di Monte Senario (BMS) (*Eocene Medio*)

Si tratta di calcari, calcari marnosi grigi, marne argillose alternate ad arenarie-arenarie calcaree torbiditiche, talvolta grossolane. Verso il tetto della formazione le arenarie aumentano, fino ad un rapporto arenaria/calcare > 3.

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

Argilliti variegata, fissili, argille marnose verdi, bruno-rossastre e grigio scuro o nerastre, in strati da medi a molto spessi, con intercalazioni di ed alternate a strati da sottili a spessi di calcilutiti color avana, 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 e di calcari torbiditici grigio-biancastri.

Nel complesso dei terreni appartenenti alla formazione si ritrovano in eteropia latero verticale depositi appartenenti alla litofacies calcarea (ACCb), di età eocenica medio-superiore delle Argille e Calcari di Canetolo. Si tratta di calcari e calcari marnosi fini, con base calcarenitica, silicei, in strati generalmente di spessore medio, 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.

DOMINIO LIGURE ESTERNO – UNITA' DI MONTE MORELLO

- Formazione di Monte Morello (MLL) (*Eocene*)

Si tratta di un'alternanza di marne giallo-brune con frattura a saponetta, calcari marnosi bianco-giallastri a grana finissima e frattura concoide, argilliti ed argilliti marnose grigie, arenarie calcarifere micacee avana e rare calcareniti biancastre, di natura torbiditica (talora la base degli strati è calcarenitica). Localmente sono presenti liste di selce nera. 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.

Il passaggio alla sottostante Formazione di Sillano avviene in modo brusco con la comparsa di argilliti nere e brune. La natura di tale passaggio è incerta: in vari casi potrebbe essere stratigrafica ma in altri la netta discordanza angolare tra le due formazioni e la presenza di un certo grado di tettonizzazione nella Formazione di Sillano farebbe supporre una natura tettonica.

- Pietraforte (PTF) (*Cretaceo Superiore*)

Regolare alternanza di arenarie torbiditiche quarzoso-calcaree grigie e di peliti argillitiche, in strati gradati da medi a molto spessi con granulometria alla base degli strati medio-grossolana e rapporto A/P generalmente > 1. Le arenarie si presentano marroni-giallastre in superficie alterata e grigie al taglio. Si tratta di depositi torbiditici presumibilmente intercalati nella Formazione di Sillano.

- Formazione di Sillano (SIL) (*Cretaceo Superiore – Eocene Inferiore*)

Argilliti e siltiti fogliettate, grigio scure, nerastre, rosse, marroni e verdastre, alternate a strati calcarei, 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 da medio-fini a grossolane grigio-scuri, marroni all'alterazione. I livelli calcarei si presentano spesso con fatturazione ad incudine.

All'interno della Formazione di Sillano si rinviene una litofacies calcarea (SILa) costituita da livelli calcilutitici e argillitici color grigio e livelli di brecciole con clasti di calcari micritici, argillitici e di rocce verdi.

- Argille Varicolori (AVR) (*Cretaceo Superiore – Eocene Inferiore*)

Argilliti e argilliti marnose di colore rosso, rosso scuro e verdi, talora alternate a livelli calcarei bianco-grigi con stratificazione da sottile a media.

DOMINIO TOSCANO – UNITA' DI M. CERVAROLA-FALTERONA

- Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4) (*Miocene Inferiore*)

Siltiti, argilliti e marne prevalenti, $A/P < 1/4$, con presenza di sottili livelli di arenarie fini il cui spessore non supera mai i 20 cm. Le marne sono generalmente di colore grigio chiare, molto fratturate, mentre le altre peliti sono generalmente più scure. I livelli arenacei sono invece di colore grigio-marrone.

- Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto (FAL3) (*Oligocene Superiore - Miocene Inferiore*)

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. Nella parte alta del membro prevalenti peliti con rari banchi arenacei.

All'interno del Membro di Montalto si rinviene una litofacies siltoso arenacea (FAL3c) costituita da prevalenti livelli siltitico arenacei color grigio in strati da fini a medi, talora grossolani.

- Arenarie del Monte Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2) (*Oligocene Superiore*)

Arenarie grigio chiare e grigio verdi in strati dello spessore di 0.5-2 metri e peliti subordinate, $2 < A/P < 10$, le arenarie sono sempre molto grossolane e con quasi totale assenza di componenti carbonatici (né clasti, né cemento), si presentano in pacchi di 7-10 strati di arenaria con assenza di pelite, alternati a livelli dello spessore di un paio di metri di siltiti e argilliti scure con poche marne. Sono presenti livelli calcarenitici in strati da medi a spessi.

- Arenarie del Monte Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) (*Oligocene Superiore - Miocene Inferiore*)

Arenarie grigio chiare e grigio verdi in strati dello spessore di 0.5-2 metri e peliti subordinate, $2 < A/P < 10$, le arenarie sono sempre molto grossolane e con quasi totale assenza di componenti carbonatici (né clasti, né cemento), si presentano in pacchi di 7-10 strati di arenaria con assenza di pelite, alternati a livelli dello spessore di un paio di metri di siltiti e argilliti scure con poche marne. Sono presenti livelli calcarenitici in strati da medi a spessi.

3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Da un punto di vista geomorfologico il territorio comunale 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 (aree in frana e aree instabili per soliflusso generalizzato). Infine si hanno forme antropiche (artificiali) costituite da orli di scarpata di origine antropica, argini artificiali, rilevati stradali e ferroviari, cave.

Il territorio del Comune di Pelago è, come già accennato, caratterizzato dalla presenza di zone mediamente acclivi accanto ad altre dalla morfologia decisamente più acclive; queste differenze, così come le diverse forme prodotte dagli agenti esogeni ed endogeni, sono in relazione alla diversa natura del substrato geologico.

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.

Con riferimento alla Carta Geomorfologica in scala 1:10.000 (Tav. G.02) contenuta negli elaborati del supporto geologico tecnico costituenti l'adeguamento del quadro conoscitivo del Piano Strutturale del gennaio 2014, si riassumono i caratteri geologici che contraddistinguono il territorio comunale di Pelago.

Il quadro geomorfologico è stato analizzato 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" allestito da parte della Autorità di Bacino del Fiume 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 frane. 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/scarpata 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 (**F**);
- paleofrane con tracce di instabilità o frane quiescenti (**Fq**) 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 (**Fs**) 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 (**Fd**).

Aree instabili per soliflusso generalizzato (i)

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.

Soilcreep (ic)

Movimenti di massa generalmente abbastanza lenti la cui dinamica interessa generalmente lo spessore di suolo ("coltivo"). Risultano periodicamente obliterati dalle lavorazioni agricole.

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

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 scarpata fluviale o di terrazzo in 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.

Alveo con tendenza all'approfondimento (erosione incanalata)

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.

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 in attesa, dighe, rilevati e laghetti artificiali e in generale tutte le aree che per una qualsiasi ragione sono state manipolate dall'uomo.

3.5 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E NOTAZIONI IDROGEOLOGICHE

Il reticolo idrografico che caratterizza il territorio del Comune di Pelago mostra un andamento generale del principale corso d'acqua, il Fiume Arno, in direzione NW - SE (appenninica).

Gli affluenti di ordine gerarchico inferiore, più brevi, sono orientati in linea di massima in direzione NE - SW (antiappenninica), come il Torrente Sieve, il Vicano di Pelago ed il Vicano di S. Ellero.

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.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nel territorio comunale di Pelago, questi risultano caratterizzati da ampie aree contraddistinte da acquiferi multifalda in corrispondenza delle formazioni prevalentemente arenacee e siltitico quarzose con livelli argillitici intercalati e da settori con modesta circolazione idrica per fratturazione in ammassi rocciosi di natura prevalentemente calcareo marnosa e arenacea. Sono diffusi anche gli acquiferi a limitata produttività presenti in complessi arenacei e calcarei con frequenti strati marnosi o argillitici, con modesta circolazione idrica. Più rari risultano i sedimenti a grana fine (i.e. corpi olistostromici) in pratica privi di circolazione idrica sotterranea.

Risultano diffuse, ma con scarsa continuità areale i settori con falde libere presenti in materiali detritici (corpi detritici e accumuli di frana) e i settori con falde presenti in materiali con granulometria da sabbie prevalenti ad argilla, di modesta importanza con protezione di materiali fini (depositi eluvio-colluviali).

Infine risultano arealmente contenute (limitati ai materassi alluvionali presenti nei fondovalle del Fiume Arno e del Fiume Sieve) gli acquiferi liberi in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti e attuali) senza o con scarsa protezione.

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

Falda libera all'interno delle alluvioni del Fiume Arno, 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 Pelago. La risorsa principale a disposizione del territorio è rappresentata dai depositi alluvionali del Fiume Arno e del Fiume Sieve. L'assetto idrogeologico di questi settori è favorevole in quanto i depositi grossolani (sabbie e conglomerati) plio-pleistocenici 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 dell'Arno e 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, in relazione alla profondità dei pozzi, 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

Si riportano le classi di pendenza in cui è stato suddiviso il territorio comunale, in funzione delle variazioni altimetriche e topografiche, utili per la definizione delle classi di pericolosità geologica e delle zone MOPS delle cartografie di Microzonazione.

La carta delle pendenze rappresenta, pertanto, uno strumento di primaria importanza per la realizzazione della carta della pericolosità, anche perché con 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 MS di Livello 1 e Livello 2 si è provveduto alla raccolta e all'archiviazione organizzata di dati pregressi e alla realizzazione di due specifiche e inedite campagne di indagini (vedi elaborati indagini eseguite da GeoEcho e ENKI s.r.l.), eseguite rispettivamente nel Settembre 2014 (a supporto degli studi di Microzonazione Sismica di livello 1) e nel Giugno 2019 (a supporto degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2, ad integrazione di quanto già realizzato).

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 precedente studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 e al presente studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 (vedi certificazioni ed allegati forniti dalla ditta ENKI s.r.l.).

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, HVSR e stendimenti geoelettrici già realizzati nelle zone di studio).

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.

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".

Per la predisposizione degli studi di *Microzonazione Sismica di Livello 1* è stato necessario realizzare una specifica campagna di indagini geofisiche 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; che è consistita nell'esecuzione di:

- n. 5 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, per caratterizzare dinamicamente sia la copertura presente sia il substrato roccioso ed individuarne la morfologia del tetto del substrato roccioso;
- n. 42 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.

Per la predisposizione degli studi di *Microzonazione Sismica di Livello 2*, ad integrazione della precedente campagna, è stata necessario realizzare una specifica campagna di indagini geofisiche integrative 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; che è consistita nell'esecuzione di:

- n. 4 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, per caratterizzare dinamicamente sia la copertura presente sia il substrato roccioso ed individuarne la morfologia del tetto del substrato roccioso.
- n. 1 prova Masw per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la categoria sismica di sottosuolo secondo le N.T.C..
- n. 3 prove penetrometriche statiche finalizzate alla valutazione della suscettibilità da liquefazione dei terreni.

Si fornisce il dettaglio delle indagini appositamente eseguite dalle ditte Goecho s.n.c. di Poggibonsi (SI) e dalla ditta ENKI s.r.l. di Firenze, con la loro distribuzione nelle varie frazioni, a corredo degli studi di Microzonazione Sismica.

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 forniti dalla Goecho s.n.c. e dalla ENKI s.r.l..

Id indagine	Località	HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH	
70_HVSR	CAPOLUOGO	X					
71_HVSR		X					
72_HVSR		X					
73_HVSR		X					
74_HVSR		X					
75_HVSR		X					
112_HVSR		X					
113_MASW						X	
114_SR				X			
102_SR				X			
61_HVSR	DIACCETO	X					
62_HVSR		X					
63_HVSR		X					
64_HVSR		X					
65_HVSR		X					
115_SR				X			
116_HVSR		X					
117_HVSR		X					
118_HVSR	X						
66_HVSR	BORSELLI	X					
67_HVSR		X					
68_HVSR	CONSUMA	X					
69_HVSR		X					
104_SR			X				
105_SR			X				
80_HVSR		X					

Id indagine	Località	HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH	
81_HVSR	SAN FRANCESCO	X					
82_HVSR		X					
83_HVSR		X					
84_HVSR		X					
107_SR				X			
108_SR				X			
60_HVSR	PALAIE	X					
85_HVSR	STENTATOIO	X					
86_HVSR		X					
87_HVSR		X					
119_SR				X			
106_SR				X			
76_HVSR		X					
77_HVSR	X						
95_HVSR	PATERNO	X					
96_HVSR		X					
97_HVSR		X					
98_HVSR		X					
99_HVSR		X					
100_HVSR		X					
101_HVSR	X						
103_SR			X				
78_HVSR	MASSOLINA	X					
79_HVSR		X					
88_HVSR		X					
89_HVSR		X					
90_HVSR		X					
109_HVSR		X					
110_HVSR	X						
111_HVSR	X						
91_HVSR	CARBONILE	X					
92_HVSR		X					
93_HVSR		X					
94_HVSR		X					

Per ogni misura HVSR, è stata attribuita una delle seguenti 3 classi di appartenenza (vedi allegata relazione della ditta ENKI s.r.l.):

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

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 (Albarelo 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 B

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

- **Unità litologico-tecnica B3:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo > 75%. Sono riconducibili a tale unità le formazioni geologiche delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2) e della Pietraforte (PTF),
- **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 Ifacies torbiditico calcareo marnosa (ACCb), delle Arenarie di Monte Senario (SEN), delle Brecciole di Monte Senario (BMS), della Formazione di Monte Morello (MLL), della Formazione di Sillano in litofacies calcaree (SILa), delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto nelle sue due litofacies (arenaceo-pelitica FAL3 e siltoso arenacea FAL3c.
- **Unità litologico-tecnica B5:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo < 75%. Ne fanno parte le unità geologiche delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC), della Formazione di Sillano (SIL), delle Argille Varicolori (AVR) e delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4).
- **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).

- **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) presenti su rocce di natura prevalentemente arenacea e i depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna).

Unità litologico tecnica F

In questa U.L.T. sono compresi i terreni coesivi a bassa consistenza.

La consistenza può essere stimata mediante prove manuali o mediante la misura della resistenza alla penetrazione con penetrometro e/o scissiometro tascabile.

I terreni a consistenza elevata sono classificati nell'U.L.T. D. Il limite tra U.L.T. D e U.L.T. F può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un valore di resistenza a compressione uniassiale (non drenata) pari a 250 kPa.

- **Unità litologico-tecnica F**: limi e argille. Si tratta di materiali granulari eterogenei ed eterometrici. Ne fanno parte i depositi eluvio-colluviali (b2a) presenti su rocce di natura prevalentemente pelitica.

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 Pelago 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 sulle indagini sismiche prodotte dalle ditte GeoEcho e ENKI 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.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Gli studi di Microzonazione Sismica Comunale (di seguito MS) svolti per il Comune di Pelago 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 4.1 ottobre 2017) 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 4.1 dell'ottobre 2017).

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 Pellaago sono stati eseguiti sia gli studi di Livello 1 che gli studi di Livello 2.

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 e 0.5-1.0 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

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 4.1, ottobre 2017), 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 la 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 4.1, ottobre 2017) 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 allorché 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 V_s 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 - $0,5 < T < 1$ s.

Di seguito vengono presentati gli abachi usati per gli studi di Microzonazione di Livello 2:

Depth of the geological substrate ≤ 30 m

ag value (TR=475 years) $< 0.15g$

0.1 - 0.5 s

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

0.5 - 1 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.6	2.5	2.1	1.7	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	2.2
300	1.3	2.2	1.9	1.6	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.6
500			1.4	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
700					1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 800										

Depth of the geological substrate ≤ 30 m

ag value (TR=475 years) $\geq 0.15g$

0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	0.8	1.3	1.9	2.2	2.1	2.0	1.8	1.8	1.4	1.8
300	0.6	1.3	1.9	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.4	1.9
500		1.0	1.8	1.8	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.7
700	0.8	1.1			1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.5
≥ 800									1.3	1.3

0.5 - 1 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.6	2.2	1.9	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.4
300	1.5	2.3	1.8	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.6
500		2.2	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.2
700	1.6	2.0			1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
≥ 800									1.0	1.0

Depth of the geological substrate >30

ag value (TR=475 years) $< 0.15g$

0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.0	1.3	2.0							1.2
300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.4
500	1.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.4
700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
≥ 800	1.0	1.0	1.0					1.2	1.1	1.0

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.8	2.2	2.3							2.1
300	1.4	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.6	1.6	1.8	1.8
500	1.2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5
700	1.1	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2
≥ 800	1.1	1.2	1.2					1.0	1.0	1.1

Depth of the geological substrate >30

ag value (TR=475 years) $\geq 0.15g$

0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	0.7	1.0								0.8
300	1.1	1.5	1.8	2.0	2.0	1.8	2.0	1.9	2.0	1.6
500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
≥ 800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.3	2.0								1.3
300	1.5	2.3	2.0	1.9	2.1	1.9	1.8	1.8	1.3	2.2
500	1.4	2.0	1.8	1.5	1.6	1.7	1.5	1.5	1.5	1.8
700	1.2	1.7	1.6	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
≥ 800	1.5	2.0		1.3	1.1	1.1			1.3	1.3

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

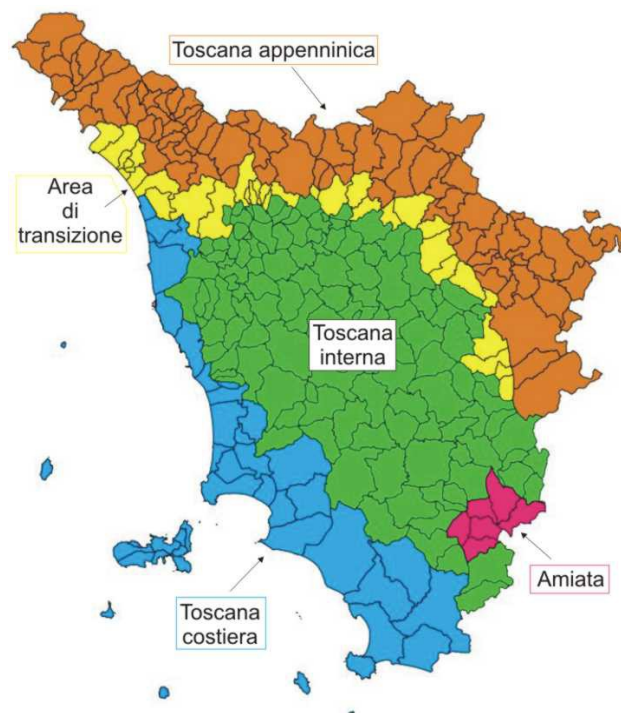
1. Caratterizzazione statistica della distribuzione di valori FA per singole tipologie litografiche e gruppi di accelerogrammi
2. Identificazione dei parametri sperimentali che caratterizzano le varie situazioni lito-stratigrafiche

- 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) e di FHa (0.5-1.0s).
- 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 i fattori di amplificazione FHa nell'intervallo 0,1-0,5 secondi e 0,5-1,0 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.

Per la 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 4.1, ottobre 2017) 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° e 2° Livello.

8.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE

Le Carte delle indagini (Tavole G.01, G.05, G.09 e G.13) 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° livello (cfr. allegate 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".

Nelle Carte delle frequenze (Tavole G.03, G.7 e G.11) 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 Pelago 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 caratterizzata 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 e della Carta di Microzonazione Sismica di livello 2, ma anche offrire un'indicazione delle profondità di investigazione per l'eventuale successivo livello superiore di MS (livello 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.



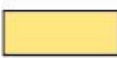


Una sintetica descrizione delle risultanze delle misure di rumore sismico effettuate con tecnica HVSR presso le aree di indagine nel territorio comunale di Pelago è riportata nel seguito del presente rapporto in cui si descrivono le caratteristiche rilevate per ogni frazione studiata.

8.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

La carta geologico tecnica è stata redatta in scala 1:5.000 (Tavole G.2, G.6, G.10 e G.14) e rappresenta, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.1 dell'ottobre 2017), 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 media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche

Legenda della Carta Geologico Tecnica: terreni di copertura

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

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		
LP	LP	Lapideo
GR	GR	Granulare cementato
CO	CO	Coesivo sovraconsolidato
AL	AL	Alternanza di litotipi
LPS	LPS	Lapideo, stratificato
GRS	GRS	Granulare cementato, stratificato
COS	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
ALS	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
SFLP	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
SFGR	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
SFCO	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
SFAL	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
SFLPS	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
SFGRS	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
SFCOS	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
SFALS	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

Legenda della Carta Geologica 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 e SFAL) 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 GMfd:** si tratta di terreni costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaie, 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 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 attuali (b).
- **Unità geologico-tecnica SMes:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (argine / barre / canali). A questi corrispondono i depositi alluvionali recenti terrazzati o non (b).
- **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) presenti su rocce di natura prevalentemente arenacea.
- **Unità geologico-tecnica MLec:** 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) presenti su rocce di natura prevalentemente argillitica.

Per quanto riguarda i corpi di frana, questi sono stati riportati nelle cartografia secondo quanto previsto alla figure 1.1.2-1 e 1.1.2-2 delle norme ICMS (versione 4.1, ottobre 2017), 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 litofacies calcareo-marnosa (ACCb) delle Argille e Calcari di Canetolo, alle Brecciole di Monte Senario (BMS), alle Arenarie di Monte Senario (SEN), alle Arenarie del M. Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2) e Membro di Montalto (FAL3 e FAL3c), alla Formazione di Monte Morello (MLL), alla Pietraforte (PTF) e alla litofacies calcarea (SILa) della Formazione di Sillano.
- **Unità geologico-tecnica ALS:** corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litologie stratificate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alle Argille e Calcari di Canetolo (ACC), alle Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano (FAL4), alla della Formazione di Sillano (SIL) e alle Argille Varicolori (AVR).

- **Unità geologico-tecnica SFALS:** corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litologie stratificate fratturate e/o alterate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Di seguito viene riportata una tabella comparativa delle classi di attribuzione, per ciascun deposito lito-stratigrafico 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 4.1, ottobre 2017).

SIGLA FORMAZIONE	NOME FORMAZIONE	UNITA' LITOLOGICO- TECNICA (VEL)	UNITA' GEOLOGICO- TECNICA (ICMS)
h5	Depositi antropici di riporto	h	RI
	Corpi di frana	E	varie
a3a	Detrito di falda	E	GM fd
aa	Depositi di versante	E	GM fd
b	Depositi alluvionali attuali	E2	GM es
bna	Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non	E3	SM es
b2a	Depositi eluvio-colluviali (su substrato arenaceo)	E3	SM ec
	Depositi eluvio-colluviali (su substrato argillitico)	F	ML ec
SEN	Arenarie di Monte Senario	B4	LPS
BMS	Brecciole di Monte Senario	B4	LPS
ACC	Argille e Calcari di Canetolo	B5	ALS
ACCb	Argille e Calcari di Canetolo - litofacies calcareo-marnosa	B4	LPS
MLL	Formazione di Monte Morello	B4	LPS
PTF	Pietraforte	B3	LPS
SIL	Formazione di Sillano	B5	ALS
SILa	Formazione di Sillano – litofacies calcarea	B4	LPS
FAL2	Arenarie del M. Falterona – Membro di Camaldoli	B3	LPS
FAL3	Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto	B4	LPS
FAL3c	Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto – litofacies siltoso-arenacea	B4	LPS
FAL4	Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano	B5	ALS
FALa	Arenarie del M. Falterona – Olistostroma	Bc	SFALS

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 versante, 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 4.1 ottobre 2017) 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°, 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. ≤ 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. 3.1.3 degli ICMS (versione 4.1, ottobre 2017). 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 di Livello 2. 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 approvato e sull'applicazione della quantificazione numerica degli effetti,

sulla scorta degli abachi di riferimento, in funzione dei valori peculiari di caratterizzazione sismica (V_{s30} , f_0) del sottosuolo di interesse.

Per classificare le aree in esame si è stato fatto riferimento (come da paragrafo 1.1.4 degli ICMS, versione 4.1 ottobre 2017) 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. 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 4.1, ottobre 2017) nelle Carte di Microzonazione Sismica.


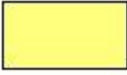









Parametro	Descrizione
FA	Valore del fattore di amplificazione FA a bassi periodi come definito in ICMS
FV	Valore del fattore di amplificazione FV ad alti periodi come definito in ICMS
Ft	Valore del fattore di amplificazione topografica come definito in ICMS
FH0105	Valore del fattore di amplificazione 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, non vengono presentati i valori di FA0105, FA0408 e FA0711.




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.


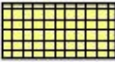

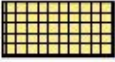
















Si precisa che nella zona stabile, con parametro di amplificazione uguale a 1,0 sono comprese le zone con deamplificazione e con amplificazioni fino a 1,04. Nella classe 1,1-1,2, invece, sono compresi valori di amplificazione da 1,05 a 1,24, mentre nella classe 1,3-1,4 sono compresi valori di amplificazione da 1,25 a 1,44, e così via.

Zone stabili (parametro di amplificazione uguale a 1.0).¹²	
	1.0
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (classe del parametro di amplificazione).¹³	
	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	ZARL - 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

Zone di attenzione per instabilità		
ZARL	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.

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 Tavole G.4, G.8, G.12 e G.16 in scala 1:5.000).

Zone stabili

ID	Descrizione Zona
	Substrato lapideo stratificato, in assenza di copertura (o spessori inferiori ai 5,0 m, generalmente inferiori ai 3,0 m) con pendenza (di seguito "i") < 15° e basso contrasto di impedenza sismica (di seguito "c.i.")

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

ID	Descrizione Zona
Z0 (2099)	Substrato costituito dall'alternanza di litologie, molto fratturato e/o alterato, c.i. alto; talora con spessori di terreni di riporto antropico
Z1 (2001)	Substrato lapideo stratificato, copertura (di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale) < 5,0 m, i > 15°, c.i. basso
Z2 (2002)	Substrato lapideo stratificato, copertura (di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale e talora alluvionale) > 5,0 m, c.i. basso; talora con spessori di terreni di riporto antropico
Z3 (2003)	Substrato lapideo stratificato, copertura (di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale) < 5,0 m, c.i. alto
Z4 (2004)	Substrato costituito dall'alternanza di litologie stratificate, fratturato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale) di spessore compreso tra 3,0 e 6,0 m, c.i. basso; talora con spessori di terreni di riporto antropico
Z5 (2005)	Coperture eluvio-colluviali (di natura prevalentemente limoso argillosa) di spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m su substrato costituito dall'alternanza di litologie, molto fratturato e/o alterato, c.i. alto; talora con spessori di terreni di riporto antropico
Z6 (2006)	Coperture alluvionali terrazzate, recenti (di natura prevalentemente sabbioso limosa) o attuali (di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa) su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente limoso argillosa), copertura complessiva > 5,0 m, sopra substrato non rigido stratificato fratturato, c.i. basso
Z7 (2007)	Coperture alluvionali attuali (di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa) talora su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente sabbioso limosa), copertura complessiva > 5,0 m, sopra substrato lapideo stratificato, c.i. basso
Z8 (2008)	Coperture alluvionali attuali (di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa) talora su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente sabbioso limosa), copertura complessiva > 5,0 m, sopra substrato lapideo stratificato, c.i. alto
Z9 (2009)	Coperture detritiche (di natura prevalentemente ghiaioso limosa e ghiaioso sabbiosa), con spessore > 5,0 m, su substrato lapideo stratificato, c.i. basso
Z10 (2010)	Substrato lapideo stratificato, copertura di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale) > 5,0 m, c.i. alto; talora con spessori di terreni di riporto antropico
Z11 (2011)	Substrato costituito dall'alternanza di litologie, molto fratturato e/o alterato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale) < 5,0 m, c.i. basso
Z12 (2012)	Substrato costituito dall'alternanza di litologie stratificate, fratturato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale), di spessore compreso tra 3,0 e 6,0 m, c.i. alto
Z13 (2013)	Coperture alluvionali attuali (di natura prevalentemente sabbioso limosa) talora su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente sabbioso limosa), copertura complessiva > 5,0 m, sopra substrato lapideo stratificato, c.i. basso
Z14 (2014)	Coperture alluvionali attuali (di natura prevalentemente sabbioso limosa) talora su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente sabbioso limosa), copertura complessiva > 5,0 m, sopra substrato lapideo stratificato, c.i. alto

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).
ZALQ	Liquefazioni

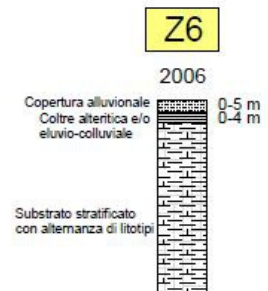
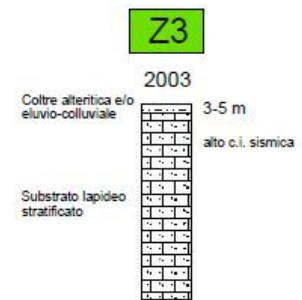
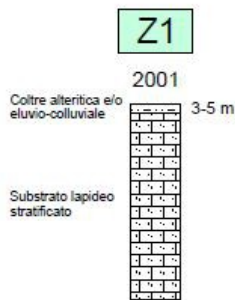
- ZACD** Cedimenti differenziali / crollo di cavità sotterranee / sinkhole.
- ZAID** Sovrapposizione di instabilità differenti.
- ZAFAC** Faglia attiva e capace.

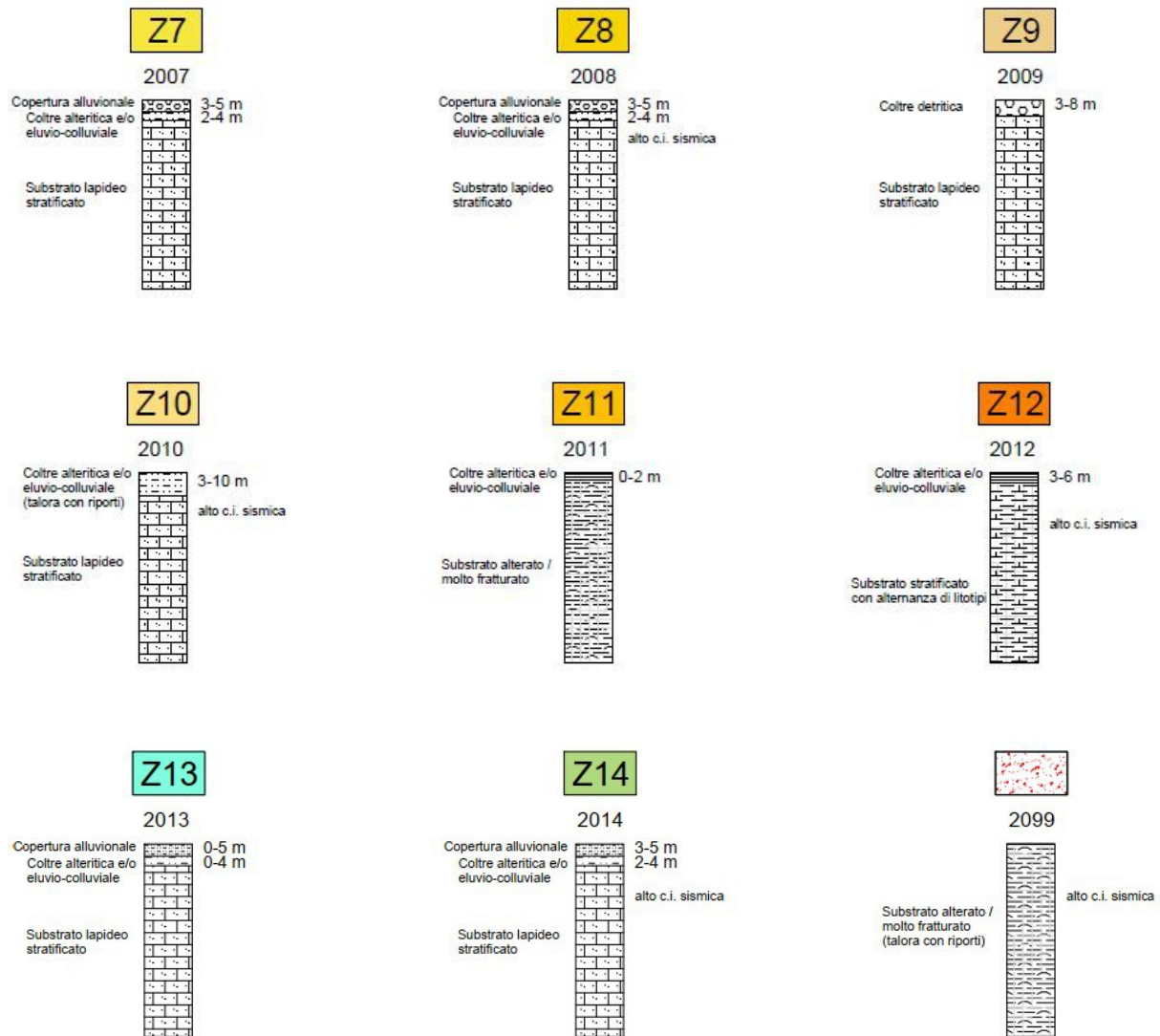
Di seguito vengono riportate graficamente le colonne sintetiche rappresentative delle suddette microzone, riportate anche nella specifica carta delle Mops.

Zone stabili



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali





ELABORAZIONI DI LIVELLO 2

Per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 del territorio comunale di Pelago, 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.

Relativamente alla Carta delle Frequenze naturali dei depositi è stato confermato l'elaborato redatto per il Livello 1, in quanto non sono state eseguite 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 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 0,5 e 1,0s;
- la carta di microzonazione sismica nella quale sono riportati i fattori di amplificazione massimi, carta quest'ultima propedeutica alla futura realizzazione della carta della pericolosità sismica.

Per detto elaborato le nuove indagini eseguite hanno confermato il modello geologico generale e quindi la classificazione delle microzone eseguita in fase di Livello 1; restano pertanto valide anche le sezioni litotecniche presentate nel precedente studio.

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 (DSFTA – Unisi 2013).

In termini metodologici si è proceduto:

- all'individuazione degli abachi relativi alla zona di interesse, corrispondente all'**Area di Transizione**;
- all'individuazione del valore di A_g (475 anni): è stata utilizzata la griglia dei valori indicati dall'INGV. Il territorio del Comune di Pelago ricade per la sua porzione sud-occidentale (località San Francesco, Palaie, Paterno, Carbonile, Massolina) in **$A_g < 0,15g$** , mentre la sua porzione nord-orientale (località Pelago capoluogo, Diacceto, Stentatoio, Borselli, Consuma) ricade in **$A_g > 0,15g$** ;
- alla verifica della profondità del substrato (nel caso in esame risulta **inferiore a 30m**);
- 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 sono state prodotte tre carte di cui le prime due con i fattori di amplificazione relativi rispettivamente a $T_0 = 0.1-0.5s$ e a $T_0 = 0.5-1.0s$; la terza carta riporta i valori massimi relativi ad entrambi gli scenari.

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 evidenziano in entrambe le Finestre di Amplificazione calcolate (Fh01-05; Fh05-1) delle particolarità dovute alla peculiarità del contesto geologico, già evidenziate negli studi di Microzonazione di Livello 1.

In particolare:

- Per l'Intervallo 01-05s, nel caso di **$A_g < 0.15g$** , le zone Mops 1-10 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,3 – 1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 > 8$ Hz velocità delle onde $V_{sH} = 500$ m/s. Anche la zona Mops 4 presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3-1,4 considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza relative al 75° percentile e velocità delle Onde V_{sH} pari a 500 m/s.

Le zone Mops 3-13 presentano, invece, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6 considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 > 8$ Hz e velocità delle Onde V_{sH} pari a 300 m/s. Anche la

zona Mops 2 presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6 considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 5,5$ Hz e velocità delle Onde VsH pari a 500 m/s.

Nel caso di frequenze $f_0 = 3,5$ Hz, la zona Mops 12 presenta, pari a 300 m/s, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 2,1-2,2.

Infine, nel caso di frequenze con riferimento al 75° percentile, le zone Mops 6-7-8 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7-1,8.

Nel caso di $A_g > 0.15g$ le zone Mops 0-1-2-3-5-9-10-14 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,3 – 1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 > 8$ Hz velocità delle onde VsH pari a 300 m/s, 500 m/s e 700 m/s.






La zona Mops 4 presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,9-2,0 considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2.5$ Hz e velocità delle Onde VsH pari a 300 m/s.

Infine, nel caso di frequenze con riferimento al 75° percentile, le zone Mops 7-11 presentano anch'esse valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,9-2,0.

Zone stabili



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

	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

Legenda delle carte di Microzonazione Sismica per FHa 0,1-0,5s

- Per l'Intervallo 01-05s, nel caso di $A_g < 0.15g$, le zone Mops 1-3-10-13 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1 – 1,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 > 8$ Hz e velocità delle onde VsH pari a 300 m/s e 500 m/s. Anche la zona Mops 4 presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,1-1,2 considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza relative al 75° percentile e velocità delle Onde VsH pari a 500 m/s. Così come presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,1-1,2 la zona Mops 2, per VsH pari a 500 m/s e frequenze $f_0 = 5,5$ Hz.

Nel caso di frequenze $f_0 = 3,5$ Hz, la zona Mops 12 presenta, pari a 300 m/s, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6.

Infine, nel caso di frequenze con riferimento al 75° percentile, le zone Mops 6-7-8 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6.

Nel caso di $A_g > 0.15g$ le zone Mops 0-1-2-3-5-9-10-14 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1 – 1,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 > 8$ Hz velocità delle onde VsH pari a 300 m/s, 500 m/s e 700 m/s.

La zona Mops 4 presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7-1,8 considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2.5$ Hz e velocità delle Onde VsH pari a 300 m/s.






Nel caso di frequenze $f_0 = 4,5$ Hz, la zona Mops 2 presentano, per VsH pari a 500 m/s, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,1-1,2.

Infine, nel caso di frequenze con riferimento al 75° percentile, le zone Mops 7-11 presentano anch'esse valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6.

Zone stabili



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

	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

Legenda delle carte di Microzonazione Sismica per FHa 0,5-1s

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 e le zone interessate da **cedimenti differenziali**, cioè quelle aree di contatto tra litotipi con caratteristiche molto diverse. Si tratta di un buffer di 40 metri posto al contatto tra i depositi detritico-alluvionali ed il substrato roccioso.

Sulla scorta delle verifiche alla **liquefazione** eseguite si ritiene ipotizzabile la non presenza di zone instabili per la possibilità di fenomeni di liquefazione.

Inoltre sono state riportate in carta le **zone di attenzione per la sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti**.

Zone di attenzione per instabilità

	ZAFR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 1
	ZAFR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 2
	ZAFR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 3
	ZAFR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 4
	ZAFR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 5
	ZAFR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 9
	ZAFR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 10
	ZAFR – Zona di attenzione per instabilità differenti
	ZAFR – Zona di attenzione per cedimenti differenziali

Fh instabile 0,1-0,5s e 0,5-1,0s

Si riportano di seguito le Microzone Sismiche individuate nello studio di Secondo Livello e la loro descrizione. (come presentate negli elaborati Tavole G.17, G.18, G.19, G.20, G.21, G.22, G.23, G.24, G.25, G.26, G.27 e G.28, in scala 1:5.000).

Zone stabili

ID	Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona	
(1011)	FH 0,1-0,5	1,0
	FH 0,5-1,0	1,0
	FPGA	1,0
	Substrato lapideo, stratificato (LPS), $i < 15^\circ$.	

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

ID	Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona	
Z0 (2099)	Coperture eluvio-colluviali (di natura prevalentemente limoso argillosa) di spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m su Substrato costituito dall'alternanza di litologie, molto fratturato e/o alterato, c.i. alto; talora con spessori di terreni di riporto antropico	
	Profondità substrato < 30,0 m; $Ag > 0,15g$	
	FH 0,1-0,5	1,3
	FH 0,5-1,0	1,1
Z1 (2001)	Substrato lapideo stratificato, copertura (di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale) < 5,0 m, $i > 15^\circ$, c.i. basso	
	FPGA	1,3

- Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,15g**
 FH 0,1-0,5 1,3
 FH 0,5-1,0 1,2
 FPGA 1,3
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g**
 FH 0,1-0,5 1,4
 FH 0,5-1,0 1,2
 FPGA 1,4
- Z2 (2002)** Substrato lapideo stratificato, copertura (di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale e talora alluvionale) > 5,0 m, c.i. basso; talora con spessori di terreni di riporto antropico
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,15g**
 FH 0,1-0,5 2,0
 FH 0,5-1,0 1,3
 FPGA 2,0
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g**
 FH 0,1-0,5 1,4
 FH 0,5-1,0 1,1
 FPGA 1,4
- Z3 (2003)** Substrato lapideo stratificato, copertura (di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale) < 5,0 m, c.i. alto.
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,15g**
 FH 0,1-0,5 1,5
 FH 0,5-1,0 1,1
 FPGA 1,5
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g**
 FH 0,1-0,5 1,4
 FH 0,5-1,0 1,1
 FPGA 1,4
- Z4 (2004)** Substrato costituito dall'alternanza di litologie stratificate, fratturato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale) di spessore compreso tra 3,0 e 6,0 m, c.i. basso; talora con spessori di terreni di riporto antropico.
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,15g**
 FH 0,1-0,5 1,4
 FH 0,5-1,0 1,1
 FPGA 1,4
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g**
 FH 0,1-0,5 1,9
 FH 0,5-1,0 1,8
 FPGA 1,9
- Z5 (2005)** Coperture eluvio-colluviali (di natura prevalentemente limoso argillosa) di spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m su Substrato costituito dall'alternanza di litologie, molto fratturato e/o alterato, c.i. alto; talora con spessori di terreni di riporto antropico
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g**
 FH 0,1-0,5 1,3
 FH 0,5-1,0 1,1
 FPGA 1,3
- Z6 (2006)** Coperture alluvionali terrazzate, recenti (di natura prevalentemente sabbioso limosa) o attuali (di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa) su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente limoso argillosa), copertura complessiva > 5,0 m, sopra substrato non rigido stratificato fratturato, c.i. basso
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,15g**
 FH 0,1-0,5 1,8
 FH 0,5-1,0 1,6
 FPGA 1,8
- Z7 (2007)** Coperture alluvionali attuali (di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa) talora su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente sabbioso limosa), copertura complessiva > 5,0 m, sopra substrato lapideo stratificato, c.i. basso
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,15g**
 FH 0,1-0,5 1,8
 FH 0,5-1,0 1,6

	FPGA	1,8
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g	
	FH 0,1-0,5	1,9
	FH 0,5-1,0	1,6
	FPGA	1,9
Z8 (2008)	Coperture alluvionali attuali (di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa) talora su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente sabbioso limosa), copertura complessiva > 5,0 m, sopra substrato lapideo stratificato, c.i. alto	
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,15g	
	FH 0,1-0,5	1,8
	FH 0,5-1,0	1,6
	FPGA	1,8
Z9 (2009)	Coperture detritiche (di natura prevalentemente ghiaioso limosa e ghiaioso sabbiosa), con spessore > 5,0 m, su substrato lapideo stratificato, c.i. basso	
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g	
	FH 0,1-0,5	1,4
	FH 0,5-1,0	1,1
	FPGA	1,4
Z10 (2010)	Substrato lapideo stratificato, copertura di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale) > 5,0 m, c.i. alto; talora con spessori di terreni di riporto antropico	
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,15g	
	FH 0,1-0,5	1,3
	FH 0,5-1,0	1,1
	FPGA	1,3
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g	
	FH 0,1-0,5	1,4
	FH 0,5-1,0	1,1
	FPGA	1,4
Z11 (2011)	Substrato costituito dall'alternanza di litologie, molto fratturato e/o alterato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale) < 5,0 m, c.i. basso	
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g	
	FH 0,1-0,5	1,9
	FH 0,5-1,0	1,6
	FPGA	1,9
Z12 (2012)	Substrato costituito dall'alternanza di litologie stratificate, fratturato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale), di spessore compreso tra 3,0 e 6,0 m, c.i. alto	
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,15g	
	FH 0,1-0,5	2,1
	FH 0,5-1,0	1,6
	FPGA	2,1
Z13 (2013)	Coperture alluvionali attuali (di natura prevalentemente sabbioso limosa) talora su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente sabbioso limosa), copertura complessiva > 5,0 m, sopra substrato lapideo stratificato, c.i. basso	
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,15g	
	FH 0,1-0,5	1,5
	FH 0,5-1,0	1,1
	FPGA	1,5
Z14 (2014)	Coperture alluvionali attuali (di natura prevalentemente sabbioso limosa) talora su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente sabbioso limosa), copertura complessiva > 5,0 m, sopra substrato lapideo stratificato, c.i. alto	
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,15g	
	FH 0,1-0,5	1,3
	FH 0,5-1,0	1,1
	FPGA	1,3

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).
ZACD	Cedimenti differenziali / crollo di cavità sotterranee / sinkhole.
ZALQ	Liquefazioni.
ZAID	Sovrapposizione di instabilità differenti.
ZAFAC	Faglia attiva e capace.

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 ciascuna area di indagine vengono presentate delle specifiche tabelle in cui vengono indicate le condizioni al contorno (valore di A_g di riferimento – $A_g > 0 < 0,15$ e profondità del substrato - $> 0 < 30,0$ m dal p.c.) e le Zone riconosciute; e, per ciascuna zona individuata, vengono presentati i risultati di tutte le misure HVSR (valore di F_0) e delle indagini lineari (valore di V_s) eseguiti, nonché i valori dei fattori di amplificazione nei due periodi 0,1-0,5s e 0,5-1,0s.

Si precisa che per le 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 A_g di riferimento.

Inoltre si specifica che laddove, soprattutto con riferimento alla profondità del substrato lapideo e quindi dell'eventuale previsto contrasto di impedenza sismica, vi sia discordanza tra i dati di sismica di superficie (in particolari prove Hvsr) e le risultanze delle terebrazioni geognostiche (in particolare sondaggi a carotaggio continuo) è stato data maggior importanza nell'interpretazione del sottosuolo della specifica area alle risultanze delle indagini geognostiche dirette (sondaggi a carotaggio continuo).

Infine, si precisa che per le zone stabili è stato attribuito un fattore di amplificazione di 1,0 per entrambi gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s e 0,5-1,0s), indipendentemente dal relativo valore di A_g di riferimento.

PELAGO DIACCETTO – ABACO > 0.15g							
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.5-1s)
2001	P292 P296	L25 L26 L41	< 30m	500	>8	1.4	1.2
2003	P295	Non sono presenti indagini Lineari	< 30m	300	>8	1.4	1.1
2004	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	300	2.5	1.9	1.8
2005	P288 P290 P293 P331	L39 L28 L29 L40 L31 L33 L34 L35 L37	< 30m	500	>8	1.3	1.1
2009	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	75° Percentile		1.9	1.6
2010	P289 P291 P294 P298	L38 L27 L29 L37 L36 L44 L42 L45 L30	< 30m	500	>8	1.4	1.1
2099	P332- P333	_L61_l62	< 30m	500	>8	1.3	1.1

STENTATOIO – ABACO > 0.15g							
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.5-1s)

2001	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	500	>8	1.4	1.2
2002	P323	Non sono presenti indagini Lineari	< 30m	300	>8	1.4	01.01.00
2003	P325	SR19	< 30m	300	>8	1.4	1.1
2007	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	75° Percentile		1.9	1.6
2014	P324	SR119	< 30m	700	>8	1.3	1.1

SAN FRANCESCO – ABACO < 0.15g

ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.5-1s)
2001	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.2
2002	Non sono presenti indagini Puntuali	SR108	< 30m	300	4.5	2	1.3
2003	P318 P320	L7 SR107	< 30m	300	>8	1.5	1.1
2004	P321	L8 L9 L10 L11	< 30m	500	75° Percentile	1.4	1.1
2006	P322	Non sono presenti indagini Lineari	< 30m	75° Percentile		1.8	1.6
2007	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	75° Percentile		1.8	1.6
2008	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	75° Percentile		1.8	1.6
2013	P318	L7	< 30m	300	>8	1.5	1.1

PALAIE – ABACO < 0.15g

ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.5-1s)
2001	Non sono presenti indagini Puntuali	L21 L22 L23 L24	< 30m	500	>8	1.3	1.2
2002	P317	L13 L14 L15 L17 L18	< 30m	500	5.5	1.6	1.1

BORSELLI – ABACO > 0.15g

ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.5-1s)
2001	P324 P326	L1 L2 L3 L4	< 30m	500	>8	1.4	1.2
2011	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	75° Percentile		1.9	1.6

CONSUMA – ABACO > 0.15g

ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.5-1s)
2001	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	500	>8	1.4	1.2
2004	P328 P329	L5 L6	< 30m	300	2.5	1.9	1.8

PATERNO – ABACO < 0.15g

ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.5-1s)
2001	P312 P313	Non sono presenti	< 30m	500	>8	1.3	1.2

	P315	indagini Lineari					
2002	P309 P310 P311 P316	L54 L55 L56 L57	< 30m	300	4.5	2	1.3
2003	P299 P314	L57	< 30m	300	>8	1.5	1.1
2004	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	300	2.5	1.8	1.9
2010	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.1
2013	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	300	>8	1.5	1.1

CARBONILE MASSOLINA – ABACO < 0.15g							
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-5s)	Fa (0.5-1s)
2001	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.2
2002	HV109 HV110	L46 L48 L49	< 30m	300	4.5	2	1.3
2003	P304 HV11	Non sono presenti indagini Lineari	< 30m	300	>8	1.5	1.1
2004	P305 P306 P307 P308 P309	L51 L52	< 30m	300	2.5	1.8	1.9
2007	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	75° Percentile		1.8	1.6
2012	P301 P302 P303	L50	< 30m	300	3.5	2.1	1.6
2013	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	300	>8	1.5	1.1

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.

PELAGO – Capoluogo

(vedi tavv. G.1, G.2, G.3, G.4, G.17, G.21 e G.25, in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato del Capoluogo è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), dell'Unità di Canetolo (Dominio Subligure) e dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure).

In particolare l'Unità di Monte Cervarola - Falterona è 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, e nella sua litofacies siltoso arenacea (FAL3c) costituita da prevalenti livelli siltitico arenacei, e dalla litofacies olistostromica (FALa) delle Arenarie del M. Falterona costituito da breccie argillose ad elementi calcarei micritici e siltitici in matrice argillitica.

L'Unità di Canetolo è rappresentata dalle Breccie di Monte Senario (BMS) costituite da calcari marnosi e marne argillitiche alternate ad arenarie calcaree torbiditiche, mentre l'Unità di Monte Morello è rappresentata sia dalla Formazione di Monte Morello (MLL) con litologie prevalentemente calcaree e calcareo marnose che, in maniera minoritaria dalle Argille Varicolori (AVR), a prevalente composizione argillitica e argillitico marnosa.

Le varie formazioni riconosciute sono soventemente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e da coltri detritiche di frana sia attive (F) che quiescenti (Fq).

Il nucleo del centro storico di Pelago e gli areali che dal settore del campo sportivo, della loc. Bardiglioni e loc. Il Piano si estendono, verso sud-est sino al corso del Torrente Vicano di Pelago vedono la presenza di litologie appartenenti alle Arenarie del M. Falterona. In particolare il centro storico, l'area di Casalvento e in prossimità dell'attraversamento di Via della Rimembranza su Fosso Ribottoli e l'areale delle località Il Piano e Casellina vedono un substrato litoide costituito dal Membro di Montalto (FAL3), nella sua litofacies siltoso marnosa (FAL3c) solamente nel settore di Case Fanfani – Ponte Vecchio. L'assetto giaciturale è generalmente a franapoggio più o meno inclinato del pendio con immersione verso i quadranti meridionali e inclinazioni variabili tra 10° e 50°.

I restanti settori, come ad esempio presso la loc. Bardiglioni, in corrispondenza del campo sportivo, a nord-ovest di Casalvento e nel settore settentrionale del centro storico e del cimitero comunale vedono la presenza di litologie riferibili alla litofacies olistostromica (FALa). Soventemente i contatti tra i vari membri delle Arenarie del M. Falterona in particolare e in generale tra questi e le formazioni delle altre due Unità presenti sono attraverso l'interposizione di strutture tettoniche che disgregano l'assetto strutturale e stratigrafico dell'intero settore.

I terreni riferibili all'unità di Canetolo e in particolare alle Brecciole di Monte Senario (BMS) sono rinvenibili in una porzione isolate del settore occidentale del centro abitato e a nord dell'area del cimitero comunale. Anche in questo caso l'assetto giaciturale è generalmente a franapoggio più o meno inclinato del pendio con immersione verso i quadranti meridionali e inclinazioni variabili tra poche decine di gradi e 10° e 50°-60°.

Infine, mediante strutture tettoniche a componente diretta ed andamento circa nord-ovest/sud-est, si ha nel settore sud-occidentale dell'areale di studio dell'approfondimento la presenza delle formazioni appartenenti al Dominio Ligure. In particolare la Formazione di Monte Morello (MLL) costituisce il substrato su cui sono posti gli abitati delle località Valle Vecchia, Valle Nuova, Morgena, Il Poggio e Poggio di Sopra, mentre le Argille Varicolori (AVR) si rinvencono solo in un settore a losanga e circondato da faglie, tra gli abitati di Bardiglioni e ValleVecchia – Valle Nuova.

L'assetto ondulato dei litotipi delle formazioni del Dominio Ligure non permette di definire un andamento principale della giacitura degli strati.

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 da attiva a quiescente, in particolar modo nei settori ad ovest dell'area del campo sportivo e in corrispondenza dell'abitato di Morgena e di Valle Nuova. Sono presenti, inoltre, areali con fenomeni di soliflusso generalizzato, di erosione superficiale e a franosità diffusa. 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 una prevalente acclività con pendenze comprese tra 15% e 25% con settori, in corrispondenza del centro storico del Capoluogo, con acclività maggiori (comprese tra 25% e 45% e talora > 45%), e settori, nel settore ad ovest dell'abitato di Pelago con pendenze inferiori al 15%.

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 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.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 31 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 2 strumentati con tubo piezometrico, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 2 stratigrafie risultanti da terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 3 prove penetrometriche di cui n. 1 prova penetrometrica statica e n. 2 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 7 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 1 indagine di sismica tipo MASW;
- n. 8 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (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.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 4 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 2 indagini di sismica a rifrazione in foro di tipo down-hole, n. 2 indagini di sismica tipo MASW e n. 28 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Inoltre, specificatamente per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 è stata svolta una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 1 indagine di sismica tipo MASW e n. 1 prova di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Pelago risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto – FAL3, Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto - litofacies siltoso arenacea – FAL3c e Arenarie del M. Falterona - litofacies olistostromica – FALa), dell'Unità di Canetolo (Brecciole di Monte Senario - BMS) e dell'Unità di Monte Morello (Formazione di Monte Morello – MLL e Argille Varicolori – AVR).

In particolare l'area meridionale del centro storico è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3 e FAL3c), che costituiscono il substrato anche dell'area in corrispondenza dell'attraversamento di Via della Rimembranza sul Fosso di Ribottoli, mentre l'area settentrionale dell'abitato del centro storico poggia su terreni di natura prevalentemente argillitico marnosa e argillitico siltitica riferibili alla litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa). Quest'ultima facies costituisce anche il sottosuolo di un settore tra le località Casellina e il Bagno e dei terreni posti in corrispondenza e a nord dell'abitato di Bardigliani.

Sudette litologie sono sormontate da uno spessore di coltre eluvio-colluviale e/o alteritica con spessori rilevati compresi tra 1,5 e circa 7,0 m dal p.c..

Le Brecciole di Monte Senario (BMS), costituite da calcari marnosi e marne argillitiche alternate ad arenarie calcaree torbiditiche, rappresentano il substrato dell'area nord-orientale dell'abitato di Pelago, e di un settore

limitato a sud della località Il Bagno. Anche questa formazione presenta una coltre alteritica e/o eluvio-colluviale di spessore compreso tra il metro e 2,0 – 3,0 m dal p.c..

La Formazione di Monte Morello costituita dall'alternanza di calcari marnosi con subordinati livelli marnoso siltitici e argillitico marnosi, quest'ultimi talora prevalenti, interessa gli areali occidentali e sud-occidentali dell'area di interesse e presenta spessori di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale anche fino a 9,0 m dal p.c (generalmente compresi tra 2,0 e 7,0 m da p.c.).

Infine un limitato settore con andamento circa nord-ovest / sud-est compreso tra gli abitati di Valle Vecchia e Bardiglioni presenta come substrato geologico le litologie prevalentemente pelitiche delle Argille Varicolori (AVR).

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a 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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre all'unità geologico-tecnica MLec (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente argillosa. Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), alle Brecciole di Monte Senario (BMS), alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) e delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto nella litofacies siltoso arenacea (FAL3a) riferibili al substrato geologico sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide appartenenti alle Argille Varicolori (AVR) sono state inserite nella classe geologico-tecnica ALS (Substrato geologico stratificato con alternanza di litotipi), mentre i terreni riferibili alle Arenarie del Monte Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) sono state inserite nella classe geologico-tecnica SFALS (Substrato geologico stratificato con alternanza di litotipi fratturato / alterato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi, quiescenti e i movimenti non definiti attivi, nonché gli orli di scarpata morfologica e le creste morfologiche.

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 rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

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 dettaglio precedentemente e da n. 6 misure HVSR di cui n. 4 classificate in classe A1, n. 1 classificata in A2 e n. 1 classificata in B1 si ricava una valutazione di qualità pari a 59,6 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo sono state eseguite n. 7 misure di sismica passiva con metodo HVSR (70_HVSR, 71_HVSR, 72_HVSR, 73_HVSR, 74_HVSR, 75_HVSR e 112_HVSR) nell'ambito degli studi di microzonazione sismica. Le registrazioni (71_HVSR e 72_HVSR) di rumore sismico eseguite nel settore nord-occidentale dell'area (loc. Valle Nuova e Valle Vecchia) hanno messo in luce una frequenza del picco principale rispettivamente di 18,91 Hz e 10,72 Hz con ampiezze di 3,13 e 3,93 che denotano presenza di fenomeni di risonanza superficiali, a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un alto contrasto di impedenza sismica. Un'ampiezza di 3,94 viene riconosciuta anche dalla prova 112_HVSR, tuttavia con una frequenza di 2,13 Hz che indicherebbe un contrasto di impedenza a profondità superiori a quelle precedentemente indicate. Un basso contrasto di impedenza ($A_0 = 2,88$) si ricava, invece, dalla prova 70_HVSR, eseguita nel settore settentrionale dell'abitato, presso la loc. Il Bagno, tuttavia con una frequenza del picco principale (4,81 Hz) che presuppone dei fenomeni di contrasto a profondità maggiori delle precedenti e comprese tra 20 e 30 m dal p.c..

Presso la loc. Il Bagno dai dati di base a disposizione sono state ricavate le risultanze di n. 1 prova sismica di tipo down-hole in foro di sondaggio (75_SDH) e di n. 2 stendimenti di sismica a rifrazione (5_SR e 6_SR). Le prove hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m avente $V_s = 240$ m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore 18,0 m con $V_s = 683$ m/s. Un terzo sismostrato raggiunge la profondità di 30,0 m da p.c., con $V_s = 731$ m/s, a cui segue uno spessore di 4,0 m con $V_s = 1104$ m/s. Il primo sismostrato corrisponde alla coltre alteritica del substrato geologico sottostante, che caratterizza il secondo e terzo sismostrato con argilliti e marne prevalenti. Il quarto sismostrato corrisponde alla presenza di livelli arenitici o calcareo marnosi di maggiore competenza.

Dalle indagini Masw svolte in detta località (7_MASW, 8_MASW, 51_MASW e 52_MASW) è stato possibile ricavare un valore di V_{s30} compreso tra 622 e 777 m/s.

Sempre nel settore settentrionale, ma nella porzione orientale, a nord della loc. Casalvento, è stata eseguita la registrazione di rumore sismico 73_HVSR che, tuttavia, non ha presentato nessun fenomeno di risonanza.

In località Bardigliani è stata eseguita lo stendi mento sismico 114_SR che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore compreso tra 2,0 e 3,0 m avente V_s comprese tra 221 e 233 m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore compreso tra 3,0 e 14,0 m con V_s comprese tra 362 e 417 m/s. Un terzo e ultimo sismostrato presenta V_s comprese tra 584 e 1078 m/s.

In corrispondenza del campo sportivo, dove eseguita anche la prova 112_HVSR è staata eseguita l'indagine 113_MASW, che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di circa 5,0 m avente $V_s = 356$ m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di circa 2,0 m con $V_s = 424$ m/s, un terzo sismostrato di spessore di circa 8,0 m con $V_s = 532$ m/s e un quarto sismo strato che presenta uno spessore di circa 12,0 m e $V_s = 738$ m/s. A profondità superiori a circa 27,0 m si hanno $V_s = 746$ m/s da cui si ricava una $V_{seq} = 563$ m/s.

Infine, le due registrazioni eseguite nel settore meridionale dell'abitato del capoluogo, rispettivamente la prova 74_HVSR in corrispondenza del Palazzo Comunale e, la prova 75_HVSR, presso la loc. Ponte Vecchio, hanno entrambe mostrato picchi di frequenza (5,84 Hz e 6,01 Hz) che denotano fenomeni di risonanza compresi tra 10 e 20 m da p.c. con un basso contrasto di impedenza (ampiezza rispettivamente pari a 2,15 e 1,94).

L'indagine sismica eseguita in corrispondenza del Palazzo Comunale (58_MASW) ha mostrato la presenza di n. 3 sismostrati: un primo di spessore di circa 3,5 – 4,0 m con $V_s = 300$ m/s, un secondo, che raggiunge la profondità di oltre 8,0 m con V_s comprese tra 500 e 630 m/s e un terzo, con V_s di poco superiori a 700 m/s.

Dai n. 2 stendimenti sismici a rifrazione (9_SR e 10_SR) eseguiti presso la loc. Ponte Vecchio in presenza di litologie prevalentemente arenacee con interstrati pelitico-siltitici è stato possibile ricavare un valore di Vs30 compreso tra 1405 e 1788 m/s.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili

- **(1001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i < 15^\circ$ e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza delle formazioni geologiche della Formazione di Monte Morello (MLL), delle Brecciole di M. Senario (BMS), delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3 e FAL3c). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione dello spessore di 0-3 m.

Dallo studio complessivo di indagini sismica, dalle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (73_HVSR) 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 entrambi gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s e 0,5-1,0s). E, pertanto, viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,0.

La zona viene individuata in alcuni settori a nord e nord-ovest dell'abitato di Pelago (località Il Bagno, Casellina e Casalvento) e a sud ovest del centro storico, come ad esempio presso l'area del depuratore comunale.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 0 (2099)**: questa zona comprende aree nelle quali è presente un substrato stratificato con alternanza di litotipi molto fratturato / alterato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa).

Dalle indagini sismiche eseguite (20_HVSR) e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori possono presentare alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,3.

Interessa principalmente dei settori tra il campo sportivo e la località Bardiglioni.

- **zona 1 (2001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i > 15^\circ$ e basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza principalmente della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3 e FAL3c) e delle Brecciole di Monte Senario (BMS). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (74_HVSR e 75_HVSR) 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 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche, anche attive, con dislivello inferiore ai 10 m e comprese tra 10 e 20 m.

La zona viene individuata in corrispondenza del nucleo storico dell'abitato di Pelago, lungo il corso del Torrente Vicano di Pelago e in vari settori lungo il Fosso di Ribottoli.

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente compresi tra 1,0 e 3,0 m) con alto c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore compreso tra 1,0 e 3,0 m

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (71_HVSR e 72_HVSR) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, presumibilmente al passaggio tra depositi di copertura e substrato litoide inalterato, e /o all'interno del substrato stesso a causa di importanti variazioni di litofacies.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

La zona viene individuata nella porzione sud-occidentale dell'area di studio in corrispondenza dei terreni litoidi appartenenti all'Unità Ligure e in una isolata area a sud della località Poggio.

- **zona 4 (2004)**: comprende le aree nelle quali affiora substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS) e fratturato, caratterizzato dai litotipi delle Argille Varicolori (AVR) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti < 15°. Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (generalmente 2-4 m).

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non 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 e un fattore di amplificazione di 1,8 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,9.

Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza di una limitata fascia, con andamento circa nord-ovest / sud-est, compresa tra gli abitati di Valle Vecchia e Bardigliani.

- **zona 5 (2005)**: questa zona comprende aree nelle quali sono presenti coperture eluvio-colluviali (di natura prevalentemente limoso argillosa) di spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m su substrato costituito dall'alternanza di litologie, molto fratturato e/o alterato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALA); talora con spessori di terreni di riporto antropico.

Dalle indagini sismiche eseguite (20_HVSR) e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori possono presentare alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,3.

Interessa un ampio settore in corrispondenza dell'abitato di Pelago, dal cimitero alla scuola elementare, e ampi settori tra il campo sportivo e la località Bardiglioni e tra le località de Il Bagno e Casellina.

- **zona 9 (2009)**: la zona corrisponde a quei settori laddove si ha la presenza di coperture detritiche, a composizione granulometrica prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa con spessore maggiore di 5,0 m, poggiante su un substrato lapideo stratificato, talora con l'interposizione di uno spessore di coltre alteritica.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentino alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

La zona viene individuata in un isolato settore nell'estremo settore sud-occidentale di studio e a valle della località Valle Vecchia.

- **zona 10 (2010)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 5,0 m con alto c. i.. Talora si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente sabbioso limosa, con spessore generalmente compreso tra 5,0 e 9,0 m

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, presumibilmente al contatto tra terreni di copertura e substrato litoide.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

La zona viene individuata in un settore in corrispondenza dell'abitato di Valle Vecchia e in corrispondenza del centro di addestramento cani guida della Regione Toscana.

Zone 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 4.1, ottobre 2017) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali, coltri di frana, e coperture detritiche) e il substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello – MLL, Brecciole di M. Senario – BMS e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto – FAL3 e FAL3c) e tra il suddetto substrato litoide stratificato e i depositi prevalentemente argillitici appartenenti al substrato molto fratturato/alterato delle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) e al substrato stratificato con alternanza di litotipi delle Argille Varicolori (AVR) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un areale (“buffer”) di

circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Inoltre sono state indicate con una fascia di circa 20 m di ampiezza i settori laddove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAIID)**.

DIACCETO

(vedi tavv. G.1, G.2, G.3, G.4, G.17, G.21 e G.25, in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Diacceto è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni del Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano) e dell'Unità di Canetolo (Dominio Subligure).

In particolare l'Unità di Monte Cervarola - Falterona è rappresentata dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona con alternanza di livelli arenacei, marnosi, argillitici e siltitici, e dalla litofacies olistostromica (FALa) delle Arenarie del M. Falterona costituito da breccie argillose ad elementi calcarei micritici e siltitici in matrice argillitica. Mentre l'Unità di Canetolo è rappresentata dalle Arenarie di Monte Senario (SEN), costituita da torbiditi arenaceo pelitiche, e dalle Brecciole di Monte Senario (BMS) costituite da calcari marnosi e marne argillitiche alternate ad arenarie calcaree torbiditiche.

Le varie formazioni riconosciute sono sovente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a), da coltri detritiche di frana sia attive (F) che quiescenti (Fq) e talora da depositi detritici di versante (aa) e detriti di falda (a3a).

L'abitato di Diacceto, in maniera specifica, e i settori collinari posti a nord dell'abitato stesso, presentano un substrato costituito dalle Arenarie di Monte Senario (SEN) con assetto giaciturale a franapoggio, sia più che meno inclinato del pendio, verso i quadranti meridionali, con inclinazioni comprese tra 15° e 35°. Le Brecciole di Monte Senario (BMS) costituiscono, invece il substrato roccioso dei settori di interesse posti nelle estreme porzioni occidentali ed orientali dell'area di approfondimento e presentano nei settori occidentali un'immersione verso i quadranti di ponente con giacitura a franapoggio più o meno inclinato del pendio e inclinazioni di circa 30°, mentre nei settori orientali un'immersione verso i quadranti di levante con giaciture a reggipoggio e inclinazioni estremamente variabili (dai 15° ai 75°).

Le formazioni delle Unità di Canetolo sono messe a contatto con i termini torbiditici dell'Unità del M. Cervarola – Falterona mediante la presenza di strutture tettoniche, principalmente faglie di tipo diretto, che ribassano la porzione delle formazioni subliguri.

Per quanto riguarda le Arenarie del M. Falterona, il Membro di Montalto (FAL3) costituisce il substrato del settore sud-orientale dell'abitato di Diacceto, interessando le aree ad est della loc. Crocellina e i settori a sud di questa, dalla località di Quercetello sino alle località di Poggio Sano e Vigne. L'assetto giaciturale è generalmente a reggipoggio o a traverpoggio con immersione verso i quadranti orientali e inclinazioni variabili tra 10° e 30°. La litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa) interessa, invece i terreni della porzione sud-occidentale dell'abitato di Diacceto, ad ovest della loc. Crocellina e affiorano, in particolare in corrispondenza dell'area cimiteriale dell'abitato. Data la caoticizzazione di questa litofacies non è possibile determinarne un assetto stratigrafico e giaciturale prevalente.

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 da attiva, a quiescente, a stabilizzato. In particolar modo la porzione meridionale dell'abitato di Diacceto è interessato da due grossi corpi di frana quiescente che con andamento circa nord-sud interessano l'area di nuova edificazione posta tra il nucleo storico e la loc. Crocellina, sino a raggiungere la località di Quercetello. Sono presenti, inoltre, areali con fenomeni di soliflusso localizzato, di erosione superficiale e a franosità diffusa. Il contesto geomorfologico 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 una generale acclività da bassa a medio-bassa dei versanti (pendenze comprese tra 5% e 25%) con isolati settori con pendenze sia maggiori, tuttavia con acclività generalmente non superiori al 35%, che minori.

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 la frazione di Diacceto 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.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 22 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 16 strumentati con tubo piezometrico e n. 5 strumentati con canna inclinometrica, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 22 prove penetrometriche di cui n. 15 prove penetrometriche statiche e n. 7 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 3 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 9 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 2 indagini di sismica tipo MASW.

In corrispondenza dell'abitato di Diacceto sono inoltre stata effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 stendimento sismico a rifrazione per l'acquisizione delle onde P e Sh e in n. 5 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR). Inoltre, specificatamente per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 è stata svolta una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh e n. 3 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Paterno risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto - FAL3 e Arenarie del M. Falterona - litofacies olistostromica – FALa), e dell'Unità di Canetolo (Arenarie di Monte Senario – SEN e Brecciole di Monte Senario - BMS).

In particolare l'area sud-orientale del centro abitato è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3), mentre l'area sud-occidentale dell'abitato poggia su terreni di natura prevalentemente argillitico marnosa e argillitico siltitica riferibili alla litofacies olistostromica delle Arenarie del

M. Falterona (FALa). Suddette litologie sono sormontate da uno spessore di coltre eluvio-colluviale e/o alteritica con spessori rilevati generalmente inferiori ai 5,0 m dal p.c..

Il settore settentrionale presenta, invece, un substrato costituito dalle litologie attribuite all'Unità di Canetolo e in particolare alle Arenarie di Monte Senario (SEN), con litologie prevalentemente arenacee e subordinatamente siltitico argillitiche. Le Brecciole di Monte Senario (BMS) costituiscono il substrato geologico degli estremi settori occidentali e orientali della frazione. Le formazioni presentano in superficie uno spessore di coltre eluvio-colluviale e/o alteritica generalmente compreso tra 3,0 e 7,0 m dal p.c..

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a 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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre all'unità geologico-tecnica MLec (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente argillosa. All'unità geologico-tecnica GMfd (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) sono stati attribuiti i depositi di versante (aa) e i detriti di falda (a3a). Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alle Arenarie di Monte Senario (SEN), alle Brecciole di Monte Senario (BMS) e alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) riferibili al substrato geologico sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide appartenenti alle Arenarie del Monte Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) sono state inserite nella classe geologico-tecnica SFALS (Substrato stratificato con alternanza di litotipi fratturato /alterato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi, quiescenti e stabilizzati e i movimenti non definiti attivi, nonché gli orli di scarpata morfologica.

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 rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

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 dettaglio precedentemente e da n. 5 misure HVSR di cui n. 2 classificate in classe A1 e n. 3 classificate in B1 si ricava una valutazione di qualità pari a 64,3 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Diacceto sono state appositamente eseguite n. 8 misure di sismica passiva con metodo HVSR (61_HVSR, 62_HVSR, 63_HVSR, 64_HVSR, 65_HVSR, 116_HVSR, 117_HVSR e 118_HVSR) nell'ambito dello studio in oggetto.

La registrazione (62_HVSR) di rumore sismico eseguita nel settore nord-occidentale dell'area ha messo in luce una frequenza del picco principale di 13,63 Hz con ampiezza di 3,3 che denota fenomeni di risonanza superficiali, a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un alto contrasto di impedenza sismica. Nel medesimo settore la prova 118_HVSR ha, invece, registrato bassi contrasti di impedenza ($A_0 = 2,49$) a poca profondità dal piano campagna ($f_0 = 10,44$ Hz). Anche la prova 116_HVSR e 117_HVSR, eseguite rispettivamente nella porzione di nord-est e presso l'area cimiteriale hanno mostrato bassi contrasti di impedenza (A_0 rispettivamente di 2,35 e 1,79) a profondità superficiali (f_0 rispettivamente pari a 20,94 e 29,97 Hz).

Alto contrasto di impedenza ($A_0 = 3,37$) si ricava dalla prova 61_HVSR, eseguita in loc. La Crocellina, tuttavia con una frequenza del picco principale (2,38 Hz) che presuppone dei fenomeni di contrasto a profondità maggiori delle precedenti e comprese tra 30 e 50 m dal p.c.. Ad est della loc. La Crocellina la prova di rumore sismico eseguita (63_HVSR) presenta un picco principale di 19,38 Hz con ampiezza di 2,49 che denota fenomeni di risonanza a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un basso contrasto di impedenza sismica. Le due registrazioni di rumore sismico (64_HVSR e 65_HVSR) eseguite nel settore orientale dell'abitato di Diacceto, rispettivamente a nord e a sud della Via Casentinese, hanno mostrato entrambe bassi contrasti di impedenza (ampiezza rispettivamente di 2,58 e 2,33) a profondità comprese rispettivamente di 10-20 m dal p.c. (picco di frequenza a 7,41 Hz) e di 20-30 m dal p.c. (picco di frequenza a 4,06 Hz).

Nella porzione meridionale dell'abitato di Diacceto, a nord della loc. Quercetello, è stata eseguita una linea sismica a rifrazione (102_SR) che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore variabile tra 3,0 e 10,0 m avente $V_s = 275-280$ m/s, corrispondente a depositi di copertura eluvio-colluviale e alteritica, poggiante su un secondo sismostrato con V_s comprese tra 575 e 705 m/s nel settore sud-est dello stendimento e V_s comprese tra 1050 e 1150 m/s nel settore nord-occidentale dello stendimento. Il secondo sismostrato è riferibile al substrato litoide contraddistinto dall'alternanza di livelli arenacei e siltitico-pelitici che determinano, anche in funzione del loro grado di fratturazione e alterazione le differenze riscontrate nelle V_s .

Nel settore dell'abitato tra il nucleo storico e la loc. Crocellina è possibile ricavare dai dati di base le risultanze di n. 8 stendimenti di sismica a rifrazione (19_SR, 20_SR, 21_SR, 22_SR, 23_SR, 24_SR, 25_SR, 26_SR) e di n. 1 prova sismica in foro tipo down-hole (92_SI_SDH).

Le suddette prove hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 1,0 – 2,0 m avente $V_s = 77/255$ m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di 2,0 – 5,0 m con $V_s = 353/636$ m/s. Un terzo sismostrato raggiunge la profondità di 7,0 m da p.c., con $V_s = 843/1277$ m/s, a cui segue uno spessore di 17,0 m con $V_s = 1310/1800$ m/s.

Il primo sismostrato è riferibile ai depositi detritici superficiali, mentre il secondo è riferibile alla coltre alteritica del substrato con alternanze arenaceo-pelitiche che caratterizza i due sismostrati più profondi.

La prova 115_SR ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 1,0 m avente $V_s = 150$ m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di 6,0 – 11,0 m con $V_s = 387/428$ m/s. A questo segue un terzo sismostrato con $V_s = 669/836$ m/s.

La prova sismica a rifrazione (16_SR) eseguita in corrispondenza del nucleo abitativo storico di Diacceto, poco a nord della Via Casentinese ha mostrato la presenza di un bedrock sismico, caratterizzato con $V_s > 800$ m/s, identificabile a una profondità di circa 7,0 m dal p.c.. Il valore di V_{s30} , stimato tramite tecnica Masw (15_MASW), risulta pari a 667 m/s.

Una prova Masw (17_MASW) eseguita nell'estremo settore nord-occidentale dell'abitato presenta un valore di $V_{s30} = 447$ m/s.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili

- **(1001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i < 15^\circ$ e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza delle formazioni geologiche delle Arenarie di M. Senario (SEN), delle Brecciole di M. Senario (BMS) e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione dello spessore di 0-3 m.

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 entrambi gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s e 0,5-1,0s). E, pertanto, viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,0.

La zona viene individuata nei settori a debole acclività in corrispondenza del nucleo storico dell'abitato di Diacceto e di ampi settori a nord, est, e in parte ad ovest, dell'abitato stesso. Inoltre una zona stabile si riscontra in corrispondenza della località Il Quercetello dove sono presenti terreni riconducibili alle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 0 (2099)**: questa zona comprende aree nelle quali è presente un substrato stratificato con alternanza di litotipi molto fratturato / alterato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori possono presentare alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,3.

Interessa un ampio settore in corrispondenza dell'area cimiteriale.

- **zona 1 (2001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i > 15^\circ$ e basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata non si ritiene verificata 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 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore ai 10 m. La zona viene individuata in un settore a sud-est della località Il Quercetello.

- **zona 5 (2005)**: questa zona comprende aree nelle quali sono presenti coperture eluvio-colluviali (di natura prevalentemente limoso argillosa) di spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m su substrato costituito dall'alternanza di litologie, molto fratturato e/o alterato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa); talora con spessori di terreni di riporto antropico.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori possono presentare alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,3.

Interessa una fascia con estensione circa nord-sud posta in corrispondenza della porzione ovest e sud-ovest dell'abitato di Diacceto, presso la località La Crocellina.

- **zona 9 (2009)**: corrisponde a quei settori laddove si ha la presenza di coperture detritiche, a composizione granulometrica prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa con spessore maggiore di 5,0 m, poggiante su un substrato lapideo stratificato, talora con l'interposizione di uno spessore di coltre alteritica.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentino alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

La zona viene individuata in alcuni limitati settori ad ovest e ad est dell'abitato di Diacceto.

- **zona 10 (2010)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 5,0 m con alto c. i.. Talora si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza delle formazioni geologiche delle Arenarie di M. Senario (SEN) e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente sabbioso limosa, con spessore generalmente compreso tra 2,0 e 7,0 m

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (62_HVSR e 64_HVSR) si presume, cautelativamente, la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, presumibilmente al contatto tra terreni di copertura e substrato litoide.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

La zona viene individuata in ampi settori a nord del nucleo abitativo storico di Diacceto, in corrispondenza della porzione orientale dell'area di nuovo insediamento abitativo a sud-est dello stesso nucleo, e in una fascia, con andamento circa nord-sud che si estende a partire dall'area su cui sorge la chiesa.

Zone 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 4.1, ottobre 2017)

e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali, coltri di frana, e coperture detritiche) e il substrato lapideo stratificato (Arenarie di M. Senario - SEN, Brecciole di M. Senario – BMS e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto - FAL3) e tra il suddetto substrato litoide stratificato e i depositi prevalentemente argillitici appartenenti al substrato fratturato / alterato delle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato una reale “buffer” di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Inoltre sono state indicate con una fascia di circa 20 m di ampiezza i settori laddove si ha la sovrapposizione di **zone di attenzione di instabilità differenti (ZAID)**.

SAN FRANCESCO

(vedi tavv. G.5, G.6, G.7, G.8, G.18, G.22 e G.26 in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di San Francesco è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) e in particolare alla Formazione di Monte Morello (MLL) e alla Formazione di Sillano (SIL).

Queste sono soventemente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da corpi detritici di frana, sia quiescenti (Fq) che stabilizzati (Fs). In particolare i terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) caratterizzano con litologie prevalentemente argillitico e siltitico marnose, il substrato geologico della porzione settentrionale dell'abitato di San Francesco, mentre i terreni appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), che sormonta stratigraficamente mediante contatto-tettonico la Formazione di Sillano (SIL) costituiscono con litologie prevalentemente calcaree e calcareo marnose il substrato geologico della porzione meridionale dell'abitato stesso.

L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti meridionali con inclinazioni che variano generalmente tra 40° e 70°, con locali situazioni di stratificazione con minor inclinazione, in particolare in corrispondenza della Formazione di Sillano (SIL). L'assetto degli strati è generalmente quello a franapoggio, da più inclinato a meno inclinato del pendio, o con giacitura a traverpoggio.

In prossimità del corso del Fiume Sieve, in corrispondenza del campo sportivo e dell'area della loc. Monsavano, i terreni del substrato sono sormontati da una copertura costituita da depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). L'alveo del Fiume Sieve è contraddistinto dalla presenza di depositi alluvionali attuali (b).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali, di manufatti di origine antropica e delle arginature in corrispondenza del Fiume Sieve.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia quiescente che stabilizzato ed è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non e, in prossimità del corso del Fiume Sieve, di orli di scarpata o di terrazzo fluviale.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) nel settore pianeggiante su cui sorge il nucleo abitativo mentre una acclività maggiore, generalmente compresa tra 10% e 25%, con tuttavia settori ad acclività maggiore, in corrispondenza dei settori collinari, in particolare in corrispondenza dei litotipi appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL). Talora i rilievi collinari, come ad esempio in corrispondenza dell'imbocco sud della galleria di Monsavano, in corrispondenza dei terreni attribuibili alla Formazione di Monte Morello (MLL), presentano acclività con pendenze > 35%.

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 la frazione di San Francesco 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.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 41 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 28 strumentati con tubo piezometrico, n. 5 strumentati con canna inclinometrica e n. 1 strumentato con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 1 stratigrafia risultante da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 8 prove penetrometriche di cui n. 6 prove penetrometriche statiche e n. 2 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 3 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 5 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 1 indagini di sismica tipo MASW;
- n. 1 indagini di sismica in foro tipo down-hole.

In corrispondenza dell'abitato di San Francesco sono inoltre stata effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 2 stendimenti sismici a rifrazione per l'acquisizione delle onde P e Sh e in n. 5 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR). Inoltre, specificatamente per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 è stata svolta una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n.2 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh.

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di San Francesco risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Formazione di Sillano – SIL e Formazione di Monte Morello – MLL).

In particolare l'area meridionale dell'abitato è contraddistinto dai termini della Formazione di Monte Morello (MLL) costituita dall'alternanza di calcari marnosi con subordinati livelli marnoso siltitici e argillitico marnosi, quest'ultimi talora prevalenti, e aventi in superficie spessori di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale generalmente inferiore ai 5,0 m dal p.c.. Nell'estrema porzione meridionale dell'abitato e in corrispondenza del corso del Fiume Sieve al di sopra del substrato litoide si rinvencono spessori, compresi tra 3,5 e 10,5 m, di litologie da macroclastiche a sabbioso-limose riferibili ai depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non (bna).

Il settore settentrionale dell'abitato presenta, invece, un substrato geologico caratterizzato dalle litologie prevalentemente argillitiche e argillitico marnose della Formazione di Sillano (SIL). Questa presenta una coltre di alterazione, che con l'aggiunta delle coperture eluvio-colluviali, può raggiungere i 5,0 m di spessore.

In corrispondenza del corso del Fiume Sieve, al di sopra del substrato litoide, si rinvennero spessori, compresi tra 3,5 e 6,0 m, di litologie da macroclastiche a sabbioso-limose riferibili ai depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non (bna).

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a 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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre all'unità geologico-tecnica MLec (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente argillosa.

All'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine / barra / canali) sono stati attribuiti i depositi alluvionali attuali (b), mentre all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine / barra / canali) sono stati attribuiti i depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna).

Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL) e riferibili al substrato geologico sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) sono state inserite nella classe geologico-tecnica ALS (Substrato stratificato con alternanza di litotipi).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi quiescenti e stabilizzati, nonché gli orli di scarpata morfologica.

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 rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

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 dettaglio precedentemente e da n. 3 misure HVSR, di cui n. 2 classificate in A2 e n. 1 classificata in B2, si ricava una valutazione di qualità pari a 51,4 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di San Francesco sono state appositamente eseguite n. 5 misure di sismica passiva con metodo HVSR (80_HVSR, 81_HVSR, 82_HVSR, 83_HVSR e 84_HVSR) nell'ambito dello studio in oggetto.

La registrazione (80_HVSR) di rumore sismico eseguita nel settore a sud del centro abitato, in loc. Monsavano a valle della Via Forlivese ha messo in luce una frequenza del picco principale di 16,53 Hz con ampiezza di 2,88

che denota fenomeni di risonanza superficiali, a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un basso contrasto di impedenza sismica.

In prossimità della registrazione 80_HVSR è stata eseguita una linea sismica a rifrazione (104_SR) che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore variabile tra 1,0 e 4,0 m avente $V_s = 215-245$ m/s, poggiante su un secondo sismostrato con V_s comprese tra 485 e 565 m/s.

Alto contrasto di impedenza ($A_0 = 4,73$) si ricava anche dalla prova 81_HVSR, eseguita nel centro storico dell'abitato, con una frequenza del picco principale (16,53 Hz) che presuppone dei fenomeni di contrasto a profondità anch'esse comprese tra 5 e 10 m dal p.c.. Poco più a nord, nel settore a monte del tracciato ferroviario è stata eseguita la prova di rumore sismico eseguita (82_HVSR), che presenta un picco principale di 20,0 Hz con ampiezza di 5,63 che denota fenomeni di risonanza a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un alto contrasto di impedenza sismica. Le due registrazioni di rumore sismico (83_HVSR e 84_HVSR) eseguite nel settore settentrionale dell'abitato di San Francesco, rispettivamente a monte del tracciato ferroviario presso la loc. La Torre e in prossimità del corso del Fiume Sieve presso l'ex insediamento industriale "Merinangora", hanno mostrato nel primo caso un picco di frequenza a 1,20 Hz con ampiezza di 1,83 che rappresenta fenomeni di contrasto di impedenza sismica a profondità comprese tra 50 e 100 m dal p.c., mentre nel secondo caso non sono stati registrati fenomeni di risonanza.

Nella porzione settentrionale dell'abitato di San Francesco, in prossimità dell'area ospedaliera, è stata eseguita una linea sismica a rifrazione (105_SR) che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore variabile tra 3,0 e 5,0 m avente $V_s = 210-240$ m/s, poggiante su un secondo sismostrato con V_s comprese tra 450 e 510 m/s.

Nel settore dell'abitato tra il nucleo storico e l'estrema porzione settentrionale è possibile ricavare dai dati di base le risultanze di n. 4 stendimenti di sismica a rifrazione (43_SR, 44_SR e 45_SR) e di n. 1 prova sismica in foro tipo down-hole (167_SDH).

Le suddette prove hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 1,0 – 2,0 m avente $V_s = 116/189$ m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di 7,5 – 14,0 m con $V_s = 266/338$ m/s. Un terzo sismostrato raggiunge almeno la profondità di 30,0 m da p.c. presenta $V_s = 415/572$ m/s.

La prova 107_SR eseguita nel medesimo settore ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 5,0 – 7,0 m avente $V_s = 390/579$ m/s, a cui segue un secondo sismostrato con $V_s = 979/1893$ m/s.

Il valore di V_{s30} , stimato tramite tecnica Masw (42_MASW), risulta pari a 417 m/s, coerente con il valore di $V_{s30} = 403$ m/s calcolato da sezione sismica in onde Sh (43_SR). Questi risultano sono concordi, sebbene leggermente superiori, con i valori di V_{s30} derivanti dalle prove 44_SR, 45_SR e 167_SDH, che hanno registrati valori di V_{s30} rispettivamente pari a 377 m/s, 386 m/s e 367 m/s.

L'insieme dei dati sismici conferma la presenza di un sottosuolo nei punti di indagine analizzati costituito da uno spessore di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale su un substrato prevalentemente non rigido caratterizzato da litologie argillitico-marnose.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili

- (1001): questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i < 15^\circ$ e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione dello spessore di 0-1 m.

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 entrambi gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s e 0,5-1,0s). E, pertanto, viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,0.

La zona viene individuata nei settori a debole acclività in corrispondenza degli affioramenti della Formazione di Monte Morello (MLL) in alveo del Fiume Sieve.

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 con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i > 15^\circ$ e basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

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 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,3.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello anche superiore ai 20 m.

La zona viene individuata in un settore a sud-ovest della località Fontatti e ad est della località La Fortuna in corrispondenza dell'imbocco meridionale della galleria di Monsavano.

- **zona 2 (2002)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 10,0 m (generalmente compresi tra 3,0 e 7,0 m) con basso c. i.. Talora si ha uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto (rilevato ferroviario). Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, e talora alluvionale (alluvioni terrazzate e recenti) con spessore compreso tra 3,0 e 7,0 m

Sulla scorta dell'indagine di sismica passiva 80_HVSR non 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 2,0 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 2,0.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

La zona viene individuata in alcuni settori presso l'abitato di San Francesco, anche in corrispondenza del rilevato ferroviario della linea Pontassieve – Borgo San Lorenzo, presso la località Stabbiello, a nord del corso del Borro di Rippio e in un ampio settore tra le località Monsavano e Il Buffone, a sud dell'abitato di San Francesco.

Interessa i terreni costituiti da spessori antropici di riporto presenti.

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente compresi tra 3,0 e 4,0 m) con alto c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della

Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore compreso tra 3,0 e 4,0 m

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (81_HVSR e 82_HVSR) si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, presumibilmente al passaggio tra depositi di copertura e substrato litoide inalterato.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,5 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,5.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

La zona viene individuata nel settore centrale dell'abitato di San Francesco e nella porzione settentrionale dell'area di studio.

- **zona 4 (2004)**: comprende le aree nelle quali affiora substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS) e fratturato, caratterizzato dai litotipi della Formazione di Sillano (SIL). Al tetto del substrato è presente una copertura, di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale con spessore generalmente compreso tra 2,0 e 6,0 m. Talora si ha uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto (rilevato ferroviario).

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (83_HVSR) non 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 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza del settore settentrionale dell'abitato di San Francesco, generalmente a monte del tracciato ferroviario Pontassieve – Borgo San Lorenzo o in corrispondenza del rilevato ferroviario stesso, a nord-ovest della località Fontatti e in una fascia ad andamento circa nord-est / sud-ovest collocata tra il corso del Fiume Sieve e il rilevato del tracciato ferroviario Pontassieve – Borgo San Lorenzo.

- **zona 6 (2006)**: questa zona comprende le aree nelle quali si hanno coperture alluvionali terrazzate, recenti o attuali, a prevalenza granulometrica da ghiaioso sabbiosa a ghiaioso limosa o sabbioso limosa, poste talora su una coltre alteritica e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente limoso argillosa, sopra un substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS) fratturato. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non 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 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,8.

Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza del settore settentrionale dell'abitato di San Francesco (presso il campo sportivo), in una fascia parallela al corso del Fiume Sieve e in corrispondenza dell'alveo del fiume stesso.

- **zona 7 (2007)**: questa zona comprende le aree nelle quali si hanno coperture alluvionali attuali, a prevalenza granulometrica da ghiaioso sabbiosa a ghiaioso limosa, sopra un substrato lapideo stratificato, talora con l'interposizione di uno spessore di coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente sabbioso limosa. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non 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 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,8.

Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza dell'alveo del Fiume Sieve.

- **zona 8 (2008)**: questa zona comprende le aree nelle quali si hanno coperture alluvionali attuali, a prevalenza granulometrica da ghiaioso sabbiosa a ghiaioso limosa, sopra un substrato lapideo stratificato, talora con l'interposizione di uno spessore di coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente sabbioso limosa. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi si suppone 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 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,8.

Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza dell'alveo del Fiume Sieve.

- **zona 13 (2013)**: questa zona comprende le aree, con pendenze inferiori ai 15° nelle quali si hanno coperture alluvionali terrazzate o recenti, a prevalenza granulometrica sabbioso limosa, poste su una coltre alteritica e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente limoso argillosa, sopra un substrato sopra un substrato lapideo stratificato. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non 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 1,5 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,5.

Interessa i terreni a debole pendenza in un settore prossimo alla confluenza tra il Fiume Sieve e il Fiume Arno.

Zone 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 4.1, ottobre 2017) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello, MLL) e tra il substrato litoide stratificato appartenente alla Formazione di Monte Morello (MLL) e ai depositi prevalentemente argillitico-marnosi appartenenti al substrato stratificato con alternanza di litotipi della Formazione di Sillano (SIL) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Tale condizione è stata anche evidenziata, data la successione litostratigrafica locale (presenza di spessori minimi della copertura attribuibile

all'unità geologico-tecnica SMec poggiate sull'unità geologico-tecnica LPS), anche al contatto tra l'unità geologico-tecnica SMec e le unità geologico-tecniche MLec e ALS. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

In aggiunta, come desumibile dalle verifiche effettuate sulla scorta dei risultati delle specifiche indagini geognostiche (prove penetrometriche Cpt) realizzate in corrispondenza di areali con presenza nel sottosuolo di litotipi potenzialmente suscettibili alla liquefazione, nell'areale di San Francesco non si riconoscono zone con terreni liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

Inoltre sono state evidenziate le aree dove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAIID)**.

STENTATOIO

(vedi tavv. G.5, G.6, G.7, G.8, G.18, G.22 e G.26 in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Stentatoio è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) e in particolare alla Formazione di Monte Morello (MLL).

Queste sono sovente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da corpi detritici di frana, sia quiescenti (Fq) che stabilizzati (Fs). In particolare i terreni appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL) costituiscono con litologie prevalentemente calcaree e calcareo marnose il substrato geologico dell'area di studio.

L'assetto giaciturale della formazione mostra, nella porzione settentrionale dell'area di studio, in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti occidentali e inclinazioni che variano generalmente tra 30° e 40° (franapoggio più inclinato del pendio), mentre, nella porzione meridionale, in media direzioni di immersione (a traverpoggio) degli strati verso i quadranti meridionali e inclinazioni che variano generalmente tra 5° e 20°.

In prossimità del corso del Fiume Sieve i terreni del substrato sono sormontati da una copertura costituita da depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). L'alveo del Fiume Sieve è contraddistinto dalla presenza di depositi alluvionali attuali (b).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia quiescente che stabilizzato ed è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non e, in prossimità del corso del Fiume Sieve, di orli di scarpata o di terrazzo fluviale.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) nel settore pianeggiante su cui sorge il nucleo abitativo mentre una acclività maggiore, generalmente compresa tra 10% e 25%, si ha in corrispondenza dei settori collinari in corrispondenza dei litotipi appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL).

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 la frazione di Stentatoio 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.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 5 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico.

In corrispondenza dell'abitato di Stentatoio sono inoltre stata effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 3 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

Inoltre, specificatamente per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 è stata svolta una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh.

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Stentatoio risulta costituito da terreni riconducibili alla Formazione di Monte Morello (MLL) costituita dall'alternanza di calcari marnosi con subordinati livelli marnoso siltitici e argillitico marnosi, quest'ultimi talora prevalenti, e aventi in superficie spessori di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale generalmente inferiore ai 5,0 m dal p.c.. Nel settore ad ovest dell'abitato e in corrispondenza del corso del Fiume Sieve al di sopra del substrato litoide si rinvencono spessori, compresi tra 3,0 e 7,5 m, di litologie da macroclastiche a sabbioso-limose riferibili ai depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non (bna).

Infine in gran parte del settore collinare su cui sorge l'abitato vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri 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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, all'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine / barra / canali) sono stati attribuiti i depositi alluvionali attuali (b), mentre all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine / barra / canali) sono stati attribuiti i depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna).

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL) e riferibili al substrato geologico sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi quiescenti e stabilizzati, nonché gli orli di scarpata morfologica.

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 rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

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 dettaglio precedentemente e da n. 3 misure HVSR classificate in classe A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 50,8 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Stentatoio sono state appositamente eseguite n. 5 misure di sismica passiva con metodo HVSR (85_HVSR, 86_HVSR e 87_HVSR) nell'ambito dello studio in oggetto.

La registrazione (85_HVSR) di rumore sismico eseguita nel settore collinare su cui sorge la zona residenziale di Stentatoio non ha presentato nessun fenomeno di risonanza.

La registrazione 86_HVSR e 87_HVSR eseguite nei settori pianeggianti prossimi al corso del Fiume Sieve hanno mostrato alti contrasti di impedenza (A0 rispettivamente pari a 11,85 e 10,06) con picchi di frequenza a 8,75Hz e 10,41 Hz, che denotano contrasti a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c..

Presso l'abitato di Stentatoio è stata anche realizzato lo stendimento di sismica a rifrazione 119_SR, che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 2,0 – 4,0 m avente $V_s = 185/192$ m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di 8,0 – 11,0 m con $V_s = 416/631$ m/s. Un terzo e ultimo sismostrato presenta $V_s = 1237/1287$ m/s.

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 con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con i basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

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 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello compreso tra 10 e 20 m.

La zona viene individuata in corrispondenza dei rilievi collinari a maggiore acclività a sud dell'abitato di Stentatoio.

- **zona 2 (2002)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 10,0 m (generalmente compresi tra 1,0 e 7,0 m) con basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, e talora alluvionale (alluvioni terrazzate e recenti) con spessore compreso tra 3,0 e 7,0 m

Sulla scorta dell'indagine di sismica passiva 85_HVSR non 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 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. La zona viene in alcuni settori a nord dell'abitato di Stentatoio lungo il corso del Fosso delle Macinaie e nell'estremo settore sud orientale dell'area di studio.

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente compresi tra 3,0 e 4,0 m) con alto c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore compreso tra 3,0 e 4,0 m

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (87_HVSR) si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, presumibilmente al passaggio tra depositi di copertura e substrato litoide inalterato.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

In questa zona ricade l'area industriale di Stentatoio lungo la S.S. n. 67.

- **zona 7 (2007)**: questa zona comprende le aree nelle quali si hanno coperture alluvionali attuali, a prevalenza granulometrica da ghiaioso sabbiosa a ghiaioso limosa, sopra un substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello - MLL), talora con l'interposizione di uno spessore di coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente sabbioso limosa. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non 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 e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,9.

Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza dell'alveo del Fiume Sieve.

- **zona 14 (2014)**: questa zona comprende le aree nelle quali si hanno coperture alluvionali terrazzate o recenti, a prevalenza granulometrica sabbioso limosa, poste su una coltre alteritica e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente limoso argillosa, sopra un substrato sopra un substrato lapideo stratificato. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m.

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (86_HVSR) si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, presumibilmente al passaggio tra depositi di copertura e substrato litoide inalterato.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,3.

Interessa i terreni a debole pendenza in un settore prossimo al corso del Fiume Sieve.

Zone 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 4.1, ottobre 2017) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello, MLL) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Le zone sono state individuate tracciando un areale ("buffer") di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta in questo caso, pertanto, una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso, in accordo con gli indirizzi e criteri, non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

In aggiunta, come desumibile dalle verifiche effettuate sulla scorta dei risultati delle specifiche indagini geognostiche (prove penetrometriche Cpt) realizzate in corrispondenza di areali con presenza nel sottosuolo di litotipi potenzialmente suscettibili alla liquefazione, nell'areale di Stentatoio non si riconoscono zone con terreni liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

Inoltre sono state evidenziate le aree dove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAID)**.

PALAIE

(vedi tavv. G.5, G.6, G.7, G.8, G.18, G.22 e G.26 in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Palaie è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alla Formazione di Monte Morello (MLL).

Questa è sovente sormontata da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da corpi detritici di frana, con stato di attività da attivo (F), a quiescente (Fq), a stabilizzato (Fs). I terreni appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), sono costituiti da litologie in facies da calcareo marnose a marnoso argillitiche ad argillitiche, quest'ultime, talora, interessano spessori rilevanti.

L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti meridionali con inclinazioni che variano generalmente tra 30° e 60°, con locali situazioni di piegamento e inclinazioni verso i quadranti settentrionali. L'assetto degli strati è generalmente quello a franapoggio, da più inclinato a meno inclinato del pendio, o con giacitura a traverpoggio.

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 da distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo, che interessano gran parte dell'area su cui sorge l'abitato di Palaie. Tali aree sono contraddistinte dalla presenza di isolati settori interessati da fenomenologie di

soliflussi localizzati, e da frane di limitata estensione. Gli aspetti geomorfologici sono completati dalla presenza di orli di scarpata non attiva e di una serie di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività dei versanti da generalmente da medio-bassa (pendenze comprese tra 5% e 15%) a medio-elevata (pendenze comprese tra 15% e 25%), con settori ad acclività elevata (pendenze comprese tra 25% e 35%). Settori con pendenze maggiori si riscontrano in corrispondenza dell'incisione del Borro delle Palaie, e dei settori collinari a sud dell'area cimiteriale e a monte del nucleo abitativo della loc. Cafaggiolo.

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 la frazione di Palaie 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.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 18 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 9 strumentati con tubo piezometrico, n. 4 strumentati con canna inclinometrica e n. 1 strumentato con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 5 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 7 prove penetrometriche di cui n. 2 prove penetrometriche statiche e n. 5 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 3 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 9 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 3 indagini di sismica tipo MASW;
- n. 1 indagini di sismica in foro tipo down-hole;
- n. 2 tomografie geoelettriche.

In corrispondenza dell'abitato di Palaie sono inoltre stata effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 prova di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di San Francesco risulta costituito interamente da terreni riconducibili alla Formazione di Monte Morello (MLL) dell'Unità di Monte Morello.

In particolare l'area dell'abitato è contraddistinto dai termini della Formazione di Monte Morello (MLL) costituita dall'alternanza di calcari marnosi con subordinati livelli marnoso siltitici e argillitico marnosi, quest'ultimi talora prevalenti, e aventi in superficie spessori di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale generalmente inferiore ai 5,0 m dal p.c..

Infine gran parte del territorio di indagine è caratterizzato dalla presenza di spessori metrici (anche fino a circa 10,0 m dal p.c.) di depositi riferibili a coltri di frana.

Sono presenti anche 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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa. Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL) e riferibili al substrato geologico sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi, quiescenti e stabilizzati, nonché gli orli di scarpata morfologica.

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 rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

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 dettaglio precedentemente e da n. 1 misura HVSR classificata in classe A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 63,7 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Palaie è stata appositamente eseguita n. 1 misura di sismica passiva con metodo HVSR (60_HVSR) nell'ambito dello studio in oggetto.

La registrazione (60_HVSR) di rumore sismico eseguita in corrispondenza della scuola materna ha messo in luce una frequenza del picco principale di 5,22 Hz con ampiezza di 4,16 che denota fenomeni di risonanza a profondità comprese tra 10 e 20 m dal p.c. e un alto contrasto di impedenza sismica.

Dai dati di base a disposizione è possibile ricavare i dati di indagini sismiche a rifrazione (31_SR, 32_SR e 33_SR) e di n. 1 prova down-hole in foro (126_SDH) eseguite in loc. Lucente. Le prove eseguite hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 2,0 m avente $V_{s30} = 164$ m/s corrispondente alla presenza di spessori di limo argilloso, cui segue un secondo sismostrato dello spessore di 7,0 m con $V_{s30} = 253$ m/s e attribuibile a litologie di limo con argilla un terzo sismostrato dello spessore di 4,0 m con $V_{s30} = 404$ m/s. I tre sismostrati sono riferibili ai termini limoso argillosi delle coltri di copertura eluvio-colluviale, di frana e alteritica del substrato roccioso. Successivamente si ha un quarto sismostrato dello spessore di 9,0 m con $V_{s30} = 570$ m/s riferibile alla presenza di litologie argillitiche del substrato e un quinto, e ultimo, sismostrato dello spessore investigato di 7,0 m con $V_{s30} = 946$ m/s rappresentante il bedrock sismico e corrispondente a litologie da argillitico marnose a calcareo marnose.

Una prova Masw (56_MASW) eseguita nell'estremo settore nord-occidentale dell'abitato presenta un valore di $V_{s30} = 390$ m/s.

Le prove (53_SR e 54_SR) eseguite poco più ad est delle precedenti mostrano una successione sismostratigrafica con un primo strato dello spessore variabile tra 2,0 e 8,0 m con V_s comprese tra 180 e 320 m/s poggiante su un secondo sismostrato avente V_s comprese tra 990 e 1355 m/s.

Nel settore di monte dell'abitato di Palaie, presso la loc. Cafaggiolo le prove eseguite (35_SR e 36_SR) presentano una successione sismostratigrafica costituita da un primo sismostrato, dello spessore di 2,0 – 3,0 m con Vs comprese tra 122 e 210 m/s, poggiante su uno spessore di circa 5,0 m con Vs = 335 - 617 m/s e su un terzo sismostrato dello con Vs comprese tra 772 e 1470 m/s.

Infine, nel settore ad ovest dell'abitato di Palaie, presso la loc. Riggioboli le indagini sismiche (44_SR) e geoelettriche (46_ERT e 47_ERT) svolte hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore massimo di 3,5 m con Vs comprese tra 228 e 356 m/s, poggiante su un secondo sismostrato dello spessore di circa 30,0 m con Vs = 411 m/s e su un terzo, costituente il bedrock sismico con Vs = 942 m/s.

Una prova Masw (59_MASW) eseguita nell'estremo settore nord-occidentale dell'abitato presenta un valore di Vs30 = 394 m/s.

L'insieme dei dati sismici conferma la presenza di un sottosuolo nei punti di indagine analizzati costituito da uno spessore di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale e/o di frana su un substrato dapprima alterato o in facies prevalentemente argillitico-marnosa o marnosa e successivamente debolmente alterato o in facies prevalentemente calcarea o calcareo marnosa.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili

- **(1001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i < 15^\circ$ e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore variabile (0-1 m).

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 entrambi gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s e 0,5-1,0s). E, pertanto, viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,0.

La zona viene individuata nei settori a debole acclività a nord-est dell'abitato di Palaie e in un settore limitato all'estrema periferia di sud-est dell'area di studio.

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 con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i > 15^\circ$ e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

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 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,3.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

La zona viene individuata in una fascia con andamento circa nord – sud presente a nord-ovest di Villa Pesenti.

- **zona 2 (2002)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 5,0 m (generalmente compresi tra 3,0 e 7,0 m) con basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore compreso tra 3,0 e 7,0 m. Talora sono presenti spessori (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto.

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 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,6.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

La zona viene individuata in alcuni settori isolati presenti a nord-ovest di Villa Pesenti.

Zone 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 4.1, ottobre 2017) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello, MLL) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**.

Tale condizione è stata anche evidenziata, data la successione litostratigrafica locale (presenza di spessori minimi della copertura attribuibile all'unità geologico-tecnica SMec poggiate sull'unità geologico-tecnica LPS), anche al contatto tra l'unità geologico-tecnica SMec e le unità geologico-tecniche SMes. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Inoltre sono state evidenziate le aree dove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAID)**.

BORSELLI

(vedi tavv. G.9, G.10, G.11, G.12, G.19, G.23 e G.27 in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Borselli è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili all'Unità di M. Cervarola – Falterona.

In particolare gran parte dei terreni sono riconducibili ad un substrato costituito dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del Monte Falterona, ad eccezione di un isolato settore, ad est dell'estremo settore orientale dell'abitato laddove sono presenti terreni riconducibili alla litofacies olistostromica (FALa) delle Arenarie del Monte Falterona.

Le suddette formazioni sono talora contraddistinte da uno spessore superficiale di coltre alteritica e in alcuni settori sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a). I settori settentrionali dell'areale di approfondimento, sono

interessati dalla presenza di ampi settori interessati da corpi detritici di frana, con stato di attività da attivo (F), a quiescente (Fq), a stabilizzato (Fs). Isolati distretti franosi con attività quiescente si riconoscono anche in altri settori dell'abitato di Borselli, come ad esempio lungo il versante meridionale di Poggio Boscone.

L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in media direzioni di immersione degli strati principalmente verso i quadranti orientali con blandi piegamenti verso i quadranti meridionali e inclinazioni che variano generalmente tra 10° e 40°. L'assetto degli strati è generalmente quello con giacitura a traverspoggio, con locali situazioni di giaciture a reggipoggio, nella porzione settentrionale dell'area di studio, e a franapoggio nella porzione meridionale di indagine.

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 da distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo, che interessano gran parte del versante a nord dell'abitato di Borselli, e che discende fino al corso del Torrente Rufina.

I versanti a sud del centro abitato sono caratterizzati dalla presenza di areali interessati da fenomenologie di erosione superficiale e di franosità diffusa e da fenomeni di erosione lineare o incanalata in corrispondenza dell'alto corso del Torrente Vicano di Pelago.

Gli aspetti geomorfologici sono completati dalla presenza di una serie di scarpate non attive e orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività dei versanti con pendenze generalmente da medio-elevata (pendenze comprese tra 15% e 25%) ad elevata (pendenze comprese tra 25% e 35%), con la presenza di settori a pendenza maggiormente elevata (> 35%). In corrispondenza del settore apicale di poggio Boscone e nei settori orientali dell'abitato si hanno pendenze a minore acclività (generalmente comprese tra 5% e 15%).

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 la frazione di Borselli 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.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 4 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh.

In corrispondenza dell'abitato di Borselli sono inoltre stata effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 2 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Borselli risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni appartenenti alla sola Unità di Monte Cervarola – Falterona (Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto – FAL3 e Arenarie del M. Falterona - litofacies olistostromica – FALa).

In particolare l'areale su cui sorge l'abitato di Borselli, e le aree contermini, poggia per la quasi totalità sul Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3), costituito dall'alternanza di livelli arenacei, marnoso, argillitici e siltitici con subordinati livelli calcarenitici, in strati da molto sottili a spessi, talora con copertura alteritica e/o eluvio-colluviale di spessore metrico. Solamente in un limitato settore della porzione orientale dell'abitato il substrato geologico è contraddistinto dalla litofacies olistostromica (FALa) delle Arenarie del M. Falterona, anch'essa con copertura alteritica e/o eluvio-colluviale di spessore metrico.

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana, in particolare nel versante a nord dell'abitato di Borselli, o a 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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre all'unità geologico-tecnica MLec (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente argillosa. Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) riferibili al substrato geologico sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide riferibili alle Arenarie del Monte Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) sono state inserite nella classe geologico-tecnica SFALS (Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato / alterato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi quiescenti e stabilizzati, nonché gli orli di scarpata morfologica.

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 rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

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 dettaglio precedentemente e da n. 2 misure HVSR classificate in classe A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 53,5 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Borselli sono state appositamente eseguite n. 2 misure di sismica passiva con metodo HVSR (66_HVSR e 67_HVSR) nell'ambito dello studio in oggetto.

Entrambe le registrazioni non hanno presentato nessun fenomeno di risonanza.

Dai dati di base a disposizione è possibile ricavare i dati di n. 4 indagini di sismica a rifrazione (1_SR, 2_SR, 3_SR e 4_SR) realizzate nel settore occidentale dell'abitato di Borselli (presso la loc. Poggio Boscone). La prova

eseguite in onde Sh (2_SR) ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di circa 3,0 m avente $V_{s30} = 290-300$ m/s corrispondente alla coltre alteritica del substrato litoide, cui segue il substrato litoide arenaceo e bedrock sismico con V_s compreso tra 1425 e 1660 m/s. Le restanti indagini, eseguite in onde P, hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato, dello spessore di circa un metro, con V_p comprese tra 340 e 460 m/s, poggiante su un secondo sismostrato dello spessore compreso tra 2,0 e 4,0 m con $V_p = 522$ e 824 m/s presente solamente nella porzione meridionale dell'area indagata, dove, segue un terzo sismostrato, costituente il bedrock sismico, con V_p comprese tra 2804 e 3478 m/s. Nella porzione settentrionale al primo sismostrato segue un orizzonte dello spessore di circa 2,0 m con V_p comprese tra 1200 e 1400 m/s e un terzo orizzonte con V_p comprese tra 2000 e 2600 M7s, che costituisce il bedrock sismico. Tale successione deriva dalla presenza più o meno spinta in profondità della coltre alteritica del substrato litoide arenaceo e dalla presenza di livelli pelitico-siltitici all'interno dell'ammasso litoide.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili

- **(1001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i < 15^\circ$ e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore variabile (0-2 m).

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (67_HVSR) non 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 1,0 per entrambi gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s e 0,5-1,0s). E, pertanto, viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,0.

Alcuni settori perimetrali di detta zona presentano elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m o compreso tra 10 e 20 m.

La zona viene individuata nei settori a debole acclività, presso l'abitato di Borselli e nel settore apicale di Poggio Boscone.

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 con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore inferiore ai 2 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (66_HVSR) non 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 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m o compreso tra 10 e 20 m.

La zona viene individuata nei settori a maggiore acclività, come ad esempio lungo i versanti di Poggio Boscone.

- **zona 11 (2011)**: la zona comprende le aree nelle quali affiora substrato fratturato / alterato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore variabile (0-2 m).

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 1,9 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,9.

Interessa un limitato settore nell'estrema porzione orientale dell'abitato i Borselli.

Zone 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 4.1, ottobre 2017) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto, FAL3) e tra il substrato litoide stratificato appartenente alla formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e ai depositi prevalentemente argillitici appartenenti al substrato non rigido delle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Inoltre sono state indicate con una fascia di circa 20 m di ampiezza i settori laddove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAID)**.

CONSUMA

(vedi tavv. G.9, G.10, G.11, G.12, G.19, G.23 e G.27 in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Consuma è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili all'Unità di M. Cervarola – Falterona.

In particolare gran parte dei terreni sono riconducibili ad un substrato costituito dal Membro di Lonnano (FAL4) delle Arenarie del Monte Falterona, ad eccezione dei settori a sud di Villa Gerini e dell'area del campo sportivo e di un settore a nord-ovest dell'abitato di Consuma e in corrispondenza della Fonte di Sandro, dove sono presenti terreni riconducibili al Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del Monte Falterona. Le suddette formazioni sono talora contraddistinte da uno spessore superficiale di coltre alteritica.

L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in media direzioni di immersione degli strati principalmente verso i quadranti nord-orientali e inclinazioni che variano generalmente tra 15° e 25°. L'assetto degli strati, data l'omogeneità delle immersioni degli stessi è generalmente, in funzione dell'esposizione dei versanti, da reggipoggio a franapoggio.

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 da distretti interessati da fenomenologie di erosione superficiale e di franosità diffusa, talora con areali con frane di limitata estensione, e completato da una serie di scarpate no attive, orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio e da fenomeni di erosione lineare o incanalata in corrispondenza dei corsi del reticolo delle acque superficiali.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività dei versanti con pendenze generalmente da medio-elevata (pendenze comprese tra 15% e 25%) ad elevata (pendenze comprese tra 25% e 35%), con la presenza di settori a pendenza maggiormente elevata (> 35%). In corrispondenza dei settori di Villa Gerini e del campo sportivo si hanno pendenze a minore acclività (generalmente comprese tra 5% e 15%).

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 la frazione di Consuma 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.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini (vedi elaborato G.7):

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 1 strumentato con tubo piezometrico e n. 1 strumentati con canna inclinometrica, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 3 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 4 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 2 indagini di sismica tipo MASW.

In corrispondenza dell'abitato di Consuma sono inoltre state effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 2 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Borselli risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni appartenenti alla sola Unità di Monte Cervarola – Falterona (Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto – FAL3 e Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano – FAL4).

In particolare l'areale su cui sorge l'abitato di Consuma vede come substrato geologico il Membro di Lonnano delle Arenarie del M. Falterona (FAL4), costituito dalla prevalenza di livelli siltitici, argillitici e marnosi con subordinati livelli di arenarie fini, talora con copertura alteritica e/o eluvio-colluviale di spessore da poche decimetri a qualche metro (spessore massimo 4,0 – 5,5 m). Limitatamente al settore meridionale dell'area di indagine, e in alcune porzioni a nord-ovest dell'abitato di Consuma, si ha la presenza di terreni appartenenti al Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3) costituito dall'alternanza di livelli arenacei, marnoso, argillitici e siltitici con subordinati livelli calcarenitici, anch'esso con copertura alteritica e/o eluvio-colluviale di spessore variabile.

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a 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 vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) riferibili al substrato geologico sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide appartenenti alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4) sono state inserite nella classe geologico-tecnica ALS (Substrato stratificato con alternanza di litotipi).

Infine sono stati rappresentati gli orli di scarpata morfologica.

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 rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

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 dettaglio precedentemente e da n. 2 misure HVSR di cui n. 1 classificata in classe A1 e n. 1 classificata in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 52,1 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Consuma sono state appositamente eseguite n. 2 misure di sismica passiva con metodo HVSR (68_HVSR e 69_HVSR) nell'ambito dello studio in oggetto.

La registrazione R18 non ha presentato nessun fenomeno di risonanza, mentre la prova 69_HVSR ha messo in luce una frequenza del picco principale di 9,06 Hz con ampiezza di 2,04 che denota fenomeni di risonanza superficiali, a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un basso contrasto di impedenza sismica.

Due indagini sismiche di tipo Masw (13_MASW e 14_MASW) eseguite forniscono un valore di Vs30 rispettivamente di 994 m/s e di 972 m/s con una simile successione che vede la presenza di un primo sismostrato dello spessore variabile tra 3,0 e 6,0 m costituente la coltre eluvio-colluviale ed alteritica con Vs comprese tra 219 e 730 m/s, poggiante sul bedrock sismico costituito da litologie litoide arenacee con Vs comprese tra 887 e 1779 m/s.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili

- **(1001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i < 15^\circ$ e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore variabile (0-2 m).

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non 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 1,0 per entrambi gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s e 0,5-1,0s). E, pertanto, viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,0.

La zona viene individuata in un unico settore a debole acclività a sud-ovest della località Villa Gerini.

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 con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore inferiore ai 2 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo 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 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m o compreso tra 10 e 20 m.

La zona viene individuata in una fascia a sud-ovest della località Villa Gerini e in un settore a nord-ovest dell'abitato di Consuma.

- **zona 4 (2004)**: la zona comprende le aree nelle quali affiora substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS) e fratturato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano (FAL4). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Talora si ha la presenza di uno spessore (0,0 – almeno 10,0 m) di depositi antropici di riporto.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (68_HVSR e 69_HVSR) non 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 e un fattore di amplificazione di 1,8 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,9.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m o compreso tra 10 e 20 m.

E' presente nell'area su cui sorge l'abitato di Consuma.

Zone 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 4.1, ottobre 2017) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra il substrato litoide stratificato appartenente alla formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e ai depositi prevalentemente pelitici e siltitico arenacei appartenenti al substrato non rigido stratificato delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano (FAL4) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**.

Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

CARBONILE

(vedi tavv. G.13, G.14, G.15, G.16, G.20, G.24 e G.28 in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Carbonile è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure); principalmente alla Formazione di Sillano (SIL) e alle Argille Varicolori (AVR) e, secondariamente alla Pietraforte (PTF) e alla Formazione di Monte Morello (MLL).

Queste sono soventemente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da estesi corpi detritici di frana, sia attivi (F), sia quiescenti (Fq) che stabilizzati (Fs), come ad esempio l'ampio distretto franoso che interessa l'abitato stesso di Carbonile.

In particolare i terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) caratterizzano con litologie prevalentemente argillitico e siltitico marnose, il substrato geologico di gran parte dell'abitato di Carbonile e delle località di La Cava e Casellina di Sotto. Litologie prevalentemente argillitiche, riferibili alla formazione delle Argille Varicolori (AVR) interessano una fascia ad andamento circa nord-sud su cui sono collocati gli edifici della porzione di monte dell'abitato di Carbonile e le case isolate di Podere Fangaccio, Il Lago e, in parte, Il Formicaio. La località il Formicaio nella sua porzione settentrionale si colloca, invece, sui terreni di natura torbiditico arenacea della Pietraforte (PTF), che rappresenta anche il substrato geologico dei settori collinari su cui sono impostati gli abitati di Altomena e della loc. Il Colle. La formazione della Pietraforte (PTF) si riconosce, al di sotto di uno spessore di coltre eluvio-colluviale (b2a) in una fascia circa parallela al corso del Fiume Arno a valle dell'abitato di Carbonile. In tale settore si rinviene anche uno sporadico lembo, coperto da depositi eluvio-colluviali (b2a), di litologie calcareo marnose attribuibili alla Formazione di Monte Morello (MLL).

L'assetto giaciturale delle formazioni argillitiche è estremamente caotico, in funzione del grado di tettonizzazione e l'interessamento in fenomenologie gravitative, mentre la formazione della Pietraforte presenta giaciture a franapoggio, verso i quadranti occidentali, con inclinazioni che variano tra 10° e 30°.

In prossimità del corso del Fiume Arno i terreni del substrato sono sormontati da una copertura costituita da depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). L'alveo del Fiume Arno è contraddistinto dalla presenza di depositi alluvionali attuali (b).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali, di manufatti di origine antropica e delle arginature in corrispondenza del Fiume Arno.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da importanti ed arealmente estesi distretti, soventemente coalescenti, caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo, sia quiescente che stabilizzato, con presenza di settori con fenomenologie di soliflusso localizzato e frane di limitata estensione generalmente attive in corpi più estesi ad attività quiescente e/o stabilizzata. Inoltre si ha la presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, nonché, in prossimità del corso del Fiume Arno, di orli di scarpata o di terrazzo fluviale.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) nel settore pianeggiante in prossimità del corso del Fiume Arno, mentre le porzioni collinari su cui sorgono gli abitati di Carbonile e di La Cava presentano acclività comprese tra 10% e 25%. I settori a monte di queste, principalmente in corrispondenza del substrato geologico contraddistinto dalle arenarie della formazione della Pietraforte (PTF), presentano acclività con pendenze comprese tra 25% e 45%, ma anche superiori al 45%.

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 la frazione di Carbonile 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.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 32 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 19 strumentati con tubo piezometrico e n. 8 strumentati con canna inclinometrica, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 4 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 8 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 1 stratigrafia di terebrazione di pozzo profondo;
- n. 1 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 1 indagini di sismica tipo MASW.

In corrispondenza dell'abitato di Carbonile sono inoltre stata effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 4 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Carbonile e le aree limitrofe tra cui le località a Cava e Altomena risulta costituito dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello, in particolare alla Formazione di Sillano (SIL), alle Argille Varicolori (AVR) e alla Pietraforte (PTF).

In particolare la quasi totalità dell'abitato di Carbonile, ad eccezione della sua porzione sommitale, e dell'abitato di La Cava vedono come substrato i terreni prevalentemente argillitici e argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL). Questa presenta una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale dello spessore di circa 1,0 - 2,0 m. La porzione dell'abitato collocata nella porzione di monte poggia, invece, su un substrato costituito dalla formazione delle Argille Varicolori (AVR) a facies prevalentemente argillitica e argillitico marnosa. Anche questa presenta una coltre alteritico e/o eluvio-colluviale dello spessore di circa 1,0 - 2,0 m.

La località Altomena e i settori limitrofi poggiano, invece, sui terreni di natura torbiditico arenacea della Pietraforte (PTF), talora al di sotto di una copertura eluvio-colluviale e/o alteritica dello spessore di circa 1,0 - 2,0 m.

In corrispondenza del corso del Fiume Arno, al di sopra del substrato litoide, si rinvencono spessori metrici di litologie da macroclastiche a sabbioso-limose riferibili ai depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non (bna).

Infine in alcuni areali, talora vasti come in corrispondenza dell'abitato stesso di Carbonile, vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a 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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre all'unità geologico-tecnica MLec (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente argillosa.

All'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine / barra / canali) sono stati attribuiti i depositi alluvionali attuali (b), mentre all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine / barra / canali) sono stati attribuiti i depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna).

Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL) e alla Pietraforte (PTF) e riferibili al substrato geologico sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) e alle Argille Varicolori (AVR) sono state inserite nella classe geologico-tecnica ALS (Substrato stratificato con alternanza di litotipi).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi, quiescenti e stabilizzati, nonché gli orli di scarpata morfologica.

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 rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

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 e dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente 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 località Carbonile non sono presenti nei dati di base o specificatamente eseguite prove di sismica passiva mediante stazione sismica (HVSR) pertanto non è possibile stimarne i fenomeni di risonanza presenti nel sottosuolo.

In corrispondenza dell'abitato di Carbonile sono state appositamente eseguite n. 4 misure di sismica passiva con metodo HVSR (91_HVSR, 92_HVSR, 93_HVSR e 94_HVSR) nell'ambito dello studio in oggetto.

Ad eccezione della registrazione 94_HVSR che ha mostrato un possibile alto contrasto di impedenza ($A_0 = 3,12$) a profondità comprese tra 30 e 50 m dal p.c. ($f_0 = 2,19$ Hz), da riferirsi a locali variazioni litologiche all'interno della Formazione del Sillano (SIL) che caratterizza il substrato geologico dell'area in esame, le altre registrazioni (91_HVSR, 92_HVSR e 93_HVSR) hanno nella loro totalità mostrato fenomeni di basso contrasto di impedenza

sismica (A0 rispettivamente di 1,87, 2,0 e 2,76) a profondità comprese tra 30 e 50 m ($f_0 = 2,16$ Hz nella prova 93_HVSR) o tra 50 e 100 m (f_0 rispettivamente di 1,88 e 1,54 Hz nelle prove 91_HVSR e 92_HVSR).

Sono, inoltre, a disposizione dai dati di base alcune prove sismiche di sismica a rifrazione (11_SR) e di tipo Masw (12_MASW e 58_MASW) eseguite presso l'abitato.

L'indagine di sismica a rifrazione ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di circa 5,0 – 7,5 m dal p.c. con $V_s = 149$ m/s poggiante su un secondo sismostrato con $V_s = 573$ m/s, corrispondenti rispettivamente alla coltre di frana e alteritica del substrato e al substrato di natura prevalentemente argillitico marnosa.

Le due indagini sismiche di tipo Masw eseguite forniscono un valore di V_{s30} rispettivamente di 391 m/s (12_MASW) e di 415/516 m/s (58_MASW).

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 con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione della Pietraforte (PTF). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

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 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,3.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello compreso tra 10 e 20 m.

La zona viene individuata in corrispondenza della località Altomena.

- **zona 2 (2002)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 10,0 m (generalmente compresi tra 1,0 e 7,0 m) con basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL) e della Pietraforte (PTF). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, e talora alluvionale (alluvioni terrazzate e recenti) con spessore compreso tra 3,0 e 7,0 m

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 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 2,0.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

La zona viene individuata in alcuni settori presso l'abitato di Altomena e nel settore pedecollinare in prossimità del corso del Fiume Arno ad ovest dell'abitato di Carbonile.

- **zona 4 (2004)**: la zona comprende le aree nelle quali affiora substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS) e fratturato, caratterizzato dai litotipi della Formazione di Sillano (SIL) e delle Argille Varicolori (AVR).

Al tetto del substrato è presente una copertura, di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale con spessore generalmente compreso tra 2,0 e 6,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (in particolare la prova 91_HVSR) non 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 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,9 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,9.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

Costituisce l'elemento principale dei terreni collinari presenti tra il tracciato ferroviario Firenze – Roma e gli abitati di Podere Fangaccio, Il Lago e Il Formicaio e i terreni presenti in una fascia ad andamento circa nord / sud collocata in corrispondenza del tracciato ferroviario Firenze – Roma tra il corso del Fiume Arno e l'abitato di Casellina di sotto.

- **zona 7 (2007)**: questa zona comprende le aree nelle quali si hanno coperture alluvionali attuali, a prevalenza granulometrica da ghiaioso sabbiosa a ghiaioso limosa, sopra un substrato lapideo stratificato, talora con l'interposizione di uno spessore di coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente sabbioso limosa. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non 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 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,8.

Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza dell'alveo del Fiume Arno.

- **zona 13 (2013)**: questa zona comprende le aree nelle quali si hanno coperture alluvionali terrazzate o recenti, a prevalenza granulometrica sabbioso limosa, poste su una coltre alteritica e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente limoso argillosa, sopra un substrato sopra un substrato lapideo stratificato. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non 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 1,5 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,5.

Interessa i terreni a debole pendenza in una fascia parallela al corso del Fiume Arno.

Zone 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 4.1, ottobre 2017) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture alluvionali, eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello – MLL e Pietraforte - PTF) e tra il substrato litoide stratificato appartenente alla Pietraforte (PTF) e ai depositi prevalentemente

argillitico-marnosi appartenenti al substrato stratificato con alternanza di litotipi della Formazione di Sillano (SIL) e delle Argile Varicolori (AVR) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Inoltre sono state evidenziate le aree dove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAIID)**.

MASSOLINA

(vedi tavv. G.13, G.14, G.15, G.16, G.20, G.24 e G.28 in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge il centro urbano di Massolina è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) e in particolare alla Formazione di Monte Morello (MLL) e alla Formazione di Sillano (SIL).

Queste sono sovente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da corpi detritici di frana.

In particolare i terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) caratterizzano con litologie prevalentemente argillitico e siltitico marnose, il substrato geologico della porzione meridionale dell'areale di interesse (abitato di Massolina, Selvaccia e di Pod. Il Bosco), mentre i terreni appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), che sormonta stratigraficamente mediante contatto-tettonico la Formazione di Sillano (SIL) costituiscono con litologie prevalentemente calcaree e calcareo marnose il substrato geologico della porzione settentrionale dell'area di studio, interessando, in particolare il settore prossimo alla S.S.69 nell'areale meridionale e l'intero areale a nord del corso del Torrente Vicano di Pelago.

L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in direzioni di immersione degli strati estremamente variabili, e inclinazioni comprese tra 25° e 50° nella Formazione di Sillano (SIL), dato la sua natura caoticizzata; mentre immersione degli strati verso i settori nord-orientali, con inclinazioni intorno ai 30° e giaciture generalmente a reggipoggio o a traverpoggio in corrispondenza della Formazione di Monte Morello (MLL).

In prossimità del corso del Fiume Arno e della sponda destra del corso del Torrente Vicano di Pelago i terreni del substrato sono sormontati da una copertura costituita da depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). L'alveo di detti corsi d'acqua è contraddistinto dalla presenza di depositi alluvionali attuali (b).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali, di manufatti di origine antropica e delle arginature in corrispondenza del Fiume Arno.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto nella porzione a sud del corso del Torrente Vicano di Pelago da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è principalmente attivo, mentre gli areali in destra del suddetto Torrente presentano estesi distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo, sia quiescente che stabilizzato. Sono presenti, inoltre areali con fenomenologie di soliflusso generalizzato, soliflusso localizzato ed aree con fenomeni di erosione superficiale.

Inoltre si ha la presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, nonché, in prossimità dei corsi d'acqua di orli di scarpata o di terrazzo fluviale.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una generale acclività da bassa a medio-bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 25%) con limitati settori ad maggiore acclività.

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 la frazione di Massolina 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.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 12 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 5 strumentati con tubo piezometrico, n. 1 strumentato con canna inclinometrica e n. 1 strumentati con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 2 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 20 prove penetrometriche di cui n. 6 prove penetrometriche statiche e n. 14 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 1 stratigrafia di terebrazione di pozzo profondo;
- n. 4 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh..

In corrispondenza dell'abitato di Massolina sono inoltre stata effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 stendimento sismico a rifrazione per l'acquisizione delle onde P e Sh e in n. 5 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR). Inoltre, specificatamente per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 è stata svolta una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 3 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico su cui sorge il nucleo insediativo di Massolina risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Formazione di Sillano – SIL e Formazione di Monte Morello – MLL).

In particolare l'area a sud del corso del Torrente Vicano di Pelago è contraddistinto principalmente dai termini prevalentemente argillitici e argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL). Questa presenta una coltre di alterazione, che con l'aggiunta delle coperture eluvio-colluviali, può raggiungere i 4,5 - 6,0 m di spessore.

Invece, la porzione di territorio a nord e in destra del corso del torrente Vicano di Pelago, presso la località Pietrella vede un substrato costituito dalla Formazione di Monte Morello (MLL) costituita dall'alternanza di calcari marnosi con subordinati livelli marnoso siltitici e argillitico marnosi, quest'ultimi talora prevalenti, e aventi in superficie spessori di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale estremamente variabile, compresi da qualche metro a 4,0 - 5,0 m con settori dove le coltri si spingono anche a fino 8,0 – 10,0 m di profondità del p.c..

In corrispondenza del corso del Fiume Arno e dello stesso Torrente Vicano di Pelago, al di sopra del substrato litoide, si rinvencono spessori, compresi tra 3,5 e 6,0 m, di litologie da macroclastiche a sabbioso-limose riferibili ai depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non (bna).

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a 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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre all'unità geologico-tecnica MLec (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente argillosa.

All'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine / barra / canali) sono stati attribuiti i depositi alluvionali attuali (b), mentre all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine / barra / canali) sono stati attribuiti i depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna).

Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL) e alla Pietraforte (PTF) e riferibili al substrato geologico sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) e alle Argille Varicolori (AVR) sono state inserite nella classe geologico-tecnica ALS (Substrato stratificato con alternanza di litotipi).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi, quiescenti e stabilizzati, nonché gli orli di scarpata morfologica.

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 rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

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 1:5.000 e presentato in scala 1:10.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 5 misure HVSR classificate in classe A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 70,5 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Massolina sono state appositamente eseguite n. 8 misure di sismica passiva con metodo HVSR (78_HVSR, 79_HVSR, 88_HVSR, 89_HVSR, 90_HVSR, 109_HVSR, 110_HVSR e 111_HVSR) nell'ambito dello studio in oggetto.

Le registrazioni di rumore sismico hanno messo in luce, ad eccezione della prova 90_HVSR ($f_0 = 2,94$ Hz e $A_0 = 2,47$), 110_HVSR ($f_0 = 4,31$ Hz e $A_0 = 1,76$) e 111_HVSR ($f_0 = 4,94$ Hz e $A_0 = 2,43$) fenomeni di risonanza con alti contrasti di impedenza sismica (ampiezze di 3,98, 3,56, 4,04, 3,91 e 4,1) a profondità comprese tra 20 e 30 m ad eccezione della prova 89_HVSR (tra 30 e 50 m).

In corrispondenza dell'area industriale di Massolina è stata eseguita una linea sismica a rifrazione (103_SR) che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore variabile tra 4,0 e 12,0 m avente $V_s = 180/245$ m/s, corrispondente a depositi di copertura eluvio-colluviale e alteritica, poggiante su un secondo sismostrato con V_s comprese tra 430 e 635 m/s nel settore sud-est dello stendimento e V_s comprese tra 820 e 1040 m/s nel settore nord-occidentale dello stendimento. Il secondo sismostrato è riferibile al substrato geologico

contraddistinto dall'alternanza di livelli calcareo-marnosi e arenacei e livelli siltitico-pelitici che determinano, anche in funzione del loro grado di fratturazione e alterazione le differenze riscontrate nelle Vs.

Dai dati di base a disposizione sono state ricavate le risultanze di n. 4 linee sismiche a rifrazione (27_SR, 28_SR, 29_SR e 30_SR) eseguite in loc. Pietrella. Nel loro insieme le indagini hanno messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con rispettivamente le seguenti velocità delle onde sismiche compressionali: 187 – 331 m/s, 590 – 777 m/s e 2017 – 2301 m/s. Il primo orizzonte (spessore circa 2,0 m) presumibilmente deriva dalla presenza di coltri detritiche superficiali, il secondo orizzonte sismico (spessore tra 7,0 e 15,0 m) corrisponde a litologie, anche alterate, del substrato litoide argillitico marnoso, il terzo sismostrato corrisponde al substrato argillitico inalterato.

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 con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

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 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,3.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello compreso tra 10 e 20 m.

La zona viene individuata in corrispondenza dei rilievi collinari a maggior acclività presenti a sud del Podere Lastro, in destra idrografica del Torrente Vicano di Pelago.

- **zona 2 (2002)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 10,0 m (generalmente compresi tra 1,0 e 7,0 m) con basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza principalmente della Formazione di Monte Morello (MLL) e secondariamente della formazione della Pietraforte (PTF). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, e talora alluvionale (alluvioni terrazzate e recenti) con spessore compreso tra 1,0 e 7,0 m

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 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 2,0.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

La zona viene individuata in vari settori in corrispondenza di terreni riferibili a un substrato geologico lapideo laddove i rilievi collinari presentano una blanda pendenza.

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente compresi tra 3,0 e 4,0 m) con alto c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della

Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore compreso tra 3,0 e 4,0 m

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (89_HVSR) si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, presumibilmente al passaggio tra depositi di copertura e substrato litoide inalterato.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,5 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,5.

La zona viene individuata nel settore settentrionale dell'area industriale di Massolina.

- **zona 4 (2004)**: comprende le aree nelle quali affiora substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS) e fratturato, caratterizzato dai litotipi della Formazione di Sillano (SIL) e delle Argille Varicolori (AVR). Al tetto del substrato è presente una copertura, di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale con spessore generalmente compreso tra 2,0 e 6,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (90_HVSR) non 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 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,9 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,9.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

Costituisce l'elemento principale dei terreni collinari presenti tra la zona industriale di Massolina e Podere Bosco e in una fascia ad andamento circa nord / sud collocata in corrispondenza del tracciato ferroviario Firenze – Roma.

- **zona 7 (2007)**: questa zona comprende le aree nelle quali si hanno coperture alluvionali attuali, a prevalenza granulometrica da ghiaioso sabbiosa a ghiaioso limosa, sopra un substrato lapideo stratificato, talora con l'interposizione di uno spessore di coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente sabbioso limosa. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non 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 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,8.

Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza dell'alveo del Fiume Arno.

- **zona 12 (2012)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS) e fratturato, caratterizzato dai litotipi della Formazione di Sillano (SIL). Al tetto del substrato è presente una copertura, di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale con spessore generalmente compreso tra 5,0 e 6,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (78_HVSR, 79_HVSR e 88_HVSR) 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 2,1 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 2,1.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. Costituisce l'elemento principale dei terreni collinari presenti ad est della zona industriale di Massolina e in una fascia ad andamento circa nord / sud collocata in corrispondenza della stessa area industriale.

- **zona 13 (2013)**: questa zona comprende le aree nelle quali si hanno coperture alluvionali terrazzate o recenti, a prevalenza granulometrica sabbioso limosa, poste su una coltre alteritica e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente limoso argillosa, sopra un substrato sopra un substrato lapideo stratificato. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non 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 1,5 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,5.

Interessa i terreni a debole pendenza in una fascia parallela al corso del Fiume Arno.

Zone 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 4.1, ottobre 2017) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture alluvionali, eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello – MLL e Pietraforte - PTF) e tra il substrato litoide stratificato appartenente alla Pietraforte (PTF) e ai depositi prevalentemente argillitico-marnosi appartenenti al substrato stratificato con alternanza di litotipi della Formazione di Sillano (SIL) e delle Argille Varicolori (AVR) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Inoltre sono state evidenziate le aree dove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAID)**.

PATERNO

(vedi tavv. G.13, G.14, G.15, G.16, G.20, G.24 e G.28 in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Paterno è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni del Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano) e dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure).

In particolare l'Unità di Monte Cervarola - Falterona è rappresentata dal Membro di Camaldoli (FAL2) delle Arenarie del M. Falterona costituito da prevalenti strati arenacei e subordinati strati pelitici e dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona con alternanza di livelli arenacei, marnosi, argillitici e siltitici, mentre l'Unità di Monte Morello è rappresentata principalmente dalla formazione della Pietraforte (PTF) e

secondariamente, nei settori ad ovest di Castel Sofia, dalla Formazione di Monte Morello (MLL). Per quanto riguarda le Arenarie del M. Falterona, il Membro di Camaldoli (FAL2) interessa l'abitato di Paterno, di Pagiano e l'abitato della loc. la Rimessa con assetto principalmente a franapoggio e immersioni verso il quadrante sud-occidentale con inclinazioni comprese tra 15° e 35°. Il Membro di Montalto (FAL3) interessa l'areale a monte dell'abitato di Paterno, come ad esempio in corrispondenza della loc. Magnale, con giaciture anch'esse a franapoggio immergenti di 10° - 40° verso i quadranti meridionali. Inoltre il Membro di Montalto (FAL3) costituisce il substrato geologico degli areali delle località La Rimessa e Le Muricce.

Nei rilievi poco a nord dell'abitato di Magnale si ha la presenza di litologie prevalentemente siltitico-pelitico-marnose appartenenti al Membro di Lonnano delle Arenarie del M. Falterona (FAL4).

Attraverso una faglia a componente normale, di interesse regionale, ed andamento nord-ovest/sud-est e circa nord-sud, i depositi dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona, presenti sul lato di letto (settore orientale della linea di faglia, vengono messi in contatto con i depositi dell'Unità di Monte Morello presenti sul lato di tetto (settore occidentale della linea di faglia).

La formazione della Pietraforte (PTF) che rappresenta i depositi dell'Unità di Monte Morello presenta un assetto giaciturale estremamente ondulato con immersioni e inclinazioni variabili e polarità sia normale che, talora, inversa.

Le varie formazioni riconosciute sono soventemente, in particolare la formazione della Pietraforte (PTF), sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e, in alcuni settori, da corpi detritici di frana.

In prossimità del corso del Torrente Vicano di Sant'Ellero i terreni del substrato sono talora sormontati da una copertura costituita da depositi alluvionali recenti, terrazzati o 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 subordinatamente stabilizzato. Sono presenti, inoltre, settori con fenomeni di erosione superficiale, aree soggette ad erosione profonda, in particolare in corrispondenza delle scarpate di monte della loc. Pagiano, e aree soggette a soilcreep.

Inoltre si ha la presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, nonché, in prossimità dei corsi d'acqua di orli di scarpata o di terrazzo fluviale e di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una generale acclività da bassa a medio-bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 25%) nei settori di affioramento dei terreni riferibili a un substrato costituito dalla Pietraforte (PTF), mentre si hanno pendenze maggiori, con acclività generalmente non inferiori al 15% e in molti casi maggiori del 25% nei settori di affioramento delle Arenarie del M. Falterona e in particolare in corrispondenza della presenza del Membro di Camaldoli (FAL2) dove prevalgono gli strati di natura arenacea.

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 la frazione di Paterno 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.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo con la relativa risultanza stratigrafica e geotecnica di laboratorio;
- n. 8 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 3 prove penetrometriche statiche;
- n. 5 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 3 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh.

In corrispondenza dell'abitato di Paterno sono inoltre stata effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 stendimento sismico a rifrazione per l'acquisizione delle onde P e Sh e in n. 9 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Paterno risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Arenarie del M. Falterona - Membro di Camaldoli – FAL2 e Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto – FAL3) e dell'Unità di Monte Morello (Pietraforte – PTF).

In particolare l'area del nucleo storico di Paterno e il settore a sud di essa fino al corso del Torrente Vicano di Sant'Ellero è contraddistinto dai termini litoidi prevalentemente arenacei del Membro di Camaldoli delle Arenarie del M. Falterona (FAL2), mentre i settori a monte di questi, come ad esempio l'area della loc. Magnale, e le aree in corrispondenza della località La Rimessa, vedono come substrato i termini arenaceo-marnoso-pelitici del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3).

Sudette litologie sono sormontate da uno spessore di coltre eluvio-colluviale e/o alteritica con spessori massimi rilevati di circa 2,0 m.

Il substrato della porzione ad ovest dell'abitato di Paterno – La Rimessa è invece contraddistinto dalla presenza delle torbiditi arenacee della formazione della Pietraforte (PTF) che presentano uno spessore alteritico e/o eluvio-colluviale rilevato dalle indagini ricavate compreso tra 0,5 e 3,5 m.

Attraverso una faglia a componente normale, di interesse regionale, ed andamento nord-ovest/sud-est e circa nord-sud, i depositi dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona, presenti sul lato di letto (settore orientale della linea di faglia, vengono messi in contatto con i depositi dell'Unità di Monte Morello presenti sul lato di tetto (settore occidentale della linea di faglia).

La formazione della Pietraforte (PTF) che rappresenta i depositi dell'Unità di Monte Morello presenta un assetto giaciturale estremamente ondulato con immersioni e inclinazioni variabili e polarità sia normale che, talora, inversa.

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a 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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie

limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine / barra / canali) sono stati attribuiti i depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna).

I terreni di natura litoide appartenenti alla formazione della Pietraforte (PTF), alle Arenarie del M. Falterona - Membro di Camaldoli (FAL2) e alle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) riferibili al substrato geologico sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide riferibili alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4) sono state inserite nella classe geologico-tecnica ALS (Substrato stratificato con alternanza di litotipi).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi quiescenti e stabilizzati, nonché gli orli di scarpata morfologica.

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 rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

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 1:5.000 e presentato in scala 1:10.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 2 misure HVSR di cui n. 2 classificata in classe A1, n. 4 classificata in classe A2 e n. 3 classificata in B1 si ricava una valutazione di qualità pari a 64,4 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Paterno sono state appositamente eseguite n. 9 misure di sismica passiva con metodo HVSR (76_HVSR, 77_HVSR, 95_HVSR, 96_HVSR, 97_HVSR, 98_HVSR, 99_HVSR, 100_HVSR e 101_HVSR) nell'ambito dello studio in oggetto.

Le prove 77_HVSR, 95_HVSR, 96_HVSR, 97_HVSR, 98_HVSR e 100_HVSR sono state realizzate nel settore di Paterno denominato La Rimessa e di queste le registrazioni 95_HVSR, 96_HVSR, 98_HVSR e 100_HVSR non hanno presentato nessun fenomeno di risonanza.

Le prove 77_HVSR e 96_HVSR, hanno messo in luce una frequenza del picco principale rispettivamente di 3,99 Hz con ampiezza di 2,33 e di 1,88 Hz con ampiezza di 2,24 che denotano fenomeni di risonanza a profondità comprese rispettivamente tra 20 e 30 m dal p.c. e tra 50 e 100 m dal p.c., entrambe con un basso contrasto di impedenza sismica.

Tra le prove eseguite nel settore meridionale dell'abitato di Paterno (76_HVSR, 99_HVSR e 101_HVSR) la registrazione 76_HVSR non ha mostrato nessun fenomeno di risonanza, mentre le prove 99_HVSR e 101_HVSR hanno mostrato rispettivamente una frequenza del picco principale rispettivamente di 15,94 Hz con ampiezza di 3,42 (alto contrasto di impedenza a profondità comprese tra 5,0 e 10,0 m dal p.c.) e di 2,77 Hz con ampiezza di 4,91 (basso contrasto di impedenza a profondità comprese tra 20 e 30 m dal p.c.).

In corrispondenza della prova 101_HVSR è stata eseguita una linea sismica a rifrazione (106_SR) che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di circa 5,0 m avente $V_s = 710/755$ m/s, corrispondente allo spessore superficiale di substrato alterato, poggiante su un secondo sismostrato, dello spessore variabile tra 2,0 e 15,0 m, con V_s comprese tra 2090 e 2190 m/s e un terzo sismostrato con V_s comprese tra 2380 e 3380 m/s nel settore nord-occidentale dello stendimento. Il secondo e il terzo sismostrato sono riferibili al substrato geologico contraddistinto dall'alternanza di livelli arenacei e siltitico-pelitici che determinano, anche in funzione del loro grado di fratturazione e alterazione le differenze riscontrate nelle V_s .

In prossimità della prova 77_HVSR dai dati di base sono ricavabili le risultanze di n. 3 indagini di sismica a rifrazione (37_SR, 38_SR e 39_SR). Un primo sismostrato dello spessore di 2,0 – 4,0 m dal p.c. presenta $V_s = 208$ m/s comprende le coltri di materiale sciolto superficiale. Un secondo sismostrato di spessore compreso tra 8,0 e 20,0 m dal p.c. presenta V_s comprese tra 353 e 500 m/s ed è riferibile alla presenza di sedimenti sciolti da mediamente addensati ad addensati e livelli lapidei a prevalente natura argillitica, di cui i sedimenti sciolti ne rappresentano la porzione più alterata. Infine, un terzo sismostrato rappresenta il bedrock sismico e substrato lapideo con $V_s = 1200$ m/s.

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 con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza delle Arenarie del M. Falterona - Membro di Camaldoli (FAL2) e delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (97_HVSR, 98_HVSR e 100_HVSR) non 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 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,4.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello compreso tra 10 e 20 m, ma anche superiori a 20 m.

La zona viene individuata in corrispondenza dei settori collinari e pedemontani a maggior acclività presenti ad est dell'abitato di Paterno.

- **zona 2 (2002)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 10,0 m (generalmente compresi tra 1,0 e 7,0 m) con basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza delle Arenarie del M. Falterona - Membro di Camaldoli (FAL2) e delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3). e della formazione della Pietraforte (PTF). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, e talora alluvionale (alluvioni terrazzate e recenti) con spessore compreso tra 1,0 e 7,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (77_HVSR, 95_HVSR, 96_HVSR e 101_HVSR) non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 2,0.

La zona viene individuata nella maggior parte dei settori collinari dell'area di interesse in corrispondenza di terreni riferibili a un substrato geologico lapideo.

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente compresi tra 1,0 e 3,0 m) con alto c. i..Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza delle Arenarie del M. Falterona - Membro di Camaldoli (FAL2). Al tetto del substrato è presente una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore compreso tra 1,0 e 3,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (99_HVSR in particolare) 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 1,5 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,5.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

La zona viene individuata in corrispondenza del nucleo storico dell'abitato di Paterno e a sud dello stesso.

- **zona 4 (2004)**: la zona comprende le aree nelle quali affiora substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS) e fratturato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano (FAL4). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m).

Data la successione stratigrafica rilevata non 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 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,9 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,9.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

Interessa un limitato settore a nord della località Magnale.

- **zona 10 (2010)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 10,0 m (generalmente compresi tra 3,0 e 7,0 m) con alto c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza delle Arenarie del M. Falterona - Membro di Camaldoli (FAL2). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, e talora alluvionale (alluvioni terrazzate e recenti) con spessore compreso tra 3,0 e 7,0 m.

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 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,3.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m.

La zona viene individuata in un isolato settore presso l'abitato di Paterno.

- **zona 13 (2013)**: questa zona comprende le aree nelle quali si hanno coperture alluvionali terrazzate o recenti, a prevalenza granulometrica sabbioso limosa, poste su una coltre alteritica e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente limoso argillosa, sopra un substrato sopra un substrato lapideo stratificato. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non 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 1,5 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,5-1,0s. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,5.

Interessa i terreni a debole pendenza in una fascia parallela al corso del Torrente Vicano di Pelago.

Zone 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 4.1, ottobre 2017) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture alluvionali, eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello – MLL e Pietraforte - PTF) e tra il substrato litoide stratificato appartenente alla Pietraforte (PTF) e ai depositi prevalentemente argillitico-marnosi appartenenti al substrato stratificato con alternanza di litotipi della Formazione di Sillano (SIL) e delle Argille Varicolori (AVR) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Si precisa che tale condizione non è stata evidenziata, data la successione litostratigrafica locale (presenza di spessori minimi della copertura attribuibile all'unità geologico-tecnica SMec poggiante sull'unità geologico-tecnica LPS), al contatto tra le suddette unità geologico-tecniche (SMec e LPS) nel settore occidentale dell'areale investigato. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Inoltre sono state evidenziate le aree dove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAID)**.

Infine è stata individuata sulla scorta del Catalogo delle Faglie Capaci del Progetto Ithaca – Ispra-Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia relativo al catalogo delle faglie capaci la presenza di una **faglia attiva / capace** in corrispondenza del contatto tettonico riferibile ad una faglia a componente normale ad alta inclinazione che, con andamento circa N-NW/S-SE, ribassa i settori occidentali dell'area di indagine rispetto a quelli orientali.

Dagli studi geologici svolti e dalle indagini geognostiche ricavate nell'area di interesse è possibile desumere che i terreni presenti nel tetto della faglia sono riferibili a litologie costituite dall'alternanza di livelli arenacei e pelitici appartenenti alla formazione della Pietraforte mentre quelle presenti nel letto della faglia sono riferibili a litologie prevalentemente arenacee appartenenti alla formazione delle Arenarie del Falterona – Membro di Camaldoli. Suddette litologie sono, in particolare nel settore di tetto della faglia, sormontate da spessori metrici di coperture eluvio-colluviali.

Pertanto, nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica suddetta struttura tettonica è stata indicata come faglia diretta certa ed è stata attribuita alla zona di instabilità – **zona di attenzione per Faglie Attive e Capaci**.

Negli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Pelago approvati, come da verbale della riunione della commissione tecnica per il supporto e il monitoraggio degli studi di microzonazione sismica del 23/11/2015 a firma della Presidenza del Consiglio dei Ministri-Dipartimento della Protezione Civile-Ufficio Rischio Sismico e Vulcanico, detta zona di attenzione per instabilità era stata indicata con una fascia di 20,0 m di ampiezza attorno alla faglia stessa (buffer di 10,0 m). Sebbene il buffer presentato non fosse coerente con quanto

previsto e raccomandato (si sottolinea, tuttavia, che quanto indicato è una raccomandazione e non una prescrizione) dalle “Linee_Guida_Faglie_Active_Capaci_2016” e che la zona a cavallo della traccia della faglia attiva e capace deve avere un'ampiezza valutata sulla scorta di quanto indicato nelle Linee Guida FAC sopracitate si precisa che la microzona omogenea della faglia attiva e capace in oggetto è stata costruita in sede di studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, in attesa di approfondimenti specifici propri di uno studio di Livello 3, in modo da comprendere sia la traccia dell'ipotetico piano di rottura principale che i le zone di possibile interesse dei presunti fenomeni deformativi del terreno dovuti e correlati con il suddetto piano di rottura principale.

Si precisa, inoltre, che l'ampiezza è stata desunta sulla scorta sia del contesto geologico in cui la faglia si inserisce e di diretti rilievi geologici in campagna sia dall'analisi delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di interesse,

Per quanto riguarda gli aspetti di campagna più propriamente geologici si rileva che nel settore di letto della faglia a una distanza variabile tra circa 50,0 m e circa 100,0 m dall'ipotetica, lungo il taglio della Via Vallombrosana vi sono sequenze metriche con affioramenti di litologie arenacee riferibili alla formazione delle Arenarie del Falterona – Membro di Camaldoli che non manifestano, ad eccezione di alcuni sistemi di joints e fratture di minima o “normale” entità, indizi di una intensa tettonizzazione dovuta alla presenza di fenomeni deformativi correlabili alla presenza di una principale struttura tettonica.

In questo settore, inoltre, le indagini di sismica passiva con metodo Hvsr svolte registrano la non presenza di alcun significativo picco di frequenza (prove P299, P312 e P313), o la presenza di picchi superficiali al passaggio tra le coltri di copertura eluvio-colluviali e il substrato litoide (prova P314) che confermerebbero la sostanziale omogeneità dei litotipi presenti nel sottosuolo dell'area in esame, a partire dal piano campagna.

Inoltre l'indagine di sismica a rifrazione in onde P e Sh denominata L57 e realizzata con andamento circa SW-NE (quindi quasi ortogonalmente alla faglia) proprio in corrispondenza dell'ipotizzata traccia della struttura tettonica ha registrato nella porzione di NE della stesa tomografica un innalzamento, con un gradiente quasi verticale, in particolare della velocità delle onde P (variazione di velocità da 800/1.000 m/s a oltre 1.100 m/s), che identificherebbe la zona di faglia.

Detto passaggio avviene in una fascia piuttosto ristretta identificabile in circa 20,0 m.

Il settore a più alta velocità delle onde sismiche rappresenterebbe il blocco di letto della faglia dove presenti le litologie prevalentemente arenacee, maggiormente competenti e omogenee, riferibili alla formazione delle Arenarie del Falterona – Membro di Camaldoli, mentre le velocità minori si avrebbero in corrispondenza del blocco di tetto della faglia dove presenti litotipi costituiti dall'alternanza di strati di arenarie e di peliti appartenenti alla formazione della Pietraforte.

Pertanto, in attesa di specifici approfondimenti e di più adeguate indagini da eseguire ed acquisire in fase di esecuzione di indagini e studi di Microzonazione Sismica di Livello 3, si ritiene adeguato confermare la fascia di 20,0 m (buffer 10,0 m + 10,0 m) a cavallo della traccia del piano di rottura della faglia per la struttura in oggetto, così come presente negli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 approvati.

Tuttavia, cautelativamente, e tenendo conto del suddetto contesto geologico in cui si inserisce tale ampiezza (Zona di Attenzione) viene portata a 160,0 m (buffer 80,0 m + 80,0 m), coerente con il valore di ampiezza della zona di suscettibilità raccomandato, negli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3, nel caso di una faglia certa e definita (piano di rottura principale e fenomeni cosismici ad essa collegati sono riconosciuti con certezza) ma anche con il valore minimo ammissibile proposto nel caso di una faglia incerta (gli elementi che

compongono una faglia attiva e capace e i fenomeni cosismici collegati non sono cartografabili con certezza e/o dettaglio).

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 Pelago ha registrato nel passato 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 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.

Si ricorda, inoltre il terremoto 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, San Godenzo e in parte anche Rufina e Pontassieve.

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 Pontassieve, senza procurare danni a edifici o manufatti.

Da quanto detto 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 4.1.
- Geo Eco Progetti (2015) – Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Pelago.
- 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.
- 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.
- Società Geologica Italiana (1993) – Guide Geologiche Regionali – Vol. 4, Appennino Tosco-Emiliano – BE-MA Editrice.

11. ALLEGATI

- Tav. G.01 Carta delle indagini – Pelago - Diacceto (scala 1:5.000)
- Tav. G.02 Carta geologico tecnica per la Microzonazione Sismica – Pelago / Diacceto (scala 1:5.000)
- Tav. G.03 Carta delle frequenze – Pelago / Diacceto (scala 1:5.000)
- Tav. G.04 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Pelago / Diacceto (scala 1:5.000)
- Tav. G.05 Carta delle indagini – San Francesco / Palaie / Stentatoio (scala 1:5.000)
- Tav. G. 06 Carta geologico tecnica per la Microzonazione Sismica – San Francesco / Palaie / Stentatoio (scala 1:5.000)
- Tav. G.07 Carta delle frequenze – San Francesco / Palaie / Stentatoio (scala 1:5.000)
- Tav. G.08 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – San Francesco / Palaie / Stentatoio (scala 1:5.000)
- Tav. G.09 Carta delle indagini – Borselli / Consuma (scala 1:5.000)
- Tav. G.10 Carta geologico tecnica per la Microzonazione Sismica – Borselli / Consuma (scala 1:5.000)
- Tav. G.11 Carta delle frequenze – Borselli / Consuma (scala 1:5.000)
- Tav. G.12 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Borselli / Consuma (scala 1:5.000)
- Tav. G.13 Carta delle indagini – Carbonile / Massolina / Paterno (scala 1:5.000)
- Tav. G.14 Carta geologico tecnica per la Microzonazione Sismica – Carbonile / Massolina / Paterno (scala 1:5.000)
- Tav. G.15 Carta delle frequenze – Carbonile / Massolina / Paterno (scala 1:5.000)
- Tav. G.16 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Carbonile / Massolina / Paterno (scala 1:5.000)
- Tav. G.17 Carta di Microzonazione Sismica FH01-05 - Pelago / Diacceto (scala 1:5.000)
- Tav. G.18 Carta di Microzonazione Sismica FH01-05 - San Francesco / Palaie / Stentatoio (scala 1:5.000)
- Tav. G.19 Carta di Microzonazione Sismica FH01-05 - Borselli / Consuma (scala 1:5.000)
- Tav. G.20 Carta di Microzonazione Sismica FH01-05 - Carbonile / Massolina / Paterno (scala 1:5.000)
- Tav. G.21 Carta di Microzonazione Sismica FH05-1 - Pelago / Diacceto (scala 1:5.000)
- Tav. G.22 Carta di Microzonazione Sismica FH05-1 - San Francesco / Palaie / Stentatoio (scala 1:5.000)
- Tav. G.23 Carta di Microzonazione Sismica FH05-1 - Borselli / Consuma (scala 1:5.000)
- Tav. G.24 Carta di Microzonazione Sismica FH05-1 - Carbonile / Massolina / Paterno (scala 1:5.000)
- Tav. G.25 Carta di Microzonazione Sismica FPGA - Pelago / Diacceto (scala 1:5.000)
- Tav. G.26 Carta di Microzonazione Sismica FPGA - San Francesco / Palaie / Stentatoio (scala 1:5.000)
- Tav. G.27 Carta di Microzonazione Sismica FPGA - Borselli / Consuma (scala 1:5.000)
- Tav. G.28 Carta di Microzonazione Sismica FPGA - Carbonile / Massolina / Paterno (scala 1:5.000)
- Tav. G.29 Sezioni geologico tecniche con indicazioni zone MOPS (scala 1:2.000)
- Indagine geofisica di sismica passiva HVSR e rifrazione per la microzonazione sismica (Livello 1)- ditta Geoecho s.n.c.
- Indagini geofisiche integrate di caratterizzazione sismica e propedeutiche alla redazione di cartografie di microzonazione sismica di Livello 2 - ditta ENKI s.r.l.:
 - Relazione tecnica
 - Tav. 01 – Carta delle indagini
 - Tav. 02 – Carta delle frequenze

- Tav. 03 – Carta di dettaglio indagini

Firenze li 24.02.2020

Prof. Geol. Eros Aiello

Dott. Geol. Gabriele Grandini