



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Toscana



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione tecnico illustrativa

Regione Toscana Comune di Lastra a Signa (FI)



Regione Regione Toscana – Settore Sismica	Soggetto realizzatore: Comune di Lastra a Signa/Servizio Assetto del Territorio/RUP Geometra Luca Betti Professionisti incaricati: Dott. Geol. Eros Aiello Dott. Geol. Gabriele Grandini  Via Andrea del Castagno, 8 - 50132 Firenze tel.055/571393, 055/575954; fax.055/5522329 ✉ info@geoeccoprogetti.com	Data marzo 2021
---	--	---------------------------

Indice generale

1. INTRODUZIONE.....	2
1.1 METODOLOGIA.....	2
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1 SISMICITA' DELL'AREA.....	6
2.2 RISCHIO SISMICO.....	9
2.3 MODELLAZIONE SISMICA.....	14
2.4 PERICOLOSITA' SISMICA.....	17
2.5 VERIFICHE DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DI SITO.....	23
2.6 LIQUEFAZIONE – BASE TEORICA E VERIFICA PER LOCALITA'.....	37
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	60
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO.....	60
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE.....	61
3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI.....	63
3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	65
3.5 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E NOTAZIONI IDROGEOLOGICHE.....	68
3.6 ACCLIVITA' DEI VERSANTI.....	73
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	74
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	86
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	87
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	88
8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	89
8.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE.....	97
8.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE.....	97
8.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.....	99
8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	105
8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	107
8.6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	110
8.7 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE PORZIONI DI TERRITORIO INDAGATE.....	135
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	182
10. BIBLIOGRAFIA.....	183
11. ALLEGATI.....	184

RELAZIONE TECNICA 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 Lastra a Signa 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 Lastra a Signa 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 Lastra a Signa, di compendio con la Struttura Regionale deputata alla Prevenzione Sismica (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica), ha individuato le seguenti aree:

- capoluogo di Lastra a Signa (comprendente le frazioni di Ponte a Signa, Porto di Mezzo e La Lisca),
- frazione di Malmantile – Quattro Strade,
- frazione di Brucianesi,
- frazione di Ginestra Fiorentina (comprendente anche l'abitato di Carcheri),
- frazioni di Inno e Marliano,

- frazione di La Luna,
- frazione di Belfiore

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 1:2.000 realizzate nell’ambito del supporto geologico tecnico al vigente Strumento Urbanistico del Comune di Lastra a Signa. 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 – AREE CAPOLUOGO (CON PONTE A SIGNA E PORTO DI MEZZO), BRUCIANESI, MALMANTILE E GINESTRA FIORENTINA (CON CARCHERI) – DICEMBRE 2012 / FEBBRAIO 2013

- n. 4 prospezioni 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. 1 prospezione mediante tecnica Esac integrata con una prospezione sismica superficiale Masw per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la categoria sismica di sottosuolo;
- n. 26 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 INDAGINE PROPEDEUTICA AGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISIMICA DI LIVELLO 1 – FRAZIONI DI INNO, LA LUNA, BELFIORE, MARLIANO E LA LISCA – OTTOBRE 2016

- n. 17 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 – GIUGNO 2020

- n. 5 linee di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità V_p e V_s nel sottosuolo, per caratterizzare dinamicamente sia la copertura presente sia il substrato roccioso ed individuarne la morfologia del tetto del substrato roccioso;
- n. 3 prove 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 di array sismico con metodo Esac per la valutazione delle velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo;
- n. 32 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell'eventuale comportamento amplificativo degli stessi.

3) Indicazione della documentazione tecnica da produrre

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

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

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

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

Vengono di seguito riportati gli elaborati e i tematismi appositamente realizzati per gli studi di Microzonazione Sismica di livello 2.

N° Tavola	Titolo	Scala	Data di emissione
	Relazione tecnica illustrativa		marzo 2021
	Lastra a Signa - La Lisca - Brucianesi		
G01	Carta delle indagini	1:5.000	marzo 2021
G04	Carta delle frequenze	1:5.000	marzo 2021
G07	Carta geologico tecnica	1:5.000	marzo 2021
G10	Carta delle microzone omogenee in prospezione sismica	1:5.000	marzo 2021
G13	Sezioni geologico-tecniche	1:2.000	marzo 2021
G16	Carta di Microzonazione Sismica – FA01-05	1:5.000	marzo 2021
G19	Carta di Microzonazione Sismica – FA04-08	1:5.000	marzo 2021
G22	Carta di Microzonazione Sismica – FA07-11	1:5.000	marzo 2021
	Inno – La Luna – Malmantile - Belfiore		
G02	Carta delle indagini	1:5.000	marzo 2021
G05	Carta delle frequenze	1:5.000	marzo 2021
G08	Carta geologico tecnica	1:5.000	marzo 2021
G11	Carta delle microzone omogenee in prospezione sismica	1:5.000	marzo 2021
G14	Sezioni geologico-tecniche	1:2.000	marzo 2021

G17	Carta di Microzonazione Sismica – FA01-05	1:5.000	marzo 2021
G20	Carta di Microzonazione Sismica – FA04-08	1:5.000	marzo 2021
G23	Carta di Microzonazione Sismica – FA07-11	1:5.000	marzo 2021
	Ginestra		
G03	Carta delle indagini	1:5.000	marzo 2021
G06	Carta delle frequenze	1:5.000	marzo 2021
G09	Carta geologico tecnica	1:5.000	marzo 2021
G12	Carta delle microzone omogenee in prospezione sismica	1:5.000	marzo 2021
G15	Sezioni geologico-tecniche	1:2.000	marzo 2021
G18	Carta di Microzonazione Sismica – FA01-05	1:5.000	marzo 2021
G21	Carta di Microzonazione Sismica – FA04-08	1:5.000	marzo 2021
G24	Carta di Microzonazione Sismica – FA07-11	1:5.000	marzo 2021
	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 4.2” (in formato digitale)		marzo 2021
	Supporto geologico tecnico alla variante al Piano Strutturale – Indagini sismiche in sito propedeutiche alla realizzazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) – P3 s.n.c.		dicembre 2012 / febbraio 2013
	Microzonazione sismica di livello 1 - Indagini geofisiche integrate di caratterizzazione sismica e propedeutiche alla redazione di cartografie di microzonazione sismica Mops e pericolosità sismica – ENKI s.r.l.		ottobre 2016
	Microzonazione sismica di livello 2 - Relazione indagini geofisiche - Dott. Pieroni e dal Dott. Puccetti		giugno 2020

Occorre sottolineare che la cartografia realizzata nel presente studio di “microzonazione sismica” costituisce implementazione e adeguamento del quadro conoscitivo del supporto geologico – tecnico agli strumenti urbanistici del Comune di Lastra a Signa, 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.

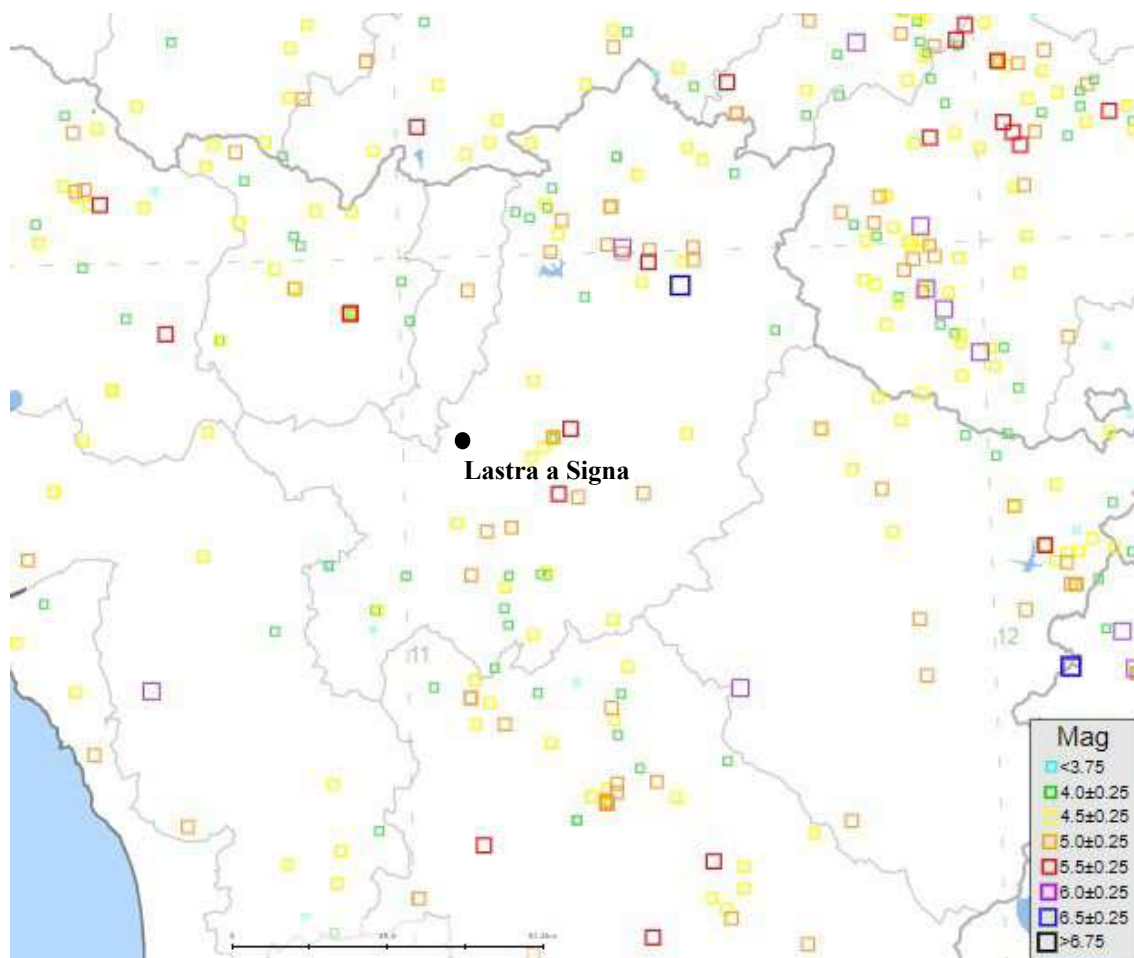
I dati tematici sono tutti vettoriali ed inseriti all’interno di una Banca Dati GIS facilmente interrogabile e aggiornabile, in ottemperanza a quanto richiesto nell’art. 28 della L.R. 1/2005; in particolare, i dati consegnati alla amministrazione comunale sono in formato sia “shape” che “pdf”.

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 Lastra a Signa è stata ricostruita con la consultazione del “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 Release v2.0 - Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>.



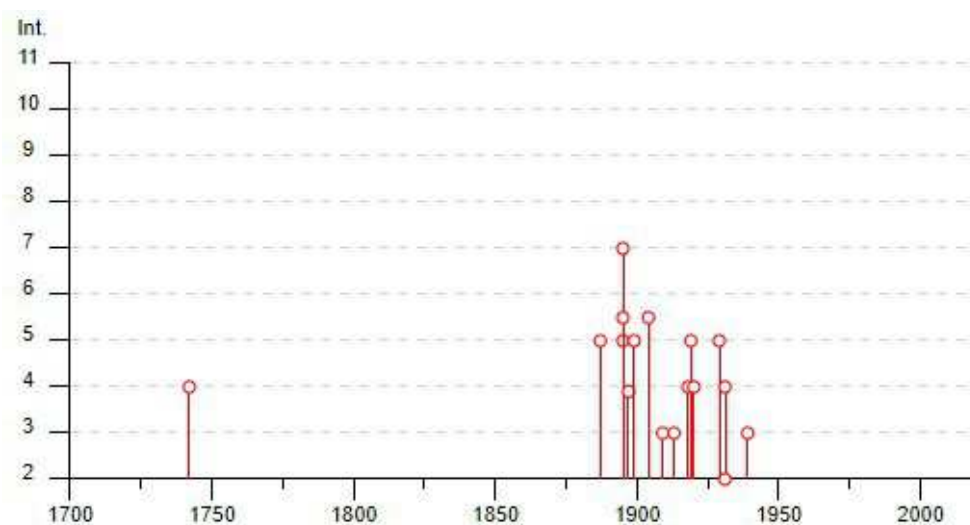
Localizzazione degli eventi macrosismici a livello regionale nel territorio circostante il Comune di Lastra a Signa (Periodo 1005 – 2017)

In particolare gli effetti macrosismici che hanno interessato il Comune di Lastra a Signa sono riconducibili a n. 24 eventi sismici, verificatisi dal 1742 al 1995, con vario grado di intensità sismica. (cfr. Database Macrosismico Italiano DBMI15 - Release v2.0 - Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A.. DBMI15, the 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	1742	01	27	11	20		Livornese	16	6	4.87
5	1887	11	14	05	48	05	Fiorentino	101	6	4.47
7	1895	05	18	19	55	12	Fiorentino	401	8	5.50
5	1895	06	06	00	35	05	Fiorentino	29	5-6	4.55
5-6	1895	10	25	00	24	58	Chianti	36	5-6	4.51
NF	1897	07	27	09	02	14	Valdarno inferiore	33	5-6	4.27
F	1897	09	06	03	10	44	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
5	1899	06	26	23	17	22	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
NF	1899	07	08	22	56	55	Bagno di Romagna	37	4	4.02
NF	1903	07	27	03	46		Lunigiana	79	7-8	5.19
5-6	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
NF	1906	04	21	06	35		Valdelsa	45	5-6	4.30
NF	1906	12	20	02	38		Valdelsa	28	4	3.96
NF	1907	12	15	13	06	55	Chianti	20	5	4.19
3	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
3	1913	07	21	22	35		Appennino romagnolo	43	5-6	4.79
4	1918	11	10	15	12	28	Appennino forlivese	187	9	5.96
5	1919	06	29	15	06	13	Mugello	565	10	6.38
4	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	750	10	6.53
5	1929	07	18	21	02		Mugello	56	6-7	4.96
4	1931	09	05	01	25	53	Mugello	28	6	4.88
2	1931	12	15	03	23		Mugello	35	6	4.62
3	1939	02	11	11	17		Mugello	31	7	5.01
NF	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82

Eventi macrosismici riportati nel DBMI15

La maggiore intensità sismica percepita in questo territorio raggiunge il grado 7 MCS nel terremoto avvenuto nel Fiorentino nel 1895 ($M_w = 5,5$) e il grado 5-6 MCS registrato durante i terremoto avvenuti nel Chianti nel 1895 ($M_w = 4,51$) e nel Pistoiese nel 1904 ($M_w = 5,1$).



Distribuzione temporale ed intensità degli eventi macrosismici nel periodo 1700-2020

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

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

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

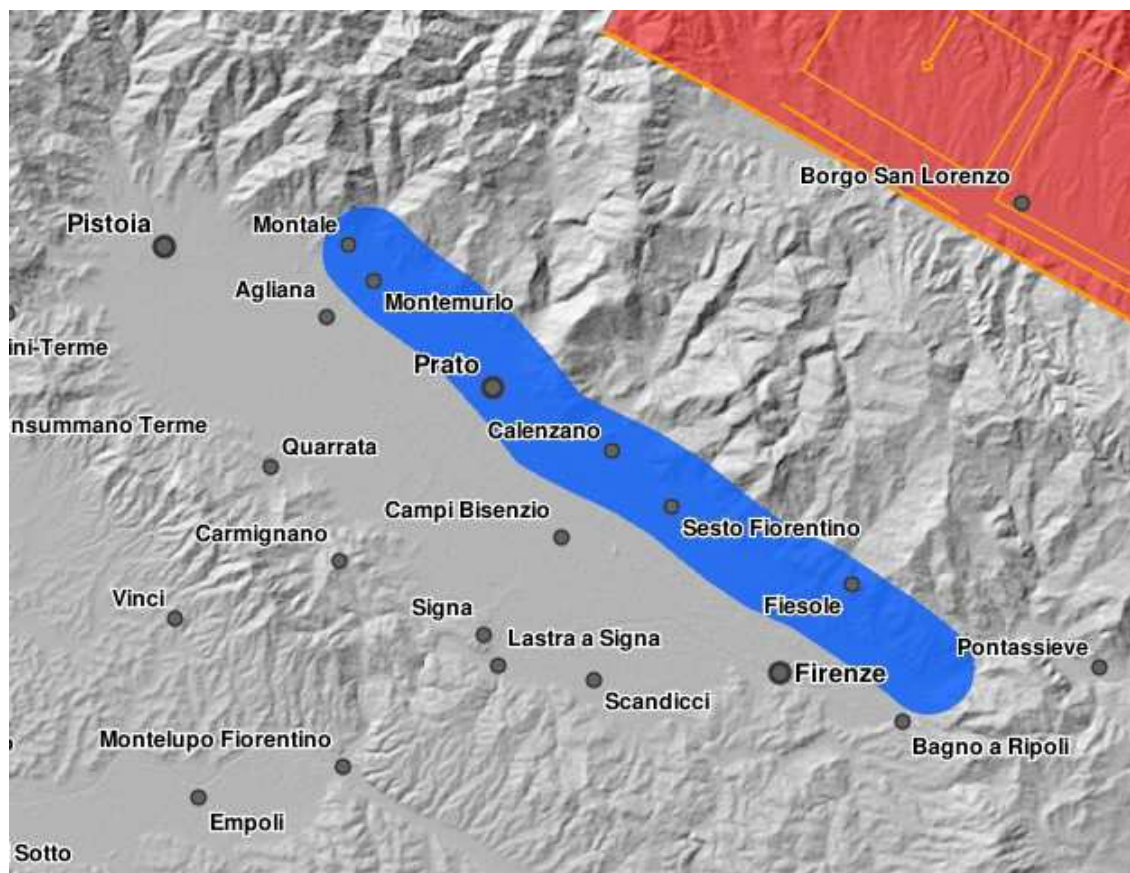
e la struttura codificata come ITIS086 “Mugello East” con le caratteristiche principali di cui alla tabella seguente:

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

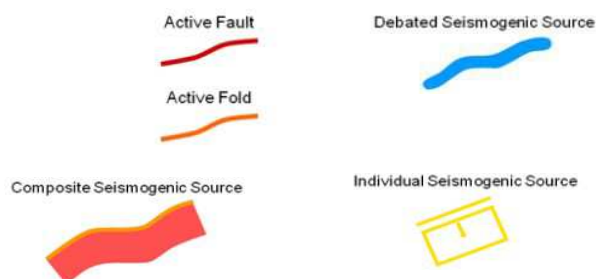
Dal medesimo catalogo si riconosce, inoltre, la presenza nel settore in esame di una area sismogenetica incerta codificata come ITDS015 “Prato - Fiesole Fault System”, che corre con andamento appenninico dall'area di Montale a quella di Bagno a Ripoli.

Le aree sismogenetiche incerte sono quelle aree caratterizzate dalla presenza di faglie potenzialmente attive, sulla scorta dei dati di letteratura, ma che non sono considerate abbastanza affidabili da includerle con certezza nelle aree sismogenetiche certe, in quanto: faglie per cui sono fornite solo minime evidenze superficiali; faglie basate su evidenze geologiche ambigue; faglie di cui ci sono visioni contrastanti in letteratura; faglie che

ricadono in zone a sismicità bassa o molto bassa; faglie le cui caratteristiche sono in aperto contrasto con quelle dei sistemi di faglie vicini e di conoscenza più approfondita.



Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0



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 Lastra a Signa 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 gradualisti, 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 Lastra a Signa è stato inserito in zona sismica 3S.

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 Lastra a Signa viene inserito in **zona 3 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:

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

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

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

Nel caso specifico **$V_N = 50$ 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:

$$VR = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

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 rigidezza nei

confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

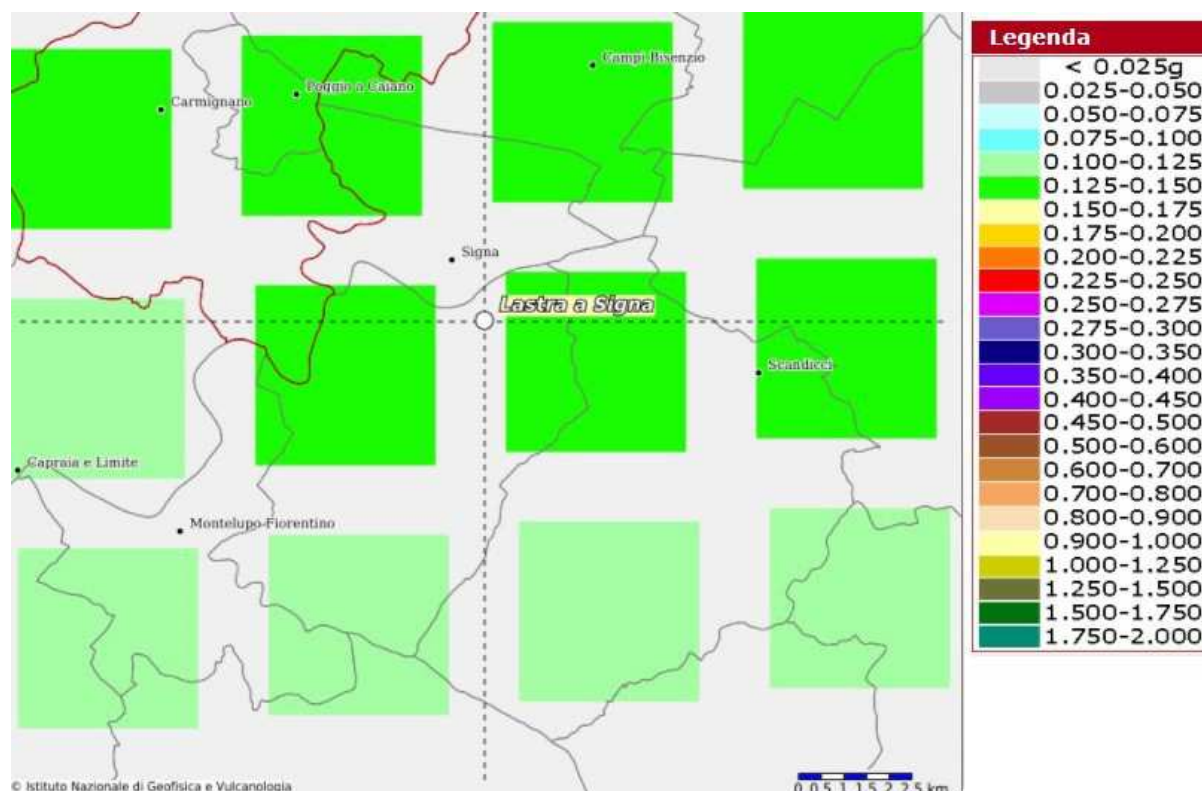
Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

Stati limite			TR
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	30
	Stato limite di danno	SLD	50
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	475

	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	975
--	--	-----	-----

2.4 PERICOLOSITA' SISMICA

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

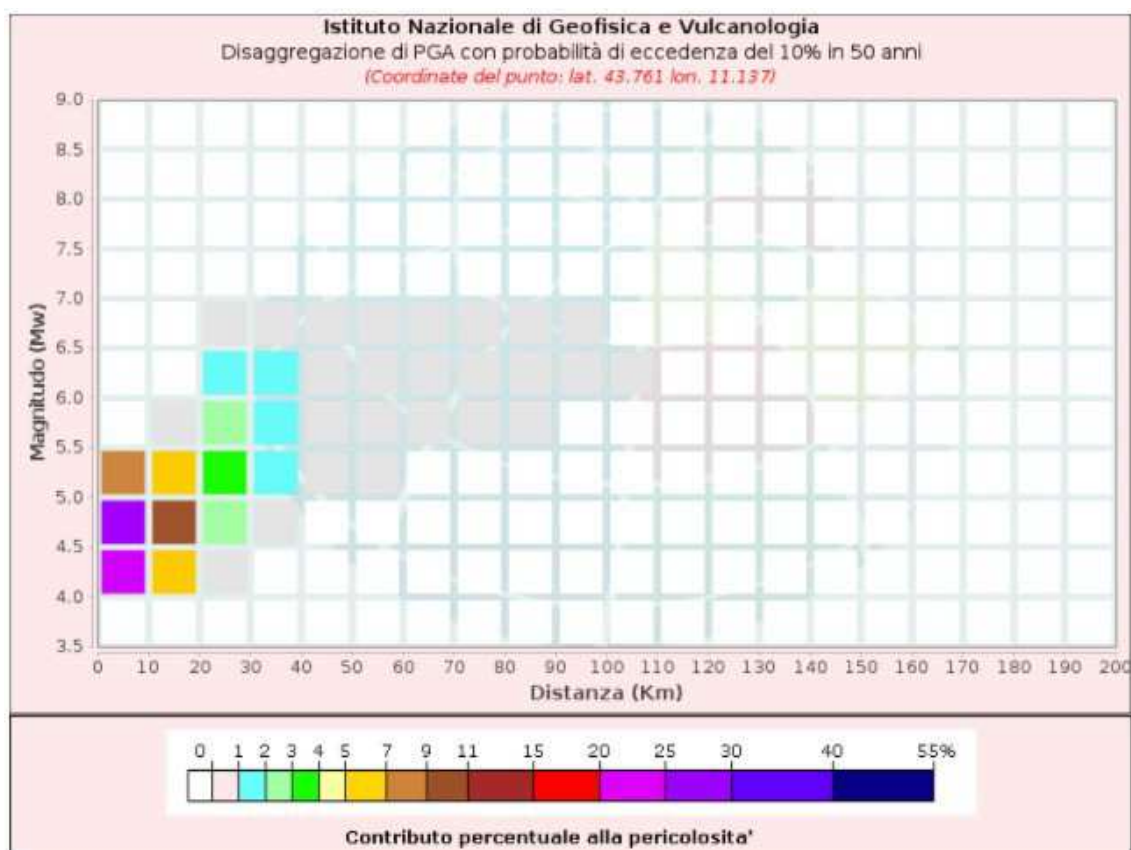


Mappa di pericolosità sismica - Accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat.A) – da INGV

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

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

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



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.761 lon. 11.137)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0- 5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	23.1000	28.2000	8.4800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	5.4500	10.2000	5.2900	0.1210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.3230	2.5700	3.6300	2.3900	1.5500	0.2410	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.1230	1.4100	1.9900	1.7900	0.3140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.2030	0.8470	0.8280	0.1650	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0181	0.2720	0.2390	0.0553	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0433	0.0921	0.0264	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0329	0.0104	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0125	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

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

La Magnitudo media riferibile all'area di intervento è pari a 4,86.

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.86	12.0	1.05

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 T_R 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:

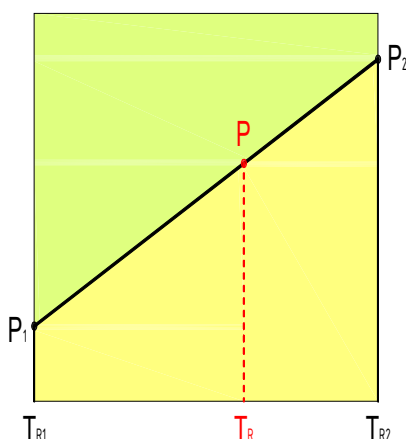
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag , Fo , TC^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre p_1 , p_2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno T_{R1} , T_{R2} .

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:

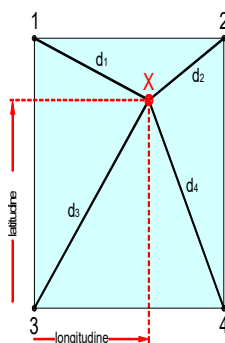
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

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



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

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



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

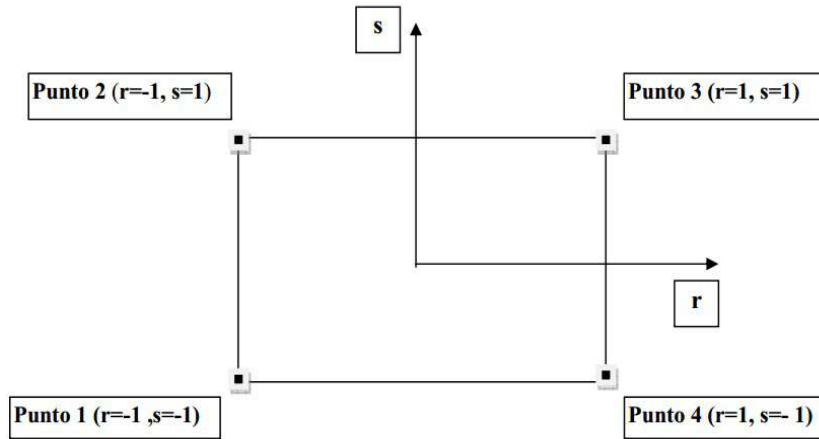
Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria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

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

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

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

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



Applicazione dell'interpolazione bilineare.

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

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

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

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

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

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

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

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

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri a_g , 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.

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

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

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

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

2.5 VERIFICHE DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DI SITO

Lastra a Signa capoluogo

PERICOLOSITA' 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 (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): 43,7700119 [°]
 Longitudine (WGS84): 11,1156397 [°]
 Latitudine (ED50): 43,7709694 [°]
 Longitudine (ED50): 11,1166258 [°]

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	20056	43,759850	11,067420	4140,27
2	20057	43,761250	11,136570	1932,04
3	19835	43,811240	11,134640	4705,63
4	19834	43,809830	11,065400	5964,89

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

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,571	0,249
SLD	50	0,053	2,598	0,261
	72	0,060	2,631	0,272
	101	0,067	2,614	0,279
	140	0,075	2,626	0,284
	201	0,087	2,551	0,291
SLV	475	0,125	2,388	0,295
SLC	975	0,159	2,386	0,298
	2475	0,211	2,405	0,311

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,568	0,251
SLD	50	0,054	2,599	0,263
	72	0,060	2,633	0,274
	101	0,068	2,613	0,280
	140	0,076	2,625	0,285
	201	0,088	2,546	0,291
SLV	475	0,126	2,386	0,297
SLC	975	0,160	2,385	0,305
	2475	0,212	2,408	0,312

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,549	0,251
SLD	50	0,056	2,586	0,265
	72	0,063	2,599	0,274
	101	0,071	2,590	0,280
	140	0,079	2,609	0,286
	201	0,093	2,500	0,293

SLV	475	0,131	2,394	0,299
SLC	975	0,166	2,383	0,309
	2475	0,219	2,416	0,317

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,552	0,250
SLD	50	0,055	2,587	0,263
	72	0,062	2,608	0,273
	101	0,070	2,595	0,279
	140	0,078	2,611	0,284
	201	0,092	2,510	0,291
SLV	475	0,130	2,392	0,297
SLC	975	0,164	2,382	0,307
	2475	0,217	2,412	0,315

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,563	0,250
SLD	50	0,054	2,595	0,263
SLV	475	0,127	2,389	0,297
SLC	975	0,162	2,384	0,305

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

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

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,013	0,037	0,047
kv	0,005	0,006	0,018	0,023
amax [m/s²]	0,529	0,637	1,500	1,904
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,031	0,058	--
kv	--	0,015	0,029	--
amax [m/s²]	0,529	0,637	1,500	1,904
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,031	0,058	--
kv	--	0,015	0,029	--
amax [m/s²]	0,529	0,637	1,500	1,904
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

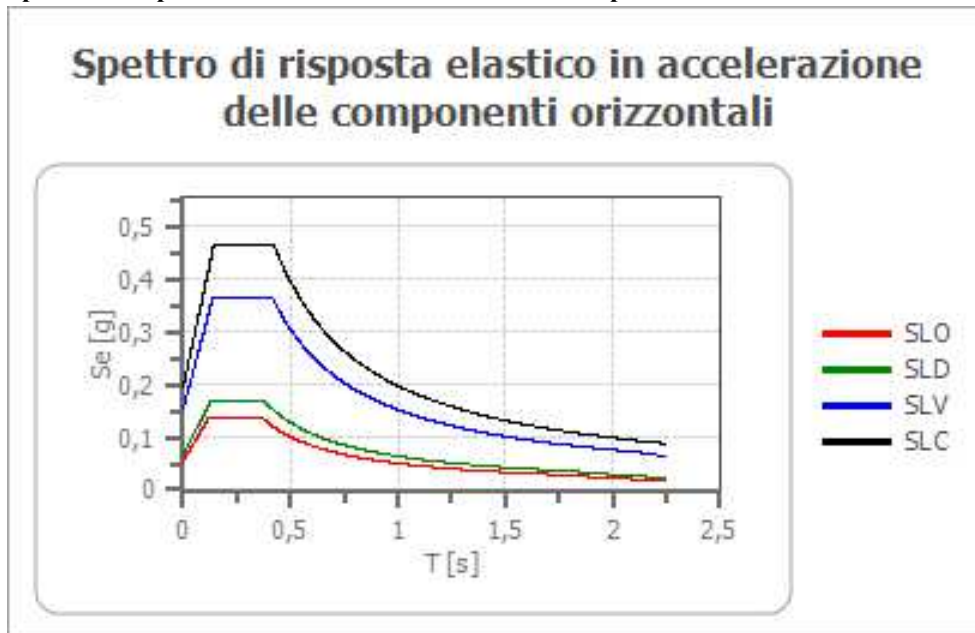
Altezza paratia (H): 3,0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,042	0,050	0,119	0,151
kv	--	--	--	--

amax [m/s ²]	0,529	0,637	1,500	1,904
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,045	2,563	0,250	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,121	0,363	1,780	0,054	0,138
SLD	1,0	0,054	2,595	0,263	1,200	1,440	1,000	1,200	1,000	0,126	0,378	1,817	0,065	0,169
SLV	1,0	0,127	2,389	0,297	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,139	0,416	2,110	0,153	0,365
SLC	1,0	0,162	2,384	0,305	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,142	0,426	2,247	0,194	0,463

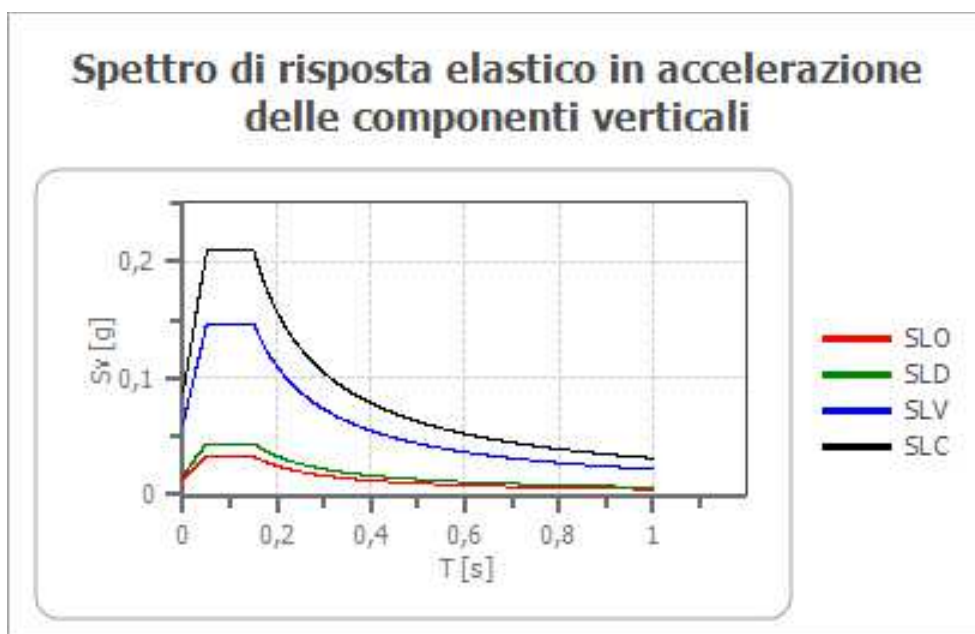
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

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

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
--	----	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	--------------	---------------

SLO	1,0	0,045	2,563	0,250	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLD	1,0	0,054	2,595	0,263	1	1,440	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,017	0,044
SLV	1,0	0,127	2,389	0,297	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,061	0,147
SLC	1,0	0,162	2,384	0,305	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,088	0,209

Ginestra Fiorentina

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):	43,7067986	[°]
Longitudine (WGS84):	11,0797300	[°]
Latitudine (ED50):	43,7077599	[°]
Longitudine (ED50):	11,0807161	[°]

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	20278	43,709860	11,069370	941,40
2	20279	43,711280	11,138440	4656,22
3	20501	43,661290	11,140440	7054,30
4	20500	43,659880	11,071400	5376,36

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

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,574	0,249
SLD	50	0,052	2,595	0,260
	72	0,059	2,623	0,271
	101	0,067	2,610	0,278
	140	0,074	2,621	0,282
	201	0,085	2,593	0,289
SLV	475	0,123	2,402	0,292
SLC	975	0,157	2,382	0,296
	2475	0,207	2,404	0,309

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,583	0,251
SLD	50	0,052	2,607	0,261
	72	0,059	2,636	0,273
	101	0,066	2,626	0,279

	140	0,074	2,635	0,284
	201	0,085	2,579	0,291
SLV	475	0,123	2,392	0,295
SLC	975	0,157	2,402	0,295
	2475	0,208	2,408	0,309

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,582	0,250
SLD	50	0,052	2,600	0,260
	72	0,058	2,627	0,272
	101	0,066	2,619	0,278
	140	0,073	2,628	0,282
	201	0,083	2,613	0,289
SLV	475	0,122	2,410	0,292
SLC	975	0,155	2,390	0,295
	2475	0,206	2,400	0,309

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,568	0,247
SLD	50	0,053	2,583	0,258
	72	0,059	2,613	0,270
	101	0,067	2,598	0,275
	140	0,075	2,603	0,279
	201	0,085	2,593	0,285
SLV	475	0,118	2,504	0,291
SLC	975	0,154	2,420	0,295
	2475	0,207	2,389	0,305

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,575	0,249
SLD	50	0,052	2,595	0,260
SLV	475	0,122	2,413	0,292
SLC	975	0,156	2,390	0,296

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: C

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

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,037	0,070	--
kv	--	0,018	0,035	--
amax [m/s ²]	0,637	0,771	1,801	2,271
Beta	--	0,470	0,380	--

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,016	0,044	0,056
kv	0,006	0,008	0,022	0,028
amax [m/s ²]	0,637	0,771	1,801	2,271

Beta	0,200	0,200	0,240	0,240
------	-------	-------	-------	-------

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,037	0,070	--
kv	--	0,018	0,035	--
amax [m/s ²]	0,637	0,771	1,801	2,271
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

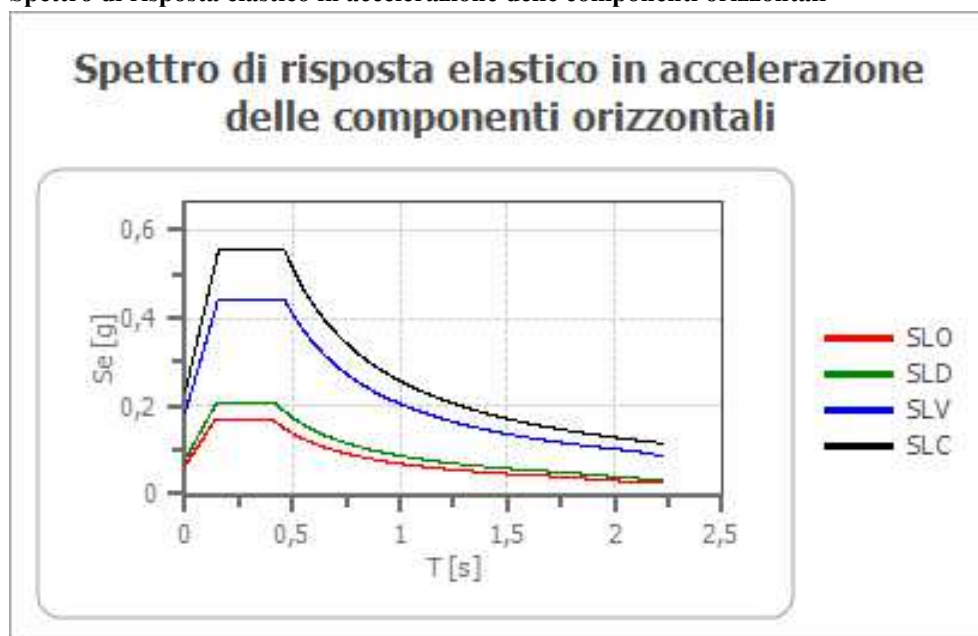
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,050	0,061	0,143	0,180
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,637	0,771	1,801	2,271
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,043	2,575	0,249	1,500	1,660	1,000	1,500	1,000	0,138	0,413	1,773	0,065	0,167
SLD	1,0	0,052	2,595	0,260	1,500	1,640	1,000	1,500	1,000	0,142	0,426	1,810	0,079	0,204
SLV	1,0	0,122	2,413	0,292	1,500	1,580	1,000	1,500	1,000	0,154	0,462	2,090	0,184	0,443
SLC	1,0	0,156	2,390	0,296	1,480	1,570	1,000	1,480	1,000	0,155	0,464	2,226	0,232	0,553

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

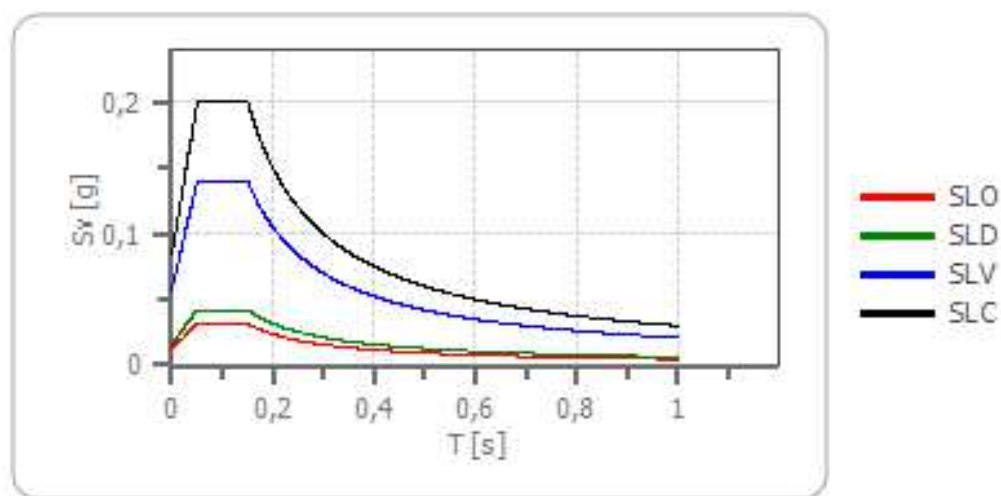
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

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

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,043	2,575	0,249	1	1,660	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,012	0,031
SLD	1,0	0,052	2,595	0,260	1	1,640	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,016	0,042
SLV	1,0	0,122	2,413	0,292	1	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,058	0,140
SLC	1,0	0,156	2,390	0,296	1	1,570	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,084	0,200

Malmantile

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):	43,7452278	[°]
Longitudine (WGS84):	11,0653725	[°]
Latitudine (ED50):	43,7461891	[°]
Longitudine (ED50):	11,0663595	[°]

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	20055	43,758400	10,998250	5636,57
2	20056	43,759850	11,067420	1521,59
3	20278	43,709860	11,069370	4046,67
4	20277	43,708420	11,000230	6772,88

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

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,567	0,247
SLD	50	0,053	2,592	0,259
	72	0,060	2,623	0,271
	101	0,067	2,607	0,277
	140	0,075	2,619	0,282
	201	0,086	2,558	0,289
SLV	475	0,125	2,392	0,294
SLC	975	0,159	2,378	0,298
	2475	0,210	2,404	0,310

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,571	0,249
SLD	50	0,053	2,598	0,261
	72	0,060	2,631	0,272
	101	0,067	2,614	0,279
	140	0,075	2,626	0,284
	201	0,087	2,551	0,291
SLV	475	0,125	2,388	0,295
SLC	975	0,159	2,386	0,298
	2475	0,211	2,405	0,311

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,574	0,249
SLD	50	0,052	2,595	0,260
	72	0,059	2,623	0,271
	101	0,067	2,610	0,278
	140	0,074	2,621	0,282
	201	0,085	2,593	0,289
SLV	475	0,123	2,402	0,292
SLC	975	0,157	2,382	0,296
	2475	0,207	2,404	0,309

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,566	0,247
SLD	50	0,053	2,584	0,258
	72	0,060	2,613	0,269
	101	0,068	2,594	0,275
	140	0,075	2,609	0,279
	201	0,086	2,599	0,285
SLV	475	0,121	2,467	0,290
SLC	975	0,156	2,405	0,295
	2475	0,209	2,391	0,306

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
--------------	--------------	-----------	-----------	------------

SLO	30	0,044	2,570	0,248
SLD	50	0,053	2,595	0,260
SLV	475	0,124	2,401	0,294
SLC	975	0,158	2,386	0,297

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

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

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,030	0,057	--
kv	--	0,015	0,028	--
amax [m/s ²]	0,516	0,624	1,462	1,864
Beta	--	0,470	0,380	--

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,013	0,036	0,046
kv	0,005	0,006	0,018	0,023
amax [m/s ²]	0,516	0,624	1,462	1,864
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,030	0,057	--
kv	--	0,015	0,028	--
amax [m/s ²]	0,516	0,624	1,462	1,864
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

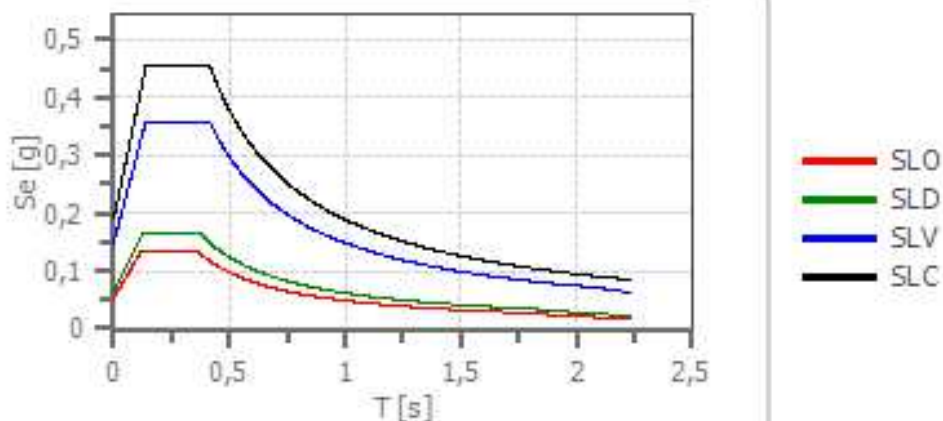
Altezza paratia (H): 3,0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,041	0,049	0,116	0,148
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,516	0,624	1,462	1,864
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,044	2,570	0,248	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,120	0,360	1,775	0,053	0,135
SLD	1,0	0,053	2,595	0,260	1,200	1,440	1,000	1,200	1,000	0,125	0,374	1,812	0,064	0,165
SLV	1,0	0,124	2,401	0,294	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,138	0,414	2,097	0,149	0,358
SLC	1,0	0,158	2,386	0,297	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,139	0,416	2,234	0,190	0,454

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

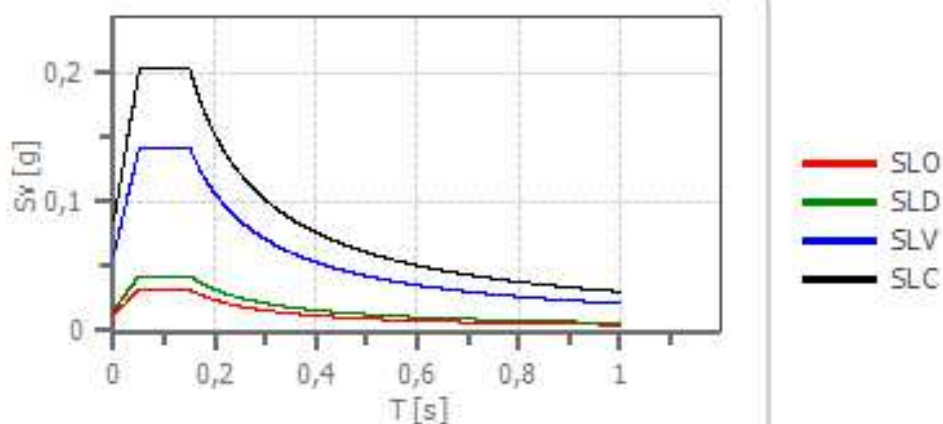
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

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

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,044	2,570	0,248	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,012	0,032

SLD	1,0	0,053	2,595	0,260	1	1,440	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,016	0,043
SLV	1,0	0,124	2,401	0,294	1	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,059	0,142
SLC	1,0	0,158	2,386	0,297	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,085	0,203

Quattro Strade

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):	43,7413216	[°]
Longitudine (WGS84):	11,0801563	[°]
Latitudine (ED50):	43,7422829	[°]
Longitudine (ED50):	11,0811424	[°]

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	20056	43,759850	11,067420	2243,05
2	20057	43,761250	11,136570	4926,35
3	20279	43,711280	11,138440	5751,59
4	20278	43,709860	11,069370	3727,13

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

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,571	0,249
SLD	50	0,053	2,598	0,261
	72	0,060	2,631	0,272
	101	0,067	2,614	0,279
	140	0,075	2,626	0,284
	201	0,087	2,551	0,291
SLV	475	0,125	2,388	0,295
SLC	975	0,159	2,386	0,298
	2475	0,211	2,405	0,311

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,568	0,251
SLD	50	0,054	2,599	0,263
	72	0,060	2,633	0,274
	101	0,068	2,613	0,280
	140	0,076	2,625	0,285

	201	0,088	2,546	0,291
SLV	475	0,126	2,386	0,297
SLC	975	0,160	2,385	0,305
	2475	0,212	2,408	0,312

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,583	0,251
SLD	50	0,052	2,607	0,261
	72	0,059	2,636	0,273
	101	0,066	2,626	0,279
	140	0,074	2,635	0,284
	201	0,085	2,579	0,291
SLV	475	0,123	2,392	0,295
SLC	975	0,157	2,402	0,295
	2475	0,208	2,408	0,309

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,574	0,249
SLD	50	0,052	2,595	0,260
	72	0,059	2,623	0,271
	101	0,067	2,610	0,278
	140	0,074	2,621	0,282
	201	0,085	2,593	0,289
SLV	475	0,123	2,402	0,292
SLC	975	0,157	2,382	0,296
	2475	0,207	2,404	0,309

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,573	0,249
SLD	50	0,053	2,599	0,261
SLV	475	0,125	2,392	0,295
SLC	975	0,159	2,387	0,299

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

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

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,030	0,057	--
kv	--	0,015	0,028	--
amax [m/s²]	0,517	0,623	1,467	1,866
Beta	--	0,470	0,380	--

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,013	0,036	0,046
kv	0,005	0,006	0,018	0,023
amax [m/s²]	0,517	0,623	1,467	1,866
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,030	0,057	--
kv	--	0,015	0,028	--
amax [m/s ²]	0,517	0,623	1,467	1,866
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

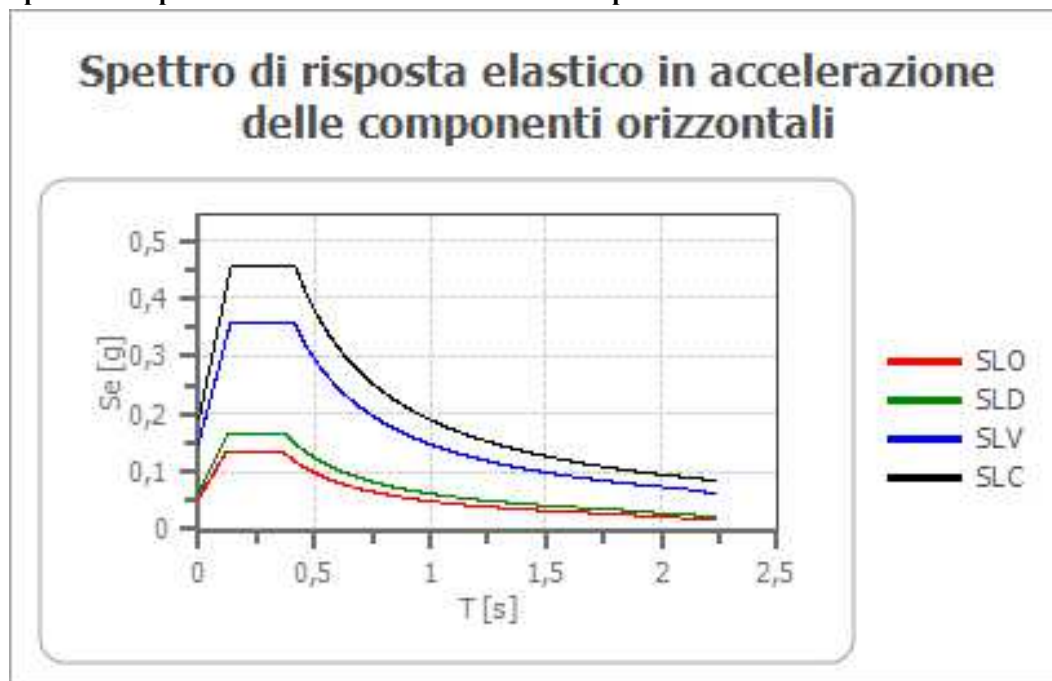
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,041	0,049	0,116	0,148
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,517	0,623	1,467	1,866
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,044	2,573	0,249	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,121	0,362	1,776	0,053	0,136
SLD	1,0	0,053	2,599	0,261	1,200	1,440	1,000	1,200	1,000	0,125	0,376	1,812	0,064	0,165
SLV	1,0	0,125	2,392	0,295	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,138	0,413	2,099	0,150	0,358
SLC	1,0	0,159	2,387	0,299	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,139	0,418	2,234	0,190	0,454

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

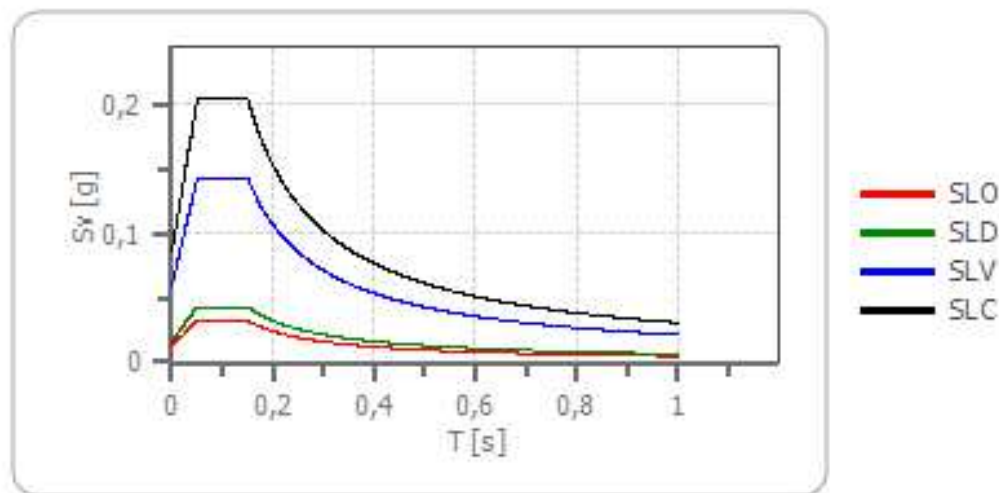
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

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

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,044	2,573	0,249	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,012	0,032
SLD	1,0	0,053	2,599	0,261	1	1,440	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,016	0,043
SLV	1,0	0,125	2,392	0,295	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,059	0,142
SLC	1,0	0,159	2,387	0,299	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,085	0,204

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 $U_c > 3,5$.



Metodi applicati:

Assumendo per la stima del rischio di liquefazione si assumono i metodi semplificati, ossia metodi un Metodo semplificati/quantitativi di tipo semi/empirico.

Metodo di Robertson e Wride (1997)

Il 'metodo di Robertson e Wride' è basato sui risultati di prove CPT (*Cone Penetration Test*) ed utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo IC che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$I_c = \left[(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5}$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100$$

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata

Pa è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}

f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume $n = 1$, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di IC con la (5.0a).

Se $IC > 2,6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma. Il terreno non si considera a rischio di liquefazione.

Se $IC \leq 2,6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata, il suolo è di natura granulare, Q verrà ricalcolato utilizzando la (5.0a) usando come esponente $n = 0,5$.

Se è ancora $IC \leq 2,6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece $IC > 2,6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso. Q deve essere nuovamente ricalcolato dalla (2.8b) ponendo $n=0,75$.

Calcolato IC , si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_c mediante la seguente espressione:

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

Dove l'esponente di sforzo n è lo stesso utilizzato nel calcolo di IC .

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene determinata dalla seguente procedura:

Robertson e Wride classico

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c q_{c1N}$$

$$K_c = -0,403 I_c^4 + 5,581 I_c^3 - 21,63 I_c^2 + 33,75 I_c - 17,88$$

Robertson e Wride modificato

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N}$$

$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N}$$

dove K_c dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$$K_c = 0 \quad \text{per } FC \leq 5$$

$$K_c = 0,0267(FC - 5) \quad \text{per } 5 < FC \leq 35$$

$$K_c = 0,8 \quad \text{per } FC > 35$$

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC(\%) = 1,75 (I_c)^{3,25} - 3,7$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 ($CRR_{7,5}$) si calcola con le espressioni seguenti:

se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0,833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0,05$$

se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08$$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 ($CSR_{7,5}$) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

Per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo MSF (*Magnitude Scaling Factor*) come raccomandato dal NCEER (vedi Tabella)

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF}$$

Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N. (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del NCEER (*National Center for Earthquake Engineering Research*):

per $z < 9,15$ m

$$r_d = 1,0 - 0,00765 z$$

per $9,15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1,174 - 0,00267 z$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione FS viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

mentre l'indice e il rischio di liquefazione vengono calcolati con il metodo di Iwasaki et alii (1978; 1984).

Metodo di Idriss e Boulanger

Nel metodo proposto da Idriss e Boulanger l'indice di comportamento I_c per il tipo di suolo è ricavato con le formule riportate di seguito:

$$I_c = \left[(3.47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1.22)^2 \right]^{0.5}$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} 100$$

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata.

P_a è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{v0} .

F_s è l'attrito del manicotto.

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Dove n si determina per via iterativa dalla seguente relazione:

$$n = 1.338 - 0.249 q_{c1N}^{0.264}$$

La correzione della resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene valutata mediante la seguente procedura:

Dove la frazione di fine $FC(\%)$ viene calcolata mediante l'espressione seguente:

$$FS(\%) = 2.8 \cdot (I_c)^{2.60}$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 ($CRR_{7,5}$) si calcola da:

$$CRR = \exp \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{540} + \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{67} \right)^2 - \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{80} \right)^3 + \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{114} \right)^4 - 3 \right]$$

Per $z_w > z$, con z_w profondità della falda, e per $(q_{c1N})_{cs} \leq 160$ il terreno è non liquefacibile (NL).

Il rapporto di sforzo ciclico CSR si calcola con la formula riportata nell' *Introduzione ai metodi semplificati* di questa Guida. Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d si utilizzano le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} r_d &= \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M] \\ \alpha &= -1,1012 - 1,126 \cdot \tan \left[\frac{z}{11,73} + 5,133 \right] \\ \beta &= 0,106 + 0,118 \cdot \tan \left[\frac{z}{11,28} + 5,142 \right] \\ MSF &= 6,9 \cdot \exp \left(-\frac{M}{4} \right) - 0,058 \leq 1,8 \end{aligned}$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione è definito nel modo seguente:

$$FS = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

Per determinare il fattore di scala della magnitudo MSF, la formula di Idriss & Boulanger utilizza l'espressione:

$$MSF = 6,9 \cdot \exp \left(-\frac{M}{4} \right) - 0,058 \leq 1,8$$

Il fattore di correzione della pressione di confinamento K_σ è dato da:

$$\begin{aligned} K_\sigma &= 1 - C_\sigma \cdot \ln \left(\frac{\sigma'_{v0}}{P_a} \right) \leq 1 \\ C_\sigma &= \frac{1}{37,3 - 8,27 \cdot (q_{c1N})^{0,264}} \leq 0,3 \end{aligned}$$

Lastra a Signa capoluogo

Prova di riferimento: P41

Fattore sicurezza normativa 1,25

FALDA

Profondità falda idrica 1,6 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,15

Fattore amplificazione 2,389

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5,5

Peak ground acceleration (PGA) 0,18

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizio e	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unia volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	L. a-s	0,8	6	19	21	0	0	2193,75	151,022
2	A	6	8	19,5	21,5	0	0	1363,13	147,09
3	SABBIE	8	8,6	0	0	0	0	34617	589

Correzione per la magnitudo (MSF) 2,21

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza a la punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza a la punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza a la liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1,80	34,600	32,639	66,153	6,995	2,643	1,7	134,202	0,986	0,305	0,055	5,510	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2,00	38,800	34,877	61,787	7,008	2,662	1,7	139,029	0,985	0,330	0,058	5,692	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2,20	43,000	37,116	57,947	7,022	2,680	1,7	143,766	0,983	0,356	0,060	5,913	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2,40	47,200	39,355	54,544	7,036	2,698	1,7	148,421	0,982	0,384	0,062	6,166	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2,60	51,400	41,593	51,507	7,049	2,714	1,7	152,997	0,980	0,413	0,064	6,446	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2,80	55,600	43,832	48,781	7,063	2,730	1,7	157,500	0,979	0,443	0,066	6,751	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

3,00	59,800	46,071	46,319	7,077	2,746	1,7	161,933	0,977	0,475	0,067	7,078	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,20	64,000	48,309	44,086	7,091	2,761	1,7	166,302	0,976	0,508	0,068	7,426	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,40	68,200	50,548	42,050	7,105	2,775	1,7	170,608	0,974	0,542	0,070	7,793	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,60	72,400	52,787	40,187	7,119	2,789	1,7	174,857	0,972	0,577	0,071	8,179	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,80	76,600	55,025	38,476	7,133	2,802	1,7	179,049	0,971	0,614	0,072	8,584	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,00	80,800	57,264	36,898	7,147	2,815	1,7	183,189	0,969	0,652	0,072	9,006	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,20	85,000	59,503	35,440	7,162	2,827	1,680596	185,141	0,968	0,670	0,073	9,162	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,40	89,200	61,741	34,087	7,176	2,840	1,619659	182,279	0,966	0,643	0,074	8,708	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,60	93,400	63,980	32,828	7,190	2,851	1,562987	179,575	0,965	0,619	0,075	8,301	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,80	97,600	66,219	31,655	7,205	2,863	1,510147	177,015	0,963	0,596	0,075	7,932	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,00	101,800	68,457	30,558	7,219	2,874	1,460763	174,587	0,962	0,575	0,076	7,598	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,20	106,000	70,696	29,531	7,234	2,885	1,414506	172,280	0,960	0,556	0,076	7,293	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,40	110,300	73,035	28,527	7,249	2,896	1,369212	169,980	0,959	0,537	0,077	7,007	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,60	114,600	75,373	27,585	7,264	2,907	1,326728	167,791	0,957	0,519	0,077	6,745	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,80	118,900	77,712	26,699	7,279	2,917	1,286801	165,705	0,956	0,503	0,077	6,504	Terreno non suscettibile di	0	Molto basso

												liquefazio ne		
6,00	123,200	80,051	25,865	7,294	2,928	1,249208	163,713	0,954	0,488	0,078	6,282	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
6,20	127,500	82,389	14,997	11,904	3,245	1,213748	163,749	0,953	0,488	0,078	6,261	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
6,40	131,800	84,728	14,533	11,946	3,256	1,180246	161,766	0,951	0,474	0,078	6,052	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
6,60	136,100	87,067	14,093	11,987	3,267	1,148544	159,869	0,950	0,460	0,079	5,858	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
6,80	140,400	89,405	13,676	12,030	3,277	1,118501	158,050	0,948	0,447	0,079	5,677	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
7,00	144,700	91,744	13,281	12,072	3,287	1,089988	156,305	0,946	0,435	0,079	5,510	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
7,20	149,000	94,083	12,905	12,115	3,297	1,062894	154,630	0,945	0,424	0,079	5,353	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
7,40	149,000	92,121	13,180	12,115	3,291	1,085524	156,441	0,943	0,436	0,081	5,402	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
7,60	149,000	90,160	13,466	12,115	3,284	1,109138	158,311	0,942	0,449	0,082	5,452	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
7,80	149,000	88,199	13,766	12,115	3,277	1,133803	160,244	0,940	0,463	0,084	5,505	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
8,00	0,000	0,000	13,766	12,115	3,277	1,133803	160,244	0,940	0,463	0,084	5,505	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
8,20	0,000	0,000	13,766	12,115	3,277	1,133803	160,244	0,940	0,463	0,084	5,505	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
8,40	0,000	0,000	13,766	12,115	3,277	1,133803	160,244	0,940	0,463	0,084	5,505	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso
8,60	0,000	0,000	13,766	12,115	3,277	1,133803	160,244	0,940	0,463	0,084	5,505	Terreno non suscettibil e di liquefazio ne	0	Molto basso

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

Prova di riferimento: P35

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 1.8 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.389

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.5

Peak ground acceleration (PGA) 0.18

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unìà volume (KN/mc)	Peso unìà volume saturò (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	L. a-s	1	2	19	21	0	0	2468.34	106.89	0
2	A	2	5.8	19.5	21.5	0	0	1363.13	147.09	0
3		5.8	8	0	0	0	0	1887	128.47	0
4		8	9	0	0	0	0	11767	387.26	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 2.21

Profon dità dal p.c. (m)	Pressio ne litostati ca totale (KPa)	Pression e verticale effettiva (KPa)	Resis tenza alla punta norm alizza ta Q	Attrito laterale normal izzato F(%)	Indice di compo rtamen to Ic	Correzio ne per la pressione litostatic a efficace CQ	Resiste nza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coef ficie nte ridut tivo (rd)	Resiste nza alla liquefa zione (CRR)	Sforzo di taglio normaliz zato (CSR)	Coeffi ciente di sicurez za Fs	Suscetti bilità di liquefaz ione	Indice di liquefa zione	Rischio
2.00	38.900	36.939	52.09 5	4.400	2.559	1.7	129.33 6	0.98 5	0.281	0.055	5.126	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.20	43.200	39.277	33.60 5	11.144	2.986	1.7	152.73 3	0.98 3	0.411	0.057	7.190	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.40	47.500	41.616	31.61 4	11.180	3.005	1.7	157.45 5	0.98 2	0.443	0.059	7.474	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.60	51.800	43.955	29.83 4	11.217	3.022	1.7	162.07 8	0.98 0	0.476	0.061	7.789	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.80	56.100	46.293	28.23 4	11.254	3.039	1.7	166.60 9	0.97 9	0.510	0.063	8.130	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.00	60.400	48.632	26.78 8	11.291	3.055	1.7	171.05 6	0.97 7	0.545	0.064	8.496	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.20	64.700	50.971	25.47 4	11.328	3.071	1.7	175.42 4	0.97 6	0.582	0.066	8.884	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.40	69.000	53.309	24.27 6	11.366	3.086	1.7	179.71 8	0.97 4	0.620	0.067	9.293	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.60	73.300	55.648	23.17 8	11.404	3.101	1.7	183.94 3	0.97 2	0.659	0.068	9.721	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.80	77.600	57.987	22.16 9	11.442	3.115	1.7	188.10 5	0.97 1	0.699	0.069	10.168	Non suscetti bile	0	Molto basso

4.00	81.900	60.325	21.23 9	11.480	3.129	1.657677	187.42 1	0.96 9	0.692	0.070	9.942	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.20	86.200	62.664	20.37 7	11.519	3.142	1.595812	184.22 3	0.96 8	0.661	0.070	9.390	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.40	90.500	65.003	19.57 8	11.558	3.155	1.538397	181.20 6	0.96 6	0.633	0.071	8.898	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.60	94.800	67.341	18.83 4	11.597	3.168	1.484971	178.35 5	0.96 5	0.608	0.072	8.456	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.80	99.100	69.680	18.14 0	11.637	3.180	1.435131	175.65 6	0.96 3	0.584	0.072	8.058	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.00	99.100	67.719	18.66 6	11.637	3.172	1.476696	178.38 6	0.96 2	0.608	0.074	8.164	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.20	99.100	65.757	19.22 3	11.637	3.163	1.520741	181.23 9	0.96 0	0.634	0.077	8.276	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.40	99.100	63.796	19.81 4	11.637	3.154	1.567495	184.22 2	0.95 9	0.661	0.079	8.395	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.60	99.100	61.835	20.44 2	11.637	3.145	1.617214	187.34 7	0.95 7	0.692	0.081	8.521	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.80	99.100	59.873	21.11 2	11.637	3.135	1.670191	190.62 6	0.95 6	0.724	0.084	8.654	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.00	99.100	57.912	30.87 3	7.186	2.869	1.7	173.39 9	0.95 4	0.565	0.086	6.539	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.20	99.100	55.951	31.95 5	7.186	2.859	1.7	170.31 7	0.95 3	0.539	0.089	6.043	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.40	99.100	53.989	33.11 6	7.186	2.849	1.7	167.18 4	0.95 1	0.515	0.092	5.571	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.60	99.100	52.028	34.36 4	7.186	2.838	1.7	163.99 8	0.95 0	0.490	0.096	5.123	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.80	99.100	50.067	35.71 0	7.186	2.826	1.7	160.75 6	0.94 8	0.466	0.099	4.698	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.00	99.100	48.105	37.16 6	7.186	2.814	1.7	157.45 7	0.94 6	0.443	0.103	4.295	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.20	99.100	46.144	38.74 6	7.186	2.802	1.7	154.09 6	0.94 5	0.420	0.107	3.915	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.40	99.100	44.183	40.46 6	7.186	2.790	1.7	150.67 2	0.94 3	0.398	0.112	3.556	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.60	99.100	42.221	42.34 6	7.186	2.777	1.7	147.18 1	0.94 2	0.377	0.117	3.219	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.80	99.100	40.260	44.40 9	7.186	2.763	1.7	143.62 0	0.94 0	0.356	0.122	2.903	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.00	99.100	38.299	46.68 3	7.186	2.749	1.7	139.98 3	0.93 9	0.335	0.129	2.607	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.20	0.000	0.000	46.68 3	7.186	2.749	1.7	139.98 3	0.93 9	0.335	0.129	2.607	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.40	0.000	0.000	46.68 3	7.186	2.749	1.7	139.98 3	0.93 9	0.335	0.129	2.607	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.60	0.000	0.000	46.68 3	7.186	2.749	1.7	139.98 3	0.93 9	0.335	0.129	2.607	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.80	0.000	0.000	46.68 3	7.186	2.749	1.7	139.98 3	0.93 9	0.335	0.129	2.607	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.00	0.000	0.000	46.68 3	7.186	2.749	1.7	139.98 3	0.93 9	0.335	0.129	2.607	Non suscetti bile	0	Molto basso

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

Prova di riferimento: P201

Fattore sicurezza normativa

1.25

FALDA

Profondità falda idrica

1.8 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock

0.15

Fattore amplificazione

2.389

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)

1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST)

1

Magnitudo momento sismico (Mw)

5.5

Peak ground acceleration (PGA)

0.18

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unà volume (KN/mc)	Peso unità volume saturò (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	L. a-s	0.4	3.4	19	21	0	0	1176.8	62.08	0
2	A	3.4	6	19.5	21.5	0	0	807.09	52.96	0
3		6	9.2	0	0	0	0	1887	128.47	0
4		9.2	9.6	21	23	0	0	26478	1373	0

Correzione per la magnitudo (MSF)

2.21

Profon dità dal p.c. (m)	Pressio ne litostati ca totale (KPa)	Pressio ne vertical e effettiv a (KPa)	Resiste nza alla punta normal izzata Q	Attrito laterale normal izzato F(%)	Indice di compo rtamen to Ic	Correzi one per la pressio ne litostati ca efficac e CQ	Resiste nza alla punta corrett a qcl (KPa)	Coeffic iente riduttiv o (rd)	Resiste nza alla liquefa zione (CRR)	Sforzo di taglio normal izzato (CSR)	Coeffic iente di sicurez za Fs	Suscett ibilità di liquefa zione	Indice di liquefa zione	Rischio
2.00	38.400	36.439	31.242	5.453	2.780	1.7	92.414	0.985	0.153	0.055	2.794	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.20	42.600	38.677	29.325	5.473	2.801	1.7	95.891	0.983	0.162	0.057	2.828	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.40	46.800	40.916	27.618	5.494	2.821	1.7	99.313	0.982	0.171	0.059	2.880	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.60	51.000	43.155	26.088	5.514	2.840	1.7	102.68 5	0.980	0.181	0.061	2.949	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.80	55.200	45.393	24.708	5.535	2.858	1.7	106.01 0	0.979	0.191	0.063	3.031	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.00	59.400	47.632	23.459	5.556	2.876	1.7	109.29 2	0.977	0.201	0.064	3.124	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.20	63.700	49.971	22.275	5.577	2.893	1.7	112.66 7	0.976	0.213	0.066	3.238	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.40	68.000	52.309	21.197	5.599	2.910	1.7	115.99 9	0.974	0.225	0.067	3.361	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.60	72.300	54.648	13.446	7.208	3.130	1.7	114.06 6	0.972	0.218	0.068	3.203	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.80	76.600	56.987	12.819	7.250	3.148	1.7	117.15 7	0.971	0.230	0.069	3.324	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.00	80.900	59.325	12.241	7.293	3.164	1.6856 19	119.19 9	0.969	0.238	0.070	3.396	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.20	85.200	61.664	11.707	7.336	3.181	1.6216 91	117.56 9	0.968	0.231	0.071	3.267	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.40	89.500	64.003	11.212	7.380	3.197	1.5624	116.03	0.966	0.225	0.071	3.151	Non	0	Molto

						34	4					suscetti bile		basso
4.60	93.800	66.341	10.752	7.425	3.212	1.5073 55	114.58 4	0.965	0.220	0.072	3.047	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.80	98.100	68.680	10.323	7.470	3.227	1.4560 27	113.21 3	0.963	0.215	0.073	2.953	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.00	102.40 0	71.019	9.923	7.515	3.242	1.4080 79	111.91 5	0.962	0.210	0.073	2.867	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.20	106.70 0	73.357	9.548	7.562	3.256	1.3631 89	110.68 4	0.960	0.206	0.074	2.789	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.40	111.00 0	75.696	9.196	7.608	3.271	1.3210 73	109.51 5	0.959	0.202	0.074	2.718	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.60	115.30 0	78.035	8.865	7.656	3.285	1.2814 81	108.40 4	0.957	0.198	0.075	2.653	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.80	115.30 0	76.073	9.094	7.656	3.276	1.3145 2	109.83 9	0.956	0.203	0.077	2.652	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.00	115.30 0	74.112	9.334	7.656	3.267	1.3493 08	111.32 8	0.954	0.208	0.079	2.653	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.20	115.30 0	72.151	24.556	7.251	2.942	1.3859 87	160.02 2	0.953	0.461	0.081	5.725	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.40	115.30 0	70.189	25.242	7.251	2.933	1.4247 16	162.15 6	0.951	0.477	0.083	5.765	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.60	115.30 0	68.228	25.967	7.251	2.925	1.4656 72	164.38 0	0.950	0.493	0.085	5.808	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.80	115.30 0	66.267	26.736	7.251	2.916	1.5090 52	166.69 9	0.948	0.511	0.087	5.853	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.00	115.30 0	64.305	27.551	7.251	2.907	1.5550 79	169.12 2	0.946	0.530	0.090	5.902	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.20	115.30 0	62.344	28.418	7.251	2.897	1.6040 01	171.65 7	0.945	0.550	0.092	5.953	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.40	115.30 0	60.383	29.341	7.251	2.888	1.6561 02	174.31 2	0.943	0.573	0.095	6.008	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.60	115.30 0	58.421	30.326	7.251	2.878	1.7	175.88 8	0.942	0.586	0.098	5.959	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.80	115.30 0	56.460	31.380	7.251	2.867	1.7	172.79 4	0.940	0.560	0.102	5.510	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.00	115.30 0	54.499	32.509	7.251	2.857	1.7	169.65 0	0.939	0.534	0.105	5.083	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.20	115.30 0	52.537	33.723	7.251	2.846	1.7	166.45 2	0.937	0.509	0.109	4.676	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.40	115.30 0	50.576	35.030	7.251	2.835	1.7	163.19 9	0.936	0.484	0.113	4.290	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.60	115.30 0	48.615	36.444	7.251	2.823	1.7	159.88 8	0.934	0.460	0.117	3.925	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.80	115.30 0	46.653	37.976	7.251	2.811	1.7	156.51 7	0.933	0.437	0.122	3.580	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.00	119.90 0	49.292	35.850	7.270	2.829	1.7	161.49 2	0.931	0.472	0.120	3.936	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.20	124.50 0	51.931	33.939	7.289	2.846	1.7	166.38 1	0.928	0.508	0.118	4.317	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.40	0.000	0.000	33.939	7.289	2.846	1.7	166.38 1	0.928	0.508	0.118	4.317	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.60	0.000	0.000	33.939	7.289	2.846	1.7	166.38 1	0.928	0.508	0.118	4.317	Non suscetti bile	0	Molto basso

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

Prova di riferimento: P32

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 1.8 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.389

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.5

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.18

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unià volume (KN/mc)	Peso unià volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	L. a-s	0.4	1	19	21	0	0	294.2	55.4	0
2	A	1	2.4	19.5	21.5	0	0	1863.26	69.63	0
3	L	2.4	4	0	0	0	0	1323.9	848.28	0
4	A	4	7	21	23	0	0	1138.55	857.1	0
5	S	7	9.8	19	21	0	0	2127.06	206.92	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 2.21

Profon dità dal p.c. (m)	Pressio ne litostati ca totale (KPa)	Pressio ne vertical e effettiv a (KPa)	Resiste nza alla punta normal izzata Q	Attrito laterale normal izzato F(%)	Indice di compo rtamen to Ic	Correzi one per la pressio ne litostati ca efficac e CQ	Resiste nza alla punta corrett a qcl (KPa)	Coeffic iente riduttiv o (rd)	Resiste nza alla liquefa zione (CRR)	Sforzo di taglio normal izzato (CSR)	Coeffic iente di sicurez za Fs	Suscett ibilità di liquefa zione	Indice di liquefa zione	Rischio
2.00	39.100	37.139	39.166	3.817	2.602	1.7	105.73 9	0.985	0.190	0.055	3.463	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.20	39.100	35.177	40.792	3.817	2.589	1.7	103.29 1	0.983	0.182	0.058	3.156	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.40	39.100	33.216	42.586	3.817	2.576	1.7	100.77 7	0.982	0.175	0.061	2.865	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.60	39.100	31.255	41.107	66.024	3.562	1.7	343.08 8	0.980	3.836	0.065	59.129	Non suscetti bile	0	Molto basso
2.80	39.100	29.293	43.860	66.024	3.547	1.7	336.80 9	0.979	3.633	0.069	52.576	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.00	39.100	27.332	47.007	66.024	3.532	1.7	330.25 0	0.977	3.430	0.074	46.379	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.20	39.100	25.371	50.641	66.024	3.515	1.7	323.37 8	0.976	3.225	0.080	40.544	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.40	39.100	23.409	54.884	66.024	3.498	1.7	316.15 6	0.974	3.019	0.086	35.075	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.60	39.100	21.448	59.903	66.024	3.479	1.7	308.53 6	0.972	2.811	0.094	29.975	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.80	43.700	24.087	53.150	66.262	3.506	1.7	319.57 3	0.971	3.115	0.093	33.426	Non suscetti	0	Molto basso

												bile		
4.00	48.300	26.725	47.730	66.500	3.531	1.7	329.96 3	0.969	3.421	0.093	36.907	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.20	52.900	29.364	36.972	78.948	3.652	1.7	329.80 4	0.968	3.416	0.092	37.032	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.40	57.500	32.003	33.780	79.284	3.674	1.7	338.68 1	0.966	3.693	0.092	40.201	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.60	62.100	34.641	31.074	79.623	3.695	1.7	347.16 5	0.965	3.971	0.092	43.399	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.80	66.700	37.280	28.751	79.965	3.715	1.7	355.30 6	0.963	4.251	0.091	46.625	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.00	71.300	39.919	26.736	80.309	3.733	1.7	363.14 2	0.962	4.534	0.091	49.883	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.20	75.900	42.557	24.970	80.657	3.751	1.7	370.70 7	0.960	4.818	0.091	53.174	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.40	80.500	45.196	23.410	81.008	3.768	1.7	378.02 9	0.959	5.104	0.090	56.498	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.60	85.100	47.835	22.023	81.361	3.785	1.7	385.13 0	0.957	5.393	0.090	59.856	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.80	89.700	50.473	20.780	81.718	3.801	1.7	392.03 2	0.956	5.683	0.090	63.251	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.00	94.300	53.112	19.661	82.078	3.816	1.7	398.75 3	0.954	5.976	0.090	66.684	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.20	98.900	55.751	18.648	82.441	3.830	1.7	405.30 7	0.953	6.272	0.089	70.154	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.40	103.50 0	58.389	17.727	82.808	3.845	1.7	411.70 8	0.951	6.570	0.089	73.663	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.60	108.10 0	61.028	16.885	83.177	3.859	1.6385 9	402.87 0	0.950	6.161	0.089	69.238	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.80	112.30 0	63.267	16.221	83.518	3.870	1.5806 09	393.53 3	0.948	5.748	0.089	64.565	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.00	116.50 0	65.505	15.603	83.861	3.881	1.5265 91	384.75 7	0.946	5.377	0.089	60.380	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.20	120.70 0	67.744	29.617	10.313	2.997	1.4761 44	210.69 8	0.945	0.950	0.089	10.664	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.40	124.90 0	69.983	28.609	10.335	3.008	1.4289 23	207.59 6	0.943	0.912	0.089	10.238	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.60	129.10 0	72.221	27.664	10.357	3.018	1.3846 3	204.64 5	0.942	0.877	0.089	9.846	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.80	133.30 0	74.460	26.776	10.378	3.028	1.3430 01	201.83 4	0.940	0.845	0.089	9.484	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.00	137.50 0	76.699	25.940	10.400	3.038	1.3038 02	199.15 3	0.939	0.815	0.089	9.148	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.20	141.70 0	78.937	25.151	10.422	3.048	1.2668 26	196.59 1	0.937	0.787	0.089	8.837	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.40	145.90 0	81.176	24.406	10.444	3.058	1.2318 89	194.14 1	0.936	0.761	0.089	8.547	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.60	150.10 0	83.415	23.700	10.467	3.067	1.1988 28	191.79 4	0.934	0.736	0.089	8.277	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.80	154.30 0	85.653	23.032	10.489	3.076	1.1674 95	189.54 3	0.933	0.713	0.089	8.024	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.00	158.50 0	87.892	22.397	10.511	3.085	1.1377 58	187.38 3	0.931	0.692	0.089	7.788	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.20	162.70 0	90.131	21.795	10.534	3.094	1.1094 99	185.30 6	0.928	0.672	0.089	7.577	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.40	166.90 0	92.369	21.221	10.556	3.103	1.0826 09	183.30 9	0.923	0.653	0.088	7.399	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.60	0.000	0.000	21.221	10.556	3.103	1.0826	183.30	0.923	0.653	0.088	7.399	Non	0	Molto

						09	9					suscettibile		basso
9.80	0.000	0.000	21.221	10.556	3.103	1.082609	183.309	0.923	0.653	0.088	7.399	Non suscettibile	0	Molto basso

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

Ginestra Fiorentina

Prova di riferimento: P189

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 1.8 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.413

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.48283

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.68

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.2224245

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	S.la	0.2	2.4	19	21	0	0	2116.27	33.34	0
2	A	2.4	6	19.5	21.5	0	0	4412.99	209.86	0
3	L	6	9	19	21	0	0	4884.69	848.28	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.61

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di compressione Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
2.00	38.400	36.439	35.058	1.605	2.395	1.656604	80.416	0.985	0.128	0.093	1.377	Non suscettibile	0	Molto basso
2.20	42.600	38.677	34.029	1.608	2.406	1.607947	79.576	0.983	0.127	0.097	1.304	Non suscettibile	0	Molto basso
2.40	46.900	41.016	33.044	1.611	2.417	1.561433	78.772	0.982	0.125	0.101	1.245	Non suscettibile	0.00	Molto basso
2.60	51.200	43.355	67.022	4.811	2.514	1.518735	190.388	0.980	0.722	0.104	6.944	Non suscettibile	0	Molto basso
2.80	55.500	45.693	65.284	4.816	2.522	1.479359	188.120	0.979	0.699	0.107	6.550	Non suscettibile	0	Molto basso
3.00	59.800	48.032	63.675	4.821	2.529	1.442894	186.007	0.977	0.679	0.109	6.211	Non suscettibile	0	Molto basso
3.20	64.100	50.371	62.179	4.826	2.536	1.409	184.032	0.976	0.660	0.111	5.917	Non suscettibile	0	Molto basso

												bile		
3.40	68.400	52.709	60.784	4.830	2.543	1.3773 88	182.18 0	0.974	0.642	0.114	5.659	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.60	72.700	55.048	59.479	4.835	2.550	1.3478 11	180.43 8	0.972	0.626	0.115	5.430	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.80	77.000	57.387	58.254	4.840	2.556	1.3200 62	178.79 5	0.971	0.612	0.117	5.227	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.00	81.300	59.725	57.102	4.845	2.562	1.2939 59	177.24 1	0.969	0.598	0.119	5.045	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.20	85.600	62.064	56.016	4.850	2.568	1.2693 46	175.77 0	0.968	0.585	0.120	4.880	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.40	89.900	64.403	54.990	4.854	2.574	1.2460 86	174.37 2	0.966	0.573	0.121	4.731	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.60	94.200	66.741	54.018	4.859	2.579	1.2240 59	173.04 3	0.965	0.562	0.122	4.594	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.80	98.500	69.080	53.095	4.864	2.585	1.2031 61	171.77 7	0.963	0.551	0.123	4.470	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.00	102.80 0	71.419	52.219	4.869	2.590	1.1832 98	170.56 7	0.962	0.541	0.124	4.355	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.20	107.10 0	73.757	51.384	4.874	2.595	1.1643 87	169.41 2	0.960	0.532	0.125	4.250	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.40	111.40 0	76.096	54.164	4.879	2.580	1.2273 78	173.66 9	0.959	0.567	0.126	4.500	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.60	115.70 0	78.435	52.948	4.884	2.587	1.1998 27	171.96 2	0.957	0.553	0.127	4.360	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.80	120.00 0	80.773	51.794	4.888	2.594	1.1736 77	170.33 0	0.956	0.540	0.128	4.232	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.00	124.20 0	83.012	50.743	4.893	2.600	1.1498 58	168.83 5	0.954	0.528	0.128	4.115	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.20	128.40 0	85.251	55.792	17.835	3.013	1.1730 1	394.69 2	0.953	5.798	0.129	45.000	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.40	132.60 0	87.489	54.316	17.851	3.020	1.1429 96	389.02 4	0.951	5.555	0.129	42.915	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.60	136.80 0	89.728	52.914	17.866	3.027	1.1144 78	383.59 1	0.950	5.329	0.130	40.990	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.80	141.00 0	91.967	51.580	17.882	3.033	1.0873 5	378.37 7	0.948	5.118	0.131	39.210	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.00	145.20 0	94.205	50.310	17.898	3.040	1.0615 1	373.36 8	0.946	4.921	0.131	37.559	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.20	149.40 0	96.444	49.099	17.914	3.047	1.0368 7	368.55 2	0.945	4.736	0.131	36.024	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.40	153.60 0	98.683	47.942	17.930	3.053	1.0133 48	363.91 6	0.943	4.562	0.132	34.595	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.60	157.80 0	100.92 1	46.837	17.946	3.059	0.9908 699	359.45 1	0.942	4.399	0.132	33.262	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.80	162.00 0	103.16 0	45.780	17.962	3.065	0.9693 671	355.14 4	0.940	4.246	0.133	32.015	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.00	166.20 0	105.39 9	44.768	17.978	3.071	0.9487 777	350.98 9	0.939	4.101	0.133	30.848	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.20	170.40 0	107.63 7	43.798	17.994	3.077	0.9290 448	346.97 6	0.937	3.965	0.133	29.754	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.40	174.60 0	109.87 6	42.867	18.010	3.083	0.9101 16	343.09 7	0.936	3.836	0.134	28.726	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.60	178.80 0	112.11 5	41.974	18.026	3.089	0.8919 431	339.34 6	0.934	3.714	0.134	27.759	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.80	183.00 0	114.35 3	41.115	18.042	3.095	0.8744 817	335.71 5	0.933	3.599	0.134	26.848	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.00	0.000	0.000	41.115	18.042	3.095	0.8744	335.71	0.933	3.599	0.134	26.848	Non	0	Molto basso

						817	5					suscettibile		
--	--	--	--	--	--	-----	---	--	--	--	--	--------------	--	--

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

Prova di riferimento: P202

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 1.8 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.413

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.48283

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.68

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.2224245

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	S.la	0.6	2.4	19	21	0	0	4401.22	7539.35	0
2	A	2.4	9.8	19.5	21.5	0	0	4412.99	209.86	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.61

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace e CQ	Resistenza alla punta corretta a qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
2.00	38.500	36.539	119.400	172.813	3.728	1.7	1394.561	0.985	252.309	0.093	2707.724	Non suscettibile	0	Molto basso
2.20	42.800	38.877	112.107	172.984	3.738	1.7	1411.969	0.983	261.873	0.097	2694.007	Non suscettibile	0	Molto basso
2.40	47.100	41.216	105.642	173.154	3.749	1.7	1428.782	0.982	271.337	0.101	2693.300	Non suscettibile	0	Molto basso
2.60	51.400	43.555	66.868	4.812	2.515	1.515244	190.183	0.980	0.720	0.104	6.929	Non suscettibile	0	Molto basso
2.80	55.700	45.893	65.142	4.816	2.523	1.476132	187.929	0.979	0.697	0.107	6.537	Non suscettibile	0	Molto basso
3.00	60.000	48.232	63.543	4.821	2.530	1.4399	185.829	0.977	0.677	0.109	6.200	Non suscettibile	0	Molto basso
3.20	64.300	50.571	62.056	4.826	2.537	1.406211	183.865	0.976	0.658	0.111	5.908	Non suscettibile	0	Molto basso
3.40	68.600	52.909	60.669	4.831	2.544	1.374782	182.023	0.974	0.641	0.113	5.651	Non suscettibile	0	Molto basso
3.60	72.900	55.248	59.371	4.835	2.550	1.3453	180.28	0.972	0.625	0.115	5.423	Non	0	Molto

						7	9					suscetti bile		basso
3.80	77.200	57.587	58.153	4.840	2.557	1.3177 68	178.65 4	0.971	0.610	0.117	5.221	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.00	81.500	59.925	57.007	4.845	2.563	1.2917 98	177.10 8	0.969	0.597	0.118	5.039	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.20	85.800	62.264	55.926	4.850	2.569	1.2673 06	175.64 3	0.968	0.584	0.120	4.875	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.40	90.100	64.603	54.904	4.855	2.574	1.2441 55	174.25 2	0.966	0.572	0.121	4.726	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.60	94.400	66.941	53.937	4.859	2.580	1.2222 29	172.92 9	0.965	0.561	0.122	4.591	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.80	98.700	69.280	53.019	4.864	2.585	1.2014 23	171.66 7	0.963	0.550	0.123	4.466	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.00	103.00 0	71.619	52.146	4.869	2.590	1.1816 44	170.46 3	0.962	0.541	0.124	4.352	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.20	107.30 0	73.957	51.315	4.874	2.596	1.1628 11	169.31 1	0.960	0.531	0.125	4.247	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.40	111.60 0	76.296	54.058	4.879	2.581	1.2249 64	173.51 6	0.959	0.566	0.126	4.493	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.60	115.90 0	78.635	52.847	4.884	2.588	1.1975 38	171.81 6	0.957	0.552	0.127	4.354	Non suscetti bile	0	Molto basso
5.80	120.20 0	80.973	51.698	4.889	2.594	1.1715 02	170.19 0	0.956	0.538	0.127	4.226	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.00	124.50 0	83.312	50.606	4.894	2.601	1.1467 51	168.63 3	0.954	0.526	0.128	4.108	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.20	128.80 0	85.651	50.019	4.898	2.605	1.1675 32	172.88 2	0.953	0.561	0.129	4.357	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.40	133.10 0	87.989	48.641	4.903	2.613	1.1365	170.96 6	0.951	0.545	0.129	4.216	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.60	137.40 0	90.328	47.334	4.908	2.622	1.1070 75	169.13 4	0.950	0.530	0.130	4.086	Non suscetti bile	0	Molto basso
6.80	141.70 0	92.667	46.093	4.913	2.630	1.0791 36	167.37 9	0.948	0.516	0.130	3.964	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.00	146.00 0	95.005	44.913	4.918	2.638	1.0525 72	165.69 6	0.946	0.503	0.131	3.851	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.20	150.30 0	97.344	43.790	4.923	2.646	1.0272 84	164.08 0	0.945	0.491	0.131	3.746	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.40	154.60 0	99.683	42.719	4.928	2.654	1.0031 82	162.52 7	0.943	0.479	0.131	3.647	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.60	158.90 0	102.02 1	41.698	4.933	2.661	0.9801 863	161.03 2	0.942	0.468	0.132	3.555	Non suscetti bile	0	Molto basso
7.80	163.20 0	104.36 0	40.722	4.938	2.669	0.9582 207	159.59 2	0.940	0.458	0.132	3.468	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.00	167.50 0	106.69 9	39.790	4.943	2.676	0.9372 18	158.20 4	0.939	0.448	0.132	3.387	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.20	171.80 0	109.03 7	38.897	4.948	2.683	0.9171 163	156.86 4	0.937	0.439	0.133	3.310	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.40	176.10 0	111.37 6	38.041	4.953	2.690	0.8978 586	155.56 9	0.936	0.430	0.133	3.237	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.60	180.40 0	113.71 5	37.221	4.958	2.697	0.8793 932	154.31 8	0.934	0.422	0.133	3.169	Non suscetti bile	0	Molto basso
8.80	184.70 0	116.05 3	36.434	4.963	2.704	0.8616 72	153.10 8	0.933	0.414	0.133	3.104	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.00	189.00 0	118.39 2	35.678	4.968	2.711	0.8446 508	151.93 6	0.931	0.406	0.133	3.043	Non suscetti bile	0	Molto basso
9.20	193.30 0	120.73 1	34.951	4.973	2.718	0.8282 891	150.80 0	0.928	0.399	0.133	2.988	Non suscetti bile	0	Molto basso

9.40	0.000	0.000	34.951	4.973	2.718	0.8282891	150.800	0.928	0.399	0.133	2.988	Non suscettibile	0	Molto basso
9.60	0.000	0.000	34.951	4.973	2.718	0.8282891	150.800	0.928	0.399	0.133	2.988	Non suscettibile	0	Molto basso
9.80	0.000	0.000	34.951	4.973	2.718	0.8282891	150.800	0.928	0.399	0.133	2.988	Non suscettibile	0	Molto basso

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

Malmantile

Prova di riferimento: P203

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.401

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.68

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.18

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	la	0.6	2	19.5	21.5	0	0	2087.84	102.28	0
2	s	2	3	19	21	0	0	3562.75	121.6	0
3		3	4	19	21	0	0	4575.78	166.71	0
4		4	4.6	20	22	0	0	28817.5	372.65	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.61

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
2.20	42.900	40.939	55.682	3.455	2.463	1.562907	144.057	0.983	0.358	0.075	4.781	Non suscettibile	0	Molto basso
2.40	47.100	43.177	54.220	3.459	2.471	1.521851	142.444	0.982	0.349	0.078	4.482	Non suscettibile	0	Molto basso
2.60	51.300	45.416	52.867	3.463	2.479	1.483869	140.945	0.980	0.340	0.080	4.231	Non suscettibile	0	Molto basso
2.80	55.500	47.655	51.610	3.467	2.487	1.448596	139.546	0.979	0.333	0.083	4.017	Non suscettibile	0	Molto basso
3.00	59.700	49.893	50.439	3.471	2.494	1.415724	138.237	0.977	0.326	0.085	3.833	Non suscettibile	0	Molto basso

3.20	63.900	52.132	63.374	3.695	2.445	1.3849 93	158.78 9	0.976	0.452	0.087	5.205	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.40	68.100	54.371	62.056	3.698	2.452	1.3561 81	157.32 6	0.974	0.442	0.089	4.987	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.60	72.500	56.809	60.709	3.702	2.458	1.3267 53	155.82 3	0.972	0.432	0.090	4.788	Non suscetti bile	0	Molto basso
3.80	76.900	59.248	59.447	3.706	2.465	1.2991 61	154.41 0	0.971	0.422	0.092	4.612	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.00	81.300	61.687	58.260	3.709	2.471	1.2732 22	153.07 6	0.969	0.414	0.093	4.454	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.20	0.000	0.000	58.260	3.709	2.471	1.2732 22	153.07 6	0.969	0.414	0.093	4.454	Non suscetti bile	0	Molto basso
4.40	0.000	0.000	58.260	3.709	2.471	1.2732 22	153.07 6	0.969	0.414	0.093	4.454	Non suscetti bile	0	Molto basso

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

Prova di riferimento: P204

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.401

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.68

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.18

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unià volume (KN/mc)	Peso unità volume saturò (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	la	0.4	5.8	19.5	21.5	0	0	3933.45	102.28	0
2	s	5.8	7.4	19	21	0	0	10032	389.32	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.61

Profon dità dal p.c. (m)	Pressio ne litostati ca totale (KPa)	Pressio ne vertical e effettiv a (KPa)	Resiste nza alla punta normal izzata Q	Attrito laterale normal izzato F(%)	Indice di compo rtamen to Ic	Correzi one per la pressio ne litostati ca efficac e CQ	Resiste nza alla punta corrett a qcl (KPa)	Coeffic iente riduttiv o (rd)	Resiste nza alla liquefa zione (CRR)	Sforzo di taglio normal izzato (CSR)	Coeffic iente di sicurez za Fs	Suscett ibilità di liquefa zione	Indice di liquefa zione	Rischio
2.20	43.300	41.339	61.178	2.629	2.350	1.5553 27	127.08 0	0.983	0.271	0.075	3.619	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
2.40	47.600	43.677	59.518	2.632	2.359	1.5131 15	126.06 3	0.982	0.266	0.078	3.425	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
2.60	51.900	46.016	57.985	2.635	2.367	1.4741 63	125.18 4	0.980	0.262	0.080	3.267	Non suscetti	0.00	Molto basso

												bile		
2.80	56.200	48.355	56.566	2.638	2.376	1.4380 72	124.42 7	0.979	0.259	0.083	3.135	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
3.00	60.500	50.693	55.246	2.641	2.383	1.4045 09	123.77 8	0.977	0.256	0.085	3.025	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
3.20	64.800	53.032	54.014	2.644	2.391	1.3731 91	123.22 8	0.976	0.254	0.087	2.932	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
3.40	69.100	55.371	52.861	2.647	2.398	1.3438 79	122.76 6	0.974	0.252	0.088	2.853	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
3.60	73.400	57.709	51.779	2.650	2.405	1.3163 67	122.38 5	0.972	0.250	0.090	2.786	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
3.80	77.700	60.048	50.760	2.653	2.411	1.2904 78	122.07 8	0.971	0.249	0.091	2.729	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
4.00	82.000	62.387	49.800	2.656	2.418	1.2660 59	121.84 1	0.969	0.248	0.093	2.680	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
4.20	86.300	64.725	48.892	2.659	2.424	1.2429 76	121.66 6	0.968	0.247	0.094	2.639	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
4.40	90.600	67.064	48.032	2.662	2.430	1.2211 11	121.55 1	0.966	0.247	0.095	2.603	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
4.60	94.900	69.403	47.216	2.665	2.436	1.2003 61	121.49 2	0.965	0.247	0.096	2.574	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
4.80	99.200	71.741	46.440	2.668	2.441	1.1806 34	121.48 4	0.963	0.247	0.097	2.549	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
5.00	103.50 0	74.080	45.701	2.671	2.447	1.1618 48	121.52 6	0.962	0.247	0.098	2.528	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
5.20	107.80 0	76.419	44.996	2.674	2.452	1.1439 32	121.61 5	0.960	0.247	0.098	2.512	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
5.40	112.10 0	78.757	44.323	2.677	2.457	1.1268 19	121.74 9	0.959	0.248	0.099	2.499	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
5.60	116.30 0	80.996	43.706	2.679	2.462	1.1111 38	121.92 0	0.957	0.249	0.100	2.488	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
5.80	120.50 0	83.235	43.114	2.682	2.467	1.0960 94	122.12 8	0.956	0.249	0.101	2.480	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
6.00	124.70 0	85.473	108.51 1	3.930	2.313	1.0816 44	208.96 0	0.954	0.929	0.101	9.178	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
6.20	128.90 0	87.712	107.11 7	3.931	2.317	1.0677 52	207.73 4	0.953	0.914	0.102	8.980	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
6.40	133.10 0	89.951	105.77 6	3.933	2.320	1.0543 81	206.56 5	0.951	0.900	0.102	8.797	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
6.60	137.30 0	92.189	104.48 3	3.935	2.324	1.0415 01	205.45 0	0.950	0.886	0.103	8.625	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
6.80	141.50 0	94.428	103.23 7	3.936	2.327	1.0290 81	204.38 6	0.948	0.874	0.103	8.466	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
7.00	145.70 0	96.667	102.03 5	3.938	2.330	1.0170 95	203.36 9	0.946	0.862	0.104	8.316	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
7.20	0.000	0.000	102.03 5	3.938	2.330	1.0170 95	0.000	0.000	0.862	0.104	0.000	Non suscetti bile	0.00	Molto basso
7.40	0.000	0.000	102.03 5	3.938	2.330	1.0170 95	0.000	0.000	0.862	0.104	0.000	Non suscetti bile	0.00	Molto basso

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

Quattro Strade

Prova di riferimento: P205

Fattore sicurezza normativa

1.25

FALDA

Profondità falda idrica 4 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.15
Fattore amplificazione 2.401

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2
Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1
Magnitudo momento sismico (Mw) 5.68
Distanza epicentro 20 Km
Peak ground acceleration (PGA) 0.18

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unà volume (KN/mc)	Peso unà volume saturò (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	la	0.4	9.8	19.5	21.5	0	0	3570.6	0	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.61

Profon dità dal p.c. (m)	Pressio ne litostati ca totale (KPa)	Pressio ne vertical e effettiv a (KPa)	Resiste nza alla punta normal izzata Q	Attrito laterale normal izzato F(%)	Indice di compo rtamen to Ic	Correzi one per la pressio ne litostati ca efficac e CQ	Resiste nza alla punta corrett a qcl (KPa)	Coeffic iente riduttiv o (rd)	Resiste nza alla liquefa zione (CRR)	Sforzo di taglio normal izzato (CSR)	Coeffic iente di sicurez za Fs	Suscett ibilità di liquefa zione	Indice di liquefa zione	Rischio
4,20	82,300	80,339	43,420	11,498	2,926	1,2447 31	264,55 2	0,968	1,802	0,072	25,006	Non suscetti bile	0	Molto basso
4,40	86,600	82,677	42,140	11,513	2,934	1,2095 21	260,84 0	0,966	1,730	0,074	23,523	Non suscetti bile	0	Molto basso
4,60	90,900	85,016	40,930	11,527	2,942	1,1762 49	257,29 3	0,965	1,664	0,075	22,195	Non suscetti bile	0	Molto basso
4,80	95,200	87,355	39,785	11,541	2,951	1,1447 58	253,89 9	0,963	1,602	0,076	20,999	Non suscetti bile	0	Molto basso
5,00	99,500	89,693	38,700	11,555	2,959	1,1149 1	250,64 6	0,962	1,544	0,078	19,918	Non suscetti bile	0	Molto basso
5,20	103,80 0	92,032	37,670	11,570	2,967	1,0865 78	247,52 7	0,960	1,490	0,079	18,935	Non suscetti bile	0	Molto basso
5,40	108,10 0	94,371	36,690	11,584	2,974	1,0596 51	244,53 1	0,959	1,440	0,080	18,040	Non suscetti bile	0	Molto basso
5,60	112,40 0	96,709	35,759	11,599	2,982	1,0340 26	241,65 1	0,957	1,392	0,081	17,221	Non suscetti bile	0	Molto basso
5,80	116,70 0	99,048	34,871	11,613	2,989	1,0096 11	238,87 9	0,956	1,348	0,082	16,469	Non suscetti bile	0	Molto basso
6,00	121,00 0	101,38 7	34,024	11,627	2,997	0,9863 226	236,21 0	0,954	1,306	0,083	15,777	Non suscetti bile	0	Molto basso
6,20	125,30 0	103,72 5	33,216	11,642	3,004	0,9640 843	233,63 6	0,953	1,266	0,084	15,138	Non suscetti bile	0	Molto basso
6,40	129,60 0	106,06 4	32,443	11,657	3,011	0,9428 266	231,15 3	0,951	1,229	0,084	14,547	Non suscetti bile	0	Molto basso
6,60	133,90 0	108,40 3	31,703	11,671	3,018	0,9224 862	228,75 5	0,950	1,193	0,085	13,999	Non suscetti bile	0	Molto basso
6,80	138,20 0	110,74 1	30,995	11,686	3,025	0,9030 048	226,43 7	0,948	1,160	0,086	13,488	Non suscetti bile	0	Molto basso

7,00	142,50 0	113,08 0	30,316	11,700	3,031	0,8843 293	224,19 6	0,946	1,128	0,087	13,013	Non suscetti bile	0	Molto basso
7,20	146,80 0	115,41 9	29,664	11,715	3,038	0,8664 106	222,02 6	0,945	1,098	0,087	12,569	Non suscetti bile	0	Molto basso
7,40	151,10 0	117,75 7	29,039	11,730	3,045	0,8492 035	219,92 5	0,943	1,069	0,088	12,154	Non suscetti bile	0	Molto basso
7,60	155,40 0	120,09 6	28,437	11,745	3,051	0,8326 668	217,88 9	0,942	1,042	0,089	11,764	Non suscetti bile	0	Molto basso
7,80	159,70 0	122,43 5	27,859	11,759	3,057	0,8167 618	215,91 4	0,940	1,016	0,089	11,399	Non suscetti bile	0	Molto basso
8,00	164,00 0	124,77 3	27,302	11,774	3,063	0,8014 529	213,99 8	0,939	0,991	0,090	11,055	Non suscetti bile	0	Molto basso
8,20	168,30 0	127,11 2	26,766	11,789	3,070	0,7867 073	212,13 7	0,937	0,968	0,090	10,731	Non suscetti bile	0	Molto basso
8,40	172,60 0	129,45 1	26,249	11,804	3,076	0,7724 947	210,33 0	0,936	0,945	0,091	10,425	Non suscetti bile	0	Molto basso
8,60	176,90 0	131,78 9	25,751	11,819	3,082	0,7587 863	208,57 3	0,934	0,924	0,091	10,137	Non suscetti bile	0	Molto basso
8,80	181,20 0	134,12 8	25,270	11,834	3,087	0,7455 56	206,86 5	0,933	0,903	0,092	9,864	Non suscetti bile	0	Molto basso
9,00	185,50 0	136,46 7	24,805	11,849	3,093	0,7327 792	205,20 3	0,931	0,884	0,092	9,605	Non suscetti bile	0	Molto basso
9,20	189,80 0	138,80 5	24,356	11,864	3,099	0,7204 329	203,58 5	0,928	0,865	0,092	9,373	Non suscetti bile	0	Molto basso
9,40	194,10 0	141,14 4	23,922	11,879	3,105	0,7084 959	202,01 0	0,923	0,847	0,092	9,178	Non suscetti bile	0	Molto basso
9,60	0,000	0,000	23,922	11,879	3,105	0,7084 959	202,01 0	0,923	0,847	0,092	9,178	Non suscetti bile	0	Molto basso
9,80	0,000	0,000	23,922	11,879	3,105	0,7084 959	202,01 0	0,923	0,847	0,092	9,178	Non suscetti bile	0	Molto basso

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

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO

Le aree di studio sono inserite nel territorio del Comune di Lastra a Signa (Città Metropolitana di Firenze), che si sviluppa su di una superficie di circa 43,06 kmq.

Posto nel settore occidentale della Provincia di Firenze al confine con quella di Prato, il territorio comunale di Lastra a Signa confina amministrativamente a est con il Comune di Scandicci, a nord con il Comune di Signa, a nord-ovest con il Comune di Carmignano e a sud-ovest con il Comune di Montelupo Fiorentino.



Ubicazione del Comune di Lastra a Signa all'interno della Città Metropolitana di Firenze

Dal punto di vista morfologico si tratta di un paesaggio collinare con andamento relativamente omogeneo, anche se è possibile suddividere il territorio in due settori principali: una zona nord, caratterizzata da quote maggiormente elevate e che raggiungono circa i 227,0 m.s.l.m. nella zona di Il Poggio, e una zona sud caratterizzata da colline più dolci, le cui quote non superano i 150,0 m.s.l.m..

Tale sistema collinare degrada verso i rispettivi fondovalle del Fiume Arno a nord e del Torrente Pesa a sud. Questi corsi d'acqua segnano inoltre il limite amministrativo con i comuni di Signa, Carmignano e Capraia e Limite sul lato settentrionale e con il comune di Montelupo Fiorentino e Montespertoli sul lato meridionale. Riguardo all'aspetto idrografico, il principale corso d'acqua è il Fiume Arno che delimita l'intero confine nord-occidentale e che riceve, nell'area del capoluogo, il Torrente Vingone. Altro corso d'acqua di rilievo è il Torrente Pesa, affluente in riva sinistra dell'Arno a cui seguono per importanza affluenti in ordine gerarchico decrescente. Il regime dei corsi d'acqua che interessano l'ambito comunale risulta di tipo torrentizio. Si hanno notevoli portate durante la stagione piovosa ed in occasione di intense precipitazioni, mentre durante la stagione estiva le portate si riducono notevolmente fino a mostrare in taluni casi condizioni di completa assenza d'acqua.

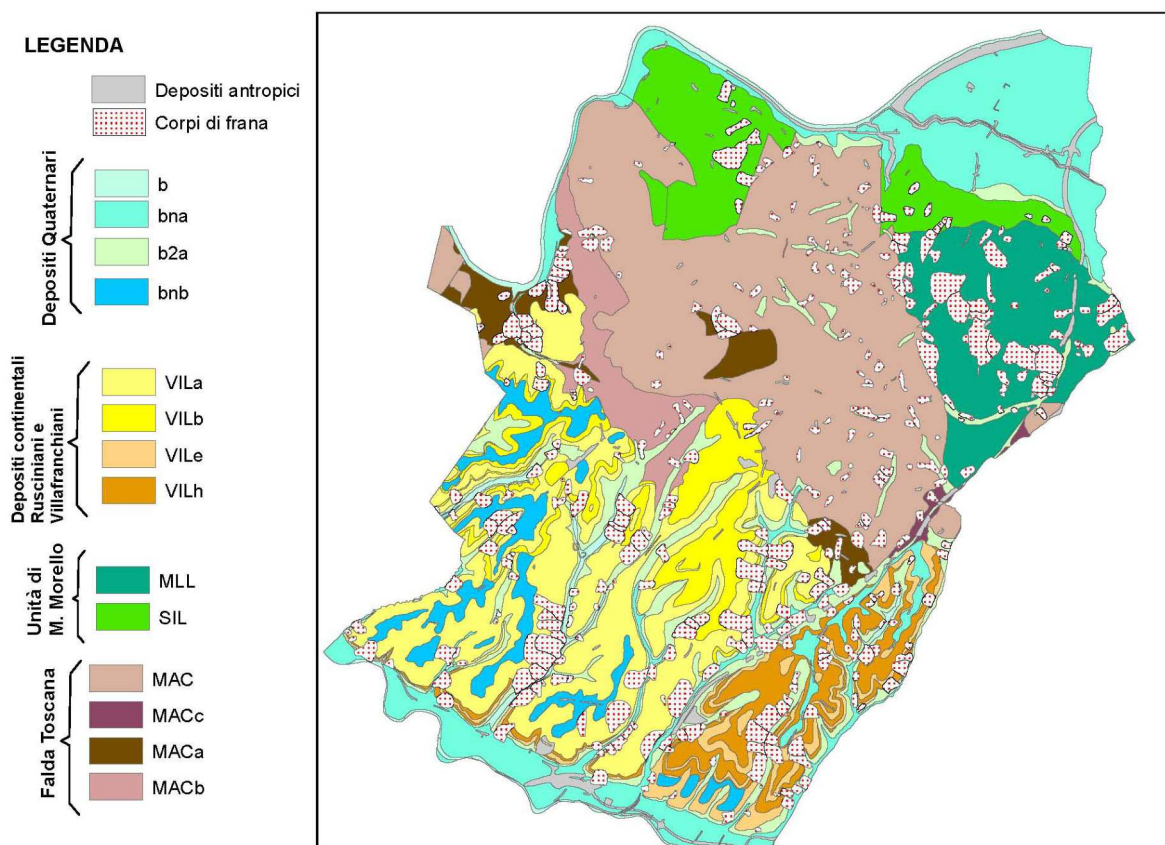
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE

Il territorio comunale di Lastra a Signa 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 Lastra a Signa è collocato ai piedi della porzione meridionale della dorsale del Monte Albano che, da un punto di vista strutturale, consiste in una grossa piega coricata, antiforme, vergente verso NE e con asse orientato in direzione NO-SE.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale si può dividere, in maniera schematica, in due zone, una settentrionale caratterizzata dalla presenza di rocce appartenenti ai Domini Toscano (“Falda Toscana”) e Ligure (Unità di Monte Morello), (cfr. seguente figura, indicate in carta rispettivamente con i colori di tonalità marrone e di verde), e l'altra meridionale con presenza di terreni dei depositi continentali villafranchiani, evidenziati con toni di giallo-arancio nella seguente figura.

Per quanto riguarda i depositi alluvionali, questi sono presenti in maniera diffusa in tutto il territorio, sia lungo il corso del Fiume Arno nella zona settentrionale, che nella zona meridionale, lungo il corso del torrente Pesa, oltre che lungo i corsi d'acqua del reticolo minore.



Inquadramento geologico del territorio comunale di Lastra a Signa

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 della Falda Toscana (Dominio Toscano), a seguito del sovrascorrimento e sovrapposizione in età miocenica (medio-superiore) delle Unità Liguri e Sub-Liguri sui terreni appartenenti alla Falda Toscana.

In particolare, nel settore di interesse le formazioni cretacico-eoceniche dell'Unità di Monte Morello sono caratterizzate dalla Formazione di Sillano, costituita dall'alternanza di prevalenti argilliti, calcilutiti, marne calcaree e argillitiche e livelli arenacei e calcarenitici, e dalla Formazione di Monte Morello, flysch carbonatico costituito da prevalenti calcari marnosi, calcari micritici, marne e subordinati livelli argillitici.

Per quanto riguarda le formazioni torbiditiche oligo-mioceniche della Falda Toscana, affiorano le litologie appartenenti alla formazione del Macigno nelle sue varietà di litofacies, da quella arenaceo torbiditica con intercalazioni pelitico siltitiche, a quella olistostromica caratterizzata da breccie argillose e calcaree in matrice argillitica.

Alla fase compressiva ne è succeduta una distensiva in seguito alla quale si è instaurata la nuova ingressione marina pliocenica, con la deposizione di sedimenti di origine marina e transizionale del Pliocene medio. Questi giacciono in discordanza sui terreni miocenici testimoniando che precedentemente alla loro deposizione, è avvenuta, in un periodo a cavallo tra il Miocene inferiore e il Pliocene inferiore, una fase compressiva (a cui è legata la piega coricata di M. Albano) che ha causato l'emersione e l'erosione del substrato litoide.

Nei settori vallivi alle suddette formazioni si sovrappongono i terreni recenti di copertura costituiti dai depositi eluvio-colluviali, dalle alluvioni recenti, terrazzate e non e dai depositi alluvionali attuali.

In particolare il settore in esame è caratterizzato principalmente dalla presenza di depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati, costituiti da ciottolami in matrice limoso-sabbiosa con tessitura da clasto a matrice sostenuta, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati e di depositi eluvio-colluviali, costituiti da materiale con elementi eterometrici prevalentemente fini in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti da trasporto per ruscellamento.

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

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

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

In particolare nel settore in corrispondenza del corso del Fiume Arno, Torrente Vingone e Fosso di Rimaggio vi è la presenza di argini artificiali, mentre le sponde degli altri corsi d'acqua sono, per lo più, interessate dalla presenza di orli di scarpate fluviali.

Di rilevanza la presenza di rilevati stradali di origine antropica.

3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI

In dettaglio, nell'area del Comune di Lastra a Signa, 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) (*Olocene*)
- detriti di falda (a3) (*Olocene*)
- depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna) (*Olocene*)
- depositi eluvio-colluviali (b2a) (*Olocene*)

I corpi di frana, i depositi detritici di versante (aa) e i detriti di falda (a3) 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 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 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.

DEPOSITI DEL PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE

- Depositi alluvionali terrazzati (bnb)

Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali. Si tratta di depositi alluvionali terrazzati caratterizzati dalla presenza, in successione stratigrafica, di alternanze di ghiaie, sabbie e limi. Tali depositi si trovano morfologicamente sopraelevati rispetto all'attuale alveo dei corsi fluviali (*Pleistocene medio – Pleistocene superiore*).

DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI E VILLAFRANCHIANI

- Limi argilloso-sabbiosi e argille limoso sabbiose (VILh) (*Rusciniano-Villafranchiano*)

Limi e argille limose da giallastre a grigio azzurre, generalmente massive, contenenti arricchimenti di sostanza organica e sparsi molluschi polmonati.

- Sabbie e conglomerati (VILe) (*Rusciniano-Villafranchiano*)

Ciottoli polimodali a tessitura prevalentemente clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbioso-limosa e subordinate sabbie medio-grossolane, talora a laminazione piana o inclinata.

- Sabbie e sabbie argillose (VILb) (*Rusciniano-Villafranchiano*)

Sabbie medio-fini e limi sabbioso argillosi giallastri massivi, talora laminati piani, di ambiente alluvionale.

- Conglomerati (VILa) (*Rusciniano-Villafranchiano*)

Ciottoli polimodali a tessitura prevalentemente clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbioso-limosa e subordinate sabbie medio-grossolane, talora a laminazione piana o inclinata.

Il substrato litoide del territorio comunale è costituito dalle formazioni litoidi riconducibili al Dominio Ligure (Unità di Monte Morello) e al Dominio Toscano (Falda Toscana).

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 torbidity (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.

- 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 torbidity 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.

DOMINIO TOSCANO – FALDA TOSCANA

Macigno – Litofacies arenacea medio-grossolana (MAC) (*Oligocene medio/superiore – Miocene inferiore*)

Arenarie torbidity quarzoso-feldspatico-micacee, spesso gradate, di colore grigio, marroni giallastre per alterazione, a granulometria generalmente da media a grossolana, in strati di spessore fino a 4,0 m con intercalazioni centimetrico-decimetriche di peliti siltose color grigio scuro. Nella porzione superiore risultano relativamente comuni anche intercalazioni decimetriche-metriche di calcilutiti marnose, marne calcaree e di argilliti nerastre.

Macigno – Litofacies arenacea medio-fine (MACb) (*Oligocene medio/superiore – Miocene inferiore*)

Arenarie torbidity quarzoso-feldspatico-micacee, di colore grigio, marroni giallastre per alterazione, a granulometria generalmente da media a fine, in strati di spessore decimetrico, con intercalazioni centimetrico-decimetriche di peliti siltose color grigio scuro.

Macigno – Litofacies olistostromica (MACa) (*Oligocene superiore – Miocene inferiore*)

Sono corpi lenticolari, generalmente allungati, intercalati stratigraficamente alle altre normali litofacies rappresentati da brecce argillose ad elementi calcarei micritici e siltitici in matrice argillitica da bruna ad ocracea. Si presentano intercalati nella porzione superiore del Macigno.

Per quanto riguarda la loro messa in posto, il meccanismo principale è la gravità, e richiede un'intensa frammentazione delle rocce e una liquefazione del materiale pelitico, spesso proveniente da formazioni ancora poco litificate.

Marne di San Polo (MACc) (*Oligocene medio/superiore – Miocene inferiore*)

Marne e marne siltose grigie o grigio giallastre a frattura scheggiata, con intercalazioni di siltiti ed arenarie fini torbiditiche. Generalmente si rinvencono nella porzione superiore della formazione del macigno e sono generalmente associate al tetto degli olistostromi.

3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il territorio del comune di Lastra a Signa è, come già accennato, caratterizzato dalla presenza di zone mediamente acclivi accanto ad altre dalla morfologia decisamente più dolce; 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.

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

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

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

Prima di passare all'analisi dei processi morfogenetici ed alle relative forme, è opportuno specificare la distinzione che è stata adottata in cartografia per quanto riguarda le forme attive e quiescenti e le forme inattive. E' da sottolineare che la chiave interpretativa adottata è stata scelta in base agli obiettivi da raggiungere, ossia ottenere uno strumento valido per valutare lo stato del territorio ed individuare dove intervenire per risanare o prevenire eventuali dissesti e dove, invece, prevedere nuove espansioni urbanistiche.

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

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

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

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

In particolare sono state individuate:

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

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

Si procede ad una breve descrizione sistematica.

Forme, processi e depositi gravitativi di versante

Movimenti franosi

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

Aree molto instabili per franosità diffusa

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

Movimenti di massa generalizzati e/o soliflussi

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

Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali

Ruscellamento diffuso

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

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

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

Orli di terrazzo o ripe d'erosione

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

Erosioni laterali di sponda

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

Forme, processi e depositi antropici e manufatti

Le forme ed i processi antropici

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

3.5 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E NOTAZIONI IDROGEOLOGICHE

Il reticolo idrografico che caratterizza il territorio del Comune di Lastra a Signa mostra un andamento generale del principale corso d'acqua, il Fiume Arno, in direzione NE - SW (antiappenninica).

Gli affluenti principali, quali il Torrente Pesa e il Torrente Vingone sono orientati in linea di massima in direzione NW - SE (appenninica).

I tributari gerarchicamente inferiori risultano dispersi in molte direzioni, tuttavia con una certa prevalenza ad assumere direzione antiappenninica. Questi presentano un reticolo che può essere definito di tipo sub-rettilineo, 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 limoso-argillosi, rispetto a tipi litologici a prevalente composizione sabbioso-ghiaiosa.

In generale l'idrografia dell'area, è caratterizzata da un insieme di corsi d'acqua a carattere torrentizio, con un controllo strutturale del reticolo idrografico, caratterizzato da una serie di blocchi che, anche in epoca recente, si sono mobilizzati secondo le due direzioni principali di sforzo tettonico (appenninico ed antiappenninico), creando delle faglie lungo i loro bordi, faglie che hanno costituito una via preferenziale per le linee di deflusso superficiale.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nel territorio comunale di Lastra a Signa, si può definire che il sistema idrogeologico risulta chiaramente alimentato dai rilievi circostanti la pianura alluvionale. I dati disponibili indicano come il sistema idrogeologico di Lastra a Signa risulta chiaramente alimentato dai rilievi circostanti le pianure alluvionali del Fiume Arno e del Torrente Pesa.

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 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 Lastra a Signa. La risorsa principale a disposizione del territorio è rappresentata dai depositi alluvionali del Fiume Arno che poggiano sui depositi fluvio-lacustri plio-plesitocenici e/o sul substrato geologico litoide. 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, 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, tra i 10 e i 30 metri.

Falde all'interno dei depositi fluvio-lacustri continentali plio-plesitocenici

Si tratta di orizzonti isolati e poco produttivi con mancanza di una vera ricarica e con una potenzialità molto ridotta che, per le loro caratteristiche, non possono essere considerate alternative alla falda libera. Inoltre esiste un problema legato alla ricarica, che in questo caso è molto lenta o addirittura inesistente, essendo i depositi grossolani depositati in lenti all'interno di terreni coesivi..

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.

Nella zona nord, riferibile alla pianura alluvionale del Fiume Arno, sono distinguibili, in base alle differenti caratteristiche idrogeologiche riscontrate, diverse aree:

Lastra a Signa / Ponte a Signa - dove è presente un acquifero, ubicato nel materasso alluvionale dell'Arno, che mostra un profilo iperbolico, in quanto la spaziatura tra le linee isofreatiche è crescente da monte verso valle e va appiattendosi in corrispondenza della piana dell'Arno.

La falda si colloca ad una profondità dalla superficie che passa dai 2 metri al margine esterno della piana alluvionale, fino a 7 metri in prossimità di Fornace Carlini. Il sistema idrogeologico risulta chiaramente alimentato dai rilievi circostanti la pianura alluvionale, dal Torrente Rimaggio e soprattutto dal Torrente Vingone che induce una netta convessità nelle curve isofreatiche in corrispondenza del suo corso. L'acquifero sembra alimentare l'Arno, perlomeno nella stagione del rilevamento.

Porto di Mezzo - qui la fascia di terreni pianeggianti risulta molto ristretta con i rilievi che si avvicinano al corso dell'Arno. Le linee isofreatiche si allineano strettamente alla morfologia con un andamento subparallelo e si approfondiscono rapidamente da monte verso il fiume che drena la falda. La falda appare notevolmente depressa con profondità dell'ordine dei 10 metri.

Brucianesi - tale area è molto simile a quella di Porto di Mezzo. La falda presenta una forte acclività ed è drenata costantemente dal fiume Arno.

Generalmente il gradiente idraulico mostra un andamento decrescente da monte verso valle, diversificandosi in dipendenza delle diverse caratteristiche morfologiche e litologiche dei terreni.

Per esempio, laddove la piana alluvionale dell'Arno, da Ponte a Signa alla frazione La Lisca e nell'area di Brucianesi, si restringe in corrispondenza di una cintura collinare immediatamente prospiciente, il gradiente idraulico mostra un valore medio elevato, dal 7% al 10%. Invece, nella pianura alluvionale compresa tra il Torrente Rimaggio e le località Capannuccia e Romania, il gradiente idraulico assume valori relativamente bassi, intorno al 2%.

Per quanto concerne l'alimentazione della falda profonda, in questa zona del territorio comunale la lettura del fenomeno appare alquanto complessa, stante anche la scarsità di notizie raccolte.

Si può supporre la presenza di orizzonti discontinui, localmente intercettati da pozzi, non riconducibili ad una situazione di modello idrogeologico esteso e riconoscibile. Circa l'alimentazione di tali orizzonti, si potrebbe supporre un'alimentazione "in presa diretta" dai rilievi costituiti da depositi prevalentemente litoidi intensamente fratturati presenti nella fascia collinare immediatamente retrostante la piana alluvionale.

La zona sud è riferibile al fondovalle del Torrente Pesa, le cui alluvioni costituiscono un discreto acquifero in probabile continuità laterale con la falda, presumibilmente presente nei conglomerati e sabbie pliocenici che costituiscono i rilievi in fregio al fiume. Anche in questo caso è evidente, dalla ricostruzione delle linee isofreatiche, che il T. Pesa drena la falda, la cui profondità è compresa in un intervallo che va dai 5 ai 10 metri.

In funzione di quanto detto, relativamente al contesto idrogeologico che caratterizza il territorio comunale, in funzione della corretta gestione delle risorse idriche del territorio, è possibile definire il grado di vulnerabilità degli acquiferi presenti, come di seguito riportato:

- *Vulnerabilità elevata*: in presenza di un acquifero libero in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti e attuali) senza o con scarsa protezione.
- *Vulnerabilità alta*: in presenza di falde libere in materiali a granulometria eterogenea con scarsa protezione (depositi fluvio-lacustri pleistocenici a granulometria prevalentemente grossolana) o in presenza di falde libere in materiali detritici sia di rilevante estensione areale, che di modesta continuità areale (corpi detritici e accumuli di frana).
- *Vulnerabilità media*: in presenza di sabbie e ciottolami con interposti livelli limosi, generalmente con copertura poco permeabile (depositi pliocenici a prevalente composizione sabbioso-ghiaiosa) o di arenarie fratturate con rete idrica di solito a media profondità e di arenarie e siltiti con livelli argillitici intercalati che danno origine a più falde (arenarie della formazione del Macigno). Oppure in presenza di calcari marnosi e marne interessati da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture (Formazione di Monte Morello); o di falde presenti in materiali con granulometria da sabbie prevalenti ad argilla, di modesta importanza con protezione di materiali fini (sabbie e limi plio-pleistocenici).
- *Vulnerabilità bassa*: acquiferi di limitata produttività presenti in complessi arenacei e calcarei con frequenti strati marnosi o argillitici, con modesta circolazione idrica e nelle intercalazioni di marne con arenarie (rientrano in tale classe le facies a granulometria fine della formazione del Macigno); e sedimenti a grana fine in pratica privi di circolazione idrica sotterranea; complessi marnosi e argillitici (Formazione di Sillano, Marne di San Polo e Olistostromi del Macigno).

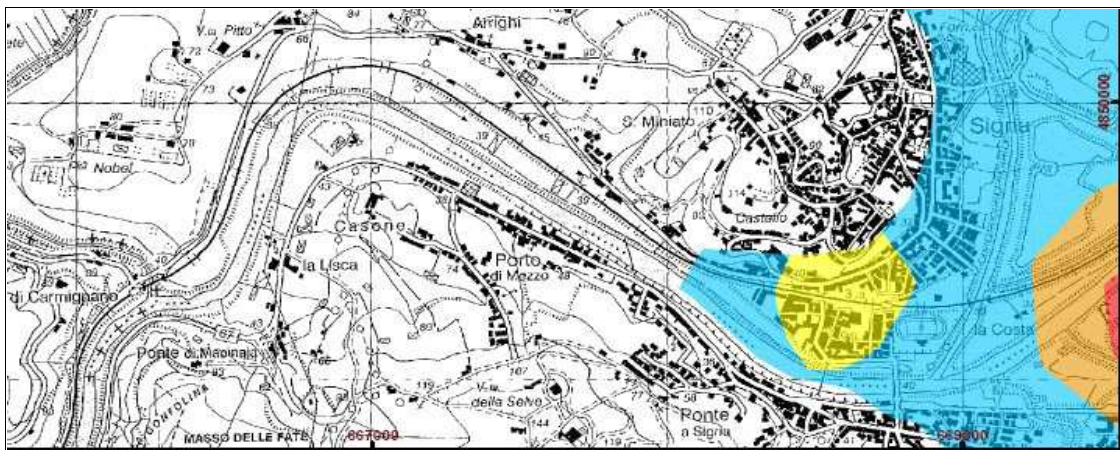
L'intero territorio comunale risulta caratterizzato da ampie aree, a cui è stata assegnata una classe di vulnerabilità media, mentre sono diffuse, ma con scarsa continuità areale, le zone classificate come vulnerabilità alta correlate ad accumuli di detrito e di frana.

Invece risultano realmente più contenute le classi estreme, cioè la classe a vulnerabilità elevata, limitata ai materassi alluvionali presenti nei fondovalle del Fiume Arno e del Torrente Pesa, e a vulnerabilità bassa.

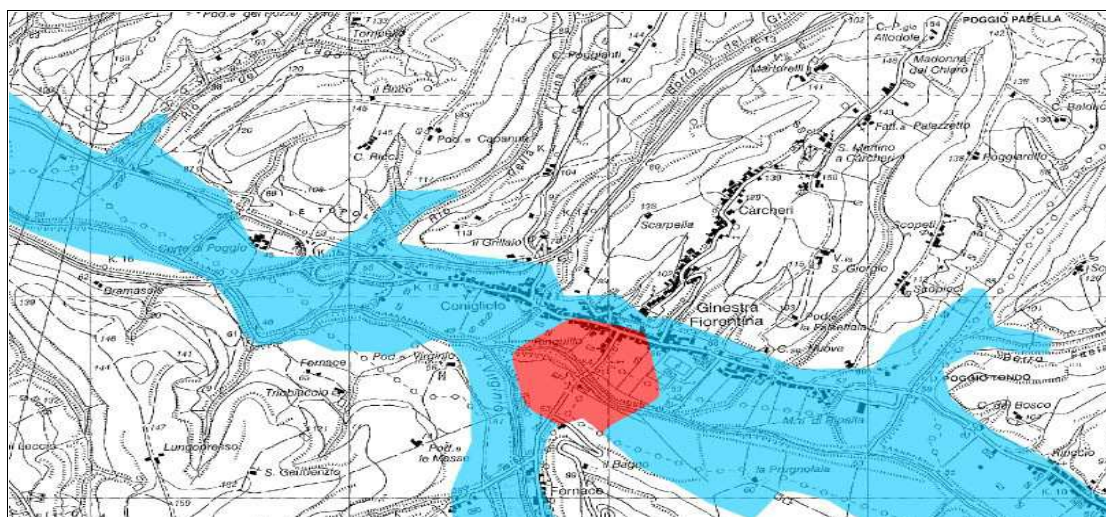
Infine, con riferimento agli stralci cartografici (n. 36, 38 e 49 in scala 1:25.000) del Piano di bacino del Fiume Arno, stralcio "Bilancio Idrico", è possibile definire la zonazione delle aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura. Questi si suddividono in:

- Acquiferi con bilancio prossimo all'equilibrio e a bilancio positivo - Aree a disponibilità molto inferiore alla ricarica (D4); ricadono in questa tipologia le aree presso il Capoluogo collocate a ovest della loc. Fornace tra il corso del Fiume Arno e il corso del Torrente Vingone e, nel settore di Ginestra Fiorentina l'areale di pianura alluvionale presente tra il nucleo storico abitativo e il corso del Torrente Pesa.

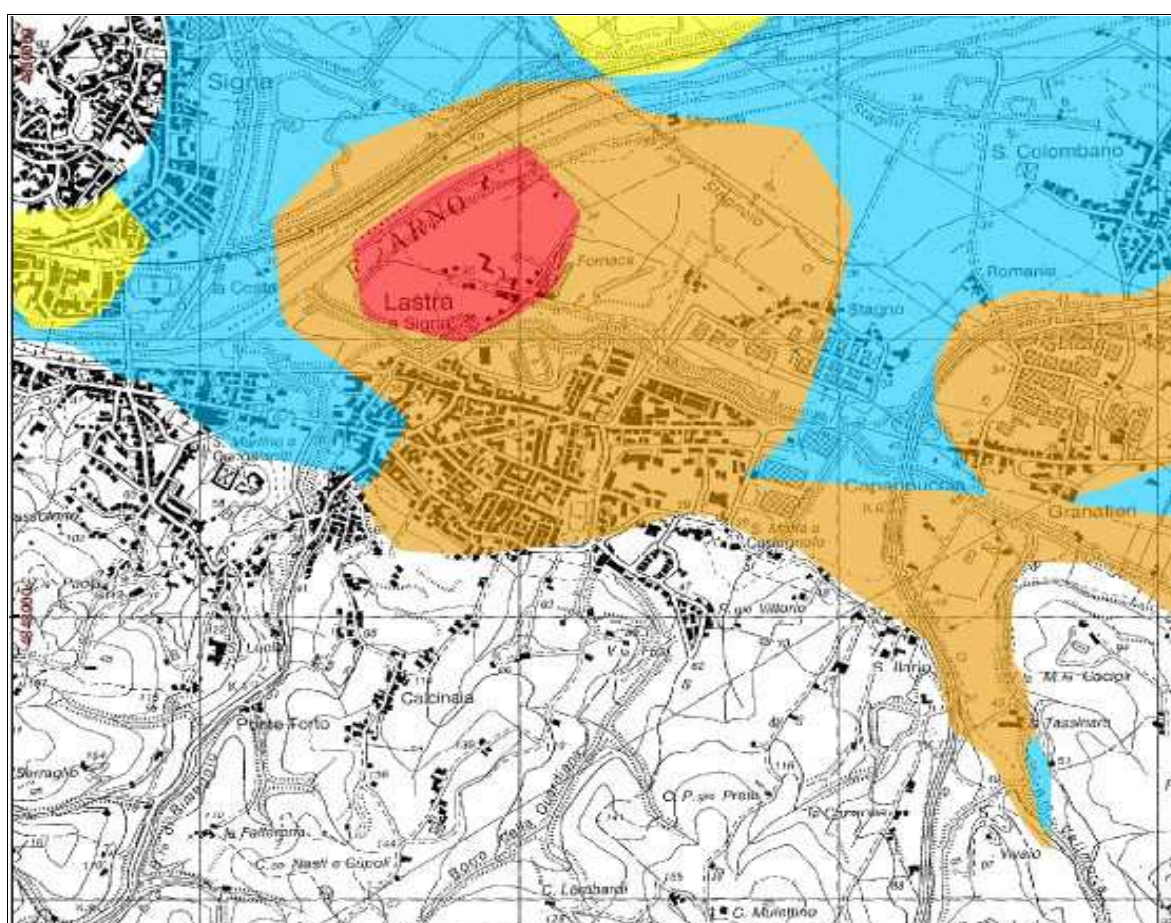
- Acquiferi con bilancio prossimo all'equilibrio e a bilancio positivo - Aree a disponibilità inferiore alla ricarica (D3); nessuna area del territorio comunale di Lastra a Signa è compresa nelle aree di questa seconda tipologia.
- Acquiferi con bilancio prossimo all'equilibrio e a bilancio positivo - Aree a disponibilità prossima alla ricarica (D2) e ad elevata disponibilità (D1); ricadono nella tipologia D2 le aree del centro storico del Capoluogo, gran parte dei settori di pianura alluvionale a sud del Fosso Stagnolo e in corrispondenza del limite orientale del territorio comunale; mentre ricadono nella tipologia D1 i settori di pianura in corrispondenza del corso del Fosso di Rimaggio, il settore tra il Fosso di Stagno e il Fosso dello Stagnolo e il settore orientale dell'area produttiva di Stagno; e, nel settore di Ginestra Fiorentina, i settori di pianura alluvionale ad eccezione dell'areale ricadente in zona D4.



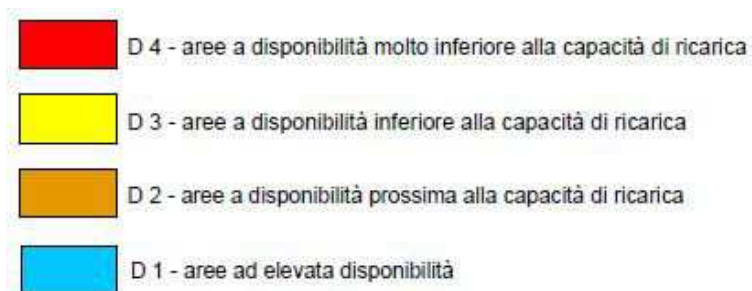
Estratto dello Stralcio n. 38 della Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno



Estratto dello Stralcio n. 49 della Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno



Estratto dello Stralcio n. 36 della Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno



Legenda Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno

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, quali le indagini eseguite nel dicembre 2012/febbraio 2013 da P3 snc e quelle eseguite nell'ottobre 2016 da Enki srl, nell'ambito del supporto geologico al Piano Strutturale del Comune di Lastra a Signa (marzo 2017), e alla realizzazione, a supporto degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2, di una specifica e inedita campagna di indagini (cfr. relazione sulle indagini geofisiche svolte nel novero delle attività correlate al presente studio con le relative certificazioni e/o elaborazioni rappresentative), eseguita nel giugno 2020.

Le Carte delle indagini mostrano nel dettaglio, per ciascuna delle frazioni indagate, l'ubicazione di tutte le prove eseguite precedentemente al presente studio reperibili da fonti "bibliografiche" e/o banche dati, nonché l'ubicazione delle indagini geofisiche all'uopo realizzate su indicazione del Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica come supporto al presente studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 (cfr. relazione sulle indagini geofisiche svolte nel novero delle attività correlate al presente studio con le relative certificazioni e/o elaborazioni rappresentative).

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

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

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini, contenuti negli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 a supporto del vigente Piano Strutturale comunale:

- n. 52 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con le relative risultanze stratigrafiche, di cui n. 3 strumentati con tubo per prova down-hole;
- n. 33 terebrazioni di pozzi per la ricerca di acqua sotterranea;
- n. 16 prove penetrometriche statiche;
- n. 6 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 3 prova di sismica a rifrazione in foro di tipo down-hole;

- n. 4 prospezioni 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. 6 indagini Masw, oltre a n. 1 prospezione mediante tecnica Esac, per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la categoria sismica di sottosuolo secondo le N.T.C. 2018;
- n. 43 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* è stato necessario realizzare una specifica campagna di indagini geofisiche, ad integrazione della campagna di indagine realizzata durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 a supporto del vigente Piano Strutturale, la cui distribuzione all'interno delle frazioni ed ubicazione in relazione alle problematiche da indagare è stata concordata con i funzionari del Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica.

Questa campagna è consistita nell'esecuzione di:

- n. 5 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. 3 prove 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 di array sismico con metodo Esac per la valutazione delle velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo;
- n. 32 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell'eventuale comportamento amplificativo degli stessi.

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

Lastra a Signa Capoluogo (comprendente le frazioni di Ponte a Signa, Porto di Mezzo e La Lisca):

- n. 3 linee di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH;
- n. 2 prova Masw;
- n. 2 prove di array sismico con metodo Esac;
- n. 14 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Lastra a Signa Capoluogo (comprendente le	L12		X			
	L13		X			
	L14				X	

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
frazioni di Ponte a Signa, Porto di Mezzo e La Lisca)	L15		X			
	L16				X	
	P60	X				
	P61	X				
	P62	X				
	P63	X				
	P64	X				
	P65	X				
	P66	X				
	P67	X				
	P68	X				
	P69	X				
	P70	X				
	P71	X				
	P72	X				
	P73	X				
	P74			X		
	P75			X		

Malmantile – Quattro Strade:

- n. 1 linea di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH;
- n. 11 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremitori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Malmantile – Quattro Strade	L17		X			
	P79	X				
	P80	X				
	P81	X				
	P82	X				
	P83	X				
	P84	X				
	P85	X				
	P86	X				
	P87	X				
	P88	X				
	P89	X				

Ginestra Fiorentina (comprendente l'abitato di Carcheri):

- n. 1 linea di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH;
- n. 1 prova Masw;
- n. 1 prove di array sismico con metodo Esac;
- n. 7 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremitori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Ginestra Fiorentina (comprendente l'abitato di Carcheri)	L18		X			
	L19				X	
	P90	X				
	P91	X				
	P92	X				
	P93	X				
	P94	X				
	P95	X				
	P96	X				
	P97			X		

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

Lastra a Signa Capoluogo (comprendente le frazioni di Ponte a Signa, Porto di Mezzo e La Lisca):

- n. 4 linee di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH;
- n. 8 prove Masw;
- n. 2 indagini di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e onde SH;
- n. 17 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Lastra a Signa Capoluogo (comprendente le frazioni di Ponte a Signa, Porto di Mezzo e La Lisca)	L1				X	
	L2				X	
	L3				X	
	L4				X	
	L5				X	
	L6				X	
	L7				X	
	L9		X			
	L10		X			
	L11				X	
	L23		X			
	L24		X			
	P16					X
	P22					X
	P46	X				
	P47	X				
	P48	X				
	P49	X				
	P50	X				
	P51	X				

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
	P52	X				
	P53	X				
	P54	X				
	P55	X				
	P56	X				
	P57	X				
	P58	X				
	P59	X				
	P76	X				
	P77	X				
	P78	X				

Malmantile – Quattro Strade:

- n. 2 prove Masw;
- n. 1 indagine di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e onde SH;
- n. 8 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Malmantile – Quattro Strade	L20				X	
	L21				X	
	P98	X				
	P99	X				
	P195	X				
	P196	X				
	P197	X				
	P198	X				
	P199	X				
	P200	X				
	P133					X

Brucianesi:

- n. 3 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Brucianesi	P43	X				
	P44	X				
	P45	X				

Ginestra Fiorentina (comprendente l'abitato di Carcheri):

- n. 1 linea di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH;
- n. 5 prove Masw;

- n. 4 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Ginestra Fiorentina (comprendente l'abitato di Carcheri28	L25		X			
	L26				X	
	L27				X	
	L28				X	
	L30				X	
	L32				X	
	P115	X				
	P116	X				
	P117	X				
	P118	X				

Inno e Marliano:

- n. 1 prova Masw;

- n. 5 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Inno e Marliano	L22				X	
	P102	X				
	P103	X				
	P109	X				
	P110	X				
	P111	X				

La Luna:

- n. 1 prova Masw;

- n. 7 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
La Luna	L31				X	
	P104	X				
	P105	X				
	P106	X				
	P107	X				
	P108	X				
	P112	X				
	P113	X				

Belfiore:

- n. 2 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Belfiore	P100	X				
	P101	X				

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

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

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
Lastra a Signa Capoluogo (comprendente le frazioni di Ponte a Signa, Porto di Mezzo e La Lisca)	P60	Nessun picco				A2	
	P61	Nessun picco				A2	
	P62	8,53		2,86		A1	
	P63	14,63		2,57		A1	
	P64	2,56		2,04		A1	
	P65	2,75		2,05		A1	
	P66	Nessun picco				A2	
	P67	5,66		9,20		A1	
	P68	5,67		8,38		A1	
	P69	2,34		3,61		A1	
	P70	2,77		4,56		A1	
	P71	2,38		3,69		A1	
	P72	2,39		5,12		A1	
	P73	3,06		2,09		A1	
Malmantile – Quattro Strade	P79	Nessun picco				A2	
	P80	Nessun picco				A2	
	P81	Nessun picco				A2	
	P82	Nessun picco				A2	
	P83	4,11		2,96		A1	
	P84	4,21		2,43		A1	
	P85	12,33		2,49		A1	
	P86	4,28		2,10		A1	
	P87	6,44		2,72		A1	
	P88	6,31		2,63		A1	
Ginestra Fiorentina (comprendente l'abitato di Carcheri)	P89	6,18		2,90		A1	
	P90	3,17		2,56		A1	
	P91	Nessun picco				A2	
	P92	Nessun picco				A2	
	P93	Nessun picco				A2	
	P94	Nessun picco				A2	
	P95	2,87		2,75		A1	
	P96	Nessun picco				A2	

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

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
Lastra a Signa Capoluogo (comprendente le frazioni di Ponte a Signa, Porto di Mezzo e La Lisca)	P46	4,56		7,04		B1	
	P47	19,06		2,49		B2	
	P48	4,56		7,04		B1	
	P49	4,38		9,22		B1	
	P50	4,69		11,08		A1	
	P51	1,25		4,41		B1	
	P52	1,88		6,57		B1	
	P53	2,75		10,01		B1	
	P54	5,41		7,28		A1	
	P55	8,09		6,15		A1	
	P56	5,63		3,07		A1	
	P57	4,81		2,33		A1	
	P58	Nessun picco				A2	
	P59	12,81		7,11		B1	
	P76	4,70		6,40		A1	
	P77	2,40		4,90		A1	
	P78	1,90		4,30		A1	
Malmantile – Quattro Strade	P98	10,63		4,43		A1	
	P99	1,97		4,22		A1	
	P195	16,25		4,79		A1	
	P196	12,81		3,09		A1	
	P197	14,06		2,53		A1	
	P198	12,38		3,00		A1	
	P199	3,13		5,66		A1	
	P200	1,84		4,55		A1	
Brucianesi	P43	3,44		6,51		B1	
	P44	4,34		6,23		A1	
	P45	5,91		3,43		A1	
Ginestra Fiorentina (comprendente l'abitato di Carcheri)	P115	2,09		3,58		A1	
	P116	8,31		2,68		A1	
	P117	10,31		2,76		A1	
	P118	26,22		1,89		B2	
Inno e Marliano	P102	Nessun picco				A2	
	P103	4,38		3,17		A1	
	P109	2,34		4,86		A1	
	P110	2,41		5,59		A1	
	P111	2,50		3,00		A1	
La Luna	P104	1,56		2,54		A2	
	P105	1,88		2,39		A2	
	P106	13,75		4,38		A1	
	P107	7,81		2,32		A2	
	P108	20,31		2,45		A2	
	P112	11,81		2,76		A2	

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
	P113	Nessun picco				A2	
Belfiore	P100	14,38		4,08		A1	
	P101	12,19		4,08		A2	

Per ogni misura HVSR, è stata attribuita una delle seguenti 3 classi di appartenenza (cfr. relazione sulle indagini geofisiche svolte nel novero delle attività correlate al presente studio con le relative certificazioni e/o elaborazioni rappresentative):

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 (Albarelli et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

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

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

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

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

Unità litologico tecnica B

Si tratta di materiali lapidei stratificati o costituiti da alternanze di diversi litotipi con rapporto lapideo/pelite variabile. Questo raggruppamento comprende le 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 del Macigno nella sua litofacies grossolana (MAC) e fine (MACb).
- **Unità litologico-tecnica B4:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale pelitico compreso tra 25% e 75%. Sono riconducibili a tale unità la Formazione di Monte Morello (MLL) e la formazione delle Marne di San Polo (MACc).
- **Unità litologico-tecnica B5:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo < 25%. Ne fa parte la Formazione di Sillano (SIL).
- **Unità litologico-tecnica Bc:** alternanze disordinate (caotiche) di litotipi. Ne fanno parte le litofacies polistostromiche associate alla formazione del Macigno (MACa).

Unità litologico tecnica C

In questa U.L.T. sono comprese rocce e rocce deboli costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in s.s.. Questo raggruppamento comprende le unità litologico tecniche cartografate secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica C1:** conglomerati e brecce clasto-sostenuti. E' riconducibile a tale unità la formazione villafranchiana dei Conglomerati (VILa).
- **Unità litologico-tecnica C2:** conglomerati e brecce matrice-sostenuti. E' riconducibile a tale unità la formazione villafranchiana delle Sabbie e conglomerati (VILe).
- **Unità litologico-tecnica C3:** sabbie cementate e arenarie deboli. E' riconducibile a tale unità la formazione villafranchiana delle Sabbie e sabbie argillose (VILb).

Unità litologico tecnica D

In questa U.L.T. sono compresi i terreni coesivi con consistenza elevata. Questo raggruppamento comprende un'unità litologico tecnica cartografata secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica D:** argille e limi. E' riconducibile a tale unità la formazione villafranchiana dei Limi argilloso-sabbiosi e argille limoso sabbiose (VILh).

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 brecce 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 (a1a, a1q e a1s), ai depositi di versante (aa) e ai detriti di falda (a3a).

- **Unità litologico-tecnica E2:** ghiaie (elementi lapidei compresi mediamente tra 2 - 60 mm). Si tratta di materiali granulari generalmente grossolani. Ne fanno parte i depositi alluvionali attuali (b) e le litologie appartenenti ai depositi alluvionali terrazzati (bnb).
- **Unità litologico-tecnica E3:** sabbie (granuli di dimensioni comprese tra 2 mm e 0.06 mm). Si tratta di materiali granulari a prevalente composizione sabbiosa. Ne fanno parte i depositi eluvio-colluviali (b2a) e i depositi alluvionali recenti e terrazzati (bna).

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 Lastra a Signa 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 all'allegata relazione contenente 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 Lastra a Signa sono stati condotti secondo le indicazioni formulate dal Settore Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica nel rispetto degli “Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica Nazionale” (di seguito ICMS, versione 4.2 del dicembre 2020) e delle specifiche tecniche regionali per la microzonazione sismica approvate con Deliberazione di G.R.T. n. 144/2015.

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

Nello specifico la MS individua e caratterizza:

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

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

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

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

In particolare possono essere predisposti i seguenti livelli:

- il **livello 1** è un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste esclusivamente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta delle “Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)”;
- il **livello 2** è un livello successivo in cui si introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee mediante metodologie di analisi numerica di tipo semplificato (abachi regionalizzati, modellazione 1D, leggi

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

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

Per la Microzonazione Sismica del Comune di Lastra a Signa 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 passiva 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 passiva del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.
Stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e Sh

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

PRODOTTI FINALI Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione);
Carta di Microzonazione Sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000, rappresentative dei parametri di FA, in termini di pseudoaccelerazione, corrispondenti ai periodi 0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s e 0.7-1.1 s;
Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) con eventuali modifiche; almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;
Relazione tecnica illustrativa della Carta MOPS e di Microzonazione Sismica.

Sintesi del quadro conoscitivo del livello 2

Il Livello 1 può quindi essere caratterizzato essenzialmente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Le finalità degli studi di MS di livello 1 sono:

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

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

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

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

Attraverso questo livello, quindi, sarà possibile:

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

Per 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 4.2 del dicembre 2020) in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

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

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

Il Livello 2, sviluppato per gli studi di pianificazione urbanistica 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 (PSA_{out}) e la controparte integrale dello spettro di accelerazione di ingresso (PSA_{in}). Questo fattore di amplificazione viene calcolato per periodi di riferimento specifici: brevi periodi - $0,1 < T < 0,5$ s; lunghi periodi - $0,4 < T < 0,8$ s e $0,7 < T < 1,1$ s.

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

Toscana Interna (Substrato sismico $\leq 30\text{m}$)

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

FA $0.1 < T < 0.5 \text{ s}$

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

FA $0.4 < T < 0.8 \text{ s}$

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

FA $0.7 < T < 1.1 \text{ s}$

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

Toscana Interna (Substrato sismico $\leq 30\text{m}$)

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

FA $0.1 < T < 0.5 \text{ s}$

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

FA $0.4 < T < 0.8 \text{ s}$

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

FA $0.7 < T < 1.1 \text{ s}$

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

Toscana Interna (Substrato sismico > 30m)

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

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V/m) 0.05g	<200	1.1	1.4	1.3							1.2
	300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.4
	500	1.1	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4
	700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
	≥800	1.0	1.0	1.0						1.1	1.0

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V/m) 0.05g	<200	1.6	2.1	2.1							2.0
	300	1.4	1.9	2.0	1.7	1.6	1.7	1.5	1.6	1.8	1.8
	500	1.2	1.6	1.7	1.5	1.5	1.6	1.4	1.6	1.6	1.5
	700	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.2
	≥800	1.1	1.2	1.2						1.1	1.1

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V/m) 0.05g	<200	2.1	2.6	2.5							2.4
	300	1.5	2.1	1.6	1.7	1.5	1.7	1.7	1.6	1.7	1.8
	500	1.2	1.8	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5	1.5
	700	1.1	1.5	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
	≥800	1.1	1.3	1.1						1.0	1.2

Toscana Interna (Substrato sismico > 30m)

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

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V/m) 0.05g	<200	1.0	1.3	2.0							1.2
	300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.4
	500	1.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.4
	700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
	≥800	1.0	1.0	1.0					1.2	1.1	1.0

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V/m) 0.05g	<200	1.5	1.9	2.1							1.8
	300	1.4	1.8	2.1	1.8	1.7	1.5	1.7	1.7	1.8	1.7
	500	1.2	1.6	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.6	1.6	1.5
	700	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.2
	≥800	1.0	1.2	1.2					1.1	1.1	1.1

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V/m) 0.05g	<200	2.0	2.5	2.1							2.2
	300	1.5	2.0	1.6	1.7	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8
	500	1.2	1.7	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5
	700	1.1	1.4	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
	≥800	1.1	1.3	1.1					0.9	1.0	1.2

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

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

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

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

- Verifica della congruenza tra le sezioni geologico-tecniche che definiscono il modello geologico 2D dell'area e la cartografia MOPS che rappresenta in realtà una ricostruzione 3D dello stesso modello geologico.
- Verifica della congruenza tra le sezioni geologico-tecniche e i risultati delle indagini (nel caso in cui non vi siano idonei rilievi sarà necessario effettuare ulteriori indagini al fine di completare la ricostruzione in termini sismostratigrafici del modello geologico).
- Controllo dell'estrapolazione di area del modello geologico tecnico 2D riportato nelle sezioni geologico tecniche.

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

- Prima fase

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

- Seconda fase

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

- Terza fase

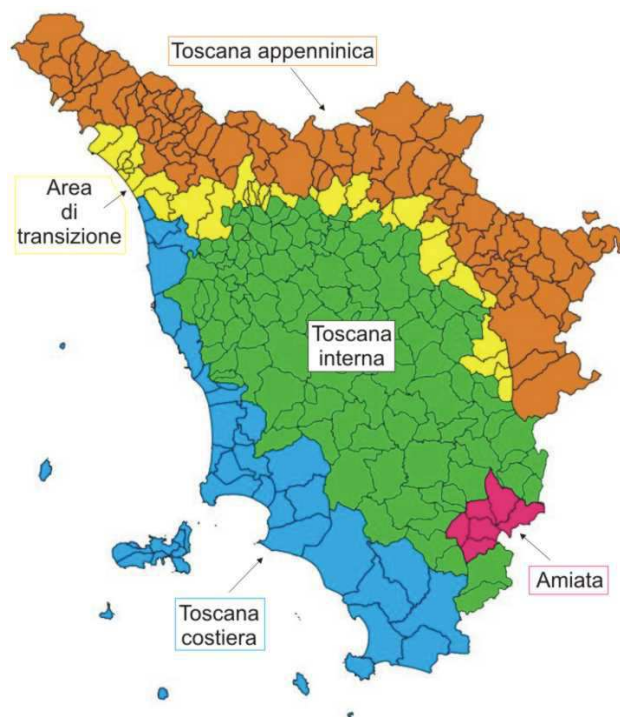
1. Caratterizzazione statistica della distribuzione di valori FA per singole tipologie litografiche e gruppi di accelerogrammi
2. Identificazione dei parametri sperimentali che caratterizzano le varie situazioni lito-stratigrafiche

- Quarta fase

1. Costruzione degli abachi
2. Convalida degli abachi

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

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



- Stima del valore di accelerazione di base: una volta definita la macroarea, è necessario stimare il valore di accelerazione di base per un tempo di ritorno di 475 anni per il centro abitato oggetto di analisi di secondo livello. I valori di soglia sono 0,15 g per le macroaree dell'Appennino toscano e dell'area di transizione e 0,125 g per la Toscana interna. Questa operazione consente di definire il tipo di abaco più adatto al contesto macrosismico dell'area di interesse.
- Verifica dell'idoneità: una volta identificato il sito di misurazione, deve essere verificato che sia adatto per l'applicazione degli abachi litostratigrafici di secondo livello.
- Stima della profondità del substrato: per ciascun sito di misurazione FH_a, 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 FH_a: 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 FH_a (0,1-0,5s), FH_a (0,4-0,8s) e di FH_a (0,7-1,1s).
- Estensione areale del modello: una volta definiti i fattori di amplificazione, l'estensione areale deve tenere conto del modello geologico desunto dallo studio di microzonazione sismica di livello 1, opportunamente integrato in questa fase.

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

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

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

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

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

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

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 4.2 del dicembre 2020) in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

8.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE

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

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

8.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE

Le Carte delle indagini (Tavole G01, G02 e G03) 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. certificazioni ed elaborazione grafiche e tabellari delle prove stesse).

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

Nelle Carte delle frequenze (Tavole G04, G05 e G06) 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 Lastra a Signa 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 Lastra a Signa 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 G07, G08 e G09) e rappresenta, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020), l'elaborato di compendio di tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) e della carta di microzonazione sismica.

Le unità geologico-litologiche vengono distinte tra terreni di copertura, con spessore minimo di 3,0 m, e substrato geologico rigido o non rigido, per giungere ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici. La suddivisione dei litotipi in classi predefinite permette, così, di identificare

situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità. Le tipologie dei terreni di copertura in base alle caratteristiche litologiche e i relativi codici corrispondenti vengono descritti utilizzando l'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985, modificato) come di seguito presentato:

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

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

Legenda della Carta Geologico Tecnica: terreni di copertura

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

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

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

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

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).

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

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

Terreni di copertura

- **Unità geologico-tecnica RI:** corrisponde ai terreni di riporto contenenti resti di attività antropica (h).
- **Unità geologico-tecnica GMes:** si tratta di terreni costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (argine/barre/canali). A questi corrispondono depositi alluvionali in evoluzione composti anche da materiale eterogeneo (b) e i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici (bnb).
- **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 detritici appartenenti ai detriti di falda (a3) e depositi di versante (aa) costituiti da accumuli gravitativi di materiale eterogeneo.
- **Unità geologico-tecnica GMdl:** si tratta di terreni costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (piana deltizia). A questi corrispondono coltri di materiali conglomeratici e/sabbioso/conglomeratici riconducibili ai depositi continentali Ruscianiani e Villafranchiani (VILa e VILe).
- **Unità geologico-tecnica SMec:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante (eluvi/colluvi). A questi corrispondono i depositi eluvio-colluviali (b2a).
- **Unità geologico-tecnica 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 e non (bna).
- **Unità geologico-tecnica SMdl:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (piana deltizia). A questi corrispondono coltri di materiali sabbiosi e sabbioso argillosi riconducibili ai depositi continentali Ruscianiani e Villafranchiani (VILb).
- **Unità geologico-tecnica MLtm:** si tratta di terreni costituiti da limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico costiero (terrazzo marino). A questi corrispondono coltri di materiali limoso argilloso sabbiosi e argille limoso sabbiose riconducibili ai depositi continentali Ruscianiani e Villafranchiani (VILh).

Per quanto riguarda i corpi di frana, questi sono stati riportati nelle cartografia secondo quanto previsto alla figure 1.1.2-5 delle norme ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020), evidenziando per ciascun corpo la sua natura (qualora riscontrabile) e lo stato di attività.

Substrato geologico

- **Unità geologico-tecnica LP:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla Formazione del Macigno in litofacies grossolana (MAC).

- **Unità geologico-tecnica LPS:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL) e alla Formazione del Macigno in litofacies fine (MACb).
- **Unità geologico-tecnica ALS:** corrisponde al substrato geologico costituito da un'alternanza di litotipi stratificati. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) e alle Marne di San Polo (MACc).
- **Unità geologico-tecnica SFAL:** corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litotipi molto fratturati e/o alterati. A questa unità appartengono i depositi appartenenti ai depositi olistostromici della formazione del Macigno (MACa).
- **Unità geologico-tecnica SFLPS:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate fratturate e/o alterate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), alla Formazione del Macigno in litofacies grossolana e fine (MAC e MACb) nel caso di un intenso grado di fratturazione e/o alterazione.
- **Unità geologico-tecnica SFALS:** corrisponde al substrato geologico costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, fratturati e/o alterati. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) e alle Marne di San Polo (MACc) nel caso di un intenso grado di fratturazione e/o alterazione.

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 4.2 del dicembre 2020).

SIGLA FORMAZIONE	NOME FORMAZIONE	UNITA' LITOLOGICO- TECNICA (VEL)	UNITA' GEOLOGICO- TECNICA (ICMS)
h5	Depositi antropici di riporto	h	RI
a1a,q,s	Accumuli gravitativi di materiale eterogeneo		
aa	Depositi di versante	E	GMfd
a3	Detriti di falda	E	GMfd
b	Depositi alluvionali in evoluzione	E2	GMes
bna	Depositi alluvionali recenti terrazzati e non	E3	SMes
bnb	Depositi alluvionali terrazzati	E2	GMes
b2a	Depositi eluvio-colluviali	E3	SMec
VILa	Conglomerati	C1	GMdl
VILb	Sabbie e sabbie argillose	C3	SMdl
VILe	Sabbie e conglomerati	C2	GMdl
VILh	Limi argilloso sabbiosi e argille limoso sabbiose	D	MLtm
MLL	Formazione di Monte Morello	B4	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
SIL	Formazione di Sillano	B5	ALS

			SFALS (se fratturato / alterato)
MAC	Macigno – litofacies grossolana	B3	LP SFLP (se fratturato / alterato)
MACc	Marne di San Polo	B4	ALS SFALS (se fratturato / alterato)
MACa	Olistostromi	Bc	SFAL
MACb	Macigno – litofacies fine	B3	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)

A corredo delle carte geologico-tecniche in scala 1:5.000 (Tavole G07, G08 e G09), per ciascun centro urbano di interesse, sono state realizzate alcune sezioni geologico-tecniche (Tavole G13, G14 e G15 in scala 1:2.000) rappresentative del modello geologico del sottosuolo. Tali sezioni sono state tracciate in modo tale da intersecare gli elementi strutturali e geomorfologici più rappresentativi anche in funzione delle condizioni di rischio sismico, nonché i rapporti stratigrafici più significativi per la valutazione della suscettibilità all'amplificazione sismica. Ciò ha permesso di rappresentare non solo il modello geologico-stratigrafico e strutturale locale, ma anche di mettere in evidenza le principali criticità legate al profilo dei versanti (scarpate con $h = 10-20$ m o $h > 20$ m, picchi isolati, zone di cresta, inclinazioni pendii elevate).

8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

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

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

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

Le **zone stabili** sono quelle nelle quali si ipotizza che non si verifichino significativi fenomeni di amplificazione sismica (presenza di substrato geologico/sismico in affioramento) e per le quali, perciò, in caso di evento sismico, sono attesi scuotimenti equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base dell’INGV. Considerando che la pericolosità sismica di base di un sito è definita sull’ipotesi di substrato litoide affiorante su superficie pianeggiante o con inclinazione inferiore a 15° , 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 4.2 del dicembre 2020). Relativamente a tale aspetto si è tenuto conto delle indicazioni di cui alle *“Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione”* editate dalla Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – (versione 1.0 del luglio 2013 e versione 1.20 beta del 2014).

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

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

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

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

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

8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La "Carta di Microzonazione Sismica" rappresenta l'elaborato cartografico fondamentale degli studi di microzonazione sismica 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 4.2 del dicembre 2020) alle seguenti categorie di microzone:

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

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

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

Nell'ambito degli approfondimenti di Livello 2 le amplificazioni vengono valutate attraverso abachi in funzione della bassa complessità del contesto nel quale è inquadrato lo studio. Nella Carta di Microzonazione Sismica viene riportato il parametro che quantifica l'amplificazione indicato dalla Regione.

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

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

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












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

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, 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.




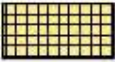
















Zone stabili (parametro di amplificazione uguale a 1.0). ¹²	
	1.0
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (classe del parametro di amplificazione). ¹³	
	1.1 - 1.2
	1.3 - 1.4
	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	2.5 - 3.0
	3.1 - 3.5
	>3.5

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	ZA _{RI} - Zona di Attenzione per instabilità di versante
Vedi Figura 1.1.4.2-1a	ZA _{LQ} - Zona di Attenzione per liquefazioni
	ZA _{FA} - Zona di Attenzione per faglie attive e capaci
	ZA _{CD} - Zona di Attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità sotterranee/sinkhole
	ZA _{ID} - Zona di Attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti

Estratto Fig. 1.1.4.2-1

Zone di attenzione per instabilità		
ZA _{RI}	ZA _{LQ}	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 G10, G11 e G12 in scala 1:5.000).

Zone stabili

ID	Descrizione Zona
1011	Substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), talora con riporti, compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i < 15^\circ$, basso c.i..
1041	Substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i < 15^\circ$, basso c.i..

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

ID	Descrizione Zona
Z1 (2001)	Substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i > 15^\circ$, basso c.i..
Z2 (2002)	Substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i < 15^\circ$, alto c.i..
Z3 (2003)	Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS), alto c.i..
Z4 (2004)	Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su substrato con alternanza di litotipi fratturato / alterato (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS), basso c.i..
Z5 (2005)	Substrato stratificato con alternanze di litotipi (ALS), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, talora con riporti, $i > 15^\circ$, basso c.i..
Z6 (2006)	Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggiante su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i..
Z7 (2007)	Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
Z8 (2008)	Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
Z9 (2009)	Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i..
Z10 (2010)	Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 30,0 e 50,0 m, su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i..
Z11 (2011)	Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
Z12 (2012)	Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggiante copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore maggiore di 30,0 m, su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i..
Z13 (2013)	Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
Z14 (2014)	Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggiante su copertura “plio-pleistocenica” costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, sovrastanti substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
Z15 (2015)	Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e

- di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z16 (2016)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z17 (2017)** Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z18 (2018)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z19 (2019)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Z20 (2020)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm) e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z21 (2021)** Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Z22 (2022)** Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm) e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Z23 (2023)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm) e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 10,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS), basso c.i..
- Z24 (2024)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z25 (2025)** Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, poggiante copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore maggiore di 30,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), e litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore compreso tra 10,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Z26 (2026)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Z27 (2027)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e

- di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Z28 (2028)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Z29 (2029)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Z30 (2030)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z31 (2031)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z32 (2032)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z33 (2033)** Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z34 (2034)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z35 (2035)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z36 (2036)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z37 (2037)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), presenti in superficie, e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Z38 (2038)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), presenti in superficie, e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- 2099a** Substrato con alternanza di litotipi fratturato /alterato (SFAL), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 5,0 m, talora con riporti, poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..

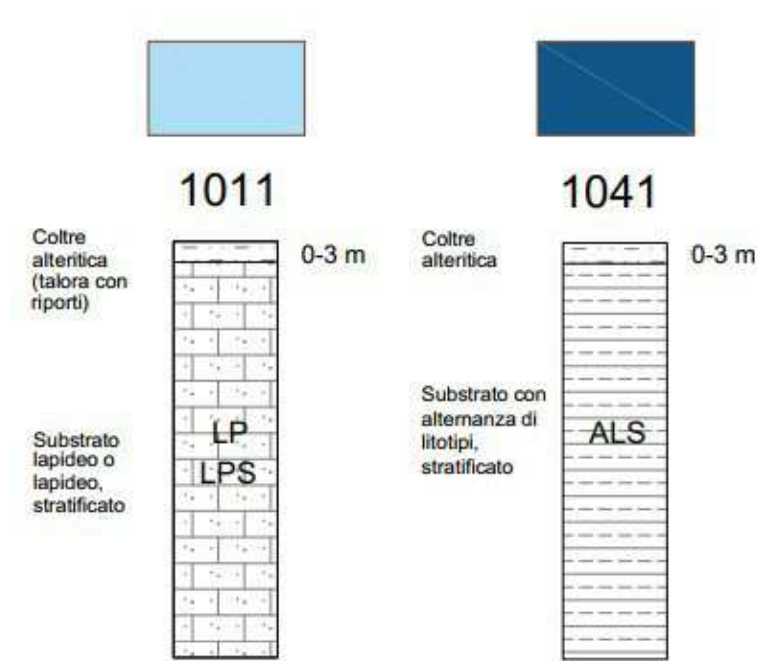
2099b	Substrato con alternanza di litotipi fratturato /alterato (SFAL), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 5,0 m, talora con riporti, poggianti a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
2099c	Substrato lapideo fratturato /alterato (SFLP) o un substrato lapideo stratificato fratturato /alterato (SFLPS) poggianti a profondità compresa tra 3,0 e 25,0 m su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), $i < 15^\circ$, basso c.i..
2099d	Substrato stratificato con alternanza di litotipi fratturato / alterato (SFALS) poggianti a profondità compresa tra 3,0 e 25,0 m su substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS), $i < 15^\circ$, basso c.i..

Zone di attenzione per le instabilità

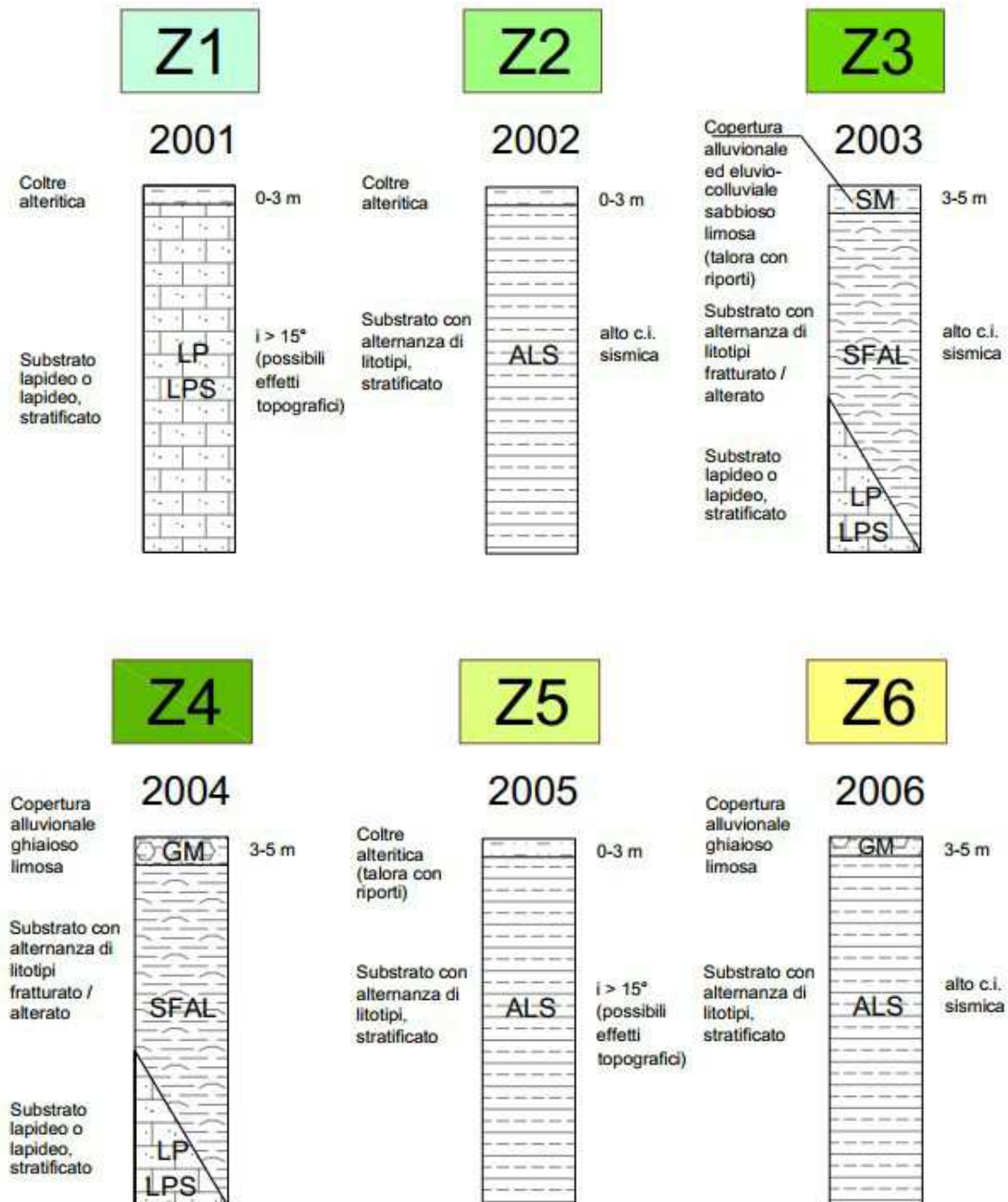
ID	Descrizione Zona
ZAFR1....n	Instabilità di versante per frana (con indicato il numero della zona stabile suscettibile di amplificazione locale a cui il corpo franoso è sovrastante).
ZACD	Cedimenti differenziali / crollo di cavità sotterranee / sinkhole.
ZAID	Sovrapposizione di instabilità differenti.

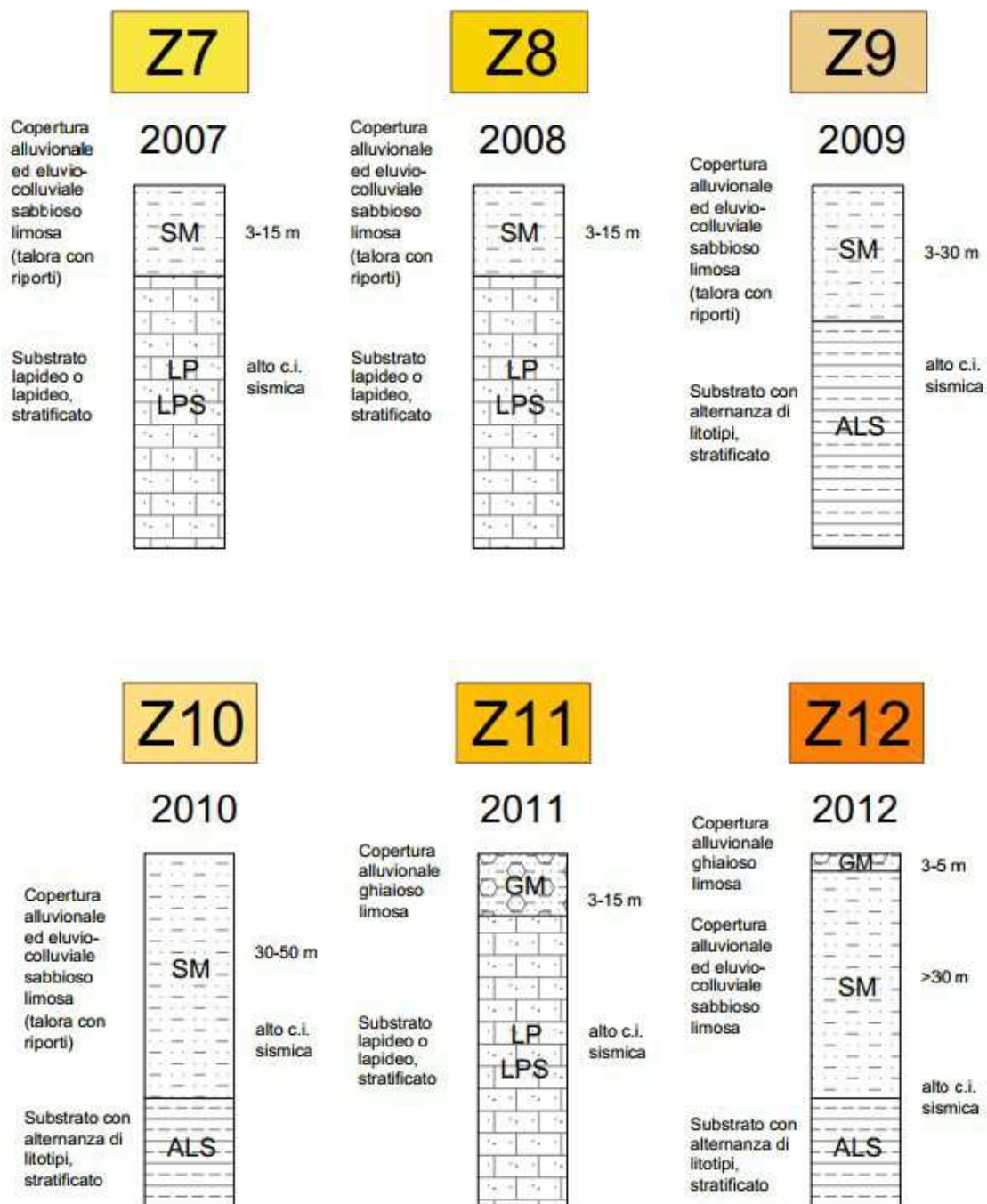
Di seguito vengono riportate graficamente le colonne sintetiche rappresentative delle suddette microzone, riportate anche nella specifica carta delle Mops.

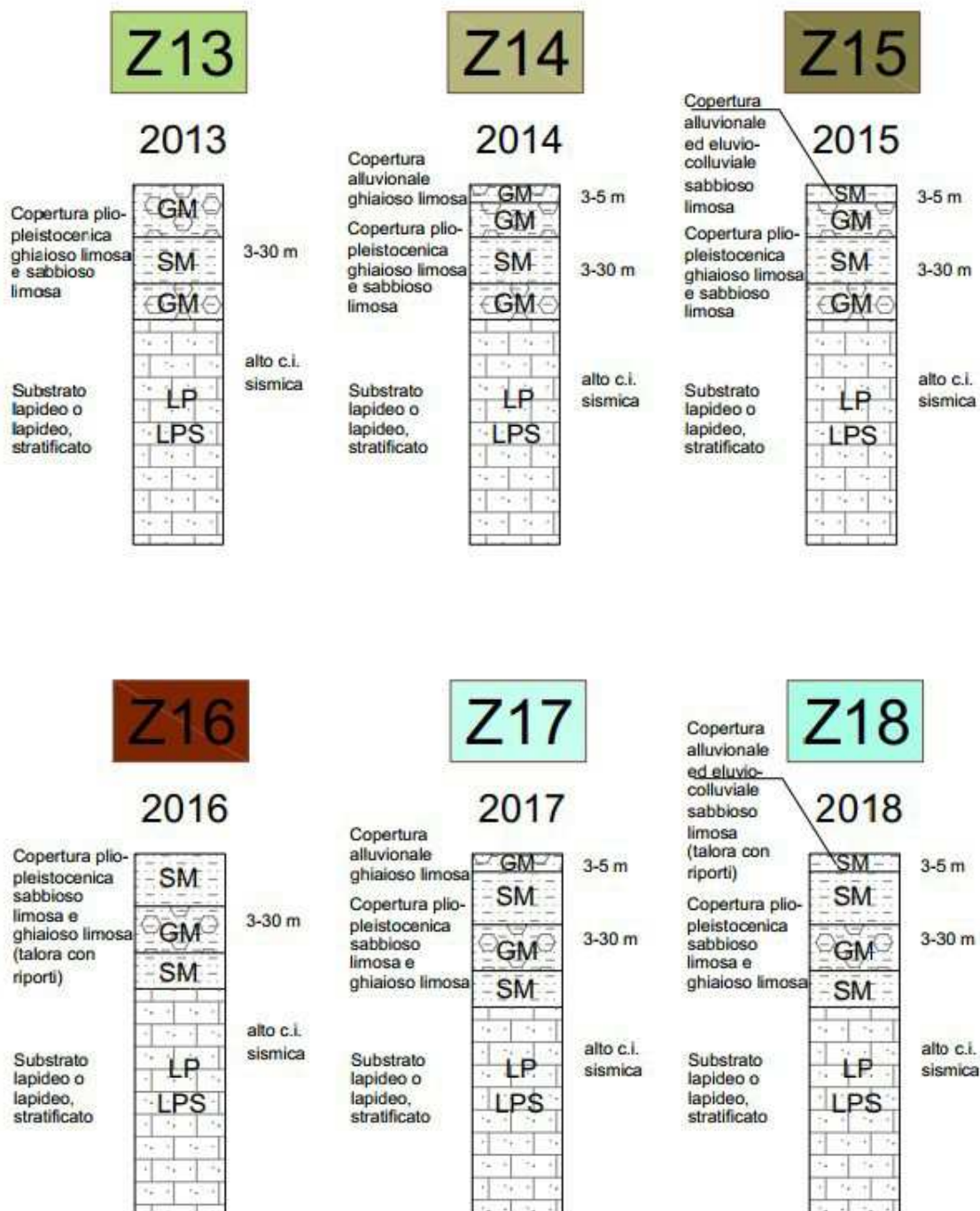
ZONE STABILI

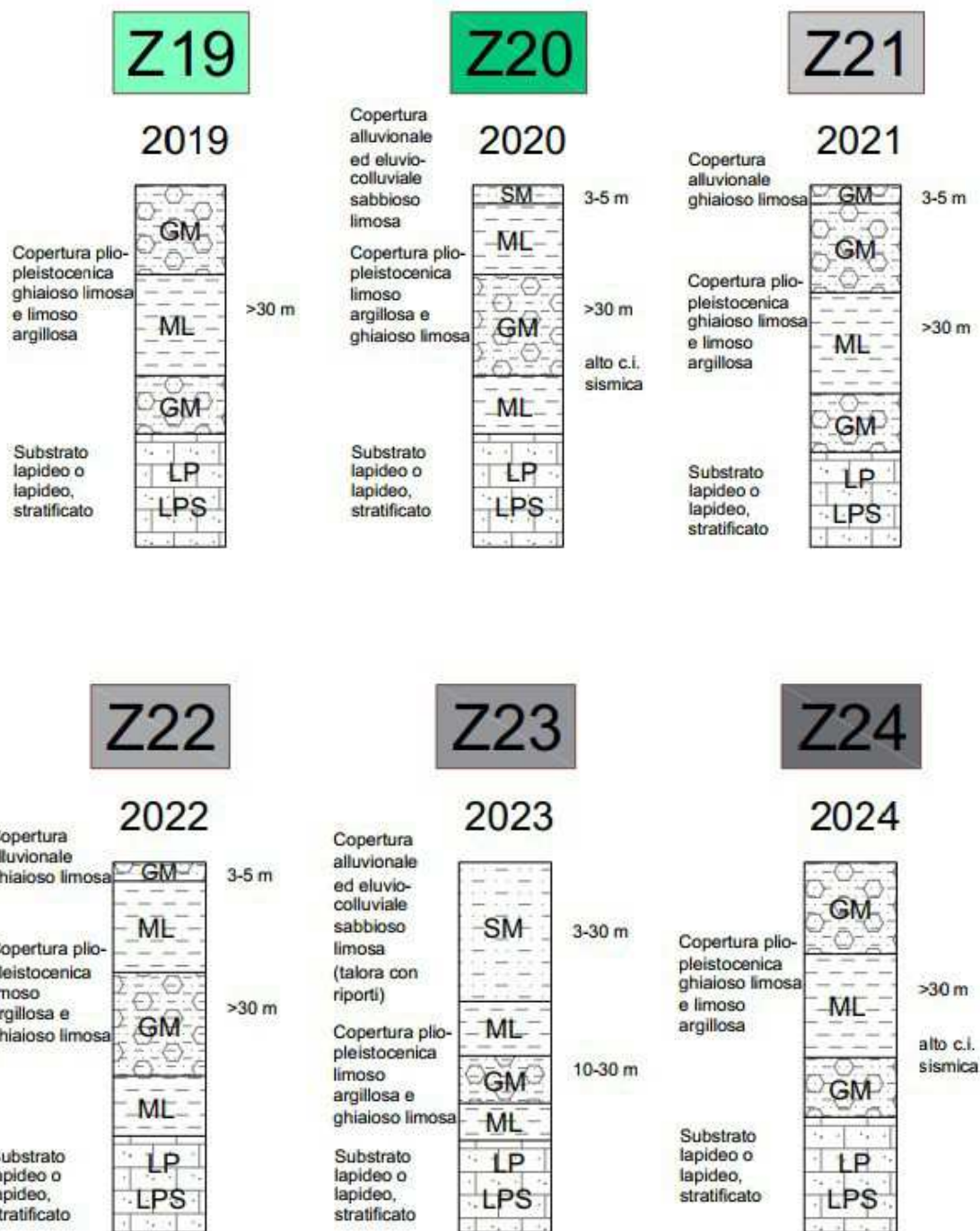


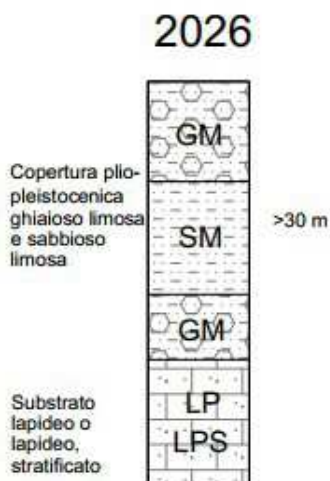
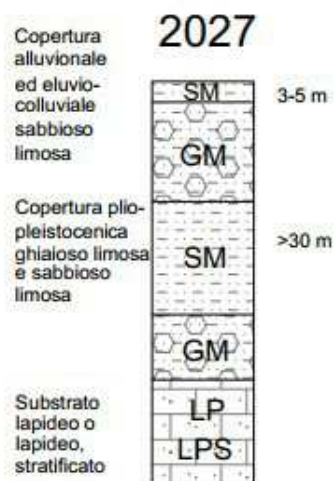
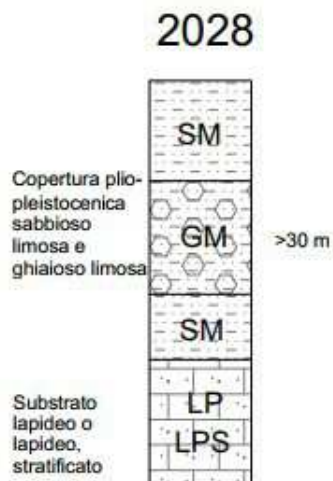
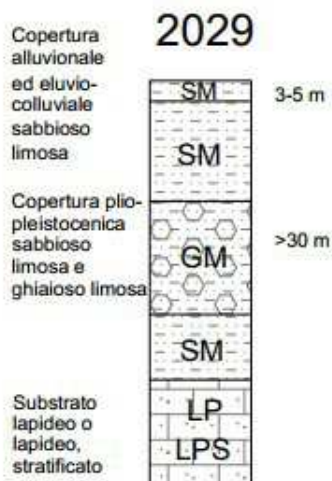
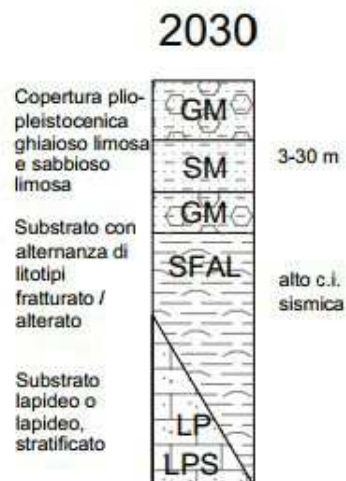
ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

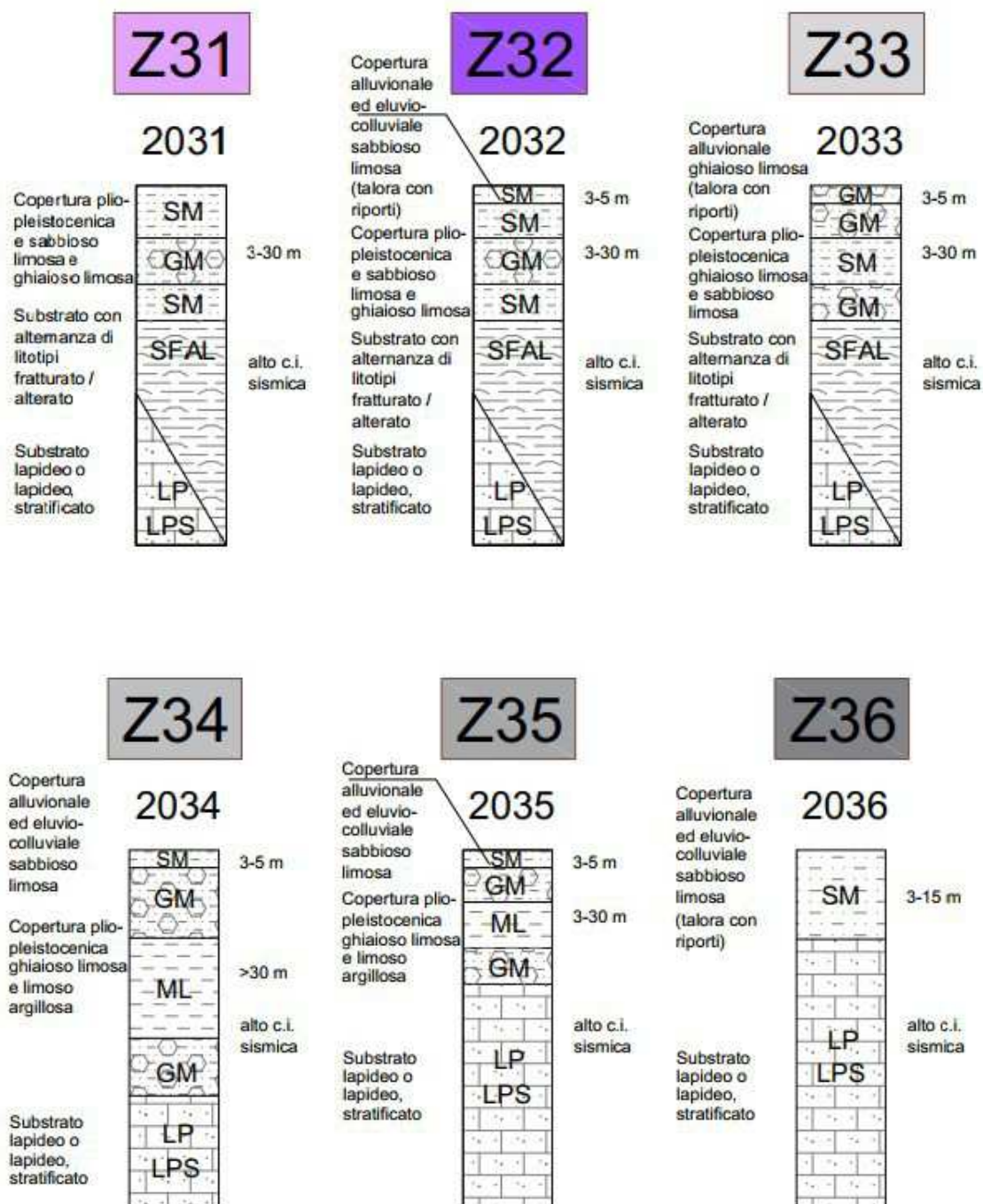


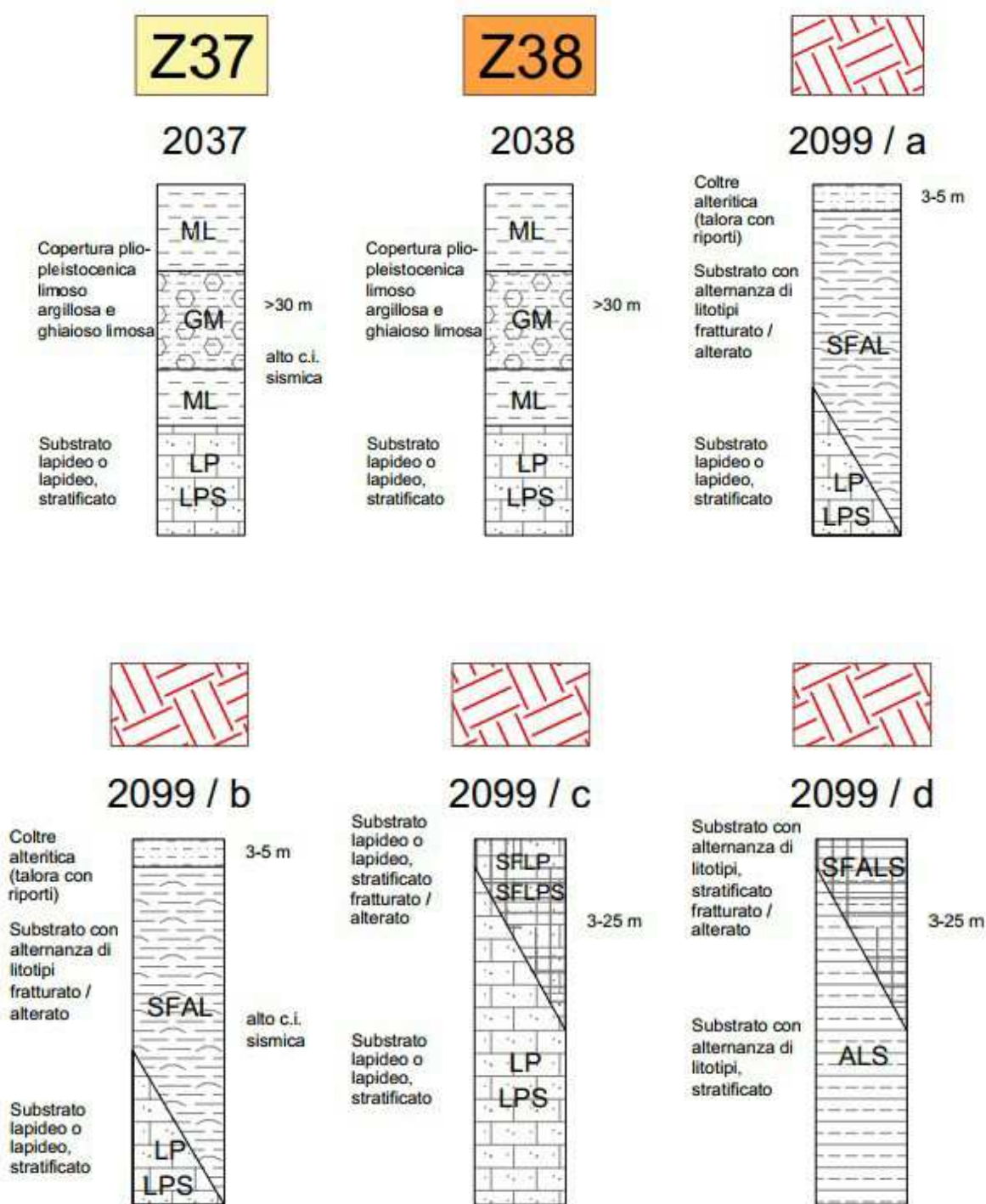






Z25**Z26****Z27****Z28****Z29****Z30**





ELABORAZIONI DI LIVELLO 2

Per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 del territorio comunale di Lastra a Signa, 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 0.4 e 0.8s;
- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0.7 e 1.1s;
- 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.

In termini metodologici si è proceduto:

- all'individuazione degli abachi relativi alla zona di interesse, corrispondente alla **Toscana Interna**;
- all'individuazione del valore di A_g (475 anni): è stata utilizzata la griglia dei valori indicati dall'INGV. Il territorio del Comune di Lastra a Signa ricade parzialmente (aree di Lastra a Signa – Ponte a Signa – Porto di Mezzo – La Lisca – Brucianesi, Malmantile – Quattro Strade e Belfiore) in **$A_g > 0,125g$** e, parzialmente (aree di Inno – Marliano, La Luna e Ginestra Fiorentina – Carcheri) in **$A_g < 0,125g$** .
- alla verifica della profondità del substrato (nel caso in esame risulta **sia inferiore che superiore a 30,0 m** nelle aree di Lastra a Signa – Ponte a Signa – Porto di Mezzo – La Lisca – Brucianesi e di Inno – Marliano, nella sua interezza **superiore a 30,0 m** nelle località di La Luna e Ginestra Fiorentina – Carcheri e, infine, nella sua interezza **inferiore a 30,0 m** nelle località di Malmantile – Quattro Strade e Belfiore.
- 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 quattro carte di cui le prime tre con i fattori di amplificazione relativi rispettivamente a $T_0 = 0.1-0.5s$, $T_0 = 0.4-0.8s$ e a $T_0 = 0.7-1.1s$; la quarta 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 tutte le Finestre di Amplificazione calcolate (Fh0.1-0.5, Fh0.4-0.8 e Fh0.7-1.1) delle particolarità dovute alla peculiarità del contesto geologico, già evidenziate negli studi di Microzonazione di Livello 1.

In particolare:

Per l'Intervallo 0.1-0.5s, con $A_g > 0.125g$ e profondità del substrato < 30 m le zone Mops 2001, 2002, 2008, 2013, 2014, 2015 e 2099 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,3–1,4, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde VsH e i seguenti valori medi di frequenza: VsEq = 500 m/s con $f_0 > 8$ Hz; VsEq = 500 m/s con $f_0 = 6,5$ Hz e VsEq = 300 m/s con $f_0 = 6,5$ Hz.

Le zone Mops 2003, 2007, 2016, 2017 e 2018 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7–1,8, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 4,5$ Hz con velocità delle onde VsH = 500 m/s e $f_0 = 2,5$ Hz con VsH = 300 m/s.

Le zone Mops 2006, 2009 e 2011 presentano, invece, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,9–2,0, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 4,5$ Hz con velocità delle onde VsH = 300 m/s.

Per l'Intervallo 0.1-0.5s, con $A_g > 0.125g$ e profondità del substrato > 30 m la zona Mops 2010 nel settore della prova P51 presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3–1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 1,5$ Hz con velocità delle onde VsH pari a 300 m/s.

Le zone Mops 2010 e 2012 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7–1,8, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ Hz con velocità delle onde VsH pari a 300 m/s.

Per l'Intervallo 0.1-0.5s, con $A_g < 0.125g$ e profondità del substrato < 30 m le zone Mops 2003, 2008 e 2099 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,3–1,4, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde VsH e i seguenti valori medi di frequenza: VsEq = 500 m/s con $f_0 > 8$ Hz e $f_0 = 6,5$ Hz.

Le zone Mops 2030, 2031, 2032 e 2033 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5–1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 4,5$ Hz con velocità delle onde VsH = 500 m/s.

La zona Mops 2016 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 con velocità delle onde VsH = 300 m/s.

Le zone Mops 2009, 2035 e 2036 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,9–2,0, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 4,5$ Hz con velocità delle onde VsH = 300 m/s e 500 m/s.

Per l'Intervallo 0.1-0.5s, con $A_g < 0.125g$ e profondità del substrato > 30 m le zone Mops 2019, 2021, 2022, 2023, 2025, 2028, 2029 e 2038 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3–1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 1,5$ Hz con velocità delle onde VsH pari a 300 m/s e valori di f_0 pari al 75° percentile e $f_0 > 8$ Hz con velocità delle onde VsH pari a 500 m/s.

Le zone Mops 2026 e 2027 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5–1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ Hz e $f_0 > 8$ Hz, con velocità delle onde VsH = 500 m/s.

Le zone Mops 2020, 2023 (settore centrale Ginestra Fiorentina), 2024, 2025 (settore centrale Ginestra Fiorentina), 2034 e 2037 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7–1,8, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ e $3,5$ Hz con velocità delle onde $V_sH = 300$ m/s.

Le zone Mops 2035 e 2036 presentano, invece, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,9–2,0, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 4,5$ Hz con velocità delle onde $V_sH = 300$ m/s.

Per l'Intervallo 0.4-0.8s, con $A_g > 0.125g$ e profondità del substrato < 30 m le zone Mops 2001, 2002, 2008, 2013, 2014, 2015 e 2099 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1–1,2, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde V_sH e i seguenti valori medi di frequenza: $V_{sEq} = 500$ m/s con $f_0 > 8$ Hz; $V_{sEq} = 500$ m/s con $f_0 = 6,5$ Hz e $V_{sEq} = 300$ m/s con $f_0 = 6,5$ Hz.

Le zone Mops 2006, 2007, 2009 e 2011 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3–1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 4,5$ Hz con velocità delle onde $V_sH = 300$ e 500 m/s.

Le zone Mops 2016, 2017 e 2018 presentano, invece, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 2,1-2,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ Hz con velocità delle onde $V_sH = 300$ m/s.

Per l'Intervallo 0.4-0.8s, con $A_g > 0.125g$ e profondità del substrato > 30 m la zona Mops 2010 nel settore della prova P51 presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7–1,8, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 1,5$ Hz con velocità delle onde V_sH pari a 300 m/s.

Le zone Mops 2010 e 2012 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 2,1-2,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ Hz con velocità delle onde V_sH pari a 300 m/s.

Per l'Intervallo 0.4-0.8s, con $A_g < 0.125g$ e profondità del substrato < 30 m le zone Mops 2001, 2008 e 2099 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1–1,2, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde V_sH e i seguenti valori medi di frequenza: $V_{sEq} = 500$ m/s con $f_0 > 8$ Hz e $f_0 = 6,5$ Hz.

Le zone Mops 2030, 2031, 2032, 2033, 2035 e 2036 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3–1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 4,5$ Hz con velocità delle onde $V_sH = 300$ e 500 m/s.

La zona Mops 2016 presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 2,1–2,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ Hz con velocità delle onde $V_sH = 300$ m/s.

Per l'Intervallo 0.4-0.8s, con $A_g < 0.125g$ e profondità del substrato > 30 m le zone Mops 2028 e 2029 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3–1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 1,5$ Hz con velocità delle onde V_sH pari a 300 m/s.

Le zone Mops 2019, 2021, 2022, 2026, 2027 e 2038 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5–1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 > 8$ Hz con velocità delle onde V_sH pari a 500 m/s e valori di f_0 pari al 75° percentile con velocità delle onde V_sH pari a 500 m/s.

Le zone Mops 2023 (settore centrale Ginestra Fiorentina) e 2025 (settore centrale Ginestra Fiorentina) presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7–1,8, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 3,5$ Hz con velocità delle onde $V_sH = 300$ m/s.

Le zone Mops 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2034 e 2037 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,9–2,0, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 1,5$ e $2,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 300$ m/s.

Per l'Intervallo 0.7-1.1s, con $A_g > 0.125g$ e profondità del substrato < 30 m le zone Mops 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 2008, 2009, 2011, 2013, 2014, 2015 e 2099 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1–1,2, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde V_{sH} e i seguenti valori medi di frequenza: $V_{sEq} = 500$ m/s con $f_0 > 8$ Hz; $V_{sEq} = 500$ m/s con $f_0 = 6,5$ Hz, $V_{sEq} = 300$ m/s con $f_0 = 6,5$ Hz, $V_{sEq} = 300$ m/s con $f_0 = 4,5$ Hz e $V_{sEq} = 500$ m/s con $f_0 = 4,5$ Hz.

Le zone Mops 2016, 2017 e 2018 presentano, invece, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5–1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 300$ m/s.

Per l'Intervallo 0.7-1.1s, con $A_g > 0.125g$ e profondità del substrato > 30 m le zone Mops 2010 e 2012 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ Hz con velocità delle onde V_{sH} pari a 300 m/s.

La zona Mops 2010 nel settore della prova P51 presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3–1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 1,5$ Hz con velocità delle onde V_{sH} pari a 300 m/s.

Per l'Intervallo 0.7-1.1s, con $A_g < 0.125g$ e profondità del substrato < 30 m le zone Mops 2003, 2008, 2009, 2030, 2031, 2032, 2033, 2035, 2036 e 2099 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1–1,2, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde V_{sH} e i seguenti valori medi di frequenza: $V_{sEq} = 500$ m/s con $f_0 > 8$ Hz, $V_{sEq} = 500$ m/s con $f_0 = 4,5$ Hz e $6,5$ Hz e $V_{sEq} = 300$ m/s con $f_0 = 4,5$ Hz.

La zona Mops 2016 presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 300$ m/s.

Per l'Intervallo 0.7-1.1s, con $A_g < 0.125g$ e profondità del substrato > 30 m le zone Mops 2020, 2024, 2028 e 2029 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3–1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 1,5$ Hz con velocità delle onde V_{sH} pari a 300 m/s e valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ Hz con velocità delle onde V_{sH} pari a 500 m/s.

Le zone Mops 2019, 2020, 2021, 2022, 2024, 2026, 2027, 2034, 2037 e 2038 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5–1,6, considerando nell'abaco di riferimento le seguenti velocità delle onde V_{sH} e i seguenti valori medi di frequenza: $V_{sEq} = 500$ m/s con $f_0 > 8$ Hz, $V_{sEq} = 500$ m/s con f_0 pari al 75° percentile e $V_{sEq} = 300$ m/s con $f_0 = 2,5$ Hz.

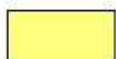
Le zone Mops 2023 (settore centrale Ginestra Fiorentina) e 2025 (settore centrale Ginestra Fiorentina) presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7–1,8, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 3,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 300$ m/s.

Le zone Mops 2023 e 2025 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 2,1-2,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 1,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 300$ m/s.


Zone stabili

 FA = 1

Zone stabili suscettibili di amplificazione locale


 FA = 1,1 - 1,2

 FA = 1,3 - 1,4

 FA = 1,5 - 1,6

 FA = 1,7 - 1,8

 FA = 1,9 - 2,0

 FA = 2,1 - 2,2

Legenda delle carte di Microzonazione Sismica

Inoltre sono state valutate

le **Zone di attenzione per instabilità** e in particolare le zone interessate dalla presenza di *instabilità di versante*, comprendenti le aree interessate da frane attive o quiescenti 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**.

Si riportano di seguito le Microzone Sismiche individuate nello studio di Secondo Livello e la loro descrizione. (come presentate negli elaborati Tavole G16, G17, G18, G19, G20, G21, G22, G23 e G24, in scala 1:5.000).

Zone stabili

ID	Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona
(1011)	Substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), talora con riporti, compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i < 15^\circ$, basso c.i. FH 0,1-0,5 1,0 FH 0,5-1,0 1,0 FPGA 1,0
(1041)	Substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i < 15^\circ$, basso c.i. FH 0,1-0,5 1,0 FH 0,5-1,0 1,0 FPGA 1,0

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

ID	Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona
Z1 (2001)	<p>Substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i > 15^\circ$, basso c.i..</p> <p><i>Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g</i></p> <p>FA 0,1-0,5 1,3 FA 0,4-0,8 1,2 FA 0,7-1,1 1,2</p>
Z2 (2002)	<p>Substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i < 15^\circ$, alto c.i..</p> <p><i>Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g</i></p> <p>FA 0,1-0,5 1,3 FA 0,4-0,8 1,2 FA 0,7-1,1 1,2</p>
Z3 (2003)	<p>Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..</p> <p><i>Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g</i></p> <p>FA 0,1-0,5 1,7 FA 0,4-0,8 1,3 FA 0,7-1,1 1,1</p> <p><i>Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,125g</i></p> <p>FA 0,1-0,5 1,4 FA 0,4-0,8 1,1 FA 0,7-1,1 1,1</p>
Z4 (2004)	<p>Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su substrato con alternanza di litotipi fratturato / alterato (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..</p> <p><i>Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g</i></p> <p>FA 0,1-0,5 1,4 FA 0,4-0,8 1,1 FA 0,7-1,1 1,1</p>
Z5 (2005)	<p>Substrato stratificato con alternanze di litotipi (ALS), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, talora con riporti, $i > 15^\circ$, basso c.i..</p> <p><i>Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g</i></p> <p>FA 0,1-0,5 1,4 FA 0,4-0,8 1,1 FA 0,7-1,1 1,1</p>
Z6 (2006)	<p>Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggiante su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i..</p> <p><i>Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g</i></p> <p>FA 0,1-0,5 2,0 FA 0,4-0,8 1,4 FA 0,7-1,1 1,2</p>
Z7 (2007)	<p>Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..</p> <p><i>Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g</i></p> <p>FA 0,1-0,5 1,7 FA 0,4-0,8 1,3 FA 0,7-1,1 1,1</p>
Z8 (2008)	<p>Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..</p> <p><i>Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g</i></p> <p>FA 0,1-0,5 1,3 FA 0,4-0,8 1,2 FA 0,7-1,1 1,2</p>

- Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,3
 FA 0,4-0,8 1,2
 FA 0,7-1,1 1,2
- Z9 (2009)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i..
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g**
 FA 0,1-0,5 2,0
 FA 0,4-0,8 1,4
 FA 0,7-1,1 1,2
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,9
 FA 0,4-0,8 1,4
 FA 0,7-1,1 1,1
- Z10 (2010)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 30,0 e 50,0 m, su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i..
- Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,7 – 1,4 (settore prova P51)
 FA 0,4-0,8 2,1 – 1,8 (settore prova P51)
 FA 0,7-1,1 1,6 – 2,0 (settore prova P51)
- Z11 (2011)** Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g**
 FA 0,1-0,5 2,0
 FA 0,4-0,8 1,4
 FA 0,7-1,1 1,2
- Z12 (2012)** Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggianti copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore maggiore di 30,0 m, su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i..
- Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,7
 FA 0,4-0,8 2,1
 FA 0,7-1,1 1,6
- Z13 (2013)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,3
 FA 0,4-0,8 1,2
 FA 0,7-1,1 1,2
- Z14 (2014)** Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggianti su copertura “plio-pleistocenica” costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, sovrastanti substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,3
 FA 0,4-0,8 1,2
 FA 0,7-1,1 1,2
- Z15 (2015)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall’alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g**

	FA 0,1-0,5	1,3
	FA 0,4-0,8	1,2
	FA 0,7-1,1	1,2
Z16 (2016)	Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i.. <i>Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,125g</i>	
	FA 0,1-0,5	1,8
	FA 0,4-0,8	2,2
	FA 0,7-1,1	1,5
Z17 (2017)	Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i.. <i>Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g</i>	
	FA 0,1-0,5	1,8
	FA 0,4-0,8	2,2
	FA 0,7-1,1	1,5
Z18 (2018)	Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i.. <i>Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g</i>	
	FA 0,1-0,5	1,8
	FA 0,4-0,8	2,2
	FA 0,7-1,1	1,5
Z19 (2019)	Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i.. <i>Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g</i>	
	FA 0,1-0,5	1,6
	FA 0,4-0,8	1,6
	FA 0,7-1,1	1,5
Z20 (2020)	Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm) e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i.. <i>Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g</i>	
	FA 0,1-0,5	1,7 (Inno-Marliano)
	FA 0,4-0,8	2,0 (Inno-Marliano)
	FA 0,7-1,1	1,6 (Inno-Marliano)
Z21 (2021)	Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i.. <i>Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,125g</i>	
	FA 0,1-0,5	1,4
	FA 0,4-0,8	1,5
	FA 0,7-1,1	1,5
Z22 (2022)	Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm) e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..	

- Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,6
 FA 0,4-0,8 1,6
 FA 0,7-1,1 1,5
- Z23 (2023)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm) e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 10,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,8 (porzione centrale abitato di Ginestra Fiorentina) – 1,4
 FA 0,4-0,8 1,7 (porzione centrale abitato di Ginestra Fiorentina) – 1,9
 FA 0,7-1,1 1,7 (porzione centrale abitato di Ginestra Fiorentina) – 2,1
- Z24 (2024)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
- Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,7
 FA 0,4-0,8 2,0
 FA 0,7-1,1 1,6
- Z25 (2025)** Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, poggiante copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore maggiore di 30,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), e litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore compreso tra 10,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,8 (porzione centrale abitato di Ginestra Fiorentina) – 1,4
 FA 0,4-0,8 1,7 (porzione centrale abitato di Ginestra Fiorentina) – 1,9
 FA 0,7-1,1 1,7 (porzione centrale abitato di Ginestra Fiorentina) – 2,1
- Z26 (2026)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,6
 FA 0,4-0,8 1,6
 FA 0,7-1,1 1,5
- Z27 (2027)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,6
 FA 0,4-0,8 1,6
 FA 0,7-1,1 1,5
- Z28 (2028)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
- Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g**
 FA 0,1-0,5 1,4
 FA 0,4-0,8 1,9
 FA 0,7-1,1 2,1
- Z29 (2029)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di

- natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g
 FA 0,1-0,5 1,4
 FA 0,4-0,8 1,9
 FA 0,7-1,1 2,1
- Z30 (2030)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g
 FA 0,1-0,5 1,6
 FA 0,4-0,8 1,3
 FA 0,7-1,1 1,1
- Z31 (2031)** Copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g
 FA 0,1-0,5 1,6
 FA 0,4-0,8 1,3
 FA 0,7-1,1 1,1
- Z32 (2032)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g
 FA 0,1-0,5 1,6
 FA 0,4-0,8 1,3
 FA 0,7-1,1 1,1
- Z33 (2033)** Copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g
 FA 0,1-0,5 1,6
 FA 0,4-0,8 1,3
 FA 0,7-1,1 1,1
- Z34 (2034)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g
 FA 0,1-0,5 1,7
 FA 0,4-0,8 2,0
 FA 0,7-1,1 1,6
- Z35 (2035)** Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..

	Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,125g
	FA 0,1-0,5 1,9
	FA 0,4-0,8 1,4
	FA 0,7-1,1 1,1
Z36 (2036)	Copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,125g
	FA 0,1-0,5 1,9
	FA 0,4-0,8 1,4
	FA 0,7-1,1 1,1
Z37 (2037)	Copertura "plio-pleistocenica" costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), presenti in superficie, e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
	Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g
	FA 0,1-0,5 1,7
	FA 0,4-0,8 2,0
	FA 0,7-1,1 1,6
Z38 (2038)	Copertura "plio-pleistocenica" costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), presenti in superficie, e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
	Profondità substrato > 30,0 m; Ag < 0,125g
	FA 0,1-0,5 1,7
	FA 0,4-0,8 2,0
	FA 0,7-1,1 1,6
(2099)	Substrato con alternanza di litotipi fratturato /alterato (SFAL), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 5,0 m, talora con riporti, poggianti a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), basso c.i..
	Substrato con alternanza di litotipi fratturato /alterato (SFAL), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 5,0 m, talora con riporti, poggianti a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), alto c.i..
	Substrato lapideo stratificato fratturato / alterato (SFLPS) poggianti a profondità compresa tra 3,0 e 25,0 m su substrato lapideo stratificato (LPS) o substrato lapideo (LP), i <15°, basso c.i..
	Substrato stratificato con alternanza di litotipi fratturato / alterato (SFALS) poggianti a profondità compresa tra 3,0 e 25,0 m su substrato stratificato con alternanza di litotipi (ALS), i <15°, basso c.i..
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g
	FA 0,1-0,5 1,3
	FA 0,4-0,8 1,2
	FA 0,7-1,1 1,2
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag < 0,125g
	FA 0,1-0,5 1,3
	FA 0,4-0,8 1,2
	FA 0,7-1,1 1,2

Zone di attenzione per le instabilità

ID	Descrizione Zona
ZAFR1....n	Instabilità di versante per frana (con indicato il numero della zona stabile suscettibile di amplificazione locale a cui il corpo franoso è sovrastante).
ZACD	Cedimenti differenziali / crollo di cavità sotterranee / sinkhole.
ZAIID	Sovrapposizione di instabilità differenti.

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 Ag di riferimento – $Ag > 0 <$

0,125 e profondità del substrato - > o < 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 F0) e delle indagini lineari (valore di Vs) eseguiti, nonché i valori dei fattori di amplificazione nei periodi 0,1-0,5s, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

Si precisa che per le Zone prive di specifiche indagini sismiche di tipo Hvsr o lineari i fattori di amplificazione sono stati ricavati in funzione dei risultati delle indagini sismiche eseguiti in aree limitrofe aventi successione stratigrafica simile e/o interpretate sulla scorta dei risultati delle indagini sismiche eseguite in contesti geologici analoghi ma in aree a diverso Ag di riferimento.

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 tutti gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s), indipendentemente dal relativo valore di Ag di riferimento.

LASTRA A SIGNA-PONTE A SIGNA-PORTO DI MEZZO-LA LISCA-BRUCIANESI – ABACO > 0.125g								
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.4-0.8s)	Fa (0.7-1.1s)
2001	P59	no indagini lineari	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2002	P56 P68	L1 L2 L5 L6 L9 L24	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2003	P43 P44 P45	non indagini lineari	< 30m	500	4.5	1.7	1.3	1.1
2004	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	6.5	1.4	1.1	1.1
2005	no indagini puntuali e lineari		< 30m	300	6.5	1.4	1.1	1.1
2006	P46	L12	< 30m	300	4.5	2.0	1.4	1.2
2007	P48	no indagini lineari	< 30m	500	4.5	1.7	1.3	1.1
2008	P47	L4	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2009	P49 P50 P54 P55 P57 P67	L7 L8 L12 L15	< 30m	300	4.5	2.0	1.4	1.2
2010	P52 P64 P65 P66 P69 P71 P72 P70 P77 P78	L14 L16	> 30m	300	2.5	1.7	2.1	1.6
	P51	no indagini lineari	> 30m	300	1.5	1.4	1.8	2.0
2011	P76	L13	< 30m	300	4.5	2.0	1.4	1.2
2012	no indagini puntuali e lineari		> 30m	300	2.5	1.7	2.1	1.6
2016	no indagini puntuali e lineari		< 30m	300	2.5	1.8	2.2	1.5
2099	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2

MALMANTILE-QUATTRO STRADE – ABACO > 0.125g								
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.4-0.8s)	Fa (0.7-1.1s)
2001	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2

2008	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2013	P81 P82 P983 P98	L17	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2014	P80 P85	no indagini lineari	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2015	P79	L17	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2016	P99	L21	< 30m	300	2.5	1.8	2.2	1.5
2017	no indagini puntuali	L21	< 30m	300	2.5	1.8	2.2	1.5
2018	no indagini puntuali e lineari		< 30m	300	2.5	1.8	2.2	1.5
2099	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2

BELFIORE – ABACO > 0.125g								
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.4-0.8s)	Fa (0.7-1.1s)
2001	P100	no indagini lineari	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2008	P80 P85	no indagini lineari	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2099	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2

INNO-MARLIANO – ABACO < 0.125g								
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.4-0.8s)	Fa (0.7-1.1s)
2003	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	6.5	1.4	1.1	1.1
2008	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2009	no indagini puntuali e lineari		< 30m	300	4.5	1.9	1.4	1.1
2020	P109 P110	L22	> 30m	300	2.5	1.7	2.0	1.6
2024	P111	no indagini lineari	> 30m	300	2.5	1.7	2.0	1.6
2030	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	4.5	1.6	1.3	1.1
2031	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	4.5	1.6	1.3	1.1
2032	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	4.5	1.6	1.3	1.1
2033	no indagini puntuali e lineari		< 30m	500	4.5	1.6	1.3	1.1
2034	no indagini puntuali e lineari		> 30m	300	2.5	1.7	2.0	1.6
2035	no indagini puntuali e lineari		< 30m	300	4.5	1.9	1.4	1.1
2036	no indagini puntuali e lineari		< 30m	300	4.5	1.9	1.4	1.1
2037	no indagini puntuali	L22	> 30m	300	2.5	1.7	2.0	1.6
2099	P103	no indagini lineari	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2

LA LUNA – ABACO < 0.125g								
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.4-0.8s)	Fa (0.7-1.1s)
2026	P106 P112	no indagini lineari	> 30m	500	>8	1.6	1.6	1.5
2027	no indagini puntuali e lineari		> 30m	500	>8	1.6	1.6	1.5
2028	P104 P105 P107 P113	L31	> 30m	300	1.5	1.4	1.9	2.1
2029	no indagini puntuali e lineari		> 30m	300	1.5	1.4	1.9	2.1

GINESTRA FIORENTINA-CARCHERI – ABACO < 0.125g								
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.4-0.8s)	Fa (0.7-1.1s)
2019	P117	L26 L27	> 30m	500	75° perc	1.4	1.5	1.5
2021	P96	L32	> 30m	500	75° perc	1.4	1.5	1.5
2022	P94	no indagini lineari	> 30m	500	75° perc	1.4	1.5	1.5
2023	P91 P116 P118	L18 L25 L28 L30	> 30m	300	3.5	1.8	1.7	1.7
	P90 P95 P115	no indagini lineari	> 30m	300	1.5	1.4	1.9	2.1
2025	no indagini puntuali e lineari		> 30m	300	3.5	1.8	1.7	1.7
			> 30m	300	1.5	1.4	1.9	2.1
2038	P92 P93	L19 L29	> 30m	500	75° perc	1.4	1.5	1.5

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.

LASTRA A SIGNA – Capoluogo (incluso Ponte a Signa, Porto di Mezzo e La Lisca)

(vedi tavv. G01, G04, G07, G13, G16, G19 e G22 in scala 1:5.000 e G10 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge il capoluogo di Lastra a Signa è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili ai depositi olocenici, caratterizzati prevalentemente dai depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). Questi poggiano, nella porzione meridionale dell'abitato, sui terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL), che caratterizza, con litologie prevalentemente argillitico e siltitico marnose, la fascia pedecollinare dal corso del Torrente Rimaggio all'estremo margine est del territorio comunale. La Formazione di Sillano (SIL) è sormontata stratigraficamente mediante contatto tettonico dalla Formazione di Monte Morello (MLL) con prevalenti litologie calcareo marnose e che costituisce i settori collinari posti a sud est del capoluogo. L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti meridionali con inclinazioni che variano generalmente tra 5° e 15°, con locali situazioni di stratificazione suborizzontale. Ne risulta un assetto giaciturale blandamente e localmente ondulato con assetto generale che varia da suborizzontali a reggipoggio.

Al piede della fascia pedecollinare sono presenti, talora e in particolare nella porzione orientale del settore in esame (ad est del Borro della Guardiana), depositi riconducibili a fenomenologie eluvio-colluviali (b2a).

I settori collinari ad ovest del Torrente Rimaggio e a monte dell'abitato di Ponte a Signa sono costituiti dalle litologie torbiditiche arenacee a granulometria da media a grossolana appartenenti alla formazione del Macigno (MAC) a contatto mediante un fascio di faglie, a carattere generalmente normale o di natura incerta e con direzione circa nord-sud, con i termini dell'Unità di Monte Morello presenti ad est e precedentemente descritti. L'assetto giaciturale della formazione presenta immersione degli strati prevalentemente verso i quadranti nord-orientali con inclinazioni che variano generalmente tra 15° e 30°, con locali situazioni di stratificazione

immergente verso i quadranti meridionali. L'assetto degli strati è generalmente quello a franapoggio, da più inclinato a meno inclinato del pendio, o con giacitura a traverpoggio.

Il settore terminale della fascia pedecollinare, su cui si ubica l'abitato di Ponte a Signa è invece contraddistinto dalla presenza di litotipi riconducibili sia ai depositi eluvio-colluviali (b2a) nonché ai depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). Su quest'ultimi sorge l'abitato di La Lisca.

Mediante ulteriori strutture tettoniche a movimento normale o incerto e con direzione circa nord-est/sud-ovest presenti nell'areale in corrispondenza delle località Palazzina – Colle Alberti, la formazione del Macigno (MAC) è giustapposta nuovamente ai litotipi della Formazione di Sillano (SIL) che costituisce il substrato geologico delle aree collinari presenti, subito a monte della S.S. 67 Tosco-Romagnola, a sud dell'abitato di Porto di Mezzo. Si ha la presenza di depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna) in una ristretta fascia parallela al corso del Fiume Arno. A tal riguardo si precisa che in corrispondenza del corso del Fiume Arno si ha la presenza dei depositi alluvionali attuali (b).

I settori collinari sono, talora, interessati da locali distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative il cui stato di attività appare in parte attivo ed in parte quiescente.

Il quadro generale è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali e delle arginature in corrispondenza dei principali corsi fluviali (Fiume Arno, Torrente Vingone e Torrente Rimaggio).

Il quadro geomorfologico è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non e di altezze sia maggiore che inferiore a 10,0 ml.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 5%) nel settore pianeggiante su cui sorgono i principali centri abitati (Capoluogo, Ponte a Signa, Porto di Mezzo e La Lisca) mentre una acclività da medio-bassa (pendenze comprese tra 5% e 15%) a medio-elevata dei versanti (pendenze comprese tra 15% e 25%), in corrispondenza dei settori collinari, in particolare in corrispondenza dei litotipi appartenenti alle formazioni del Dominio Ligure. Talora i rilievi collinari, e in particolare in corrispondenza dei terreni attribuibili alla formazione del Macigno (MAC), presentano acclività con pendenze > 25%.

Di tali 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. 21 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 2 strumentati con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 12 prove penetrometriche di cui n. 11 prove penetrometriche statiche e n. 1 prova penetrometrica dinamica;
- n. 19 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 2 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 8 indagini di sismica tipo MASW;
- n. 3 prove di sismica passiva con tecnica HVSR;
- n. 2 indagini di sismica in foro tipo down-hole

Sono state, inoltre collezionate, le indagini eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 nell'ambito del vigente Piano Strutturale Comunale.

Queste sono consistite in n. 2 stendimenti sismici a rifrazione per l'acquisizione delle onde P e Sh e in n. 14 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo e delle frazioni limitrofe 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 2 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 3 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 2 indagini di sismica tipo MASW, n. 2 indagini di array sismico tipo ESAC e n. 14 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato dell'abitato del capoluogo di Lastra a Signa risulta costituito dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) rappresentati da una successione stratigrafica che presenta nei primi 5,0 – 7,0 litologie prevalentemente limoso-sabbiose e limoso-argillose, poggianti su depositi granulari macroclastitici da prevalentemente ghiaiosi a sabbioso-ghiaiosi, di spessore variabile da circa 2,0 a circa 7,0 m.

I depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) poggiano nel settore centrale e meridionale dell'abitato del capoluogo sui terreni argillitico marnosi e siltitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL) con assetto giacitura variabile da suborizzontali a reggipoggio; mentre poggiano sui depositi lacustri pre-olocenici di natura prevalentemente argilloso-limosa nei settori settentrionali dell'abitato del capoluogo e a nord del corso del Torrente Vingone.

Le coperture detritiche sono rappresentate da coltri di terreni di natura eluvio-colluviale (b2a) di spessore variabile fra i 3,0 e i 6,0 m.

Nelle aree in cui è stata rilevata la presenza della formazione litoide costituente il substrato si segnala, generalmente, la presenza di una coltre di terreni di alterazione della formazione stessa con spessori variabili, ma contenuti entro i 3,0 m.

Nel settore di Ponte a Signa, nella porzione collinare a sud dell'abitato si ha la presenza e l'affioramento dei terreni appartenenti alla formazione del Macigno (MAC) con litologie prevalentemente arenacee con subordinati livelli siltitico argillitici, talora con una fascia superficiale di coltre di alterazione di spessore fino a 2,0 – 3,0 m. Spostandosi verso il corso del Fiume Arno dette litologie sono sovrastate da spessori metrici di depositi eluvio-colluviali (b2a). In prossimità dell'Arno i terreni sono costituiti dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) di spessore minimo di 6,0 – 8,0 m.

Per l'area di Porto di Mezzo, nel settore collinare a sud dell'abitato si ha la presenza e l'affioramento dei terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) in facies prevalentemente argillitico marnosa con una fascia superficiale di coltre di alterazione di spessore contenuti entro i 3,0 m. Spostandosi verso il corso del Fiume Arno dette litologie sono sovrastate dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) di spessore minimo di 3,0 m.

Infine, il settore de La Lisca, è caratterizzato nel settore collinare a sud dell'abitato dalla presenza e l'affioramento dei terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) in facies prevalentemente argillitico marnosa con una fascia superficiale di coltre di alterazione di spessore contenuti entro i 5,0 m. Spostandosi verso il corso del Fiume Arno dette litologie sono sovrastate dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) di spessore minimo di 3,0 m.

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 recenti sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i terreni riferibili ai depositi alluvionali recenti (b), all'unità geologico-tecnica SMes (sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre – argine/barre/canali) i terreni riferibili ai depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna) e, infine, all'unità geologico-tecnica SMec (sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante - eluvi/colluvi i depositi eluvio-colluviali (b2a).

Per i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico tecnica ALS (substrato geologico costituito da alternanza di litotipi stratificato) i terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL), mentre sono stati attribuiti all'unità geologico tecnica LPS (substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate) i terreni appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), e all'unità geologico tecnica LP (substrato geologico costituito da formazioni lapidee) i terreni appartenenti alla formazione del Macigno (MAC). Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti, 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 geologico raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato geologico.

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. 31 misure HVSR di cui n. 19 classificate in classe A1, n. 4 classificate in A2 n. 7, classificate in B1 e n. 1 classificata in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 67,8 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo, di Ponte a Signa, di Porto di Mezzo e di La Lisca durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 sono state eseguite n. 14 finalizzate allo studio in questione (prove con sigle progressive da P60 a P73).

Le prove P60 e P61, eseguite presso l'abitato de La Lisca non hanno mostrato entrambe la presenza di picchi significativi.

Presso l'abitato de La Lisca sono state eseguite le stese di sismica a rifrazione L12 e L13. La prova L12 mostra un primo sismostrato, riferibile ai depositi di copertura dello spessore compreso tra 18,0 e 19,0 m con Vs comprese tra 180 e 215 m/s, poggiante su un secondo sismostrato avente velocità comprese tra 910 e 1150 m/s, riferibile al substrato litoide. La prova L13 mostra un primo sismostrato, riferibile ai depositi di copertura dello spessore medio di circa 15,0 m con Vs comprese tra 185 e 220 m/s, poggiante su un secondo sismostrato avente velocità comprese tra 945 e 1055 m/s, riferibile al substrato litoide.

La prova P62 eseguita nel settore collinare di Porto di Mezzo ha mostrato un contrasto di impedenza ($A_0 = 2,86$) a profondità di circa 10,0 m dal p.c. ($f_0 = 8,53$ Hz). Simile contrasto di impedenza ($A_0 = 2,57$) è stato riconosciuto anche dalla prova P63, che ha mostrato, però un picco di frequenza più superficiale ($f_0 = 14,63$ Hz).

Le indagini svolte presso il centro storico di Lastra a Signa (prove P67 e P68) hanno mostrato alti contrasti di impedenza (A_0 rispettivamente pari a 9,20 e 8,38) con picchi a una profondità di circa 20,0 m dal p.c. (f_0 rispettivamente pari a 5,66 e 5,67 Hz).

La prova P66 eseguita presso il campo sportivo non ha, invece, mostrato la presenza di picchi significativi. Le vicine prove P65 e P73 hanno mostrato bassi contrasti di impedenza (A_0 rispettivamente uguale a 2,05 e 2,09) con f_0 compresi tra 2,75 e 3,06 Hz.

Presso la prova 73 è stata eseguita l'indagine Masw L14 associata all'indagine Esac P74, che hanno mostrato una V_{s30} pari a 292,7 m/s.

La prova eseguita presso la Fornace Carlini (P64) mostra simili risultati ($f_0 = 2,56$ Hz con $A_0 = 2,04$).

Nel settore a nord di Stagno le prove P69 e P70, hanno invece mostrato alti contrasti di impedenza (A_0 rispettivamente pari a 3,61 e 4,56) a profondità comprese tra 30,0 e 50,0 m da p.c. ($f_0 = 2,34$ Hz e $f_0 = 2,56$ Hz).

Presso la prova 69 è stata eseguita l'indagine Masw L16 associata all'indagine Esac P75, che hanno mostrato una V_{s30} pari a 271,3 m/s.

A est di queste, presso il rilevato della S.G.C. FI-PI-LI le prove P71 e P72 hanno, anch'esse, mostrato alti contrasti di impedenza (A_0 rispettivamente pari a 3,69 e 5,12) a profondità comprese tra 30,0 e 50,0 m da p.c. ($f_0 = 2,38$ Hz e $f_0 = 2,39$ Hz).

Ad ovest del Centro Commerciale IperCoop è stata eseguita la sismica a rifrazione L15, che ha mostrato un primo sismostrato, riferibile ai depositi di copertura dello spessore medio di circa 15,0 m con V_s comprese tra 210 e 290 m/s, poggiante su un secondo sismostrato avente velocità comprese tra 1410 e 1640 m/s, riferibile al substrato litoide.

In corrispondenza delle medesime aree sono stati ricavati dalla banca dati del Comune di Lastra a Signa e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti n. 17 misure di rumore.

Le registrazioni di rumore sismico hanno messo in luce frequenze di risonanza relative ai picchi principali, variabili tra 1,25 e 12,81 Hz. Le prove P47 e P58 non hanno presentato picchi significativi. Le prove hanno mostrato nella quasi totalità, tranne che le prove P47, P57 e P58, un alto contrasto di impedenza sismica.

Da un punto di vista sismostratigrafico, sulla scorta delle valutazioni e dei risultati delle prove sismiche eseguite, con particolare riferimento alla velocità delle onde sismiche di taglio (V_s), sono state svolte delle valutazioni sul substrato dei settori di indagine.

In particolare nel settore a nord del corso del Torrente Vingone, presso la località Stagno, le indagini sismiche svolte (P51, P52 e P16) hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato costituito da terreno naturale areato o terreno di riporto con spessore variabile tra 0,5 e 4,0 m e $V_s = 90/122$ m/s, a cui seguono litologie limoso sabbiose e limoso argillose di spessore variabile tra i 2,0 e i 7,0 m con $V_s = 120/180$ m/s. Un terzo sismostrato è costituito da litologie prevalentemente ghiaioso sabbiose, che raggiunge la profondità variabile tra 11,0 e 19,5 m da p.c., con $V_s = 255/280$ m/s. Questi depositi alluvionali poggiano su un ulteriore sismostrato, costituito dalle argille e dai limi di origine lacustre, con $V_s = 318/410$ m/s. Infine le indagini svolte mostrano la presenza di un quinto sismostrato posto a profondità comprese tra 50,0 e 80,0 m da p.c. (la profondità del sismostrato aumenta spostandosi verso nord e quindi avvicinandosi al corso del Fiume Arno) con $V_s = 800/830$ m/s, che assimilabile a un bedrock sismico corrisponde presumibilmente al substrato litoide, probabilmente in facies prevalentemente calcareo marnosa, appartenente alla Formazione di Sillano.

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di V_{s30} stimato in 244/253 m/s.

Spostandosi verso sud, in sinistra del corso del Torrente Vingone, nell'areale tra Via Lungo Vingone e Via Gramsci, le indagini sismiche svolte (P53, L7, P54 e P55) mostrano la seguente discretizzazione sismostratigrafica:

- sottile livello di terreno naturale areato con spessore massimo di 0,6 m con $V_s = 90/100$ m/s;
- depositi alluvionali recenti di spessore variabile e compreso tra i 6,0 e gli 11,0 m costituiti da materiale eterometrico dapprima (spessore 3,0 – 4,0 m) prevalentemente limoso sabbioso e limoso argilloso e successivamente sabbioso ghiaioso, con $V_s = 170/240$ m/s;
- depositi di origine lacustre prevalentemente argilloso limosi di spessore variabile tra 13,0 (nel settore meridionale prossimo alle aree pedecollinari) e 32,0 m (in prossimità del corso del Torrente Vingone) con $V_s = 340/440$ m/s;
- substrato geologico, posto a partire da circa 7,0 m da p.c. nel settore meridionale (presso Via Gramsci, prova P55) e via a maggiori profondità spostandosi verso il corso del Torrente Vingone (18,0 m da p.c. in corrispondenza della prova 63_SR, 24,0 m da p.c. in corrispondenza della prova P54, e circa 44,0 m da p.c. in corrispondenza della prova P53). Questo, ad eccezione del settore della prova P55 dove si hanno circa 13,0 m di substrato con $V_s = 510$ m/s a causa probabilmente delle condizioni di alterazione e fratturazione o per la scarsità di interstrati lapidei di natura calcarea e calcarenitica, presenta caratteristiche di bedrock sismico con valori di $V_s = 800/820$ m/s con velocità massime ($V_s = 1380/1845$ m/s) registrate dalla prova di sismica a rifrazione L15 a profondità maggiori di 18,0 m dal p.c..

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di V_{s30} stimato in 244/253 m/s.

Spostandosi ancor più verso sud (in corrispondenza delle prove P56, P22, L1, L2 e L9) al di sotto di uno spessore compreso tra i due e i tre metri dal p.c. costituito da terreno superficiale e di riporto con $V_s = 159/214$ m/s, si ha la presenza di depositi eluvio colluviali e di alterazione spinta del substrato dello spessore di 3,0 – 7,0 m con $V_s = 264/353$ m/s. A partire da profondità variabili tra 6,0 e 10,0 m da p.c. si ha la presenza del substrato geologico debolmente alterato dapprima con velocità comprese tra 550 m/s e 700 m/s e successivamente, a profondità variabili tra 10,0 (L9) e 27,0 (P56) m da p.c., con velocità delle $V_s = 800/1035$ m/s.

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di V_{s30} stimato in 426/483 m/s.

Spostandosi ancora più a sud lungo il transetto definito dalle precedenti indagini e risalendo, quindi, i rilievi collinari (presso località La Massolina – Villa Fusi), la stesa a rifrazione L10 ha mostrato la presenza di un primo sismostrato, corrispondente alla coltre di alterazione del substrato litoide, dello spessore di circa 3,0 - 5,0 m dal p.c. con $V_s = 334/547$ m/s, sovrastante un secondo sismostrato, costituente il substrato geologico (Formazione di Monte Morello) e sismico con $V_s = 1875/2758$ m/s.

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo, nel settore a sud del campo sportivo la prova di sismica passiva eseguita (P50) ha mostrato la presenza di un primo sismostrato corrispondente al terreno superficiale areato dello spessore di circa un metro con $V_s = 100$ m/s a cui seguono circa 8,0 – 10,0 m di depositi alluvionali prevalentemente limoso sabbiosi e sabbioso ghiaiosi alla base costituenti un secondo sismostrato con $V_s = 200$ m/s. Successivamente si entra nel substrato geologico costituito dalla Formazione di Sillano che presenta dapprima (fino alla profondità di circa 18,0 – 20,0 m da p.c.) delle velocità delle onde di taglio pari a 440 m/s, per poi raggiungere gli 810 m/s, divenendo un bedrock sismico.

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di V_{s30} stimato in 318 m/s.

Situazione geologica e sismostratigrafica analoga si rinviene anche nel settore nord-occidentale del centro abitato del capoluogo in prossimità del corso del Torrente Rimaggio. Infatti l'indagine sismica svolta (P49) ha

mostrato la presenza di un primo sismostrato corrispondente al terreno superficiale areato dello spessore di circa 0,5 m con $V_s = 90$ m/s a cui seguono circa 6,5 m di depositi alluvionali prevalentemente limoso sabbiosi e sabbioso ghiaiosi alla base costituenti un secondo sismostrato con $V_s = 180$ m/s. Successivamente si entra nel substrato geologico costituito dalla Formazione di Sillano che presenta dapprima (fino alla profondità di circa 26,0 m da p.c.) delle velocità delle onde di taglio pari a 430 m/s, per poi raggiungere gli 830 m/s, divenendo un bedrock sismico.

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di V_{s30} stimato in 332 m/s.

Spostandosi verso sud, nel settore tra Via Diaz e Via di Calcinaia le prove sismiche (L24, L5 e L6) realizzate nella totalità sui terreni appartenenti alla Formazione di Sillano hanno mostrato una successione sismostratigrafica non omogenea probabilmente a causa del diverso grado di alterazione e fratturazione del substrato litoide e della sua eterogeneità composizionale.

Infatti se alcune prove (L5 e L6) hanno mostrato valori di V_s abbastanza contenuti ($V_s = 180/342$ m/s) sino a profondità di 11,0 – 12,0 m da p.c.), altre (L24) hanno ricavato valori di $V_s = 465-570$ m/s già al di sotto dei due metri di profondità. Nel caso della prova L6 non sono mai state raggiunte velocità delle onde di taglio (velocità massime rispettivamente di 460 m/s) correlabili con la presenza di un bedrock sismico, mentre negli altri casi sono stati, sin dalle profondità di 7,0 – 10,0, raggiunti valori delle $V_s = 800/1561$ m/s.

Le indagini (L3, L4, L11 e P47) svolte nei rilievi collinari laddove i terreni sono costituiti dalle litologie riferibili alla formazione del Macigno in facies arenacea medio-grossolana privi o con un debole spessore di coltre eluvio-colluviale, mostrano un primo sismostrato, interessante spessori compresi tra 2,5 e 5,0 m da p.c., con $V_s = 200/354$ m/s correlabili con gli spessori superficiali di roccia maggiormente alterati e disgregati; a cui segue un secondo sismostrato, con spessori compresi tra 3,0 e 14,5 m e con $V_s = 400/650$ m/s che mostrerebbero un minor grado di alterazione fisica e meccanica della roccia; e, infine, un terzo sismostrato con $V_s = 746/1100$ m/s correlabile con la formazione litoide inalterata, che rappresenta il bedrock sismico dell'area. Laddove presente la coltre eluvio-colluviale, con spessore di circa 0,5 – 1,0 m, mostra $V_s = 145$ m/s.

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di V_{s30} stimato in 505/667 m/s.

Infine nel settore di Porto di Mezzo l'unica prova sismica a disposizione (P46) eseguita nel centro abitato in prossimità del corso del Fiume Arno ha mostrato la presenza di un primo sismostrato di spessore di circa un metro costituente lo strato di terreno superficiale con $V_s = 100$ m/s, a cui segue un secondo sismostrato rappresentato dai depositi alluvionali recenti (bna) con $V_s = 210/250$ m/s. A questo segue un terzo sismostrato, costituito dai litotipi della Formazione di Sillano che costituisce il substrato geologico ma non sismico dell'area ($V_s = 480/640$ m/s).

Presumibilmente le suddette velocità attribuite alla Formazione di Sillano possono essere attribuite anche ai litotipi appartenenti alla medesima formazione che costituiscono i rilievi collinari a sud della S.S. Tosco-Romagnola.

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

Zone stabili

- **zona 1011:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato geologico, con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 3,0 m con $i < 15^\circ$ e basso c. i., talora con la presenza di coperture antropiche di riporto. Il substrato geologico è rappresentato da Substrato lapideo stratificato o Substrato lapideo ed è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC) e della Formazione di Monte Morello (MLL).

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, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s).

La zona interessa tutti i settori collinari con acclività $< 15^\circ$ laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC) e alla Formazione di Monte Morello (MLL); i primi interessano i settori meno acclivi presso La Gonfolina, gli areali collinari a monte dell'abitato di Ponte a Signa, tra cui l'area di San Martino a Gangalandi e delle località Santa Lucia, Sassoforte, Sorgente Fontepatri e Palazzina, mentre i secondi gli areali di Calcinaia, Villa Fusi e Sant'Ilario.

- **zona 1041**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato geologico, con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 3,0 m con $i < 15^\circ$ e basso c. i.. Il substrato geologico è rappresentato dal Substrato stratificato con alternanza di litotipi, caratterizzato dalla Formazione di Sillano (SIL). Dalle indagini sismiche eseguite (P60, P61 e P62) 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, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s).

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m. Interessa i terreni pedecollinari e collinari a monte dell'abitato di Lastra a Signa, da Sant'Ilario al Borro di Rimaggio, e a monte dell'abitato di Porto di Mezzo e di La Lisca.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 1 (2001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), con coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i > 15^\circ$, basso c.i..

Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano alti contrasti di impedenza sismica, 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 gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

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

La zona viene individuata nei settori collinari a maggiore acclività, presso le località Gonfolina, Villa Sassoforte, Villa Paola e Santa Lucia.

- **zona 2 (2002)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato stratificato con alternanze di litotipi (ALS), caratterizzato dalla Formazione di Sillano (SIL), con copertura di origine alteritica $< 3,0$ m, $i < 15^\circ$, c.i. alto.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (P56 e P68) 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 gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m. Interessa i terreni pedecollinari e collinari a monte dell'abitato di Lastra a Signa, da Sant'Ilario al Borro di Rimaggio.

- **zona 5 (2005)**: comprende le aree nelle quali affiora un substrato stratificato con alternanze di litotipi (ALS), caratterizzato dalla Formazione di Sillano (SIL), con coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i > 15^\circ$, basso c.i., talora con la presenza di coperture antropiche di riporto.

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 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m. Interessa i terreni pedecollinari e collinari a monte dell'abitato di Lastra a Signa, da Sant'Ilario al Borro di Rimaggio, e a monte dell'abitato di Porto di Mezzo.

- **zona 6 (2006)**: si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggiante su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i.. Il substrato è costituito dai depositi argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con una copertura alluvionale terrigena su un substrato litoide, possono presentare nel sottosuolo, al contatto tra le due tipologie di deposito, alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Rappresentano i settori di alveo del Fiume Arno a valle dell'abitato di Ponte a Signa.

- **zona 7 (2007)**: è la zona dove vi è la presenza di copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i.. Il substrato è rappresentato dalle torbiditi della formazione del Macigno in facies arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC).

Dalle indagini di sismica passiva eseguite (P48, P59 e P76) si riscontrano alti contrasti di impedenza sismica al contatto tra le due tipologie di deposito.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Rappresentano i settori di fondo valle in corrispondenza dei settori di presenza di un substrato litoide rappresentato dalla formazione del Macigno (MAC). In particolare la zona interessa tutti i settori di passaggio tra la fascia pede-collinare e quella di fondo-valle laddove il substrato geologico è dato dalla formazione del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC) come nel settore presso la Chiusa della Gonfolina, in corrispondenza dell'abitato di Ponte a Signa e in una porzione limitata a sud della località La Lisca.

- **zona 8 (2008)**: è la zona dove vi è la presenza di copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, su substrato

lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i.. Il substrato è costituito dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno (MAC).

Sulla scorta della successione stratigrafica rilevata e delle risultanze di indagini di sismica passiva eseguite (P47) si suppone che tali settori non presentino alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona si rinviene principalmente nella fascia pedecollinare presso Ponte a Signa e in alcuni piccoli areali caratterizzati da spessori di copertura eluvio-colluviale su substrato litoide in settori collinari tra le località di Ponte Torto e Villa Paola.

- zona 9 (2009): si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i.. Il substrato è rappresentato dai depositi argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL).

Dalle indagini di sismica passiva eseguite (P46, P49, P50, P54, P55, P57, P58 e P67) si riscontrano alti contrasti di impedenza sismica all'interno degli spessori delle alluvioni recenti e terrazzate probabilmente da imputarsi alla presenza di livelli ghiaiosi maggiormente competenti e addensati e/o al passaggio tra le coperture alluvionali e il substrato litoide.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Rappresentano i settori di fondo valle a sud del corso del Torrente Vingone dove è collocato gran parte dell'abitato di Lastra a Signa capoluogo. Inoltre la zona 16 interessa i settori di fondo valle della zona di Porto di Mezzo e della località La Lisca.

- zona 10 (2010): si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 30,0 e 50,0 m, su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i.. Il substrato è rappresentato dai depositi argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL).

Dalle indagini di sismica passiva eseguite (P51, P52, P53, P69, P70, P77 e P78) si riscontrano alti contrasti di impedenza sismica all'interno degli spessori delle alluvioni recenti e terrazzate probabilmente da imputarsi alla presenza di livelli ghiaiosi maggiormente competenti e addensati.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 2,1 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,7-1,1s, ad eccezione del settore posto a nord del Fosso dello Stagnolo (settore prova P51) laddove alla zona di interesse viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,8 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,7-1,1s

Rappresentano i settori di fondo valle a nord del corso del Torrente Vingone e in prossimità del Torrente stesso nella sua sinistra idraulica (area del Campo sportivo), quindi in settori dove è collocato gran parte dell'abitato di Lastra a Signa capoluogo.

- zona 11 (2011): comprende le aree con copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i..

Il substrato nel caso in questione dalle torbiditi della formazione del Macigno in facies arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC).

Dalle indagini sismiche eseguite (P76) si evince che tali settori, con una copertura alluvionale terrigena sul substrato litoide, possono presentare nel sottosuolo, al contatto tra le due tipologie di deposito, alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Rappresentano i settori di alveo del Fiume Arno in corrispondenza dei settori di presenza di un substrato litoide rappresentato dalla formazione del Macigno (MAC). In particolare la zona si estende da poco a valle della confluenza del Torrente Vingone con il Fiume Arno e il termine occidentale dell'abitato di Ponte a Signa e nel settore a valle della località La Lisca.

- **zona 12 (2012)**: si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggiante copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore maggiore di 30,0 m, su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i.. Il substrato è costituito dai depositi argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL).

Dalle indagini di sismica passiva eseguite (P51, P52, P53, P77 e P78) si riscontrano alti contrasti di impedenza sismica all'interno degli spessori delle alluvioni recenti e terrazzate probabilmente da imputarsi alla presenza di livelli ghiaiosi maggiormente competenti e addensati.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 2,1 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Rappresentano i settori di alveo del Fiume Arno a monte della confluenza del Torrente Vingone e in alveo del Torrente Vingone stesso.

- **zona 2099c**: comprende le aree nelle quali affiora un substrato lapideo fratturato /alterato (SFLP) o un substrato lapideo stratificato fratturato /alterato (SFLPS), dello spessore compreso tra 3,0 e 25,0 m, poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno (MAC) e della Formazione di Monte Morello (MLL).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano 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 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei settori collinari in corrispondenza di aree interessate da intensa fratturazione e/o alterazione di litotipi appartenenti alla formazione geologica del Macigno (MAC) e alla Formazione di Monte Morello (MLL).

- **zona 2099d**: comprende le aree nelle quali affiora un substrato stratificato con alternanze di litotipi fratturato /alterato (SFALS), dello spessore compreso tra 3,0 e 25,0 m, poggiante a profondità variabile su substrato stratificato con alternanze di litotipi (ALS), basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano 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 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei settori collinari in corrispondenza di aree interessate da intensa fratturazione e/o alterazione di litotipi appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL).

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 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra i depositi di copertura (coperture alluvionali, coperture eluvio-colluviali, coltri detritiche e di frana) e il substrato lapideo stratificato (Macigno - MAC e Formazione di Monte Morello – MLL) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. 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 Lastra a Signa capoluogo non si riconoscono zone con terreni liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

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

BRUCIANESI

(vedi tavv. G01, G04, G07, G13, G16, G19 e G22 in scala 1:5.000 e G10 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Brucianesi è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili ai depositi olocenici caratterizzati prevalentemente dai depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). Questi poggiano sui terreni appartenenti alla formazione del Macigno, presenti sia in facies torbiditico arenacea medio-fine (MACb) che olistostromica (MACa); depositi, quest'ultimi, che costituiscono le colline retrostanti e ad oriente del centro abitato.

L'assetto giaciturale dei depositi torbiditici mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti nord-orientali con inclinazioni che variano generalmente tra 20° e 40°.

I settori collinari in corrispondenza dei terreni torbiditici arenacei e olistostromici sono interessati da locali distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative il cui stato di attività appare in parte attivo ed in parte quiescente.

Si rinviene, inoltre, la presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali e delle arginature e delle difese di sponda in corrispondenza del corso del Fiume Arno.

Il quadro geomorfologico è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non di altezze maggiore ai 10,0 m.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) nel settore pianeggiante su cui sorge l'abitato di Brucianesi e lungo l'impluvio del Rio della Biancana - Borro della Bandita, mentre i retrostanti rilievi collinari, in corrispondenza dei terreni attribuibili alla formazione del Macigno (MACb e MACa) presentano pendenze generalmente > 25%.

Di tali 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 Brucianesi 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. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 1 stratigrafia di terebrazioni di pozzi profondi.

Sono state, inoltre collezionate, le indagini eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 nell'ambito del vigente Piano Strutturale Comunale.

Queste sono consistite in n. 1 stendimento sismico a rifrazione per l'acquisizione delle onde P e Sh e in n. 3 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato dell'abitato di Brucianesi risulta costituito dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) rappresentati da una successione stratigrafica argilloso limosa e limoso sabbiosa dello spessore medio di 7,0 m, poggianti sui terreni appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa), con litologie prevalentemente argillose e argillitiche con elementi dispersi di natura arenacea, calcareo micritica e siltitica, e alla formazione del Macigno in facies torbiditico arenacea a granulometria medio-fine (MACb), che generalmente presentano una fascia superficiale di coltre di alterazione di spessore fino a 2,0 – 3,0 m.

I rilievi collinari sono invece costituiti dalla formazione del Macigno nelle due diverse litofacies, in particolare affiorano, sono sub-affioranti o al di sotto di una debole copertura alteritica di spessore massimo di 1,0 – 2,0 m, i terreni riferibili alla facies olistostromica (MACa) nel settore lungo il Rio di Biancana presso Casa Riboscio, mentre i terreni riferibili alla facies arenaceo torbiditica a granulometria medio-fine nelle restanti porzioni collinari.

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 recenti sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i terreni riferibili ai depositi alluvionali recenti (b), all'unità geologico-tecnica SMes (sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre – argine/barre/canali) i terreni riferibili ai depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna) e, infine, all'unità geologico-tecnica SMec (sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante - eluvi/colluvi i depositi eluvio-colluviali (b2a).

Per i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico tecnica SFAL (substrato geologico costituito da alternanza di litotipi fratturato/alterato) i terreni appartenenti alla alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa), mentre sono stati attribuiti all'unità geologico tecnica LPS (substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate) i terreni appartenenti alla formazione del Macigno (MACb).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti, 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 geologico raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato geologico.

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 classe A1 e n. 1 classificata in B1 si ricava una valutazione di qualità pari a 58,2 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Brucianesi sono state eseguite n. 3 misure di rumore (P43, P44 e P45) al fine dello studio in questione. Le registrazioni di rumore sismico hanno messo in luce frequenze di risonanza relative ai picchi principali, variabili tra 3,44 e 5,91 Hz, quindi con presenza di fenomeni di risonanza a profondità comprese tra 10 e 30 m dal p.c.. Le prove hanno mostrato nella totalità un alto contrasto di impedenza sismica.

Dalle valutazioni sulla velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) desumibile dalla prova P43 è possibile verificare come il substrato geologico presenti una velocità delle onde di taglio inferiori alla soglia del bedrock sismico ($V_s = 400$ m/s tra 11,5 e 30,5 m dal p.c. e $V_s = 610$ m/s a profondità maggiori di 30,5 m da p.c.) e che il V_{s30} è stimato essere pari a 270 m/s.

Suddetto dato è confermato anche dalle risultanze delle prove P44 e P45, che mostrano la presenza di un bedrock sismico solamente a profondità maggiori rispettivamente di 53,2 m ($V_s = 850$ m/s) e di 55,2 m ($V_s = 810$ m/s); con velocità nei primi trenta metri dal piano campagna stimabili rispettivamente in $V_{s30} = 326$ m/s e $V_{s30} = 335$ m/s.

Pertanto è possibile ipotizzare che i fenomeni di risonanza avvengano al passaggio tra la copertura alluvionale (bna) e il substrato litoide (MACa e MACb) o all'interno del substrato litoide stesso per variazione di competenza degli strati che lo compongono. Tuttavia il substrato geologico stesso non presenta, almeno nelle prime decine di metri di spessore, le caratteristiche di un bedrock sismico probabilmente a causa dello stato di fratturazione degli ammassi rocciosi che appare generalmente significativo o per la propria natura dei litotipi che lo compongono, che ricordiamo essere di natura olistostromica (materiale litoide eterogeneo disperso in prevalente matrice argillitica) nel caso del MACa e di natura arenacea medio-fine con interstrati siltitici o pelitici nel caso del MACb.

La sintesi dei rilievi condotti e delle caratterizzazioni geometriche definite nelle sezioni, confrontata con i dati stratigrafici e sismici, conducono ad una discretizzazione in quattro sismostrati come sotto dettagliati:

- sottile livello di terreno naturale areato con spessore massimo di 1,5 m ($V_s = 100$ m/s);

- depositi alluvionali recenti (bna) costituiti da materiale eterometrico, prevalentemente argilloso limoso e limoso, di spessore compreso tra i 5,0 m e i 10,0 m (V_s 160/210 m/s);
- substrato geologico, posto a partire da circa 10,0 – 15,0 m da p.c. costituito dai litotipi attribuibili alla facies olistostromica (MACa) e arenaceo medio-fine (MACb) della formazione del Macigno (V_s = 620/630 m/s), talora con probabile significativo grado di fratturazione e/o alterazione nei primi metri (V_s 390/410 m/s);
- bedrock sismico, posto a partire da circa 25,0 – 30,0 m da p.c. costituito dai litotipi della formazione del Macigno (MACa e MACb), con minor grado di fratturazione e/o con maggior compattezza (V_s 810/905 m/s).

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

Zone stabili

- **zona 1011**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato geologico, con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 3,0 m con $i < 15^\circ$ e basso c. i., talora con la presenza di coperture antropiche di riporto. Il substrato geologico è rappresentato da Substrato lapideo stratificato o dal Substrato lapideo ed è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a fine (MACb) e della Formazione di Monte Morello (MLL).

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, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s).

La zona interessa tutti i settori collinari con acclività $< 15^\circ$ laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno (MACb).

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 1 (2001)**: comprende le aree nelle quali affiora substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP) con coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i > 15^\circ$, basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a fine (MACb).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano alti contrasti di impedenza sismica, 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 gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

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

La zona viene individuata nei settori collinari a maggiore acclività, a monte dell'abitato di Brucianesi.

- **zona 3 (2003)**: rappresenta la zona laddove si ha la presenza di copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), costituito dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS), alto c.i..

Data la successione stratigrafica e sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (P43, P44 e P45) si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica al passaggio tra copertura alluvionale sciolta e il sottostante substrato litoide.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Detta zona è presente principalmente nel fondo valle su cui sorge l'abitato di Brucianesi laddove le coperture alluvionali poggiano sul substrato non rigido olistostromico (MACa).

- **zona 4 (2004)**: rappresenta la zona laddove si ha la presenza di copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su substrato con alternanza di litotipi fratturato / alterato (SFAL), costituito dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i..

Data la successione stratigrafica rilevata si prevede la presenza di 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 gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

Detta zona è presente in corrispondenza dell'alveo del Fiume Arno.

- **zona 7 (2007)**: rappresenta la zona laddove si ha la presenza di copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i.. Il substrato è costituito dalle torbiditi della formazione del Macigno in facies arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC) e da media a fine (MACb).

Sulla scorta della successione stratigrafica rilevata e delle risultanze di indagini di sismica passiva eseguite in aree contermini si suppone che tali settori possano presentare alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona interessa tutti i settori di passaggio tra la fascia pede-collinare e quella di fondo-valle laddove il substrato geologico è dato dalla formazione del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC) come nel settore tra la Chiusa della Gonfolina e l'abitato di Brucianesi e nel fondo valle a nord dell'abitato di Brucianesi laddove le coperture alluvionali poggiano sul substrato litoide arenaceo a granulometria da media a fine (MACb).

- **zona 11 (2011)**: tale zona si definisce nei settori di fondo valle in cui si ha la presenza di copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i.. Il substrato è costituito dalle torbiditi della formazione del Macigno in facies arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC) e da media a fine (MACb).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con una copertura alluvionale terrigena sul substrato litoide, possono presentare nel sottosuolo, al contatto tra le due tipologie di deposito, alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Rappresentano i settori di alveo del Fiume Arno in corrispondenza dei settori di presenza di un substrato litoide rappresentato dalla formazione del Macigno (MAC). In particolare la zona si estende dalla Chiusa della Gonfolina sino a poco a monte dell'abitato di Brucianesi.

- **zona 2099a:** comprende le aree nelle quali affiora un substrato con alternanza di litotipi fratturato /alterato (SFAL), coltre alteritica compresa tra 0,0 e 5,0 m, talora con riporti, poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies olistostromica (MACa).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano alti contrasti di impedenza sismica, 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 gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei settori collinari, a monte dell'abitato di Brucianesi, laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa).

- **zona 2099c:** comprende le aree nelle quali affiora un substrato lapideo fratturato /alterato (SFLP) o un substrato lapideo stratificato fratturato /alterato (SFLPS), dello spessore compreso tra 3,0 e 25,0 m, poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno (MAC).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano 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 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei settori collinari in corrispondenza di aree interessate da intensa fratturazione e/o alterazione di litotipi appartenenti alla formazione geologica del Macigno (MAC).

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 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra i depositi di copertura (coperture alluvionali, coperture eluvio-colluviali, coltri detritiche e di frana) e il substrato litoide (Macigno – MAC e MACb) e tra il substrato litoide appartenente alla formazione del Macigno (MAC e MACb) e le litologie prevalentemente argillitico-marnose appartenenti alla litofacies olistostromica del Macigno (MACa) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. 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.

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

MALMANTILE – QUATTRO STRADE

(vedi tavv. G02, G05, G08, G11, G17, G20 e G23 in scala 1:5.000 e G14 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorgono gli abitati di Malmantile e Quattro Strade è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili sia ai depositi torbiditici della Falda Toscana, rappresentati dalle litofacies della formazione del Macigno (MAC, MACb e MACa) sia ai depositi di origine continentale di età rusciniana e villafranchiana (VILb e VILa). Inoltre sono localmente presenti depositi riconducibili a fenomeni eluvio-colluviali (b2a), sia depositi alluvionali di età sia olocenica (b) che pleistocenica (bnb).

In particolare le litofacies della formazione del Macigno costituiscono le porzioni collinari del settore settentrionale dell'area di studio, con la litofacies torbiditico arenacea medio-grossolana (MAC) presente ai margini settentrionali dell'area di studio, presso la località di San Salvatore, a nord della rocca di Malmantile e a nord-est di Quattro Strade, la litofacies olistostromica (MACa) presente in un settore limitato ad est della località San Salvatore, e la litofacies torbiditico arenacea medio-fine (MACb) interessante un'ampia fascia dei rilievi collinari ad andamento circa ovest-est su cui è collocato l'abitato di Malmantile tra la rocca e poco ad est di San Pietro in Selve. La litofacies arenaceo medio-fine del Macigno (MACb) costituisce anche i terreni del rilievo collinare ad andamento allungato circa sud-ovest/nord-est posto tra le località di Malmantile e di Quattro Strade e delimitato dal corso dei Borri di Gello e del Lago.

L'assetto giaciturale dei depositi torbiditici mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti meridionali con inclinazioni che variano generalmente tra 20° e 45°.

Gli areali su cui poggia l'abitato di Quattro Strade e quello di Malmantile tra San Pietro in Selve e Poggio alla Malva, sono costituiti da terreni attribuibili ai depositi continentali rusciniani e villafranchiani. Questi sono costituiti da una alternanza di spessori metrici di litologie sabbiose a granulometria medio-fine e limose da sabbiose ad argillose (Sabbie e sabbie argillose – VILb) e di litologie macroclastiche con ciottolami in abbondante matrice sabbioso limosa (Conglomerati – VILa).

I settori pedecollinari sono caratterizzati dalla presenza di depositi riconducibili a fenomenologie eluvio-colluviali (b2a), mentre i fondo valle dei corsi d'acqua maggiori (in particolare del Borro di Gello) presentano depositi alluvionali di età olocenica (b). Depositi alluvionali a granulometria eterogenea di natura terrazzata ed età pleistocenica medio-superiore (bnb) affiorano in areali limitati in corrispondenza degli abitati di Poggio alla Malva, di San Pietro in Selve e di Poggio Chiavelli.

Il quadro generale è completato dalla presenza di terreni di riporto di origine antropica.

I settori collinari in corrispondenza dei terreni torbiditici arenacei e olistostromici sono interessati da locali distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative il cui stato di attività appare in parte attivo ed in parte quiescente. Fenomenologie gravitative a diverso grado di attività si riconoscono anche in corrispondenza dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani.

Il quadro geomorfologico è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione attive e non di altezza inferiore ai 10,0 m.

Dal punto di vista morfologico nell'intero areali di studio si evidenziano settori a bassa acclività dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) presenti in particolare nei settori su cui sono ubicati i maggiori nuclei abitativi, mentre maggiori pendenze, generalmente comprese tra il 10% e il 25%, interessano i restanti settori.

Di tali 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 le frazioni di Malmantile e Quattro Strade 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. 15 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 1 strumentato con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 9 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 2 indagini di sismica tipo MASW.

Sono state, inoltre collezionate, le indagini eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 nell'ambito del vigente Piano Strutturale Comunale.

Queste sono consistite in n. 8 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

In corrispondenza degli abitati di Malmantile e di Quattro Strade 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 2 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh e n. 11 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato della porzione settentrionale dell'abitato di Malmantile, tra San Salvatore e San Pietro in Selve risulta costituito dai terreni di attribuibili alla formazione del Macigno, dapprima (a nord-est) rappresentati dalla facies arenacea medio-grossolana (MAC) e successivamente dalla litofacies arenacea medio-fine (MACb). Inoltre nel solo settore di San Salvatore si ha la presenza della facies olistostromica (MACa), con litologie prevalentemente argillose e argillitiche con elementi dispersi di natura arenacea, calcareo micritica e siltitica. Dette litologie presentano una fascia superficiale di coltre di alterazione di spessore fino a 1,5 – 2,0 m. La porzione meridionale dell'abitato di Malmantile, in corrispondenza di San Pietro in Selve e di Poggio alla Malva vede, invece, la presenza dei terreni appartenenti ai depositi di origine continentale di età rusciniana e villafranchiana. In particolare la successione è caratterizzata dalla prevalente presenza di litologie a granulometria grossolana, da ghiaioso sabbiosa a conglomeratica, attribuibili alla formazione dei Conglomerati (VILa), con interstrati da decimetrici a metrici costituiti da litologie sabbiose e limose appartenenti alla formazione delle Sabbie e sabbie argillose (VILb).

Il substrato dell'areale su cui è impostato l'abitato di Quattro Strade è costituito dai depositi di origine continentale di età rusciniana e villafranchiana. In particolare la successione è caratterizzata dalla prevalente presenza di litologie sabbiose e limose appartenenti alla formazione delle Sabbie e sabbie argillose (VILb), con subordinati spessori di livelli da ghiaioso sabbiosi a conglomeratici in matrice sabbioso limosa, attribuibili alla formazione dei Conglomerati (VILa).

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 recenti sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i terreni riferibili ai depositi alluvionali recenti (b) e ai depositi alluvionali terrazzati (bnb), e all'unità geologico-tecnica

SMec (sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante - eluvi/colluvi i depositi eluvio-colluviali (b2a).

Per quanto riguarda i terreni di copertura di età plio-pleistocenica sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- all'unità geologico-tecnica GMdl (ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - piana deltizia) corrispondono i depositi della formazione dei Conglomerati (VILa).
- all'unità geologico-tecnica SMdl (sabbie limose, miscela di sabbia e limo) corrispondono i depositi della formazione delle Sabbie e sabbie argillose (VILb).

Per i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico tecnica SFAL (substrato geologico costituito da alternanza di litotipi fratturato/alterato) i terreni appartenenti alla alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa), mentre sono stati attribuiti all'unità geologico tecnica LPS (substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate) i terreni appartenenti alla formazione del Macigno in facies a granulometria da media a fine (MACb) e all'unità geologico tecnica LP (substrato geologico costituito da formazioni lapidee) i terreni appartenenti alla formazione del Macigno in facies a granulometria da grossolana a media (MAC).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti, 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 geologico raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato geologico.

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. 19 misure HVSr di cui n. 15 classificate in classe A1 e n. 4 classificata in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 73,4 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Malmantile – Quattro Strade durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 sono state eseguite n. 11 finalizzate allo studio in questione (prove con sigle progressive da P79 a P89). Le prove P83 e P84, eseguite nell'estrema porzione meridionale dell'abitato di Malmantile hanno mostrato entrambi bassi contrasti di impedenza (A_0 rispettivamente pari a 2,96 e a 2,43) a profondità comprese tra 20,0 e 30,0 m dal p.c. (f_0 uguale a 4,11 Hz e 4,21 Hz). Medesimi risultati sono stati registrati dalla prova P86 realizzata presso Piazza Piave ($f_0 = 4,28$ Hz e $A_0 = 2,10$).

Presso l'area centro meridionale dell'abitato di Malmantile le prove P80, P81 e P82 non hanno mostrato la presenza di nessun picco principale di frequenza.

Nel medesimo areale la prova P85 ha mostrato bassi contrasti di frequenza ($A_0 = 2,49$) a profondità inferiori dal piano campagna ($f_0 = 12,33$ Hz).

Le prove eseguite presso il nucleo storico dell'abitato di Malmantile (prove P87, P88 e P89) hanno mostrato bassi contrasti di impedenza (A_0 compresi tra 2,63 e 2,90) a profondità comprese tra 10,0 e 20,0 m dal piano campagna (f_0 compresi tra 6,18 Hz e 6,44 Hz).

Presso l'area del campo sportivo è stata eseguita una stesa sismica a rifrazione (L17) che mostra un primo sismostrato, riferibile ai depositi di copertura dello spessore compreso tra 10,0 m e 15,0 m con V_s comprese tra

230 e 285 m/s, poggiante su un secondo sismostrato avente velocità comprese tra 835 e 875 m/s, riferibile al substrato litoide.

In corrispondenza delle medesime aree sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Lastra a Signa e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 8 misure di rumore, di cui n. 5 presso l'abitato di Malmantile (P98, P195, P196, P197 e P198) e n. 3 presso l'abitato della località Quattro Strade (P99, P199 e P200) al fine dello studio in questione. Le registrazioni di rumore sismico hanno messo in luce frequenze di risonanza relative ai picchi principali variabili tra 1,88 e 15,91 Hz. In particolare i picchi con frequenza più bassa, e quindi con contrasti di impedenza collocati a profondità maggiori, sono stati registrati nelle prove realizzate presso la località Quattro Strade e in corrispondenza dei terreni attribuibili alla facies sabbiosa dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILb); mentre le prove eseguite sui depositi olistostromici della formazione del Macigno (MACa) e sui depositi rusciniani e villafranchiani conglomeratici (VILa) presentano picchi con frequenze più alte corrispondenti a contrasti di impedenza collocati a profondità inferiori ai 10 m dal p.c.. La prova P197 non ha presentato picchi significativi.

Le prove, ad eccezione di quelle (P197 e P198) eseguite in corrispondenza della litofacies olistostromica del Macigno (MACa) hanno mostrato un alto contrasto di impedenza sismica.

Dalle valutazioni sulla velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) desumibile dalle prove P197 e P198, realizzate in località San Salvatore in corrispondenza di terreni attribuibili alla facies olistostromica della formazione del Macigno (MACa) sovrastante i depositi arenaceo medio-grossolani (MAC) si evince la presenza di un substrato costituito da quattro sismostrati di cui il primo costituente il livello di terreno naturale areato con spessore massimo di circa 1,0 m presenta $V_s = 190/200$ m/s. A questo segue un sismostrato con $V_s = 280/300$ m/s, dello spessore massimo di circa 3,5 m, presumibilmente costituente la fascia di alterazione e di intensa fratturazione dei litotipi appartenenti alla facies olistostromica del Macigno (MACa). A partire da circa 4,0 m da p.c. si rinvencono, invece, litologie con $V_s = 550/590$ m/s corrispondenti alla facies olistostromica del Macigno (MACa) in condizioni di debole alterazione. A partire da circa 10,0-15,0 m dal p.c. si entra invece nel bedrock sismico ($V_s = 850/930$ m/s) costituito dai litotipi torbiditici della facies arenacea medio-grossolana della formazione del Macigno (MAC).

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di V_{s30} stimato in 607/617 m/s.

Per quanto riguarda il settore dell'abitato di Malmantile collocato sui depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILa e VILb), le prove di sismica passiva a stazione singola eseguite (P98, P195 e P196) hanno permesso di rilevare, al di sotto di uno spessore decimetrico di terreno naturale areato con $V_s = 110/120$ m/s, la presenza di spessori metrici (da circa 3,0 a circa 8,0 m dal p.c.) di depositi sabbiosi o ghiaiosi con $V_s = 230/390$ m/s e successivamente, e sino a circa 34,0 – 47,0 m da p.c., la presenza di depositi sabbiosi e macroclastitici con $V_s = 560/670$ m/s. Questi poggiano sul bedrock geologico e sismico ($V_s = 950-1050$ m/s) costituito dai litotipi prevalentemente arenacei a granulometria medio-fine appartenenti alla formazione del Macigno (MACb).

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di V_{s30} stimato in 458/483 m/s.

Nel suddetto settore è stata svolta anche una indagine su antenna sismica ESAC, integrata con una prospezione sismica superficiale MASW. Le indagini svolte confermano la suddivisione sismostratigrafica individuando un primo strato superficiale di spessore decimetrico con $V_s = 95$ m/s, a cui seguono circa 8,0 m di terreni con $V_s = 255/340$ m/s. A questi seguono circa 33,0 m di spessore di litotipi con velocità delle onde di taglio comprese tra 540 e 720 m/s, poggianti, a profondità maggiori di 41,2 m da p.c., sul substrato geologico, che in questo caso, presentando velocità $V_s = 750$ m/s, non costituisce un bedrock sismico. Questo è probabilmente da correlarsi alle

variazioni litologiche e/o alle condizioni di qualità dell'ammasso roccioso che variano nei depositi torbiditici da settore a settore.

Le indagini svolte hanno ricavato un valore di V_{s30} stimato in 468 m/s.

Nel settore dell'abitato di Quattro Strade le prove di sismica passiva a stazione singola eseguite (P99, P199 e P200) hanno permesso di rilevare, al di sotto di uno spessore decimetrico di terreno naturale areato con $V_s = 100/120$ m/s, la presenza di spessori metrici (da circa 3,5 a circa 5,0 m dal p.c.) di depositi sabbiosi o limosi con $V_s = 180$ m/s e successivamente (tra 4,0 e 12,0 m da p.c.) con $V_s = 300/330$ m/s; a cui seguono (a partire da circa 10,0 m dal p.c. e sino a profondità variabili tra 33,0 e 56,0 m dal p.c.) un'alternanza di depositi presumibilmente a prevalente componente sabbioso ghiaiosa e sabbioso limosa con $V_s = 410/510$ m/s. Questi poggiano sul bedrock geologico (come confermato anche dalla successione stratigrafica del pozzo P165) e sismico (con $V_s = 850-870$ m/s alle profondità comprese nella prova 43_HVSR tra 33,0 e 83,0 m da p.c. e tra 50,0 e 111,0 m da p.c. nelle prove P99 e P200 e con $V_s = 1100-1200$ m/s a profondità maggiori rispetto alle precedenti) costituito dai litotipi prevalentemente arenacei a granulometria medio-fine appartenenti alla formazione del Macigno (MACb).

Le risultanze delle V_s mostrerebbero come, nei primi trenta metri delle aree indagate, in corrispondenza dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani le velocità registrate siano maggiori laddove, come nel caso dell'abitato di Malmantile rispetto all'abitato di Quattro Strade, siamo in presenza di una prevalenza dei livelli a composizione granulometrica grossolana (VILa).

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

Zone stabili

- **zona 1011**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato geologico, con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 3,0 m con $i < 15^\circ$ e basso c. i., talora con la presenza di coperture antropiche di riporto. Il substrato geologico è rappresentato da Substrato lapideo stratificato o da Substrato lapideo ed è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC) e da media a fine (MACb).

Dallo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, 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, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s).

La zona interessa tutti i settori collinari con acclività $< 15^\circ$ laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno nelle sue due litofacies (MAC e MACb) come, nel primo caso, il settore dell'abitato di Malmantile tra l'abitato storico interno alle mura fortificate medioevali e l'abitato di San Salvatore, e nel secondo caso tra l'allineamento Via di San Vito – Via della Macine e l'abitato storico interno alle mura fortificate medioevali.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 1 (2001)**: comprende le aree nelle quali affiora un substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), con coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i > 15^\circ$, basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano alti contrasti di impedenza sismica, 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 gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

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

La zona viene individuata nei settori collinari a maggiore acclività, e in corrispondenza di un substrato lapideo affiorante e/o superficiale, come in alcuni settori di versante posti a nord dell'abitato di Malmantile.

- **zona 8 (2008):** comprende le aree con copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC) e in facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano 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 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

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

La zona viene individuata in corrispondenza del Borro di Gello e del Borro del Lago.

- **zona 13 (2013):** comprende le aree con copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i..

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (P98, P195 e P196) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei primi dieci metri di spessore e, quindi, all'interno dei depositi terrigeni continentali.

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 gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

Questa zona presenta elementi morfologici scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m.

La zona interessa tutti i settori caratterizzati dalla presenza di un substrato costituito dai depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILa e VILb); in particolare l'abitato di Malmantile a ovest dell'allineamento Via di San Vito – Via della Macine, a nord-ovest dell'abitato della località Sant'Ambrogio e presso la zona industriale di Malmantile.

- **zona 14 (2014):** comprende le aree ove si rinviene la presenza di copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggiante su copertura “plio-pleistocenica” costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, sovrastanti substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb), alto c.i..

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (P98, P195 e P196) si presume possibili alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei primi dieci metri di spessore e, quindi, all'interno dei depositi terrigeni continentali.

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 gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona interessa alcuni settori isolati in corrispondenza dell'abitato di Malmantile a ovest dell'allineamento Via di San Vito – Via della Macine e la zona industriale di Malmantile.

- **zona 15 (2015):** comprende le aree ove si rinviene la presenza di copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i.. Il substrato è costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb).

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (P98, P195 e P196) si presume di possibili alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei primi dieci metri di spessore e, quindi, all'interno dei depositi terrigeni continentali.

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 gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona interessa alcuni settori di fondo valle in corrispondenza dal Borro di Gello a sud dell'abitato di Malmantile a ovest dell'allineamento Via di San Vito – Via della Macine e a ovest del campo sportivo presso la zona industriale di Malmantile.

- **zona 16 (2016):** questa zona comprende le aree, con pendenze inferiori ai 15°, nelle quali vi è la presenza di una copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i.. Il substrato è costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb).

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (P99, P199 e P200) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei primi dieci metri di spessore e, quindi, all'interno dei depositi terrigeni continentali.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 2,2 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,5 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Questa zona presenta elementi morfologici scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m.

La zona interessa tutti i settori collinari caratterizzati da un substrato costituito dai depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILa e VILb); in particolare l'intero abitato di Quattro Strade e alcuni settori presso le località Sant'Ambrogio. Poggio Chiavelli e a sud-est dell'abitato di Malmantile.

- **zona 17 (2017):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, su substrato

lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i.. Il substrato è costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb).

Dalla successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei primi dieci metri di spessore e, quindi, all'interno dei depositi terrigeni continentali.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 2,2 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,5 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Questa zona presenta elementi morfologici scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m. La zona si rinviene in un settore compreso tra le località Sant'Ambrogio e Poggio Chiavelli.

- **zona 18 (2018):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i.. Il substrato è costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb).

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (P99, P199 e P200) si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei primi dieci metri di spessore e, quindi, all'interno dei depositi terrigeni continentali.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 2,2 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,5 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Questa zona presenta elementi morfologici scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. La zona si rinviene in un settore ad ovest dell'abitato di Quattro Strade.

- **zona 2099a:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora un substrato con alternanza di litotipi fratturato /alterato (SFAL), riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies olistostromica (MACa), con coltre alteritica compresa tra 0,0 e 5,0 m, talora con riporti, poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i..

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano 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 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona interessa tutti i settori collinari laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa) come, nell'areale ad est dell'abitato di San Salvatore.

- **zona 2099c:** comprende le aree nelle quali affiora un substrato lapideo fratturato /alterato (SFLP) o un substrato lapideo stratificato fratturato /alterato (SFLPS), dello spessore compreso tra 3,0 e 25,0 m, poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno (MAC e MACb).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano 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 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei settori collinari in corrispondenza di aree interessate da intensa fratturazione e/o alterazione di litotipi appartenenti alla formazione geologica del Macigno (MAC e MACb).

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 4.2 del dicembre 2020) 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 (Macigno – MAC e MACb) e tra questo le litofacies olistostromiche appartenenti alla formazione del Macigno (MACa) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. 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 Malmantile – Quattro Strade non si riconoscono zone con terreni liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

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

BELFIORE

(vedi tavv. G02, G05, G08, G11, G17, G20 e G23 in scala 1:5.000 e G14 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Belfiore è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili ai depositi torbiditici della Falda Toscana, rappresentati dalle litofacies torbiditico arenacea medio-grossolana della formazione del Macigno (MAC). Inoltre sono localmente presenti depositi riconducibili a fenomeni eluvio-colluviali (b2a), presenti in particolare in corrispondenza della località Casa Sant'Antonio.

L'assetto giaciturale dei depositi torbiditici mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti meridionali con inclinazioni che variano generalmente tra 20° e 25°.

Alcune porzioni di territorio in corrispondenza dei terreni torbiditici arenacei sono interessati da locali distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative il cui stato di attività appare attivo.

Il quadro geomorfologico è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione attive e non di altezza sia superiore che inferiore ai 20,0 m.

Dal punto di vista morfologico l'areale su cui è collocato l'abitato di Belfiore si colloca in settori con pendenze generalmente comprese tra il 15% e il 35%, interessano i restanti settori.

Di tali 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 Belfiore 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. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo strumentati con tubo piezometrico, con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 2 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi.

Sono state, inoltre collezionate, le indagini eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 nell'ambito del vigente Piano Strutturale Comunale.

Queste sono consistite in n. 2 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato dell'area di interesse risulta costituito dai terreni di attribuibili alla formazione del Macigno in facies arenacea medio-grossolana (MAC). Dette litologie presentano una fascia superficiale di coltre di alterazione di spessore fino a 3,0 – 5,0 m.

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 riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico tecnica LP (substrato geologico costituito da formazioni lapidee) i terreni appartenenti alla formazione del Macigno (MAC).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti, qualora presenti, 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 geologico raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato geologico.

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 53,4 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Belfiore sono state eseguite complessivamente n. 2 misure di rumore (73_HVSr e 74_HVSr) al fine dello studio in questione. Le registrazioni di rumore sismico hanno messo in luce rispettivamente frequenze di risonanza a 14,38 Hz e 12,19 Hz, quindi con contrasti di impedenza, medio-alta (rispettivamente $A_0 = 2,5$, e $A_0 = 3,0$), a profondità non superiori ai 7,0 – 8,0 m dal p.c., e, quindi, da collocarsi al passaggio tra coltre di alterazione e maggior fratturazione del substrato e il sottostante substrato maggiormente integro.

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

Zone stabili

- **zona 1011**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato geologico, con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 3,0 m con $i < 15^\circ$ e basso c. i., talora con la presenza di coperture antropiche di riporto. Il substrato geologico è rappresentato da Substrato lapideo stratificato da Substrato lapideo ed è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC).

Dallo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, 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, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s).

La zona interessa tutti i settori collinari con acclività $< 15^\circ$ laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC). E' la zona maggiormente presente nell'intero settore di studio di Belfiore.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 1 (2001)**: comprende le aree nelle quali affiora un substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), con coltre alteritica compresa tra 0,0 e 3,0 m, $i > 15$, basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC).

Dal complessivo studio di indagine sismica e dall'indagine sismica eseguita (P100) si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano alti contrasti di impedenza sismica, 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 gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

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

La zona viene individuata nei settori a maggiore acclività presso l'abitato di Belfiore.

- **zona 8 (2008)**: comprende le aree con copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC).

Sulla scorta della successione stratigrafica rilevata e delle risultanze di indagini di sismica passiva eseguite in aree contermini si suppone che tali settori non presentino alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona si rinviene in alcuni piccoli areali caratterizzati da spessori di copertura eluvio-colluviale su substrato litoide in settori collinari a ovest della località Casa Sant'Antonio.

- **zona 2099c**: comprende le aree nelle quali affiora un substrato lapideo fratturato /alterato (SFLP) o un substrato lapideo stratificato fratturato /alterato (SFLPS), dello spessore compreso tra 3,0 e 25,0 m, poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno (MAC).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano 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 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei settori collinari in corrispondenza di aree interessate da intensa fratturazione e/o alterazione di litotipi appartenenti alla formazione geologica del Macigno (MAC).

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 4.2 del dicembre 2020) 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 (Macigno – MAC) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. 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.

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

INNO - MARLIANO

(vedi tavv. G02, G05, G08, G11, G17, G20 e G23 in scala 1:5.000 e G14 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

Le aree su cui sorgono gli abitati di Marliano e Inno sono caratterizzate dalla presenza di terreni riconducibili sia ai depositi torbiditici della Falda Toscana, rappresentati dalle litofacies della formazione del Macigno (MAC e MACb) e dalle marne di San Polo (MACa), sia ai depositi di origine continentale di età rusciniense e villafranchiana (VILa, VILb, VILe e VILh). Inoltre sono localmente presenti depositi riconducibili a fenomeni eluvio-colluviali (b2a), sia depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna) di età olocenica.

In particolare le litofacies della formazione del Macigno costituiscono le porzioni collinari del settore centro-settentrionale e settentrionale dell'area di studio, con la litofacies torbiditico arenacea medio-grossolana (MAC) presente in corrispondenza della porzione settentrionale dell'abitato di Marliano e presso le località de I Pianacci, il Poggio e Fanecchio; la litofacies olistostromica (MACa) è, invece, presente in una fascia ad andamento circa nord-ovest/sud-est, interessando la porzione meridionale dell'abitato di Marliano e la località Podere Barca.

La formazione delle Marne di San Polo (MACc) affiora nel settore centro orientale dell'area di studio, in corrispondenza e a sud del tracciato della S.G.C. FI-PI-LI.

L'assetto giaciturale dei depositi riferibili alla litofacies torbiditico arenacea medio-grossolana (MAC) e alle Marne di San Polo (MACc) mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti meridionali con inclinazioni attorno ai 10°.

La litofacies olistostromica (MACc) data la sua natura stessa non mostra un assetto preferenziale, sebbene in media le direzioni di immersione siano verso i quadranti orientali.

Gli areali del settore centro-meridionale e meridionale dell'area di interesse, tra cui l'areale su cui sorge l'abitato di Inno, sono costituiti da terreni attribuibili ai depositi continentali rusciniensi e villafranchiani.

Questi sono costituiti nella porzione a sud del Borro di Fonecchio / Borro di Pianacci da una alternanza di spessori metrici di litologie limoso argillose e argilloso limoso con percentuale sabbiosa variabile (Limi argilloso sabbiosi e Argille limoso sabbiose – VILh) e di litologie granulari con sabbie e ciottolami (Sabbie e Conglomerati – VILe).

A nord del suddetto Borro si ha la prevalenza di alternanze tra litologie prevalentemente macroclastitica (Conglomerati – VILa) e sabbioso argillose (Sabbie e Sabbie argillose – VILb).

Vari settori sono caratterizzati dalla presenza di depositi riconducibili a fenomenologie eluvio-colluviali (b2a) e alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna)

I settori collinari in corrispondenza dei terreni torbiditici arenacei e olistostromici sono interessati da locali distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative il cui stato di attività appare in parte attivo ed in parte quiescente. Fenomenologie gravitative a diverso grado di attività si riconoscono anche in corrispondenza dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani.

Il quadro generale è completato dalla presenza di terreni di riporto di origine antropica.

Il quadro geomorfologico è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione attive e non di altezza inferiore ai 10,0 m.

Dal punto di vista morfologico nell'intero areali di studio si evidenziano settori a bassa acclività dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) presenti in particolare nei settori su cui sono ubicati i maggiori nuclei abitativi (Inno e Marliano), mentre maggiori pendenze, generalmente comprese tra il 10% e il 25%, interessano i restanti settori.

Di tali 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 le frazioni di Marliano e Inno 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 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 3 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 1 indagine di sismica tipo MASW.

Sono state, inoltre collezionate, le indagini eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 nell'ambito del vigente Piano Strutturale Comunale.

Queste sono consistite in n. 2 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr) presso l'abitato di Marliano e di n. 3 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr) presso l'abitato di Inno.

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato della porzione centro-settentrionale e settentrionale risulta costituito dai terreni di attribuibili alla formazione del Macigno, nella sua facies arenacea (MAC) e nella sua facies olistostromica (MACa), e alla formazione delle Marne di San Polo (MACc). In particolare la facies arenacea del Macigno (MAC) si riconosce in corrispondenza della porzione settentrionale dell'abitato di Marliano e presso le località di I Pianacci, il Poggio e Faneccchio, mentre la facies olistostromica (MACa) è presente in una fascia ad andamento circa nord-ovest/sud-est, interessando la porzione meridionale dell'abitato di Marliano e la località Podere Barca.

La formazione delle Marne di San Polo (MACc) affiora in una porzione limitata del territorio di interesse, e in particolare nella porzione centro-orientale dell'area, in corrispondenza e a sud del tracciato della S.G.C. FI-PI-LI. Queste formazioni rappresentano anche il substrato geologico litoide dei settori centro-meridionali e meridionale dell'area in esame, sormontati da spessori variabili (da metrici a decametrici) di litologie riferibili ai depositi rusciniani e villafranchiani.

In particolare nei settori a nord del Borro di Fonecchio / Borro di Pianacci i depositi rusciniani e villafranchiani sono costituiti da un'alternanza di litologie prevalentemente macroclastiche (Conglomerati – VILa) e sabbioso argillose (Sabbie e Sabbie argillose – VILb) poggianti su un substrato generalmente riferibile alla litofacies olistostromica del Macigno (MACa). Nei settori a sud del Borro i depositi rusciniani e villafranchiani sono, invece, rappresentati da un'alternanza di litologie limoso argillose e argilloso limose con percentuale sabbiosa variabile (Limi argilloso sabbiosi e Argille limoso sabbiose – VILh) e di litologie granulari con sabbie e ciottolami (Sabbie e Conglomerati – VILe). Queste poggiano, a profondità variabili, sia sulla litofacies arenacea del Macigno (MAC), come nei settori a sud-ovest della località Podere Querciola e a nord-est delle località Case Cocchini e Il Trillo, sia sulla litofacies olistostromica del Macigno (MACa), come in corrispondenza dell'abitato di Inno, sia sui litotipi riferibili alla formazione delle Marne di San Polo (MACa), come presso Case Conticelli. Vari settori sono caratterizzati dalla presenza di depositi riconducibili a fenomenologie eluvio-colluviali (b2a), alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna) o franose.

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 recenti sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i terreni riferibili ai depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna), e all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante - eluvi/colluvi) i depositi eluvio-colluviali (b2a).

Per quanto riguarda i terreni di copertura di età plio-pleistocenica sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- all'unità geologico-tecnica GMdl (ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - piana deltizia) corrispondono i depositi della formazione dei Conglomerati (VILa) e della formazione delle Sabbie e conglomerati (VILe).
- all'unità geologico-tecnica SMdl (sabbie limose, miscela di sabbia e limo) corrispondono i depositi della formazione delle Sabbie e sabbie argillose (VILb).
- all'unità geologico-tecnica MLtm (limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico costiero - terrazzo marino) corrispondono i depositi della formazione dei Limi argilloso sabbiosi e argille limoso sabbiose (VILh).

Per i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico tecnica SFAL (substrato geologico costituito da alternanza di litotipi fratturato/alterato) i terreni appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa), all'unità geologico tecnica ALS (substrato geologico costituito dall'alternanza di litotipi stratificato) i terreni appartenenti alla formazione delle Marne di San Polo (MACa), mentre sono stati attribuiti all'unità geologico tecnica LP (substrato geologico costituito da formazioni lapidee) i terreni appartenenti alla formazione del Macigno (MAC).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti, 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 geologico raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato geologico.

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 per l'area di Marliano una valutazione di qualità pari a 50,0 che la colloca in classe di accettabilità B; mentre per l'area di Inno, dove si hanno n. 3 misure HVSR di cui n. 2 classificate in classe A1 e n. 1 classificata in A2, si ricava per l'area di Inno una valutazione di qualità pari a 52,0 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Marliano sono state eseguite n. 2 misure di rumore (P102 e P103) al fine dello studio in questione. La registrazione di rumore sismico P103 ha mostrato una frequenza del picco principale pari a 4,38 Hz con un alto contrasto di impedenza ($A_0 = 3,17$) presumibilmente da riferirsi a variazioni litologiche all'interno del corpo olistostromico o al passaggio tra la litofacies olistostromica e la sottostante litofacies arenacea del Macigno.

La misura P102, eseguita in corrispondenza del substrato geologico torbiditico arenaceo della formazione del Macigno (MAC), non ha registrato la presenza di picchi significativi.

In corrispondenza dell'abitato di Inno sono state eseguite n. 3 misure di rumore (P109, P110 e P111) al fine dello studio in questione. Le registrazioni hanno presentato tutte frequente del picco principale comprese tra 2,34 e 2,5 Hz, compatibili con contrasti a profondità comprese tra 30,0 e 50,0 m dal p.c., da correlarsi presumibilmente con variazioni litologiche all'interno dei depositi rusciniani e villafranchiani (ad esempio al passaggio tra litologie limoso argillose e litologie sabbioso conglomeratiche) e/o al passaggio tra queste e il sottostante substrato litoide. Tutte e tre le misurazioni hanno presentati alti contrasti di impedenza in corrispondenza del picco principale (A_0 rispettivamente pari a 4,86, 5,59 e 3,0). di rumore sismico P103 ha mostrato una frequenza del picco principale pari a 4,38 Hz con un alto contrasto di impedenza ($A_0 = 3,17$) presumibilmente da riferirsi a variazioni litologiche all'interno del corpo olistostromico o al passaggio tra la litofacies olistostromica e la sottostante litofacies arenacea del Macigno.

La misura P102, eseguita in corrispondenza del substrato geologico torbiditico arenaceo della formazione del Macigno (MAC), non ha registrato la presenza di picchi significativi.

Ad est dell'abitato di Inno l'indagine L22 ha presentato un primo sismostrato dello spessore complessivo di 6,4 m avente V_s comprese tra 200 e 275 m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore complessivo di 5,4 m con V_s comprese tra 328 e 334 m/s, un terzo sismostrato di spessore 9,6 m con $V_s = 392$ m/se un quarto e ultimo sismostrato di spessore investigato di 9,6 m con $V_s = 445$ m/s; da cui è stato possibile calcolare un $V_{s30} = 346$.

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

Zone stabili

- **zona 1011**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato geologico, con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 3,0 m con $i < 15^\circ$ e basso c. i., talora con la presenza di coperture antropiche di riporto. Il substrato geologico è rappresentato da Substrato lapideo stratificato o da

Substrato lapideo ed è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC).

Dallo studio 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, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s).

La zona interessa tutti i settori collinari con acclività < 15° laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC). E' la zona maggiormente presente nell'intero settore settentrionale dell'area di studio.

- **zona 1041**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato geologico, con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 3,0 m con $i < 15^\circ$ e basso c. i.. Il substrato geologico è rappresentato dal Substrato stratificato con alternanza di litotipi, caratterizzato dalla formazione delle Marne di San Polo (MACa).

Dallo studio 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, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s).

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

Interessa limitati settori a cavallo del tracciato della S.G.C. FI-PI-LI tra le località Case Conticelli e I Pianacci di Sotto.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggianti a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS), alto c.i.. Il substrato è costituito dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa), a sua volta poggianti, a profondità variabile su un substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP).

Data la successione stratigrafica si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica al passaggio tra copertura alluvionale sciolta e il sottostante 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 gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

Detta zona è presente in alcuni settori presso la località Podere Barca.

- **zona 8 (2008)**: è la zona dove vi è la presenza di copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i.. Il substrato è costituito da litotipi appartenenti alla formazione del Macigno (MAC).

Sulla scorta della successione stratigrafica rilevata e delle risultanze di indagini di sismica passiva eseguite in aree contermini si suppone che tali settori non presentino alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona si rinviene in alcuni settori tra l'abitato di Marliano e la località I Pianacci tra cui in una fascia presso il Borro di Pianacci.

- **zona 9 (2009)**: è la zona dove vi è la presenza di una copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, su stratificato con alternanze di litotipi (ALS), alto c.i.. Il substrato è caratterizzato dalla formazione delle Marne di San Polo (MACc).

Sulla scorta della successione stratigrafica rilevata e delle risultanze di indagini di sismica passiva eseguite in aree contermini si suppone che tali settori possano presentare 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, un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. Interessa limitati settori a cavallo del tracciato della S.G.C. FI-PI-LI tra le località Case Conticelli e I Pianacci di Sotto.

- **zona 20 (2020)**: questa zona comprende le aree in cui si ha la presenza di una copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di conoide alluvionale (ca), di palude/laguna/stagno/lago costiero (pl) e di terrazzo marino (tm) e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i.. Il substrato geologico è rappresentato dalla formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC).

Dalle indagini sismiche eseguite (prove P109, P110) e dalla successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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

La zona interessa principalmente l'abitato di Inno. Si rinviene, inoltre, tra il Borro Fanecchio e il rilevato della S.G.C. FI-PI-LI, in alcuni settori attorno al Borro Fontini, presso la località Case Cocchini e presso la località La Casetta.

- **zona 24 (2024)**: questa zona comprende le aree in cui si ha la presenza di una copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i.. Il substrato geologico è rappresentato dalla formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC).

Dalle indagini sismiche eseguite (P111) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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

La zona si riconosce presso la porzione settentrionale dell'abitato di Inno e attorno al Borro Fontini.

- **zona 30 (2030)**: comprende le aree ove si rinviene una copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i.. Il substrato è costituito dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa).

Dalla successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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

La zona si rinviene attorno alla località Podere Fornaino.

- **zona 31 (2031)**: comprende le aree ove si rinviene una copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), alto c.i.. Il substrato geologico è rappresentato dalla formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC).

Dalla successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Questa zona presenta elementi morfologici scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m.

La zona si rinviene attorno al Borro Fonecchio e presso Villa Schupfner.

- **zona 32 (2032)**: è la zona dove vi è la presenza di una copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), rappresentato dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa), poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), costituito dalla formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC), alto c.i..

Dalla successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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

La zona si rinviene lungo il Borro Fonecchio.

- **zona 33 (2033)**: è la zona dove vi è la presenza di una copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia

(dl) e di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggianti, poggianti su substrato fratturato con alternanza di litotipi (SFAL), rappresentato dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa), poggianti a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), costituito dalla formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC), alto c.i..

Dalla successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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

La zona si riconosce a nord della località la Casetta e tra il Borro Fanecchio e il rilevato della S.G.C. FI-PI-LI.

- **zona 34 (2034)**: è la zona dove vi è la presenza di una copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), costituito dalla formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC), alto c.i..

Dalla successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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

La zona si riconosce presso la porzione settentrionale dell'abitato di Inno e attorno al Borro Fontini.

- **zona 35 (2035)**: è la zona dove vi è la presenza di una copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), costituito dalla formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC), alto c.i..

Dalla successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di 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, un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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

La zona si riconosce tra le località Case Cocchini e Case Conticelli.

- **zona 36 (2036)**: è la zona dove vi è la presenza di una copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, talora con riporti, poggianti su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), costituito dalla formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC), alto c.i..

Sulla scorta della successione stratigrafica rilevata e delle risultanze di indagini di sismica passiva eseguite in aree contermini si suppone che tali settori possano presentare 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, un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona si rinviene in corrispondenza del tracciato della S.G.C. FI-PI-LI a nord di Case Cocchini.

- **zona 37 (2037)**: è la zona dove vi è la presenza di una copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), presenti in superficie, e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), costituito dalla formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC), alto c.i..

Sulla scorta della successione stratigrafica rilevata e delle risultanze di indagini di sismica passiva eseguite in aree contermini si suppone che tali settori possano presentare alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 2,0 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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

La zona si riconosce in corrispondenza dell'abitato di Inno e lungo i versanti del Borro Fontini.

- **zona 2099b**: comprende le aree nelle quali affiora un substrato con alternanza di litotipi fratturato /alterato (SFAL), riferibile alla litofacies olistostromica del Macigno (MACc), oltre alteritica compresa tra 0,0 e 5,0 m, talora con riporti, poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), riferibile alla formazione del Macigno (MAC), alto c.i..

Sulla scorta delle indagini eseguite (P103) si evince che tali settori, con un substrato litoide 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 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei settori tra l'abitato di Marliano e i poderi Bacca e Fornaino.

- **zona 2099c**: comprende le aree nelle quali affiora un substrato lapideo fratturato /alterato (SFLP) o un substrato lapideo stratificato fratturato /alterato (SFLPS), dello spessore compreso tra 3,0 e 25,0 m, poggiante a profondità variabile su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno (MAC).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano 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 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei settori collinari in corrispondenza di aree interessate da intensa fratturazione e/o alterazione di litotipi appartenenti alla formazione geologica del Macigno (MAC).

- **zona 2099d**: comprende le aree nelle quali affiora un substrato stratificato con alternanze di litotipi fratturato /alterato (SFALS), dello spessore compreso tra 3,0 e 25,0 m, poggiante a profondità variabile su substrato stratificato con alternanze di litotipi (ALS), basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione delle Marne di San Polo (MACc).

Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide, non presentano 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 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei settori collinari in corrispondenza di aree interessate da intensa fratturazione e/o alterazione di litotipi appartenenti alla formazione delle Marne di San Polo (MACc).

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 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra i depositi di copertura (coperture alluvionali, coperture eluvio-colluviali, coltri detritiche e di frana) e il substrato litoide (Macigno – MAC) e tra il substrato litoide appartenente alla formazione del Macigno (MAC) e le litologie appartenenti alla litofacies olistostromica del Macigno (MACc) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. 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.

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

LA LUNA

(vedi tavv. G02, G05, G08, G11, G17, G20 e G23 in scala 1:5.000 e G14 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di La Luna è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili ai depositi di origine continentale di età rusciniense e villafranchiana (VILb e VILa). Inoltre sono localmente presenti depositi riconducibili a fenomeni eluvio-colluviali (b2a), sia depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati di età olocenica (bna).

I depositi continentali rusciniensi e villafranchiani sono costituiti da una alternanza di spessori metrici di litologie sabbiose a granulometria medio-fine e limose da sabbiose ad argillose (Sabbie e sabbie argillose – VILb) e di litologie macroclastiche con ciottolami in abbondante matrice sabbioso limosa (Conglomerati – VILa).

I settori pedecollinari in corrispondenza del Borro della Luna e del Borro Pescaia sono caratterizzati dalla presenza di depositi riconducibili a fenomenologie eluvio-colluviali (b2a), mentre, talora i fondo valle dei corsi d'acqua presentano depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati di età olocenica (bna).

I settori collinari sono interessati da locali distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative il cui stato di attività appare in parte attivo ed in parte quiescente.

Il quadro geomorfologico è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione attive e non di altezza inferiore ai 10,0 m.

Dal punto di vista morfologico nell'intero areali di studio si evidenziano settori a bassa acclività dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) presenti in particolare nei settori su cui è collocato l'abitato di La Luna, mentre maggiori pendenze, generalmente comprese tra il 10% e il 25%, interessano i restanti settori.

Di tali 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 La Luna 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 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 3 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi.

Sono state, inoltre collezionate, le indagini eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 nell'ambito del vigente Piano Strutturale Comunale.

Queste sono consistite in n. 6 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato su cui è impostato l'abitato di La Luna, è costituito dai depositi di origine continentale di età rusciniense e villafranchiana. In particolare la successione è caratterizzata dall'alternanza di litologie sabbiose e limose appartenenti alla formazione delle Sabbie e sabbie argillose (VILb), e di livelli da ghiaioso sabbiosi a conglomeratici in matrice sabbioso limosa, attribuibili alla formazione dei Conglomerati (VILa).

Queste poggiano, a profondità superiori ai 70,0 / 80,0 m dal p.c. sulla litofacies arenacea del Macigno (MAC).

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 recenti sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i terreni riferibili ai depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna), e all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante - eluvi/colluvi) i depositi eluvio-colluviali (b2a).

Per quanto riguarda i terreni di copertura di età plio-pleistocenica sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- all'unità geologico-tecnica GMdl (ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - piana deltizia) corrispondono i depositi della formazione dei Conglomerati (VILa).
- all'unità geologico-tecnica SMdl (sabbie limose, miscela di sabbia e limo) corrispondono i depositi della formazione delle Sabbie e sabbie argillose (VILb).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti, 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 geologico raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato geologico.

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. 1 classificata in classe A1 e n. 5 classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 50,7 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di La Luna sono state eseguite n. 6 misure di rumore (P104, P105, P106, P107, P108, P112 e P113) al fine dello studio in questione. Le registrazioni P104 e P105 eseguite nel settore settentrionale dell'area di indagine, presso la località Malpensa, hanno mostrato simili risultanze con picchi compresi tra 1,56 e 1,88 Hz e ampiezze comprese tra 2,39 e 2,54. Il picco principale dovrebbe presumibilmente corrispondere al passaggio tra depositi continentali rusciniani e villafranchiani e il sottostante substrato litoide. Simile valore di A0, 2,76, è stato riconosciuto anche nella prova P112 eseguita poco ad est delle precedenti due ma con un picco principale posto a 11,81 Hz e quindi un contrasto maggiormente superficiale. La prova 79_HVSR non ha presentato picchi significativi. Mentre le prove eseguite nella porzione centrale e meridionale dell'area in esame (P106, P107 e P108) hanno mostrato picchi principali rispettivamente a 13,75, 7,81 e 20,31 Hz denotando contrasti a profondità superficiali comprese tra 5,0 e 10,0 m dal p.c. e quindi all'interno dei depositi rusciniani e villafranchiani. La sola prova P106 ha mostrato un alto contrasto di impedenza ($A_0 = 4,38$), mentre le altre due prove A0 rispettivamente di 2,32 e 2,45.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 26 (2026)**: questa zona comprende le aree nelle quali vi è una copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb), basso c.i..

Data la successione stratigrafica rilevata e dalle indagini di sismica passiva eseguite (P106, P108 e P112), non si presume la possibilità di bassi contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,6 per gli intervalli 0,1-0,5s e 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,5 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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

La zona si riconosce nei settori collinari intorno all'abitato di La Luna, come ad esempio presso Villa Allegri.

- **zona 27 (2027)**: questa zona comprende le aree nelle quali vi è una copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb), basso c.i..

Data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,6 per gli intervalli 0,1-0,5s e 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,5 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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

La zona si riconosce lungo il corso del Borro della Luna.

- **zona 28 (2028)**: questa zona comprende le aree nelle quali vi è una copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie,

e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb), basso c.i..

Data la successione stratigrafica rilevata e dalle indagini di sismica passiva eseguite (P104, P105, P107 e P113), non si presume la possibilità di bassi 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, un fattore di amplificazione di 1,9 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 2,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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

La zona rappresenta il substrato dell'area su cui sorge l'abitato di La Luna.

- **zona 29 (2029):** questa zona comprende le aree nelle quali vi è una copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), costituito dalla formazione del Macigno (MAC), basso c.i..

Dalla successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica.

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

La zona si riconosce lungo il corso del Borro della Pescaia.

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 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

GINESTRA FIORENTINA (compreso l'abitato di Carcheri)

(vedi tavv. G03, G06, G09, G12, G18, G21 e G24 in scala 1:5.000 e G15 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Ginestra Fiorentina è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili ai depositi olocenici, caratterizzati prevalentemente dai depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). Questi poggiano sui terreni attribuibili ai depositi continentali rusciniiani e villafranchiani, che rappresentano i litotipi costituenti i rilievi collinari a nord della pianura alluvionale del Fiume Pesa e su cui si estende l'abitato di Carcheri.

Questi sono costituiti da una alternanza di spessori metrici di litologie limoso argillose e argilloso limose (Limi argilloso sabbiosi ed argille limoso sabbiose – VILh), di litologie macroclastiche con ciottolami in abbondante matrice sabbioso limosa e subordinate sabbie a granulometria medio-grossolana (Sabbie e conglomerati – VILe), e di litologie macroclastiche con ciottolami in abbondante matrice sabbioso limosa (Conglomerati – VILa). L'alternanza delle prime due litofacies (VILh e VILe) è prevalente nel settore collinare a nord di Ginestra Fiorentina e ad est della valle del Borro del Grillaio; mentre ad ovest del corso del suddetto Borro si ha la prevalenza delle litologie appartenenti alla facies conglomeratica (VILa).

Al piede della fascia collinare sono presenti depositi riconducibili a fenomenologie eluvio-colluviali (b2a).

Depositi alluvionali a granulometria eterogenea di natura terrazzata ed età pleistocenica medio-superiore (bnb) affiorano in areali limitati dei settori collinari, come ad esempio in corrispondenza degli insediamenti presso la località Il Poggio e Podere La Falsettaia.

In corrispondenza del corso del Fiume Pesa si ha la presenza dei depositi alluvionali attuali (b).

Il quadro generale è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali e delle arginature in corrispondenza dei principali corsi fluviali.

I settori collinari in corrispondenza dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani sono interessati da locali distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative il cui stato di attività appare in parte attivo ed in parte quiescente.

Il quadro geomorfologico è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione attive e non di altezza sia inferiore che superiore ai 10,0 m.

Dal punto di vista morfologico nell'intero areali di studio si evidenziano settori a bassa acclività dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) presenti in particolare nei settori su cui sono ubicati i maggiori nuclei abitativi, mentre maggiori pendenze, generalmente comprese tra il 10% e il 25%, interessano i collinari, laddove si rinvencono versanti con acclività anche maggiori di 25%, come in corrispondenza delle rotture di pendio che interessano i settori immediatamente retrostanti l'abitato di Ginestra Fiorentina.

Di tali 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 le frazioni di Ginestra Fiorentina e Carcheri 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. 9 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 9 prove penetrometriche di cui n. 6 prove penetrometriche statiche e n. 3 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 3 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 7 indagini di sismica tipo MASW.

Sono state, inoltre collezionate, le indagini eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 nell'ambito del vigente Piano Strutturale Comunale.

Queste sono consistite in n. 1 stendimento sismico di sismica a rifrazione con onde P e Sh e in n. 4 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

In corrispondenza dell'abitato di Ginestra Fiorentina e di Carcheri 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 2 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 1 indagini di sismica tipo MASW con associata n. 1 indagine di array sismico tipo ESAC e n. 7 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato del settore dell'abitato di Ginestra Fiorentina risulta costituito dai terreni attribuibili ai depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati di età olocenica (bna). Questi sono costituiti nei primi 7,0 – 10,0 m

da livelli sabbioso limosi, limoso sabbiosi e ghiaioso sabbiosi che poggiano su depositi costituiti prevalentemente da limi argillosi, argille limose e argille sabbiose.

Il settore collinare è costituito dai depositi di origine continentale di età rusciniana e villafranchiana.

In particolare la successione è caratterizzata dalla prevalente presenza di litologie a granulometria da limoso argilloso e argilloso limoso a limoso sabbioso e argilloso sabbioso, attribuibili alla formazione dei Limi argilloso sabbiosi ed Argille limoso sabbiose (VILh) e di litologie grossolane costituite da ciottoli e ghiaie immersi in abbondante matrice sabbioso limosa alternate a sabbie a granulometria medio-grossolana, appartenenti alla formazione delle Sabbie e conglomerati (VILe).

Il settore su cui sono collocati gli edifici in località Il Poggio vede la presenza, sovrastante ai suddetti depositi di età rusciniana e villafranchiana, di spessori metrici di depositi terrazzati a granulometria eterogenea, generalmente da sabbioso limosi a sabbioso ghiaiosi, di natura alluvionale (bnb).

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 recenti sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i terreni riferibili ai depositi alluvionali recenti (b) e ai depositi alluvionali terrazzati (bnb), all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i terreni riferibili ai depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna), e all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante - eluvi/colluvi i depositi eluvio-colluviali (b2a).

Per quanto riguarda i terreni di copertura di età plio-pleistocenica sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- all'unità geologico-tecnica GMdl (ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - piana deltizia) corrispondono i depositi della formazione dei Conglomerati (VILa) e della formazione delle Sabbie e conglomerati (VILe).

- all'unità geologico-tecnica MLtm (limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico costiero - terrazzo marino) corrispondono i depositi della formazione dei Limi argilloso sabbiosi e argille limoso sabbiose (VILh).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti, 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 geologico raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato geologico.

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. 11 misure HVSR di cui n. 5 classificate in classe A1 e n. 8 classificata in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 61,1 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Ginestra Fiorentina e di Carcheri durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 sono state eseguite n. 7 finalizzate allo studio in questione (prove con sigle progressive da P90 a P96).

Le prove P90, P91 e P95, eseguite nel fondovalle hanno mostrato o bassi contrasti di impedenza (A_0 pari a 2,56 e a 2,75 con f_0 di 3,17 Hz e 2,87 Hz riferibili a profondità attorno ai 30,0 m dal p.c.) oppure la non presenza di picchi principali di frequenza (prova P91).

Presso la prova P91 è stata eseguita la stessa sismica L18 che ha registrato nel sottosuolo la presenza di un primo sismostrato di spessore di ca. 10,0 m con $V_s = 190/245$ m/s, un secondo sismostrato presente fino a profondità di circa 25,0 m da p.c. con $V_s = 360/400$ m/s, e un terzo sismostrato, presente a profondità maggiori di 25,0 m dal p.c. avente $V_s = 960/1100$ m/s.

Le altre prove, P96, P94, P93 e P92, eseguite nei settori collinari lungo un transetto con andamento circa nord-sud che va dal complesso scolastico di Ginestra Fiorentina all'abitato di Carcheri hanno tutte mostrato la non registrazione di picchi principali di frequenza.

In corrispondenza dell'abitato di Carcheri è stata eseguita l'indagine Masw L19, associata alla prova Esac P97 che ha mostrato una $V_{sEq} = 523,3$ m/s.

In corrispondenza delle medesime aree sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Lastra a Signa e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 4 misure di rumore, di cui n. 3 realizzate presso il fondo valle (P115, P116 e P118) e n. 1 presso l'edificio scolastico posto nel settore collinare sovrastante il nucleo storico abitativo di Ginestra (P117), al fine dello studio in questione.

Le registrazioni di rumore sismico hanno messo in luce frequenze di risonanza relative ai picchi principali variabili tra 2,09 e 10,31 Hz. La prova P118 non ha presentato picchi significativi.

Le prove hanno mostrato nella quasi totalità, tranne che la suddetta prova P115, un basso contrasto di impedenza sismica.

Dalle valutazioni sulla velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) desumibile dalle prove P115, P116 e P118, realizzate nel fondo valle nel settore di Ginestra Fiorentina collocato tra la vecchia Via Chiantigiana e il rilevato stradale della nuova variante, si ricava la presenza di un substrato costituito da cinque sismostrati.

In particolare il primo costituente il livello di terreno naturale areato con spessore massimo di circa 1,5 m presenta $V_s = 70/190$ m/s. A questo segue un secondo sismostrato, costituito dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna), di spessore variabile tra 6,0 e 15,0 m, con velocità delle onde sismiche di taglio pari a 160/325 m/s. Seguono i depositi continentali ruscini e villafranchiani suddivisibili in n. 3 sismostrati aventi rispettivamente $V_s = 340/405$ m/s (sino a profondità massime comprese tra 23,5 e 35,9 m da p.c.), $V_s = 450/500$ m/s (sino a profondità massime comprese tra 51,5 e 60,9 m da p.c.) e $V_s = 630/700$ m/s a profondità maggiori di 50,0 – 60,0 m dal p.c..

Nel settore prossimo alla prova P116, l'indagine Masw L28 ha permesso di ricavare una $V_{s30} = 304$ m/s.

L'indagine di sismica a rifrazione eseguita nell'area in esame (L25) mostra un substrato costituito da tre sismostrati: un primo sismostrato di spessore massimo di 1,5 – 2,5 m con $V_s = 165/210$ m/s, un secondo sismostrato presente fino a profondità di circa 10,0 – 15,0 m da p.c. con $V_s = 320/366$ m/s, e un terzo sismostrato, presente a profondità maggiori di 15,0 m dal p.c. avente $V_s = 390/580$ m/s.

Le indagini svolte non hanno individuato la presenza di un bedrock sismico nell'area di fondo valle investigata.

Dalle suddette indagini svolte, con l'aggiunta delle risultanze di ulteriori prove Masw o Re.Mi. eseguite (L28 e L30) è stato possibile ricavare un valore di V_{s30} stimato in un intervallo di velocità tra 249 m/s e 391 m/s, con valori di velocità maggiormente frequenti compresi tra 287 m/s e 300 m/s.

Per quanto riguarda il settore dell'abitato di Ginestra Fiorentina, così come per l'abitato di Carcheri, collocati sui depositi continentali rusciniati e villafranchiani (VILe e VILh), la prova di sismica passiva a stazione singola eseguite (P117) ha mostrato la presenza, di un primo sismostrato con spessore di circa 5,0 m avente $V_s = 160/230$ m/s, seguito da un secondo sismostrato dello spessore di 58,0 m con $V_s = 480$ m/s. Quest'ultimo poggia, a profondità maggiori di circa 60,0 m da p.c. su un terzo sismostrato costituente il bedrock sismico avente $V_s = 850$ m/s probabilmente da correlarsi alla presenza di un substrato geologico di natura litoide (cfr successione stratigrafica pozzo P156).

Nel settore prossimo alla prova P117, l'indagine Masw L32 ha permesso di ricavare una $V_{s30} = 304$ m/s.

L'indagine svolta ha permesso di stimare il valore di V_{s30} pari a 398 m/s.

Valori simili, sebbene senza l'individuazione di un bedrock sismico si ricavano dalla prova Masw L26 che mostra la presenza di un primo sismostrato con $V_s = 250$ m/s collocato nei primi 2,5 m dal p.c., di un secondo sismostrato posto a profondità comprese tra 3,0 e 29,0 m da p.c. avente $V_s = 430/590$ m/s, poggiante su un terzo sismostrato con $V_s = 660$ m/s.

L'indagine svolta ha permesso di stimare il valore di V_{s30} pari a 477 m/s.

L'indagine Masw L27 ha mostrato la presenza di un primo sismostrato con $V_s = 425$ m/s, dello spessore di 7,0 m, un secondo sismostrato, dello spessore di 9,6 m con $V_s = 515$ m/s e un terzo e ultimo sismostrato, investigato per 13,4 m con $V_s = 683$ m/s, da cui si ricava una $V_{s30} = 531$ m/s.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 19 (2019):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora una copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), presenti in superficie, e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i..

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (P117) non si evidenziano possibili alti contrasti di impedenza sismica, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, i terreni 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 1,5 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

Questa zona presenta come elementi morfologici alcune scarpate morfologiche con dislivello superiore ai 10 m.

La zona interessa tutti i settori collinari come la maggior parte dei settori collinari a monte dell'abitato di Ginestra Fiorentina come ad esempio il settore su cui è impostato l'abitato di Carcheri.

- **zona 21 (2021):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora una copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl) e di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i..

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (P116 e P118) non si prevedono possibili 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 1,5 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona interessa i depositi alluvionali recenti di fondo valle nei settori a est e a ovest del nucleo abitativo storico di Ginestra Fiorentina e i depositi alluvionali terrazzati presenti in isolati settori collinari a monte dell'abitato di Ginestra Fiorentina, come ad esempio l'areale su cui sono impostati gli edifici della località Il Poggio.

- **zona 22 (2022)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora una copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm) e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i..

Sulla scorta della successione stratigrafica non si prevedono possibili 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 1,5 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona è presente presso la località Il Poggio.

- **zona 23 (2023)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora una copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, talora con riporti, su copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm) e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore compreso tra 10,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i..

Sulla scorta della successione stratigrafica e delle indagini di sismica passiva eseguiti (P116 e P118) non si prevedono possibili alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona nella porzione centrale dell'abitato di Ginestra Fiorentina, tra il Borro del Grillaio e il Campo Sportivo, viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,7 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s; mentre alla medesima zona nei settori esterni alla porzione centrale suddetta viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,9 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 2,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona è presente estesamente nel fondo valle del Fiume Pesa in corrispondenza dell'intero abitato di Ginestra Fiorentina e nella zona di raccordo tra i rilievi collinari e il fondo valle del Fiume Pesa.

- **zona 25 (2025)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora una copertura recente di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio-lacustre (es), spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, talora con riporti, poggiante su copertura recente di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente di versante (ec) e/o fluvio-lacustre (es), spessore maggiore di 30,0 m, su copertura “plio-pleistocenica” costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), e litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), spessore compreso tra 3,0 e 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i..

Dagli studi di Livello 2 alla zona nella porzione centrale dell'abitato di Ginestra Fiorentina, tra il Borro del Grillaio e il Campo Sportivo, viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,7 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s; mentre alla medesima zona nei settori esterni alla porzione centrale suddetta viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,9 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 2,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

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 1,7 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona interessa i depositi alluvionali recenti di fondo valle nei settori a est e a ovest del nucleo abitativo storico di Ginestra Fiorentina e i depositi alluvionali terrazzati presenti in isolati settori collinari a monte dell'abitato di Ginestra Fiorentina, come ad esempio l'areale su cui sono impostati gli edifici della località Il Poggio.

La zona è presente in corrispondenza dell'alveo del Fiume Pesa

- **zona 38 (2038)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora una copertura “plio-pleistocenica” costituita dall'alternanza di litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente di terrazzo marino (tm), presenti in superficie, e di litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di piana deltizia (dl), spessore maggiore di 30,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato (LPS) o lapideo (LP), basso c.i..

Sulla scorta della successione stratigrafica rilevata e delle risultanze di indagini di sismica passiva eseguite in aree contermini si suppone che tali settori possano presentare 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 1,5 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

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

La zona interessa principalmente il settore su cui è impostato l'abitato di Carcheri.

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 (verisone 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

Nell'area di ginestra Fiorentina non sono stati riconosciuti laddove le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali possano far presupporre a zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali**.

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 Ginestra Fiorentina non si riconoscono zone con terreni liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

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

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 Lastra a Signa ha registrato nel passato alcuni episodi sismici, sebbene di non importante intensità; inoltre non sono stati storicamente registrati particolari danni a opere civili e/o infrastrutture, in occasione di scosse di terremoto avvertite anche nel territorio comunale di Lastra a Signa.

Tra questi l'evento sismico maggiormente significativo e ricordato è quello del maggio 1895, allorquando 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 Lastra a Signa, senza procurare danni a edifici o manufatti.

Dagli studi eseguiti è possibile desumere che le maggiori lesioni e danni di un evento sismico possono essere registrate laddove si ha la presenza di una coltre di copertura su un substrato litoide, e dove possono avvenire fenomeni di contrasto di impedenza sismica.

10. BIBLIOGRAFIA

- Albarello D. (2013) - I dati di rumore ambientale per la MS di Livello I - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 22-23 maggio 2013.
- Albarello D. (2013) - La risposta sismica locale. Seminario ODG – Fermo, 11 Ottobre 2013.
- Albarello D. (2013) - Sismica passiva con tecniche a stazione singola e antenna. Seminario ODG – Fermo, 11 Ottobre 2013.
- Albarello D. (2013) - Misure di rumore ambientale. Corso di microzonazione sismica e valutazione della risposta sismica locale per la ricostruzione post-terremoto.
- Albarello D. & Castellaro S. (2011) – Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola – Supplemento alla rivista trimestrale *Ingegneria Sismica* – Anno XXVIII, n. 2.
- Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M. M. & Boschi E. (2008) - DISS - Database of Individual Seismogenic Sources.
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) - Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica. Microzonazione sismica. Versione 4.2 (dicembre 2020).
- Comune di Lastra a Signa (2017) – Piano Strutturale, Supporto geologico tecnico.
- 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.

11. ALLEGATI

- Tav. G01 Carta delle indagini – Lastra a Signa – La Lisca - Brucianesi (scala 1:5.000)
- Tav. G02 Carta delle indagini – Inno - La Luna – Malmantile - Belfiore (scala 1:5.000)
- Tav. G03 Carta delle indagini – Ginestra (scala 1:5.000)
- Tav. G.04 Carta delle frequenze – Lastra a Signa – La Lisca - Brucianesi (scala 1:5.000)
- Tav. G.05 Carta delle frequenze – Inno - La Luna – Malmantile - Belfiore (scala 1:5.000)
- Tav. G.06 Carta delle frequenze – Ginestra (scala 1:5.000)
- Tav. G07 Carta geologico tecnica – Lastra a Signa – La Lisca - Brucianesi (scala 1:5.000)
- Tav. G08 Carta geologico tecnica – Inno - La Luna – Malmantile - Belfiore (scala 1:5.000)
- Tav. G09 Carta geologico tecnica – Ginestra (scala 1:5.000)
- Tav. G10 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – Lastra a Signa – La Lisca - Brucianesi (scala 1:5.000)
- Tav. G11 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – Inno - La Luna – Malmantile - Belfiore (scala 1:5.000)
- Tav. G12 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – Ginestra (scala 1:5.000)
- Tav. G13 Sezioni geologico-tecniche – Lastra a Signa – La Lisca - Brucianesi (scala 1:2.000)
- Tav. G14 Sezioni geologico-tecniche – Inno - La Luna – Malmantile - Belfiore (scala 1:2.000)
- Tav. G15 Sezioni geologico-tecniche – Ginestra (scala 1:2.000)
- Tav. G16 Carta di Microzonazione Sismica FA01-05 - Lastra a Signa – La Lisca - Brucianesi (scala 1:5.000)
- Tav. G17 Carta di Microzonazione Sismica FA01-05 - Inno - La Luna – Malmantile - Belfiore (scala 1:5.000)
- Tav. G18 Carta di Microzonazione Sismica FA01-05 - Ginestra (scala 1:5.000)
- Tav. G19 Carta di Microzonazione Sismica FA04-08 - Lastra a Signa – La Lisca - Brucianesi (scala 1:5.000)
- Tav. G20 Carta di Microzonazione Sismica FA04-08 - Inno - La Luna – Malmantile - Belfiore (scala 1:5.000)
- Tav. G21 Carta di Microzonazione Sismica FA04-08 - Ginestra (scala 1:5.000)
- Tav. G22 Carta di Microzonazione Sismica FA07-11 - Lastra a Signa – La Lisca - Brucianesi (scala 1:5.000)
- Tav. G23 Carta di Microzonazione Sismica FA07-11 - Inno - La Luna – Malmantile - Belfiore (scala 1:5.000)
- Tav. G24 Carta di Microzonazione Sismica FA07-11 - Ginestra (scala 1:5.000)
- Supporto geologico tecnico alla variante al Piano Strutturale – Indagini sismiche in sito propedeutiche alla realizzazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), con allegati – P3 s.n.c.
- Microzonazione sismica di livello 1 - Indagini geofisiche integrate di caratterizzazione sismica e propedeutiche alla redazione di cartografie di microzonazione sismica Mops e pericolosità sismica – ENKI s.r.l.
- Microzonazione sismica di livello 1 - Indagini geofisiche integrate di caratterizzazione sismica e propedeutiche alla redazione di cartografie di microzonazione sismica Mops e pericolosità sismica – Tav. 01 Carta delle Indagini - ENKI s.r.l.
- Microzonazione sismica di livello 1 - Indagini geofisiche integrate di caratterizzazione sismica e propedeutiche alla redazione di cartografie di microzonazione sismica Mops e pericolosità sismica – Tav. 02 Carta delle Frequenze - ENKI s.r.l.
- Microzonazione sismica di livello 2 - Relazione indagini geofisiche - Dott. Pieroni e dal Dott. Puccetti

Firenze li 29.03.2021

Prof. Geol. Eros Aiello

Dott. Geol. Gabriele Grandini