



Regione Toscana



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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Toscana Comune di Montaione (FI)



Regione	Soggetto realizzatore:	Data
Regione Toscana – Settore Sismica	Comune di Montaione / Servizio Assetto del Territorio/RUP Arch. Stefano Ramerini Professionisti incaricati: Dott. Geol. Eros Aiello Dott. Geol. Gabriele Grandini Dott. Geol. Cristian Pieroni Dott. Geol. Francesco Puccetti  <small>Via Anima del Catalogo, 5 - 50133 Firenze tel.055/71393, 055/77994; fax.055/5622329 info@gpooecoprogetti.com</small>	Luglio 2020

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.....	13
2.4 PERICOLOSITA' SISMICA.....	16
2.5 VERIFICHE DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DI SITO.....	24
2.6 LIQUEFAZIONE – BASE TEORICA E VERIFICA PER LOCALITA'.....	52
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	62
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO.....	62
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE.....	62
3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI.....	64
3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	66
3.5 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E NOTAZIONI IDROGEOLOGICHE.....	69
3.6 ACCLIVITA' DEI VERSANTI.....	70
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	72
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).....	104
8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	106
8.6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	109
8.7 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE PORZIONI DI TERRITORIO INDAGATE.....	122
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	149
10. BIBLIOGRAFIA.....	150
11. ALLEGATI.....	151

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

1. INTRODUZIONE

La Regione Toscana (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica) con proprio Decreto Dirigenziale di G.R.T. n. 16262 del 4 ottobre 2018, ha inserito il Comune di Montaione 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 Montaione 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 Montaione, di compendio con la Struttura Regionale deputata alla Prevenzione Sismica (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica), ha individuato le seguenti aree:

- capoluogo di Montaione,
- frazione di Sughera,
- frazione di Alberi,
- frazioni di Collierucci e Mura,
- frazione di Castelfalfi,

- frazione di San Vivaldo,
- frazione di Iano.

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 Regolamento Urbanistico del Comune di Montaione. 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 E CONTENUTA NEL SECONDO REGOLAMENTO URBANISTICO COMUNALE – DICEMBRE 2012

- n. 2 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde SH, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità V_p e V_s nel sottosuolo, per caratterizzare dinamicamente sia la copertura presente sia il substrato roccioso ed individuarne la morfologia del tetto del substrato roccioso;
- n. 2 indagini 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. 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 – FEBBRAIO 2019

- n. 8 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. 12 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. 12 prove di array sismico con metodo Esac per la valutazione delle velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo;

- n. 112 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
G.0	Relazione illustrativa		luglio 2020
	Montaione – Colerucci-Mura – Alberi – Sughera – Castelfalfi – Iano – San Vivaldo		
G.01	Carta delle indagini	1:5.000	luglio 2020
G.02	Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica	1:5.000	luglio 2020
G.03	Carta delle frequenze	1:5.000	luglio 2020
G.04	Carta delle Microzone Omogenee in Prospezione Sismica (MOPS)	1:5.000	luglio 2020
G.05	Carta di Microzonazione Sismica – FA01-05	1:5.000	luglio 2020
G.06	Carta di Microzonazione Sismica – FA04-08	1:5.000	luglio 2020
G.07	Carta di Microzonazione Sismica – FA07-11	1:5.000	luglio 2020
G.08	Sezioni geologico-tecniche con indicazione zone MOPS	1:2.000	luglio 2020
	Data base “cartella indagini” contenente certificazioni indagini stratigrafiche, geotecniche e sismiche strutturata come da istruzioni “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per Microzonazione Sismica – Versione 4.1” (in formato digitale)		luglio 2020
	Indagini sismiche in sito propedeutica agli studi di Microzonazione Sismica contenuti nel Regolamento Urbanistico Comunale realizzate dallo Studio di Geologia e Geofisica s.r.l.		dicembre 2012
	Indagini geofisiche integrate di caratterizzazione sismica propedeutiche alla redazione di cartografie di microzonazione sismica di livello 2 – eseguite dal Dott. Pieroni e dal Dott. Puccetti		febbraio 2019

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

urbanistici del Comune di Montaione, 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.

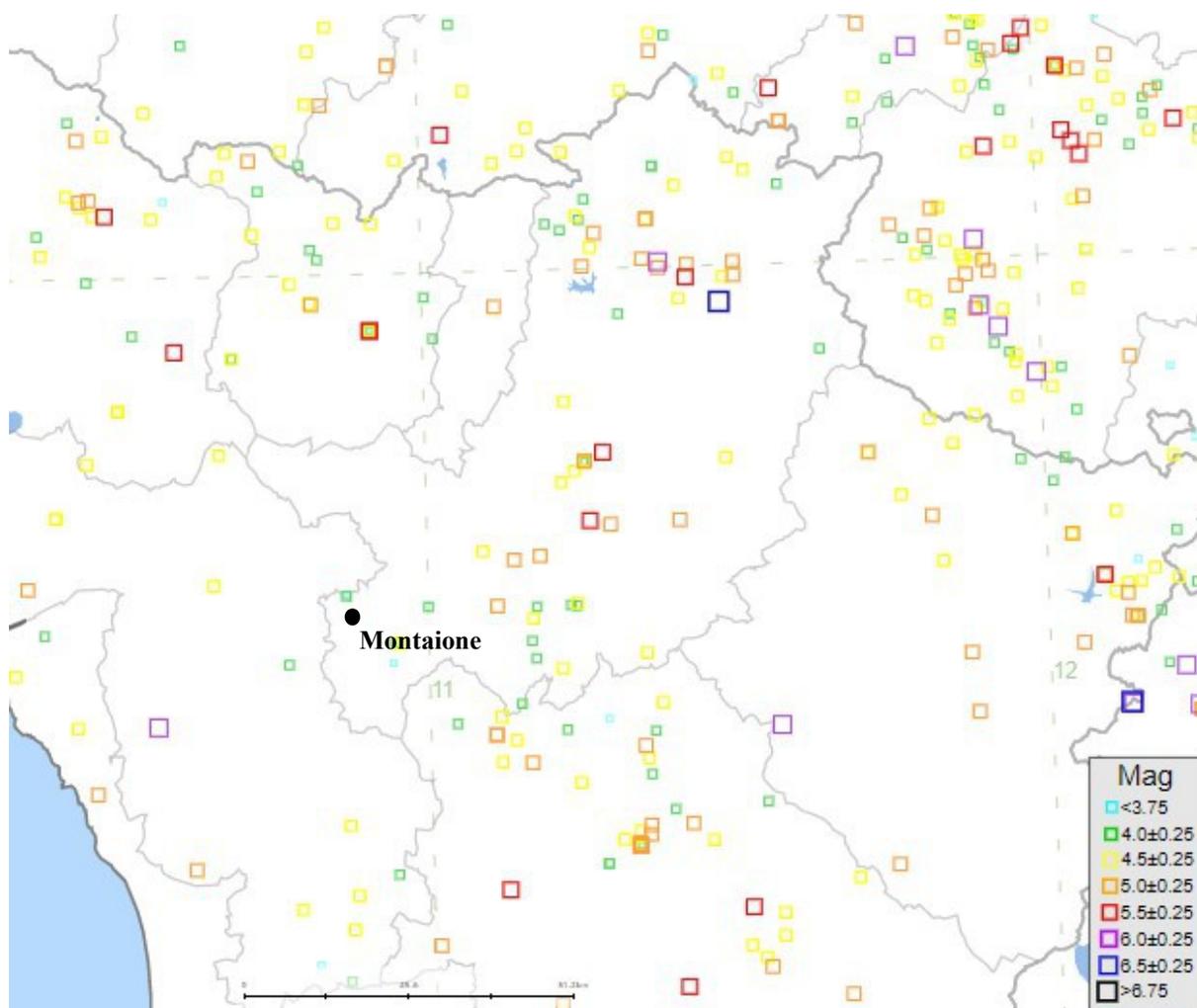
I dati tematici sono tutti vettoriali ed inseriti all'interno di una Banca Dati GIS facilmente interrogabile e aggiornabile, in ottemperanza a quanto richiesto nell'art. 28 della L.R. 1/2005; in particolare, i dati consegnati alla amministrazione comunale sono in formato sia "shape" che "pdf".

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

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

2.1 SISMICITA' DELL'AREA

La sismicità storica del Comune di Montaione 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>.



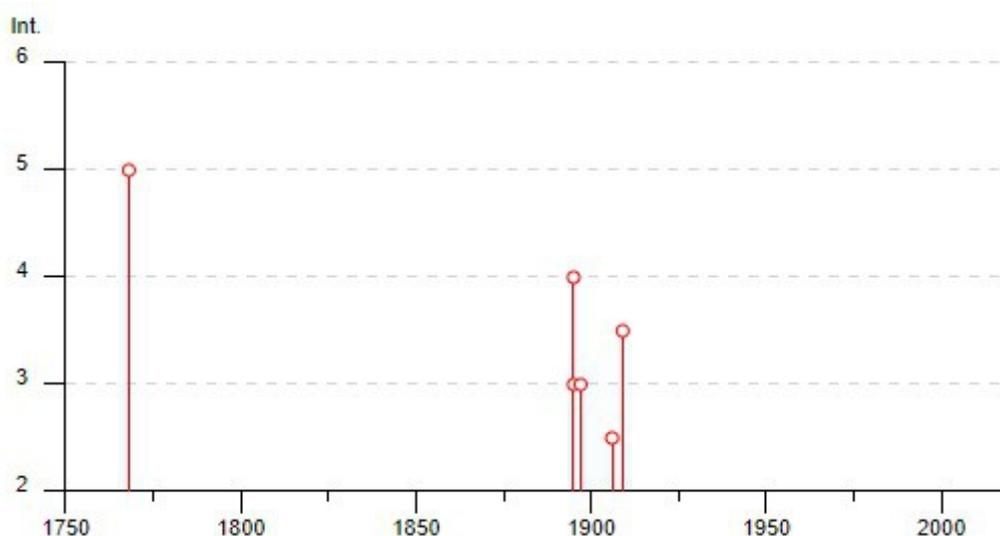
Localizzazione degli eventi macrosismici a livello regionale nel territorio circostante il Comune di Montaione (Periodo 1005 – 2017)

In particolare gli effetti macrosismici che hanno interessato il Comune di Montaione sono riconducibili a n. 14 eventi sismici, verificatisi dal 1768 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](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
5	1768	11	30	11	30		Valdelsa	4	5	4.16
NF	1887	11	14	05	48	0	Fiorentino	101	6	4.47
4	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
3	1895	10	25	00	24	5	Chianti	36	5-6	4.51
3	1897	05	22	02	05		Valdelsa	23	5	4.26
NF	1897	07	27	09	02	1	Valdarno inferiore	33	5-6	4.27
NF	1897	12	18	07	24	2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
2-3	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	20	10	29	1	Chianti	35	6	4.44
3-4	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1959	03	24	10	24		Fiorentino	28	7	4.85
NF	1993	08	06	07	51	4	Colline Metallifere	35	5-6	4.03
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 5 MCS nel terremoto avvenuto nella Valdelsa nel 1768 ($M_w = 4,16$) e il grado 4 MCS registrato durante il terremoto avvenuto nel Fiorentino nel 1895 ($M_w = 5,5$).



Distribuzione temporale ed intensità degli eventi macrosismici nel periodo 1750-2020

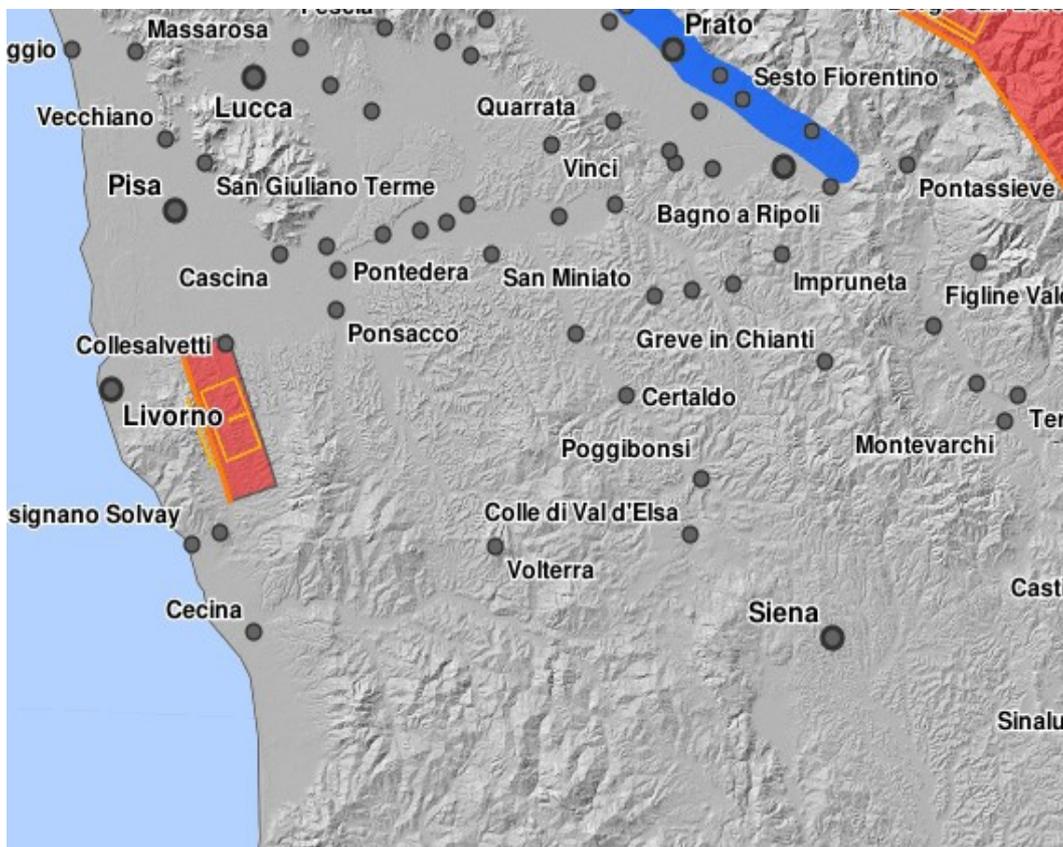
Analizzando il catalogo delle sorgenti sismogenetiche (DISS - Database of Individual Seismogenic Sources - Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi, 2008) si

osserva che il territorio del Comune di Montañone si colloca a est (a una distanza di circa 32 km) dell'area sismogenetica composita codificata come ITCS088 "Livorno Hills", caratterizzata dai seguenti parametri:

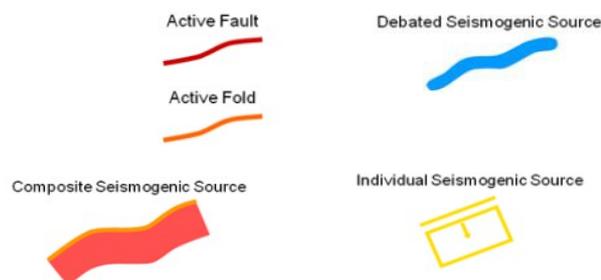
Strike (angolo rispetto al nord):	330° - 350°
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	40° - 60°
Profondità min - max:	1,0 - 7,0 km
Magnitudo massima (Mw):	5,7

e dell'area sismogenetica individuale codificata come ITIS066 "Orciano Pisano", caratterizzata dai seguenti parametri:

Strike (angolo rispetto al nord):	337°
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	50°
Profondità min - max:	2,0 - 6,9 km
Magnitudo massima (Mw):	5,7



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 Montaione è inserito in Zona 3 con i seguenti parametri:

Zona	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) - (ag/g)
3	0,15

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 graduali, 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 Montaione è stato inserito in zona sismica 3.

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 Montaione viene confermato 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:

$V_R = \text{periodo di riferimento}$

$V_N = \text{vita nominale}$

$C_U = \text{coefficiente d'uso}$

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. $C_U = 0.7$;

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. $C_U = 1.0$;

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. $C_U = 1.5$;

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. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso **$C_U = 1$** .

Una volta ottenuti V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$V_R = 50 * 1 = 50$ anni.

STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

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

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

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

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

Gli stati limite ultimi sono:

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

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

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

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

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

Stati limite			PVR
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%

Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

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

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

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

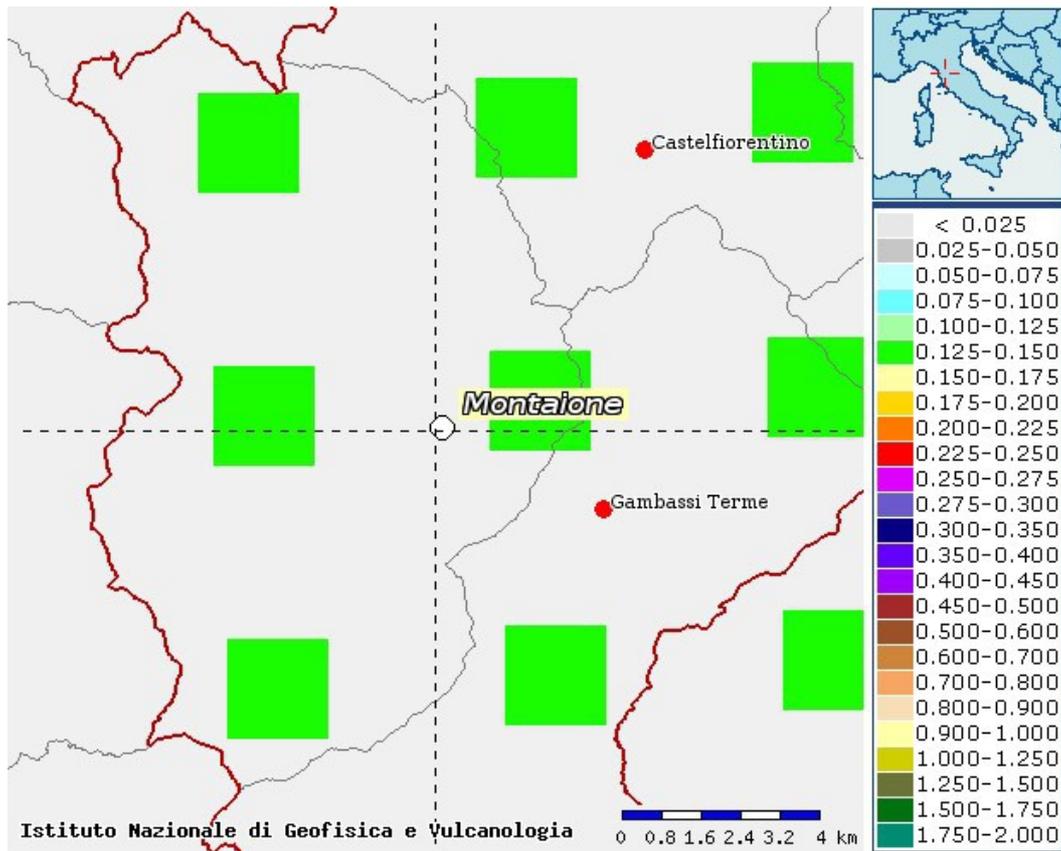
Poiché è **VR = 50 anni**, il tempo di ritorno TR sarà:

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

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

2.4 PERICOLOSITA' SISMICA

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



Mapa 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

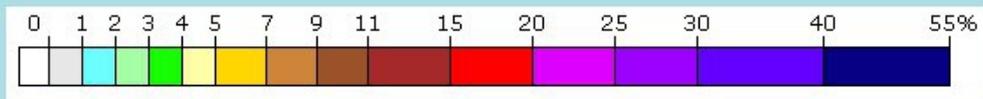
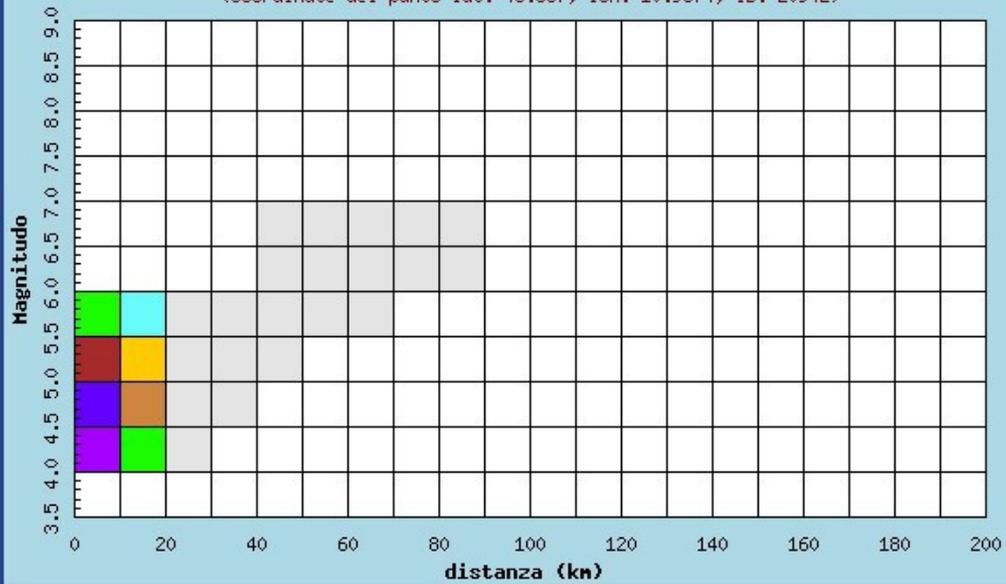
Per valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di sito viene operata la disaggregazione della pericolosità sismica. La disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito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

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza
 del 10% in 50 anni

(Coordinate del punto lat: 43.557, lon: 10.9374, ID: 20942)



Contributo percentuale alla pericolosita'

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.557, lon: 10.9374, ID: 20942)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	26.300	35.900	12.800	3.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.910	8.420	5.200	1.780	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.028	0.604	0.987	0.455	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.128	0.130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.031	0.027	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.081	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.770	7.260	0.871

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 4,77.

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 (ag) 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:

ag = accelerazione orizzontale massima;

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

TC* = 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:

ag, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

Fo e TC* 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		
			ag	F0	T*c	ag	F0	T*c	ag	F0	T*c	ag	F0	T*c
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

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

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

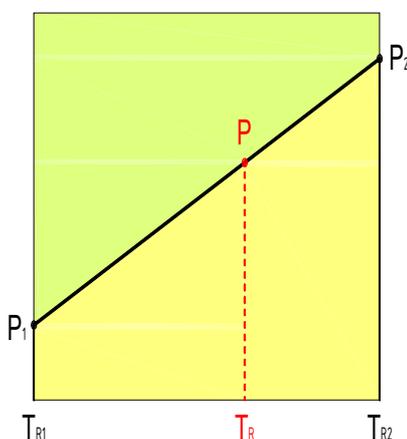
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al periodo di ritorno TR desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno TR1, 2.

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

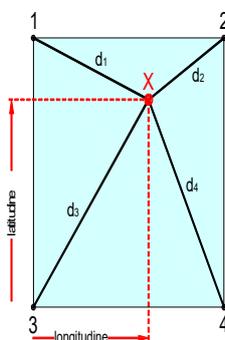
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al punto considerato, 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

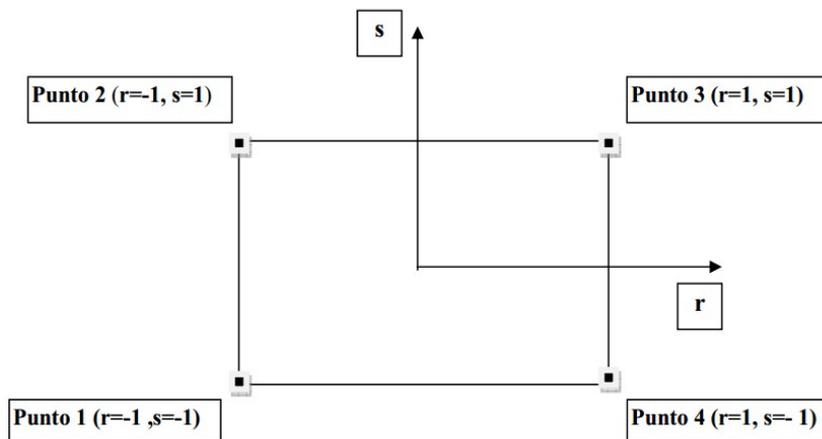
calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, 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.

$a_{max} = S S S T a_g$

SS (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_s \leq 1.80$) è funzione di F0 (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

Montaione capoluogo – settore centro storico

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):	43,5535736	[°]
Longitudine (WGS84):	10,9103804	[°]
Latitudine (ED50):	43,5545387	[°]
Longitudine (ED50):	10,9113674	[°]

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	20941	43,555470	10,868460	3459,22
2	20942	43,556990	10,937400	2115,44
3	21164	43,507020	10,939480	5749,29
4	21163	43,505500	10,870540	6369,15

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	0,047	2,492	0,240
SLD	50	0,059	2,501	0,249
	72	0,069	2,479	0,255
	101	0,080	2,483	0,259
	140	0,091	2,460	0,264
	201	0,105	2,458	0,266
SLV	475	0,142	2,476	0,275
SLC	975	0,176	2,513	0,282
	2475	0,226	2,573	0,292

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265
	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,487	0,241
SLD	50	0,059	2,506	0,250
	72	0,069	2,482	0,256
	101	0,080	2,494	0,259
	140	0,091	2,469	0,264
	201	0,105	2,467	0,266
SLV	475	0,141	2,482	0,276
SLC	975	0,176	2,518	0,282
	2475	0,226	2,574	0,292

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,480	0,237
SLD	50	0,059	2,502	0,248
	72	0,070	2,478	0,254
	101	0,080	2,491	0,258
	140	0,091	2,472	0,263
	201	0,105	2,472	0,265
SLV	475	0,141	2,487	0,275
SLC	975	0,176	2,521	0,282
	2475	0,226	2,574	0,292

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,496	0,240
SLD	50	0,059	2,505	0,250
SLV	475	0,141	2,476	0,276
SLC	975	0,176	2,516	0,282

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITOCoefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: E

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

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,017	0,054	0,064
kv	0,007	0,008	0,027	0,032
amax [m/s ²]	0,731	0,920	2,220	2,610

Beta	0,180	0,180	0,240	0,240
------	-------	-------	-------	-------

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,075	0,094	0,226	0,266
kv	0,037	0,047	0,113	0,133
amax [m/s ²]	0,731	0,920	2,220	2,610
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,048	0,061	0,147	0,173
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,731	0,920	2,220	2,610
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,015	0,019	0,054	0,064
kv	0,007	0,009	0,027	0,032
amax [m/s ²]	0,731	0,920	2,220	2,610
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,044	0,086	--
kv	--	0,022	0,043	--
amax [m/s ²]	0,731	0,920	2,220	2,610
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,044	0,086	--
kv	--	0,022	0,043	--
amax [m/s ²]	0,731	0,920	2,220	2,610
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

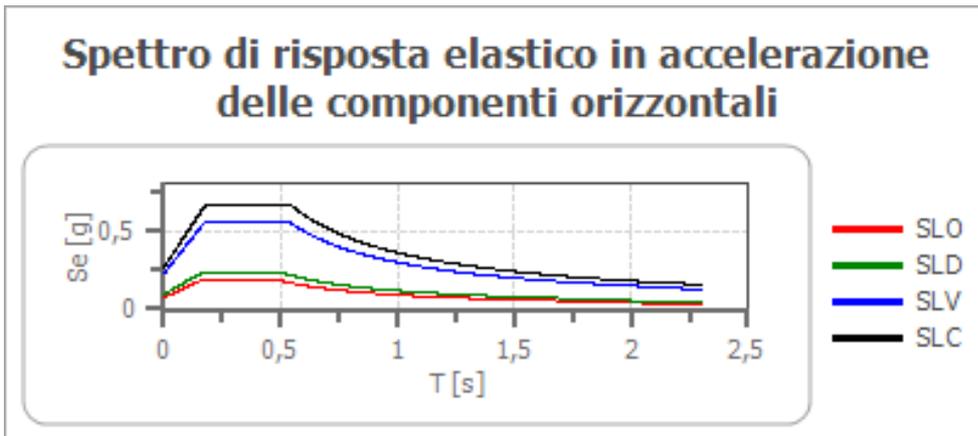
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,058	0,073	0,176	0,207
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,731	0,920	2,220	2,610
Beta	0,776	0,776	0,78	

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	0,047	2,496	0,240	1,600	2,030	1,000	1,600	1,000	0,163	0,488	1,786	0,075	0,186
SLD	1,0	0,059	2,505	0,250	1,600	2,000	1,000	1,600	1,000	0,167	0,500	1,835	0,094	0,235
SLV	1,0	0,141	2,476	0,276	1,600	1,930	1,000	1,600	1,000	0,177	0,532	2,166	0,226	0,561
SLC	1,0	0,176	2,516	0,282	1,510	1,910	1,000	1,510	1,000	0,180	0,539	2,305	0,266	0,670

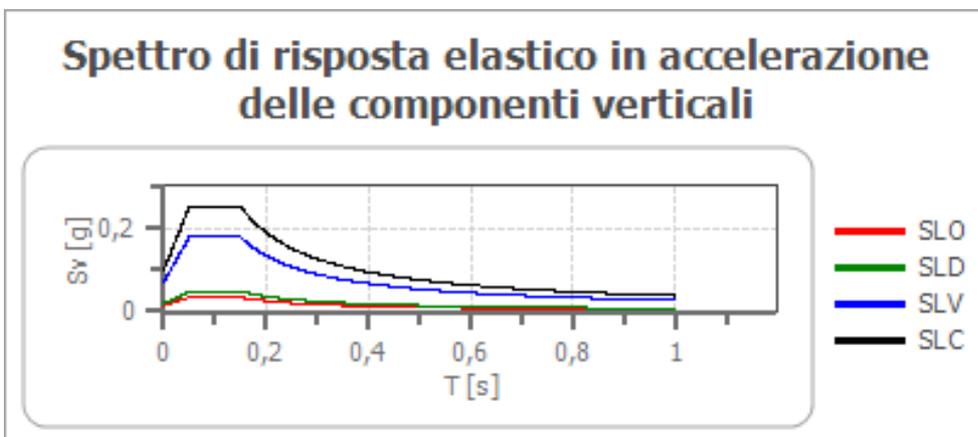
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

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	0,047	2,496	0,240	1	2,030	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,034
SLD	1,0	0,059	2,505	0,250	1	2,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,048
SLV	1,0	0,141	2,476	0,276	1	1,930	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,072	0,178
SLC	1,0	0,176	2,516	0,282	1	1,910	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,100	0,25

Montaione capoluogo – zona industriale

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):	43,5621758	[°]
Longitudine (WGS84):	10,9010067	[°]
Latitudine (ED50):	43,5631409	[°]
Longitudine (ED50):	10,9019947	[°]

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	20941	43,555470	10,868460	2833,59
2	20942	43,556990	10,937400	2933,75
3	20720	43,606970	10,935360	5565,39
4	20719	43,605450	10,866320	5512,62

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	0,047	2,492	0,240
SLD	50	0,059	2,501	0,249
	72	0,069	2,479	0,255
	101	0,080	2,483	0,259
	140	0,091	2,460	0,264
	201	0,105	2,458	0,266
SLV	475	0,142	2,476	0,275
SLC	975	0,176	2,513	0,282
	2475	0,226	2,573	0,292

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265
	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,534	0,243
SLD	50	0,057	2,536	0,251
	72	0,067	2,513	0,257
	101	0,077	2,501	0,261

	140	0,089	2,478	0,265
	201	0,103	2,469	0,267
SLV	475	0,140	2,477	0,276
SLC	975	0,175	2,513	0,283
	2475	0,226	2,558	0,294

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,522	0,241
SLD	50	0,057	2,523	0,249
	72	0,068	2,493	0,255
	101	0,078	2,482	0,259
	140	0,090	2,458	0,264
	201	0,104	2,453	0,266
SLV	475	0,141	2,472	0,276
SLC	975	0,176	2,514	0,282
	2475	0,226	2,565	0,294

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,510	0,241
SLD	50	0,058	2,513	0,250
SLV	475	0,141	2,474	0,276
SLC	975	0,176	2,514	0,282

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 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,013	0,041	0,051
kv	0,005	0,006	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,542	0,683	1,662	2,072
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,055	0,070	0,169	0,211
kv	0,028	0,035	0,085	0,106
amax [m/s ²]	0,542	0,683	1,662	2,072
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

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

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,036	0,045	0,110	0,137
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,542	0,683	1,662	2,072
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,041	0,051
kv	0,006	0,007	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,542	0,683	1,662	2,072
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s ²]	0,542	0,683	1,662	2,072
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s ²]	0,542	0,683	1,662	2,072
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

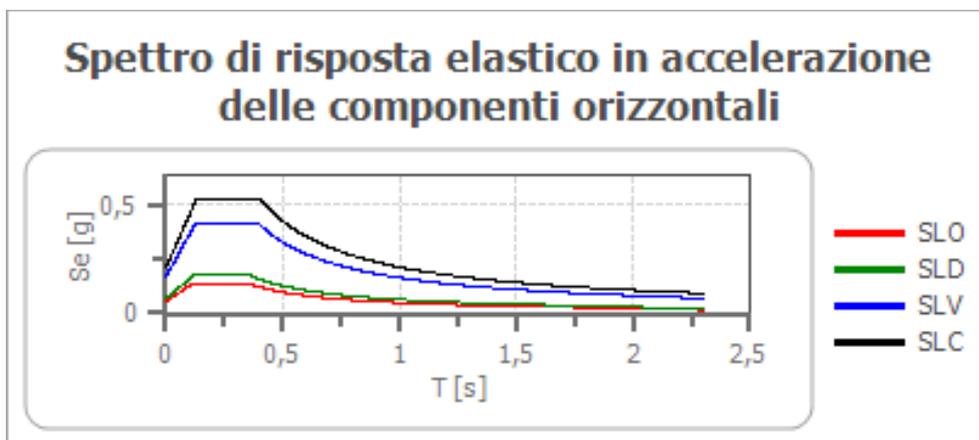
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,043	0,054	0,131	0,164
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,542	0,683	1,662	2,072
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	0,046	2,510	0,241	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,117	0,352	1,784	0,055	0,139
SLD	1,0	0,058	2,513	0,250	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,121	0,363	1,832	0,070	0,175
SLV	1,0	0,141	2,474	0,276	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,131	0,392	2,165	0,169	0,419
SLC	1,0	0,176	2,514	0,282	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	2,304	0,211	0,531

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

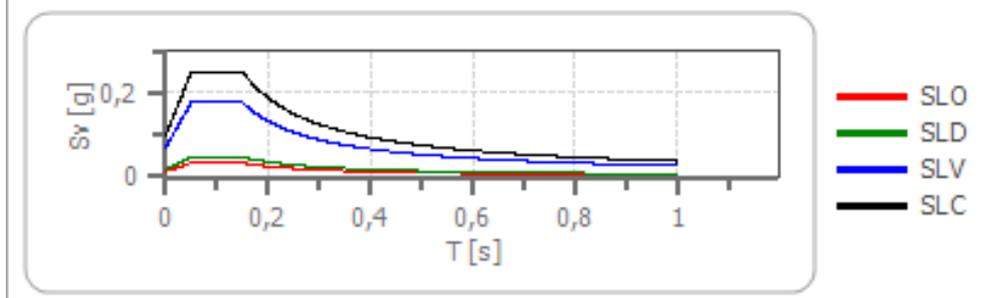
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

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	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD	Se(0)	Se(TB)
		[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]
SLO	1,0	0,046	2,510	0,241	1	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLD	1,0	0,058	2,513	0,250	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,047
SLV	1,0	0,141	2,474	0,276	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,072	0,177
SLC	1,0	0,176	2,514	0,282	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,100	0,251

Sughera

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):	43,5705376	[°]
Longitudine (WGS84):	10,8565788	[°]
Latitudine (ED50):	43,5715027	[°]
Longitudine (ED50):	10,8575678	[°]

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	20940	43,553910	10,799510	5070,50
2	20941	43,555470	10,868460	1987,13
3	20719	43,605450	10,866320	3839,97
4	20718	43,603880	10,797300	6043,35

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	ag	F0	Tc*
--------------	----	----	----	-----

	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	30	0,046	2,485	0,237
SLD	50	0,059	2,497	0,248
	72	0,069	2,479	0,254
	101	0,080	2,485	0,257
	140	0,091	2,461	0,262
	201	0,105	2,460	0,265
SLV	475	0,141	2,478	0,275
SLC	975	0,176	2,516	0,282
	2475	0,226	2,574	0,292

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,492	0,240
SLD	50	0,059	2,501	0,249
	72	0,069	2,479	0,255
	101	0,080	2,483	0,259
	140	0,091	2,460	0,264
	201	0,105	2,458	0,266
SLV	475	0,142	2,476	0,275
SLC	975	0,176	2,513	0,282
	2475	0,226	2,573	0,292

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,522	0,241
SLD	50	0,057	2,523	0,249
	72	0,068	2,493	0,255
	101	0,078	2,482	0,259
	140	0,090	2,458	0,264
	201	0,104	2,453	0,266
SLV	475	0,141	2,472	0,276
SLC	975	0,176	2,514	0,282
	2475	0,226	2,565	0,294

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,510	0,237
SLD	50	0,058	2,510	0,248
	72	0,068	2,478	0,254
	101	0,079	2,473	0,258
	140	0,091	2,451	0,263
	201	0,105	2,448	0,266
SLV	475	0,141	2,471	0,275
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,227	2,567	0,293

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,500	0,239
SLD	50	0,058	2,507	0,249
SLV	475	0,141	2,474	0,275
SLC	975	0,176	2,514	0,282

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 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,013	0,041	0,051
kv	0,005	0,006	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,543	0,685	1,663	2,074
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,055	0,070	0,170	0,211
kv	0,028	0,035	0,085	0,106
amax [m/s ²]	0,543	0,685	1,663	2,074
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

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

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,036	0,045	0,110	0,137
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,543	0,685	1,663	2,074
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,041	0,051
kv	0,006	0,007	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,543	0,685	1,663	2,074
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s ²]	0,543	0,685	1,663	2,074
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s ²]	0,543	0,685	1,663	2,074
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

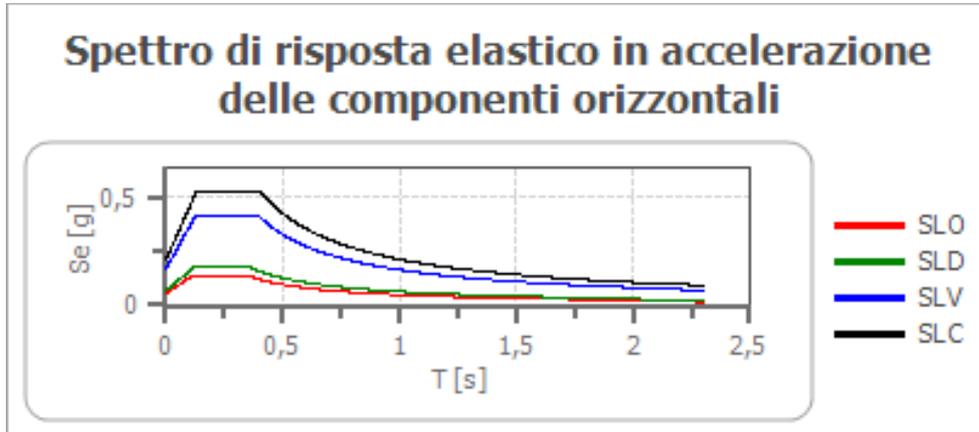
Altezza paratia (H): 3,0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,043	0,054	0,132	0,164
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,543	0,685	1,663	2,074

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	0,046	2,500	0,239	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,116	0,349	1,784	0,055	0,138
SLD	1,0	0,058	2,507	0,249	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,120	0,361	1,833	0,070	0,175
SLV	1,0	0,141	2,474	0,275	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,130	0,391	2,165	0,170	0,420
SLC	1,0	0,176	2,514	0,282	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	2,305	0,211	0,532

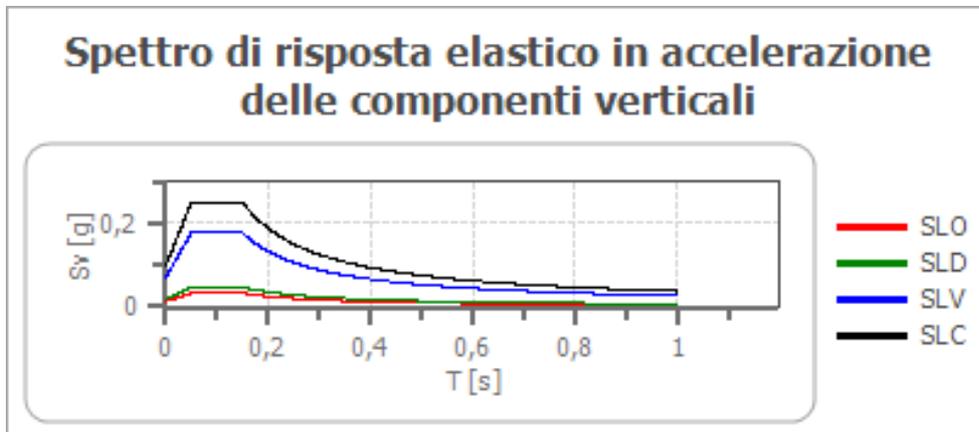
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

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	0,046	2,500	0,239	1	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLD	1,0	0,058	2,507	0,249	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,048
SLV	1,0	0,141	2,474	0,275	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,072	0,177
SLC	1,0	0,176	2,514	0,282	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,100	0,251

Alberi

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (V_n): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (C_u): 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):	43,5706940	[°]
Longitudine (WGS84):	10,8814783	[°]
Latitudine (ED50):	43,5716591	[°]
Longitudine (ED50):	10,8824663	[°]

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	20941	43,555470	10,868460	2124,79
2	20942	43,556990	10,937400	4717,18
3	20720	43,606970	10,935360	5793,33
4	20719	43,605450	10,866320	3975,87

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

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,492	0,240
SLD	50	0,059	2,501	0,249
	72	0,069	2,479	0,255
	101	0,080	2,483	0,259
	140	0,091	2,460	0,264
	201	0,105	2,458	0,266
SLV	475	0,142	2,476	0,275
SLC	975	0,176	2,513	0,282
	2475	0,226	2,573	0,292

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265
	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,534	0,243

SLD	50	0,057	2,536	0,251
	72	0,067	2,513	0,257
	101	0,077	2,501	0,261
	140	0,089	2,478	0,265
	201	0,103	2,469	0,267
SLV	475	0,140	2,477	0,276
SLC	975	0,175	2,513	0,283
	2475	0,226	2,558	0,294

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,522	0,241
SLD	50	0,057	2,523	0,249
	72	0,068	2,493	0,255
	101	0,078	2,482	0,259
	140	0,090	2,458	0,264
	201	0,104	2,453	0,266
SLV	475	0,141	2,472	0,276
SLC	975	0,176	2,514	0,282
	2475	0,226	2,565	0,294

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,241
SLD	50	0,058	2,513	0,250
SLV	475	0,141	2,474	0,276
SLC	975	0,176	2,514	0,282

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 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,013	0,041	0,051
kv	0,005	0,006	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,541	0,683	1,661	2,072
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,055	0,070	0,169	0,211
kv	0,028	0,035	0,085	0,106
amax [m/s ²]	0,541	0,683	1,661	2,072
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,036	0,045	0,110	0,137
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,541	0,683	1,661	2,072

Beta	0,650	0,650	0,650	0,650
------	-------	-------	-------	-------

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,041	0,051
kv	0,006	0,007	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,541	0,683	1,661	2,072
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s ²]	0,541	0,683	1,661	2,072
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s ²]	0,541	0,683	1,661	2,072
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

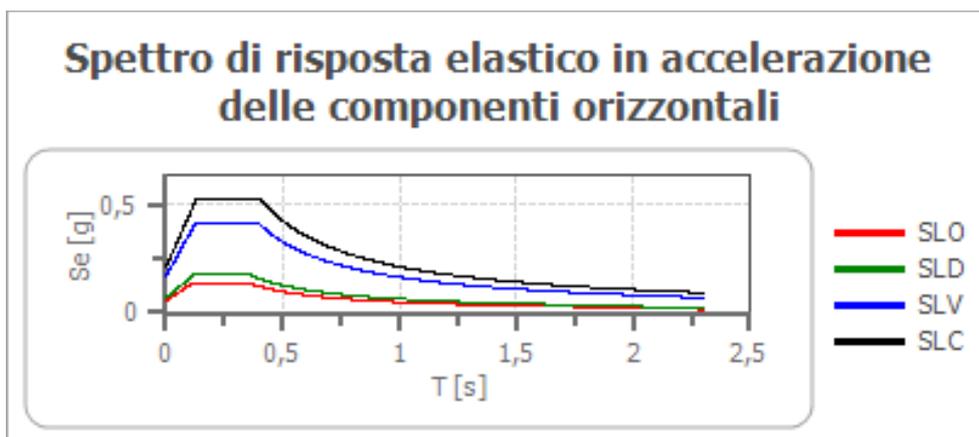
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,043	0,054	0,131	0,164
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,541	0,683	1,661	2,072
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	0,046	2,508	0,241	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,117	0,352	1,784	0,055	0,138
SLD	1,0	0,058	2,513	0,250	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,121	0,362	1,832	0,070	0,175
SLV	1,0	0,141	2,474	0,276	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,130	0,391	2,165	0,169	0,419
SLC	1,0	0,176	2,514	0,282	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	2,304	0,211	0,531

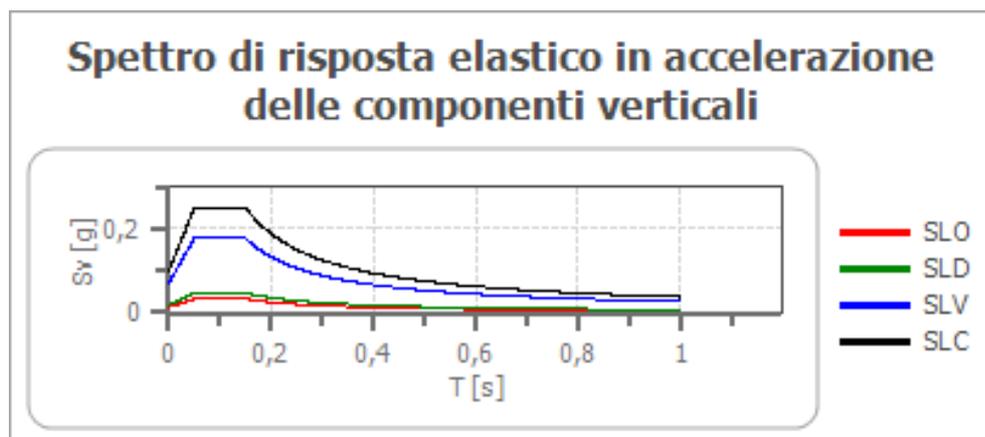
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

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	0,046	2,508	0,241	1	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLD	1,0	0,058	2,513	0,250	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,047
SLV	1,0	0,141	2,474	0,276	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,072	0,177
SLC	1,0	0,176	2,514	0,282	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,100	0,251

Collerucci Mura

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):	43,5748444	[°]
Longitudine (WGS84):	10,8895502	[°]
Latitudine (ED50):	43,5758095	[°]
Longitudine (ED50):	10,8905382	[°]

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	20941	43,555470	10,868460	2877,29
2	20942	43,556990	10,937400	4316,67
3	20720	43,606970	10,935360	5003,66
4	20719	43,605450	10,866320	3829,89

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	0,047	2,492	0,240
SLD	50	0,059	2,501	0,249
	72	0,069	2,479	0,255
	101	0,080	2,483	0,259
	140	0,091	2,460	0,264
	201	0,105	2,458	0,266
SLV	475	0,142	2,476	0,275
SLC	975	0,176	2,513	0,282
	2475	0,226	2,573	0,292

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265
	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,534	0,243
SLD	50	0,057	2,536	0,251
	72	0,067	2,513	0,257
	101	0,077	2,501	0,261
	140	0,089	2,478	0,265
	201	0,103	2,469	0,267
SLV	475	0,140	2,477	0,276
SLC	975	0,175	2,513	0,283
	2475	0,226	2,558	0,294

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,522	0,241
SLD	50	0,057	2,523	0,249
	72	0,068	2,493	0,255
	101	0,078	2,482	0,259
	140	0,090	2,458	0,264
	201	0,104	2,453	0,266
SLV	475	0,141	2,472	0,276
SLC	975	0,176	2,514	0,282
	2475	0,226	2,565	0,294

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,511	0,241
SLD	50	0,058	2,515	0,250
SLV	475	0,141	2,474	0,276
SLC	975	0,176	2,514	0,282

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 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,013	0,041	0,051
kv	0,005	0,006	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,540	0,681	1,660	2,071
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,055	0,069	0,169	0,211
kv	0,028	0,035	0,085	0,106
amax [m/s ²]	0,540	0,681	1,660	2,071
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,036	0,045	0,110	0,137
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,540	0,681	1,660	2,071
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,041	0,051
kv	0,006	0,007	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,540	0,681	1,660	2,071
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s ²]	0,540	0,681	1,660	2,071
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s ²]	0,540	0,681	1,660	2,071
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

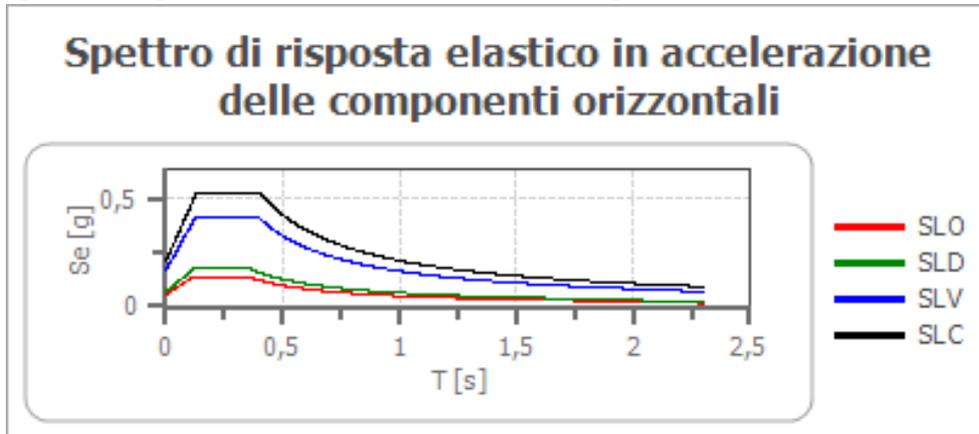
Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,043	0,054	0,131	0,164

kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,540	0,681	1,660	2,071
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	0,046	2,511	0,241	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,117	0,352	1,784	0,055	0,138
SLD	1,0	0,058	2,515	0,250	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,121	0,362	1,832	0,069	0,175
SLV	1,0	0,141	2,474	0,276	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,131	0,392	2,164	0,169	0,419
SLC	1,0	0,176	2,514	0,282	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	2,304	0,211	0,531

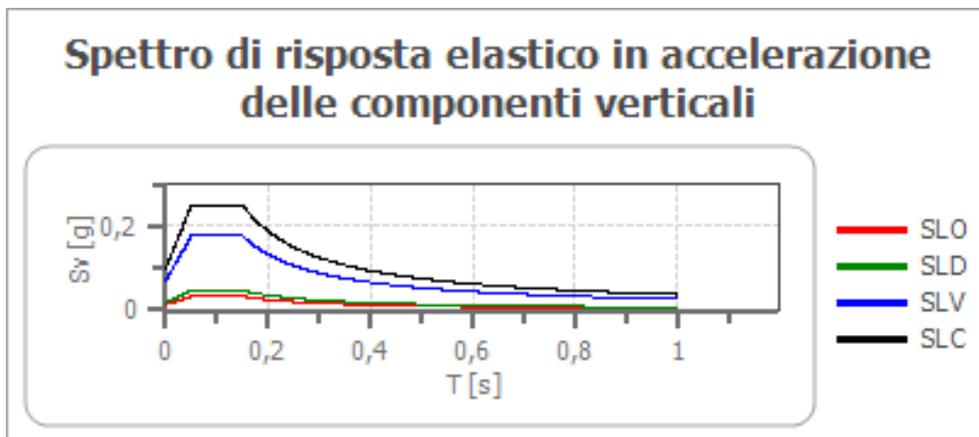
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+ξ)]^(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	0,046	2,511	0,241	1	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLD	1,0	0,058	2,515	0,250	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,047
SLV	1,0	0,141	2,474	0,276	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,072	0,177
SLC	1,0	0,176	2,514	0,282	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,100	0,251

Castelfalfi

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): 43,5489578 [°]
 Longitudine (WGS84): 10,8568096 [°]
 Latitudine (ED50): 43,5499229 [°]
 Longitudine (ED50): 10,8577976 [°]

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	20940	43,553910	10,799510	4718,21
2	20941	43,555470	10,868460	1057,63
3	21163	43,505500	10,870540	5045,40
4	21162	43,503940	10,801660	6828,53

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	0,046	2,485	0,237
SLD	50	0,059	2,497	0,248
	72	0,069	2,479	0,254
	101	0,080	2,485	0,257
	140	0,091	2,461	0,262
	201	0,105	2,460	0,265
SLV	475	0,141	2,478	0,275
SLC	975	0,176	2,516	0,282
	2475	0,226	2,574	0,292

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,492	0,240
SLD	50	0,059	2,501	0,249
	72	0,069	2,479	0,255
	101	0,080	2,483	0,259
	140	0,091	2,460	0,264
	201	0,105	2,458	0,266
SLV	475	0,142	2,476	0,275
SLC	975	0,176	2,513	0,282
	2475	0,226	2,573	0,292

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,480	0,237
SLD	50	0,059	2,502	0,248
	72	0,070	2,478	0,254
	101	0,080	2,491	0,258
	140	0,091	2,472	0,263
	201	0,105	2,472	0,265
SLV	475	0,141	2,487	0,275
SLC	975	0,176	2,521	0,282
	2475	0,226	2,574	0,292

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,473	0,231
SLD	50	0,059	2,495	0,247
	72	0,069	2,475	0,253
	101	0,080	2,489	0,257
	140	0,091	2,471	0,262
	201	0,104	2,473	0,264
SLV	475	0,141	2,487	0,275
SLC	975	0,176	2,522	0,282
	2475	0,226	2,575	0,291

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,488	0,238
SLD	50	0,059	2,500	0,249
SLV	475	0,141	2,478	0,275
SLC	975	0,176	2,516	0,282

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 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,013	0,041	0,051
kv	0,005	0,006	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,548	0,691	1,664	2,074
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,056	0,070	0,170	0,211
kv	0,028	0,035	0,085	0,106
amax [m/s ²]	0,548	0,691	1,664	2,074
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

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

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,036	0,046	0,110	0,137
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,548	0,691	1,664	2,074
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,041	0,051
kv	0,006	0,007	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,548	0,691	1,664	2,074
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,017	0,032	--
amax [m/s ²]	0,548	0,691	1,664	2,074
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,017	0,032	--
amax [m/s ²]	0,548	0,691	1,664	2,074
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

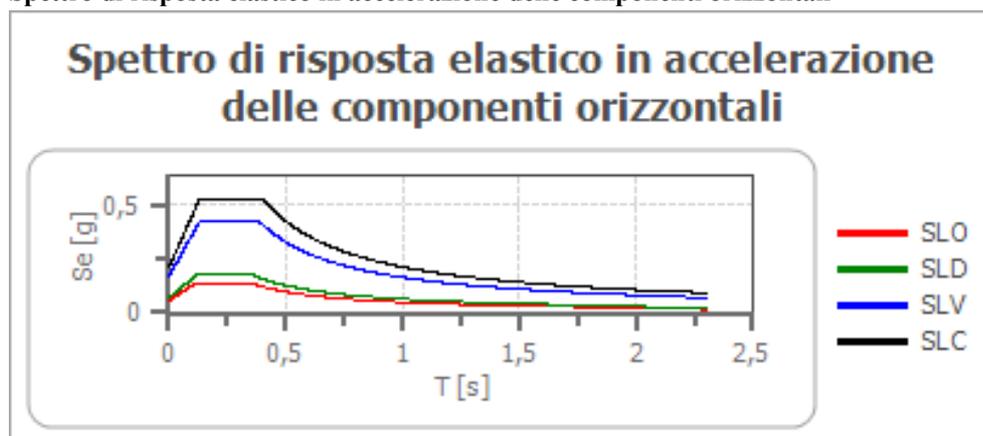
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,043	0,055	0,132	0,164
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,548	0,691	1,664	2,074
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	0,047	2,488	0,238	1,200	1,470	1,000	1,200	1,000	0,117	0,350	1,786	0,056	0,139
SLD	1,0	0,059	2,500	0,249	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,120	0,361	1,835	0,070	0,176
SLV	1,0	0,141	2,478	0,275	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,130	0,391	2,165	0,170	0,420
SLC	1,0	0,176	2,516	0,282	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,133	0,400	2,305	0,211	0,532

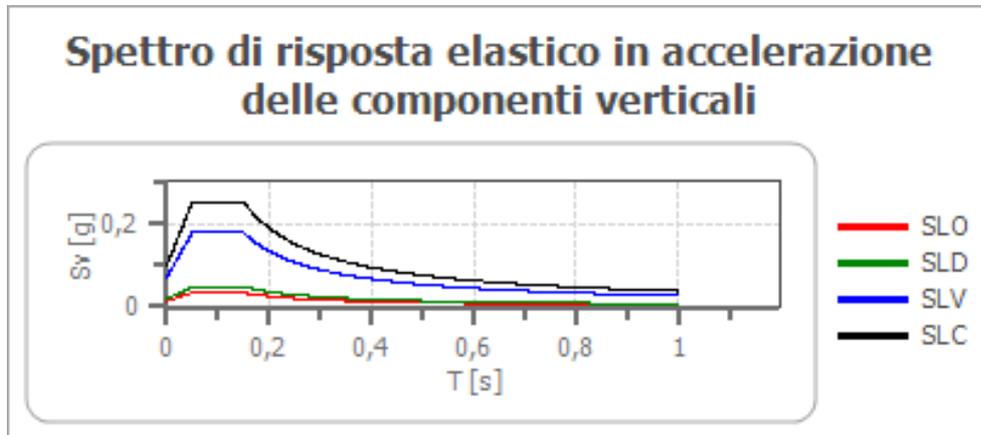
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

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	0,047	2,488	0,238	1	1,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,034
SLD	1,0	0,059	2,500	0,249	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,048
SLV	1,0	0,141	2,478	0,275	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,072	0,178
SLC	1,0	0,176	2,516	0,282	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,100	0,251

Iano

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): 43,5147896 [°]
 Longitudine (WGS84): 10,8756132 [°]
 Latitudine (ED50): 43,5157547 [°]
 Longitudine (ED50): 10,8766003 [°]

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	21163	43,505500	10,870540	1240,77
2	21164	43,507020	10,939480	5162,99

3	20942	43,556990	10,937400	6711,32
4	20941	43,555470	10,868460	4464,44

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	0,047	2,480	0,237
SLD	50	0,059	2,502	0,248
	72	0,070	2,478	0,254
	101	0,080	2,491	0,258
	140	0,091	2,472	0,263
	201	0,105	2,472	0,265
SLV	475	0,141	2,487	0,275
SLC	975	0,176	2,521	0,282
	2475	0,226	2,574	0,292

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,487	0,241
SLD	50	0,059	2,506	0,250
	72	0,069	2,482	0,256
	101	0,080	2,494	0,259
	140	0,091	2,469	0,264
	201	0,105	2,467	0,266
SLV	475	0,141	2,482	0,276
SLC	975	0,176	2,518	0,282
	2475	0,226	2,574	0,292

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265
	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,492	0,240
SLD	50	0,059	2,501	0,249
	72	0,069	2,479	0,255
	101	0,080	2,483	0,259
	140	0,091	2,460	0,264
	201	0,105	2,458	0,266
SLV	475	0,142	2,476	0,275
SLC	975	0,176	2,513	0,282
	2475	0,226	2,573	0,292

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,486	0,239
SLD	50	0,059	2,503	0,249
SLV	475	0,141	2,482	0,275
SLC	975	0,176	2,519	0,282

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 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,016	0,050	0,060
kv	0,006	0,008	0,025	0,030
amax [m/s ²]	0,689	0,866	2,063	2,468
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,070	0,088	0,210	0,252
kv	0,035	0,044	0,105	0,126
amax [m/s ²]	0,689	0,866	2,063	2,468
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,046	0,057	0,137	0,164
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,689	0,866	2,063	2,468
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,018	0,050	0,060
kv	0,007	0,009	0,025	0,030
amax [m/s ²]	0,689	0,866	2,063	2,468
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,041	0,080	--
kv	--	0,021	0,040	--
amax [m/s ²]	0,689	0,866	2,063	2,468
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,041	0,080	--
kv	--	0,021	0,040	--
amax [m/s ²]	0,689	0,866	2,063	2,468
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

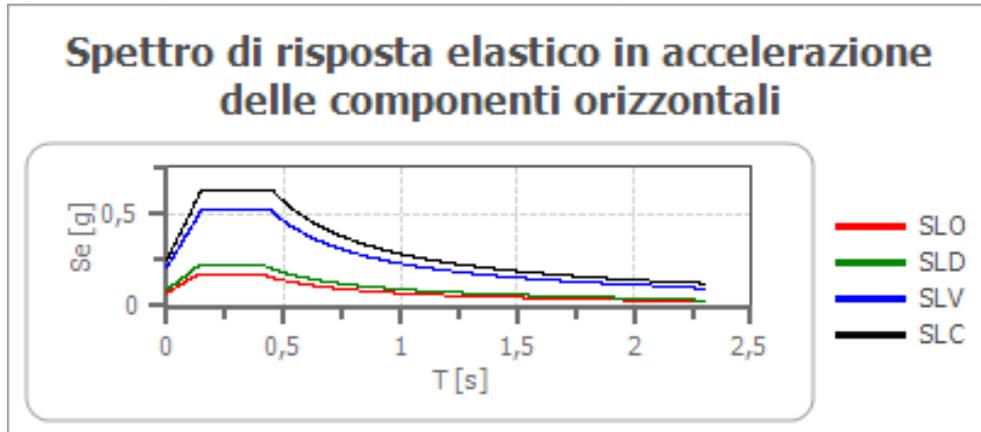
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,055	0,068	0,163	0,195
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,689	0,866	2,063	2,468
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	0,047	2,486	0,239	1,500	1,680	1,000	1,500	1,000	0,134	0,401	1,787	0,070	0,175
SLD	1,0	0,059	2,503	0,249	1,500	1,660	1,000	1,500	1,000	0,138	0,413	1,835	0,088	0,221
SLV	1,0	0,141	2,482	0,275	1,490	1,610	1,000	1,490	1,000	0,148	0,444	2,165	0,210	0,522
SLC	1,0	0,176	2,519	0,282	1,430	1,590	1,000	1,430	1,000	0,150	0,449	2,304	0,252	0,634

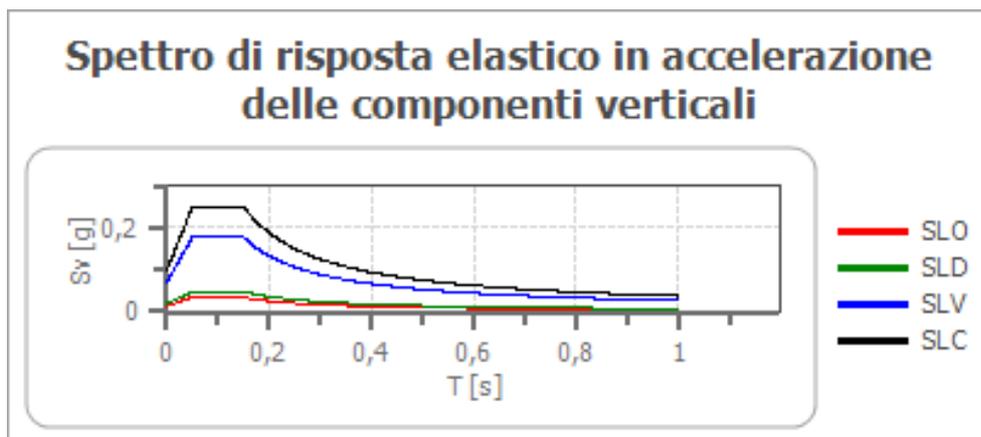
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

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	0,047	2,486	0,239	1	1,680	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,034
SLD	1,0	0,059	2,503	0,249	1	1,660	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,048
SLV	1,0	0,141	2,482	0,275	1	1,610	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,072	0,178
SLC	1,0	0,176	2,519	0,282	1	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,100	0,251

San Vivaldo

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): 43,5243874 [°]
Longitudine (WGS84): 10,8966389 [°]
Latitudine (ED50): 43,5253525 [°]
Longitudine (ED50): 10,8976259 [°]

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	21163	43,505500	10,870540	3105,39
2	21164	43,507020	10,939480	3942,78
3	20942	43,556990	10,937400	4759,59
4	20941	43,555470	10,868460	4091,72

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

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,480	0,237
SLD	50	0,059	2,502	0,248
	72	0,070	2,478	0,254
	101	0,080	2,491	0,258
	140	0,091	2,472	0,263
	201	0,105	2,472	0,265
SLV	475	0,141	2,487	0,275
SLC	975	0,176	2,521	0,282
	2475	0,226	2,574	0,292

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,487	0,241
SLD	50	0,059	2,506	0,250
	72	0,069	2,482	0,256
	101	0,080	2,494	0,259
	140	0,091	2,469	0,264
	201	0,105	2,467	0,266
SLV	475	0,141	2,482	0,276

SLC	975	0,176	2,518	0,282
	2475	0,226	2,574	0,292

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265
	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,492	0,240
SLD	50	0,059	2,501	0,249
	72	0,069	2,479	0,255
	101	0,080	2,483	0,259
	140	0,091	2,460	0,264
	201	0,105	2,458	0,266
SLV	475	0,142	2,476	0,275
SLC	975	0,176	2,513	0,282
	2475	0,226	2,573	0,292

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,490	0,240
SLD	50	0,059	2,504	0,249
SLV	475	0,141	2,480	0,276
SLC	975	0,176	2,517	0,282

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 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,013	0,041	0,051
kv	0,005	0,006	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,550	0,692	1,663	2,073
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,056	0,071	0,170	0,211
kv	0,028	0,035	0,085	0,106
amax [m/s ²]	0,550	0,692	1,663	2,073
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,036	0,046	0,110	0,137
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,550	0,692	1,663	2,073
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,041	0,051
kv	0,006	0,007	0,020	0,025
amax [m/s ²]	0,550	0,692	1,663	2,073
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,017	0,032	--
amax [m/s ²]	0,550	0,692	1,663	2,073
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,017	0,032	--
amax [m/s ²]	0,550	0,692	1,663	2,073
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

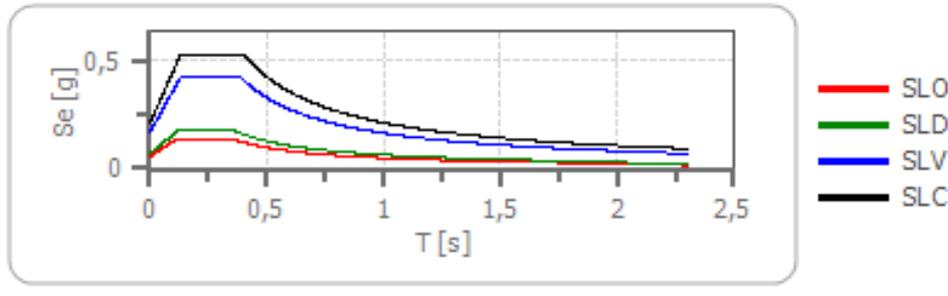
Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,044	0,055	0,132	0,164
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,550	0,692	1,663	2,073
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	0,047	2,490	0,240	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,117	0,350	1,787	0,056	0,140
SLD	1,0	0,059	2,504	0,249	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,121	0,362	1,835	0,071	0,177
SLV	1,0	0,141	2,480	0,276	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,130	0,391	2,165	0,170	0,421
SLC	1,0	0,176	2,517	0,282	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	2,304	0,211	0,532

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

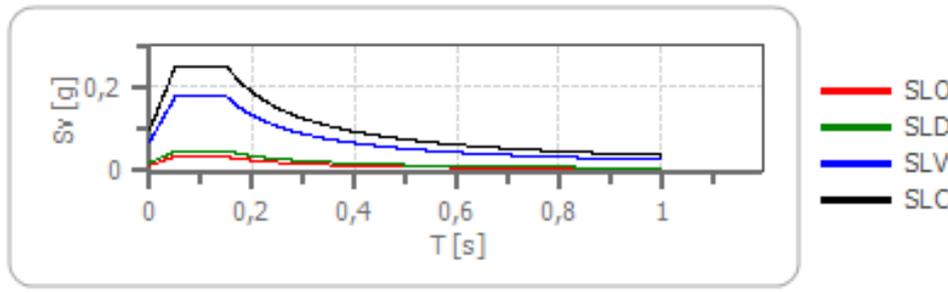
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

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

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,047	2,490	0,240	1	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,034
SLD	1,0	0,059	2,504	0,249	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,048
SLV	1,0	0,141	2,480	0,276	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,072	0,178
SLC	1,0	0,176	2,517	0,282	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,100	0,251

2.6 LIQUEFAZIONE – BASE TEORICA E VERIFICA PER LOCALITA'

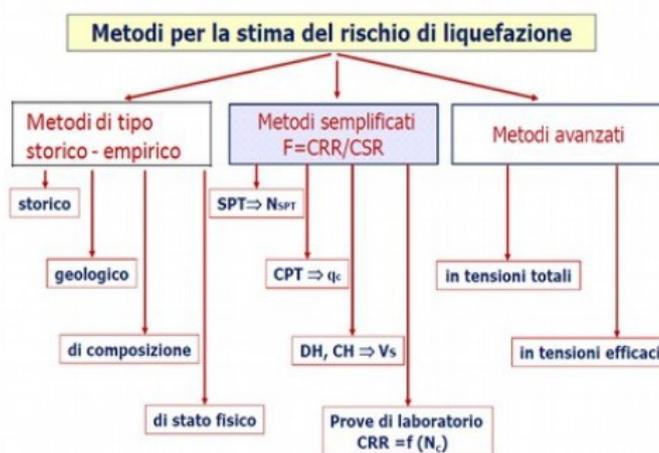
I siti in cui si possa prevedere la realizzazione di edifici e/o manufatti dovranno risultare stabili per quanto concerne fenomeni di liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni non coesivi saturi, 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 $qc1N > 180$ 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 $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Per il territorio comunale di Montaione, nei casi in esame laddove si presume la possibilità che vi sia un rischio potenziale di liquefazione, come ad esempio in corrispondenza dei depositi pliocenici delle Sabbie di San Vivaldo (SVV) presenti in varie località tra quelle studiate, non vi sono informazioni derivanti da indagini in situ (prove penetrometriche statiche / dinamiche o prove Spt) tali da permettere una verifica diretta di suddetto potenziale, in quanto, ad esempio, le prove penetrometriche ricavate si sono spinte, data la natura del sottosuolo, fino a pochi metri dal piano campagna, non raggiungendo profondità tali da permettere che i terreni divengano saturi e, quindi, vulnerabili.

Tuttavia, si ritiene che la suscettibilità alla liquefazione dei terreni esaminati sia molto bassa, ossia trattasi di terreni non liquefacibili, considerando la natura dei terreni e la soggiacenza della falda.

Come esempio si riporta il caso delle verifiche eseguite per la località di Castelfalfi, unica situazione dove le risultanze delle indagini geognostiche hanno permesso di svolgere la verifica.

Metodo applicato:

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:

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

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

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

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata.

Pa 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:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M]$$

$$\alpha = -1,1012 - 1,126 \cdot \tan \left[\frac{z}{11,73} + 5,133 \right]$$

$$\beta = 0,106 + 0,118 \cdot \text{sen} \left[\frac{z}{11,28} + 5,142 \right]$$

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

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

$$\text{FS} = \frac{\text{CRR}_{7,5}}{\text{CSR}} \cdot \text{MSF} \cdot K_{\sigma}$$

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

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

Il fattore di correzione della pressione di confinamento K_{σ} è dato da:

$$K_{\sigma} = 1 - C_{\sigma} \cdot \ln \left(\frac{\sigma'_{v0}}{P_a} \right) \leq 1$$

$$C_{\sigma} = \frac{1}{37,3 - 8,27 \cdot (q_{c1N})^{0,264}} \leq 0,3$$

DATI GENERALI

Indagine di riferimento: P195

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 7 febbraio 2019, n.7

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 8 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.482

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (M_w) 5.5

Peak ground acceleration (PGA) 0.18

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (nr.)	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità di volume (kN/mc)	Peso unità di volume saturo (kN/mc)	Numeri colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza q_c (kPa)	Resistenza attrito laterale f_s (kPa)	Velocità onde di taglio V_s (m/s)
1		0	25	19.5	21.5	43	0	0	0	0

Seed H. B. Idriss I. M. (1982)

Strato Nr.	FC (%)	Validità
1- (0-25)	10	Valido

N.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione lito statica totale (K Pa)	Pressione verticale effettiva (K Pa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Numero colpi corretto (N _{1,60})	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione
1	8.20	160.300	158.339	0.871	38.592	0.834	4.722	0.099	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
2	8.40	164.600	160.677	0.867	38.422	0.828	4.475	0.099	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
3	8.60	168.900	163.016	0.859	38.080	0.821	4.046	0.100	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
4	8.80	173.200	165.355	0.855	37.912	0.815	3.845	0.100	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
5	9.00	177.500	167.693	0.851	37.747	0.809	3.660	0.100	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
6	9.20	181.800	170.032	0.847	37.585	0.803	3.489	0.100	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
7	9.40	186.100	172.371	0.844	37.426	0.797	3.330	0.101	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
8	9.60	190.400	174.709	0.840	37.270	0.790	3.184	0.101	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
9	9.80	194.700	177.048	0.836	37.117	0.784	3.053	0.101	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione

10	10.00	199.000	179.387	0.833	36.966	0.778	2.931	0.101	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
11	10.20	203.300	181.725	0.829	36.818	0.772	2.818	0.101	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
12	10.40	207.600	184.064	0.821	36.461	0.766	2.585	0.101	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
13	10.60	211.900	186.403	0.818	36.314	0.759	2.491	0.101	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
14	10.80	216.200	188.741	0.814	36.169	0.753	2.402	0.101	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
15	11.00	220.500	191.080	0.811	36.027	0.747	2.320	0.101	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
16	11.20	224.800	193.419	0.808	35.888	0.741	2.242	0.101	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
17	11.40	229.100	195.757	0.805	35.750	0.735	2.169	0.101	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
18	11.60	233.400	198.096	0.802	35.615	0.729	2.100	0.100	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
19	11.80	237.700	200.435	0.798	35.482	0.723	2.036	0.100	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
20	12.00	242.000	202.773	0.795	35.350	0.717	1.974	0.100	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
21	12.20	246.300	205.112	0.792	35.221	0.711	1.917	0.100	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
22	12.40	250.600	207.451	0.784	34.852	0.705	1.777	0.100	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione

										bile di liquefazione
23	12.60	254.900	209.789	0.781	34.723	0.699	1.728	0.099	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
24	12.80	259.200	212.128	0.778	34.597	0.693	1.681	0.099	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
25	13.00	263.500	214.467	0.775	34.473	0.687	1.637	0.099	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
26	13.20	267.800	216.805	0.772	34.350	0.682	1.595	0.098	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
27	13.40	272.100	219.144	0.769	34.229	0.676	1.555	0.098	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
28	13.60	276.400	221.483	0.767	34.110	0.670	1.517	0.098	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
29	13.80	280.700	223.821	0.764	33.992	0.664	1.481	0.097	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
30	14.00	285.000	226.160	0.761	33.876	0.659	1.447	0.097	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
31	14.20	289.300	228.499	0.758	33.762	0.653	1.414	0.097	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
32	14.40	293.600	230.837	0.750	33.383	0.648	1.323	0.096	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
33	14.60	297.900	233.176	0.747	33.269	0.642	1.295	0.096	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
34	14.80	302.200	235.515	0.744	33.157	0.637	1.266	0.096	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione

										zione
35	15.00	306.500	237.854	0.742	33.047	0.631	1.237	0.095	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
36	15.20	310.800	240.192	0.739	32.938	0.626	1.208	0.095	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
37	15.40	315.100	242.531	0.737	32.830	0.621	1.181	0.094	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
38	15.60	319.400	244.869	0.734	32.724	0.615	1.155	0.094	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
39	15.80	323.700	247.208	0.732	32.619	0.610	1.130	0.093	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
40	16.00	328.000	249.547	0.729	32.516	0.605	1.106	0.093	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
41	16.20	332.300	251.886	0.727	32.413	0.600	1.083	0.093	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
42	16.40	336.600	254.224	0.725	32.312	0.595	1.061	0.092	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
43	16.60	340.900	256.563	0.716	31.925	0.590	0.990	0.092	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
44	16.80	345.200	258.902	0.713	31.825	0.585	0.971	0.091	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
45	17.00	349.500	261.240	0.711	31.726	0.580	0.953	0.091	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
46	17.20	353.800	263.579	0.709	31.628	0.575	0.935	0.090	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione

47	17.40	358.100	265.918	0.707	31.531	0.571	0.918	0.090	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
48	17.60	362.400	268.256	0.704	31.436	0.566	0.901	0.089	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
49	17.80	366.700	270.595	0.702	31.341	0.561	0.886	0.089	9.95	Terreno non suscettibile di liquefazione
50	18.00	371.000	272.934	0.700	31.248	0.557	0.870	0.089	9.83	Terreno non suscettibile di liquefazione
51	18.20	375.300	275.272	0.698	31.155	0.552	0.856	0.088	9.71	Terreno non suscettibile di liquefazione
52	18.40	379.600	277.611	0.696	31.064	0.548	0.841	0.088	9.60	Terreno non suscettibile di liquefazione
53	18.60	383.900	279.950	0.694	30.974	0.543	0.828	0.087	9.49	Terreno non suscettibile di liquefazione
54	18.80	388.200	282.288	0.692	30.885	0.539	0.814	0.087	9.39	Terreno non suscettibile di liquefazione
55	19.00	392.500	284.627	0.689	30.797	0.535	0.802	0.086	9.29	Terreno non suscettibile di liquefazione
56	19.20	396.800	286.966	0.680	30.403	0.531	0.754	0.086	8.78	Terreno non suscettibile di liquefazione
57	19.40	401.100	289.304	0.678	30.316	0.526	0.742	0.085	8.69	Terreno non suscettibile di liquefazione
58	19.60	405.400	291.643	0.676	30.229	0.522	0.731	0.085	8.61	Terreno non suscettibile di liquefazione
59	19.80	409.700	293.982	0.674	30.143	0.518	0.721	0.085	8.53	Terreno non suscettibile di liquefazione

										bile di liquefazione
60	20.00	414.000	296.320	0.672	30.058	0.514	0.711	0.084	8.45	Terreno non suscettibile di liquefazione

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 Montaione (Città Metropolitana di Firenze).

Posto nel settore occidentale della Provincia di Firenze al confine con quella di Pisa, il territorio comunale di Montaione si colloca in corrispondenza dei rilievi collinari della porzione occidentale della Val d'Elsa e si sviluppa su una superficie di 104,76 kmq. L'area confina amministrativamente a nord-est con il Comune di Castelfiorentino, a sud-est con il Comune di Gambassi Terme, a nord-ovest con il Comune di San Miniato, ad ovest con i Comuni di Peccioli e Palaia, infine, a sud-ovest con il Comune di Volterra.



Ubicazione del Comune di Montaione all'interno della Città Metropolitana di Firenze

La morfologia del territorio comunale è chiaramente determinata dalla natura geologica e litologica dei terreni, così come dai principali eventi geomorfologici che vi si esplicano.

Infatti, è interessato per gran parte dai sedimenti sabbiosi ed argillosi delle coperture di età pliocenica, da cui emergono due strutture, caratterizzate da un paesaggio decisamente più aspro, costituito da due dorsali affiancate ad andamento appenninico NNW – SSE, e di genesi chiaramente strutturale.

- la dorsale di Iano – Montignoso – Poggio alle Rocche;
- la dorsale di Montaione – Poggio all'Aglione – Poggio del Comune con quote comprese tra i 400 ed i 624 m s.l.m. del Poggio del Comune, che rappresenta la massima quota per questo areale.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE

Il territorio comunale di Montaione risulta particolarmente interessante e complicato dal punto di vista geologico. Infatti è caratterizzato dalla presenza di terreni appartenenti a unità diverse che sono stati interessati dai processi legati alla strutturazione di questo settore, nel quadro complessivo dell'orogenesi dell'Appennino settentrionale.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale di Montaione presenta per la maggior parte in affioramento i terreni del bacino pliocenico del Fiume Elsa.

Questi, appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale, sono rappresentati da una serie di terreni riferibili al Ciclo Lacustre Messiniano ed al Ciclo Marino Pliocenico.

Il Neoautoctono, nella Toscana a sud dell'Arno, inizia frequentemente con depositi lacustri, spesso salmastri, che attualmente costituiscono affioramenti di limitata estensione, soprattutto ai margini delle principali depressioni neogeniche. Questi depositi, oppure, quando assenti, il complesso dei sedimenti marini, appoggiano discordanti su un substrato corrugato, costituito nell'area studiata per la maggior parte dalle Unità alloctone liguri s.l. e subordinatamente da formazioni dell'Unità Toscana.

I sedimenti marini pliocenici affiorano per ampie estensioni. Le successioni più complete e gli spessori più rilevanti si trovano all'interno di depressioni tettoniche che furono soggette ai più intensi movimenti di sprofondamento soprattutto nel Pliocene inferiore. In tale periodo e all'inizio del Pliocene medio, il mare coprì gran parte della Toscana a sud dell'Arno. In definitiva nel generale sprofondamento, che caratterizzò il periodo di massima estensione marina, si individuarono, nell'area interessata dalla trasgressione, zone a forte subsidenza (fosse o bacini) nelle quali si verificò un rapido accumulo di sedimenti e zone di subsidenza debole o nulla (dorsali), che in parte rimasero emerse. Il bacino della Val d'Elsa fu una di tali zone di sedimentazione. I litotipi fondamentali caratteristici di tale ciclo sedimentario, argille, sabbie, ciottolami e ghiaie, sono sempre collegati fra loro da passaggi laterali.

Nell'area del capoluogo e nella parte sudorientale del Comune affiorano anche i terreni che costituiscono il substrato geologico del bacino stesso, rappresentati prevalentemente da formazioni dell'Unità tettonica ofiolitifera di Montaione e del Complesso ofiolitifero del Poggio di Monte Carulli. Nella zona meridionale, oltre ai terreni sopra citati, è da sottolineare la presenza del geologicamente notevole nucleo di Iano, dove affiorano le antichissime rocce del "Complesso metamorfico Toscano", insieme al "Calcere cavernoso" appartenente al Dominio Toscano.

Le Unità appartenenti al Dominio Toscano sono rappresentate dall'Unità di Monticiano-Roccastrada (in particolare dal Gruppo delle formazioni carbonifero-permiche) e dalla Falda Toscana che si compone di una successione sedimentaria che da ambienti lagunari, instauratisi durante il Triassico superiore, mostra progressiva variazione prima ad una piattaforma carbonatica e poi, con la frammentazione ed annegamento di quest'ultima, a sedimenti tipicamente pelagici.

La successione di chiusura durante l'Oligocene è costituita da notevoli apporti terrigeni che vanno a formare apparati di conoidi sottomarine.

Nelle aree indagate affiora solamente una delle formazioni ascritte a tale unità: il Calcere Cavernoso.

Al tetto delle evaporiti (Calcere Cavernoso) si trovavano originariamente le facies calcaree o calcareo-dolomitiche del Retico con cui inizia il gruppo delle formazioni carbonatiche marine del Mesozoico. Invece il Calcere Cavernoso è ricoperto nell'area di interesse dalla Scaglia Toscana, con una evidente lacuna di sedimentazione o direttamente dalle unità alloctone delle Liguridi, sovrastanti al Trias evaporitico.

Questa situazione, ritenuta conseguenza di un vasto denudamento tettonico, è nota nella letteratura geologica col termine di "Serie Toscana Ridotta".

Le Unità Liguri (o Liguridi s.l.) sono considerate tipicamente alloctone, cioè non depositatesi sul luogo di attuale affioramento, ma in bacini di tipo oceanico, posti originariamente ben più ad ovest (di qui il nome). Per ragioni

di dinamiche endogene le differenti Unità hanno subito uno spostamento con direzione generale indicativamente verso est/nord-est, ed in questo movimento le varie Unità si sono giustapposte ed impilate una sull'altra andando a ricoprire, nell'area in esame, i terreni basali delle Unità Toscane i cui termini superiori sono stati a loro volta tettonicamente spostati verso est/nord-est.

Pertanto, le formazioni geologiche che affiorano nel territorio comunale sono, quindi, di età compresa fra il Carbonifero (Scisti e Arenarie di Iano) e il Quaternario Recente (detrito ed accumuli di frana, sedimenti fluviali).

3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI

In dettaglio, nell'area del Comune di Montaione, 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 alluvionali attuali (b) (*Olocene*)
- depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna) (*Olocene*)
- depositi eluvio-colluviali (b2a) (*Olocene*)
- Travertini (f1) (*Olocene*)

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

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

I 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.

I travertini (f1) sono costituiti da banchi di travertino, di spessore in genere esiguo con "filoni" di alabastrite.

Il substrato litoide del territorio comunale è costituito dalle formazioni litoidi riconducibili al Dominio Ligure (Unità tettonica ofiolitifera di Montaione e del Complesso ofiolitifero del Poggio di Monte Carulli) e al Dominio Toscano (Falda Toscana).

SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA DEL VERSANTE TIRRENICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

Conglomerati di Gambassi Terme (GAM – PLIb) (Zanclano-Piacenziano)

Sono conglomerati costituiti da ciottoli provenienti dalle formazioni delle Unità Liguri, in maggioranza areniti della Formazione di Montaione, calcari a Calpionelle o palombini, ofioliti. Si presentano in lenti discontinue e di limitate dimensioni che testimoniano di un rapido seppellimento sedimentario.

Calcareniti di S. Mariano (CMA – PLIc) (Zanclano-Piacenziano)

Si presentano litologicamente in modo vario, tra le sabbie poco cementate e le calcareniti. Lo spessore complessivo è sempre molto modesto, contenuto entro i 25 m.

Sabbie di San Vivaldo (SSV-PLIs) (Zanclano-Piacenziano)

Sono depositi trasgressivi alla base delle successioni plioceniche che, nell'area in esame, presentano una tessitura prevalentemente sabbioso-limosa di colore giallastro. Vi sono intercalati sottili livelli di limo da debolmente sabbioso ad argilloso e rare lenti di ghiaia; talvolta si rinvengono livelli da debolmente cementati a cementati (areniti), talora fossiliferi. Da un punto di vista paleoambientale, la litofacies è da ritenersi legata ad un ambiente marino prossimale. La giacitura della formazione è sub-orizzontale con blande ondulazioni, meglio visibili in corrispondenza del contatto con i livelli arenitici, che mostrano in genere inclinazioni non superiori ai 3-5° ed immersioni generalmente verso NNW. Lo spessore affiorante della formazione è inferiore ai 100 metri.

Argille Azzurre (FAA) (Zanclano-Piacenziano)

Argille e argille siltose, talora marnose, grigio-azzurre e grigio scure, localmente fossilifere (in prevalenza molluschi). Nell'area in esame, localmente intercalati, sono presenti livelli decimetrici di sabbie limose grigie talora cementate o debolmente cementate. L'ambiente di deposizione è marino mai molto profondo, elemento testimoni. Anche per le Argille Azzurre la giacitura della formazione è suborizzontale con blande ondulazioni, registrabili sui livelli sabbiosi cementati, che mostrano anch'esse inclinazioni in genere non superiori ai 3-5° con immersione analoga alle sabbie sopra e sottostanti.

DOMINIO LIGURE – UNITÀ TETTONICA OFIOLITIFERA DI MONTAIONE

- Formazione di Montaione (MIO) (Cretaceo Superiore)

Si tratta di arenarie calcarifere gradate, marne grigie compatte e argilliti nerastre; spesso anche le marne sono gradate ed hanno la base calcarenitica. All'interno della formazione si intercalano banchi di arenarie e breccie poligeniche ofiolitico - calcaree, a pasta ofiolitica o argillitica.

- Oficalce (OFI) (Cretaceo Superiore)

Si tratta di una roccia metamorfica, serpentinoso, brecciata e solitamente ricementata da calcite, costituita da breccie poligeniche con elementi ofiolitici, generalmente serpentinitici, cementati da carbonati.

DOMINIO LIGURE – COMPLESSO OFIOLITIFERO DI MONTE CARULLI.

Nell'unità si può distinguere una copertura sedimentaria ed un substrato ofiolitico.

Le ofioliti possono essere suddivise in tre gruppi: Serpentiniti (ultramafiti del mantello), Gabbri e Basalti (diabase), attribuibili tutte al Giurassico.

- Serpentiniti (σ)

Rocce metamorfiche di colore da verde scuro a nero-bluastro, a composizione ultrabasica. Sono composte in prevalenza di serpentini ed altri silicati di magnesio. Spesso profondamente alterate, assumono allora colori più chiari e divengono più friabili, vacuolari, e di aspetto superficiale terroso.

- Gabbri (γ)

Rocce intrusive basiche di colore grigio-verdastro, a cristalli ben sviluppati. I costituenti essenziali sono plagioclasti ricchi in calcio e minerali femici: pirosseni, anfiboli e olivine. Varie fasi di metamorfismo oceanico hanno interessato il complesso.

- Basalti (δ)

Rocce eruttive basiche di colore dal rosso scuro al nero a composizione analoga a quella dei gabbri e basalti, subvulcanica, con plagioclasti calcici abbondanti, pirosseni, più raramente olivina. Sono prevalentemente costituiti da pillow-lave, pillow-brecce e ialoclastiti.

La successione delle formazioni che compongono la copertura sedimentaria è costituita da:

- Diaspri (DSD) (Giurassico)

Radiolariti rappresentate da alcune decine di metri di straterelli silicei, colore rosso fegato, con sottilissimi interstrati argillitici; localmente vi sono stati notati caratteri di risedimentazione.

- Calcari a Calpionelle (CCL) (Cretaceo Inferiore – Giurassico)

Calcari compatti biancastri a Calpionelle, con rare liste e noduli di selce. Localmente sottili livelli di argille grigie. .

- Argille a Palombini (APA) (Cretaceo Inferiore).

Argilliti, argilliti siltose e marne, finemente foliettate, alle quali sono intercalati strati di calcari silicei a grana finissima, di spessore non superiore al metro ("Palombini"). Subordinatamente compaiono arenarie calcareo – quarzose, ricche di fillosilicati, a cemento in prevalenza carbonatico.

DOMINIO TOSCANO – UNITA' DELLA FALDA TOSCANA

- Calcare cavernoso (CCA) (Norico-Retico)

E' rappresentato da tipiche sequenze evaporitiche - carbonatico - solfatiche, che sono il prodotto di complesse trasformazioni epigenetiche che hanno modificato l'originario assetto e natura della compagine solfatico – carbonatica. Le litofacies più comuni della formazione sono costituite da dolomie e calcari dolomitici scuri, brecciati, a struttura talora massiccia o laminata, da gessi e anidriti costituenti vari tipi di cicli deposizionali. Nel suo aspetto più tipico si presenta come una breccia autoclastica ad elementi spigolosi, calcarei o dolomitici, con cavità vuote (calcari cariati e vacuolari, calcari a cellette) o riempite da polvere grigia dolomitica ("cenerone").

3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

In particolare sono state individuate:

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

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

Forme, processi e depositi gravitativi di versante

Movimenti franosi

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

Per quanto concerne la dinamica sono state individuate:

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

Aree molto instabili per franosità diffusa

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

Aree instabili per soliflusso generalizzato (i)

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

Soilcreep (ic)

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

Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali

Ruscigliamento diffuso

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

Erosione lineare o incanalata

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

Orli di scarpata fluviale o di terrazzo in erosione

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

Erosioni laterali di sponda

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

Alveo con tendenza all'approfondimento (erosione incanalata)

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

Forme, processi e depositi antropici e manufatti

Le forme ed i processi antropici

Si tratta di forme dovute all'azione dell'uomo sul territorio, quindi rientrano in questa categoria un'ampia gamma di interventi: cave attive o 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

I corsi d'acqua principali di questa regione morfologica (F. Era, T. Egola, F. Elsa) sono allineati in direzione rigidamente appenninica NNW – SSE, mentre i tributari di questi corsi d'acqua risultano dispersi in molte direzioni, tuttavia con una certa prevalenza ad assumere direzione antiappenninica (cioè ortogonale alla direzione appenninica) ENE – WSW (Rio Vallese, Rio di Broccolino, T. Guaduzzo, T. Casciani, ecc.).

Tutto ciò testimonia un controllo strutturale sul 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.

In generale l'idrografia dell'area, è caratterizzata da un insieme di corsi d'acqua a carattere torrentizio che incidono profondamente i rilievi, determinando la tipica configurazione a "v" delle valli minori.

Solamente nei fondovalle maggiori il rilievo risulta più maturo, con una parte pianeggiante di limitata estensione caratterizzata da una fase deposizionale, piuttosto che da una fase erosiva.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nel territorio comunale di Montaione, questi risultano caratterizzati da ampie aree contraddistinte da acquiferi multifalda, generalmente a limitata produttività o da settori con modesta circolazione idrica per fratturazione in corrispondenza delle formazioni prevalentemente litoidi

In generale la circolazione idrica all'interno dei depositi marini pliocenici è fortemente condizionata dalla marcata eterogeneità litologica, prevalentemente verticale, che vede la sovrapposizione e talora l'interdigitazione di orizzonti granulari a medio-alta permeabilità con livelli coesivi a basso valore di permeabilità. Questo determina la formazione di varie linee di filtrazione, concentrate negli spessori sabbioso-limosi o ghiaiosi, sostenute da letti argillosi. In un tale contesto si generano cariche idrauliche estremamente disomogenee con possibili locali condizioni di confinamento. In caso di forte alimentazione idrica, conseguente a periodi di elevato apporto meteorico, le condizioni di saturazione possono interessare l'intero spessore sedimentario con una generale livellazione del carico piezometrico alla quota del battente della falda più superficiale.

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

Infine risultano arealmente contenute (limitati ai materassi alluvionali presenti nei fondovalle dei corsi d'acqua maggiori gli acquiferi liberi in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti e attuali) senza o con scarsa protezione.

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 dallo Studio di Geologia e Geofisica s.r.l. di Siena nell'ambito del supporto geologico al Secondo Regolamento Urbanistico del Comune di Montaione (febbraio 2013), 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 febbraio 2019.

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:

- n. 32 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con le relative risultanze stratigrafiche e talora analisi geotecniche di laboratorio, di cui n. 1 strumentato con tubo per prova down-hole, n. 4 con piezometro e n. 2 con inclinometro;
- n. 4 trincee esplorative;
- n. 5 terebrazioni di pozzi per la ricerca di acqua sotterranea;
- n. 13 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 14 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 1 prova di sismica a rifrazione in foro di tipo down-hole;
- n. 2 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde SH, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità V_p e V_s nel sottosuolo, per caratterizzare dinamicamente sia la copertura presente sia il substrato roccioso ed individuarne la morfologia del tetto del substrato roccioso;

- n. 5 indagini 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. 19 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 stata necessario realizzare una specifica campagna di indagini geofisiche, ad integrazione della campagna di indagine realizzata a supporto del R.U.C., 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. 11 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. 13 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. 13 prove di array sismico con metodo Esac per la valutazione delle velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo;
- n. 112 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, a corredo degli studi di Microzonazione Sismica.

Montaione Capoluogo:

- n. 8 linea di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH;
- n. 4 prova Masw;
- n. 4 prove di array sismico con metodo Esac;
- n. 82 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Montaione Capoluogo	L4		X			
	L5		X			
	L6		X			
	L7		X			
	L8		X	X	X	
	L9		X		X	
	L10		X			
	L11		X	X	X	

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
	L12				X	
	P31	X				
	P32	X				
	P33	X				
	P34	X				
	P35	X				
	P36	X				
	P37	X				
	P38	X				
	P39	X				
	P40	X				
	P41	X				
	P42	X				
	P43	X				
	P44	X				
	P45	X				
	P46	X				
	P47	X				
	P48	X				
	P49	X				
	P50	X				
	P51	X				
	P52	X				
	P53	X				
	P54	X				
	P55	X				
	P56	X				
	P57	X				
	P58	X				
	P59	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				

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
	P75	X				
	P76	X				
	P77	X				
	P78	X				
	P79	X				
	P80	X				
	P81	X				
	P82	X				
	P83	X				
	P84	X				
	P85	X				
	P86	X				
	P87	X				
	P88	X				
	P89	X				
	P90	X				
	P91	X				
	P92	X				
	P93	X				
	P94	X				
	P95	X				
	P96	X				
	P97	X				
	P98	X				
	P99	X				
	P100	X				
	P101	X				
	P102	X				
	P103	X				
	P104	X				
	P105	X				
	P106	X				
	P107	X				
	P108	X				
	P109	X				
	P110	X				
	P111	X				
	P112	X				
	P139			X		
	P140			X		
	P141			X		

Collerucci - Mura:

- n. 2 prove Masw;

- n. 2 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
Collerucci - Mura	L13				X	
	L14				X	
	P13	X				
	P14	X				
	P15	X				
	P16	X				
	P17	X				
	P18	X				
	P19	X				
	P137				X	
	P138				X	

Alberi:

- n. 1 linea di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH;
- n. 2 prova Masw;
- n. 2 prove di array sismico con metodo Esac;
- n. 6 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremitori (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Alberi	L3		X		X	
	L15				X	
	P25	X				
	P26	X				
	P27	X				
	P28	X				
	P29	X				
	P30	X				
	P135				X	
	P136				X	

Castelfalfi:

- n. 1 prova Masw;
- n. 1 prove di array sismico con metodo Esac;
- n. 4 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremitori (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Castelfalfi	L18				X	
	P9	X				
	P10	X				
	P11	X				

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
	P12	X				
	P132			X		

Sughera:

- n. 2 prove Masw;
- n. 2 prove di array sismico con metodo Esac;
- n. 5 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtrempi (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Sughera	L16				X	
	L17				X	
	P20	X				
	P21	X				
	P22	X				
	P23	X				
	P24	X				
	P133			X		
P134			X			

Iano:

- 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. 3 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtrempi (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Iano	L2		X		X	
	P1	X				
	P2	X				
	P3	X				
	P130			X		

San Vivaldo:

- n. 1 linea di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH;
- n. 1 prova Masw;
- n. 1 prova di array sismico con metodo Esac;
- n. 5 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtrempi (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
San Vivaldo	L1		X		X	
	P4	X				

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
	P5	X				
	P6	X				
	P7	X				
	P8	X				
	P131			X		

Inoltre sono state ricavate dall'archivio dei dati di base a disposizione dell'amministrazione Comunale le seguenti indagini per ciascuna località.

Montaione Capoluogo:

- n. 2 linea di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH;
- n. 2 prove Masw;
- n. 17 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Montaione Capoluogo	L19		X			
	L20				X	
	L21				X	
	L22		X			
	P113	X				
	P114	X				
	P115	X				
	P116	X				
	P117	X				
	P118	X				
	P119	X				
	P120	X				
	P121	X				
	P122	X				
	P123	X				
	P124	X				
	P125	X				
	P126	X				
	P127	X				
	P128	X				
P129	X					

Castelfalfi:

- n. 1 prova sismica in foro di tipo down-hole;
- n. 3 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
	L23				X	
	L24				X	
	L25				X	
	P205					X
	P207	X				
	P208	X				
	P219	X				
	P220	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	
Montaione Capoluogo	P31	3,98	10,19	2,43	3,08	A1	A1	
	P32	2,37		1,72		A1		
	P33	3,10		3,36		A1		
	P34	3,92		2,43		A1		
	P35	3,16		5,06		A1		
	P36	2,11		2,07		A1		
	P37	2,02		2,20		A1		
	P38	2,69		2,03		A1		
	P39	5,16		7,41		A1		
	P40	9,79		2,30		A1		
	P41	Nessun picco					A2	
	P42	2,23	7,14	3,21	3,05	A1	A1	
	P43	2,94		2,42		A1		
	P44	2,69		2,03		A1		
	P45	2,67		2,08		A1		
	P46	7,30		3,49		A1		
	P47	9,18		3,34		A1		
	P48	4,51		1,89		A1		
	P49	Nessun picco					A2	
	P50	6,95		4,48		A1		
	P51	4,47		2,89		A1		
	P52	18,73		2,86		A1		
	P53	Nessun picco					A2	
	P54	Nessun picco					A2	
	P55	Nessun picco					A2	
	P56	Nessun picco					A2	
	P57	Nessun picco					A2	

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
	P58	Nessun picco				A2	
	P59	12,76		2,90		A1	
	P60	Nessun picco				A2	
	P61	3,55		2,13		A1	
	P62	20,51		4,42		A1	
	P63	Nessun picco				A2	
	P64	Nessun picco				A2	
	P65	14,62		5,92		A1	
	P66	12,91		4,47		A1	
	P67	8,96		4,83		A1	
	P68	6,30		3,55		A1	
	P69	Nessun picco				A2	
	P70	Nessun picco				A2	
	P71	14,19		2,01		A1	
	P72	15,97		2,2		A1	
	P73	3,49		2,46		A1	
	P74	5,78		2,16		A1	
	P75	3,29		3,06		A1	
	P76	7,36		5,36		A1	
	P77	9,70		4,11		A1	
	P78	Nessun picco				A2	
	P79	2,70		1,77		A1	
	P80	Nessun picco				A2	
	P81	3,45		4,34		A1	
	P82	Nessun picco				A2	
	P83	3,01		2,36		A1	
	P84	5,81		4,92		A1	
	P85	7,22		5,34		A1	
	P86	15,18		2,89		A1	
	P87	Nessun picco				A2	
	P88	Nessun picco				A2	
	P89	Nessun picco				A2	
	P90	Nessun picco				A2	
	P91	Nessun picco				A2	
	P92	Nessun picco				A2	
	P93	Nessun picco				B2	
	P94	Nessun picco				B2	
	P95	7,08		2,49		A1	
	P96	9,43		2,33		A1	
	P97	5,16		2,50		A1	
	P98	3,78		3,15		A1	
	P99	17,89		4,30		A1	
	P100	3,13	2,73	19,15	3,7	A1	A1
	P101	Nessun picco				A2	
	P102	Nessun picco				A2	
	P103	2,65		3,39		A1	

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2	
	P104	2,51		2,90		A1		
	P105	Nessun picco					A2	
	P106	Nessun picco					A2	
	P107	13,94		2,15		A1		
	P108	20,55		2,26		A1		
	P109	8,98		3,70		A1		
	P110	23,10		2,79		A1		
	P111	3,54		4,10		A1		
	P112	3,73		2,48		A1		
Collerucci - Mura	P13	3,08		2,11		A1		
	P14	3,47		2,51		A1		
	P15	2,39		2,17		A1		
	P16	2,75		2,09		A1		
	P17	1,89		2,05		A1		
	P18	8,04		2,52		A1		
Alberi	P19	1,96		2,21		A1		
	P25	3,32		2,00		A1		
	P26	3,02		2,17		A1		
	P27	3,50		2,20		A1		
	P28	3,93		2,52		A1		
	P29	3,45	12,98	2,16	2,14	A1	A1	
Castelfalfi	P30	2,79		2,16		A1		
	P9	5,18		2,12		A1		
	P10	1,23	8,41	2,76	3,2	A1	A1	
	P11	Nessun picco					A2	
Sughera	P12	Nessun picco					A2	
	P20	2,05		3,32		A1		
	P21	3,21		2,01		A1		
	P22	2,69		2,42		A1		
	P23	5,37		2,05		A1		
Iano	P24	1,06		2,19		A1		
	P1	2,53		3,63		A1		
	P2	2,24		2,86		A1		
San Vivaldo	P3	2,13		2,07		A1		
	P4	3,82		4,47		A1		
	P5	2,30		2,04		A1		
	P6	5,69		5,03		A1		
	P7	5,57		5,21		A1		
	P8	1,97	5,71	2,19	2,26	A1	A1	

Mentre di seguito si riporta una tabella con i risultati delle prove HVSR ricavate 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
Montaione Capoluogo	P113	2,50		2,86		A1	
	P114	2,75		2,49		A1	
	P115	4,13		1,54		A2	

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
	P116	5,66		4,28		A1	
	P117	6,22		2,86		A1	
	P118	8,09		5,51		A1	
	P119	24,84		9,56		A1	
	P120	14,06		3,51		A1	
	P121	4,69		2,56		A1	
	P122	2,50		2,10		A1	
	P123	4,94		1,70		A1	
	P124	7,19		4,17		A1	
	P125	4,06		5,46		A1	
	P126	4,81		3,92		A1	
	P127	5,50		2,91		A1	
	P128	7,50		2,54		A1	
	P129	2,72		2,31		A1	
Castelfalfi	P207	1,31		2,13		A1	
	P208	1,19		2,17		A1	
	P219	16,88		3,09		A2	
	P220	1,25		2,07		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 A

Comprende le rocce lapidee massicce. Questo raggruppamento comprende un'unità litologico tecnica cartografata secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica A:** rocce non stratificate o con bancate di spessore superiore a 3 m. Sono riconducibili a tale unità le formazioni geologiche dei travertini (f1), dell'Oficalce (OFI), dei Gabbri (γ), dei Baslati (β) e del Calcare Cavernoso (CCA).

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 delle Calcareniti di San Mariano (CMA-PLIc) e della Formazione di Montaione (MIO).

- **Unità litologico-tecnica B4:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale pelitico compreso tra 25% e 75%. Sono riconducibili a tale unità le formazioni geologiche delle Argille a Palombini (APA).

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 C2:** conglomerati e breccie matrice-sostenuti. E' riconducibile a tale unità la formazione geologica dei Conglomerati di Gambassi (GAM-PLIb).

- **Unità litologico-tecnica C3:** sabbie cementate e arenarie deboli. E' riconducibile a tale unità la formazione geologica delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs).

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 D2:** argille. E' riconducibile a tale unità la formazione geologica delle Argille Azzurre (FAA).

Unità litologico tecnica E

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

- **Unità litologico-tecnica 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 attuali (b) e recenti terrazzati e non (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 Montaione 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 Montaione sono stati condotti secondo le indicazioni formulate dal Settore Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica nel rispetto degli “Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica Nazionale” (di seguito ICMS, versione 4.1) e delle specifiche tecniche regionali per la microzonazione sismica approvate con Deliberazione di G.R.T. n. 144/2015. Nei citati ICMS vengono definite le procedure, le metodologie di analisi al fine di individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Nello specifico la MS individua e caratterizza:

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

Per la definizione delle zone e della loro perimetrazione si rimanda a quanto definito al par. 1.1.3 e 1.1.4 degli standard ICMS (versione 4.1).

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

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

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

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

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

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

Sintesi del quadro conoscitivo del livello 1

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

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

PRODOTTI FINALI Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione);
Carta di Microzonazione Sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000, rappresentative dei parametri di FA, in termini di pseudoaccelerazione, corrispondenti ai periodi 0.1-0.5 s, 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 4.1), dei risultati di indagini geofisiche utili alla ricostruzione geometrica dei corpi sepolti (sismica a rifrazione, ERT, gravimetria, ecc.) e alla individuazione di eventuali contrasti di impedenza sismica e possibili fenomeni di risonanza (campagne di misura delle frequenze naturali di sito da vibrazioni ambientali o da terremoti).

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

Attraverso questo livello, quindi, sarà possibile:

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

Per la indicazioni tecniche cui attenersi per la predisposizione delle **cartografie delle indagini e delle cartografie delle Microzonazione Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)** si rimanda ai par. 1.1.1, 1.1.2 e

1.1.3 degli ICMS (versione 4.1) in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

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

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

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

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

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

Gli abachi per la caratterizzazione quantitativa dei fenomeni di amplificazione attesi sono tabelle in cui un insieme di valori assunti da parametri considerati diagnostici e ad un particolare livello di rischio sismico sono associati univocamente ai valori previsti dell'amplificazione del movimento sismico (FA o "Amplificazione del fattore" ") rispetto a un motivo di riferimento.

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

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

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

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

Toscana Interna (Substrato sismico ≤ 30m)

Valore di ag (Tr=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		
f (m) BSA	<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.1	2.1	1.5	1.9	
	300	0.6	1.3	1.8	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.6	1.9	
	500			1.6	1.6	1.6	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4	
	700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	≥800											

FA 0.4 < T < 0.8 s

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

FA 0.7 < T < 1.1 s

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

Toscana Interna (Substrato sismico ≤ 30m)

Valore di ag (Tr=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		
f (m) BSA	<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.9	
	300	0.7	1.3	1.8	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8	
	500			1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4	
	700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	≥800											

FA 0.4 < T < 0.8 s

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

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)										75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8		
f (m) BSA	<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	
Ves30 (g)	<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	
Ves30 (g)	<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	
Ves30 (g)	<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	
Ves30 (g)	<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	
Ves30 (g)	<200	1.5	1.9	2.3							1.8
	300	1.4	1.8	2.1	1.8	1.7	1.5	1.7	1.7	1.8	1.7
	500	1.2	1.6	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.6	1.6	1.5
	700	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.2
	≥800	1.0	1.2	1.2					1.1	1.1	1.1

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
Ves30 (g)	<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 4.1) 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 (Tavola G.01) 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”.

Nelle Carte delle frequenze (Tavola G.03) 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 Montaione 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 *Albarelli 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 Montaione 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 (Tavola G.02) e rappresenta, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.1), l'elaborato di compendio di tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) e della carta di microzonazione sismica.

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

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

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

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

Legenda della Carta Geologico Tecnica: terreni di copertura

Ambiente vulcanico	
Colate/spandimenti/cupole/domi/dicchi/coni lavici	la
Coni scorie/ceneri	sc
Coltri ignimbritiche	ig
Lahar (colate di fango)	lh
Ambiente di versante	
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di deiezione	cz
Eluvi/colluvi	ec
Ambiente fluvio - lacustre	
Argine/barre/canali	es
Piana deltizia	dl
Piana pedemontana	pd
Bacino (piana) intramontano	in
Conoide alluvionale	ca
Terrazzo fluviale	tf
Lacustre	lc
Palustre	pa
Piana inondabile	pi
Ambiente carsico	
Riempimento di dolina/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		
LP	LP	Lapideo
GR	GR	Granulare cementato
CO	CO	Coesivo sovraconsolidato
AL	AL	Alternanza di litotipi
LPS	LPS	Lapideo, stratificato
GRS	GRS	Granulare cementato, stratificato
COS	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
ALS	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
SFLP	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
SFGR	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
SFCO	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
SFAL	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
SFLPS	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
SFGRS	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
SFCOS	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
SFALS	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

Legenda della Carta Geologica Tecnica: substrato geologico

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

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 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 attuali (b) e quelli recenti terrazzati o non (bna, bnb).
- **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 SMtm:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico costiero (terrazzo marino). A questi corrispondono i terreni alla formazione delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs).
- **Unità geologico-tecnica CLsp-pl-tm:** si tratta di terreni costituiti da argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico costiero (spiaggia – palude / laguna / stagno / lago costiero, terrazzo marino). A questi corrispondono i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Per quanto riguarda i corpi di frana, questi sono stati riportati nelle cartografia secondo quanto previsto alla figure 1.1.2-1 e 1.1.2-2 delle norme ICMS (versione 4.1), evidenziando per ciascun corpo la sua natura (qualora riscontrabile) e lo stato di attività.

Substrato geologico

- **Unità geologico-tecnica LPS:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate. A questa unità appartengono i terreni appartenenti alla Formazione di Montaione (MIO) e alle Calcareni di San Mariano (CMA-PLIc).
- **Unità geologico-tecnica LP:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee. A questa unità appartengono i terreni appartenenti alla formazione delle Oficalci (OFI), ai Gabbri (γ), ai Basalti (δ) e al Calcare Cavernoso (CCA).
- **Unità geologico-tecnica SFLP:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee, fratturate / alterate. A questa unità appartengono i terreni appartenenti alla formazione dei Travetini (fI).
- **Unità geologico-tecnica ALS:** corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litologie stratificate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla formazione delle Argille a Palombini (APA).
- **Unità geologico-tecnica GR:** corrisponde al substrato geologico granulare cementato. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla formazione dei Conglomerati di Gambassi (GAM-PLIb).

Di seguito viene riportata una tabella comparativa delle classi di attribuzione, per ciascun deposito lito-stratigrafico o formazione geologica, della cartografia litologico-tecnica, secondo le norme VEL, e della cartografia geologico-tecnica per la microzonazione sismica, secondo le norme ICMS (versione 4.1).

SIGLA FORMAZIONE	NOME FORMAZIONE	UNITA' LITOLOGICO-TECNICA (VEL)	UNITA' GEOLOGICO-TECNICA (ICMS)
h5	Depositi antropici di riporto	h	RI
a1	Corpi di frana		varie

b	Depositi alluvionali attuali	E3	SM es
bn _a / bn _b	Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non	E3	SM es
b2 _a	Depositi eluvio-colluviali	E3	SM ec
fl	Travertini	A	SFLP
FAA	Argille Azzurre	D2	CL sp-pl-tm
GAM-PLI _b	Conglomerati di Gambassi	C2	GR
CMA-PLI _c	Calcareniti di San Mariano	B3	LPS
SVV-PLI _s	Sabbie di San Vivaldo	C3	SM tm
MIO	Formazione di Montaione	B3	LPS
OFI	Oficalce	A	LP
APA	Argille a Palombini	B4	ALS
γ	Gabbri	A	LP
β	Basalti	A	LP
CCA	Calcere Cavernoso	A	LP

A corredo delle carte geologico-tecniche in scala 1:5.000 (Tavola G.02), per ciascun centro urbano di interesse, sono state realizzate alcune sezioni geologiche (Tavola G.08 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 4.1) alle seguenti categorie di microzone:

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

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

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

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

- **instabilità di versante (frane attive, quiescenti, inattive)**
- **liquefazione**
- **cedimenti differenziali**
- **faglie attive e capaci**

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

La **liquefazione** è legata alla presenza di materiali granulari sciolti riconducibili a sabbie, sabbie e limi, sabbie e ghiaie. Inoltre si considerano terreni potenzialmente liquefacibili, quelli nei quali la superficie piezometrica della falda freatica superficiale o di falde confinate più profonde si trovi ad una profondità da p.c. ≤ 15 m. Comunque per gli aspetti legati alla liquefacibilità dei terreni, gli aspetti di cui tenere conto sono quelli indicati al par. 7.11.3.4 delle NTC 2008 (per le quali sicuramente la natura granulometrica, la profondità della falda e la magnitudo attesa costituiscono i principali fattori predisponenti) e gli ulteriori approfondimenti riportati al par. 3.1.3 degli ICMS (versione 4.1). Relativamente a tale aspetto si è tenuto conto delle indicazioni di cui alle *“Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione”* editate dalla Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – (versione 1.0 del luglio 2013 e versione 1.20 beta del 2014).

I **cedimenti differenziali** sono attesi lungo le zone di contatto tra unità geologiche aventi caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (es. depositi alluvionali su substrato roccioso). Tale differenza si traduce in una diversa risposta sismica, la quale può indurre, in caso di terremoto, cedimenti significativi, soprattutto nei terreni

presenti a ridosso del contatto stratigrafico. Le zone di instabilità per cedimenti differenziali possono perciò essere rappresentate tramite buffer.

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

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

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

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

8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La "Carta di Microzonazione Sismica" rappresenta l'elaborato cartografico fondamentale degli studi di microzonazione sismica di Livello 2. Scopo della realizzazione di tale elaborato è la definizione di zone ad uguale comportamento sismico in funzione dello specifico fattore di amplificazione sismica. La produzione della carta di Microzonazione Sismica si basa sulla sintesi delle informazioni di carattere geologico, geomorfologico, litotecnico-tecnico, di indagine e sismico desunti dalle cartografie tematiche realizzate per lo studio di microzonazione sismica di livello 1 approvato e sull'applicazione della quantificazione numerica degli effetti, sulla scorta degli abachi di riferimento, in funzione dei valori peculiari di caratterizzazione sismica (V_{s30} , f_0) del sottosuolo di interesse.

Per classificare le aree in esame si è stato fatto riferimento (come da paragrafo 1.1.4 degli ICMS, versione 4.1) alle seguenti categorie di microzone:

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

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

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

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

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

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

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

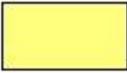
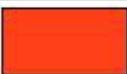
Nella tabella seguente vengono riportati i parametri di amplificazione da riportare secondo i criteri ICMS (versione 4.1) nelle Carte di Microzonazione Sismica.

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.

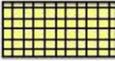
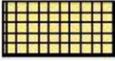
Si precisa che nella zona stabile, con parametro di amplificazione uguale a 1,0 sono comprese le zone con deamplificazione e con amplificazioni fino a 1,04. Nella classe 1,1-1,2, invece, sono compresi valori di amplificazione da 1,05 a 1,24, mentre nella classe 1,3-1,4 sono compresi valori di amplificazione 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	ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante
Vedi Figura 1.1.4.2-1a	ZALQ - Zona di Attenzione per liquefazioni
	ZAFAC - Zona di Attenzione per faglie attive e capaci
	ZACD - Zona di Attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità sotterranee/sinkhole
	ZALD - Zona di Attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti

Zone di attenzione per instabilità		
ZAFR	ZALQ	PARAMETRO DI AMPLIFICAZIONE
		1.1 - 1.2
		1.3 - 1.4
		1.5 - 1.6
		1.7 - 1.8
		1.9 - 2.0
		2.1 - 2.2
		2.3 - 2.4
		2.5 - 3.0
		3.1 - 3.5
		>3.5

Estratto Fig. 1.1.4.2-1.a

In carta, su ciascuna zona di attenzione per instabilità di versante e per liquefazione, viene riportato il valore del fattore di amplificazione.

8.6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

ELABORAZIONI DI LIVELLO 1

Relativamente al livello 1 e alle carte delle indagini, delle frequenze e geologico tecnica per la microzonazione sismica si rimanda a quanto riportato ai paragrafi 8.2 e 8.3, mentre per quanto concerne la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) nel proseguo vengono elencate e descritte le risultanze relative alla elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica eseguita per il territorio comunale (come presentate negli elaborati Tavola G.04 in scala 1:5.000).

Zone stabili

ID	Descrizione Zona
STAB	Substrato lapideo e lapideo stratificato, talora sovrapposto, in assenza di copertura (spessori generalmente inferiori ai 3,0 m) con pendenza (di seguito "i") < 15° e basso contrasto di impedenza sismica (di seguito "c.i.") Substrato stratificato con alternanza di litotipi, in assenza di copertura (spessori generalmente inferiori ai 3,0 m) con i < 15° e basso c.i. Substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo e lapideo stratificato, in assenza di copertura (spessori generalmente inferiori ai 3,0 m) con i < 15° e basso c.i.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

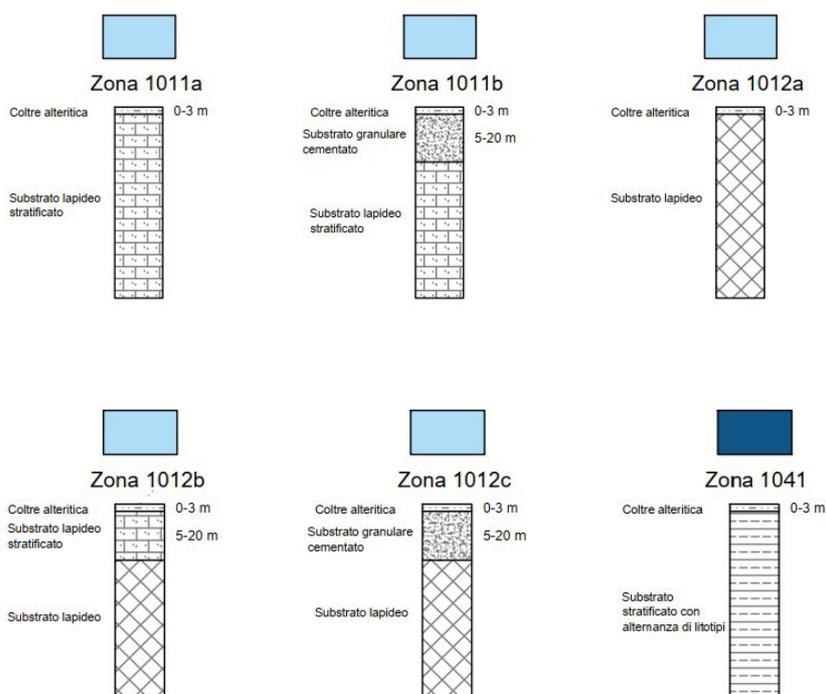
ID	Descrizione Zona
Z1 (2001)	Substrato lapideo stratificato, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso
Z2 (2002)	Substrato lapideo, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso
Z3 (2003)	Substrato lapideo stratificato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso
Z4 (2004)	Substrato stratificato con alternanza di litotipi, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso
Z5 (2005)	Substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso
Z6 (2006)	Substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso
Z7 (2007)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso
Z8 (2008)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, talora con spessori di terreni di riporto antropico, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso
Z9 (2009)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, talora con spessori di terreni di riporto antropico, poggianti su substrato lapideo, c.i. alto
Z10 (2010)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato stratificato con alternanza di litotipi, c.i. basso
Z11 (2011)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso
Z12 (2012)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, talora con spessori di terreni di riporto antropico, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso
Z13 (2013)	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso
Z14 (2014)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso
Z15 (2015)	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 10,0 e 50,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso
Z16 (2016)	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso
Z17 (2017)	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso
Z18 (2018)	Substrato lapideo fratturato / alterato, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, su coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso
Z19 (2019)	Coperture alluvionali sabbioso limose, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, poggianti su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso
Z20 (2020)	Coperture alluvionali sabbioso limose, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso
Z21 (2021)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto
Z22 (2022)	Coperture alluvionali sabbioso limose, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto

Zone di attenzione per le instabilita'

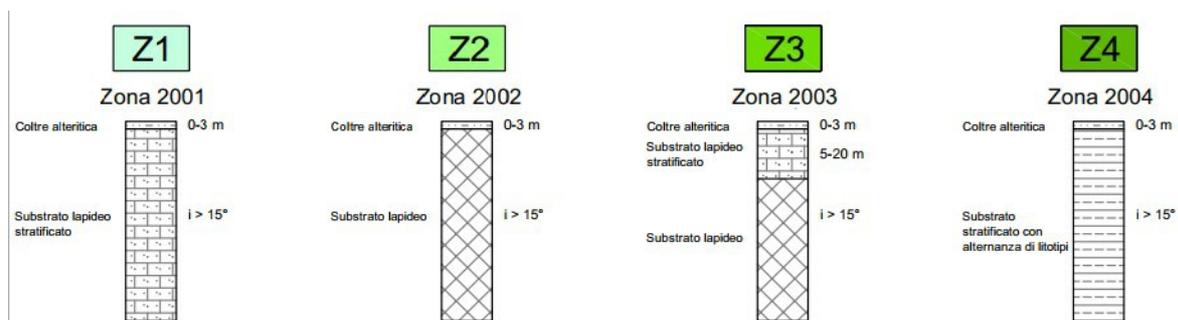
ID	Descrizione Zona
ZAFR1....n	Instabilità di versante per frana (con indicato il numero della zona stabile suscettibile di amplificazione locale a cui il corpo franoso è sovrastante).
ZACD	Cedimenti differenziali / crollo di cavità sotterranee / sinkhole.
ZAID	Sovrapposizione di instabilità differenti.

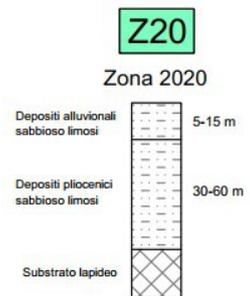
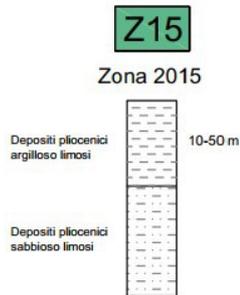
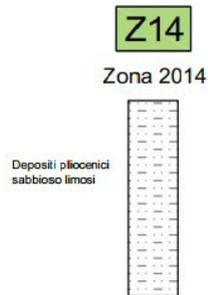
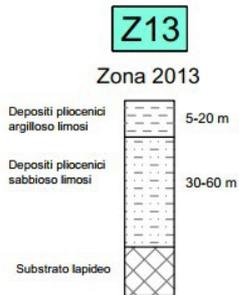
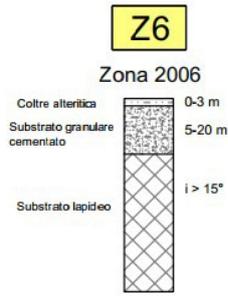
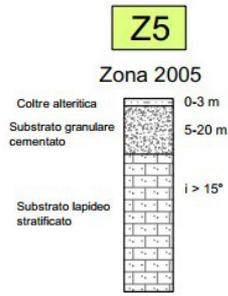
Di seguito vengono riportate graficamente le colonne sintetiche rappresentative delle suddette microzone, riportate anche nella specifica carta delle Mops.

ZONE STABILI



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI







ELABORAZIONI DI LIVELLO 2

Per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 del territorio comunale di Montaione, 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 Montaione ricade per la sua interezza 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 località di Montaione capoluogo, Iano e San Vivaldo, mentre nella sua interezza **superiore a 30,0 m** nelle località di Castelfalfi, Sughera, Alberi, Collierucci e Mura);

- 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 la zona Mops 7 mostra valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1-1,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 > 8$ Hz e velocità delle onde $V_{sH} = 700$ m/s.

Le zone Mops 1-2(Iano)-3-4-5-6-8-10 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3-1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 > 8$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 500$ m/s e $f_0 = 1,5$ Hz con $V_{sH} = 300$ m/s.

Le zone Mops 2(Montaione)-9 presentano, invece, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 > 8$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 300$ m/s.

Le zone Mops 8-16 mostrano 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 $V_{sH} = 300$ m/s e valori medi di frequenza $f_0 = 3,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 500$ m/s.

La zona Mops 21 mostra 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 0.1-0.5s, con $A_g > 0.125g$ e profondità del substrato > 30 m le zone Mops 11-14(Sughera, Castelfalfi)-15(Castelfalfi) 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 e 500 m/s e f_0 corrispondente al 75° percentile con $V_{sH} = 500$ m/s.

Le zone Mops 14(Alberi)-15(Sughera) 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 $V_{sH} = 500$ m/s.

Le zone Mops 12-13-14(Collierucci Mura)-15(Alberi, Collierucci Mura)-17-18-19(Castelfalfi, Alberi, Collierucci Mura)-20-22 mostra valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7-1,8, considerando nell'abaco di

referimento valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ e $3,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 300$ m/s e $f_0 = 3,5$ Hz con $V_{sH} = 500$ m/s.

Per l'Intervallo 0.4-0.8s, con $A_g > 0.125g$ e profondità del substrato < 30 m le zone Mops 1-2-3-4-5-6-7-9-10 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1-1,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 > 8$ Hz e velocità delle onde V_{sH} pari a 300, 500 e 700 m/s.

La zona Mops 21 presenta 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 $V_{sH} = 300$ m/s.

La zona Mops 8 presenta valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 3,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 500$ m/s.

La zona Mops 16 mostra 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.

La zona Mops 21 mostra valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,9-2,0, 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 11-12-14(Sughera)-15(Alberi, Collierucci Mura)-20-22 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 3,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 300$ m/s e f_0 riferibile al 75°percentile e pari a 1,5 e 3,5 Hz con $V_{sH} = 500$ m/s.

Le zone Mops 13-14(Castelfalfi, Alberi)-15(Sughera, Castelfalfi)-19 mostrano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7-1,8, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 1,5$ e $3,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 300$ m/s e $f_0 = 2,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 500$ m/s.

Le zone Mops 14(Collierucci Mura)-17-18 mostrano 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 0.7-1.1s, con $A_g > 0.125g$ e profondità del substrato < 30 m le zone Mops 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-21 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1-1,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 > 8$ Hz e velocità delle onde V_{sH} pari a 300, 500 e 700 m/s e $f_0 = 4,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 300$ m/s.

La zona Mops 16 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 12-14(Alberi)-15(Alberi, Collierucci-Mura, Sughera)-20 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3-1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza $f_0 = 2,5$ e $3,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 500$ m/s.

Le zone Mops 11-14(Collierucci Mura)-17-18-22 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 $V_{sH} = 300$ m/s e f_0 riferibile al 75°percentile con $V_{sH} = 500$ m/s.

Le zone Mops 13-14(Sughera)-19 mostrano 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 e $f_0 = 1,5$ Hz con velocità delle onde $V_{sH} = 500$ m/s.

La zona Mops 14(Castelfalfi)-15(Castelfalfi) mostra valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,9-2,0, 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 amplificazioni locali

 FA = 1,1 - 1,2

 FA = 1,3 - 1,4

 FA = 1,5 - 1,6

 FA = 1,7 - 1,8

 FA = 1,9 - 2,0

Legenda delle carte di Microzonazione Sismica

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 G.05, G.06 e G.07, in scala 1:5.000).

Zone stabili

ID	Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona
STAB	Substrato lapideo e lapideo stratificato, talora sovrapposto, in assenza di copertura (spessori generalmente inferiori ai 3,0 m) con pendenza (di seguito "i") $< 15^\circ$ e basso contrasto di impedenza sismica (di seguito "c.i.")
	Substrato stratificato con alternanza di litotipi, in assenza di copertura (spessori generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i < 15^\circ$ e basso c.i.
	Substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo e lapideo stratificato, in assenza di copertura (spessori generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i < 15^\circ$ e basso c.i.
	FH 0,1-0,5 1,0
	FH 0,5-1,0 1,0

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

ID	Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona
Z1 (2001)	Substrato lapideo stratificato, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso 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
Z2 (2002)	Substrato lapideo, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g FA 0,1-0,5 1,3 (Iano) 1,5 (Montaione) FA 0,4-0,8 1,2 FA 0,7-1,1 1,2
Z3 (2003)	Substrato lapideo stratificato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso 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
Z4 (2004)	Substrato stratificato con alternanza di litotipi, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso 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
Z5 (2005)	Substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso 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
Z6 (2006)	Substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso 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
Z7 (2007)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g FA 0,1-0,5 1,2 FA 0,4-0,8 1,1 FA 0,7-1,1 1,1
Z8 (2008)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, talora con spessori di terreni di riporto antropico, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g FA 0,1-0,5 1,7 FA 0,4-0,8 1,5 FA 0,7-1,1 1,2
Z9 (2009)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, talora con spessori di terreni di riporto antropico, poggianti su substrato lapideo, c.i. alto Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g FA 0,1-0,5 1,5 FA 0,4-0,8 1,1 FA 0,7-1,1 1,1
Z10 (2010)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato stratificato con alternanza di litotipi, c.i. basso Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g

	FA 0,1-0,5	1,3
	FA 0,4-0,8	1,1
	FA 0,7-1,1	1,1
Z11 (2011)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso	
	Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g	
	FA 0,1-0,5	1,4
	FA 0,4-0,8	1,5
	FA 0,7-1,1	1,5
Z12 (2012)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, talora con spessori di terreni di riporto antropico, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso	
	Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g	
	FA 0,1-0,5	1,7
	FA 0,4-0,8	1,6
	FA 0,7-1,1	1,3
Z13 (2013)	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso	
	Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g	
	FA 0,1-0,5	1,8
	FA 0,4-0,8	1,8
	FA 0,7-1,1	1,7
Z14 (2014)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso	
	Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g	
	FA 0,1-0,5	1,4 (Castelfalfi)
		1,3 (Sughera)
		1,5 (Alberi)
		1,7 (Collerucci Mura)
	FA 0,4-0,8	1,8 (Castelfalfi)
		1,6 (Sughera)
		1,7 (Alberi)
		2,1 (Collerucci Mura)
	FA 0,7-1,1	2,0 (Castelfalfi)
		1,7 (Sughera)
		1,4 (Alberi)
		1,6 (Collerucci Mura)
Z15 (2015)	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 10,0 e 50,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso	
	Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g	
	FA 0,1-0,5	1,4 (Castelfalfi)
		1,5 (Sughera)
		1,7 (Alberi, Collerucci Mura,)
	FA 0,4-0,8	1,8 (Castelfalfi)
		1,7 (Sughera)
		1,6 (Alberi, Collerucci Mura)
	FA 0,7-1,1	2,0 (Castelfalfi)
		1,4 (Sughera)
		1,3 (Alberi, Collerucci Mura)
Z16 (2016)	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso	
	Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g	
	FA 0,1-0,5	1,8
	FA 0,4-0,8	2,2
	FA 0,7-1,1	1,5
Z17 (2017)	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso	
	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

Z18 (2018)	Substrato lapideo fratturato / alterato, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, su coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso 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
Z19 (2019)	Coperture alluvionali sabbioso limose, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, poggianti su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g FA 0,1-0,5 1,8 FA 0,4-0,8 1,7 (Castelfalfi) 1,8 (Alberi, Collierucci Mura) FA 0,7-1,1 1,7
Z20 (2020)	Coperture alluvionali sabbioso limose, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g FA 0,1-0,5 1,7 FA 0,4-0,8 1,6 FA 0,7-1,1 1,3
Z21 (2021)	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto 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
Z22 (2022)	Coperture alluvionali sabbioso limose, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g FA 0,1-0,5 1,7 FA 0,4-0,8 1,6 FA 0,7-1,1 1,6

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 > 0,125 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.

MONTAIONE – 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	P84 P87 P85 P88 P106	L8	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2002	P52 P62 P69 P77 P86	L11	< 30m	300	>8	1.5	1.2	1.2
2003	P66 P67 P122	L19	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2004	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2005	P125	Non sono presenti indagini Lineari	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2006	P73 P76	L10	< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2007	P44 P48 P49 P80 P95 P97 P98 P101	L9 L20 L22 L24	< 30m	700	>8	1.2	1.1	1.1
2008	P31 P33 P34 P70 P107 P121 P113 P35 P39	L5 L19	< 30m	500	3,5	1.7	1.5	1.2
2009	P46 P47 P50 P51 P54 P56 P58 P59 P61 P109 P115 P117 P118 P119	L6	< 30m	300	>8	1.5	1.1	1.1
2010	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.1	1.1
2011	P102	L7	> 30m	500	75° Perc.	1.4	1.5	1.5
2012	P32 P36 P38 P40 P42 P111	L4	> 30m	500	3.5	1.7	1.6	1.3
2013	P41 P45 P112 P114 P116	L18	> 30m	300	3.5	1.8	1.8	1.7
2020	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		> 30m	500	3.5	1.7	1.6	1.3

IANO – 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)
2002	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2016	P3	Non sono presenti indagini Lineari	< 30m	300	2.5	1.8	2.2	1.5
2017	P2	Non sono presenti indagini Lineari	> 30m	300	2.5	1.7	2.1	1.6
2018	P1	L2	> 30m	300	2.5	1.7	2.1	1.6

SAN VIVALDO – 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	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		< 30m	500	>8	1.3	1.2	1.2
2021	P4 P5 P6 P7 P8	L1	< 30m	300	4.5	2	1.4	1.2
2022	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		> 30m	300	2.5	1.7	2.1	1.6

CASTELFALFI – 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)
2014	P9 P10 P11 P12	L12	> 30m	300	1.5	1.4	1.8	2.0
2015	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		> 30m	300	1.5	1.4	1.8	2.0
2019	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		> 30m	300	3.5	1.8	1.8	1.7

SUGHERA – 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)
2014	P24	L14	> 30m	500	1.5	1.3	1.6	1.7
2015	P20 P21 P22 P23	L13 L14	> 30m	500	2.5	1.5	1.7	1.4

ALBERI – 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)
2014	P26 P30	L15	> 30m	500	2.5	1.5	1.7	1.4

2015	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		> 30m	500	3.5	1.7	1.6	1.3
2019	P25 P27 P28 P29	L3 L15	> 30m	300	3.5	1.8	1.8	1.7

COLLERUCCI MURA – 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)
2014	P18 P19 P17 P16	L16	> 30m	300	2.5	1.7	2.1	1.6
2015	P13 P14 P15	L17	> 30m	500	3.5	1.7	1.6	1.3
2019	Non sono presenti indagini Puntuali e Lineari		> 30m	300	3.5	1.8	1.8	1.7

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.

MONTAIONE – Capoluogo

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04, G.05, G.06 e G.07 in scala 1:5.000 e G.08 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato del Capoluogo è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni del Dominio Ligure appartenenti sia all'Unità Tettonica Ofiolitifera di Montaione e al Complesso Ofiolitifero di Monte Carulli.

In particolare l'Unità Tettonica Ofiolitifera di Montaione è rappresentata principalmente dalla Formazione di Montaione (MIO) costituita da arenarie calcarifere gradate, marne grigie compatte e argilliti nerastre con intercalazioni di arenarie e breccie poligeniche ofiolitico – calcaree e, secondariamente, dalla formazione delle Oficalci (OFI) costituite da breccie poligeniche con elementi ofiolitici, generalmente serpentinitici, cementati da carbonati.

Il Complesso Ofiolitifero di Monte Carulli è, invece, rappresentato dalle formazioni del substrato ofiolitico quali i Gabbri (γ), rocce intrusive basiche di colore grigio-verdastro, costituite essenzialmente da plagioclasti, pirosseni, anfiboli e olivine, e i Basalti (δ), rocce eruttive basiche di colore dal rosso scuro al nero a composizione analoga a quella dei gabbri, e dalla formazione della copertura sedimentaria rappresentata dalle Argille a Palombini (APA), costituite da argilliti, argilliti siltose e marne, finemente foliettate, alle quali sono intercalati strati di calcari silicei a grana finissima.

Sovrastanti i terreni appartenenti alle formazioni del Dominio Ligure si hanno, con spessori variabili da settore a settore, i terreni appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati dai Conglomerati di Gambassi Terme (GAM – PLIb), conglomerati costituiti da

ciottoli arenitici, calcarei e ofiolitici appartenenti alle formazioni delle Unità Liguri, dalle Calcareniti di S. Mariano (CMA – PLIc), costituite da litologie variabili tra le sabbie poco cementate e le calcareniti, dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), costituite da sabbie limose con intercalati livelli di limo da debolmente sabbioso ad argilloso e rare lenti di ghiaia, con talvolta livelli da debolmente cementati a cementati (areniti) e, infine, dalle Argille Azzurre (FAA) costituite da argille e argille siltose, talora marnose, grigio-azzurre e grigio scure.

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare nella Zona Industriale Comiti.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è da attiva a quiescente a stabilizzata. Sono presenti, inoltre, areali con fenomeni di soliflusso generalizzato e di erosione superficiale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una prevalente acclività con pendenze comprese tra 15% e 25% con settori, in corrispondenza dell'abitato del Capoluogo, con minor acclività (pendenze inferiori al 15%) e settori, lungo i versanti dei rilievi collinari su cui sorge il Capoluogo, con acclività maggiori (comprese tra 25% e 45%).

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per 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. 16 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. trincee esplorative
- n. 2 stratigrafie risultanti da terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 27 prove penetrometriche di cui n. 14 prove penetrometriche statiche e n. 13 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 2 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 2 indagini di sismica tipo MASW;
- n. 16 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

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

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 8 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 4 indagini di sismica tipo MASW, n. 4 indagini di array sismico tipo ESAC e n. 82 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Montaione risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni del Dominio Ligure appartenenti sia all'Unità Tettonica Ofiolitifera di Montaione e al Complesso Ofiolitifero di Monte Carulli.

In particolare l'Unità Tettonica Ofolitifera di Montaione è rappresentata dalla Formazione di Montaione (MIO) e dalla formazione delle Oficalci (OFI).

I termini appartenenti alla Formazione di Montaione (MIO) affiorano estesamente nella porzione sud-occidentale dell'abitato del Capoluogo e, più limitatamente, in una porzione a ovest dello stesso, tra le località Amarrante e Nicchio. Mentre i litotipi riferibili alla formazione delle Oficalci (OFI) sono presenti in un limitato settore presso la località Torrino.

Il Complesso Ofolitifero di Monte Carulli è, invece, rappresentato dalle formazioni dei Basalti (δ), dei Gabbri (γ) e delle Argille a Palombini (APA).

I Basalti (δ) costituiscono il substrato litoide su cui poggia il centro storico del Capoluogo, mentre i Gabbri (γ) e le Argille a Palombini (APA) si riconoscono in porzioni limitate del territorio, rispettivamente a nord-est delle località Galano e Milla e a ovest della località Torrino.

Sovrastanti i terreni appartenenti alle formazioni del Dominio Ligure si hanno, con spessori variabili da settore a settore, i terreni appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati dai Conglomerati di Gambassi Terme (GAM – PLIb), dalle Calcareniti di S. Mariano (CMA – PLIc), dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), e dalle Argille Azzurre (FAA).

I termini della serie pliocenica affiorano estesamente nei settori del Capoluogo di Montaione, in particolare i termini delle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs) costituiscono il substrato geologico della maggior parte dei terreni presenti nel settore nord-occidentale dell'area di studio, mentre le restanti formazioni, i Conglomerati di Gambassi Terme (GAM – PLIb), le Calcareniti di S. Mariano (CMA – PLIc) le Argille Azzurre (FAA) affiorano rispettivamente in porzioni limitate rispettivamente presso la porzione sud-orientale dell'abitato del Capoluogo, presso la porzione settentrionale dell'abitato e tra il campo sportivo e la località Belvedere.

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana, depositi alluvionali o a spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico, questi ultimi in particolare in corrispondenza della Zona Industriale Comiti.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi appartenenti ai depositi alluvionali recenti terrazzati o non (bna, bnb). a composizione prevalentemente sabbiosa, all'unità geologico-tecnica SMtm (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico costiero - terrazzo marino) i terreni appartenenti alla formazione delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs) e all'unità geologico-tecnica CLsp-pl-tm (Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico costiero - spiaggia-palude/laguna/stagno/lago costiero-terrazzo marino) i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

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

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Montaione (MIO) e alle Calcareniti di San Mariano (CMA-PLIc) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide appartenenti alle Argille a Palombini (APA) sono state inserite nella classe geologico-tecnica ALS (Substrato geologico stratificato con alternanza di litotipi), mentre i terreni riferibili ai

Conglomerati di Gambassi (GAM-PLIb) sono state inserite nella classe geologico-tecnica GR (substrato geologico granulare cementato).

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

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 99 misure HVSR di cui n. 71 classificate in classe A1, n. 26 classificata in A2 e n. 2 classificata in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 76,8 che la colloca in classe di accettabilità A.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo sono state eseguite n. 82 misure di sismica passiva con metodo HVSR (sigle da P31 a P112) nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di livello 2.

Le registrazioni di rumore sismico (P31, P32, P33, P34, P35 e P37) eseguite nel settore settentrionale dell'area presso la zona industriale Comiti hanno registrato contrasti di impedenza con picchi compresi tra 2,02 e 2,43 Hz per le prove P32 e P37 e tra 3,16 e 3,98 Hz per le prove P31, P33, P34 e P35, con ampiezze comprese tra 1,72 e 2,43 per tutte le prove ad eccezione delle indagini P33 ($A_0 = 3,36$) e P35 ($A_0 = 5,06$).

Le prove eseguite nei settori delle località La Valle, Bardinaio e Belvedere (P36, P38, P39 e P42) hanno mostrato ad eccezione della prova P39 ($f_0 = 5,16$ Hz e $A_0 = 7,41$) dei picchi a frequenze comprese tra 2,11 e 2,69 Hz e ampiezze di 2,07, 2,03 e 3,21.

Le indagini eseguite nel settore del campo sportivo (P43, P44, P45 e P48) hanno mostrato bassi contrasti di impedenza (A_0 comprese tra 1,89 e 2,42) a frequenze comprese tra 2,67 e 4,51 Hz. La prova P49 non ha presentato nessun picco significativo.

Le prove eseguite nei settori delle località Milla e Galano (P40, P41, P51, P111 e P112) hanno mostrato ad eccezione della prova P111 ($f_0 = 3,54$ Hz e $A_0 = 4,1$) dei picchi a frequenze comprese tra 3,73 e 9,79 Hz e ampiezze comprese tra 2,3 e 2,89. La prova P41 non ha presentato nessun picco significativo.

Le prove eseguite nei settori delle località Poderino e Fontino (P50, P53 e P55) non hanno mostrato ad eccezione della prova P50 ($f_0 = 6,95$ Hz e $A_0 = 4,48$) alcun picco significativo.

Nel settore occidentale dell'abitato di Montaione sono state eseguite le prove P46, P47, P54, P59, P61 e P109. Le prove P46, P47 e P109 hanno mostrato alti contrasti di impedenza (A_0 rispettivamente pari a 3,49, 3,34 e 3,7) con frequenze del picco pari a 7,3 Hz, 9,18 Hz e 8,99 Hz. Le prove P59 e P61 hanno mostrato bassi contrasti di impedenza ($A_0 = 2,9$ e 2,13) con picchi con frequenza di 12,76 Hz e 3,55 Hz. La prova P54 non ha mostrato nessun picco significativo.

In corrispondenza del nucleo storico e della porzione centrale dell'abitato di Montaione sono state eseguite le prove P56, P57, P58, P60, P62, P63, P64 e P110. Ad eccezione delle prove P62 ($f_0 = 20,51$ e $A_0 = 4,42$) e P110 ($f_0 = 23,1$ e $A_0 = 2,79$) con impedenza registrati in superficie, le prove P56, P57, P58, P60, P63 e P64 non hanno registrato picchi significativi.

A nord del centro storico di Montaione sono state eseguite le prove P52, P66, P67, P107 e P108. Tutte le prove hanno mostrato contrasti di impedenza superficiali (f_0 compresi tra 8,96 e 20,55) con ampiezze comprese tra 2,15 e 2,86 (prove P52, P107 e P108) e comprese tra 4,83 e 4,47 (P66 e P67).

A est del centro storico di Montaione sono state eseguite le prove P65, P69, P74, P75 e P77, che hanno mostrato contrasti di impedenza a profondità variabile con ampiezze comprese tra 3,06 e 4,11 ad eccezione della prova P69, che non ha mostrato alcun picco significativo e la prova P74 che ha mostrato un $A_0 = 2,16$ con $f_0 = 5,78$ Hz.

Presso la porzione di sud-est dell'abitato di Montaione sono state eseguite le prove P68, P70, P71, P72, P73, P76, P77, P78, P79, P80, P81, P82, P83, P84, P85 e P86. Le prove P68, P76, P77, P81, P84 e P85 hanno mostrato alti contrasti di impedenza (A_0 compresi tra 3,55 e 5,36) con frequenze generalmente superiori a 5,0 Hz, mentre le prove P70, P71, P72, P73, P78, P79, P80, P82, P83 e P86 hanno mostrato bassi contrasti di impedenza (valori di A_0 compresi tra 1,77 e 2,46) o non hanno mostrato picchi significativi.

Presso l'area cimiteriale e la località Terraio sono state eseguite le prove P87, P88, P89, P92, P93, P94, P95, P96, P101, P105 e P106 che non hanno mostrato nella maggior parte dei casi, ad eccezione delle prove P95 ($f_0 = 7,08$ Hz e $A_0 = 2,49$) e P96 ($f_0 = 9,43$ Hz e $A_0 = 2,23$), alcun picco significativo.

Infine nell'estrema porzione sud-orientale dell'area di indagine, presso le località Moricci e Poggio Terraio, sono state eseguite le prove P90, P91, P97, P98, P99, P100, P102, P103 e P104. Le prove P90, P91 e P102 non hanno mostrato picchi significativi, mentre le altre prove hanno generalmente rilevato picchi di impedenza a frequenze comprese tra 2,51 Hz e 5,16 Hz con A_0 comprese tra 2,5 e 3,15.

Presso la Zona Industriale Comiti è stata svolta la stesa di sismica a rifrazione L4 che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore compreso tra 25,0 e 30,0 m con V_s comprese tra 396,0 e 448,0 m/s poggiante su un secondo sismostrato con V_s comprese tra 902,0 m/s e 1164,0 m/s.

A nord della località La Fonte è stata svolta la stesa di sismica a rifrazione L5 che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore medio di 5,0 m con V_s comprese tra 315,0 e 366,0 m/s poggiante su un secondo sismostrato dello spessore compreso tra 15,0 m e 20,0 m con V_s comprese tra 785,0 m/s e 971,0 m/s, a sua volta su un terzo sismostrato avente V_s comprese tra 1560,0 m/s e 1875,0 m/s.

Presso la località Poderino è stata svolta la stesa di sismica a rifrazione L6 che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore medio di 5,0 m con V_s comprese tra 263,0 e 345,0 m/s poggiante su un secondo sismostrato dello spessore compreso tra 15,0 m e 25,0 m con V_s comprese tra 960,0 m/s e 1090,0 m/s, a sua volta su un terzo sismostrato avente V_s comprese tra 1502,0 m/s e 1836,0 m/s.

Presso la località Poggio al Terraio è stata svolta la stesa di sismica a rifrazione L7 che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore medio di 5,0 m con V_s comprese tra 409,0 e 472,0 m/s poggiante su un secondo sismostrato con V_s comprese tra 720,0 m/s e 733,0 m/s.

Presso l'area cimiteriale è stata svolta la stesa di sismica a rifrazione L8 che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore medio di 5,0 m con V_s comprese tra 366,0 e 462,0 m/s poggiante su un secondo sismostrato con V_s comprese tra 740,0 m/s e 810,0 m/s.

Presso la località Moricci è stata svolta la stesa di sismica a rifrazione L9 che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore medio inferiore a 5,0 m con V_s comprese tra 180,0 e 273,0 m/s poggiante su un secondo sismostrato dello spessore compreso tra 20,0 m e 30,0 m con V_s comprese tra 685,0 m/s e 875,0 m/s e su un terzo sismostrato con V_s comprese tra 1265,0 m/s e 1430,0 m/s.

Presso la località Il Pino è stata svolta la stesa di sismica a rifrazione L10 che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore compreso tra 5,0 e 10,0 m con Vs comprese tra 136,0 e 185,0 m/s poggiante su un secondo sismostrato con Vs comprese tra 1064,0 m/s e 1128,0 m/s.

Infine, presso la località Casino è stata svolta la stesa di sismica a rifrazione L11 che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore compreso tra 5,0 e 10,0 m con Vs comprese tra 169,0 e 200,0 m/s poggiante su un secondo sismostrato con Vs comprese tra 940,0 m/s e 1050,0 m/s.

In corrispondenza della prova P23 è stata anche eseguita un'indagine Masw associata ad un'indagine Esac, che hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 4,0 m con Vs = 290,0 m/s ca., di un secondo sismostrato dello spessore di ca. 2,5 m con Vs = 320,0 m/s ca., di un terzo sismostrato dello spessore di ca. 3,0 m con Vs = 380,0 m/s ca., di un quarto sismostrato dello spessore di 7,0 m ca. con Vs comprese tra 410,0 e 430,0 m/s, di un quinto sismostrato dello spessore di ca. 4,0 m con Vs = 460,0 m/s ca., di un sesto sismostrato dello spessore di ca. 4,5 m con Vs = 530,0 m/s ca., di un settimo sismostrato dello spessore di ca. 15,0 m con Vs = 600,0 m/s ca. e di un ottavo ed ultimo sismostrato dello spessore investigato di ca. 10,0 m con Vs = 660,0 m/s ca.

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

Zone stabili

- **STAB:** 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 da Substrato lapideo e Substrato lapideo stratificato, talora sovrapposto; Substrato stratificato con alternanza di litotipi; Substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo o su substrato lapideo stratificato stratificato.

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 viene individuata in corrispondenza del centro storico di Montaione e in gran parte del nucleo abitato centrale e orientale. Inoltre settori isolati si rinvennero presso la località Torrino, tra le località di Amarrante e Nicchio e a nord-est della località Milla.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 1 (2001):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato, con copertura di origine alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$, c.i. basso

Sulla scorta di alcune indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P87, P88 e P106) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

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

La zona viene individuata lungo i versanti che delimitano il settore orientale dell'abitato di Montaione e in un settore tra le località di Amarrante e Nicchio.

- **zona 2 (2002):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato, con copertura di origine alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$, c.i. basso

Sulla scorta di alcune indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P52, P69 e P86) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,5 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 lungo i versanti che delimitano il settore orientale dell'abitato di Montaione e in un settore tra le località di Amarrante e Nicchio.

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo, copertura di origine alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$, c.i. basso.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 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 nella a nord del centro storico di Montaione.

- **zona 4 (2004)**: comprende le aree nelle quali affiora un substrato stratificato con alternanza di litotipi, copertura di origine alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$, c.i. basso.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 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.

Interessa alcuni terreni in corrispondenza del Borro del Torrino.

- **zona 5 (2005)**: questa zona comprende aree nelle quali è presente un substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato, copertura di origine alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$, c.i. basso.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 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.

Interessa un settore limitato a sud-est del centro storico di Montaione.

- **zona 6 (2006)**: questa zona comprende aree nelle quali è presente un substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo, copertura di origine alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$, c.i. basso.

Da alcune indagini sismiche eseguite (P73) e data la successione stratigrafica rilevata si presume che tali settori non possono presentare 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. Alla zona viene attribuito un valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA pari a 1,3.

Interessa un settore a sud-est del centro storico di Montaione.

- **zona 7 (2007)**: questa zona comprende aree nelle quali è presente una copertura pliocenica di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggiante su un substrato lapideo stratificato, c.i. basso

Dalle indagini sismiche eseguite (P44, P48, P49, P80, P95, P97 e P101) e data la successione stratigrafica rilevata si presume che tali settori non possono presentare alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,2 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.

Interessa alcuni settori della porzione orientale dell'area di indagine come ad esempio in corrispondenza o in prossimità delle località Colombaia, Casino e Poggio al Terraio.

- **zona 8 (2008)**: questa zona comprende aree nelle quali è presente una copertura pliocenica di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, talora con spessori di terreni di riporto antropico, poggiante su un substrato lapideo, c.i. basso

Dalle indagini sismiche eseguite (P34 P70 P107) e data la successione stratigrafica rilevata si presume che tali settori non possono 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 1,5 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona si riconosce in un ampio settore dell'estrema porzione nord-occidentale dell'area di indagine e in corrispondenza di settori limitati a nord-est del centro storico e presso la località Nunziatina.

- **zona 9 (2009)**: la zona corrisponde a quei settori laddove si ha la presenza di coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, talora con spessori di terreni di riporto antropico, poggianti su substrato lapideo, c.i. alto

Da alcune indagini sismiche eseguite (P46, P47, P50, P109) e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori possano presentare alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,5 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.

La zona interessa ampiamente il settore occidentale dell'abitato di Montaione.

- **zona 10 (2010)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su un substrato stratificato con alternanza di litotipi, c.i. basso.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

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

La zona viene individuata in una fascia presso la località Stirati e in una limitata porzione a sud-ovest della località Torrino.

- **zona 11 (2011)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso.

Dalle indagini sismiche eseguite (P102) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non 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 1,5 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata in un settore presso la località Amarrante e a sud-est di Poggio al Terraio.

- **zona 12 (2012)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, talora con spessori di terreni di riporto antropico, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso.

Da alcune indagini sismiche eseguite (P31, P32, P36, P38 e P40) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non 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 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata presso la Zona Industriale di Comiti e in un'ampia fascia dell'estrema porzione nord-orientale dell'area di studio.

- **zona 13 (2013)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso.

Dalle indagini sismiche eseguite (P41, P45 e P112) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

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

La zona viene individuata in un settore tra le località Galano, Milla e Belvedere.

- **zona 20 (2020)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture alluvionali sabbioso limose, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non 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 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata in un isolato settore a sud-est della Zona Industriale Comiti.

Zone di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.1) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali, coltri di frana, e coperture detritiche) e il substrato lapideo (LP) e quello lapideo stratificato (LPS) e tra i suddetti substrati litoidi e i depositi di copertura di età pliocenica prevalentemente sabbioso limosi (SM) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un areale ("buffer") di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer

rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

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

SUGHERA

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04, G.05, G.06 e G.07 in scala 1:5.000 e G.08 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Sughera è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentata dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), costituite da sabbie limose con intercalati livelli di limo da debolmente sabbioso ad argilloso e rare lenti di ghiaia, con talvolta livelli da debolmente cementati a cementati (areniti) e, infine, dalle Argille Azzurre (FAA) costituite da argille e argille siltose, talora marnose, grigio-azzurre e grigio scure.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da corpi di frana quiescenti e da areali con fenomeni di soliflusso generalizzato e di erosione superficiale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenziano blandi pendenze comprese tra 0% e 25%.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per la frazione di Sughera sono stati ricercati eventuali 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 corrispondenza dell'abitato di Sughera sono inoltre state effettuate 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 una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 2 indagini sismiche di tipo Masw, n. 2 prove di array sismico con metodo Esac e n. 5 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

I terreni su cui sorge l'abitato di Sughera risultano costituiti da depositi appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati dalle Argille Azzurre (FAA) e, secondariamente ed esternamente all'abitato dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs).

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMtm (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico costiero - terrazzo marino) i terreni appartenenti alla formazione delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs) e all'unità geologico-tecnica CLsp-pl-tm (Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente

genetico costiero - spiaggia-palude/laguna/stagno/lago costiero-terrazzo marino) i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi quiescenti.

Inoltre vengono presentate, qualora presenti, le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 5 misure HVSR classificate in classe A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 41,1 che la colloca in classe di accettabilità C.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Sughera sono state appositamente eseguite n. 5 misure di sismica passiva con metodo HVSR (P20, P21, P22, P23 e P24) nell'ambito dello studio in oggetto.

Ad eccezione della prova P20, che ha mostrato un'ampiezza pari a 3,32 ($f_0 = 2,05$ Hz), le altre prove hanno mostrato ampiezze comprese tra 2,01 e 2,42 con picchi a frequenze comprese tra 1,06 e 3,21 Hz.

In corrispondenza della prova P20 è stata anche eseguita un'indagine Masw associata ad un'indagine Esac, che hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 9,0 m con V_s comprese tra 310,0 e 340,0 m/s ca., di un secondo sismostrato dello spessore di ca. 3,5 m con $V_s = 380,0$ m/s ca., di un terzo sismostrato dello spessore di ca. 4,0 m con $V_s = 460,0$ m/s ca., di un quarto sismostrato dello spessore di ca. 4,0 m ca. con $V_s = 560,0$ m/s, di un quinto sismostrato dello spessore di ca. 5,5 m con $V_s = 630,0$ m/s ca. e di un sesto ed ultimo sismostrato dello spessore investigato di ca. 25,0 m con $V_s = 650,0$ m/s ca.

Dalle indagini è stato possibile ricavare un valore di $V_{s,Eq} = 440,0$ m/s.

In corrispondenza della prova P23 è stata anche eseguita un'indagine Masw associata ad un'indagine Esac, che hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 4,0 m con $V_s = 290,0$ m/s ca., di un secondo sismostrato dello spessore di ca. 2,5 m con $V_s = 320,0$ m/s ca., di un terzo sismostrato dello spessore di ca. 3,0 m con $V_s = 380,0$ m/s ca., di un quarto sismostrato dello spessore di 7,0 m ca. con V_s comprese tra 410,0 e 430,0 m/s, di un quinto sismostrato dello spessore di ca. 4,0 m con $V_s = 460,0$ m/s ca., di un sesto sismostrato dello spessore di ca. 4,5 m con $V_s = 530,0$ m/s ca., di un settimo sismostrato dello spessore di ca. 15,0 m con $V_s = 600,0$ m/s ca. e di un ottavo ed ultimo sismostrato dello spessore investigato di ca. 10,0 m con $V_s = 660,0$ m/s ca.

Dalle indagini è stato possibile ricavare un valore di $V_{s,Eq} = 420,0$ m/s.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 14 (2014)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso.

Sulla scorta delle risultanze di alcune indagini sismiche eseguite (P23 e P24) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nei rilievi collinari attorno all'abitato di Sughera.

- **zona 15 (2015)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 10,0 e 50,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso

Sulla scorta delle risultanze di alcune indagini sismiche eseguite (P20, P21 e P22) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

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

La zona viene individuata in corrispondenza dell'abitato di Sughera.

Zone di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1...n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.1) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

ALBERI

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04, G.05, G.06 e G.07 in scala 1:5.000 e G.08 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Alberi è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentata dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), costituite da sabbie limose con intercalati livelli di limo da debolmente sabbioso ad argilloso e rare lenti di ghiaia, con talvolta livelli da debolmente cementati a cementati (areniti) e, limitatamente, dalle Argille Azzurre (FAA) costituite da argille e argille siltose, talora marnose, grigio-azzurre e grigio scure.

Su questi poggiano spessori metrici di depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati o non (bna, bnb).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da corpi di frana quiescenti e da areali con fenomeni di soliflusso generalizzato e di erosione superficiale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenziano blandi pendenze comprese tra 0% e 25%.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o progressse

Per la frazione di Alberi sono stati ricercati 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 corrispondenza dell'abitato di Alberi sono inoltre state effettuate 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 una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine di sismica a rifrazione in onde P e Sh, n. 2 indagini sismiche di tipo Masw, n. 2 prove di array sismico con metodo Esac e n. 6 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

Modello geologico del sottosuolo

I terreni su cui sorge l'abitato di Alberi risultano costituiti da depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati (bna) poggianti su terreni appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs).

Nell'estrema porzione nord-orientale dell'area di indagine, presso la località Il Colombaino affiorano i termini riferibili alle Argille Azzurre (FAA).

Infine in alcuni limitati areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine/barre/canali) i terreni appartenenti ai depositi alluvionali attuali (b) e quelli recenti terrazzati o non (bna, bnb), all'unità geologico-tecnica SMtm (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico costiero - terrazzo marino) i terreni appartenenti alla formazione delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs) e all'unità geologico-tecnica CLsp-pl-tm (Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico costiero - spiaggia-palude/laguna/stagno/lago costiero-terrazzo marino) i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi quiescenti.

Inoltre vengono presentate, qualora presenti, le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 6 misure HVSR classificate in classe A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 41,1 che la colloca in classe di accettabilità C.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Alberi sono state appositamente eseguite n. 6 misure di sismica passiva con metodo HVSR (P25, P26, P27, P28, P29 e P30) nell'ambito dello studio in oggetto.

La totalità delle registrazioni hanno mostrato bassi contrasti di impedenza (A0 comprese tra 2,0 e 2,52) con frequenze comprese tra 2,79 e 3,93 Hz.

In corrispondenza della prova P27, presso la località Ripanuova, è stata anche eseguita la stesa di sismica a rifrazione L3, associata a prova Masw, congiunte ad un'indagine Esac (P135).

L'indagine di sismica a rifrazione ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 15,0 m con V_s comprese tra 290,0 e 362,0 m/s, poggiante su un secondo sismostrato con V_s comprese tra 660,0 e 715,0 m/s.

L'indagini Masw e Esac hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 9,0 m con V_s comprese tra 240,0 e 270,0 m/s ca., di un secondo sismostrato dello spessore di ca. 3,5 m con $V_s = 350,0$ m/s ca., di un terzo sismostrato dello spessore di ca. 8,0 m con $V_s = 410,0$ m/s ca., di un quarto sismostrato dello spessore di 4,5 m ca. con $V_s = 480,0$ m/s, di un quinto sismostrato dello spessore di ca. 15,0 m con $V_s = 600,0$ m/s ca. e di un sesto ed ultimo sismostrato, investigato per ca. 10,0 m con $V_s = 750,0$ m/s ca..

Dalle indagini è stato possibile ricavare un valore di $V_{s,Eq} = 370,0$ m/s.

In corrispondenza della prova P29, presso l'abitato di Alberi, è stata anche eseguita una indagine Masw (L15) associata ad un'indagine Esac (P136).

L'indagini Masw e Esac hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 4,0 m con V_s comprese tra 250,0 e 270,0 m/s ca., di un secondo sismostrato dello spessore di ca. 5,0 m con V_s comprese tra 330,0 e 350,0 m/s ca., di un terzo sismostrato dello spessore di ca. 2,5 m con $V_s = 390,0$ m/s ca., di un quarto sismostrato dello spessore di 3,5 m ca. con $V_s = 470,0$ m/s, di un quinto sismostrato dello spessore di ca. 9,0 m con V_s comprese tra 520,0 e 540,0 m/s ca., di un sesto sismostrato dello spessore di ca. 15,0 m con $V_s = 510,0$ m/s ca. e di un settimo ed ultimo sismostrato dello spessore investigato di ca. 10,0 m con $V_s = 540,0$ m/s ca.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 14 (2014)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso

Sulla scorta delle risultanze di alcune indagini sismiche eseguite (P26, P28 e P30) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

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

La zona viene individuata nei rilievi collinari attorno all'abitato di Alberi.

- **zona 15 (2015)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 10,0 e 50,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non 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 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata in un settore limitato in corrispondenza della località Il Colombaino.

- **zona 19 (2019)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture alluvionali sabbioso limose, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, poggianti su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso
Sulla scorta delle risultanze di alcune indagini sismiche eseguite (P25, P27 e P29) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

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

La zona è rappresentata nei settori di fondovalle dove sorge l'abitato di Alberi.

Zone di attenzione per instabilità

Le zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n) sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.1) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

COLLERUCCI - MURA

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04, G.05, G.06 e G.07 in scala 1:5.000 e G.08 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorgono gli abitati di Colerucci e Mura è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentata dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), costituite da sabbie limose con intercalati livelli di limo da debolmente sabbioso ad argilloso e rare lenti di ghiaia, con talvolta livelli da debolmente cementati a cementati (areniti) e, dalle Argille Azzurre (FAA) costituite da argille e argille siltose, talora marnose, grigio-azzurre e grigio scure. Su questi poggiano, talora, spessori metrici di depositi alluvionali non terrazzati (bnb).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da corpi di frana quiescenti e da areali con fenomeni di soliflusso generalizzato e di erosione superficiale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenziano blandi pendenze comprese tra 0% e 25%.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per le frazioni di Colerucci e Mura sono stati ricercati 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 corrispondenza degli abitati di Colerucci e Mura sono inoltre state effettuate 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 una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 2 indagini di sismica di tipo Masw, n. 2 indagini di array sismico con il metodo Esac e n. 7 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

Modello geologico del sottosuolo

I terreni su cui sorgono gli abitati di Colerucci e Mura risultano costituiti dai depositi appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs) e dalle Argille Azzurre (FAA).

Su questi in una porzione limitata al margine nord-orientale dell'area di indagine, presso la località I Piaggioni si rinvennero spessori metrici di depositi alluvionali recenti non terrazzati (bnb).

Infine in alcuni limitati areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine/barre/canali) i terreni appartenenti ai depositi alluvionali recenti non terrazzati (bnb), all'unità geologico-tecnica SMtm (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico costiero - terrazzo marino) i terreni appartenenti alla formazione delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs) e all'unità geologico-tecnica CLsp-pl-tm (Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico costiero - spiaggia-palude/laguna/stagno/lago costiero-terrazzo marino) i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi quiescenti.

Inoltre vengono presentate, qualora presenti, le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 7 misure HVSR classificate in classe A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 45,3 che la colloca in classe di accettabilità C.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza degli abitati di Collerucci e Mura sono state appositamente eseguite n. 7 misure di sismica passiva con metodo HVSR (P13, P14, P15, P16, P17, P18 e P19) nell'ambito dello studio in oggetto.

Le registrazioni eseguite presso l'abitato di Collerucci (P13 e P14) hanno mostrato picchi con valori di f_0 compresi tra 3,08 e 3,47 Hz e ampiezze comprese tra 2,11 e 2,51; mentre le prove eseguite presso l'abitato di Mura (P15, P16, P17, P18 e P19) hanno mostrato tutte, ad eccezione della prova P18 ($f_0 = 8,04$ e $A_0 = 2,52$) dei picchi a frequenze comprese tra 1,89 e 2,75 Hz e ampiezze comprese tra 2,05 e 2,21.

Nell'ambito degli studi di livello 2 presso l'abitato di Collerucci è stata eseguita un'indagine Masw (L14) associata ad un'indagine Esac (P138).

Le indagini hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 9,0 m con V_s comprese tra 280,0 e 310,0 m/s, di un secondo sismostrato dello spessore di ca. 16,0 m con V_s comprese tra 390,0 e 420,0 m/s, di un terzo sismostrato dello spessore di ca. 15,0 m con $V_s = 430,0$ m/s ca., e di un quinto sismostrato, investigato per ca. 10,0 m con $V_s = 480,0$ m/s ca..

Da queste è stato possibile ricavare un valore di $V_s, Eq = 370,0$ m/s.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 14 (2014)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso

Sulla scorta delle risultanze di alcune indagini sismiche eseguite (P16, P17, P18 e P19) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 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.

La zona viene individuata in gran parte della porzione meridionale dell'area in esame, laddove sorge l'abitato di Mura.

- **zona 15 (2015)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 10,0 e 50,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso

Sulla scorta delle risultanze di alcune indagini sismiche eseguite (P13, P14 e P15) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata in gran parte della porzione settentrionale dell'area in esame, laddove sorge l'abitato di Collerucci.

- **zona 19 (2019)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture alluvionali sabbioso limose, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, poggianti su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso. Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

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

La zona si riconosce in una limitata porzione di territorio, al margine nord-orientale dell'area di indagine, presso la località I Piaggioni.

Zone di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1...n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.1) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

CASTELFALFI

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04, G.05, G.06 e G.07 in scala 1:5.000 e G.08 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorgono gli abitati di Castelfalfi è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentata dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), costituite da sabbie limose con intercalati livelli di limo da debolmente sabbioso ad argilloso e rare lenti di ghiaia, con talvolta livelli da debolmente cementati a cementati (areniti) e, limitatamente, dalle Argille Azzurre (FAA) costituite da argille e argille siltose, talora marnose, grigio-azzurre e grigio scure.

Su questi poggiano, talora, spessori metrici di depositi alluvionali terrazzati (bna).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da corpi di frana attive e quiescenti e da areali con fenomeni di soliflusso generalizzato e di erosione superficiale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività dei versanti con pendenze generalmente da medio-elevata (pendenze comprese tra 15% e 25%). In corrispondenza dell'abitato di Castelfalfi e delle zone urbanizzate limitrofe si hanno pendenze a minore acclività (generalmente comprese tra 5% e 15%).

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per la frazione di Castelfalfi 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. 4 strumentati con tubo piezometrico e n. 2 strumentati con canna inclinometrica, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 5 prove penetrometriche di cui n. 2 prove penetrometriche statiche e n. 3 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 1 indagine sismica di tipo down-hole;
- n. 3 indagini di sismica tipo MASW;
- n. 4 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

In corrispondenza dell'abitato di Castelfalfi 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 una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine di sismica di tipo Masw, n. 1 array sismico con metodo Esac e a rifrazione con onde P e Sh e n. 4 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

Modello geologico del sottosuolo

I terreni su cui sorge l'abitato di Castelfalfi risultano costituiti dai depositi appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs). Limitatamente ad una porzione del versante a sud dell'abitato di Castelfalfi affiorano litologie riferibili alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Su questi in una porzione limitata a sud del nucleo storico di Castelfalfi si rinvencono spessori metrici di depositi alluvionali recenti terrazzati (bna).

Infine in alcuni limitati areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine/barre/canali) i terreni appartenenti ai depositi alluvionali recenti terrazzati (bna), all'unità geologico-tecnica SMtm (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico costiero - terrazzo marino) i terreni appartenenti alla formazione delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs) e all'unità geologico-tecnica CLsp-pl-tm (Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico costiero - spiaggia-palude/laguna/stagno/lago costiero-terrazzo marino) i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi o quiescenti.

Inoltre vengono presentate, qualora presenti, le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 8 misure HVSR di cui n.6 classificate in classe A1 e n. 2 classificate in A2, 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 Castelfalfi sono state appositamente eseguite n. 4 misure di sismica passiva con metodo HVSR (P9, P10, P11 e P12) nell'ambito dello studio in oggetto.

Le registrazioni P11 e P12 non hanno registrato la presenza di nessun picco significativo, mentre le indagini P9 e P10 hanno mostrato contrasti di impedenza con f_0 rispettivamente a 5,18 Hz e 1,23 Hz con ampiezze rispettivamente di 2,12 e 2,76.

Altre registrazioni ricavate (P207, P208, P219 e P220) hanno mostrato prevalentemente picchi a frequenze comprese tra 1,0 e 1,5 Hz e ampiezze comprese tra 2,0 e 2,2.

Nell'ambito degli studi di livello 2 è stata eseguita un'indagine Masw (L18) associata ad un'indagine Esac (P132).

Le indagini hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 4,0 m con V_s comprese tra 200,0 e 250,0 m/s, di un secondo sismostrato dello spessore di ca. 2,5 m con $V_s = 305,0$ m/s ca., di un terzo sismostrato dello spessore di ca. 3,0 m con $V_s = 380,0$ m/s ca., e di un quinto sismostrato, investigato per ca. 41,0 m con V_s comprese tra 420,0 e 470,0 m/s ca..

Da queste è stato possibile ricavare un valore di $V_{s,Eq} = 380,0$ m/s.

Le prove Masw L24 e L25 hanno mostrato rispettivamente la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 3,6 m con $V_s = 153,0$ m/s, di un secondo sismostrato dello spessore di 2,0 m con $V_s = 202,0$ m/s ca., di un terzo sismostrato dello spessore di 5,5 m con $V_s = 247,0$ m/s ca., e di un quarto sismostrato, investigato per 19,0 m con $V_s = 478,0$ m/s e la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 2,1 m con $V_s = 179,0$ m/s, di un secondo sismostrato dello spessore di 2,2 m con $V_s = 285,0$ m/s ca., di un terzo sismostrato dello spessore di 3,8 m con $V_s = 356,0$ m/s ca., di un quarto sismostrato dello spessore di 6,4 m con $V_s = 351,0$ m/s e di un quinto e ultimo sismostrato, investigato per 15,0 m, con $V_s = 497,0$ m/s.

Un'indagine di sismica a rifrazione in foro di tipo down-hole (P203) ha mostrato una successione sismostratigrafica con un primo sismostrato dello spessore di ca. 13,0 m con $V_s = 336,0$ m/s, un secondo sismostrato dello spessore di ca. 10,0 m con $V_s = 382,0$ m/s e un terzo sismostrato dello spessore investigato di ca. 13,0 m con $V_s = 655,0$ m/s.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 14 (2014)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso

Sulla scorta delle risultanze di alcune indagini sismiche eseguite (P9, P10, P11 e P12) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,4 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.

La zona rappresenta la quasi totalità dell'area di indagine.

- **zona 15 (2015)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 10,0 e 50,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non 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, 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.

La zona viene individuata in un limitato areale nella porzione a sud del nucleo storico di Castelfalfi.

- **zona 19 (2019)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture alluvionali sabbioso limose, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, poggianti su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, c.i. basso.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

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

La zona viene individuata in un limitato areale nella porzione a sud del nucleo storico di Castelfalfi.

Zone di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1...n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.1) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

SAN VIVALDO

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04, G.05, G.06 e G.07 in scala 1:5.000 e G.08 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di San Vivaldo è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), costituite da sabbie limose con intercalati livelli di limo da debolmente sabbioso ad argilloso e rare lenti di ghiaia, con talvolta livelli da debolmente cementati a cementati (areniti).

Queste poggiano sulla Formazione di Montaione (MIO) appartenente all'Unità Tettonica Ofiolitifera di Montaione del Dominio Ligure.

La Formazione di Montaione (MIO) costituita da arenarie calcarifere gradate, marne grigie compatte e argilliti nerastre con intercalazioni di arenarie e brecce poligeniche ofiolitico – calcaree.

Talora le Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs) sono sormontate da spessore metrici di depositi alluvionali recenti terrazzati (bna).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è da attiva a quiescente. Sono presenti, inoltre, areali con fenomeni di soliflusso generalizzato e di erosione superficiale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una prevalente acclività con pendenze comprese tra 15% e 25% con settori, in corrispondenza dell'abitato, con minor acclività (pendenze inferiori al 15%).

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o progressse

Per l'abitato di San Vivaldo sono stati ricercati 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 corrispondenza dell'abitato di San Vivaldo sono inoltre state effettuate 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 indagine di sismica tipo MASW, n. 1 array sismico con metodo Esac e n. 5 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico lapideo dell'areale di studio di San Vivaldo risulta costituito da terreni riconducibile alla Formazione di Montaione (MIO) appartenente all'Unità Tettonica Ofiolitifera di Montaione del Dominio Ligure. I termini appartenenti alla Formazione di Montaione (MIO) affiorano poco a nord del Convento di San Vivaldo e a nord della località Lo Scopaio.

Sovrastanti i terreni appartenenti alle formazioni del Dominio Ligure si hanno, con spessori variabili, i terreni appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), che costituiscono le litologie prevalenti, in affioramento, dell'areale di studio.

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana e a depositi alluvionali recenti terrazzati (bna).

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi appartenenti ai depositi alluvionali recenti terrazzati (bna). a composizione prevalentemente sabbiosa, all'unità geologico-tecnica SMtm (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico costiero - terrazzo marino) i terreni appartenenti alla formazione delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs).

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Montaione (MIO) e alle Calcareniti di San Mariano (CMA-PLIc) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

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

Inoltre vengono presentate, laddove presenti, le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 5 misure HVSR classificate in classe A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 41,1 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di San Vivaldo sono state eseguite n. 4 misure di sismica passiva con metodo HVSR (P4, P5, P6, P7 e P8) nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di livello 2. Ad eccezione della registrazione P5 ($A_0 = 2,04$) le altre misure di rumore hanno mostrato alti contrasti di impedenza sismica (Ampiezze comprese tra 4,47 e 5,71) con frequenze comprese tra 1,97 Hz e 5,69 Hz.

In prossimità della prova P4 è stata anche eseguita la stesa di sismica a rifrazione (L1), associata a prova Masw, congiunte ad un'indagine Esac (P131).

L'indagine di sismica a rifrazione ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore compreso tra 10,0 e 15,0 m con V_s comprese tra 291,0 e 343,0 m/s, poggiante su un secondo sismostrato con V_s comprese tra 11283,0 e 1429,0 m/s.

L'indagini Masw e Esac hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 4,0 m con $V_s = 240,0$ m/s ca., di un secondo sismostrato dello spessore di ca. 6,0 m con $V_s = 290,0$ m/s ca., di un terzo sismostrato dello spessore di ca. 9,0 m con $V_s = 380,0$ m/s ca. e di un quarto ed ultimo sismostrato dello spessore investigato di ca. 30,0 m con $V_s = 1080,0$ m/s ca..

Dalle indagini Masw è stato possibile ricavare un valore di $V_{s,Eq} = 315,0$ m/s.

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

Zone stabili

- **STAB**: 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.. In particolare nell'area in esame si ha la presenza di litologie e di una successione stratigrafica riferibili a un Substrato lapideo stratificato.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,0 per entrambi gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s).

La zona viene individuata in un isolato settore a nord della località Lo Scopaio.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 1 (2001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato, con copertura di origine alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$, c.i. basso

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

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

La zona viene individuata in alcuni isolati settori a nord del Convento di San Vivaldo e della località Lo Scopajo.

- **zona 21 (2021)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto.

Sulla scorta delle risultanze di alcune indagini sismiche eseguite (P4, P6 e P7) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 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.

La zona viene rappresentata gran parte dell'areale di indagine e in particolare il settore su cui sorge l'abitato di San Vivaldo, compreso l'area del Convento.

- **zona 22 (2022)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture alluvionali sabbioso limose, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

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

La zona si riconosce in alcuni limitati settori nella porzione meridionale dell'area di indagine.

Zone di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.1) 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 di età pliocenica prevalentemente sabbioso limosi (SM) e il substrato lapideo stratificato (LPS) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un areale ("buffer") di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

IANO

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04, G.05, G.06 e G.07 in scala 1:5.000 e G.08 in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Iano è caratterizzata dalla presenza, come substrato litoide, dalla formazione del Calcere Cavernoso appartenente all'Unità della Falda Toscana del Dominio Toscano.

Questa è costituita da dolomie e calcari dolomitici scuri, brecciatati, a struttura talora massiccia o laminata e da gessi e anidriti.

Su questi poggiano i terreni riconducibili alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati dalle Argille Azzurre (FAA) costituite da argille e argille siltose, talora marnose, grigio-azzurre e grigio scure.

A loro volta le Argille Azzurre sono, talora, sormontate da travertini (f1) olocenici costituiti da banchi di spessore in genere esiguo con “filoni” di alabastrite.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da areali con fenomeni di soliflusso generalizzato e di erosione superficiale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una prevalente acclività con pendenze comprese tra 15% e 25% con settori, in corrispondenza dell'abitato, con minor acclività (pendenze inferiori al 15%), e settori, in corrispondenza dei rilievi ad est dell'abitato di Iano con maggiori acclività (pendenze superiori al 25%).

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o progressse

Per l'abitato di Iano 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. 3 stratigrafie risultanti da terebrazioni di pozzi profondi.

In corrispondenza dell'abitato di Iano 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. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 1 indagine di sismica tipo MASW, n. 1 array sismico con metodo Esac e n. 3 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico lapideo dell'areale di studio di San Vivaldo risulta costituito da terreni riconducibile alla formazione del Calcere Cavernoso (CCA) appartenente all'Unità della Falda Toscana del Dominio Toscano.

I termini appartenenti al Calcere Cavernoso (CCA) affiorano in corrispondenza dei rilievi presenti ad est dell'abitato di Iano.

Sovrastanti i terreni appartenenti alle formazioni del Dominio Toscano si hanno, con spessori variabili, i terreni appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati dalla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Su queste, in corrispondenza dell'abitato di Iano si rinvengono i travertini (f1).

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica CLsp-pl-tm (Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico costiero - spiaggia-palude/laguna/stagno/lago costiero-terrazzo marino) i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

I terreni di natura litoide appartenenti al Calcere Cavernoso (CCA)) sono stati inseriti nell'unità geologico-tecnica LP (Lapideo), mentre quelli appartenenti ai travertini (f1) sono stati inseriti nell'unità geologico-tecnica SFLP (substrato lapideo, fratturato / alterato).

Inoltre vengono presentate, laddove presenti, le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 3 misure HVSR classificate in classe A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 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 Iano sono state eseguite n. 3 misure di sismica passiva con metodo HVSR (P1, P2 e P3) nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di livello 2. Le registrazioni P2 e P3 hanno messo in luce una frequenza del picco principale di poco oltre i 2,0 Hz e ampiezze comprese tra 2,07 e 2,86, mentre la prova P1 ha mostrato la presenza di un picco a 2,53 Hz con ampiezza pari a 3,63. Le prove hanno mostrato, pertanto, contrasti di impedenza a profondità maggiori di 30,0 m.

In prossimità della prova P1 è stata anche eseguita la stesa di sismica a rifrazione L2, associata a prova Masw, congiunte ad un'indagine Esac (P130).

L'indagine di sismica a rifrazione ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore compreso tra 10,0 e 15,0 m con Vs comprese tra 174,0 e 208,0 m/s, poggiante su un secondo sismostrato dello spessore di compreso tra ca. 25,0 e 30,0 m con Vs comprese tra 363,0 e 396,0 m/s e di un terzo sismostrato con Vs comprese tra 1108,0 e 1130,0 m/s..

L'indagini Masw e Esac hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 9,0 m con Vs comprese tra 150,0 e 200,0 m/s ca., di un secondo sismostrato dello spessore di ca. 7,0 m con Vs comprese tra 200,0 e 250,0 m/s ca., di un terzo sismostrato dello spessore di ca. 9,0 m con Vs comprese tra 280,0 e 300,0 m/s ca. e di un quarto sismostrato dello spessore di 15,0 m con Vs = 270,0 m/s ca. e di un quinto ed ultimo sismostrato, investigato per ca. 10,0 m con Vs = 1130,0 m/s ca..

Dalle indagini Masw è stato possibile ricavare un valore di Vs,Eq = 240,0 m/s.

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

Zone stabili

- **STAB:** 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.. In particolare nell'area in esame si ha la presenza di litologie e di una successione stratigrafica riferibili a un Substrato lapideo.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,0 per entrambi gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s).

La zona viene individuata lungo il rilievo posto ad est dell'abitato di Iano.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 2 (2002):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo, copertura di origine alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$, c.i. basso.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

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

La zona viene individuata lungo i rilievi ad est dell'abitato di Iano.

- **zona 16 (2016)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso.

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P3) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,8 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.

La zona si riconosce in una fascia ad andamento circa nord-sud nel settore di raccordo tra i versanti a maggior acclività e i rilievi collinari a più blanda pendenza ad est dell'abitato di Iano.

- **zona 17 (2017)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso.

Sulla scorta dell'indagine di sismica passiva a stazione singola eseguita (P1) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 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.

La zona si riconosce in alcuni settori dell'area di indagine laddove sono in affioramento le litologie appartenenti alle Argille Azzurre (FAA).

- **zona 18 (2018)**: questa zona comprende le aree nelle quali è presente un substrato lapideo fratturato / alterato, dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, su coperture plioceniche di natura argilloso limosa, dello spessore compreso tra 30,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo, c.i. basso.

Sulla scorta dell'indagine di sismica passiva a stazione singola eseguita (P2) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 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.

La zona si riconosce in corrispondenza dell'abitato di Iano.

Zone di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1...n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.1) 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 detritica (alluvionale, eluvio-colluviale e di frana) e il substrato lapideo (LP) e tra questo e i depositi di copertura di età pliocenica prevalentemente argilloso limosi (CL) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un areale ("buffer") di circa 20 m di

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

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

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 Montaione 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 Montaione.

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 4.1.
- Comune di Montaione (2013) – Secondo Regolamento Urbanistico, Indagini Geologiche.
- 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. G.01 Carta delle indagini – Montaione – Colerucci-Mura – Alberi – Sughera – Castelfalfi – Iano – San Vivaldo (scala 1:5.000)
- Tav. G.02 Carta geologico tecnica per la Microzonazione Sismica – Montaione – Colerucci-Mura – Alberi – Sughera – Castelfalfi – Iano – San Vivaldo (scala 1:5.000)
- Tav. G.03 Carta delle frequenze – Montaione – Colerucci-Mura – Alberi – Sughera – Castelfalfi – Iano – San Vivaldo (scala 1:5.000)
- Tav. G.04 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Montaione – Colerucci-Mura – Alberi – Sughera – Castelfalfi – Iano – San Vivaldo (scala 1:5.000)
- Tav. G.05 Carta di Microzonazione Sismica FA01-05 - Montaione – Colerucci-Mura – Alberi – Sughera – Castelfalfi – Iano – San Vivaldo (scala 1:5.000)
- Tav. G.06 Carta di Microzonazione Sismica FA04-08 - Montaione – Colerucci-Mura – Alberi – Sughera – Castelfalfi – Iano – San Vivaldo (scala 1:5.000)
- Tav. G.07 Carta di Microzonazione Sismica FA07-11 - Montaione – Colerucci-Mura – Alberi – Sughera – Castelfalfi – Iano – San Vivaldo (scala 1:5.000)
- Tav. G.08 Sezioni geologico-tecniche con indicazione zone MOPS (scala 1:2.000)
- Indagini sismiche in sito propedeutica agli studi di Microzonazione Sismica contenuti nel Regolamento Urbanistico Comunale realizzate dallo Studio di Geologia e Geofisica s.r.l.
- Indagini geofisiche integrate di caratterizzazione sismica propedeutiche alla redazione di cartografie di microzonazione sismica di livello 2 – eseguite dal Dott. Pieroni e dal Dott. Puccetti

Firenze li 07.07.2020

Prof. Geol. Eros Aiello

Dott. Geol. Gabriele Grandini