

Regione Toscana - Giunta Regionale

Direzione Mobilità, infrastrutture e trasporto pubblico locale

Settore Viabilità regionale ambiti Arezzo, Siena e Grosseto. Programmazione risanamento acustico

Direttore: Ing. Enrico Becattini

Dirigente: Ing. Sandra Grani

Provincia di Grosseto Comune di Civitella Paganico

SR 64 del Cipressino

Intervento 1 - Stralcio 4 - Intervento di adeguamento in sede del ponte sul Lanzo e sistemazione idraulica del torrente in adiacenza al ponte

RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO

Ing. Sandra Grani

SUPPORTO AMMINISTRATIVO AL RUP:

Dott.ssa Daniela Germani

Dott. Luca Arrigucci

PROGETTAZIONE STRUTTURALE:

Dott. Ing. Domenico Mazzilli

Dott. Ing. Luca Stocchi

ASPETTI GEOLOGICI e GEOTECNICI:

Geol. Riccardo Martelli

PROGETTAZIONE IDRAULICA:

Ing. Giacomo Gazzini (Hydrogeo Ingegneria s.r.l.)

ASPETTI PAESAGGISTICI:

Ing. Giacomo Gazzini (Hydrogeo Ingegneria s.r.l.)

C.S.P.:

Ing. Giacomo Gazzini (Hydrogeo Ingegneria s.r.l.)

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Domenico Mazzilli

CONSULENTI:

Dott. Ing. Luca Stocchi

e



Via Aretina 167/B - 50136 Firenze
Tel 055 6587050 - P.IVA 05142000487
e-mail: info@studiohydrogeo.it - pec: info@pec.hydrogeoingegneria.com

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

PFTE_C_ELABORATI SPECIALISTICI-STRUTTURE

V001

C- ELABORATI SPECIALISTICI - GEOLOGIA - STRUTTURE

RELAZIONE SISMICA

TAVOLA

C.02

SCALA

FORMATO

DATA Giugno 2025

1.0	Verifica ponte Lanzo_RS_A15	Geol. Francesco Facchini	Geol. Riccardo Martelli	Geol. Riccardo Martelli	Maggio 2025
REVISIONE	NOME FILE	PRIMA REDAZIONE	SECONDA REDAZIONE	APPROVATO	DATA

PROGETTO: VERIFICA DI VUNERABILITA' SISMICA 4 LIVELLO DEL
PONTE SU TORRENTE LANZO, SP 59 DEL CIPRESSINO,
CIVITELLA PAGANICO (GR)

RICHIEDENTE: PROVINCIA DI GROSSETO

PROGETTISTA: DOTT. ING. LUCA STOCCHI

OGGETTO: RELAZIONE SISMICA

ai sensi del D.M. 17.01.2018 e Circ. Min. LL.PP. 7/2019, L.R. 65/2014, D.G.R. n. 431/2006,
DPGR 1/R/2022



Via Aretina, 362 – Loc. Ellera, FIESOLE (FI)
Tel.: +39 55 6594919
Fax: +39 55 6594919
Por. +39 335 6323692
E-mail: martelli@studiogeologico.it
P.e.c.: riccardo.martelli@pec.epap.it
Web: www.studiogeologico.it

P. Iva: 04771480482
Ordine dei Geologi della Toscana n. 913
Albo CTU Tribunale di Firenze n. 8851
Albo Periti Tribunale di Firenze n. 354

INDICE

1	INTRODUZIONE	2
2	NORMA DI RIFERIMENTO.....	3
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
4	CARATTERISTICHE DI SISMICITÀ DELL'AREA	6
4.1	Elementi per la valutazione del rischio sismico	6
4.1.1	Sismicità storica ed effetti macrosismici documentati (dal 1000 al 2024) ...	6
4.1.2	Sismicità recente (dal 1985 a maggio 2025)	7
4.2	Faglie capaci	9
4.3	Strutture sismogenetiche.....	10
5	CLASSIFICAZIONE SISMICA TERRITORIALE (INGV)	12
6	CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO	16
7	AZIONE SISMICA.....	18
7.1	Categoria di sottosuolo (NTC 2018)	18
7.2	Categoria topografica (NTC 2018).....	18
7.3	Valutazione dell'azione sismica	18
8	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	21

1 INTRODUZIONE

La presente relazione sismica viene prodotta come elaborato del progetto di adeguamento sismico del Ponte Lanzo posto sulla SP64 Cipressino nel Comune di Civitella Paganico, secondo il progetto del Dott. Ing. Luca Stocchi.

Tale relazione viene presentata ad espletamento della normativa attualmente vigente per quanto riguarda la redazione di documentazione tecnico – scientifica di supporto alla progettazione di interventi di prevenzione e riduzione del rischio sismico delle infrastrutture pubbliche (D.M. 17.01.2018 e sua Circolare Ministeriale Applicativa n.7/2019) e della normativa Regionale e comunale vigente per la stessa materia (L.R. 65/2014, L.R. 58/2009, N.T.A. Comune di Civitella Paganico), nonché ai sensi della normativa regionale vigente per il rischio idraulico e geomorfologico e per la normativa PAI.

I dati trascritti e valutati in questa relazione sono stati ricavati da apposite indagini geologiche condotte in situ ai sensi del DPGR 1/R/2022 e NTC 2018.

Sono stati così realizzati da Regione Toscana, ai fini della caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica, n. 1 sondaggio geognostico con prove SPT e prelievo di campioni indisturbati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico ed una indagine sismica a rifrazione in onde P ed SH; in precedenza, nell’ambito delle indagini di supporto alla preparazione delle schede di primo livello sono state eseguite n. 1 prova Masw e n. 1 prova HVSR. Questi dati sono stati ulteriormente integrati con la consultazione dello studio geologico di supporto al P.S. comunale e geologica regionale e con la bibliografia tecnico – scientifica disponibile per il sito in esame.

2 NORMA DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato realizzato nel rispetto e in ottemperanza alla normativa vigente, ed elencata di seguito:

- Legge 464/84. Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico (Dipartimento Difesa del Suolo dell'APAT) della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale.
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2018). NTC 2018: Norme Tecniche delle Costruzioni
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2019). Circolare n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2003). Ordinanza OPCM 3274/2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2006). Ordinanza OPCM 3519/2006: Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- Presidenza della Repubblica (2001). DPR 380/2001: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- Normativa dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale – Bacino del Fiume Arno: il DPCM 6.05.2005 di approvazione del Piano stralcio Assetto Idrogeologico (PAI); il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, adottato con Delibera 231 del 17/12/2015 del Comitato Istituzionale;
- Legge Regione Toscana n. 41/18 - Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 e simili;
- Legge Regione Toscana n. 58/09;
- Legge Regione Toscana n. 65/14;
- Regolamento regionale DPGR 1/R/22 e relative direttive tecniche;
- Piano Strutturale Comune di Civitella Paganico;
- Regolamento Urbanistico Comune di Civitella Paganico;

- Del. GRT n. 421 del 26/05/2014: classificazione sismica dei Comuni della Regione Toscana.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito in esame è localizzato sulla SP64 “Cipressino” tra il Km 3+049 e 3+107, circa 2Km a NE dall’abitato cittadino di Civitella Paganico, alla quota altimetrica di 74.4 m s.l.m..

Il sito si trova in un settore semi pianeggiante, le variazioni di pendenza più significative sono da ricondurre agli argini naturali del Torrente Lanzo, che scorre al di sotto del ponte oggetto di studio.

L’area è individuata nella carta tecnica CTR in scala 1:10000 della Regione Toscana e ricade all’interno della sezione 319080.



Figura 3-1: Inquadramento geografico dell’area (CTR Regione Toscana 1:10.000 – Foglio 319080)



Figura 3-2 - Inquadramento geografico dell'area di intervento (da Google Maps).

Secondo il R.D. n. 3267/1923 l'area non ricade in zone sottoposte a vincolo idrogeologico.

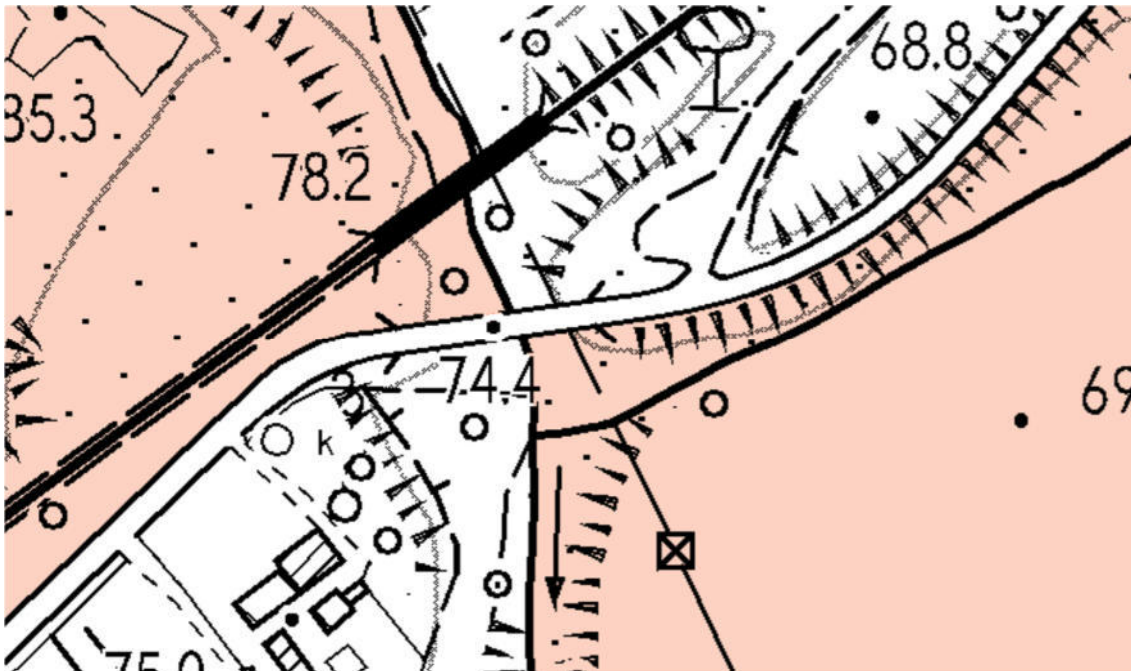


Figura 3-3 – Vincolo idrogeologico

4 CARATTERISTICHE DI SISMICITÀ DELL'AREA

4.1 Elementi per la valutazione del rischio sismico

4.1.1 Sismicità storica ed effetti macrosismici documentati (dal 1000 al 2024)

Con riferimento all'analisi della sismica storica del territorio interessato, vengono esaminati i dati riportati nel DBMI15 (INGV, 2022). La versione 4.0 del Database Macrosismico Italiano DBMI15 è stata rilasciata a gennaio 2022 e aggiorna e sostituisce la precedente versione 3.0 (Locati et al. 2021) che venne pubblicata a gennaio 2021. Le variazioni tra la versione 3.0 e la 4.0 consiste nell'allungamento della copertura temporale dalla fine del 2019 alla fine del 2020. Il database DBMI v4.0 fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2020. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

In particolare, sono stati estratti i dati disponibili per il Comune di Civitella Paganico, dove è localizzata l'area di studio.

Nella tabella seguente viene riportato l'elenco dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 3, i valori relativi alla intensità al sito, il tempo all'origine (anno, mese, giorno, ora UTC), l'area epicentrale, il numero progressivo, l'intensità epicentrale e la magnitudo momento.

CIVITELLA PAGANICO	
PlaceID	IT_48124
Coordinates (lat, lon)	42.993, 11.281
Municipality (ISTAT 2015)	Civitella Paganico
Province	Grosseto
Region	Toscana
No. of reported earthquakes	4

Effetti	In occasione del terremoto del							
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP Io Mw
5	1904	09	07	11	30		Valle dell'Ombrone	27 5 4.31
4-5	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259 7-8 5.34
NF	1948	06	13	06	33	3	Alta Valtiberina	142 7 5.04
NF	2000	04	01	18	08	0	Monte Amiata	68 6 4.52

Tabella 4-1 – Elenco sismicità storica (anni 1000-2025) per Civitella Paganico

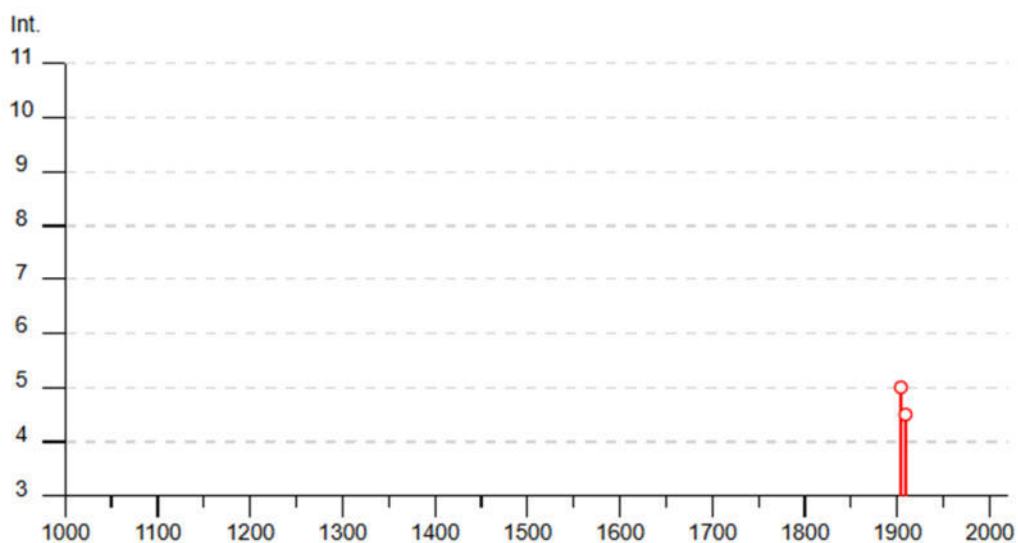


Figura 4-1 - Intensità macrosismiche dal 1000 al 2025 nel Comune di Civitella Paganico

Le intensità sismiche massime osservate per il Comune di Civitella Paganico sono pari a $IS=5$ per l'evento del 1904 e $IS=4-5$ per l'evento del 1909.

4.1.2 Sismicità recente (dal 1985 a maggio 2025)

Per quanto concerne i sismi che possono aver interessato l'area di interesse dal 1985 alla data odierna, è stato esaminato il database ISIDE (INGV, 2023), considerando una sismicità di magnitudo ≥ 3 per un'estensione di circa 50 km dal sito di interesse progettuale. In tale ambito sono incluse la maggior parte delle aree epicentrali dei terremoti descritti al paragrafo precedente, come l'area delle Colline Metallifere e della Val di Cecina.

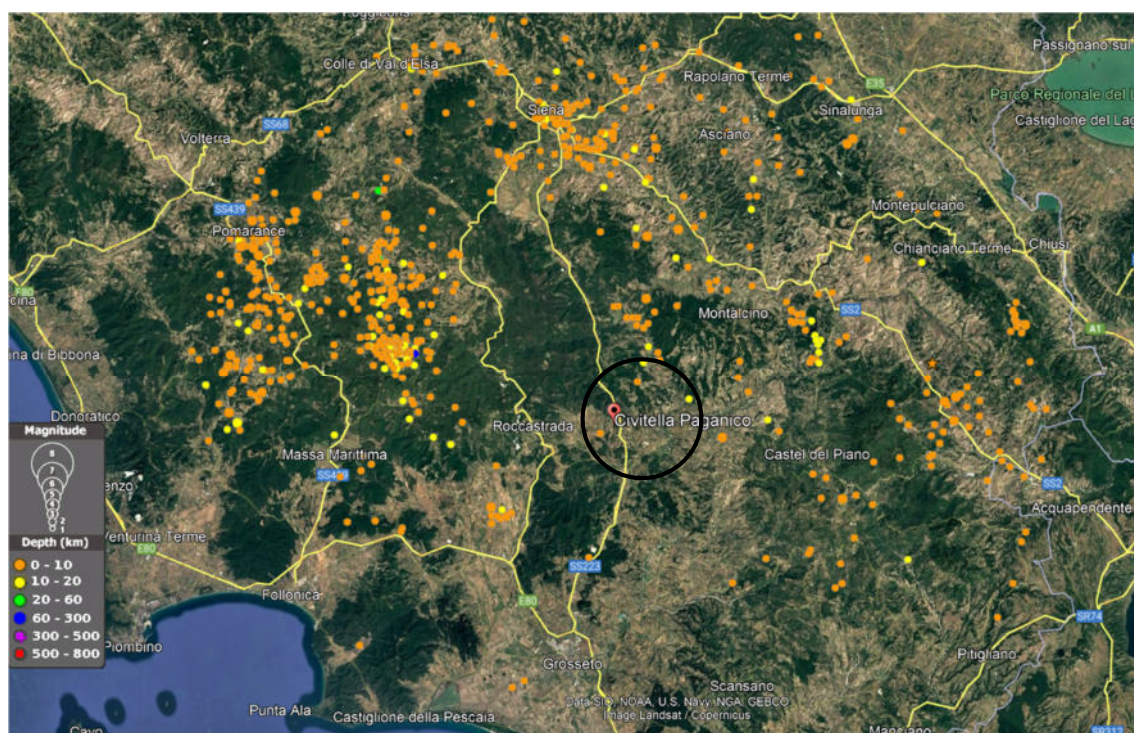


Figura 4-2 - Database ISIDE - Periodo 1985 – maggio 2025. Area 50 km dal comune di Civitella Paganico

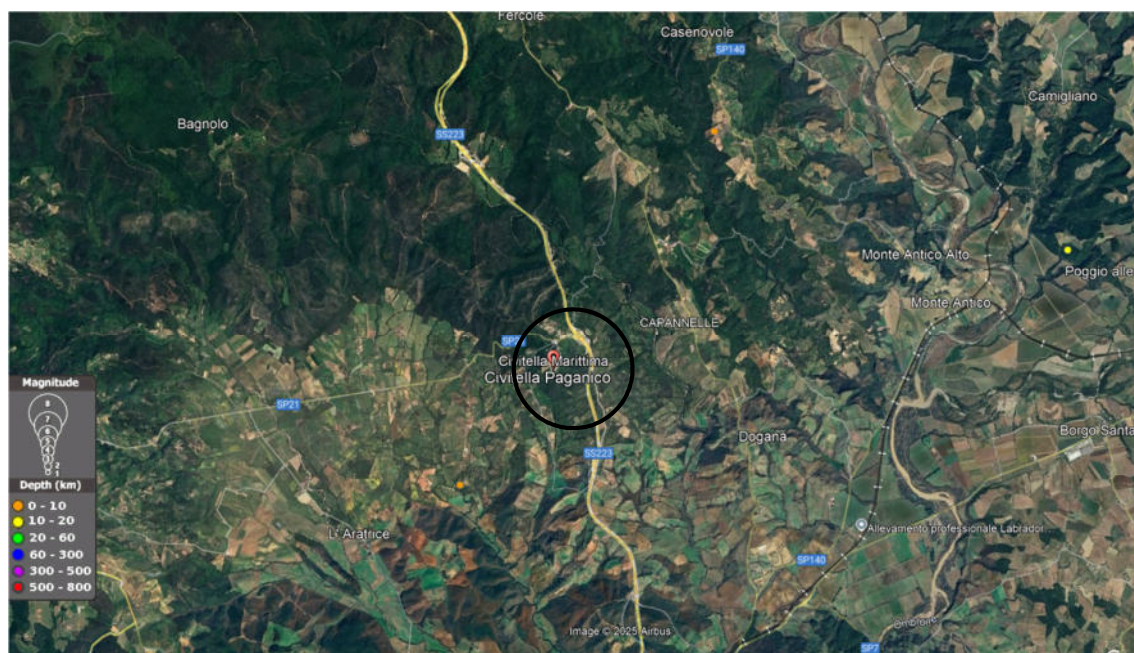


Figura 4-3 - Database ISIDE: distribuzione terremoti periodo 1983-maggio 2025 (dettaglio area di intervento)

4.2 Faglie capaci

Il termine “faglie capaci” è utilizzato per descrivere le faglie “sismiche” con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni potenzialmente “capaci” di produrre deformazioni in superficie.

La riattivazione di faglie capaci è in grado di produrre fenomeni di neoformazione (ecosismi) che possono formarsi in superficie nelle aree epicentrali, in concomitanza con eventi sismici di intensità elevata, in genere \geq VIII-IX grado della scala ESI2007.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA “ITaLY HAZard from Capable faults”, disponibile online all’indirizzo <https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci/>.

Il data base del Progetto ITHACA, raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Nella seguente figura si riporta uno stralcio planimetrico della distribuzione delle faglie capaci del Progetto ITHACA relativamente ad un ampio areale contenente l’area di studio (Figura 4-4).

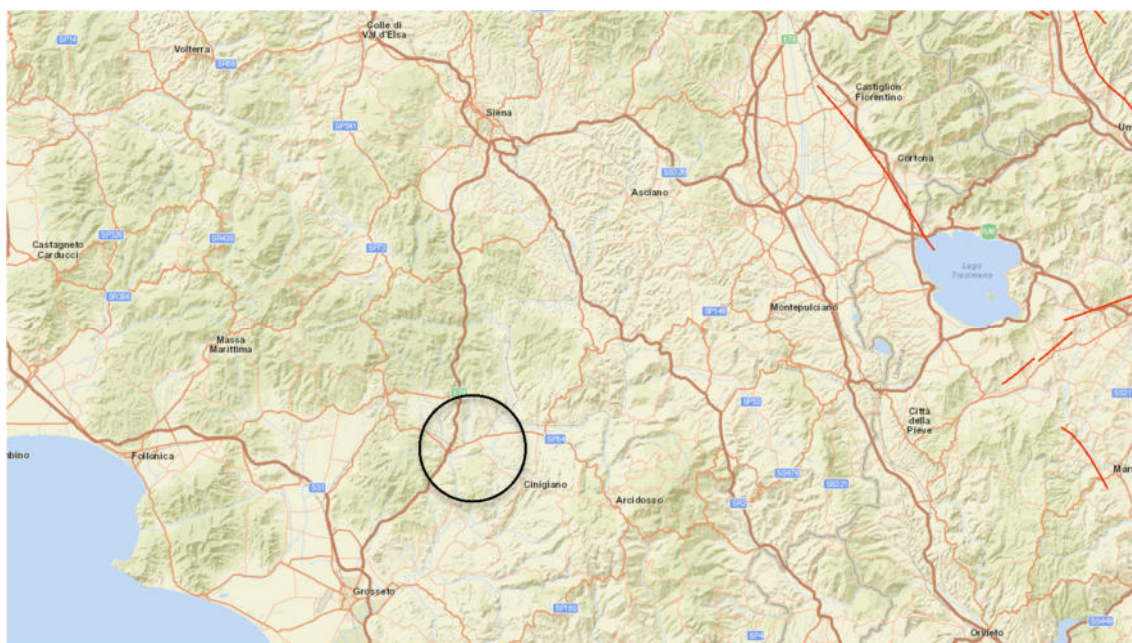


Figura 4-4 - Distribuzione faglie capaci "Progetto ITHACA"

Dalla figura si evidenzia come non siano presenti faglie principali nel territorio circostante il sito d’intervento.

4.3 Strutture sismogenetiche

Benché le moderne investigazioni della sismotettonica regionale siano iniziate più di 30 anni fa, la conoscenza delle sorgenti sismogenetiche è ancora incerta. Questo dipende soprattutto dal fatto che l'attività tettonica è collegata ai movimenti di sistemi di faglie cieche, le cui caratteristiche (es. lunghezza del singolo segmento, entità del scivolamento ecc.) non può essere definita solamente attraverso la classica analisi geomorfologica ma derivano dall'applicazione di algoritmi che permettono di definire la geometria della sorgente dai dati puntuali di distribuzione dell'intensità dei terremoti storici.

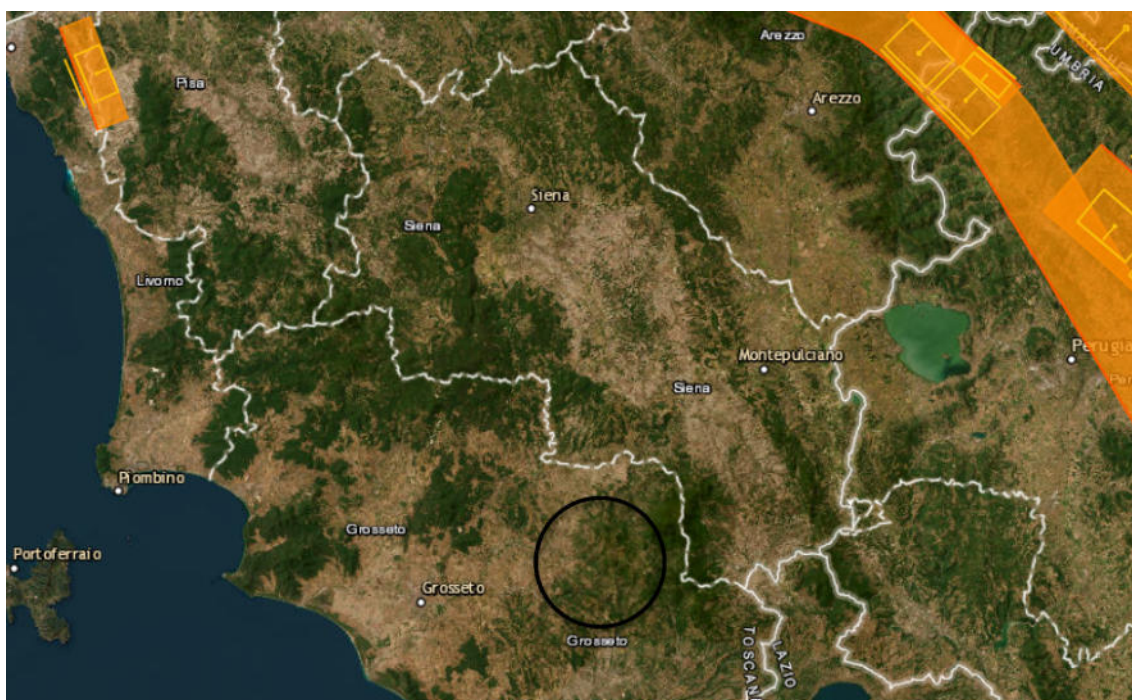


Figura 4-5 - Distribuzione sorgenti sismogenetiche individuali e composite, da DISS

L'identificazione di tali sorgenti, concisamente definite silenti, permette di definire le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

Con riferimento al "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3.2.1", si osserva che l'area di studio non risulta all'interno di alcuna area sismogenetica.

La figura seguente evidenzia l'area sismogenetica a nord dell'area di studio corrispondente alle Colline Livornesi e a est dell'area di studio (rettangolo giallo) corrispondente al sistema Mugello – Città di Castello - Leonessa, definita quale proiezione in superficie dei sistemi di strutture sismogenetiche ritenuti attivi,

caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse (poligoni arancioni); le campiture in rosso indicano i sistemi di faglia. Entrambi i sistemi sono notevolmente distanti dal sito d'indagine.

5 CLASSIFICAZIONE SISMICA TERRITORIALE (INGV)

Negli ultimi anni si sono succeduti diversi provvedimenti normativi ed amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale.

Dal 1999 al 2003, la classificazione sismica del territorio nazionale era riconducibile alla mappa di classificazione sismica prodotta dal Gruppo di Lavoro (GdL, 1999), istituito dal Servizio Sismico Nazionale su indicazione della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile. L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM 3274/2003 ha rappresentato una prima risposta alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico. Con tale strumento si sono stabiliti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche introducendo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani (successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/2006) ed abbandonando così la precedente terminologia di "categorie sismiche".

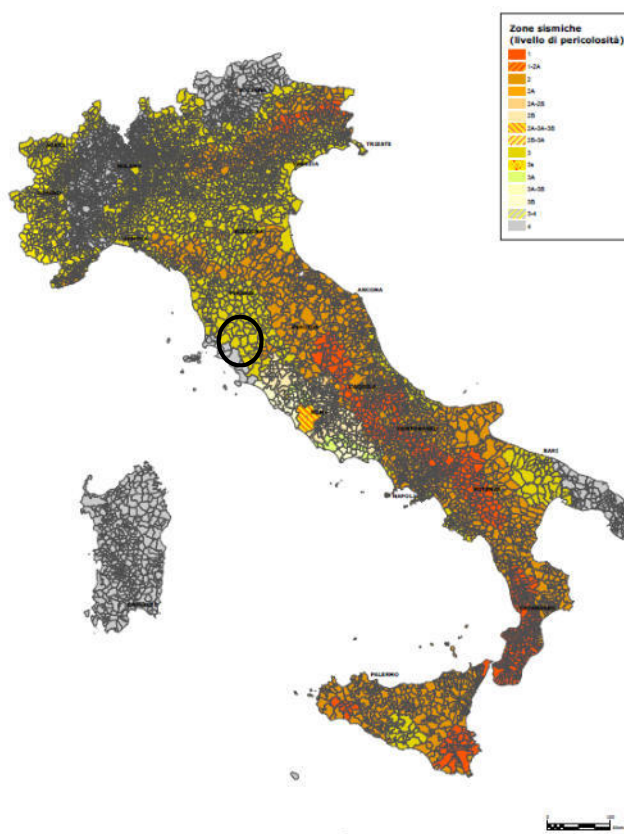
	Caratteristiche	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
Zona 1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$0.25 < a_g \leq 0.35$
Zona 2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0.15 < a_g \leq 0.25$
Zona 3	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.	$0.05 < a_g \leq 0.15$
Zona 4	E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g \leq 0.05$

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4; procedendo in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico, poiché di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. Con la successiva ordinanza OPCM 3519/2006 è stata adottata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale (INGV, 2004), e sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche su base probabilistica. I nuovi criteri per la determinazione della classificazione sismica individuano 12 fasce e sono basati, (innovando le disposizioni del precedente OPCM 3274/2003) su valori delle accelerazioni massime al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi. Tale

classificazione è quindi basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro a_g secondo i limiti amministrativi (criterio “zona dipendente”).

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, le Regioni hanno inoltre riclassificato il proprio territorio in termini di livello di pericolosità, o mantenendo le quattro zone nazionali o adottando tre sole zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g). Di seguito si riporta uno stralcio della mappa di “Classificazione Sismica” pubblicata dalla Protezione Civile a Marzo 2022.



Di seguito si riporta la “Mappa di aggiornamento della classificazione Sismica della Regione Toscana da Delibera del GRT 421/2014”.

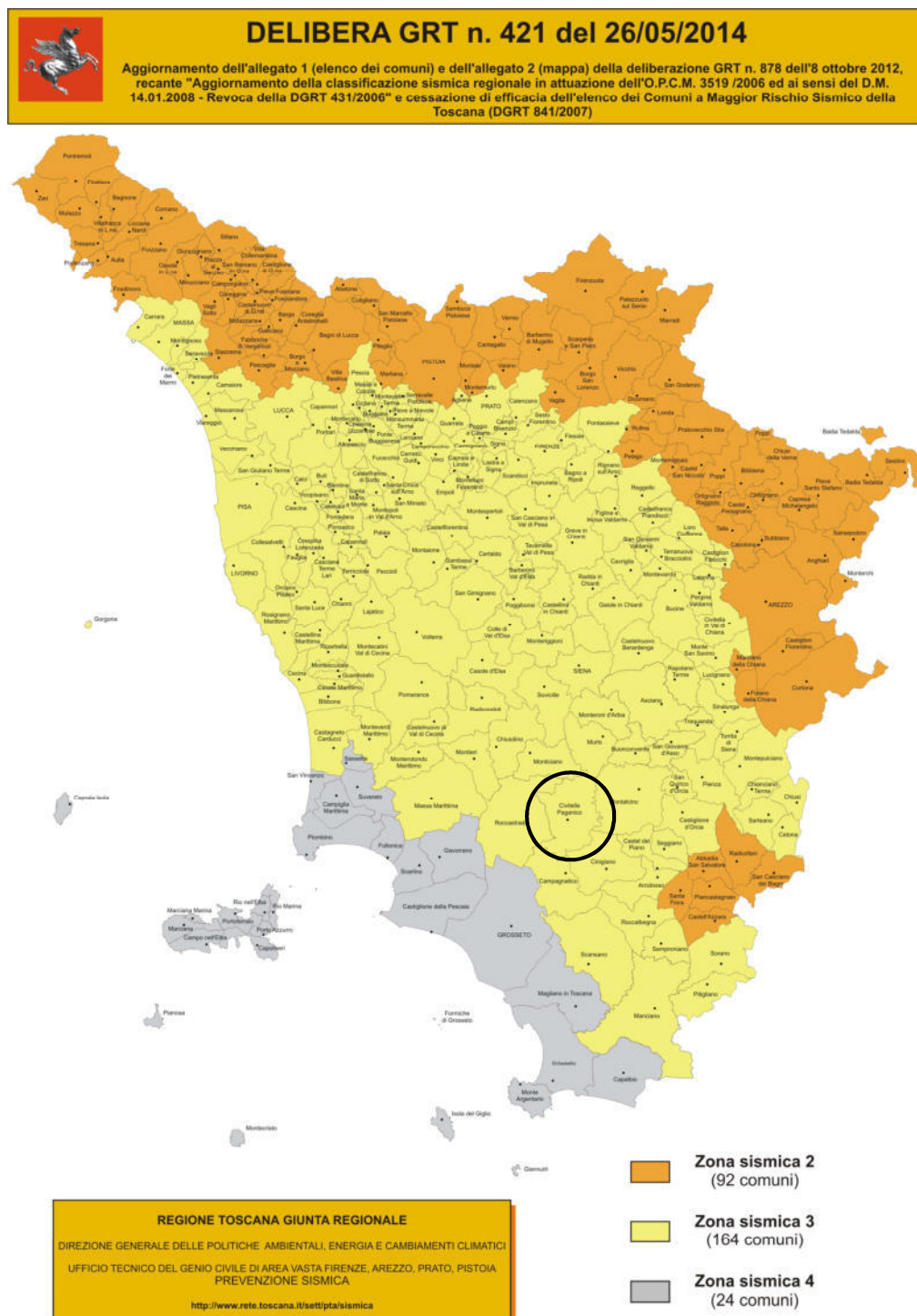


Figura 5-2 - Classificazione Sismica della Regione Toscana

Relazione Sismica – Verifica sismica di livello 4 ponte sul T. Lanzo, SP64 - Cipressino, Civitella Paganica (GR)

In conformità alla normativa vigente, il comune interessato dal progetto ricade nella seguente classe:

Regione	Provincia	Codice Istat	Denominazione	Classificazione 2020 (P.C.)
Toscana	Grosseto	053008	Civitella Paganico	3

Figura 5-3 - Classificazione Sismica al 2014 (Fonte: Regione Toscana)

6 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

Allo stato attuale, i valori di pericolosità di base associati alle zone o sottozone definite a scala regionale non hanno diretta influenza sulla progettazione. Le NTC 2018 stabiliscono infatti che i parametri sismici di progetto ed i relativi spettri di risposta siano calcolati direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento associati alla normativa.

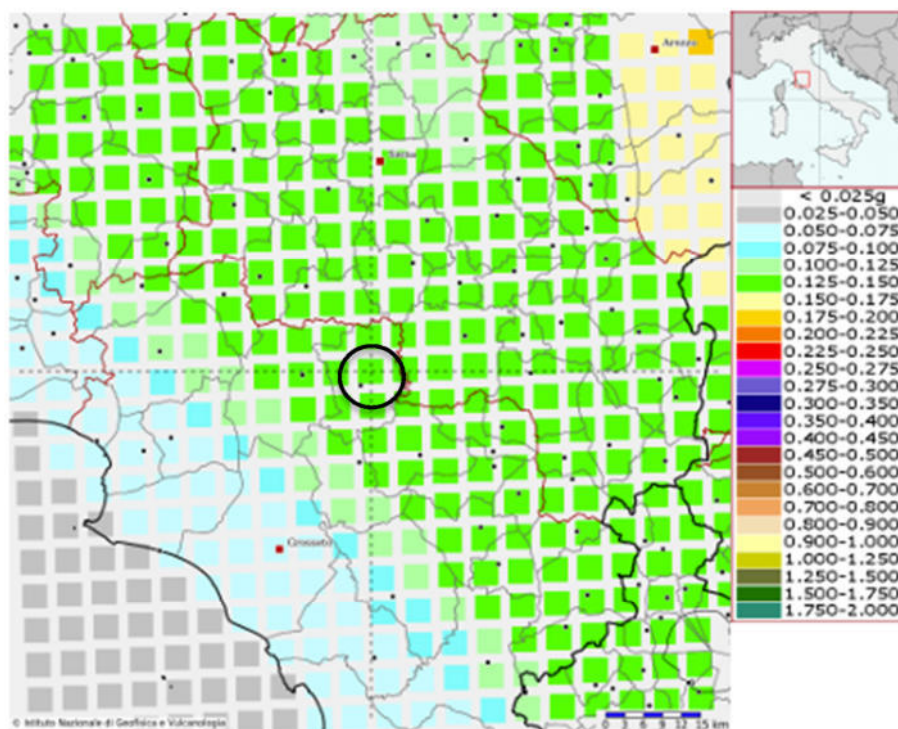
La procedura di calcolo ammessa dalla normativa prevede che, attraverso gli allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (v. NTC 2018 par. 3.2) sia possibile determinare, per il sito di interesse e per differenti periodi di ritorno (T_R), i parametri di riferimento del moto sismico in superficie: a_g (accelerazione orizzontale max al sito di rif.), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), necessari per la successiva definizione degli spettri di risposta elastici del terreno. Successivamente, sulla base della localizzazione geografica del sito di progetto, correlando i suddetti parametri di riferimento con la vita nominale dell'opera e la sua classe d'uso, si giunge al calcolo degli spettri di risposta per i diversi stati limite definiti dalla normativa; ciò al fine di definire gli obiettivi da raggiungere in termini di sicurezza e prestazioni a dell'opera o parte di essa.

Per il calcolo degli elementi suddetti si rimanda agli elaborati geotecnici e strutturali.

In via preliminare, con riferimento al sito di interesse progettuale, e utilizzando la mappa di pericolosità sismica fornita da INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>), di seguito si definisce lo scuotimento $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo secondo OPCM 3519/2006) per uno dei punti della griglia di riferimento (disposti a passo 0.05°) ad esso più prossimi.

Considerando le coordinate geografiche dell'area di intervento, nel suddetto modello di pericolosità sismica (MPS04-S1, INGV), il punto più prossimo all'opera in progetto ricade nella fascia le cui accelerazioni massime attese (con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni su suoli molto rigidi) sono comprese tra $0,125 < a_g < 0,150$.

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)
 Informazioni sul nodo con ID: 23389 - Latitudine: 43.014 - Longitudine: 11.302



La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $V_{s30} > 800$ m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **23389** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Figura 6-1 - Inquadramento dell'area di studio sul modello di pericolosità sismica MPS04-S1

7 AZIONE SISMICA

7.1 Categoria di sottosuolo (NTC 2018)

In applicazione del D.M. 17.01.2018, viene di seguito definita la categoria di profilo stratigrafico del sottosuolo l'intervento in esame.

Il calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ viene effettuato con i dati delle indagini geofisiche condotte in sito, applicando la relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Considerando le velocità degli strati e gli spessori rilevati dalla prova Masw condotta in sito, si calcola un valore della $V_{S,eq}$ riferita al piano campagna pari a 390 m/sec e, pertanto, ai sensi delle NTC 2018, si definisce una categoria di sottosuolo di tipo B. E' stato scelto di utilizzare il dato di velocità dell'onda SH derivato dalla prova Masw poiché questa viene considerata più specifica per la determinazione del valore di V_{s30} rispetto alla sismica a rifrazione più adatta per la definizione della successione sismostratigrafica in 2D, specie in presenza di falda nel sottosuolo.

7.2 Categoria topografica (NTC 2018)

In applicazione del D.M. 17.01.2018, considerato che il lotto è posto in area totalmente pianeggiante, viene definita una categoria di topografica T1.

7.3 Valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente e $S(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R . Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai

valori di accelerazione orizzontale massima al sito a_g , dal valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 e dal periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_C . Questi ultimi parametri vengono definiti attraverso i valori di seguito tabellati:

Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III
Coefficiente C_U	1,5
Cat. sottosuolo	B
Classe topografica	T1

Adottando l'utility fornita da Geostru.com si calcolano i seguenti valori di a_g , F_0 e T^*_C :

Parametri sismici					
Sito in esame.					
latitudine:	42,943468				
longitudine:	11,29674				
Classe:	3				
Vita nominale:	50				
Siti di riferimento					
Sito 1	ID: 23610	Lat: 42,9629	Lon: 11,2352	Distanza: 5457,317	
Sito 2	ID: 23611	Lat: 42,9642	Lon: 11,3034	Distanza: 2372,149	
Sito 3	ID: 23833	Lat: 42,9142	Lon: 11,3053	Distanza: 3324,466	
Sito 4	ID: 23832	Lat: 42,9129	Lon: 11,2371	Distanza: 5928,587	
Parametri sismici					
Categoria sottosuolo:	B				
Categoria topografica:	T1				
Periodo di riferimento:	75anni				
Coefficiente cu:	1,5				
Operatività (SLO):					
Probabilità di superamento:	81	%			
Tr:			45	[anni]	
ag:			0,053 g		
Fo:			2,494		
Tc*:			0,242	[s]	
Danno (SLD):					
Probabilità di superamento:	63	%			
Tr:			75	[anni]	
ag:			0,067 g		
Fo:			2,480		
Tc*:			0,254	[s]	
Salvaguardia della vita (SLV):					
Probabilità di superamento:	10	%			
Tr:			712	[anni]	
ag:			0,157 g		
Fo:			2,488		
Tc*:			0,276	[s]	
Prevenzione dal collasso (SLC):					
Probabilità di superamento:	5	%			
Tr:			1462	[anni]	
ag:			0,194 g		
Fo:			2,529		
Tc*:			0,282	[s]	
Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii					
SLO:					
Ss:	1,200				
Cc:	1,460				
St:	1,000				
Kh:	0,013				
Kv:	0,006				
Amax:	0,624				
Beta:	0,200				
SLD:					
Ss:	1,200				
Cc:	1,450				
St:	1,000				
Kh:	0,016				
Kv:	0,008				
Amax:	0,786				
Beta:	0,200				
SLV:					
Ss:	1,200				
Cc:	1,420				
St:	1,000				
Kh:	0,045				
Kv:	0,023				
Amax:	1,847				
Beta:	0,240				
SLC:					
Ss:	1,200				
Cc:	1,420				
St:	1,000				
Kh:	0,056				
Kv:	0,028				
Amax:	2,283				
Beta:	0,240				
Le coordinate espresse in questo file sono in ED50					

Tab. 7.1 – Parametri sismici

8 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Ai sensi del cap. 7.11.3.4.2 delle NTC 2018 la verifica a liquefazione può essere omessa se si manifesta almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

La presenza di materiali argillosi e ghiaiosi addensati fa sì che il fenomeno non possa manifestarsi.

Il calcolo della verifica di stabilità viene comunque eseguito con metodo semplificato con il quale, sempre ai sensi delle NTC2018, la resistenza del deposito alla liquefazione viene valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione:

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

Per la determinazione del valore di CRR (resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico, R nella tabella di calcolo) e del valore di CSR (sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma, T nella tabella di calcolo) è stato adottato il metodo di Seed e Idriss che richiede la conoscenza di pochi parametri geotecnici come la granulometria, il numero dei colpi nella prova SPT, la densità relativa, il peso di volume. La verifica a liquefazione dà risultato nei casi di presenza di terreno incoerente, di strato sotto falda, di strato avente spessore dello strato >1 m e di presenza di sisma.

La falda è stata assunta a partire dalla profondità di $-2,85$ m dal p.c. attuale.

Al di sotto del piano di campagna sono presenti strati fini di varia consistenza, poggianti su ghiaie addensate all'interno delle quali è ospitata una falda leggermente in pressione.

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Nspt'	Svo (Kg/cm ²)	S'vo (Kg/cm ²)	T	R	Fs	Condizione:
1	2.00	10.00	15.741	0.380	0.380	0.119	0.185	1.56	Livello non liquefacibile
2	6.00	40.00	44.086	1.157	0.842	0.153	147.559	965.80	Livello non liquefacibile
3	9.50	55.00	49.317	1.861	1.196	0.163	117.954	723.39	Livello non liquefacibile
4	13.00	40.00	30.515	2.543	1.528	0.164	21.448	131.02	Livello non liquefacibile
5	19.00	55.00	32.988	3.749	2.134	0.153	9.885	64.40	Livello non liquefacibile
6	21.00	40.00	22.484	4.139	2.324	0.149	5.135	34.45	Livello non liquefacibile

Il calcolo mostra che la presenza di terreni coesivi variamente consistenti o incoerenti addensati porta a considerare trascurabile gli effetti indotti da tale fenomeno, che può verificarsi solo in presenza di livelli di sabbie sciolte sotto falda.

Fiesole, giugno 2025

Dott. Geol. Riccardo Martelli

Ordine Geologi Toscana n. 913

Il presente documento è sottoscritto con firma digitale ai sensi dell'art. 21 del d.lgs. 82/2005. La riproduzione dello stesso su supporto analogico è effettuata da Riccardo Martelli e costituisce una copia integra e fedele dell'originale informatico, disponibile a richiesta presso l'Unità emittente.