

COMUNE DI CICALA (CZ)



RELAZIONE DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE
RIQUALIFICAZIONE IDRAULICA IDROGEOLOGICA DELLE AREE
PROSSIME AI CORSI D'ACQUA
(Ponte T. Sant'Elia)



E3 ENVIRONMENT
EARTH
ENGINEERING
WWW.E-TRE.EU

Redatto	Dr.ssa Geol. P. Basta
Controllato	Dott. Ph.D G. Cianflone
Approvato	Dr.ssa Geol. P. Basta
Data	Codice Documento
26/01/2023	2023.01.26_004_E3_RELAZIONE_DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE



E3 Società Cooperativa

Via Ponte P. Bucci, SNC - 87036 RENDE (CS)

e3coop@gmail.com

e3@pec.confcooperative.it

Partita IVA: 03412270781

Sommario

1	INTRODUZIONE.....	4
2	UBICAZIONE DELL'AREA	6
3	AMBITO NORMATIVO	7
4	RISCHIO SISMICO	10
4.1	CONTESTO SISMICO	10
4.2	CLASSIFICAZIONE SISMICA	12
4.3	SORGENTI SISMOGENETICHE – DISS V.3 (INGV)	14
4.4	FAGLIE CAPACI (CATALOGO ITHACA, ISPRA).....	15
4.5	TERREMOTI STORICI (DATABASE MACROSISMICO, INGV).....	16
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO	17
5.1	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	17
5.2	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO	18
5.3	CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	18
6	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	19
6.1	VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	19
6.2	STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO.....	21
6.3	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	23
7	PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO.....	26
7.1	COEFFICIENTI SISMICI.....	26
7.2	STABILITÀ DEI PENDII E FONDAZIONI	26
8	CALCOLO DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA	28
8.1	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	28
8.2	CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI	30
8.3	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI	31
8.4	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI	32
9	CONCLUSIONI	33

Indice delle Figure

FIGURA 1 – UBICAZIONE DEL SITO D'INTERESSE.	6
FIGURA 2 - MAPPA INTERATTIVA REGIONALE - COMUNE DI CICALA (CZ).....	11
FIGURA 3 - INDICATORI DI EFFICIENZA.	11
FIGURA 4 - INDICATORI DELLE COMPONENTI DI RISCHIO.	11
FIGURA 5 - STRALCIO DELLA MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL COMUNE DI CICALA ESPRESSA IN TERMINI DI AG PER UN TEMPO DI RITORNO DI 50 ANNI.	13
FIGURA 6 - SORGENTI SISMOGENETICHE (HTTPS://DISS.INGV.IT/DISS330/DISSMAP.HTML#)	14
FIGURA 7 - FAGLIE CAPACI DEL CATALOGO ITHACA	15
FIGURA 8 - EVENTI STORICI REGISTRATI PER IL SITO DI INTERESSE.	16
FIGURA 9 - STRALCIO DELLA CARTA TETTONICA SCHEMATICA DELLA CALABRIA SETTENTRIONALE DI VAN DIJK ET AL. (2000) CON UBICAZIONE DELLA SELLIA – DECOLLATURA FAULT ZONE (SDFZ).	17
FIGURA 10 - INTERPOLAZIONE DEI PERIODI DI RITORNO, PER OTTENERE I PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA, IN ACCORDO ALLA PROCEDURA DELLE NTC08.	24
FIGURA 11 - INTERPOLAZIONE DELLE COORDINATE GEOGRAFICHE, PER OTTENERE I PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA, IN ACCORDO ALLA PROCEDURA DELLE NTC08.	24
FIGURA 12 - APPLICAZIONE DELL'INTERPOLAZIONE BILINEARE.	25
FIGURA 13 - UBICAZIONE GEOGRAFICA DEL PUNTO IN ESAME E INQUADRAMENTO NELLA MAGLIA SISMICA NAZIONALE (NELLA FIGURA VENGONO RIPORTATI I VERTICI DELLA STESSA).	29

Indice delle Tabelle

TABELLA 1 - COORDINATE DEL SITO D'INTERESSE NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO WGS84 EPGS:4326 E ED50 EPGS:4230.	6
TABELLA 2 - ZONA SISMICA - ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (AG).....	8
TABELLA 3 - UBICAZIONE DEL SITO DI INTERESSE	10
TABELLA 4 - CLASSIFICAZIONE SISMICA.	12
TABELLA 6 - SINTESI DEI PARAMETRI NORMATIVI DELL'APPROCCIO SEMPLIFICATO PER LA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	18
TABELLA 6 - VALORI MINIMI DELLA VITA NOMINALE VN DI PROGETTO PER I DIVERSI TIPI DI COSTRUZIONI	20
TABELLA 7 - STATI LIMITE E RISPETTIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO, NEL PERIODO DI RIFERIMENTO VR.....	22
TABELLA 8 - STATI LIMITE E RISPETTIVI TEMPI DI RITORNO, NEL PERIODO DI RIFERIMENTO VR	22
TABELLA 10 - COEFFICIENTI DI RIDUZIONE DELL'ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA AL SITO.....	27

1 INTRODUZIONE

La E3 società cooperativa su incarico del comune di Cicala (CZ), ha redatto la Relazione Geologica a corredo del progetto di “Riqualificazione idraulica idrogeologica delle aree prossime ai corsi d’acqua” CUP I48C20000010001, afferente al sito di intervento sul Torrente Sant’Elia.

Per la definizione delle azioni sismiche sugli edifici, le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) delineano e consigliano un approccio di tipo prestazionale per la progettazione delle strutture nuove e per la verifica di quelle esistenti. Tutto questo ha il fine di controllare il livello di danneggiamento della struttura a fronte delle sollecitazioni sismiche di intensità diversa che si possono verificare nel sito di riferimento.

La sollecitazione sismica sulle costruzioni viene valutata a partire da una pericolosità sismica di base, in condizioni ideali del sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, che nelle NTC corrisponde ad un suolo di categoria A.

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall’opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l’azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Pertanto, per la valutazione delle suddette condizioni, che nella fattispecie definiscono la Pericolosità Sismica di Sito, ci si è basati su quanto disponibile dai portali web istituzionali (INGV, IPSRA), dagli studi condotti sulla geologia locale (cfr. Relazione Geologica) e da quanto ottenuto dalle indagini in situ (cfr. Relazione Geologica ed allegati tecnici).

Per la definizione della Pericolosità Sismica da Base, si è utilizzato l’approccio probabilistico previsto dalla attuale normativa (Cap. 3.2 - NTC 2018) mediante il quale vengono definite le forme spettrali rispetto agli stati limiti di Operatività, Danno, Salvaguardia della Vita e Collasso in funzione dei seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Lo studio è redatto secondo le direttive della vigente normativa nazionale e regionale in materia:

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n.3274 (e successive modiche ed integrazioni) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica;

- D.M. del 14-01-2008 “Norme tecniche per le costruzioni”; Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del C. S. LL. PP. – Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Legge Regionale n. 35 del 19/10/2009 e s.m.i. - Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica;
- Regolamento Regionale n° 7 del 28 giugno 2012 e s.m.i. “Procedure per la denuncia, il deposito e l’autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica di cui alla legge regionale n° 35 del 19 ottobre 2009 e s.m.i.”;
- Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMZS), “Standard di Rappresentazione e Archiviazione dei Dati” per la Microzonazione Sismica predisposti dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell’O.P.C.M. n. 3907 del 13/11/2010);
- “Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. 17 gennaio 2018.

2 UBICAZIONE DELL'AREA

L'area soggette a intervento è ubicata nella Calabria Centrale, nel Comune di Cicala, provincia di Catanzaro, identificabile dalle seguenti coordinate (*Figura 1 e Tabella 1*):

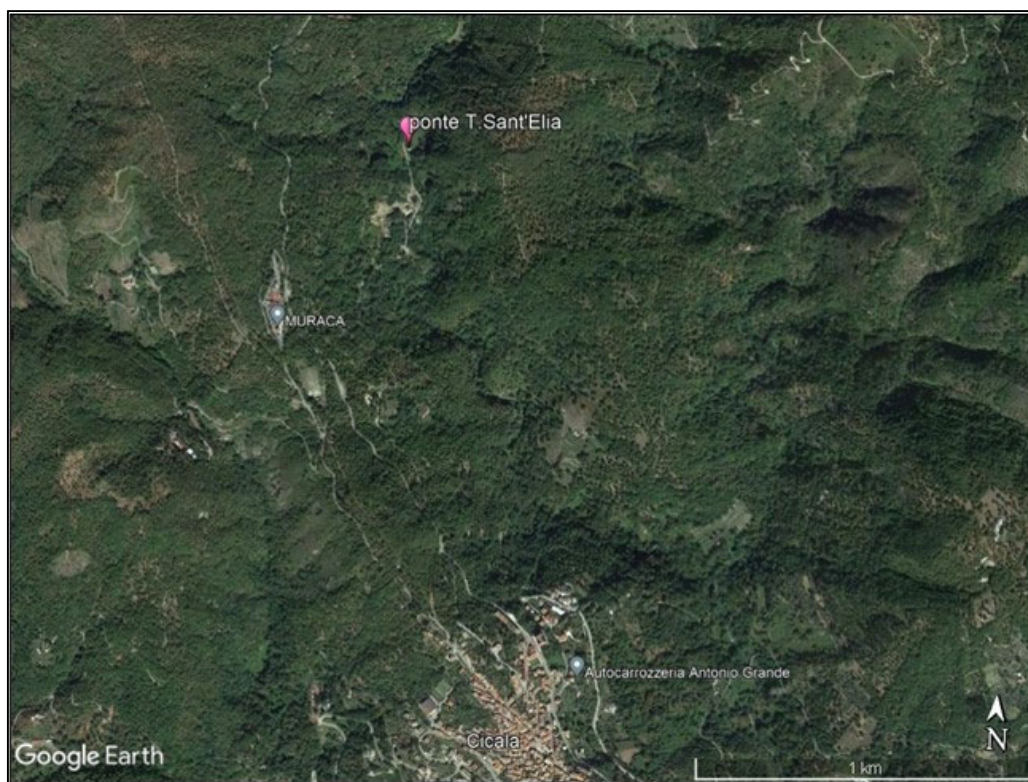


Figura 1 – Ubicazione del sito d'interesse.

QUOTA (m s.l.m)	COORDINATE WGS84 (Lat., Long.)	COORDINATE ED50
755	39.037173, 16.481110	39.038193, 16.481910

Tabella 1 - Coordinate del sito d'interesse nel sistema di riferimento WGS84 EPSG:4326 e ED50 EPSG:4230.

L'area d'interesse ricade nel foglio 569, Soveria Mannelli della Carta d'Italia scala 1:50.000 I.G.M. (1989 - 1991) e nella sezione 237 III SO Cicala della Carta Geologica della Calabria Scala 1:25000 Ex Casmez (1958 - 1962).

3 AMBITO NORMATIVO

La Terra è un sistema dinamico e in continua evoluzione, composto al suo interno da rocce disomogenee per pressione e temperatura cui sono sottoposte, densità e caratteristiche dei materiali. Questa elevata disomogeneità interna provoca lo sviluppo di forze negli strati più superficiali, che tendono a riequilibrare il sistema spingendo le masse rocciose le une contro le altre, deformandole. I terremoti sono un'espressione e una conseguenza di questa **continua evoluzione**, che avviene in centinaia di migliaia e, in alcuni casi, di milioni di anni.

Il terremoto si manifesta come un **rapido e violento scuotimento del terreno** e avviene in modo inaspettato, senza preavviso. Soprattutto se forte, è caratterizzato da una sequenza di scosse chiamate **periodo sismico**, che talvolta precedono e quasi sempre seguono la scossa principale. Le oscillazioni provocate dal passaggio delle onde sismiche determinano spinte orizzontali sulle costruzioni e causano gravi danni o addirittura il crollo, se gli edifici non sono costruiti con criteri antisismici. Il terremoto genera inoltre effetti indotti o secondari, come frane, maremoti, liquefazione dei terreni, incendi, a volte più dannosi dello scuotimento stesso. A parità di distanza dalla faglia in cui si è generato il terremoto (ipocentro), lo scuotimento degli edifici dipende dalle condizioni locali del territorio, in particolare dal tipo di terreni in superficie e dalla forma del paesaggio.

Per definire la forza di un terremoto sono utilizzate due grandezze differenti: la magnitudo e l'intensità macrosismica. La **magnitudo** è l'unità di misura che permette di esprimere l'energia rilasciata dal terremoto attraverso un valore numerico della scala Richter. L'**intensità macrosismica** è l'unità di misura degli effetti provocati da un terremoto, espressa con i gradi della scala Mercalli.

Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio, in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche.

La legislazione antisismica italiana, allineata alle più moderne normative a livello internazionale prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

- **Zona 1** - E' la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta
- **Zona 2** - In questa zona forti terremoti sono possibili
- **Zona 3** - In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2
- **Zona 4** - E' la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa

Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", e viene introdotta la zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

L'attuazione dell'ordinanza n.3274 del 2003 ha permesso di ridurre notevolmente la distanza fra la conoscenza scientifica consolidata e la sua traduzione in strumenti normativi e ha portato a progettare e realizzare costruzioni nuove, più sicure ed aperte all'uso di tecnologie innovative.

Le novità introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (Ingv, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'opcm 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Opcm n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (Tabella 2).

Tabella 2 - Zona sismica - Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008), infatti, hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale –

precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

La normativa regionale (Regione Calabria) di classificazione sismica (atti di recepimento al 30/04/2021) è riferibile alla Delibera Consiglio Regionale n.47 del 10 febbraio 2004.

4 RISCHIO SISMICO

4.1 CONTESTO SISMICO

Gestire l'emergenza in maniera efficace significa avere un Sistema che opera in maniera efficiente. Per misurare i livelli di efficienza di ciascun contesto, in questo dominio verranno rappresentati indicatori che meglio riescono a descrivere le capacità di un Sistema di rispondere a tre obiettivi fondamentali: Operatività, Preparazione e Tempestività. Tanto più i livelli di efficienza sono bassi, tanto più andrebbero previste politiche mirate al miglioramento del quadro degli indicatori di efficienza.

La categoria che analizza le componenti del rischio ha l'obiettivo di fornire uno scenario delle condizioni di rischio del Contesto. Gli indicatori che compongono tale dominio sono raggruppati nelle tre dimensioni del rischio: Pericolosità, Vulnerabilità ed Esposizione. Le possibilità di agire sulle tre componenti, con l'obiettivo di minimizzare il rischio nel breve/medio periodo, si limitano ad interventi e misure di governance del territorio mirati soprattutto all'abbassamento dei livelli di vulnerabilità e di esposizione. Di seguito il dettaglio della ricerca bibliografica svolta per il comune di Cicala (CZ) ed eseguita sulla base delle informazioni riportate sul portale raggiungibile al seguente link

<HTTPS://GOVRISV.CNR.IT/REGIONI/REGIONE-CALABRIA/>

Tabella 3 - Ubicazione del sito di interesse

COORDINATE	LATITUDINE	LONGITUDINE
WGS84	39.037173	16.481110
ED50	39.038193	16.481910

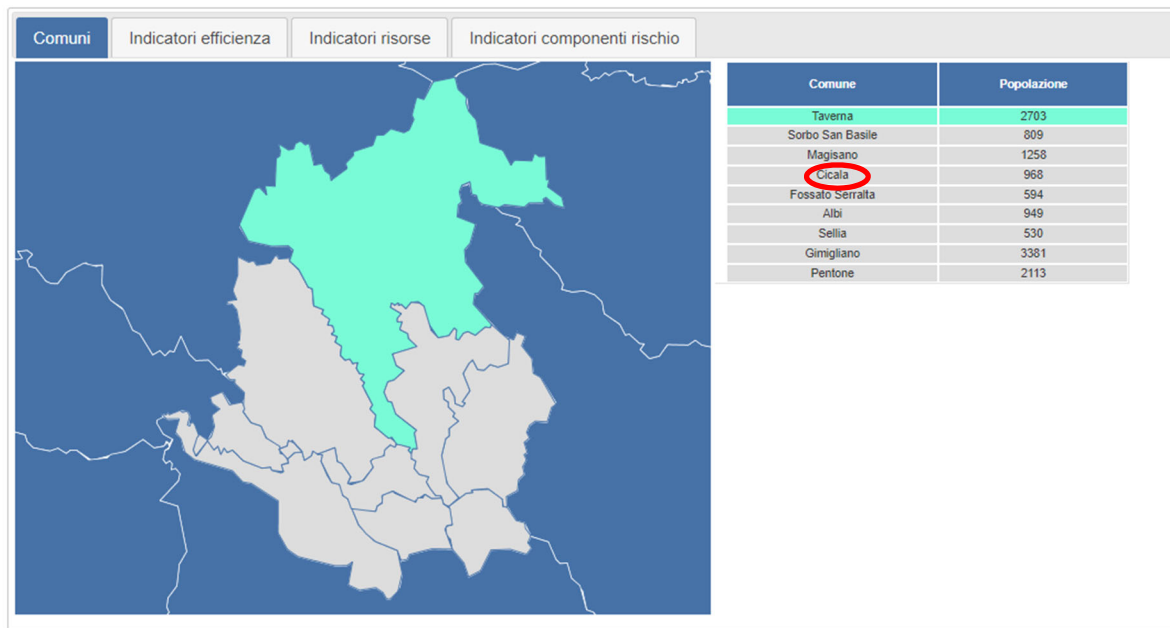


Figura 2 - Mappa interattiva regionale - Comune di Cicala (CZ).



Figura 3 - Indicatori di efficienza.

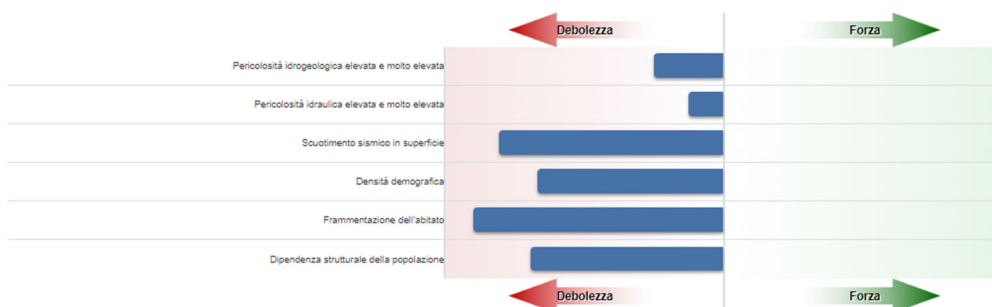


Figura 4 - Indicatori delle componenti di rischio.

4.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

Di seguito è riportata la zona sismica per il territorio di Cicala di Catanzaro, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Calabria n. 47 del 10.02.2004.

ZONA SISMICA 2	ZONA CON PERICOLOSITÀ SISMICA MEDIA DOVE POSSONO VERIFICARSI FORTI TERREMOTI.
-----------------------	---

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni (Tabella 4).

Tabella 4 - Classificazione sismica.

ZONA SISMICA	DESCRIZIONE	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO DEL 10% IN 50 ANNI [AG]	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE (NORME TECNICHE) [AG]	NUMERO COMUNI CON TERRITORI RICADENTI NELLA ZONA (*)
1	INDICA LA ZONA PIÙ PERICOLOSA, DOVE POSSONO VERIFICARSI FORTISSIMI TERREMOTI.	$a_g > 0,25 \text{ G}$	0,35 G	703
2	ZONA DOVE POSSONO VERIFICARSI FORTI TERREMOTI.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ G}$	0,25 G	2.224
3	ZONA CHE PUÒ ESSERE SOGGETTA A FORTI TERREMOTI MA RARI.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ G}$	0,15 G	3.002
4	E' LA ZONA MENO PERICOLOSA, DOVE I TERREMOTI SONO RARI ED È FACOLTÀ DELLE REGIONI PRESCRIVERE L'OBBLIGO DELLA PROGETTAZIONE ANTISISMICA.	$a_g \leq 0,05 \text{ G}$	0,05 G	1.982

A seguito dell'emanazione dell'OPCM n° 3274/2003 aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Calabria n. 47 del 10.02.2004, il Comune di Cicala, in cui ricade la l'area di interesse progettuale, è stato classificato in ZONA SISMICA 2 (Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti), caratterizzata da un'accelerazione orizzontale massima (a_g) compresa tra 0.15g e 0.25g.

L'Ordinanza PCM n.3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", nell' Allegato 1B "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale", riporta in carta, per territorio nazionale, la pericolosità sismica espresso in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800\text{m/s}$). In tale elaborato l'area di interesse progettuale è compresa nel tratto di territorio comunale di Cicala ricadente nella fascia di accelerazione massima: $0.250 < a_{max} < 0.275$ (Figura 5).

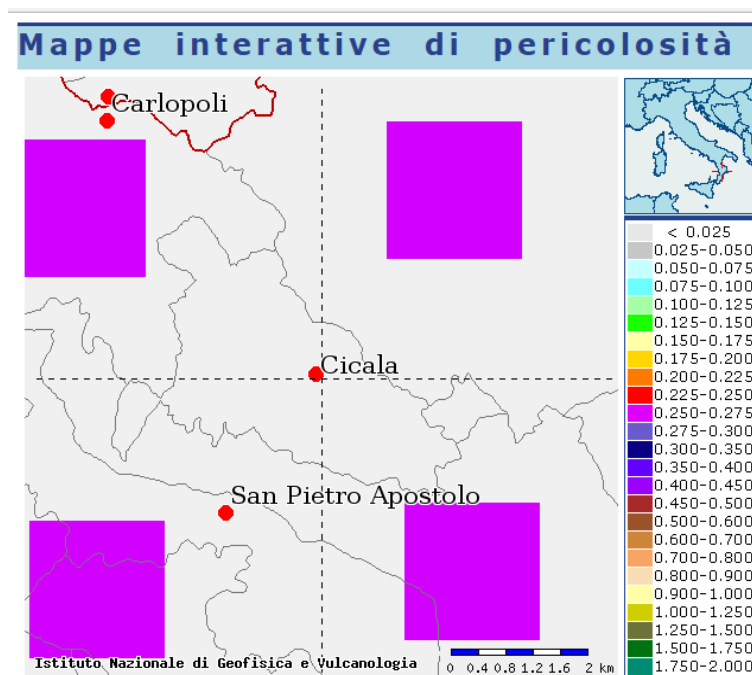


Figura 5 - Stralcio della mappa di pericolosità sismica del Comune di Cicala espressa in termini di a_g per un tempo di ritorno di 50 anni.

4.3 SORGENTI SISMOGENETICHE – DISS V.3 (INGV)

Il territorio del Comune di Cicala non ricade in zone sismogenetiche del database DISS dell'INGV (Figura 6).

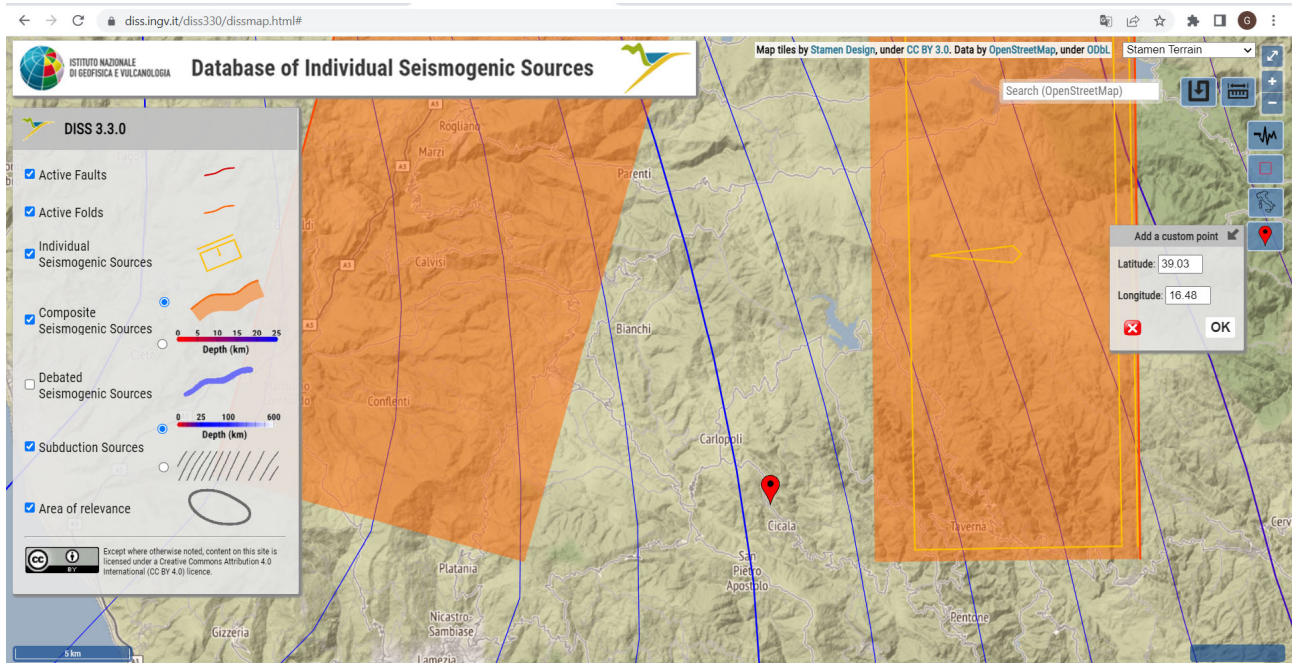


Figura 6 - Sorgenti sismogenetiche (<https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html#>)

4.4 FAGLIE CAPACI (CATALOGO ITHACA, ISPRA)

In prossimità dell'area d'interesse non sono presenti faglie capaci del catalogo ITHACA (*Italy HAZard from Capable faults*).

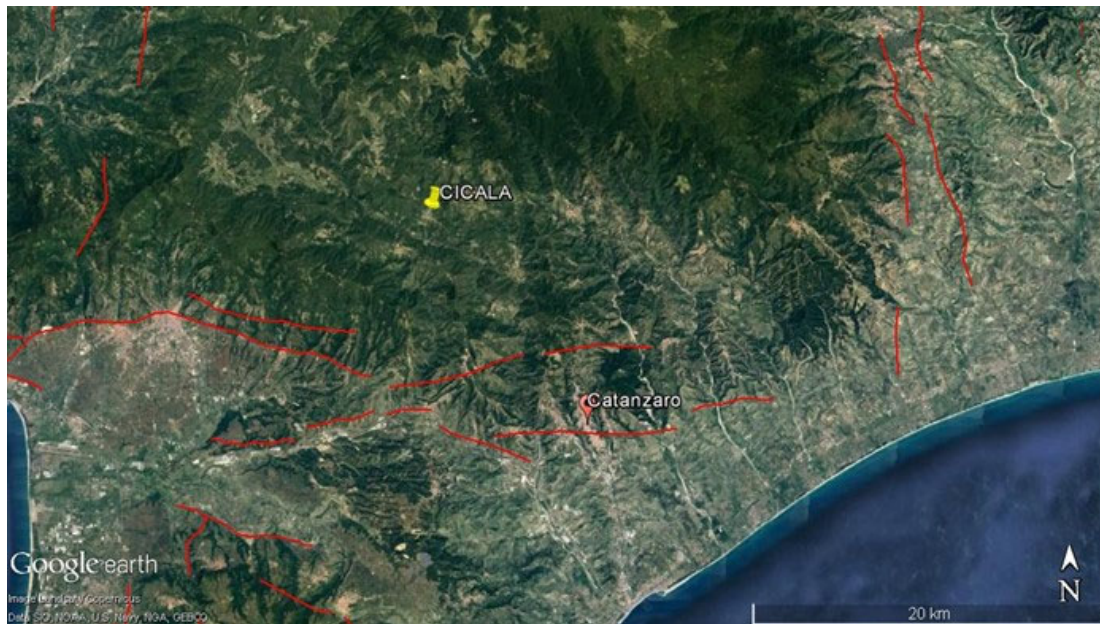


Figura 7 - Faglie capaci del catalogo Ithaca

4.5 TERREMOTI STORICI (DATABASE MACROSISMICO, INGV)

Per la definizione dei caratteri della sismicità storica della zona si è fatto a riferimento all'intero territorio comunale di Cicala. La ricerca dei terremoti che hanno avuto ripercussioni nell'area di indagine dal 1000 in poi è avvenuta attraverso il Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>). Quest'ultimo fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014. Per il territorio di Cicala vengono riportati 15 eventi sismici (Figura 8).

Cicala

PlaceID IT_64628
Coordinate (lat, lon) 39.021, 16.486
Comune (ISTAT 2015) Cicala
Provincia Catanzaro
Regione Calabria
Numero di eventi riportati 15

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1783	03	28	18	55		Calabria centrale	323	11	7.03
7	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
6	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
7	1947	05	11	06	32	1	Calabria centrale	254	8	5.70
4	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1988	04	13	21	28	2	Golfo di Taranto	272	6-7	4.86
NF	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1994	03	26	00	41	1	Catanzarese	41	4-5	4.25
3-4	2001	10	18	11	02	4	Valle del Crati	115	5	4.28
4	2002	04	05	14	54	1	Sila	14	4	4.16
NF	2004	04	17	05	14	1	Golfo di Squillace	126	4	4.21
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005	04	23	19	11	4	Costa calabra settentrionale	156	4	4.15
3-4	2006	04	17	02	44	0	Costa calabra settentrionale	135	4-5	4.76
NF	2006	06	22	19	34	5	Costa calabra settentrionale	161		4.70

Figura 8 - Eventi storici registrati per il sito di interesse.

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO

5.1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

La zona di studio è localizzata nel settore nord-orientale del Comune di Cicala. Quest'ultimo è ubicato in un'area montuosa lungo il margine meridionale del Massiccio della Sila (Sila Piccola), che rappresenta la zona di transizione tra l'Arco Calabro settentrionale e la Stretta di Catanzaro. Quest'area è interessata da un importante sistema tettonico regionale caratterizzato da un sistema di faglia orientato NW-SE a prevalente componente trascorrente sinistra (VanDijk et al., 2000; Tansi et al., 2006). In particolare, il territorio comunale di Cicala è attraversato dalla cosiddetta Sellia - Decollatura Fault Zone (VanDijk et al., 2000). Il sistema di faglia Sellia - Decollatura rappresenta il principale sistema di controllo tettonico strutturale e stratigrafico attivo secondo gli autori anche nel Quaternario. L'analisi del catalogo ITHACA "Italy HAZard from CAPable faults" delle faglie capaci non riporta nell'area di studio la presenza di strutture tettoniche sismogenetiche e capaci di generare dislocazione in superficie. Le faglie del Catalogo ITHACA si collocano a circa 7 km a sud rispetto al centro abitato.

In corrispondenza del sito d'interesse progettuale affiora il litotipo sf ricoperto dalle alluvioni del Torrente Sant'Elia fissate dalla vegetazione (af). In sinistra idrografica del ponte all'interno del litotipo sf è presente una vena di calcari cristallini e marmorei (cc).

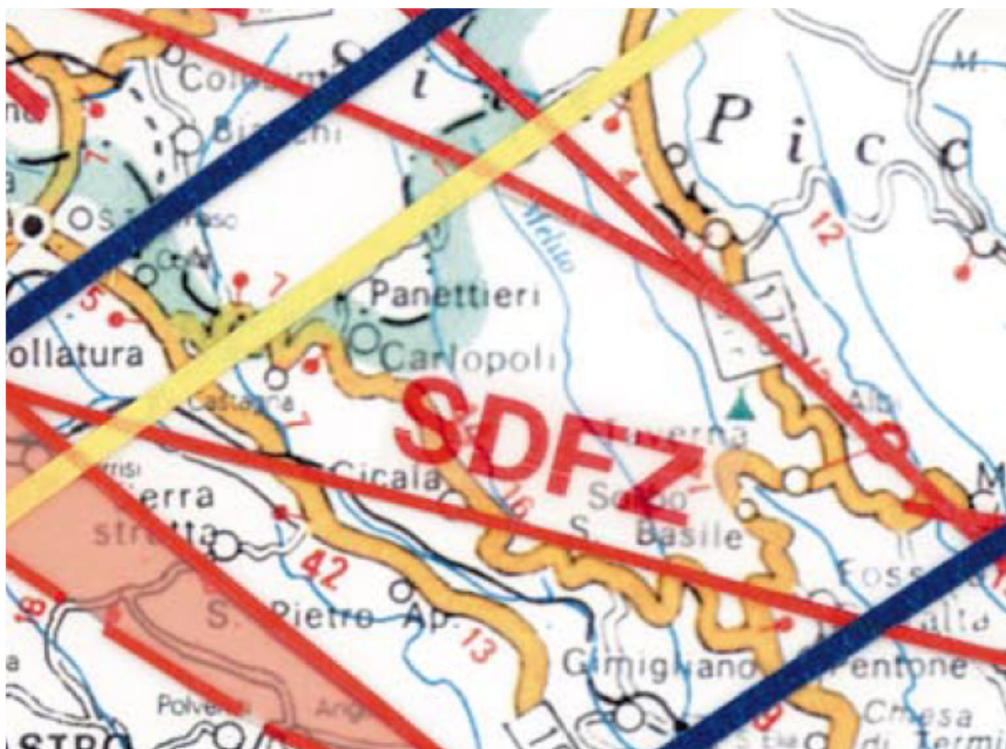


Figura 9 - Stralcio della carta tettonica schematica della Calabria settentrionale di Van Dijk et al. (2000) con ubicazione della Sellia - Decollatura Fault Zone (SDFZ).

5.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento indicate nella tabella 3.2.II, di cui al punto 3.2.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche, capitolo 3 Azioni sulle costruzioni del D.M. 14/01/2018. Sono state definite cinque classi di terreni (A, B, C, D, E) identificabili in base ai valori della velocità equivalente (V_{SE}) di propagazione delle onde di taglio nel sistema sottosuolo.

Nel sito di interesse progettuale sono state eseguite due indagini sismiche di tipo MASW, rispettivamente in corrispondenza della spalla in destra e sinistra idrografica del ponte.

Di conseguenza, il calcolo del V_s -Equivalente eseguito le indicazioni previste dalla vigente normativa ha restituito i seguenti risultati (Tabella 5):

Tabella 5 - Sintesi dei parametri normativi dell'approccio semplificato per la categoria di sottosuolo

SITO	SX IDROGRAFICA	DX IDROGRAFICA
V_{SE} (M/s)	419,79	872
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	B	A

Categoria di sottosuolo "A" - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

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

5.3 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Il sito oggetto dell'intervento è ubicato nell'alveo del Torrente Sant'Elia, posto ad una quota di circa 755m slm. Pertanto sulla base della classificazione riportata in tabella 3.2.IV, di cui al punto 3.2.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche è possibile classificare il terreno con la **Categoria Topografia T1**, ossia come superficie pianeggiante, pendii isolati con inclinazione media minore/uguale a 15° .

Categoria Caratteristiche della superficie topografica (NTC 2018):

T1 Superficie pianeggiante, pendii isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

T2 Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$

T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$

6 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

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 il periodo di riferimento;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito 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.

6.1 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel DM 17 gennaio 2018-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

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

dove:

- V_R = periodo di riferimento
- V_N = vita nominale
- C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, 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.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tabella 6. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tabella 6 - Valori minimi della vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		VALORI MINIMI DI V_N (ANNI)
1	COSTRUZIONI TEMPORANEE E PROVVISORIE	10
2	COSTRUZIONI CON LIVELLI DI PRESTAZIONI	50
3	COSTRUZIONI CON LIVELLI DI PRESTAZIONI ELEVATI	100

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 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

- *Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $CU = 0.7$;*
- *Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $CU = 1.0$;*
- *Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $CU = 1.5$;*
- *Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $CU = 2.0$;*

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

Ricavati i valori di V_N e CU , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni}$$

6.2 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 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.*

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento PVR (Tabella 7), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (TR = periodo di ritorno).

Tabella 7 - Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

STATO LIMITE DI ESERCIZIO: OPERATIVITÀ	SLO	PVR = 81%
STATO LIMITE DI ESERCIZIO: DANNO	SLD	PVR = 63%
STATI LIMITE ULTIMO: SALVAGUARDIA DELLA VITA	SLV	PVR = 10%
STATI LIMITE ULTIMO: DI PREVENZIONE DEL COLLASSO	SLC	PVR = 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:

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

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:

Tabella 8 - Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

STATO LIMITE DI ESERCIZIO: OPERATIVITÀ	SLO	TR = 30
STATO LIMITE DI ESERCIZIO: DANNO	SLD	TR = 50
STATI LIMITE ULTIMO: SALVAGUARDIA DELLA VITA	SLV	TR = 475
STATI LIMITE ULTIMO: DI PREVENZIONE DEL COLLASSO	SLC	TR = 975

6.3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV [HTTP://ESSE1-GIS.MI.INGV.IT/](http://ESSE1-GIS.MI.INGV.IT/), nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC08:

- a_g = accelerazione orizzontale massima;
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo ad " a_g " il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

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

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella, contenuta nell'Allegato B delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 10), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

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

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

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

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

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

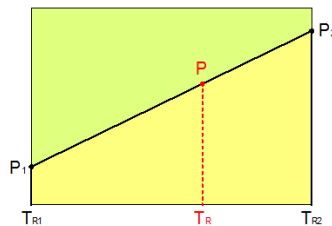


Figura 10 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle ntc08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 11

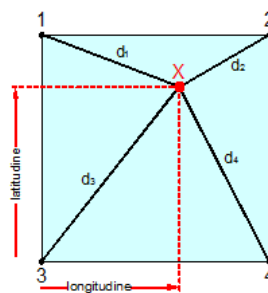


Figura 11 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

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:

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

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre lat-alfa , lon-alfa , 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.

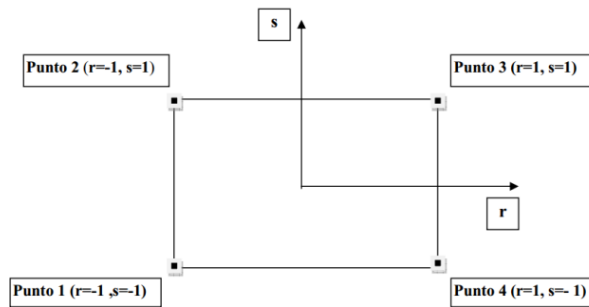


Figura 12 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

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

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

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

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

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

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

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

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

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri $ag, F0, Tc^*$ dall'equazione:

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

Dove P rappresenta il parametro cercato.

7 PERICOLOSITÀ 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).

7.1 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 (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} 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 V_R non può essere inferiore a 35 anni.

7.2 STABILITÀ DEI PENDII E FONDAZIONI

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

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 Tabella 9.

Tabella 9 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	
	A	B, C, D, E
	BS	BS
$0.2 < AG(G) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < AG(G) \leq 0.2$	0.27	0.24
$AG(G) \leq 0.1$	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.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

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). e del rapporto a_g/g . ST (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

- T1: $ST = 1.0$;
- T2: $ST = 1.20$;
- T3: $ST = 1.20$;
- T4: $ST = 1.40$.

8 CALCOLO DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

8.1 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

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 (Figura 13)

LATITUDINE (WGS84): 39.037173 [°]

LONGITUDINE (WGS84): 16.481110 [°]

LATITUDINE (ED50): 39.038193 [°]

LONGITUDINE (ED50): 16.481910 [°]

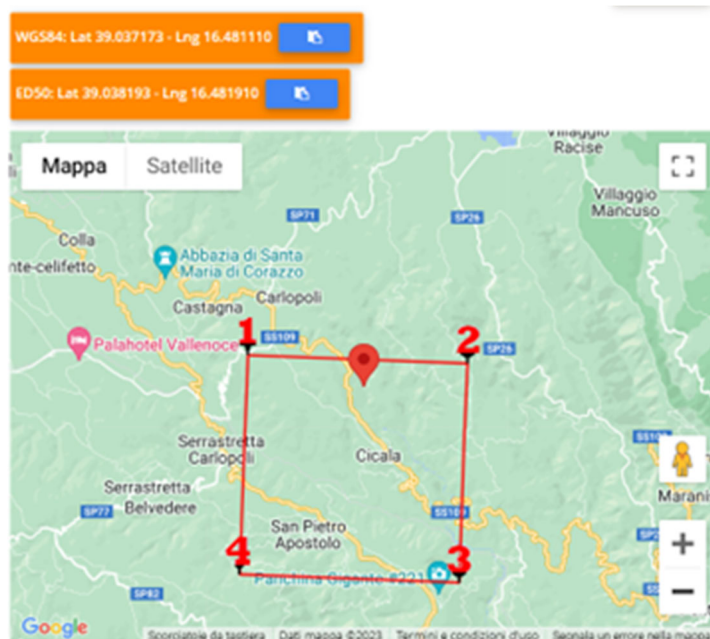


Figura 13 - Ubicazione geografica del punto in esame e inquadramento nella maglia sismica nazionale (nella figura vengono riportati i vertici della stessa).

Di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per il punto di interesse progettuale.

STATO LIMITE	TR [ANNI]	AG [G]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.071	2.298	0.280
SLD	50	0.095	2.280	0.298
SLV	475	0.272	2.435	0.371
SLC	975	0.362	2.483	0.395

8.2 CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI

SPONDA IN DX IDROGRAFICA

CATEGORIA SOTTOSUOLO: A

CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1

STABILITÀ DI PENDII E FONDAZIONI

COEFFICIENTI	SLO	SLD	SLV	SLC
KH	0.014	0.019	0.081	0.109
KV	0.007	0.009	0.041	0.054
AMAX [M/S ²]	0.700	0.929	2.663	3.554
BETA	0.200	0.200	0.300	0.300

SPONDA IN SX IDROGRAFICA

CATEGORIA SOTTOSUOLO: B

CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1

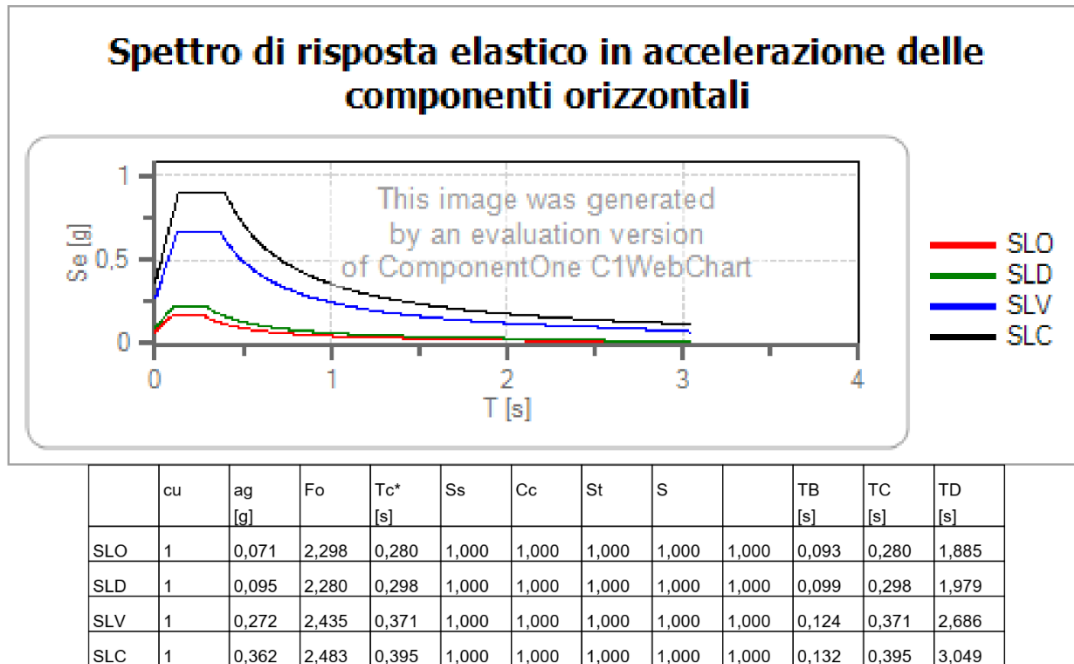
STABILITÀ DI PENDII E FONDAZIONI

COEFFICIENTI	SLO	SLD	SLV	SLC
KH	0.017	0.023	0.087	0.106
KV	0.009	0.011	0.043	0.053
AMAX [M/S ²]	0.840	1.114	3.036	3.696
BETA	0.200	0.200	0.280	0.280

8.3 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI

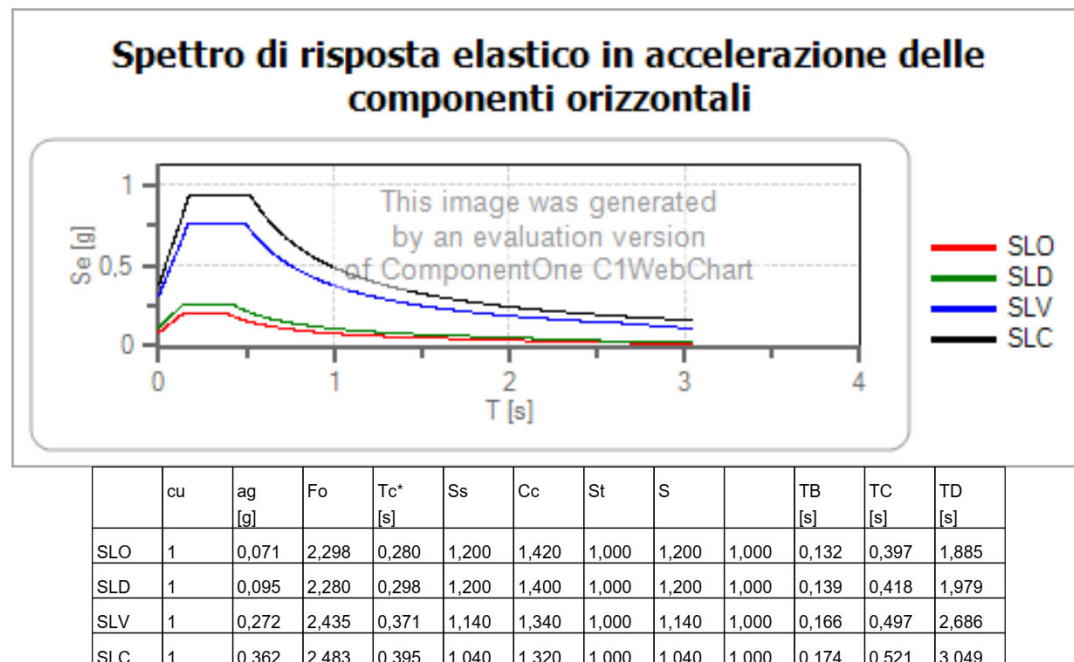
SPONDA IN DX IDROGRAFICA

- COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO VISCOSO = 5 %
- FATTORE DI ALTERAZIONE DELLO SPETTRO ELASTICO = 1.000



SPONDA IN SX IDROGRAFICA

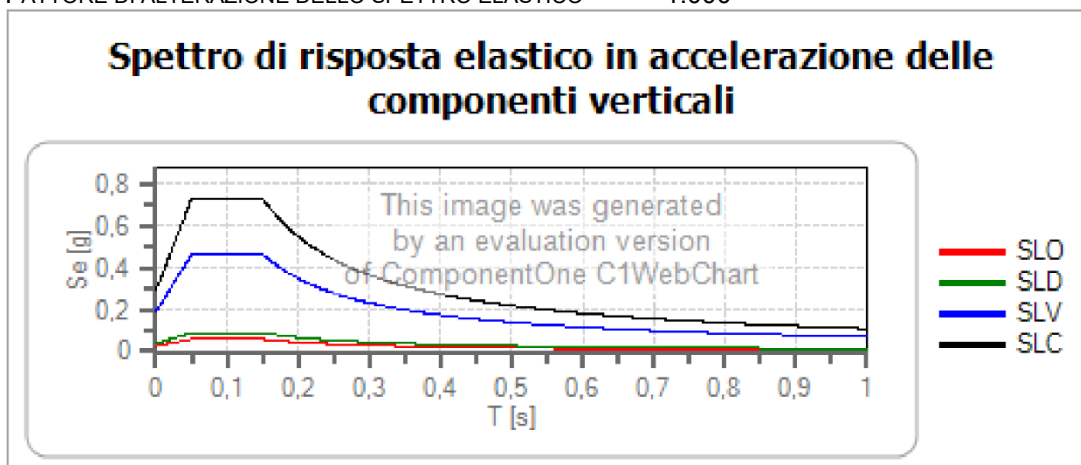
- COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO VISCOSO = 5 %
- FATTORE DI ALTERAZIONE DELLO SPETTRO ELASTICO = 1.000



8.4 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI

SPONDA IN DX IDROGRAFICA

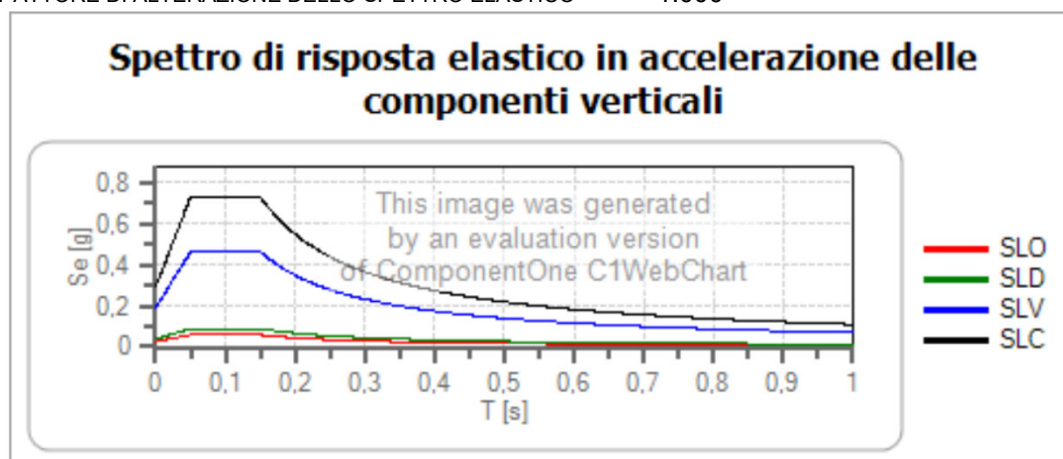
- COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO VISCOSO = 5 %
- FATTORE DI ALTERAZIONE DELLO SPETTRO ELASTICO = 1.000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,071	2,298	0,280	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,095	2,280	0,298	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,272	2,435	0,371	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,362	2,483	0,395	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

SPONDA IN SX IDROGRAFICA

- COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO VISCOSO = 5 %
- FATTORE DI ALTERAZIONE DELLO SPETTRO ELASTICO = 1.000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,071	2,298	0,280	1,000	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,095	2,280	0,298	1,000	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,272	2,435	0,371	1,000	1,340	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,362	2,483	0,395	1,000	1,320	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

9 CONCLUSIONI

Il presente studio è stato condotto al fine di definire le principali caratteristiche sismiche del sito (ED50: Lat. 39.038193, Long. 16.481910).

Nel dettaglio:

- il terreno di fondazione è stato classificato in Categoria B in sx idrografica e A in dx idrografica;
- il sito investigato ricade in Categoria topografica T1.
- considerata la natura del terreno di fondazione, costituito da basamento metamorfico (scisti e gneiss) e alluvioni grossolane, si esclude la possibilità del verificarsi di fenomeni di liquefazione.

Rende, 26/01/2023

Il Geologo

Dr.ssa Paola Angela Basta

O.R.G.C. n.1049



E3 Società Cooperativa

Via Ponte P. Bucci, snc - 87036 RENDE (CS)

e3coop@gmail.com

e3@pec.confcooperative.it

Partita IVA: 03412270781