

PROGETTO ESECUTIVO

CUP C39B18000060006

CIG 7690329440

RIF. PERIZIA

P.3062

TITOLO PROGETTO

NUOVA DIGA FORANEA DEL PORTO DI GENOVA AMBITO BACINO SAMPIERDARENA

DISCIPLINA	DESCRIZIONE
GL	GEOLOGIA E GEOTECNICA

ELAB. N°	TITOLO ELABORATO	SCALA
G-0007	RELAZIONE SISMICA	-

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VISTO	APPROVATO
00	30/12/2022	PRIMA EMISSIONE	P. Buiatti/M. Ferro	L. Masiero	T. Tassi
01	20/03/2023	EMISSIONE PER AGGIORNAMENTO (*)	P. Buiatti/M. Ferro	L. Masiero	T. Tassi
02	10/04/2023	SECONDA EMISSIONE	P. Buiatti/M. Ferro	L. Masiero	T. Tassi
03	19/05/2023	EMISSIONE PER OTTEMPERANZA	P. Buiatti/F. Monisso	L. Masiero	T. Tassi

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	NOME FILE
P3062	GL-G-0007	P3062_E-GL-G-0007_03.pdf

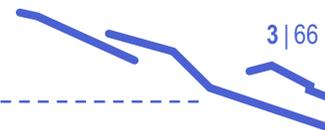
CONSORZIO IMPRESE	PROGETTISTI	PROGETTAZIONE	
 (Mandataria)  (Mandante)	 (Mandante)  (Mandante)	 (Mandataria)  (Mandante)	 ingegneria ing. Tommaso Tassi

D.E.C.	VERIFICATORE	PMC	R.U.P.
Ing. Alessandra Mariotti	ITS Controlli Tecnici SpA	RINA Consulting S.p.A.	Ing. Marco Vaccari
.....

Sommario

1	PREMESSA	6
1.1	AGGIORNAMENTO DEL DOCUMENTO	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
4	SITI DI RIFERIMENTO	8
5	INQUADRAMENTO SISMICO	9
5.1	Rischio sismico	9
5.2	Classificazione sismica dell'area	12
5.3	Mappe di pericolosità sismica	16
5.4	Zonazione sismogenica	24
5.5	Catalogo ITHACA	30
5.6	Sismicità storica dell'area	34
5.6.1	Catalogo CPTI15 e DBMI15	34
5.6.2	Catalogo NTC4.1.1.....	41
5.6.3	Banca dati GNDT 1996	44
5.6.4	Catalogo ITACA ed Engineering Strong-Motion database (ESM)	47
5.6.5	Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI)	51
6	AZIONI SISMICHE DI PROGETTO DA NORMATIVA	53
6.1	Vita utile dell'opera e periodo di riferimento	53
6.2	Stati limite e relative probabilità di superamento	57
6.3	Intensità macrosismica	58
6.4	Magnitudo momento	58
6.5	Categoria di sottosuolo	59
6.6	Condizioni topografiche	60
6.7	Parametri sismici di Progetto	61

6.7.1	Sottosuolo tipo D	61
6.7.2	Risposta sismica locale	64
7	CONCLUSIONI	66



Indice delle figure

Figura 5-1 I maggiori terremoti italiani del secolo	9
Figura 5-2 Costo dei terremoti dal 1968 al 2003.	10
Figura 5-3 - Classificazione sismica del territorio italiano (1984)	13
Figura 5-4 - Classificazione sismica del territorio italiano (Proposta GdL 1998).	13
Figura 5-5 - Classificazione sismica del territorio italiano (OPCM 3274/03).	14
Figura 5-6 - Classificazione sismica del territorio italiano (2015).	14
Figura 5-7 – Classificazione sismica del territorio italiano (2020)	15
Figura 5-8 – Classificazione sismica del territorio italiano (2022)	15
Figura 5-9 - Mappa cromatica pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale (Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b)	16
Figura 5-10 – Mappe di pericolosità sismica accelerazione orizzontale di picco e intensità macrosismica T=475 anni.	17
Figura 5-11 – Confronto scala Richter e Scala Mercalli	17
Figura 5-12 - Mappa interattiva (Pvr =10% ⇒ Tr = 474 anni)	18
Figura 5-13 - Mappa interattiva (Pvr =5% ⇒ Tr = 974 anni)	18
Figura 5-14 - Mappa interattiva (Pvr =2% ⇒ Tr = 2475 anni)	19
Figura 5-15 – PGA con il 10% di probabilità d'eccedenza in 50 anni ^[4]	23
Figura 5-16 - Zonazione sismogenetica ZS.4 – 1996	24
Figura 5-17 - Zonazione sismogenetica ZS.9 – 2004 (http://www.arcgis.com)	25
Figura 5-18 – Localizzazione del sito in esame con le zone sismogenetiche	26
Figura 5-19 - Nuovo database INGV “DISS 3.3.0” – 2021	27
Figura 5-20 – Ubicazione del territorio di Genova sul nuovo database INGV “DISS 3.3.0” – 2021	27
Figura 5-21 – Informazioni parametriche per la componente sismogenetica ITCS022	28
Figura 5-22 - Informazioni parametriche per la componente sismogenetica ITIS130	29
Figura 5-23 – Inquadramento delle faglie capaci (Progetto ITHACA, ISPRA)	31
Figura 5-24 – Informazioni parametriche della faglia capace situata, in mare, di fronte a Sestri Ponente	32
Figura 5-25 – Referenze bibliografiche	33
Figura 5-26 – Mappa degli epicentri dei terremoti del territorio italiano in CPTI15 (Mw – magnitudo momento)	35
Figura 5-27 - Mappa degli epicentri dei terremoti del territorio italiano in DBMI15	36
Figura 5-28 – <i>Distribuzione temporale degli eventi sismici</i>	36
Figura 5-29 - Quadro sinottico degli eventi sismici nel tempo	40
Figura 5-30- Ubicazione terremoti nei dintorni di Genova	40
Figura 5-31 – Distribuzione dei dati per regione	44
Figura 5-32 – Mappa delle massime intensità sismiche osservate nei comuni italiani	45
Figura 5-33 – Mappa degli eventi sismici presenti nel catalogo ITACA	47
Figura 5-34 – Informazioni parametriche dell'evento sismico del 07.01.2013	48
Figura 5-35 – Mappa degli eventi sismici registrati in mare secondo il catalogo ITACA	48
Figura 5-36 – Informazioni parametriche dell'evento più rilevante registrato in mare secondo catalogo ITACA	49
Figura 5-37 – Mappa degli eventi sismici registrati in zona secondo catalogo ESM	49

Figura 5-38 – Informazioni parametriche dell'evento del 22.09.2022	50
Figura 5-39 – Mappa degli eventi sismici registrati nel catalogo ASMI	51
Figura 5-40 – Informazioni parametriche dell'evento sismico del 10.08.1536	52
Figura 5-41 – Informazioni parametriche dell'evento sismico del 21.09.1924	52
Figura 6-1 – Parametri sismici sito specifici con categoria di sottosuolo di tipo “D” (https://geoapp.eu/parametrisismici2018/)	55
Figura 6-2 – Parametri sismici sito specifici con categoria di sottosuolo di tipo “E” (https://geoapp.eu/parametrisismici2018/)	56
Figura 6-3 – Correlazioni tra I e PGA	58
Figura 6-4 – Grafico dello spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Operatività (SLO)	61
Figura 6-5 – Grafico dello spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Danno (SLD)	62
Figura 6-6 – Grafico dello spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)	63
Figura 6-6 – Spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) - punto di controllo P15, sezione T1.	64
Figura 6-6 – Spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) - punto di controllo P17, sezione T1.	64
Figura 6-6 – Spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) - punto di controllo P18, sezione T6.	65

Indice delle tabelle

Non è stata trovata alcuna voce dell'indice delle figure.

1 PREMESSA

Il presente elaborato è stato redatto nell'ambito dello studio esecutivo per la realizzazione della nuova diga foranea del porto di Genova (Bacino di Sampierdarena).

Questo studio fornisce un inquadramento sismico dell'area mediante l'analisi dei vari cataloghi e delle banche dati sismiche. Inoltre, vengono analizzate le azioni sismiche di progetto da normativa.

A supporto del presente elaborato, per un maggior dettaglio, è stato condotto inoltre uno studio di *Risposta Sismica Locale* alla quale si rimanda per qualsiasi approfondimento sito specifico.

1.1 AGGIORNAMENTO DEL DOCUMENTO

Il presente documento viene integrato:

- Rev1: nel capitolo 5.3, 5.5, 5.6, 6.1, 6.5 e 6.7 in riscontro all'istruttoria P0027010-2-H17.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

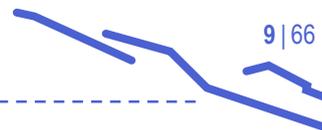
- D.M. del 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare Min. n°7 del 21.01.2019 “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni»” di cui al decreto ministeriale 17.01.2018.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] Meletti C., Valensise G., marzo 2004, “Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo”, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

4 SITI DI RIFERIMENTO

- [2] http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ogs_int.html
[3] <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>
[4] Layout 6 (earth-prints.org)
[5] <http://diss.rm.ingv.it/diss/>
[6] Viewer Progetto ITHACA (isprambiente.it)
[7] <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>
[8] http://emidius.mi.ingv.it/DOM/consult_loc.html
[9] Itaca - ITalian ACcelerometric Archive (ingv.it)
[10] ESM - Engineering Strong Motion database (esm-db.eu)
[11] Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (ingv.it)
[12] <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>



5 INQUADRAMENTO SISMICO

5.1 Rischio sismico

L'Italia è uno dei Paesi a maggiore rischio sismico del Mediterraneo, per la frequenza dei terremoti che hanno storicamente interessato il suo territorio e per l'intensità che alcuni di essi hanno raggiunto, determinando un impatto sociale ed economico rilevante. La sismicità della Penisola italiana è legata alla sua particolare posizione geografica, perché è situata nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica ed è sottoposta a forti spinte compressive, che causano l'accavallamento dei blocchi di roccia.

In 2500 anni, l'Italia è stata interessata da più di 30.000 terremoti di media e forte intensità superiore al IV-V grado della scala Mercalli) e da circa 560 eventi sismici di intensità uguale o superiore all'VIII grado della scala Mercalli (in media uno ogni 4 anni e mezzo). Solo nel XX secolo, ben 7 terremoti hanno avuto una magnitudo uguale o superiore a 6.5 (con effetti classificabili tra il X e XI grado Mercalli). La sismicità più elevata si concentra nella parte centro-meridionale della penisola - lungo la dorsale appenninica (Val di Magra, Mugello, Val Tiberina, Val Nerina, Aquilano, Fucino, Valle del Liri, Beneventano, Irpinia) - in Calabria e Sicilia, ed in alcune aree settentrionali, tra le quali il Friuli, parte del Veneto e la Liguria occidentale.

Data	Area epicentrale	Intensità (MCS)	Magnitudo (Maw)	Vittime
8 settembre 1905	Calabria	XI	7.1	557
23 ottobre 1907	Calabria meridionale	VIII-IX	5.9	167
28 dicembre 1908	Reggio C. - Messina	XI	7.2	85.926
7 giugno 1910	Irpinia - Basilicata	VIII-IX	5.9	50 ca.
15 ottobre 1911	Area etnea	X	5.3	13
8 maggio 1914	Area etnea	IX	5.3	69
13 gennaio 1915	Marsica (Abruzzo)	XI	7.0	32.610
26 aprile 1917	Val Tiberina	IX	5.8	20 ca.
29 giugno 1919	Mugello	IX	6.2	100 ca.
7 settembre 1920	Garfagnana	IX-X	6.5	171
27 marzo 1928	Carnia (Friuli)	VIII-IX	5.7	11
23 luglio 1930	Alta Irpinia	X	6.7	1404
30 ottobre 1930	Senigallia	IX	5.9	18
26 settembre 1933	Maiella	VIII-IX	5.7	12
18 ottobre 1936	Veneto-Friuli	IX	5.9	19
21 agosto 1962	Irpinia	IX	6.2	17
15 gennaio 1968	Valle del Belice	X	6.1	296
6 maggio 1976	Friuli	IX-X	6.4	965
23 novembre 1980	Irpinia-Basilicata	X	6.9	2734
26 settembre 1997	Umbria-Marche	VIII-IX	6.1	11

Figura 5-1 I maggiori terremoti italiani del secolo

I terremoti che hanno colpito la Penisola hanno causato danni economici consistenti, valutati per gli ultimi quarant'anni in circa 135 miliardi di euro, che sono stati impiegati per il ripristino e la ricostruzione post-evento. A ciò si devono aggiungere le conseguenze non traducibili in valore economico sul patrimonio storico, artistico, monumentale.

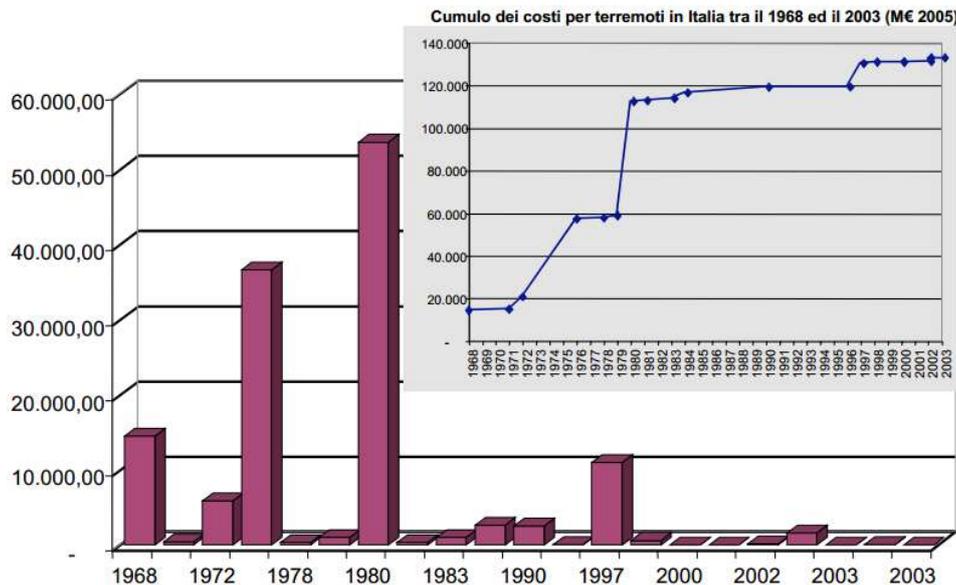


Figura 5-2 Costo dei terremoti dal 1968 al 2003.

In Italia, il rapporto tra i danni prodotti dai terremoti e l'energia rilasciata nel corso degli eventi è molto più alto rispetto a quello che si verifica normalmente in altri Paesi ad elevata sismicità, quali la California o il Giappone. Ad esempio, il terremoto del 1997 in Umbria e nelle Marche ha prodotto un quadro di danneggiamento (senza tetto: 32.000; danno economico: circa 10 miliardi di euro) confrontabile con quello della California del 1989 (14.5 miliardi di \$ USA), malgrado fosse caratterizzato da un'energia circa 30 volte inferiore. Ciò è dovuto principalmente all'elevata densità abitativa e alla notevole fragilità del nostro patrimonio edilizio.

La sismicità (frequenza e forza con cui si manifestano i terremoti) è una caratteristica fisica del territorio, al pari del clima, dei rilievi montuosi e dei corsi d'acqua. Conoscendo la frequenza e l'energia (magnitudo) associate ai terremoti che caratterizzano un territorio ed attribuendo un valore di probabilità al verificarsi di un evento sismico di una certa magnitudo, in un certo intervallo di tempo, possiamo definire la sua pericolosità sismica. Un territorio avrà una pericolosità sismica tanto più elevata quanto più probabile sarà, a parità di intervallo di tempo considerato, il verificarsi di un terremoto di una certa magnitudo.

Le conseguenze di un terremoto, tuttavia, non sono sempre gravi: molto dipende dalle caratteristiche di resistenza delle costruzioni alle azioni di una scossa sismica.

Questa caratteristica, o meglio la predisposizione di una costruzione ad essere danneggiata da una scossa sismica, si definisce vulnerabilità. Quanto più un edificio è vulnerabile (per tipologia, progettazione inadeguata,

Data	Paese	Morti	Magnitudo
31/05/1970	Peru	66.000	7,8
09/02/1971	California, S.Fernando	65	6,5
23/12/1972	Nicaragua, Managua	5.000	6,2
04/02/1976	Guatemala	22.000	7,9
06/05/1976	Italy, Friuli	965	6,4
27/07/1976	Cina, Tangshan	250.000	7,6
04/03/1977	Romania, Vrancea	2.000	7,2
10/10/1980	Algeria, El Asnam	3.500	7,7
23/11/1980	Italy, Irpinia	2.734	6,9
11/06/1981	Southern Iran	3.000	6,9
13/12/1982	Yemen	2.800	6,0
19/09/1985	Mexico, Michoacan	9.500	7,9
07/12/1988	Turkey	25.000	7,0
17/10/1989	California, Loma Prieta	62	7,1
20/06/1990	Iran	50.000	7,7
17/01/1994	California, Northridge	57	6,7
17/01/1995	Japan, Kobe	5.466	7,2
26/09/1997	Umbria-Marche	11	5,8
17/08/1999	Turkey, Izmit	17.000	7,4
20/09/1999	Taiwan	2295	7,6
26/01/2001	India	20.000	7,6
21/05/2003	Algeria	2250	6,7
26/12/2003	Iran, Bam	25.000	6,6
23/10/2004	Japan, Niigata	36	6,8
26/12/2004	Sumatra	290.000	9,0
15/08/2007	Perù, Pisco	500	8,0
12/05/2008	China, Wenchuan	Oltre 70.000	8,0

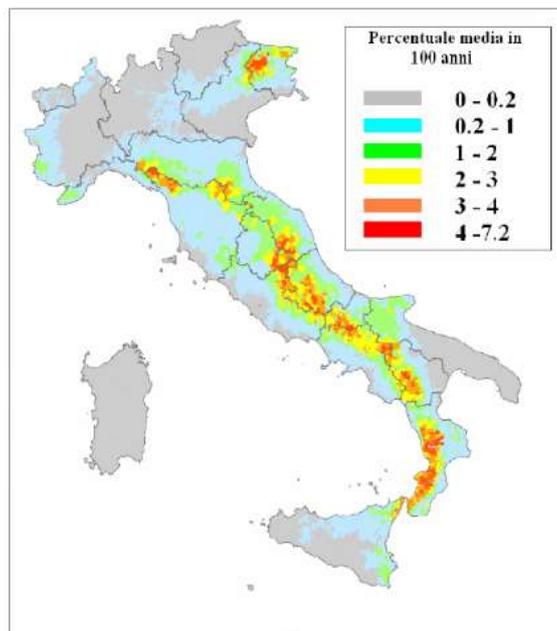
scadente qualità dei materiali e modalità di costruzione, scarsa manutenzione), tanto maggiori saranno le conseguenze che ci si deve aspettare in seguito alle oscillazioni cui la struttura sarà sottoposta.

Infine, la maggiore o minore presenza di beni a rischio e, dunque, la conseguente possibilità di subire un danno (economico, in vite umane, ai beni culturali, ecc..), viene definita esposizione (di vite umane, beni economici, beni culturali). Il rischio sismico è determinato da una combinazione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione ed è la misura dei danni che, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti), ci si può attendere in un dato intervallo di tempo. In Italia, possiamo attribuire alla pericolosità sismica un livello medio-alto, per la frequenza e l'intensità dei fenomeni che si susseguono. La Penisola italiana, però, rispetto ad altri Paesi, come la California o il Giappone, nei quali la pericolosità è anche maggiore, ha una vulnerabilità molto elevata, per la notevole fragilità del suo patrimonio edilizio, nonché del sistema infrastrutturale, industriale, produttivo e delle reti dei servizi. Il terzo fattore, l'esposizione, si attesta su valori altissimi, in considerazione dell'alta densità abitativa e della presenza di un patrimonio storico, artistico e monumentale unico al mondo. In questo senso è significativo l'evento del 1997 in Umbria e Marche, che ha fortemente danneggiato circa 600 chiese e, emblematicamente, la Basilica di S. Francesco d'Assisi.

L'Italia è dunque un Paese ad elevato rischio sismico, inteso come perdite attese a seguito di un terremoto, in termini di vittime, danni alle costruzioni e conseguenti costi diretti e indiretti.

Probabilità di crolli

Mappa della probabilità di crolli per comune espressa in percentuale media in 100 anni (dati sulle abitazioni del censimento 2001). I valori riportati nella figura rappresentano la percentuale di edifici soggetti a possibili lesioni o parziali crolli a causa di eventi sismici.



Fonte: Dipartimento della Protezione Civile - www.protezionecivile.it

5.2 Classificazione sismica dell'area

Il panorama legislativo in materia sismica è stato profondamente trasformato dalle recenti normative nazionali ovvero dall'OPCM n°3274/2003 che è entrata in vigore dal 25 ottobre 2005, data coincidente con la pubblicazione della prima stesura delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 settembre 2005) e dalla successiva OPCM n°3519/2006.

La riclassificazione sismica del territorio nazionale prevede che tutto il territorio sia classificato sismico sulla base della Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi.

In relazione alla pericolosità sismica, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità in funzione a quattro differenti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo a_{g475} , ossia quella riferita al 50° percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta. Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_{g475} \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media, dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_{g475} < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_{g475} < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa. La zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_{g475} < 0,05g$

Si riporta tabella di riepilogo con classificazione sismica dell'area oggetto di studio a partire dal 1984 fino al 2022.

Provincia	Comune	Codice Istat	Classificazione					
			Decreti fino al 1984	Proposta GdL 1998	O.P.C.M 3274/03	Aggiornamento al 2015	Aggiornamento al 2020	Aggiornamento al 2022
GENOVA	GENOVA	10025	N.C.	N.C.	4	4	3	3

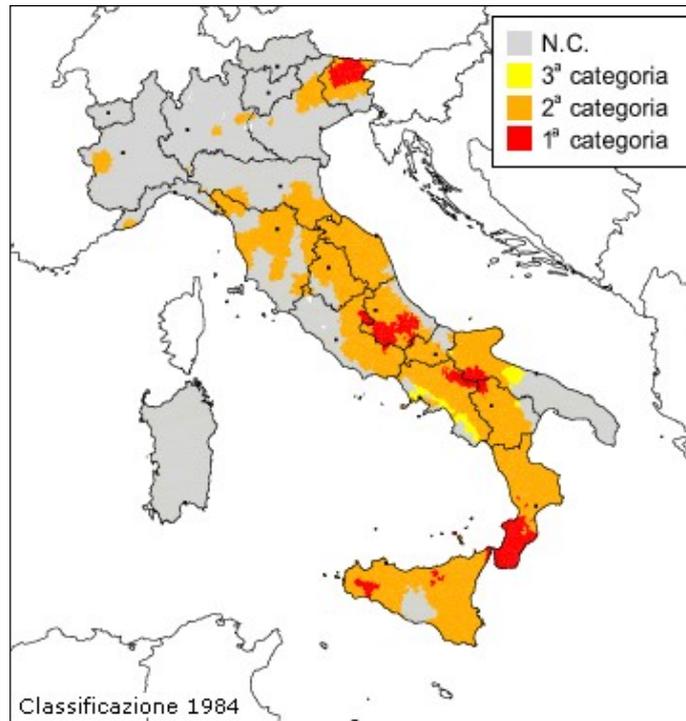


Figura 5-3 - Classificazione sismica del territorio italiano (1984)

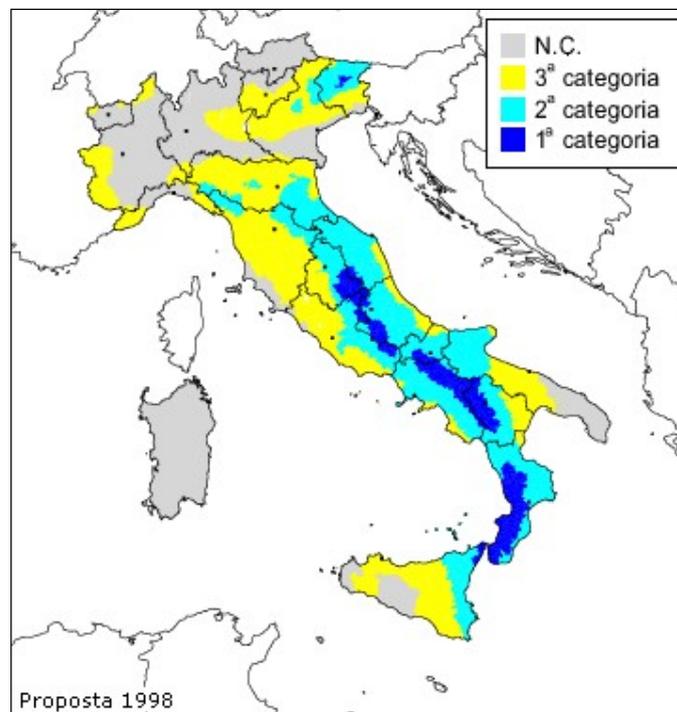


Figura 5-4 - Classificazione sismica del territorio italiano (Proposta GdL 1998).

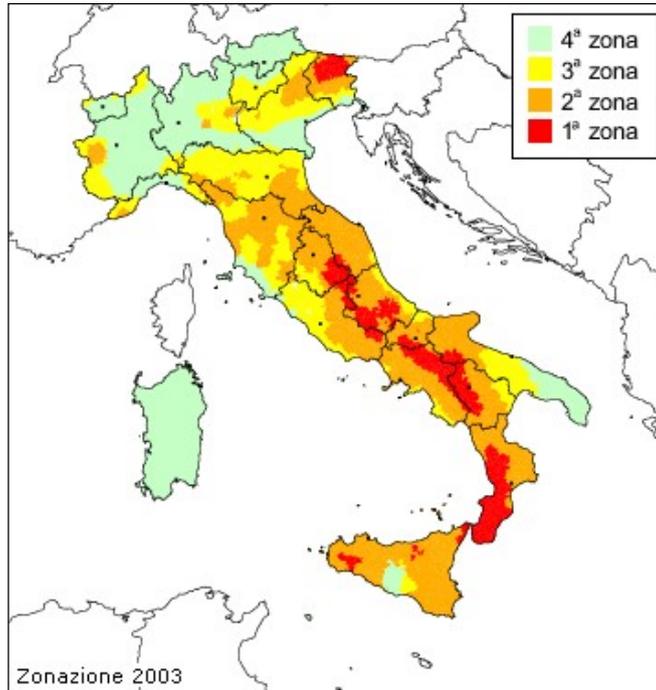


Figura 5-5 - Classificazione sismica del territorio italiano (OPCM 3274/03).

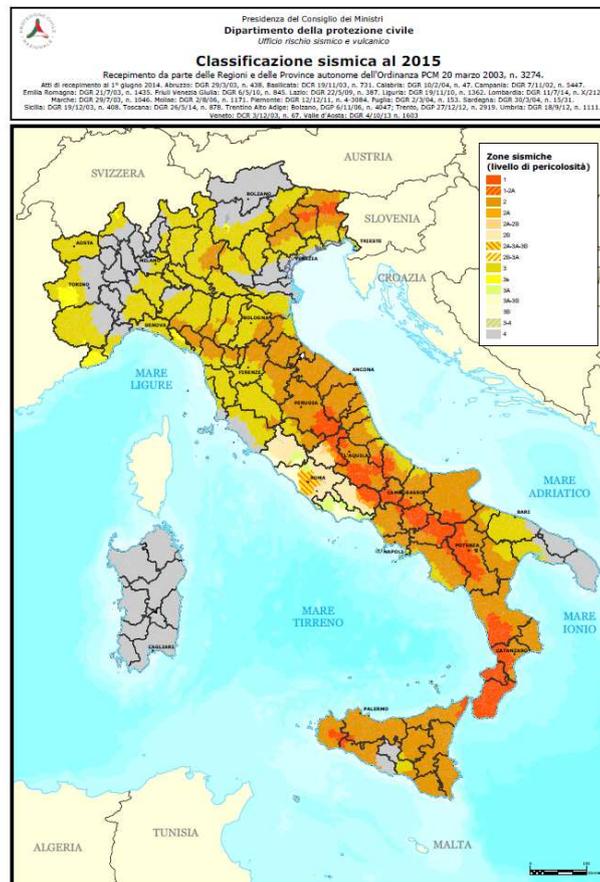


Figura 5-6 - Classificazione sismica del territorio italiano (2015).

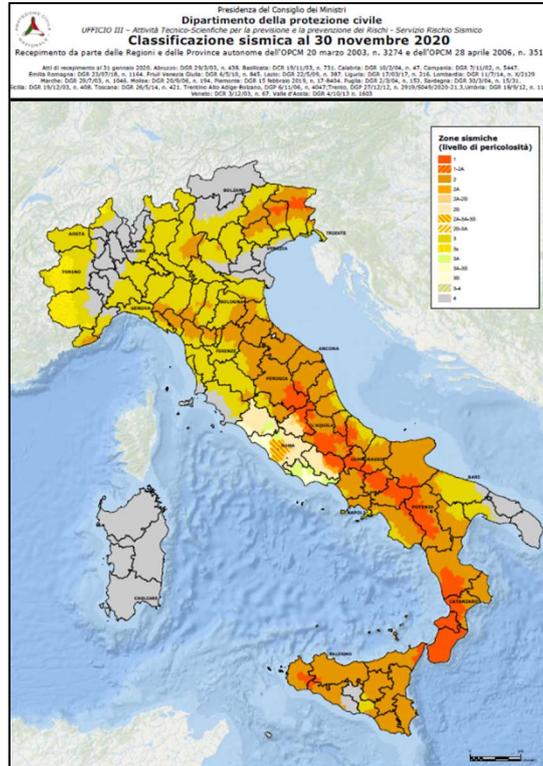


Figura 5-7 – Classificazione sismica del territorio italiano (2020)

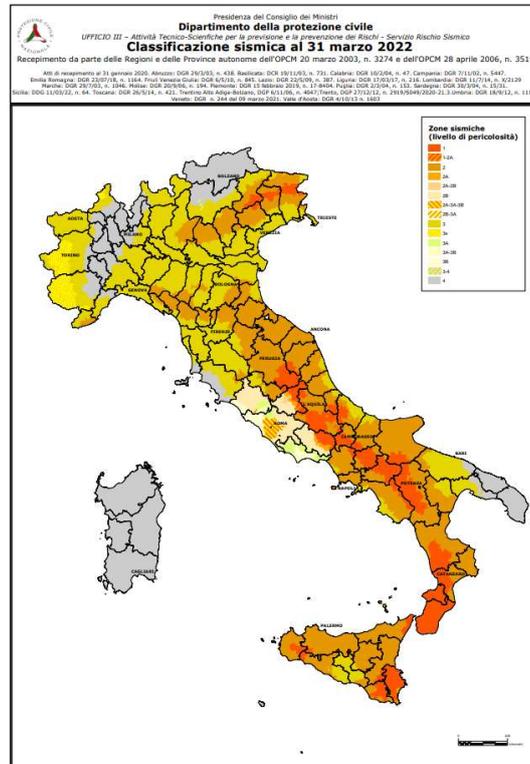


Figura 5-8 – Classificazione sismica del territorio italiano (2022)

5.3 Mappe di pericolosità sismica

Dal sito INGV è possibile consultare la mappa di pericolosità sismica del territorio italiano (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n°3519, All.1b) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

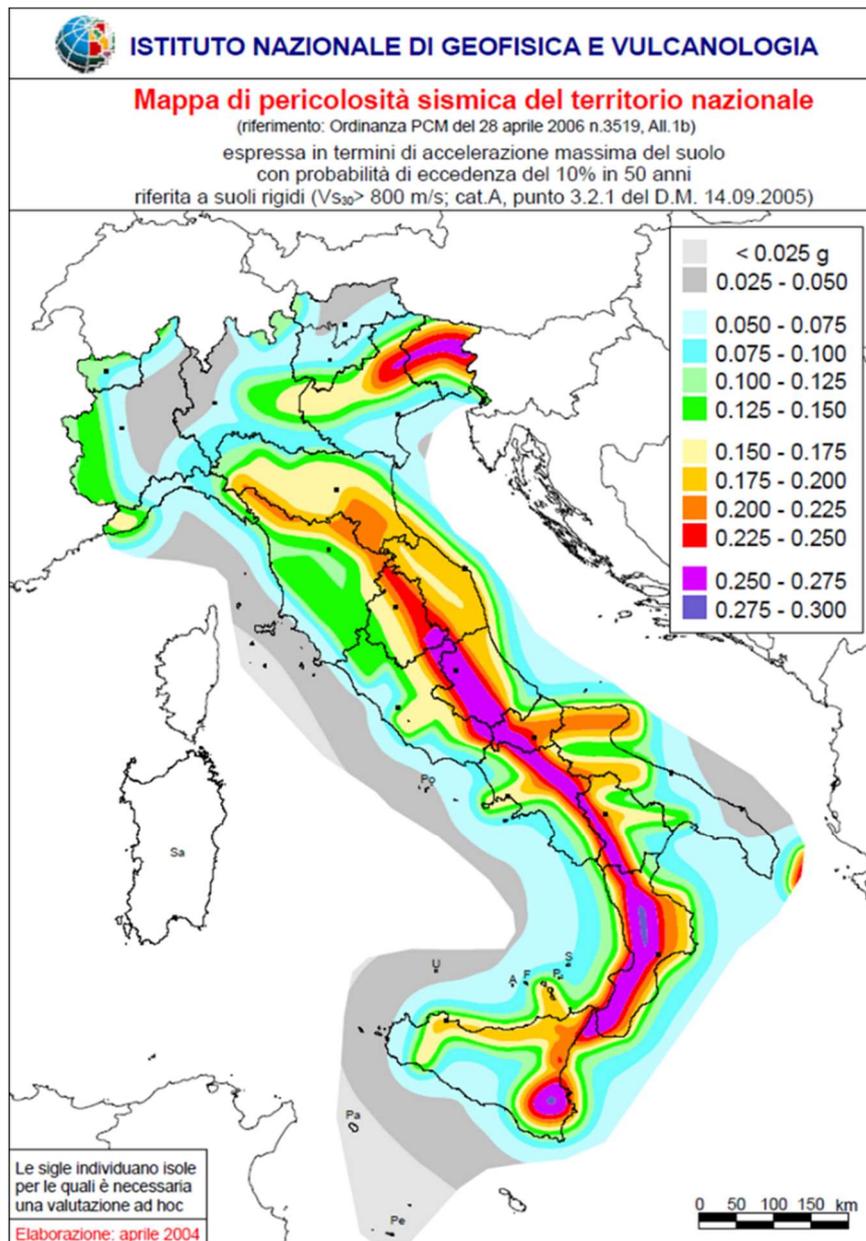


Figura 5-9 - Mappa cromatica pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale (Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b)

Dal sito http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ogs_int.html è possibile consultare le mappe di pericolosità sismiche del territorio italiano in termini di accelerazione orizzontale di picco ($T = 475$ anni) ed in termini di intensità macrosismica (MCS scale).

Il gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) è uno dei Gruppi Nazionali di ricerca scientifica di cui si avvale il Servizio Nazionale della Protezione Civile (Legge 24 febbraio 1992, n° 225, art. 17).

Di seguito si riportano le mappe di pericolosità sismica in Italia.

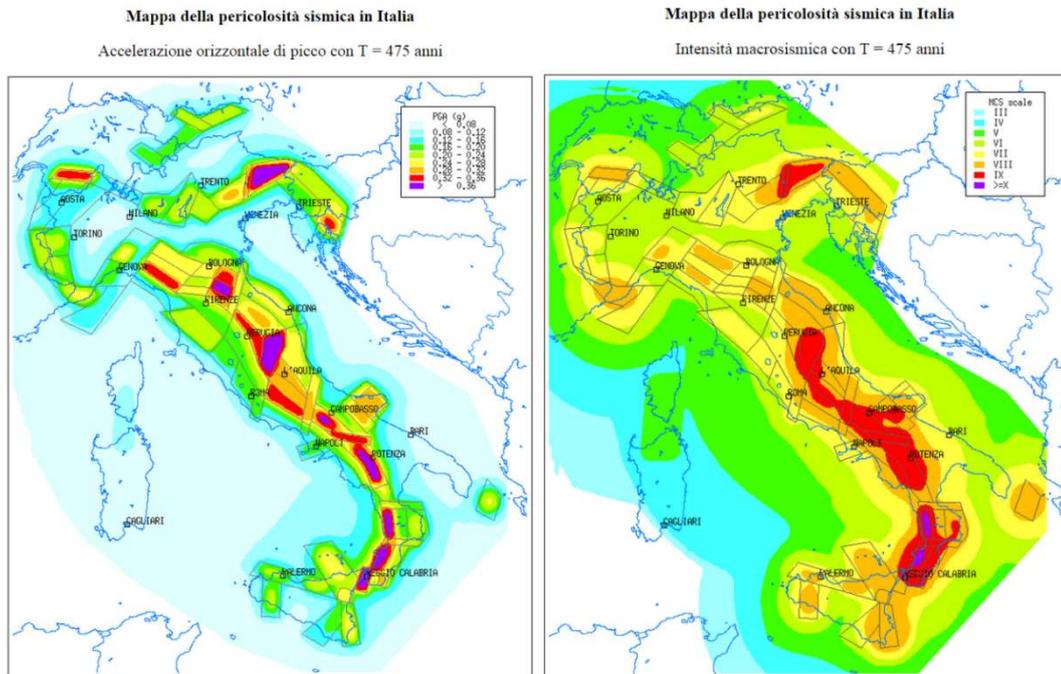


Figura 5-10 – Mappe di pericolosità sismica accelerazione orizzontale di picco e intensità macrosismica T=475 anni.

magnitudo Richter	energia joule	grado Mercalli
< 3.5	< 1.6 E+7	I
3.5	1.6 E+7	II
4.2	7.5 E+8	III
4.5	4 E+9	IV
4.8	2.1 E+10	V
5.4	5.7 E+11	VI
6.1	2.8 E+13	VII
6.5	2.5 E+14	VIII
6.9	2.3 E+15	IX
7.3	2.1 E+16	X
8.1	> 1.7 E+18	XI
> 8.1	.	XII

Figura 5-11 – Confronto scala Richter e Scala Mercalli

Dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> è inoltre possibile, per il comune interessato, consultare le mappe interattive di pericolosità sismica; di seguito si riportano degli estratti della mappa interattiva considerando rispettivamente una probabilità di eccedenza del 10%, del 5%, del 2% in 50 anni.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

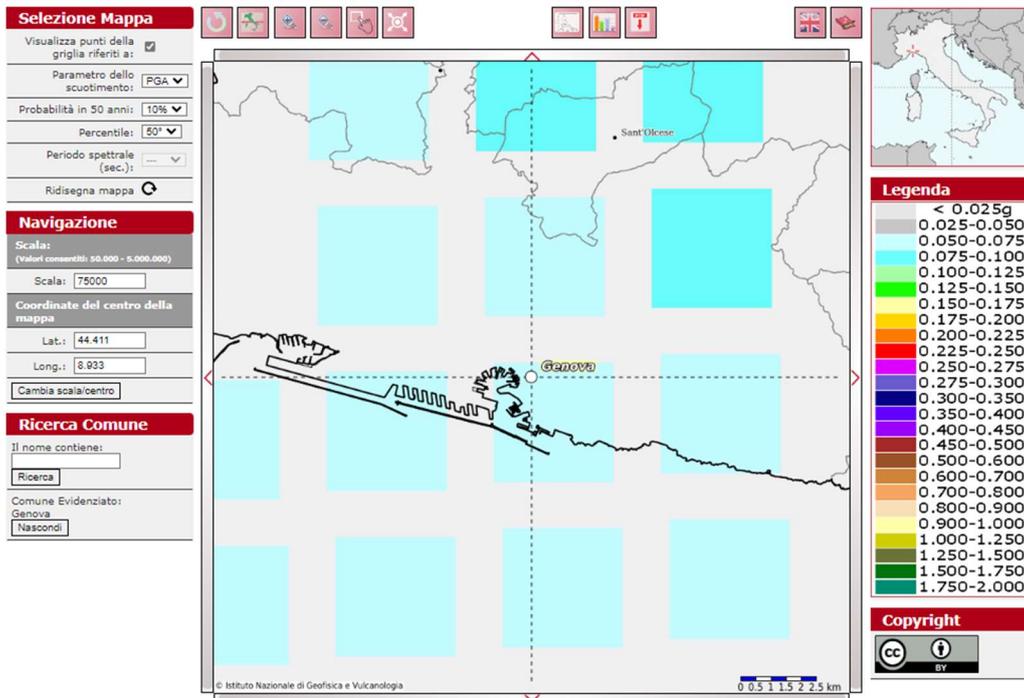


Figura 5-12 - Mappa interattiva (Pvr = 10% ⇒ Tr = 474 anni)

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

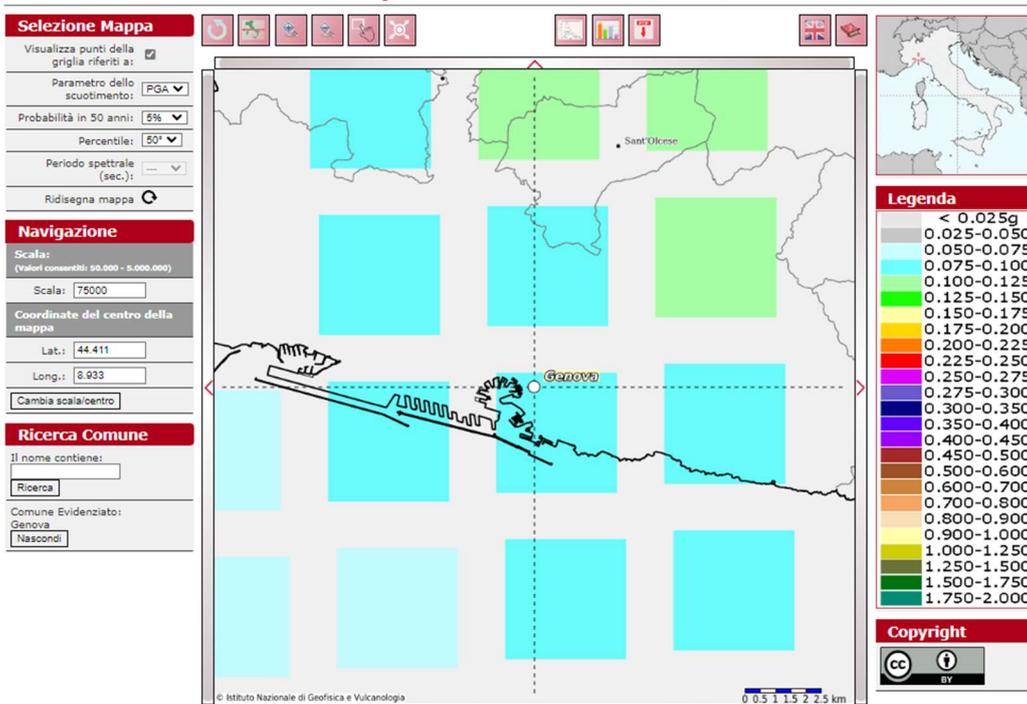


Figura 5-13 - Mappa interattiva (Pvr = 5% ⇒ Tr = 974 anni)

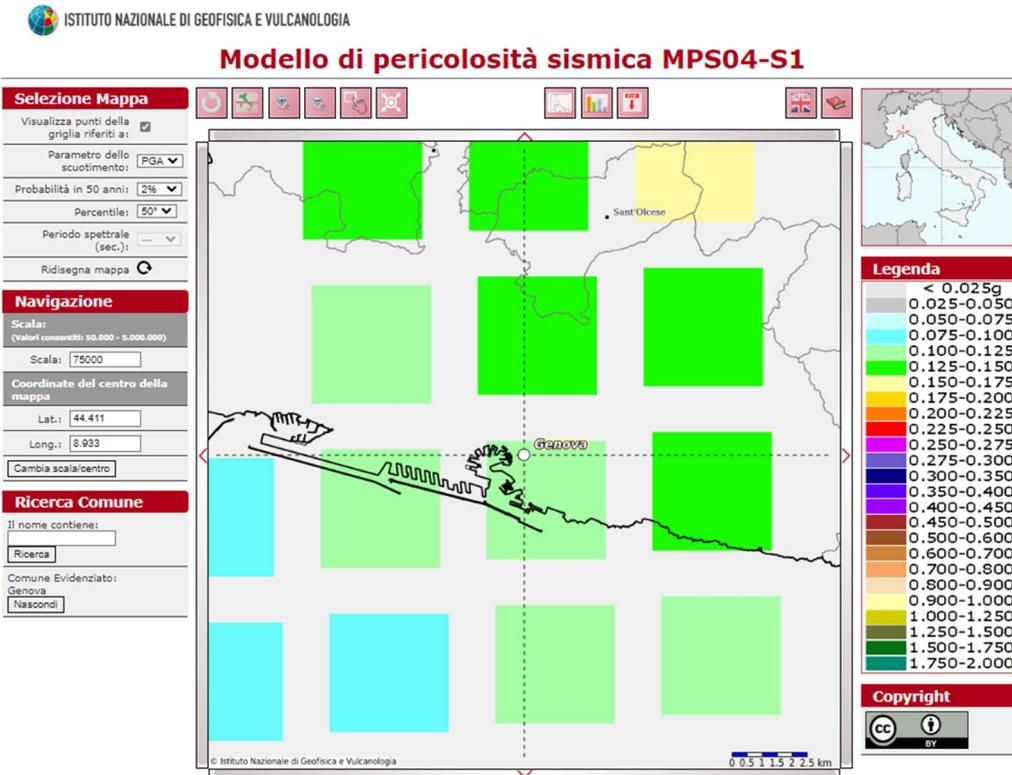


Figura 5-14 - Mappa interattiva (Pvr = 2% ⇒ Tr = 2475 anni)

Studi recenti per la determinazione della Magnitudo sono quelli di D. Spallarossa e S. Basani, anno 2007, relativi alla “Disaggregazione della pericolosità sismica in termini M-R- ε”.

La disaggregazione è un processo che permette di valutare il contributo di differenti scenari M- R-ε alla pericolosità sismica. Pertanto, utile alla definizione del terremoto di scenario (scenario che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica) per studi di microzonazione, analisi di liquefazione, studi di stabilità dei versanti.

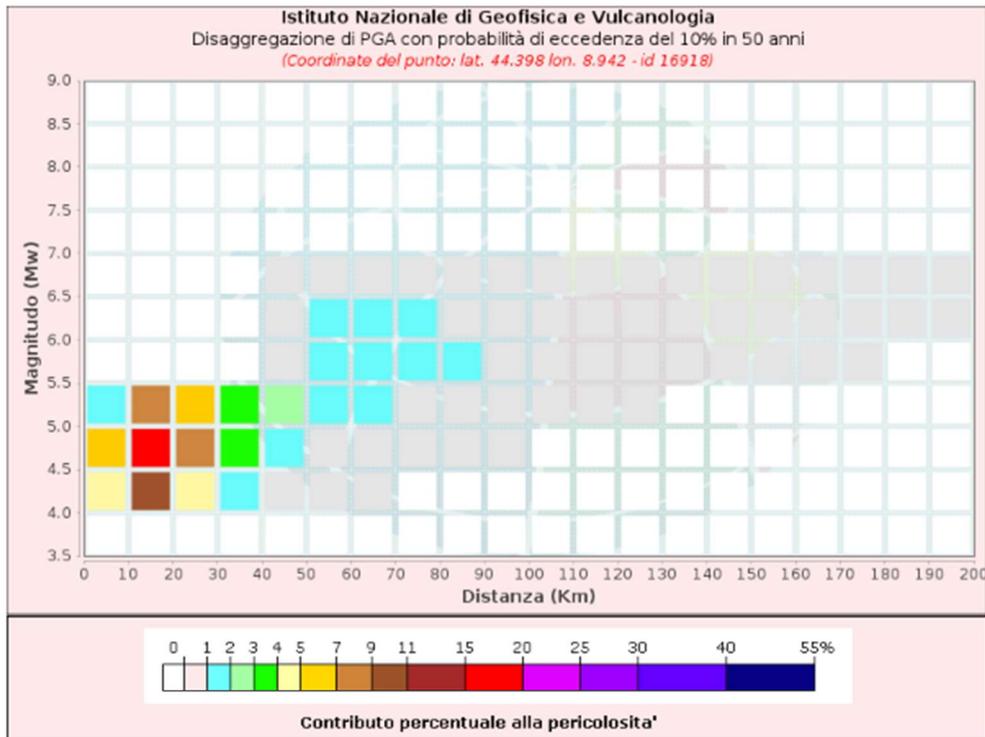
Le immagini seguenti riportano, per l'area in oggetto, la disaggregazione del valore di a(g) con i contributi alla pericolosità sismica determinati con probabilità di eccedenza rispettivamente per:

$$TR \text{ (Tempo di ritorno)} = VR / [-\ln(1-PVR)]$$

$$TR = 50 / [-\ln(1-0.10)] = 474 \text{ anni}$$

$$TR = 50 / [-\ln(1-0.05)] = 974 \text{ anni}$$

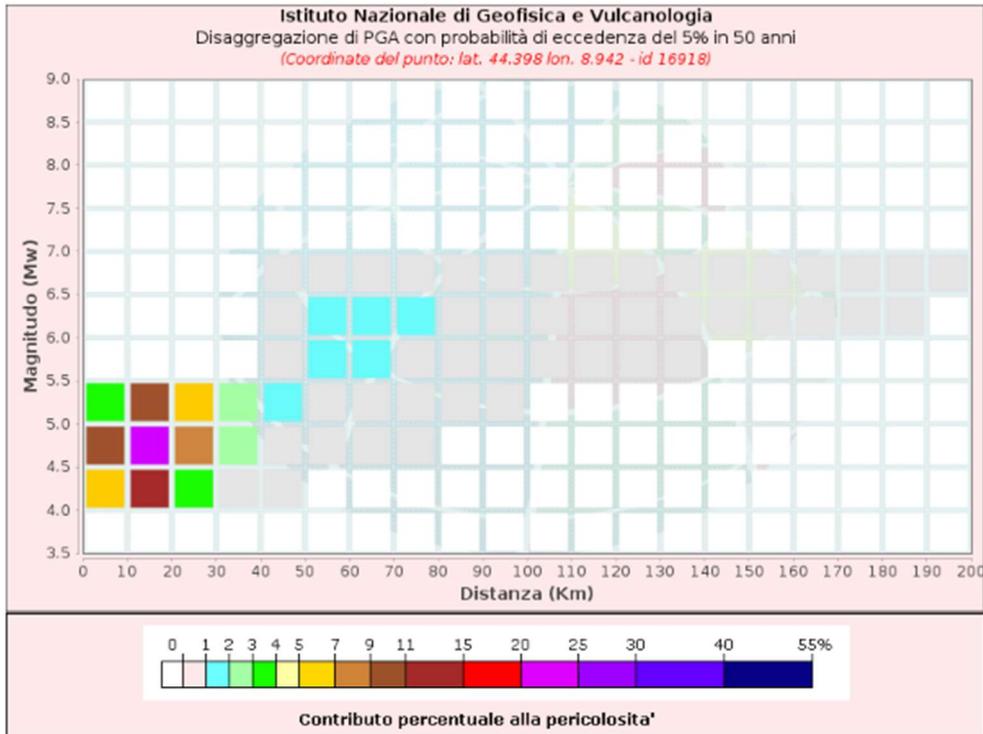
$$TR = 50 / [-\ln(1-0.02)] = 2475 \text{ anni}$$



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 44.398 lon. 8.942 - id 16918)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	4.6200	5.8900	1.9000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	10.5000	16.4000	7.0800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	4.4200	8.8800	5.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	1.5600	3.9700	3.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.3620	1.8200	2.0100	0.4520	0.3340	0.0496	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0323	0.8620	1.8400	1.4500	1.1900	0.1370	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0049	0.3110	1.3400	1.6100	1.4400	0.1410	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.1090	0.8460	1.3300	1.2100	0.0921	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0219	0.4720	1.0200	0.9820	0.0592	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0005	0.2200	0.7180	0.7670	0.0398	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0898	0.5070	0.6220	0.0270	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0273	0.3210	0.4810	0.0186	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.1730	0.3310	0.0129	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0724	0.1680	0.0077	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0292	0.0858	0.0070	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0124	0.0521	0.0070	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.0320	0.0065	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0185	0.0055	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0112	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0074	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

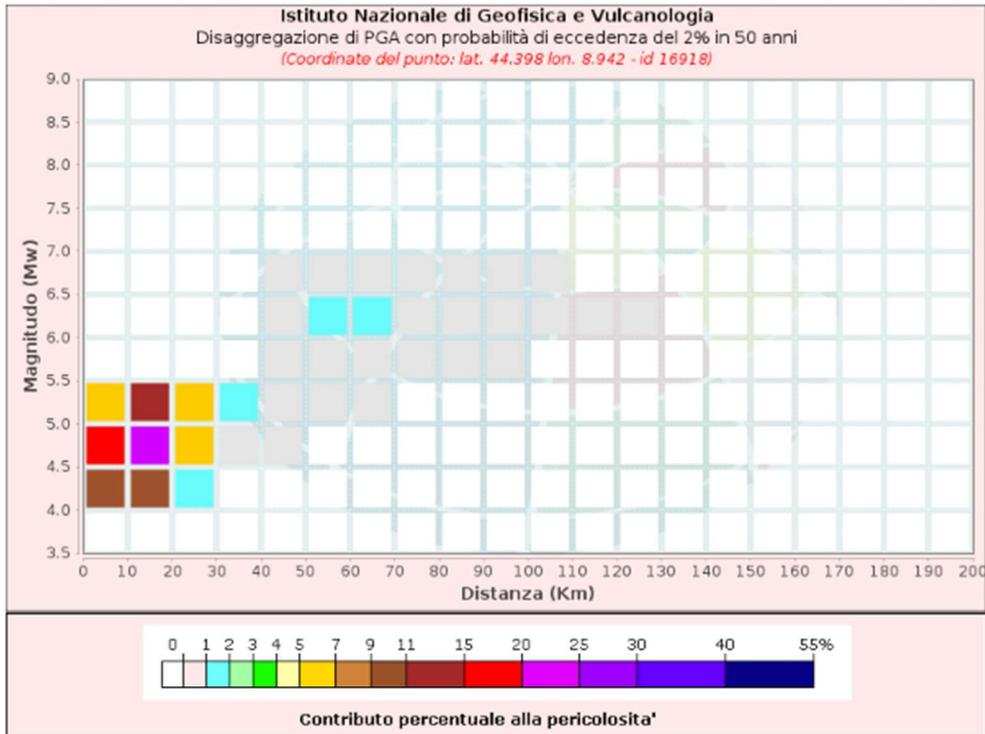
Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.99	32.1	1.16



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 44.398 lon. 8.942 - id 16918)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	6.7000	9.4000	3.4500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	11.5000	20.2000	10.2000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	3.3500	8.0600	5.9100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.5490	2.5700	2.7000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0010	0.5210	1.4000	0.3970	0.3630	0.0609	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0862	0.9370	1.1900	1.2200	0.1530	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0211	0.4630	1.1800	1.3700	0.1440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0001	0.2020	0.8520	1.0700	0.0855	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0620	0.5400	0.8040	0.0502	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0080	0.2960	0.5730	0.0306	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1490	0.4190	0.0187	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0637	0.2870	0.0113	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0180	0.1680	0.0066	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0682	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0243	0.0025	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	0.0025	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0040	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

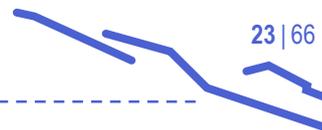
Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.94	24.2	1.25



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 44.398 lon. 8.942 - id 16918)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	9.4000	15.1000	6.7000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	10.9000	22.8000	14.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	1.2500	5.3600	5.6900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.4840	1.7300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0005	0.3470	0.2440	0.3360	0.0669	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0855	0.6020	1.0400	0.1480	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0233	0.4280	1.0100	0.1190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2040	0.6720	0.0598	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0670	0.4080	0.0281	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0083	0.2190	0.0120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1010	0.0031	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0327	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.89	16.9	1.41



A supporto di quanto sopra è stato fatto riferimento, inoltre, al nuovo modello di pericolosità sismica nazionale (MPS19). Tale progetto è stato condotto dalle seguenti figure: Carlo Meletti (INGV), Warner Marzocchi (Università di Napoli), Giovanni Lanzano (INGV), Lucia Luzi (INGV), Francesco Martinelli (INGV), Bruno Pace (DiSPUter, Università degli Studi Gabriele D'Annunzio di Chieti-Pescara), Andrea Rovida (INGV), Matteo Taroni (INGV), Francesco Visini (INGV) e gli altri componenti del gruppo di lavoro MPS19.

Quanto sopra menzionato ha condotto alla produzione di una nuova mappa, di cui viene proposto di seguito un estratto. Si precisa che l'area in studio viene evidenziata mediante una forma circolare di colorazione rossa.

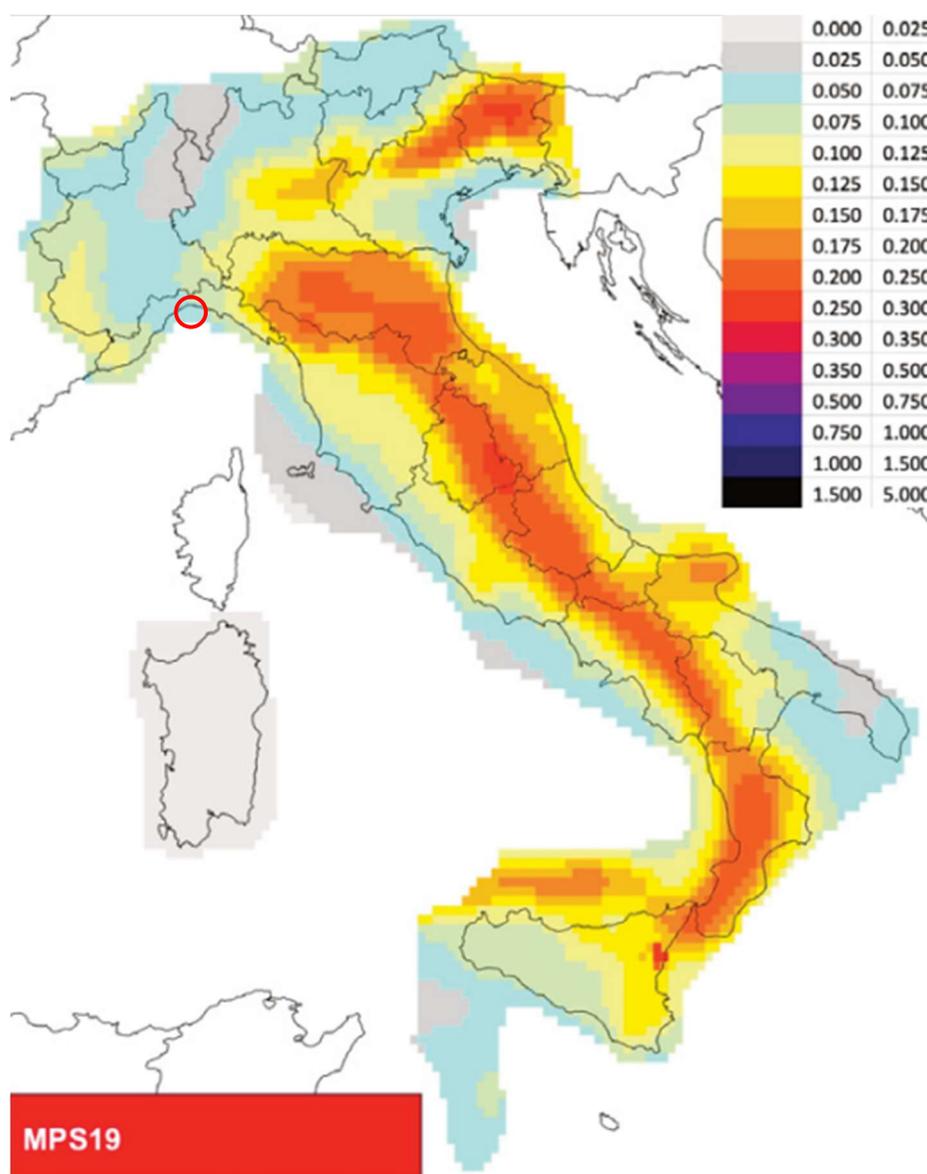


Figura 5-15 – PGA con il 10% di probabilità d'eccedenza in 50 anni ^[4]

Pertanto, con riferimento alla rappresentazione di cui sopra, è possibile osservare come i valori di PGA, in corrispondenza del sito in studio, siano apparentemente pari a quelli proposti dallo studio MPS04; pertanto, con valori di PGA compresi indicativamente tra 0.050 e 0.075.

5.4 Zonazione sismogenica

La zonazione sismogenetica è uno degli strumenti utilizzati per la valutazione della pericolosità sismica del territorio italiano. La sismogenetica ZS.4 è stata tracciata nel 1996, utilizzata per la redazione della carta di pericolosità sismica nazionale dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (1996) e dal Servizio Sismico Nazionale (2001) e rappresenta uno schema geodinamico e sismotettonico ancora valido nelle sue linee generali, sebbene le nuove conoscenze in riferimento al quadro cinematico generale ed alla geometria delle sorgenti sismogenetiche e la necessità di una maggiore coerenza con il nuovo catalogo dei terremoti CPT12, abbiano portato recentemente alla redazione di una nuova zonazione sismogenetica ZS.9 (2004).

Le zone rappresenterebbero quindi degli embrioni di macrostrutture le cui orientazioni seguono i principali andamenti alpini o appenninici, con importanti strutture trasversali di svincolo.

Di seguito si riportano gli estratti delle zonazioni sismogenetiche per rendere meglio evidente le modifiche apportate alle diverse zone che interessano l'area di studio.

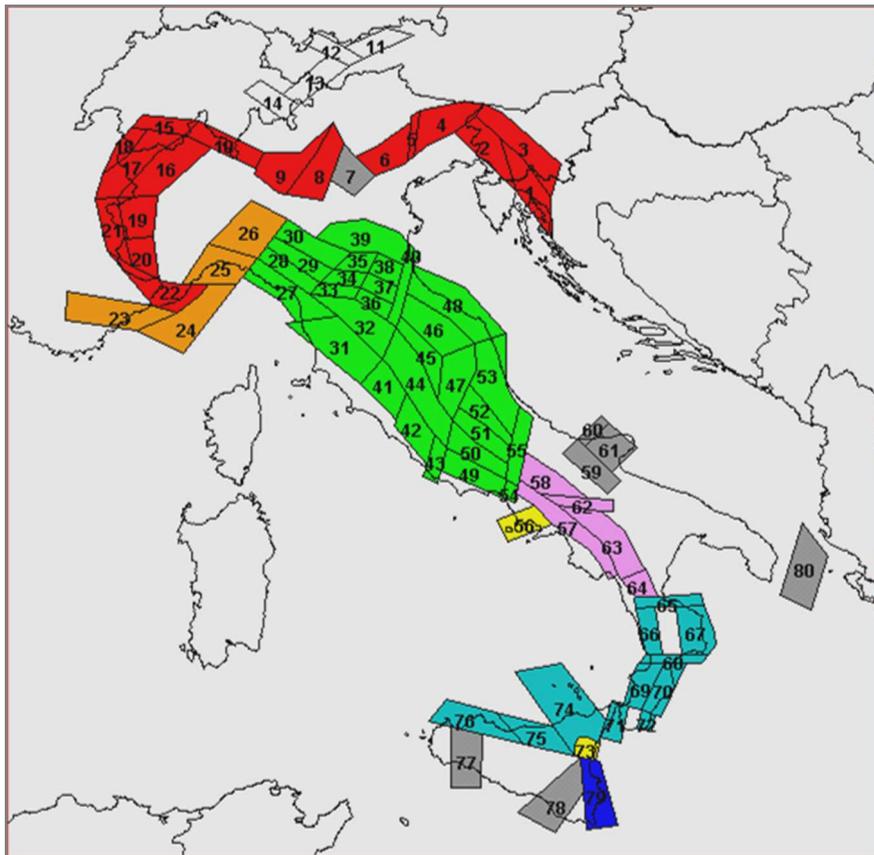


Figura 5-16 - Zonazione sismogenetica ZS.4 – 1996

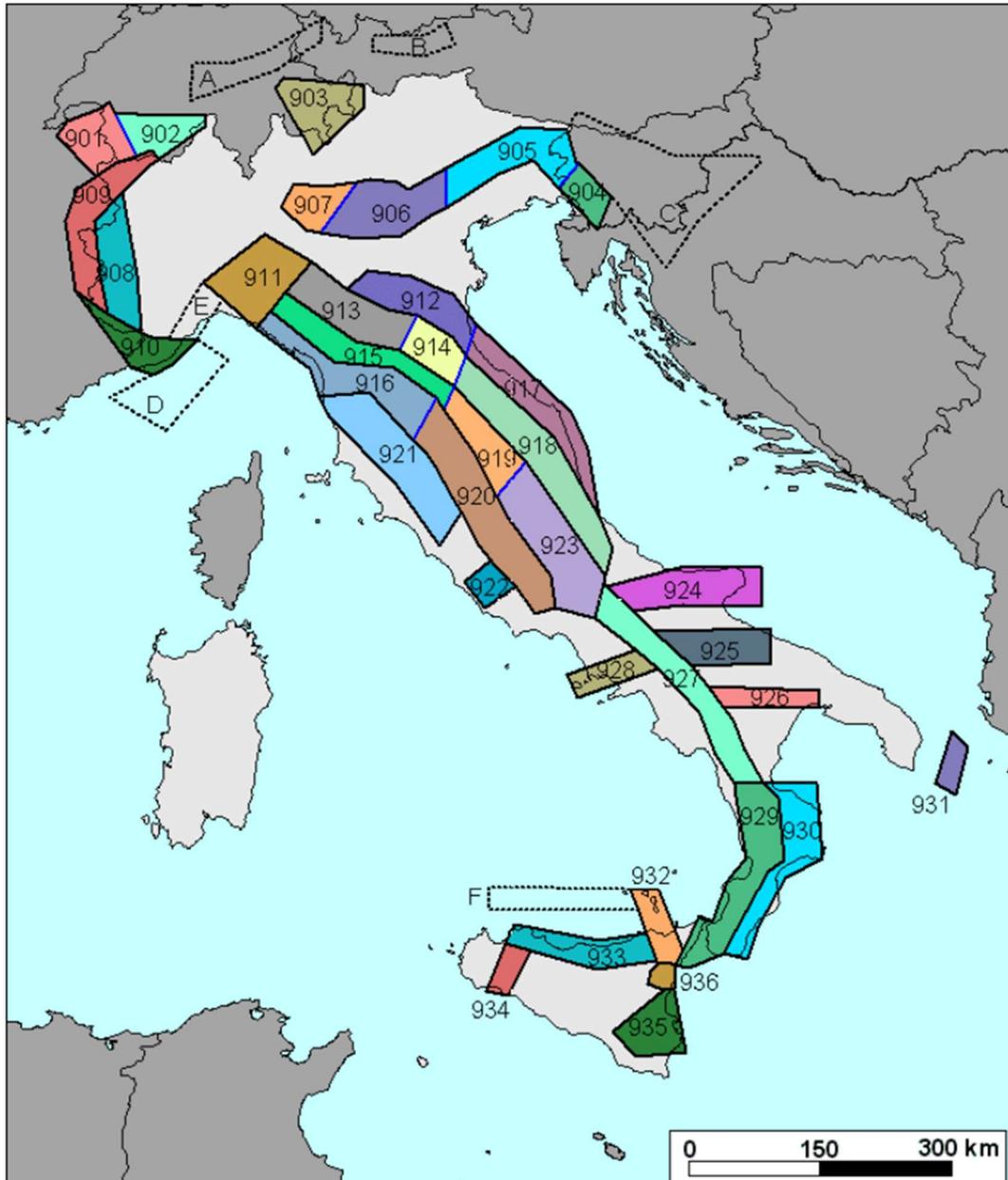
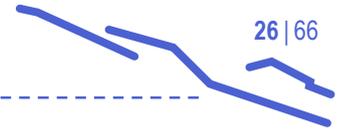


Figura 5-17 - Zonazione sismogenetica ZS.9 – 2004 (<http://www.arcgis.com>)

Dalla mappa delle Zone Sismogenetiche ZS9, l'area di intervento risulterebbe adiacente alla zona n°911 denominata come "Tortona - Bobbio" (cfr. Figura 5-18).

La zona n°911, unione delle zone 25 e 26 di ZS4, comprende "l'arco di Pavia" con le strutture ad esso relative e si suppone che corrisponda ad una struttura di svincolo cinematico tra Alpi ed Appennino.



Tortona - Bobbio	
ZS	911
Mw	6,14

Punto di interesse	
Genova	

Longitudine (°)	Latitudine (°)	R (km)
8,47553	44,712498	48,76
9,31408	45,265541	102,19
10,015694	45,011757	111,74
9,656718	44,669632	67,35
9,461147	44,4715	45,39
9,270211	44,283428	31,97
8,779481	44,549854	19,70
8,47553	44,712498	48,76

Longitudine (°)	Latitudine (°)
8,899612	44,394788
M	6,14

Rmin (km) 19,70
1+3logR 4,88 --> magnitudo della zona sismogenetica

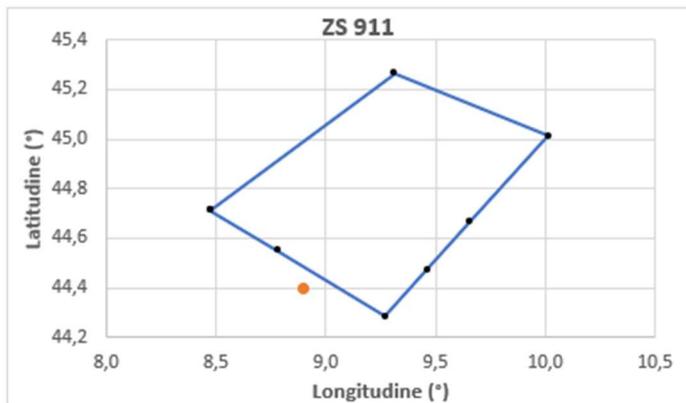


Figura 5-18 – Localizzazione del sito in esame con le zone sismogenetiche

Tab. 4 - Rappresentazione delle zone sismogenetiche e relative M_{wmax}

Nome ZS	Numero ZS	Mwmax
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Il nuovo database INGV “DISS 3.3.0” del 2021 (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>), contiene 127 fonti sismogenetiche individuali, 188 sorgenti sismogenetiche composite, 35 sorgenti sismogenetiche dibattute e tre subduzioni. Tutte le fonti sono basate su dati geologici/geofisici e coprono tutto il territorio italiano e porzioni di tutti i paesi limitrofi e dei mari. L'area in studio viene evidenziata mediante una forma circolare di colorazione gialla.

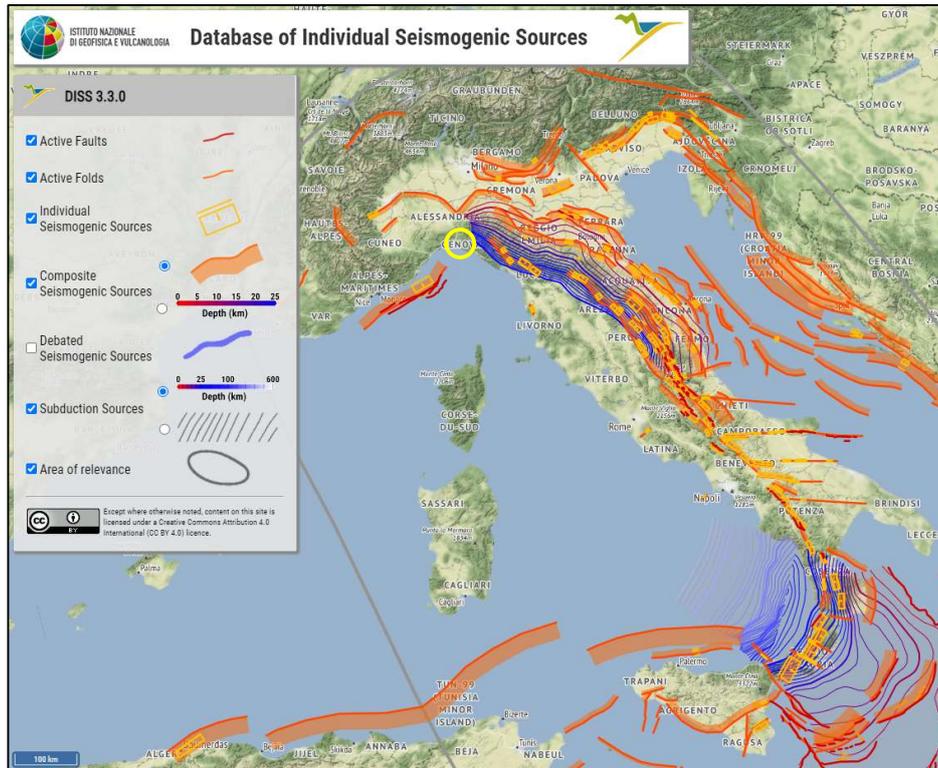


Figura 5-19 - Nuovo database INGV "DISS 3.3.0" – 2021

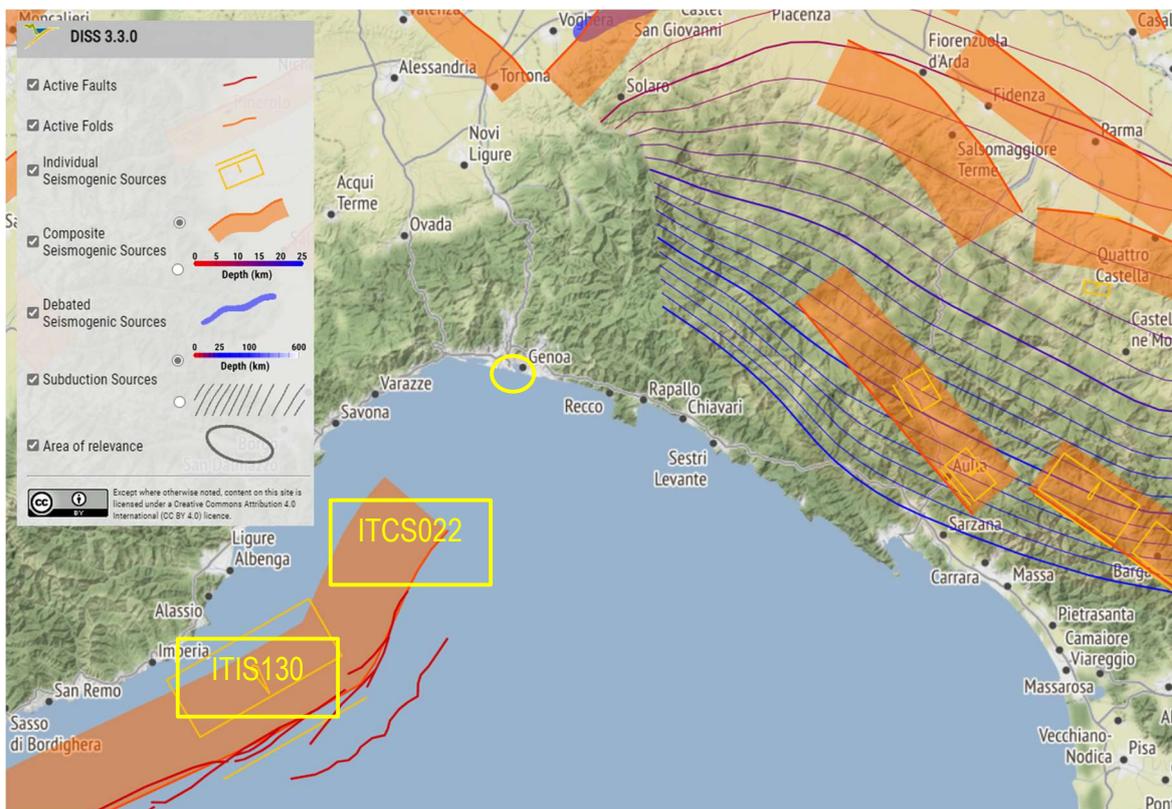


Figura 5-20 – Ubicazione del territorio di Genova sul nuovo database INGV "DISS 3.3.0" – 2021

Di seguito vengono riportate le informazioni parametriche delle sorgenti sismogenetiche, più vicine all'area d'intervento, di tipo composite e singole:

ITCS022 – Imperia promontory:

PARAMETRIC INFORMATION			
Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	2.5	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Max depth [km]	15.0	EJ	Assumed to be about the same as the base of lower crust.
Strike [deg] min... max	200...250	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Dip [deg] min... max	25...50	EJ	Inferred from geophysical data.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 0.2500	EJ	Inferred from topographic and geological data (uplift) from various authors.
Max Magnitude [Mw]	7.4	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Figura 5-21 – Informazioni parametriche per la componente sismogenetica ITCS022

ITIS130 – Golfo di Genova settentrionale:

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter	Quality	Evidence	
Location [Lat/Lon]	43.88 / 8.28	EJ	Inferred from geological and morphobathymetric data.
Length [km]	32.0	EJ	Inferred from geological and morphobathymetric data.
Width [km]	15.0	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	5.5	OD	Based on geological and morphobathymetric data.
Max depth [km]	13.0	AR	Derived from from dip, width and minimum depth.
Strike [deg]	240	OD	Based on geological and morphobathymetric data.
Dip [deg]	30	OD	Based on geological data.
Rake [deg]	90	EJ	Inferred from active stress data.
Slip Per Event [m]	1.00	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1500... 0.2000	EJ	Inferred from topographic and geological data.
Recurrence [y] min... max	5000... 6667	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.6	LD	Value adopted from the earthquake catalogue SHEEC.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

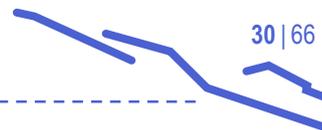
INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

Latest Earthquake	23 Feb 1887 CPT111.
Penultimate Earthquake	Unknown See Commentary for information.

ACTIVE FAULTS

ID	Name	References
186	Imperia Promontory frontal thrust	Larroque et al. [2011]
187	Imperia Promontory main thrust	Larroque et al. [2011]
188	Imperia Promontory splay 3	Larroque et al. [2011]
191	Imperia Promontory splay 4	Larroque et al. [2011]
193	Imperia Promontory splay 5	Larroque et al. [2011]

Figura 5-22 - Informazioni parametriche per la componente sismogenetica ITIS130



5.5 Catalogo ITHACA

A supporto, di quanto fino a qui riportato, è stato fatto riferimento anche al progetto ITHACA di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Tale progetto, come riportato sul rispettivo sito istituzionale, sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano. Pertanto, lo stesso si propone come strumento fondamentale per l'analisi di pericolosità ambientale e sismica, la comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, la pianificazione territoriale e per la gestione delle emergenze di Protezione Civile.

Il catalogo ITHACA per la definizione di faglia capace fa riferimento alle guide tecniche IAEA (International Atomic Energy Agency), redatte per la caratterizzazione di siti destinati ad ospitare impianti ad alto rischio (ad esempio centrali nucleari, ecc.) ma che forniscono uno schema metodologico applicabile a qualunque struttura ingegneristica quali ad esempio acquedotti, metanodotti, strade, gallerie e molte altre. [6]

Pertanto, una faglia è definita capace se:

- Ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno e/o in prossimità di essa.
- La deformazione attesa può essere sia una dislocazione ben definita lungo un piano di rottura che una deformazione distribuita.
- La riattivazione attesa viene definita in funzione del regime tettonico in atto, rispetto al quale deve essere compatibile. Elementi secondari possono però mostrare rotture "anomale", ad esempio movimenti compressivi in un ambiente distensivo, a causa di geometrie locali delle strutture riattivate.

Si fa presente inoltre che il progetto ITHACA, rispetto alle precedenti versioni, distingue la faglia capace rispetto alla faglia quaternaria da indagare. Tale distinzione si può riassumere come segue:

- **Faglia capace:** faglia che sicuramente ha causato deformazione in superficie o in prossimità di essa nell'intervallo Pleistocene superiore - Presente.
- **Faglia quaternaria da indagare:** faglia che ha causato deformazione in superficie o in prossimità di essa nel corso del Quaternario, anteriormente al Pleistocene superiore (Pleistocene medio per le aree cratoniche), per la quale non si può escludere a priori una riattivazione all'interno del contesto geodinamico attuale in assenza di ulteriori indagini specifiche.

Viene riportata di seguito una rappresentazione estratta dal servizio WebGIS del progetto ITHACA di ISPRA (cfr. Figura 5-23).



Figura 5-23 – Inquadramento delle faglie capaci (Progetto ITHACA, ISPRA)

Come è possibile notare, in Figura 5-23, la Linea Sestri – Voltaggio non viene compresa tra le faglie capaci del progetto ITHACA di ISPRA. Risulta possibile altresì apprezzare la presenza di una faglia capace posta, in mare aperto, dinanzi alla città di Sestri Ponente. Quest'ultimo elemento strutturale, in Figura 5-23, viene circoscritto in celeste.

Vengono di seguito riportate le informazioni parametriche e le referenze bibliografiche relative alla suddetta faglia capace (cfr. Figura 5-25).



Fault description

GENERAL IDENTIFICATION

Fault Code	94224
Fault Name	Genova Marine 5 Fault
Region Name	Liguria
Tectonic Environment	PLATE BOUNDARY
System Name	Upper and Lower Continental Margin
Synopsis	The fault controls the Quaternary evolution of the Ligurian marine shelf. The fault is mapped in Fanucci et al. (1980) within the marine area of Sheet 82 Genova.
Rank	Primary

GEOMETRY AND KINEMATICS

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	90
Dip (°)	Steep
Dip Direction	S
Fault Length (km)	5.5
Mapping Scale	1:300000
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal

ACTIVITY

Surface Evidence	hidden (buried, blind fault)
Last Activity	Pleistocene generic
Applied Technique	Geophysical prospecting

SLIP PARAMETERS

Recurrence Interval (yr)	
Slip Rate (mm/yr)	
Max Credible Rupture Length (km)	
Max Credible Slip (m)	
Time Since Last Event (yr)	
Max Known Magnitude (Mw)	
Max Known Intensity (MCS)	
Known Seismic Events	

FINAL REMARKS

Capability Consensus	Low reliability
Study Quality	LOW
Notes	
Fault Trace Reference	The fault corresponds to linear element described in Fanucci et al. (1980)
Last Update	20/12/2019

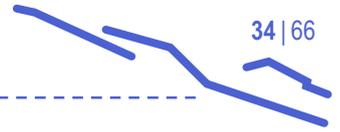
Figura 5-24 – Informazioni parametriche della faglia capace situata, in mare, di fronte a Sestri Ponente

REFERENCES

Authors	Title	Reference	Year
Boni A.	Il Pliocene e la neotettonica nelle Alpi Liguri.	Memorie della Società Geologica Italiana, 28, 229-265.	1984
Carobene L. & Firpo M.	Una paleospiazzia tra Voltri e Palmaro (Genova): evidenze sedimentologiche e morfologiche.	Il Quaternario 7(1), 1994, 123-138.	1994
Carobene L. & Firpo M.	Riconoscimento di due antiche linee di riva in corrispondenza del nuovo vincolo autostradale di Genova Voltri (Liguria Occidentale).	Il Quaternario 7(1b), 1994, 299-302.	1994
Carobene L. & Cevasco A.	A large scale lateral spreading, its genesis and Quaternary evolution in the coastal sector between Cogoleto and Varazze (Liguria—Italy).	Geomorphology, 129(3-4), 398-411.	2011
Carobene L., Firpo M. & Rovere A.	Le variazioni ambientali di Vado Ligure dal Neolitico ad oggi.	Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 21(2), 2008, 433-456.	2008
Carobene L., Firpo M. & Rovere A.	Aspetti dell'evoluzione quaternaria della costa tra Cogoleto e Varazze (Liguria Occidentale).	Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 21(2), 2010, 163-180.	2010
Cortellesi D., Fanucci F., Giuffrè A., Tedeschi D & Vignolo A.	Dati preliminari sulla neo-tettonica del Foglio 82 Genova.	C.N.R., P.F. Geodinamica, pubbl., 251: 579 – 595.	1979
Fanucci F., Tedeschi D & Vignolo A.	Nuovi dati di neotettonica rilevati sul Foglio 82 Genova.	CNR Prog. Fin. Geod. – Sottoprogetto "Neotettonica". Pubblicazione n. 356: 1293-1303	1980
Fanucci F. & Tedeschi D.	Linee di costa e terrazzi marini del Foglio 82 Genova.	CNR Prog. Fin. Geod. – Sottoprogetto "Neotettonica". Pubblicazione n. 506: 387-396.	1982
Fanucci F. & Morelli. D.	Rapporti tra morfologia e tettonica sul margine continentale ligure.	D'Angelo S. e Fiorentino A. (a cura di) 2012. Contributi al Meeting Marino 25-26 ottobre 2012- Atti ISPRA, Roma, 116 pp.	2013
Federico L., Crispini L., Vigo A. & Capponi G.	Unravelling polyphase brittle tectonics through multi-software fault-slip analysis: The case of the Voltri Unit, Western Alps (Italy).	Journal of Structural Geology, 68, 175-193	2014
Giammarino S., Giglia G., Capponi G., Crispini L., Piazza M.	Carta Geologica della Liguria, a scala 1: 200.000	SELECOLOR -Firenze	2002
Capponi G., Crispini L., Cortesogno L., Gaggero L., Firpo M., Piccazzo M., Cabella R., Nosengo S. et al.	Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 foglio 213-230 "Genova" con Note Illustrative.	ISPRA – Regione Liguria. 139 pp	2008
Bortolotti v., Mannori G., Piccini L., Aiello I.W., Chiari M., Principi G. & Reale V.	Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000-Foglio 232-Sestri Levante con Note illustrative	ISPRA. CNR Istituto di Geoscienze e georisorse, sezione di Firenze.	2014
Molli G., Crispini L., Mosca P., Piana F. & Federico L.	Geology of the Western Alps-Apennine junction area: a regional review.	Journal of the Virtual Explorer, electronic edition, ISSN 1441-8142, vol. 36 paper 10.	2010

Figura 5-25 – Referenze bibliografiche

Gli studi condotti nel tempo, dedicati alla suddetta faglia capace, non sono molti. Si tratta comunque di una faglia che controlla l'evoluzione quaternaria del settore marino ligure. Gli studi fino a qui condotti, suggeriscono che la sua ultima attività risalgia al Pleistocene (2.58 milioni di anni fa – 11.700 anni fa) e che la cinematica della stessa sia di tipo normale. L'evidenza in superficie di quest'ultima risulterebbe pertanto essere nascosta dalla sovrapposizione di sedimenti recenti.



5.6 Sismicità storica dell'area

Per l'analisi della sismicità che in passato ha interessato l'area in oggetto si è fatto riferimento ai seguenti cataloghi:

- CPTI15 e DBMI15, Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani;
- NT4.1, catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno (aggiornamento marzo 1998).
- Banca dati GNDT 1996;
- Catalogo ITACA ed Engineering Strong-Motion database (ESM);
- Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI).

5.6.1 Catalogo CPTI15 e DBMI15

La nuova versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2021. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)).

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) rappresenta una significativa evoluzione rispetto alle versioni precedenti, che sono quindi da considerare del tutto superate. Anche se i criteri generali di compilazione e la struttura sono gli stessi della precedente versione CPTI11, il contenuto del catalogo è stato ampiamente rivisto per quanto concerne:

- la copertura temporale, estesa a tutto il 2020.
- il database macrosismico di riferimento (DBMI15; Locati et al., 2022), significativamente aggiornato.
- i dati strumentali considerati, nuovi e/o aggiornati.
- le soglie di ingresso dei terremoti, abbassate a intensità massima 5 o magnitudo 4.0 (invece di 5-6 e 4.5 rispettivamente).
- la determinazione dei parametri macrosismici, basata su una nuova calibrazione dell'algoritmo Boxer.
- le magnitudo strumentali, che comprendono un nuovo set di dati e nuove relazioni di conversione.

Il catalogo copre all'incirca la stessa area di CPTI11, vale a dire l'intero territorio italiano con porzioni delle aree e dei mari confinanti, e contiene 4896 terremoti nella finestra temporale 1000-2020.

Il catalogo, quindi, considera e armonizza il più possibile dati di base di diverso tipo e provenienza.

La magnitudo utilizzata è la magnitudo momento (M_w) ed in tutti i casi è riportata la relativa incertezza.

Tutti i dati ed i metodi utilizzati sono accuratamente esplicitati nel catalogo per garantire la massima trasparenza possibile nelle procedure di compilazione. Al pari di CPTI11, il catalogo non è stato declusterato e contiene quindi tutti foreshocks e le repliche disponibili e conosciute all'interno delle soglie di magnitudo ed intensità considerate.

Di seguito si riportano i risultati della consultazione.

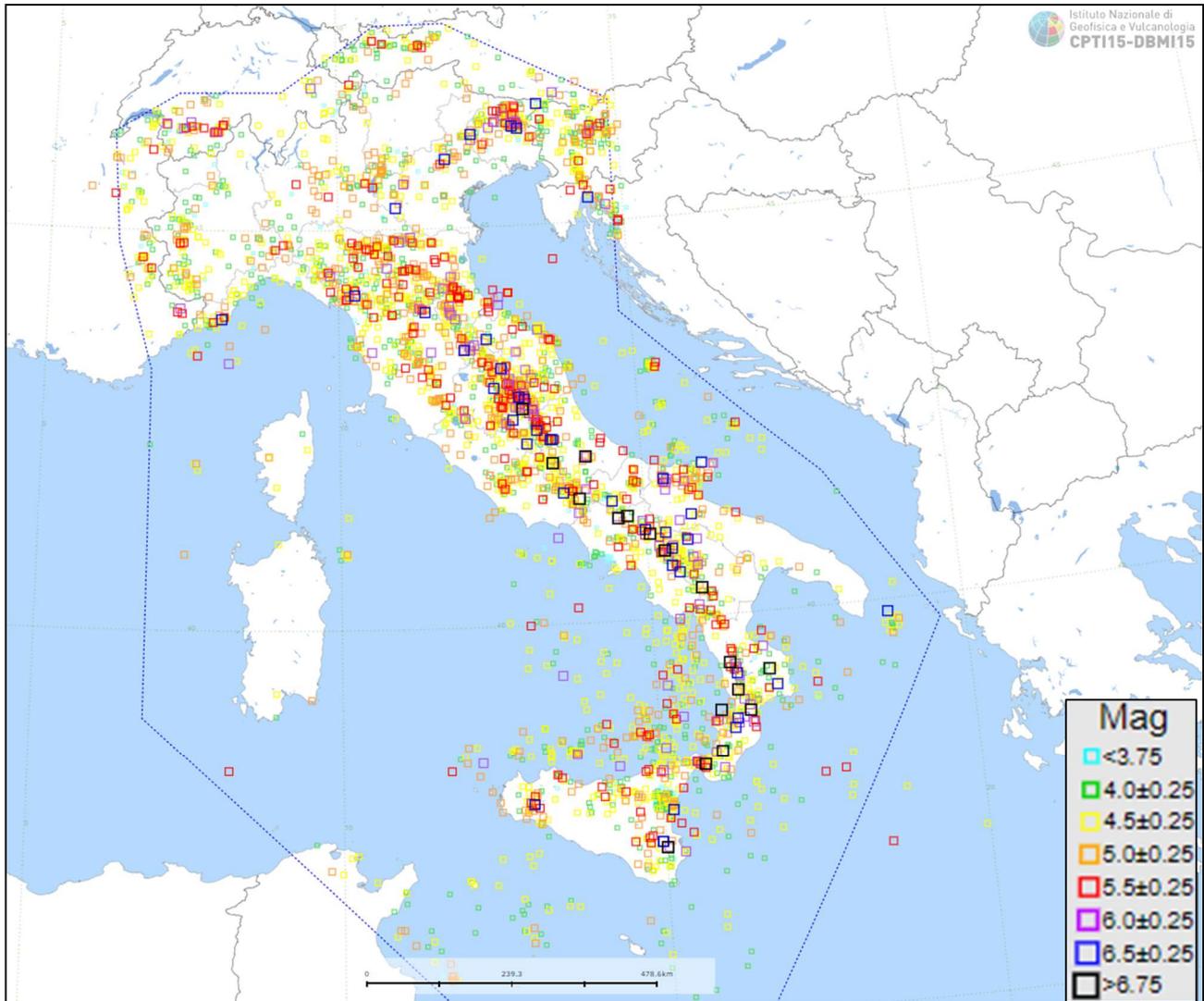


Figura 5-26 – Mappa degli epicentri dei terremoti del territorio italiano in CPTI15 (M_w – magnitudo momento)

L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 è stata rilasciata a gennaio 2022, aggiorna e sostituisce la precedente DBMI11 (Locati et al., 2011).

Il DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella 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, Macro seismic 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.

Il catalogo DBMI15 contiene 123981 dati di intensità relativi a 3229 terremoti.

Grazie al sistema di consultazione on-line messo a disposizione dall'interfaccia web è stato possibile estrarre e localizzare gli epicentri degli eventi registrati nell'area di studio.

Di seguito si riportano i risultati della ricerca.

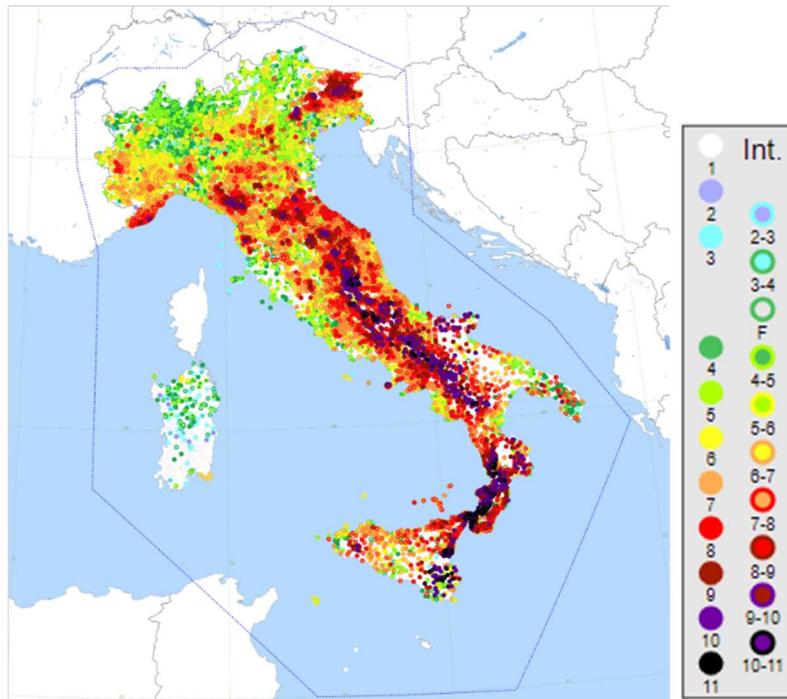


Figura 5-27 - Mappa degli epicentri dei terremoti del territorio italiano in DBM15

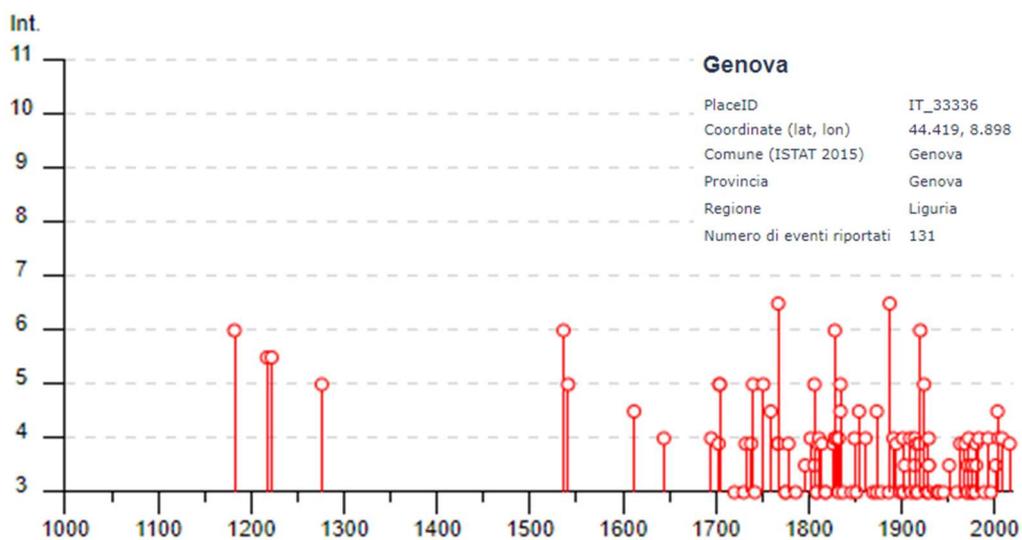


Figura 5-28 – Distribuzione temporale degli eventi sismici

Viene riportato di seguito un quadro sinottico degli eventi sismici registrati:

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1182	08	15				Genova	1	6	4.63
5-6	1217	01	08				Genova	1	5-6	4.40
5-6	1222	12	25	12	30		Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
5	1276	07	29	18	30		Monferrato	9	5	4.81
6	1536	08	10	23			Genova	1	6	4.63
5	1541	10	22	18			Valle Scrivia	9	7	5.26
4-5	1612	01	31				Liguria occidentale	6	6-7	4.86
4	1644	02	15	04	30		Alpes Niçoises	29	8	5.74
4	1695	02	25	05	30		Asolano	107	10	6.40
F	1703	12	21	21			Piemonte-Liguria	3	4	3.70
5	1704	05	13	12	15		Riviera Ligure	4	5	4.16
5	1704	05	14	00	45		Riviera Ligure	2	5	4.16
3	1720	01	10				Toscana settentrionale	3	4-5	3.93
3	1730	03	29	00	05		Versilia	4	4	3.70
F	1732	05	21				Livorno	2	4-5	3.93
F	1738	11	05	00	30		Emilia occidentale	10	7	5.10
5	1740	03	06	05	40		Garfagnana	32	8	5.64
3	1742	01	27	11	20		Livornese	16	6	4.87
5	1751	11	21				Liguria	6	4	3.70
4-5	1759	05	26	22	15		Pavese	4	5	4.16
F	1767	01	21	07	45		Lunigiana	10	7	5.27
F	1767	01	21	09			Lunigiana	7	5-6	4.60
6-7	1767	02	07	03	45		Genovese	10	6	4.98
3	1775	01	04	18			Appennino emiliano	6	4	4.43
3	1775	01	05	22	45		Appennino emiliano	7	5	4.55
F	1778	02	18	02	18		Lunigiana	2	4-5	3.93
3	1786	12	25	01			Riminese	90	8	5.66
3-4	1796	10	22	04			Emilia orientale	27	7	5.45
4	1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	94	8	5.60
3-4	1806	02	12				Reggiano	28	7	5.21
5	1806	03	31				Liguria occidentale	6	5	4.62
2	1807	09	05	01	30		Liguria occidentale	10	5-6	4.81
3	1808	04	02	16	43		Val Pellice	105	8	5.64
3	1808	04	16	01	15		Val Pellice	21	7	5.34
F	1810	12	25	00	45		Pianura emiliana	33	6	5.06
4	1811	07	15	22	44		Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
F	1814	04	03				Costa pisano-livornese	4	6-7	5.12
3	1818	02	23	18	10		Liguria occidentale	45	7	5.32
3	1818	12	09	18	55		Farmense	26	7	5.24
NF	1824	02	04	21	50		Oltrepò Pavese	8	5	4.49
F	1826	06	24	12	15		Garda occidentale	20	5	4.62

6	🔗	1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	110	8	5.72
4	🔗	1828 10 09 08	Oltrepò Pavese	6		
4	🔗	1828 10 10 01 30	Oltrepò Pavese	18		
4	🔗	1831 05 26 10 30	Liguria occidentale	33	8	5.56
2-3	🔗	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
2	🔗	1832 03 11 06 45	Carpi	14	5	4.51
3	🔗	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
4	🔗	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
5	🔗	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
4-5	🔗	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
3	🔗	1837 04 11 17	Lunigiana	60	9	5.94
2	🔗	1843 10 25 03 30	Mugello	17	6-7	5.03
3	🔗	1846 08 14 12	Colline Pisane	121	9	6.04
4	🔗	1849 11 28 18	Val di Taro	7	6	4.63
3	🔗	1851 02 05 09 50	Valtellina	30	5	4.72
4-5	🔗	1854 12 29 01 45	Liguria occidentale	86	7-8	5.72
NF	🔗	1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11
4	🔗	1861 03 16	Varese Ligure	2	6	4.63
3	🔗	1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5	4.57
2-3	🔗	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
3	🔗	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
4-5	🔗	1873 09 17	Appennino tosco-ligure	64	6-7	5.26
3	🔗	1878 09 10 13 31	Lunigiana	12	6-7	4.98
NF	🔗	1882 02 15 05	Val Borbera	18	6	4.77
3	🔗	1886 09 05	Torinese	101	7	5.22
6-7	🔗	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	🔗	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illassi	403	8-9	5.87
F	🔗	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
2-3	🔗	1897 07 06 20 44	Mar Ligure	62	5	4.22
3	🔗	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
3	🔗	1901 01 23 00 17 1	Oltrepò Pavese	90	5	4.23
4	🔗	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
3	🔗	1902 08 04 22 36 1	Lunigiana	60	6	4.78
3-4	🔗	1903 07 27 03 46	Lunigiana	79	7-8	5.19
2-3	🔗	1906 08 11 09 58	Liguria occidentale	82	5	4.41
4	🔗	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	🔗	1910 01 23 01 50	Piacentino	118	5	4.39
2-3	🔗	1913 12 07 01 28	Valle Scrivia	56	5	4.57
3-4	🔗	1914 10 26 03 43 2	Torinese	63	7	5.24
4	🔗	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
3	🔗	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
F	🔗	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8	5.82
3	🔗	1917 01 07 03 39	Savonese	32	5	4.35

F	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
6	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
5	1924 09 21 20 18	Genovese	11	5	4.32
2	1926 01 01 18 04 0	Carniola interna	63	7-8	5.72
3	1927 10 28 21 49	Alta Val di Taro	39	6	4.66
2-3	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
3-4	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
3	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
4	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20
3-4	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
2	1935 03 19 07 27 1	Embrunais	254	7	5.25
3	1937 12 10 18 04	Frignano	28	6	5.30
3	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96
3	1939 10 31 06 47	Lunigiana	19	5-6	4.85
3	1940 01 24 23 32 1	Appennino emiliano	6		
3	1945 12 15 05 27	Oltrepò Pavese	12	6	4.72
3-4	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
3	1959 01 26 05 35 4	Alta Val di Taro	14	5	4.27
F	1963 07 19 05 46 0	Mar Ligure	412		5.95
F	1968 04 18 19 38 1	Liguria occidentale	51	7-8	4.93
3	1970 12 31 22 04 4	Liguria occidentale	79	6	4.62
3	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
3-4	1971 09 25 10 34 0	Mar Ligure	31	5-6	4.33
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
3-4	1975 11 16 13 04 2	Appennino piacentino	10	4-5	4.93
3-4	1976 05 06 20 00 1	Friuli	770	9-10	6.45
3	1976 08 22 02 49 1	Alta Val di Taro	26	5	4.54
3	1976 09 15 09 21 1	Friuli	54	8-9	5.95
NF	1978 12 05 15 39 0	Romagna	34	4-5	4.61
3	1979 02 09 14 44	Bergamasco	73	6	4.78
F	1980 01 05 14 32 2	Torinese	120	6-7	4.82
2-3	1980 06 07 18 35 0	Garfagnana	102	6-7	4.64
3-4	1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7	4.57
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3	1989 12 26 19 59 5	Mar Ligure	290		4.46
4	1993 07 17 10 34 5	Liguria occidentale	336	5	4.34
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
3	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
2	2000 08 21 17 14	Monferrato	595	6	4.94
3-4	2001 02 06 22 28 4	Mar Ligure	47	4-5	4.17
4-5	2003 04 11 09 26 5	Valle Scrivia	78	6-7	4.81
4	2004 11 24 22 59 3	Garda occidentale	176	7-8	4.99

NF	2005 04 13 18 46 0	Valle del Trebbia	163	4	3.68
NF	2005 04 18 10 59 1	Valle del Trebbia	284	4	3.97
4	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
F	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61

Figura 5-29 - Quadro sinottico degli eventi sismici nel tempo

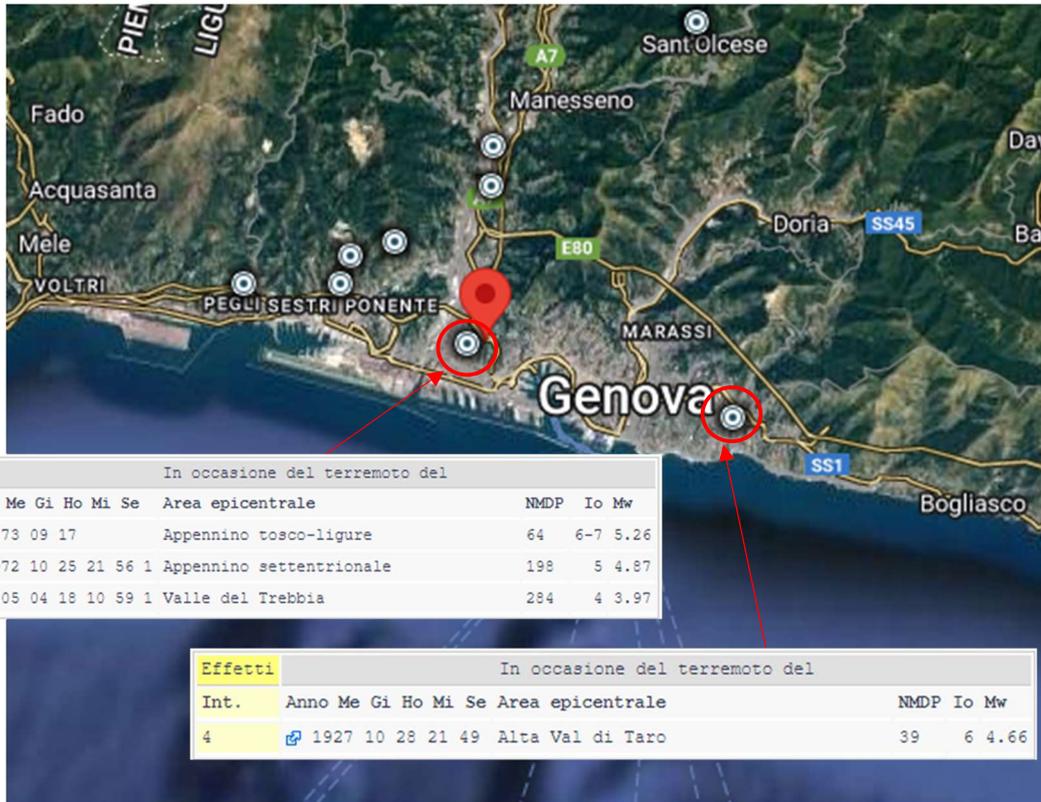


Figura 5-30- Ubicazione terremoti nei dintorni di Genova

5.6.2 Catalogo NTC4.1.1

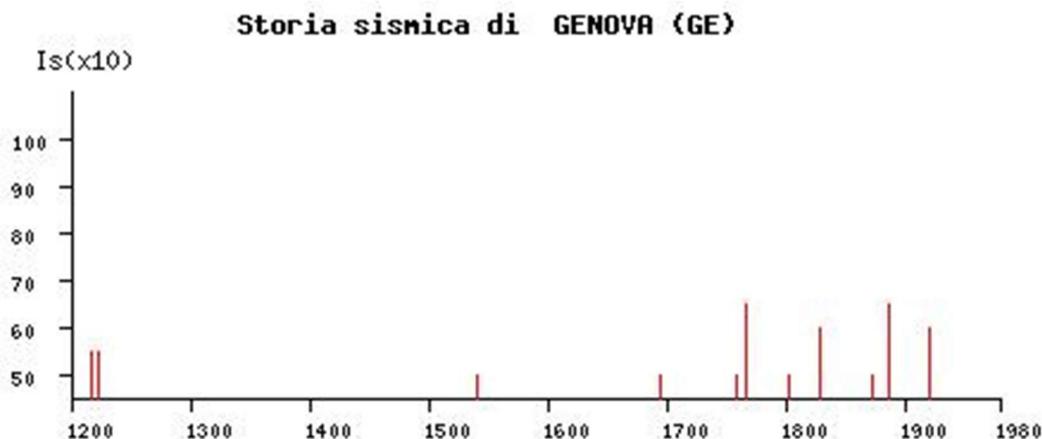
In ambito GNDT, ed in particolare nell'ambito delle iniziative per la valutazione della pericolosità sismica del territorio italiano, a partire dal 1990 si è posta la necessità di produrre cataloghi parametrici compilati secondo criteri orientati alla valutazione della pericolosità sismica (Stucchi, 1991) e che considerassero i risultati delle ricerche effettuate dopo la pubblicazione del catalogo PFG (Postpischl, 1985). Il primo di questi cataloghi è stato prodotto nel giugno 1993 (Stucchi et al., 1993; GNDT WG, 1993; Stucchi e Zerga, 1994); successive versioni sono state prodotte e utilizzate nelle varie fasi del progetto.

La versione NT4.1 rappresenta una rifinitura del catalogo usato per la compilazione delle mappe di pericolosità sismica consegnate dal GNDT al Dipartimento della Protezione Civile nel giugno 1996 (Slejko, 1996).

La versione NTC4.1.1 (luglio 1997) contiene alcune correzioni ad errori evidenziati nella fase successiva alla pubblicazione e alcune modifiche provenienti da controlli effettuati sui dati di base.

Di seguito si riportano le osservazioni sismiche consultate nel sito:

(http://emidius.mi.ingv.it/DOM/consult_loc.html).



Osservazioni sismiche (71) disponibili per
GENOVA (GE) [44.419, 8.898]

Data					Effetti	in occasione del terremoto di:	
Ye	Mo	Da	Ho	Mi	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix Ms
1767	02	07	03	45	65	GENOVA	65 47
1887	02	23			65	LIGURIA OCC.	100 64
1182	08	15			60	GENOVA	60 44
1828	10	09			60	VAL STAFFORA	80 52
1920	09	07	05	55	60	GARFAGNANA	100 65
1217	01	08			55	GENOVA	55 42
1222	12	25	11		55	BRESCIANO	80 59
1541	10	22	18		50	VALLE SCRIVIA	80 55
1695	02	25	05	30	50	ASOLO	90 64
1759	05	26	01	30	50	PAVIA	60 44
1802	05	12	09	30	50	SONCINO	80 55
1873	09	17			50	LIGURIA ORIENTALE	65 47
1612	01	31			45	ROCCA BIGLIERA	65 47
1834	02	14	13	15	45	ALTA LUNIGIANA	85 59
1834	07	04	00	35	45	ALTA LUNIGIANA	65 47
1811	07	15	22	44	40	SASSUOLO	70 50
1818	12	09	18	52	40	LANGHIRANO	75 52
1832	03	13	03	20	40	REGGIANO	75 52
1854	12	29	01	45	40	MAR LIGURE	75 55
1891	06	07			40	VERONESE	80 55
1901	10	30	14	49	40	SALO`	80 55
1909	01	13	00	45	40	BASSA PADANA	65 54
1914	10	27	09	22	40	GARFAGNANA	70 58
1972	10	25	21	56	40	PASSO CISA	50 47
1806	02	12			35	NOVELLARA	70 50
1831	05	26			35	TAGGIA	85 55
1903	07	27	03	46	35	LUNIGIANA	75 47
1914	10	26	03	45	35	TAVERNETTE	70 49
1929	04	20	01	09	35	BOLOGNESE	75 54
1963	07	19	05	45	35	MAR LIGURE	50 59
1975	11	16	13	04	35	BORGO VAL DI TARO	55 45
1976	05	06	20		35	FRIULI	95 65
1644	02	15			F	ALPI MARITTIME	85 59
1738	11	05	00	30	F	PARMA	70 50
1810	12	25	00	45	F	NOVELLARA	70 50
1814	04	03			F	LIVORNO	65 47
1819	01	08			F	MAR LIGURE	65 47
1826	06	24	12	15	F	SALO`	55 42
1935	03	19	07	27	F	FRANCIA	40 50
1959	04	05	10	48	F	FRANCIA	75 54
1740	03	06	05	15	30	GARFAGNANA	75 50
1786	12	25			30	RIMINI	80 55
1808	04	02			30	VAL PELLICE	80 55
1818	02	23			30	MAR LIGURE	70 50
1837	04	11	16	50	30	ALPI APUANE	100 64

1846 08 14 12	30	ORCIANO PISANO	90	59
1849 11 28 18 15	30	VAL DI TARO	65	47
1878 09 10 13 31	30	LUNIGIANA	65	47
1886 09 05	30	VAL DI SUSÀ	70	47
1898 03 04	30	CALESTANO	70	47
1915 10 10 23 10	30	REGGIO EMILIA	65	46
1927 10 28 21 49	30	BEDONIA	60	48
1937 12 10 18 04	30	APP. MODENESE	70	52
1939 10 15 14 05	30	GARFAGNANA	70	49
1945 12 15 05 27	30	VARZI	60	47
1971 07 15 01 33	30	PARMENSE	80	54
1976 09 15 09 21	30	FRIULI	85	59
1831 09 11 18 15	25	PARMENSE	75	50
1906 08 11 09 58	25	TAGGIA	55	37
1913 12 07 01 28	25	NOVI LIGURE	50	44
1346 02 22 11	NC	FERRARESE	75	52
1907 04 25 04 52	10	BOVOLONE	60	45
1857 02 01	NF	PARMENSE	65	47
1882 02 15 04 50	NF	APP. LIGURE	60	44
1065 03 27 11	NR	BRESCIA	75	52
1383 07 24 20	NR	PARMA	55	42
1410 06 10 21	NR	VERONA	55	42
1438 06 10 02	NR	PARMENSE	80	55
1465 04 06 21 30	NR	VERONA	55	42
1474 03 11 20 30	NR	MODENA	60	44
1491 01 25	NR	VERONA	80	52

Per il comune di Genova sono disponibili n° 71 osservazioni sismiche.

L'evento che ha prodotto gli effetti sismici maggiori è quello del 1767 e del 1887, per i quali si ricava un'intensità al sito Is (MCS) di 6.5.

5.6.3 Banca dati GNDT 1996

A partire dal 1988 il GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti) ha raccolto, verificato e ricompilato la grande maggioranza dei dati macrosismici disponibili per terremoti relativi al periodo 1000-1980 e successivo aggiornamento del 1996. Questi dati provengono da alcuni bacini principali, in parte pubblici, in parte riservati, e da studi isolati. Per diversi terremoti sono disponibili più studi, ossia più insiemi di dati compilati a partire da informazioni primarie (record storici) parzialmente coincidenti, ed interpretati con criteri spesso non omogenei.

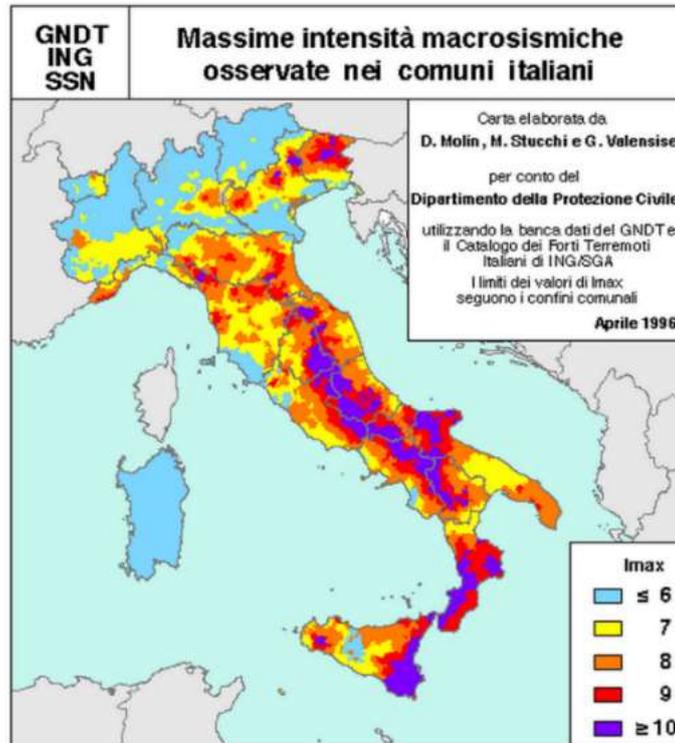
Il GNDT ha dato corso a nuovi studi di terremoti, privilegiando gli eventi per i quali non fossero già disponibili studi qualificati; anche in questo caso i dati sono stati georeferenziati, in analogia a quanto discusso in precedenza.

Per entrambi i gruppi di studi è stata data priorità agli eventi "principali" di ciascuna sequenza, con esclusione quindi delle repliche individuate secondo il criterio adottato per la compilazione dei cataloghi NT (Stucchi e Zerga, 1993).

In totale, utilizzando i dati della banca GNDT, la mappa delle massime d'intensità osservate può essere prodotta a partire da 943 eventi di intensità epicentrale superiore o uguale alla soglia del danno ($I_0 \geq 5/6$). Per questi eventi si dispone complessivamente di circa 33.000 osservazioni riferite a 9070 località, di cui 8518 in territorio italiano.

Regione	totale comuni	comuni privi di dati	%	comuni con lmax/oss	%	comuni con lmax/pon	%
Piemonte	1209	408	33.7	553	45.7	248	20.5
Valle d'Aosta	74	27	36.5	19	25.7	28	37.8
Lombardia	1546	1058	68.4	215	13.9	273	17.6
Trentino Alto- Adige	339	124	36.6	103	30.4	112	33.0
Veneto	582	173	29.7	225	38.6	184	31.6
Friuli Venezia Giulia	219	1	0.5	169	77.2	49	22.4
Liguria	235	35	14.9	151	64.2	49	20.8
Emilia-Romagna	341	34	10.0	209	61.3	98	28.7
Toscana	287	12	4.2	192	66.9	83	28.9
Umbria	92	3	3.3	58	63.0	31	33.7
Marche	246	18	7.3	188	76.4	40	16.3
Lazio	377	26	6.9	222	58.9	129	34.2
Abruzzo	305	11	3.6	204	66.9	90	29.5
Molise	136	7	5.1	88	64.7	41	30.1
Campania	551	77	13.9	364	66.1	110	19.9
Puglia	257	49	19.1	114	44.3	94	36.6
Basilicata	131	2	1.5	120	91.6	9	6.9
Calabria	409	2	0.5	348	85.1	59	14.4
Sicilia	390	16	4.1	290	74.3	84	21.5
Sardegna	375	358	95.4	7	1.9	10	2.7
TOTALE	8101	2441		3839		1821	

Figura 5-31 – Distribuzione dei dati per regione



Liguria

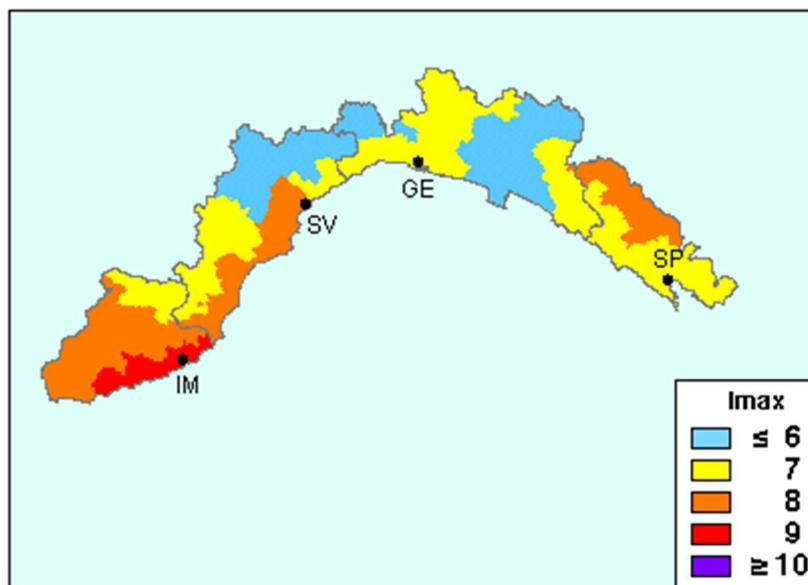


Figura 5-32 – Mappa delle massime intensità sismiche osservate nei comuni italiani

Dalla consultazione del sito, si ricava per la città di Genova un'intensità macrosismica I_{max} pari a 7.

Massime intensità macrosismiche osservate nella provincia di Genova

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
ARENZANO	7	10	1	44.40346	8.68273	7
AVEGNO	7	10	2	44.37825	9.15729	<= 6
BARGAGLI	7	10	3	44.44726	9.08812	<= 6
BOGLIASCO	7	10	4	44.37904	9.06682	<= 6
BORZONASCA	7	10	5	44.42153	9.38699	7
BUSALLA	7	10	6	44.56990	8.94610	7
CAMOGLI	7	10	7	44.35013	9.15352	<= 6
CAMPO LIGURE	7	10	8	44.53690	8.69843	<= 6
CAMPOMORONE	7	10	9	44.50721	8.88973	7
CARASCO	7	10	10	44.35000	9.34435	<= 6
CASARZA LIGURE	7	10	11	44.27409	9.45323	7
CASELLA	7	10	12	44.53593	8.99759	7
CASTIGLIONE CHIAVARESE	7	10	13	44.27400	9.51400	7
CERANESI	7	10	14	44.50329	8.89461	<= 6
CHIAVARI	7	10	15	44.31731	9.32231	<= 6
CICAGNA	7	10	16	44.40910	9.23568	<= 6
COGOLETO	7	10	17	44.38873	8.64396	7
COGORNO	7	10	18	44.33193	9.35216	<= 6
COREGLIA LIGURE	7	10	19	44.38702	9.26049	<= 6
CROCEFIRESCHI	7	10	20	44.58449	9.02207	7
DAVAGNA	7	10	21	44.46708	9.08936	<= 6
FASCIA	7	10	22	44.56484	9.23594	7
FAVALE DI MALVARO	7	10	23	44.45282	9.25853	<= 6
FONTANIGORDA	7	10	24	44.54560	9.30393	<= 6
GENOVA	7	10	25	44.41926	8.89750	7
GORRETO	7	10	26	44.60508	9.29051	7
ISOLA DEL CANTONE	7	10	27	44.64727	8.95588	7
LAVAGNA	7	10	28	44.30887	9.34356	<= 6
LEIVI	7	10	29	44.35260	9.30128	<= 6
LORSICA	7	10	30	44.42885	9.26434	<= 6
LUMARZO	7	10	31	44.44278	9.13651	<= 6
MASONE	7	10	32	44.50283	8.71285	<= 6
MELE	7	10	33	44.44551	8.74658	7
MEZZANEGO	7	10	34	44.38287	9.37718	7
MIGNANEGO	7	10	35	44.52161	8.91301	7
MOCONESI	7	10	36	44.42029	9.20924	<= 6
MONGLIA	7	10	37	44.23961	9.48824	7
MONTEBRUNO	7	10	38	44.52569	9.24713	<= 6
MONTOGGIO	7	10	39	44.51668	9.04572	7
NE	7	10	40	44.34372	9.39834	7
NEIRONE	7	10	41	44.45484	9.19041	<= 6
ORERO	7	10	42	44.40719	9.27431	<= 6
PIEVE LIGURE	7	10	43	44.37533	9.09359	<= 6
PORTOFINO	7	10	44	44.30336	9.20869	<= 6
PROPATA	7	10	45	44.56518	9.18492	7
RAPALLO	7	10	46	44.34912	9.22991	<= 6
RECCO	7	10	47	44.36440	9.14239	<= 6
REZZOAGLIO	7	10	48	44.52579	9.38613	<= 6
RONCO SCRIVIA	7	10	49	44.61249	8.95171	7
RONDANINA	7	10	50	44.56270	9.21738	7
ROSSIGLIONE	7	10	51	44.56335	8.66792	<= 6
ROVEGNO	7	10	52	44.57610	9.27797	<= 6
SAN COLOMBANO CERTENOLI	7	10	53	44.37162	9.31211	<= 6
SANTA MARGHERITA LIGURE	7	10	54	44.33403	9.21001	<= 6
SANT'OLCESE	7	10	55	44.48309	8.96671	7
SANTO STEFANO D'AVETO	7	10	56	44.54705	9.44923	<= 6
SAVIGNONE	7	10	57	44.56348	8.98878	7
SERRA RICCO	7	10	58	44.50864	8.93581	7
SESTRI LEVANTE	7	10	59	44.26983	9.39371	7
SORI	7	10	60	44.37261	9.10428	<= 6
TIGLIETO	7	10	61	44.54088	8.61818	<= 6
TORRIGLIA	7	10	62	44.51927	9.15862	<= 6
TRIBOGNA	7	10	63	44.41539	9.19342	<= 6
USCIO	7	10	64	44.41168	9.16499	<= 6
VALBREVENNA	7	10	65	44.55628	9.06526	7
VOBBIA	7	10	66	44.60024	9.03925	7
ZOAGLI	7	10	67	44.33708	9.26693	<= 6

5.6.4 Catalogo ITACA ed Engineering Strong-Motion database (ESM)

ITACA3.2 ([*Itaca - Italian ACcelerometric Archive \(ingv.it\)*](http://Itaca - Italian ACcelerometric Archive (ingv.it))) contiene più di 54.900 forme d'onda relative a 2.270 eventi sismici di magnitudo superiore o uguale a 3.0, che si sono verificati nel periodo 1972-2021 e registrate da circa 1.500 stazioni. ITACA3.2 include più di 35.000 forme d'onda di buona qualità processate da specialisti.

ITACA3.2 è sviluppata e gestita dal gruppo di lavoro ITACA dell'INGV di Milano con il supporto dei seguenti Progetti:

- Agreement INGV - DPC (2012-2021), Annex A and B2;
- European Plate Observing System (EPOS, GA 676564);
- Seismology and Earthquake Engineering Research Infrastructure Alliance for Europe (SERA, GA 730900);

Viene riportato di seguito un estratto cartografico del catalogo ITACA con un focus sull'area d'interesse. L'area d'intervento viene evidenziata qualitativamente mediante una forma geometrica di colorazione gialla. Mentre, gli eventi sismici registrati, più vicini all'area in studio, vengono evidenziati mediante una forma circolare di colorazione viola.

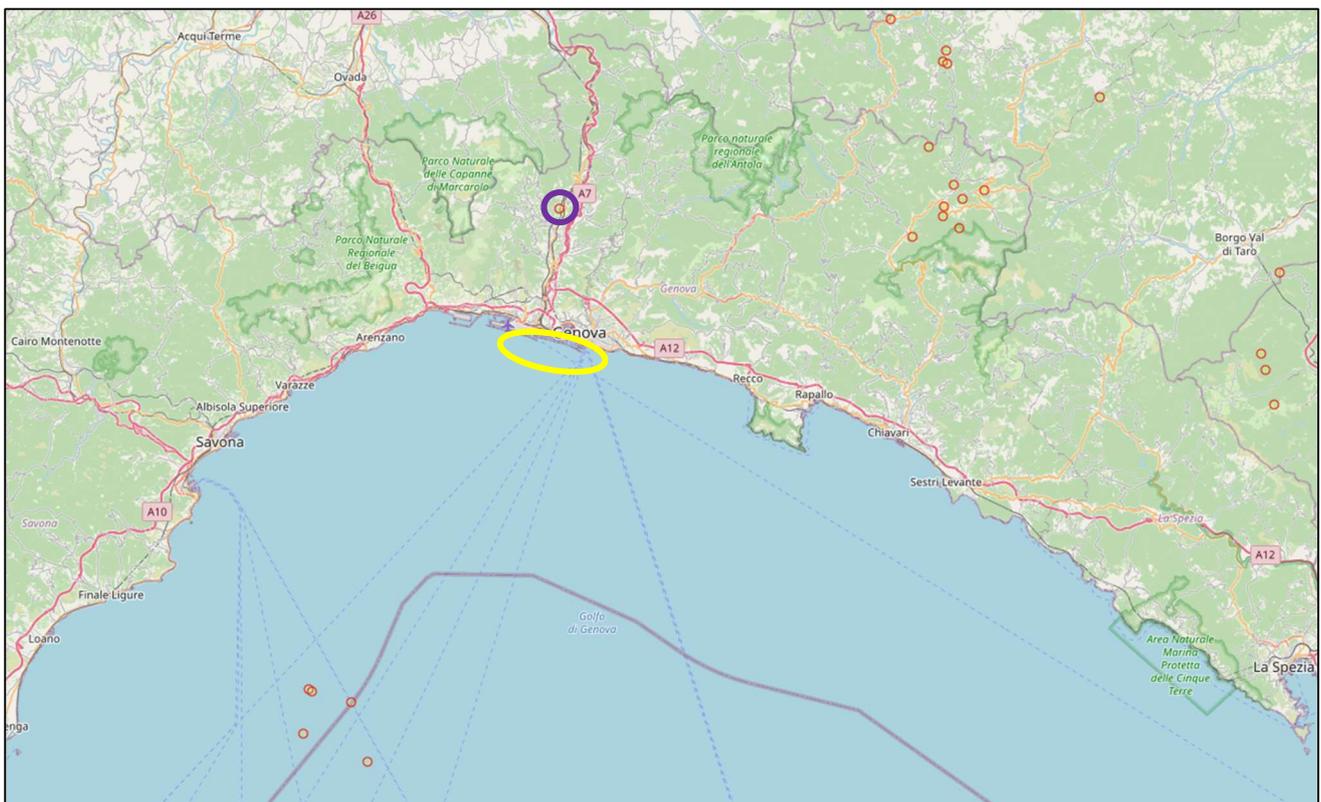


Figura 5-33 – Mappa degli eventi sismici presenti nel catalogo ITACA

L'evento sismico evidenziato dista in linea d'aria rispetto all'area d'intervento circa 14 chilometri e ne vengono riportate di seguito le rispettive informazioni parametriche.

ID ITACA IT-2013-0107

ID EMSC 20131114_0000034

ID ISC 603789052

ID INGV 2745511

ID USGS usb000kxsh

CPTI15 ID

Origine

Data	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Profondità [Km]	Riferimento	Localizzazione
★ 2013-11-14 11:34:36	44.519	8.909	5.9	INGV-CNT Seismic Bulletin	Rivista

Magnitudo

Valore	Tipo	Metodo	Riferimento
★ 3.1	ML	unknown	INGV-CNT Seismic Bulletin

Figura 5-34 – Informazioni parametriche dell'evento sismico del 07.01.2013

Nell'area a mare sono presenti al catalogo altri eventi sismici, i quali sono stati collocati, più o meno, alla base dei canyon posti di fronte a Genova. Viene riportata di seguito una proiezione degli stessi su immagine satellitare di Google Earth e le informazioni parametriche dell'evento più rilevante.

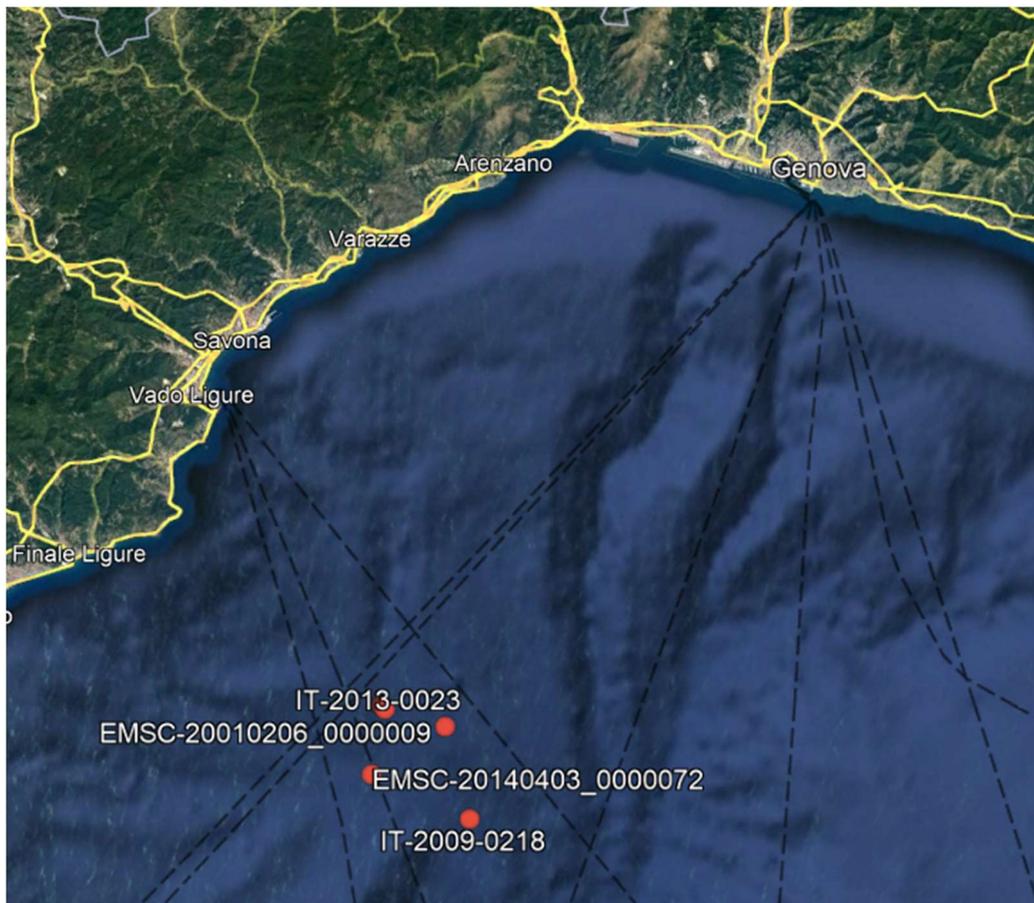


Figura 5-35 – Mappa degli eventi sismici registrati in mare secondo il catalogo ITACA

ID ITACA EMSC-20010206_0000009

ID EMSC 20010206_0000009

ID ISC 1799983

ID INGV 1215939

ID USGS usp000a96q

CPTI15 ID 20010206_2228_000

Origine

Data	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Profondità [Km]	Riferimento	Localizzazione
★ 2001-02-06 22:28:44	44.071	8.646	13.1	ISC-webservice	Rivista

Magnitudo

Valore	Tipo	Metodo	Riferimento
★ 4.1	ML	unknown	ISC-webservice
★ 3.2	Ms	unknown	ISC-webservice
★ 4.3	Mw	unknown	ISC-webservice
★ 4.1	Mb	unknown	ISC-webservice
★ 4.0	Md	unknown	ISC-webservice

Figura 5-36 – Informazioni parametriche dell'evento più rilevante registrato in mare secondo catalogo ITACA

Le registrazioni degli eventi sismici italiani di magnitudo pari o superiore a 4.0 e successive al primo gennaio 2022 sono disponibili nel database Engineering Strong-Motion database (ESM) – (ESM - Engineering Strong Motion database (esm-db.eu)), che viene aggiornato con frequenza giornaliera.

In prossimità dell'area di Genova sono stati registrati, in particolare, i seguenti eventi.

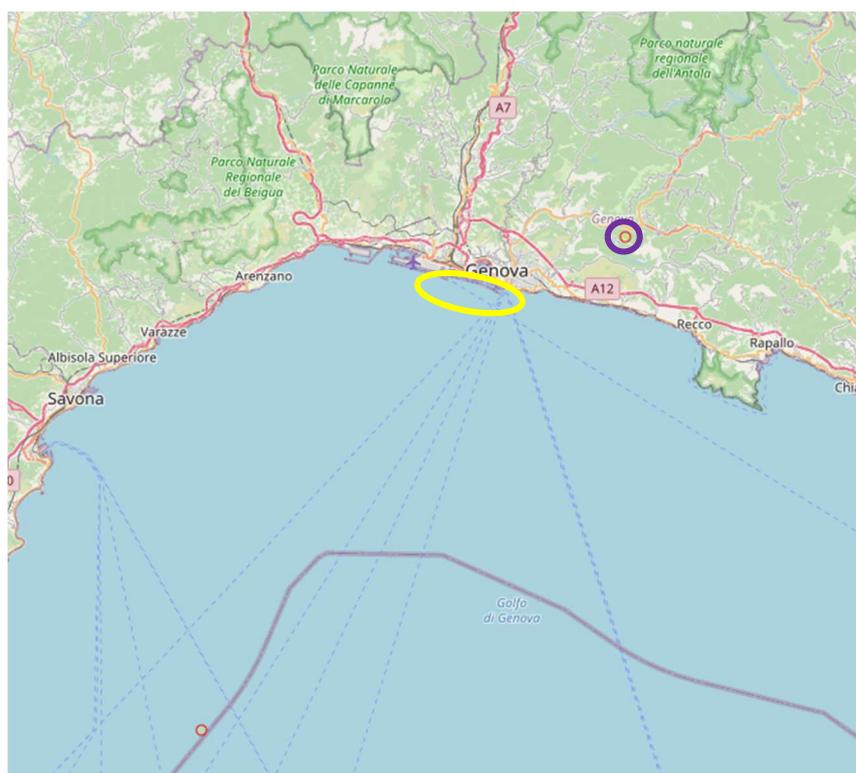


Figura 5-37 – Mappa degli eventi sismici registrati in zona secondo catalogo ESM

Quello in mare corrisponde all'evento precedentemente menzionato; mentre, quello nell'entroterra, viene presentato di seguito.

ESM ID INT-20220922_0000117

EMSC ID 20220922_0000117

ISC ID 624826622

INGV ID 32828651

USGS ID us7000ia6e

Country Italy

Region Liguria

Municipality Bargagli

Origin

Date	Latitude [°]	Longitude [°]	Depth [Km]	Reference	Location
★ 2022-09-22 13:39:59	44.433	9.072	8.3	INGV-BULLETIN	No Information
☆ 2022-09-22 13:40:00	44.427	9.064	10.0	USGS-webservice	No Information
☆ 2022-09-22 13:40:00	44.440	9.070	10.0	EMSC-CSEM	No Information
☆ 2022-09-22 13:40:00	44.395	9.047	13.4	ISC-webservice	No Information

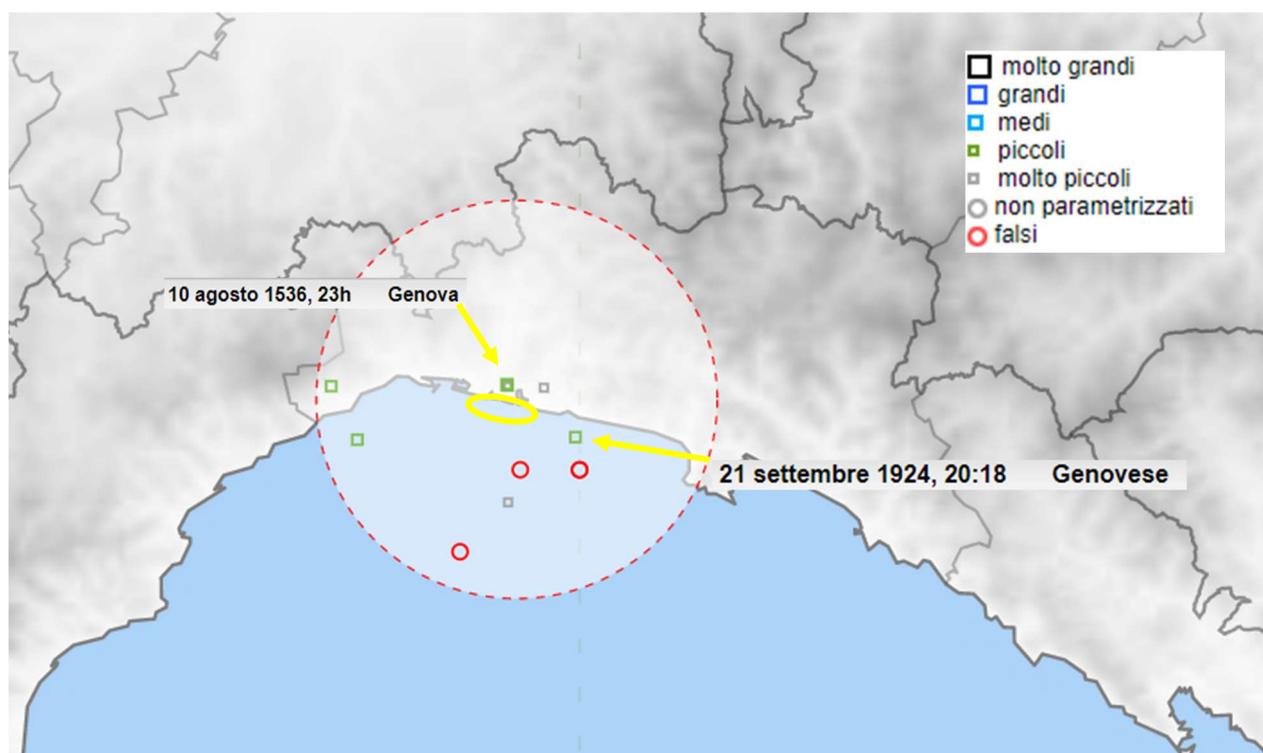
Magnitude

Value	Type	Method	Reference
★ 4.4	Mb	unknown	USGS-webservice
★ 4.1	ML	unknown	EMSC-CSEM
☆ 4.2	Mb	unknown	ISC-webservice
★ 4.0	Mw	unknown	TDMT-INGV

Figura 5-38 – Informazioni parametriche dell'evento del 22.09.2022

5.6.5 Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI)

L'Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI) rende accessibili informazioni su più di 6.500 terremoti d'interesse per l'Italia dal 461 a.C. al 2020 e provenienti da più di 430 studi sismologici. Per ciascun terremoto sono consultabili vari tipi di studi, che forniscono una panoramica sulla molteplicità delle informazioni disponibili.



Data	Area epicentrale	Info
1104-04	Liguria	
1136	Liguria	
1182-08-15	Genova	••••
1217-01-08	Genova	••••
1536-08-10 23	Genova	••••
1703-05-13 16	Mar Ligure	
1703-07-01	Genova	••••
1704-05-14	Riviera Ligure	••••
1751-11-21	Liguria	••••
1759-05-26 01:30	Mar Ligure	
1897-07-06 20:44	Mar Ligure	••••
1924-09-21 20:18	Genovese	••••
1924-09-21 20:50	Riviera di Levante (Genes)	••••
1967-01-13 10:32	Riviera ligure di levante	••••

Figura 5-39 – Mappa degli eventi sismici registrati nel catalogo ASMI

Vengono riportate di seguito le informazioni parametriche degli eventi sismici più rilevanti registrati e considerati dal presente catalogo.

▶ CPTI15 link							
Data	1536-08-10 23						
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Lat, Lon	44.419, 8.898						
<input checked="" type="checkbox"/> MDP set	▶ 1 MDPs Imax 6 MCS CFTI4med						
Io	6						
Mw	4.63 ± 0.46						
Catalogo	Data	Lat	Lon	H	M	Io	Riferimento
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> EPICAv1.1	1536-08-10 23:00	44.419	8.898	--	Mw 4.65	6	CFTI5med CPTI15
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CFTI5med	1536-08-10 23:00	44.420	8.897	--	MM 4.70	6	--
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> SHEEC	1536-08-10 23	44.419	8.898	--	Mw 4.72	6	CFTI4med
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CPTI11	1536-08-10 23	44.419	8.898	--	Mw 4.72	6	CFTI4med
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CFTI4med	1536-08-10 23	44.417	8.900	--	MM 4.70	6	--
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CFTI3	1536-08-10 23:00	44.416	8.900	--	Mw 3.70	5	--
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CFTI2	1536-08-10 23	44.416	8.900	--	Mw 3.90	5	--
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CFTI	1536-08-10 23	44.416	8.900	--	Mw 4.50	5	--
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Postpischl, 1985	1536-08-10 23	44.333	9.000	--	MM 5.70	9	Baratta, 1901 Mercalli, 1897

Figura 5-40 – Informazioni parametriche dell'evento sismico del 10.08.1536

▶ CPTI15 link							
Data	1924-09-21 20:18						
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Lat, Lon	44.366, 8.994						
<input checked="" type="checkbox"/> MDP set	▶ 11 MDPs Imax 5 MCS Molin et al., 2008						
Io	5						
Mw	4.32 ± 0.39						
Catalogo	Data	Lat	Lon	H	M	Io	Riferimento
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> SisFrance, 2016	1924-09-21 21:18	44.367	8.833	--	--	5	--
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> SisFrance, 2014	1924-09-21 21:18	44.367	8.833	--	--	5	--
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CPTI11	1924-09-21 20:18	44.400	8.950	--	Mw 4.51	5-6	Postpischl, 1985
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CPTI04	1924-09-21 20:18	44.400	8.950	--	Mw 4.63	5-6	Postpischl, 1985
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> CPTI99	1924-09-21 20:18	44.400	8.950	--	Ms 4.00	5-6	Postpischl, 1985
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> NT4.1	1924-09-21 20:18	44.400	8.950	--	Ms 4.20	5-6	Postpischl, 1985
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Postpischl, 1985	1924-09-21 20:18	44.400	8.950	--	MM 3.90	5-6	Ingrao, 1917-1926

Figura 5-41 – Informazioni parametriche dell'evento sismico del 21.09.1924

6 AZIONI SISMICHE DI PROGETTO DA NORMATIVA

6.1 Vita utile dell'opera e periodo di riferimento

Il progetto degli edifici e strutture è realizzato nel rispetto del Decreto Ministeriale 17/01/2018 “Norme Tecniche per le costruzioni”, il quale prescrive di esplicitare la scelta di Vita Nominale e Classe d'Uso delle opere, la quale deve essere effettuata di concerto con il Committente.

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali, ed è correlata alla “Tipologia dell'opera”.

La classe d'uso delle opere individua il grado di prestazione atteso dalla struttura in presenza di azione sismica, in riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso. Nella progettazione la classe d'uso si traduce nell'applicazione di azioni tanto più gravose, quanto più la struttura è importante in termini di sicurezza collettiva e pubblico interesse.

La Normativa suddivide gli edifici e le strutture in quattro categorie.

2.4.1. VITA NOMINALE DI PROGETTO

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – 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 ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Non sono da considerarsi temporanee le costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate con l'intento di essere riutilizzate. Per un'opera di nuova realizzazione la cui fase di costruzione sia prevista in sede di progetto di durata pari a P_N , la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a P_N e comunque non inferiore a 5 anni.

Le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

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.

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.

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.

2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

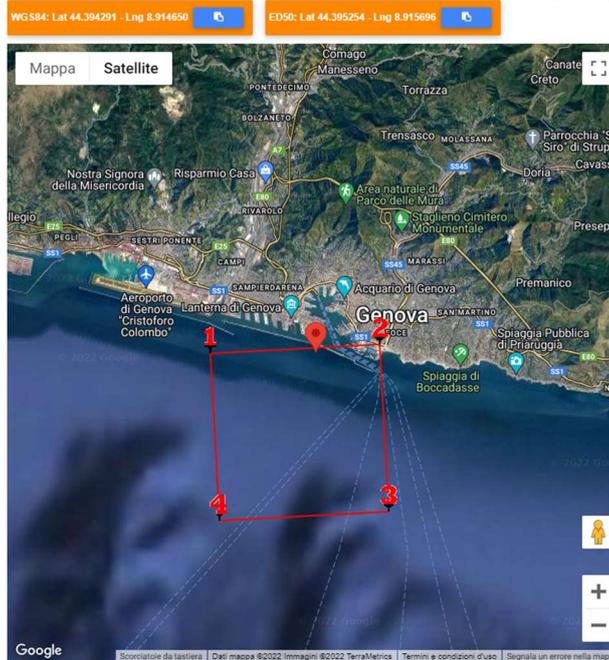
Per le diverse opere previste in progetto si hanno i seguenti parametri di input per la definizione delle azioni sismiche:

1. Area mare

- ✓ Vita Nominale: $V_N = 50$ anni
- ✓ Classe d'uso: Classe III – $C_U = 1.5$
- ✓ Periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_r = V_n \cdot C_u = 50 \cdot 1.5 = 75$ anni

Vengono di seguito riportati degli estratti relativi alle caratteristiche sismiche del sito in moto di "campo libero" che ci si potrebbero attendere. Tuttavia, come verrà accennato in seguito, è stato eseguito uno studio di *Risposta Sismica Locale*, alla quale si rimanda per approfondimenti sito specifici.

Area portuale di Genova:



Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	Tc [*] [s]
Operatività (SLO)	45	0.028	2.534	0.200
Danno (SLD)	75	0.034	2.548	0.222
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.073	2.562	0.298
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.093	2.569	0.309
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 | us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: D

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,80	1,80
CC Coeff. funz categoria	2,80	2,65	2,29	2,25
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

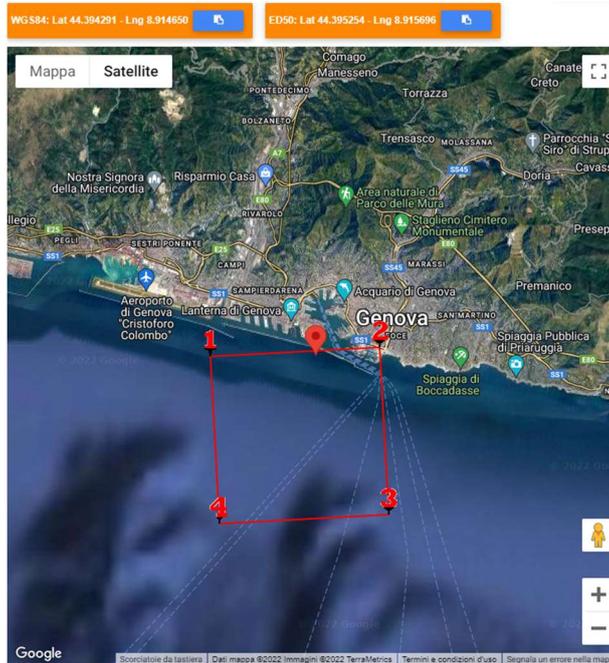
Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.010	0.012	0.026	0.033
kv	0.005	0.006	0.013	0.017
Amax [m/s²]	0.487	0.598	1.296	1.634
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Figura 6-1 – Parametri sismici sito specifici con categoria di sottosuolo di tipo “D”

(<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>)

Area portuale di Genova:



Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni
 Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.
 H (m) us (m)
 1 0.1
 Cat. Sottosuolo E
 Cat. Topografica T1

Stati limite

Classe Edificio	III. Affollamento significativo...			
Vita Nominale	50	Interpolazione Media ponderata		
CU = 1.5				
Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	45	0.028	2.534	0.200
Danno (SLD)	75	0.034	2.548	0.222
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.073	2.562	0.298
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.093	2.569	0.309
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,60
CC Coeff. funz categoria	2,19	2,10	1,87	1,84
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] \rightleftharpoons 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.009	0.011	0.024	0.030
kv	0.004	0.005	0.012	0.015
Amax [m/s ²]	0.433	0.532	1.153	1.453
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Figura 6-2 – Parametri sismici sito specifici con categoria di sottosuolo di tipo “E”

(<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>)

6.2 Stati limite e relative probabilità di superamento

3.2.1. STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione 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 e 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 (SLU) comprendono:

- **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 probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{V_R} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{V_R} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{V_R}) = -C_U V_N / \ln(1 - P_{V_R}) \quad [3.2.0]$$



6.3 Intensità macrosismica

Con riferimento ai dati storici, alla banca dati GNDT ed alle mappe di pericolosità sismiche del territorio italiano, per il comune di Genova si può assumere un valore di intensità macrosismica pari a:

$$I = 7 \text{ (MCS)}$$

Dall'intensità sismica è possibile ricavare in prima approssimazione il valore di PGA secondo quanto riportato in "Relazioni di conversione da Intensità a PGA per le stime di pericolosità sismica: aspetti metodologici e modalità applicative" di Paolo Gasperini (Dipartimento di Fisica, Università di Bologna) e Dario Albarello (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Siena).

La tabella seguente riassume i corrispettivi valori di PGA secondo diverse teorie.

Intensità	PGA (GOR)	PGA (Margottini General)	PGA (Margottini Local)
6	0.07g	0.06g	0.07g
7	0.13g	0.09g	0.12g
8	0.25g	0.13g	0.20g
9	0.48g	0.20g	0.33g
10 (estrap.)	0.91g	0.31g	0.54g
11 (estrap.)	1.73g	0.46g	0.90g

Figura 6-3 – Correlazioni tra I e PGA

6.4 Magnitudo momento

La magnitudo momento M_w può essere determinata a partire dall'intensità macrosismica mediante la seguente relazione (Ezio Faccioli, Roberto Paolucci: "Elementi di sismologia applicata all'ingegneria"):

$$M_w = 0.430 \times I_0 + 2.182$$

Nel caso in esame assumendo $I_0 = 7$ risulta:

$$M_w = 0.430 \times 7 + 2.182 = \mathbf{5.19}$$

Facendo riferimento ai valori della magnitudo ricavati dalle analisi di disaggregazione a_g si ottiene un valore medio di magnitudo pari a $M=5$.

Facendo riferimento invece ai valori della magnitudo relativi alla zona sismogenetica 911 (ZS9) si ricava un valore di magnitudo $M_{w_{max}}$ pari a 6.14.

6.5 Categoria di sottosuolo

Lungo il corpo diga sono state effettuate diverse prove atte a determinare localmente la risposta sismica alla base della diga; tali prove sono però concentrate solamente al di sotto dei tratti T1 e T6. Per tale ragione, in corrispondenza di tali tratti si utilizzeranno i dati ge

L'identificazione della categoria di sottosuolo, in accordo alla normativa di riferimento NTC 2018, è stata effettuata in base ai valori della velocità equivalente (V_{s30}) delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità e sulla base dell'interpretazione delle indagini in sito dirette e indirette.

In ragione dell'elevata variabilità della copertura di sedimenti alluvionali marini, che può presentare scarse caratteristiche di addensamento, appare tuttavia consigliabile e cautelativo considerare la categoria a "D".

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Le considerazioni sopra esposte valgono per i tratti T2, T3, T4 e T5 della diga, al di sotto dei restanti due, essendo state effettuate prove più approfondite, si farà riferimento ai risultati di studio della risposta sismica locale (si veda relativo documento).

6.6 Condizioni topografiche

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi 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 $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nel caso in esame l'area appartiene ad una categoria topografica T1 ($i \leq 15^\circ$)

6.7 Parametri sismici di Progetto

Si riportano i parametri sismici di progetto in corrispondenza alle tipologie di sottosuolo riscontrate.

6.7.1 Sottosuolo tipo D

Si riportano in seguito i vari parametri sismici di progetto per la quale verrà eseguita la verifica delle strutture per la classe di sottosuolo tipo D; si ricorda che essi valgono per i tratti T2, T3, T4 e T5 della diga.

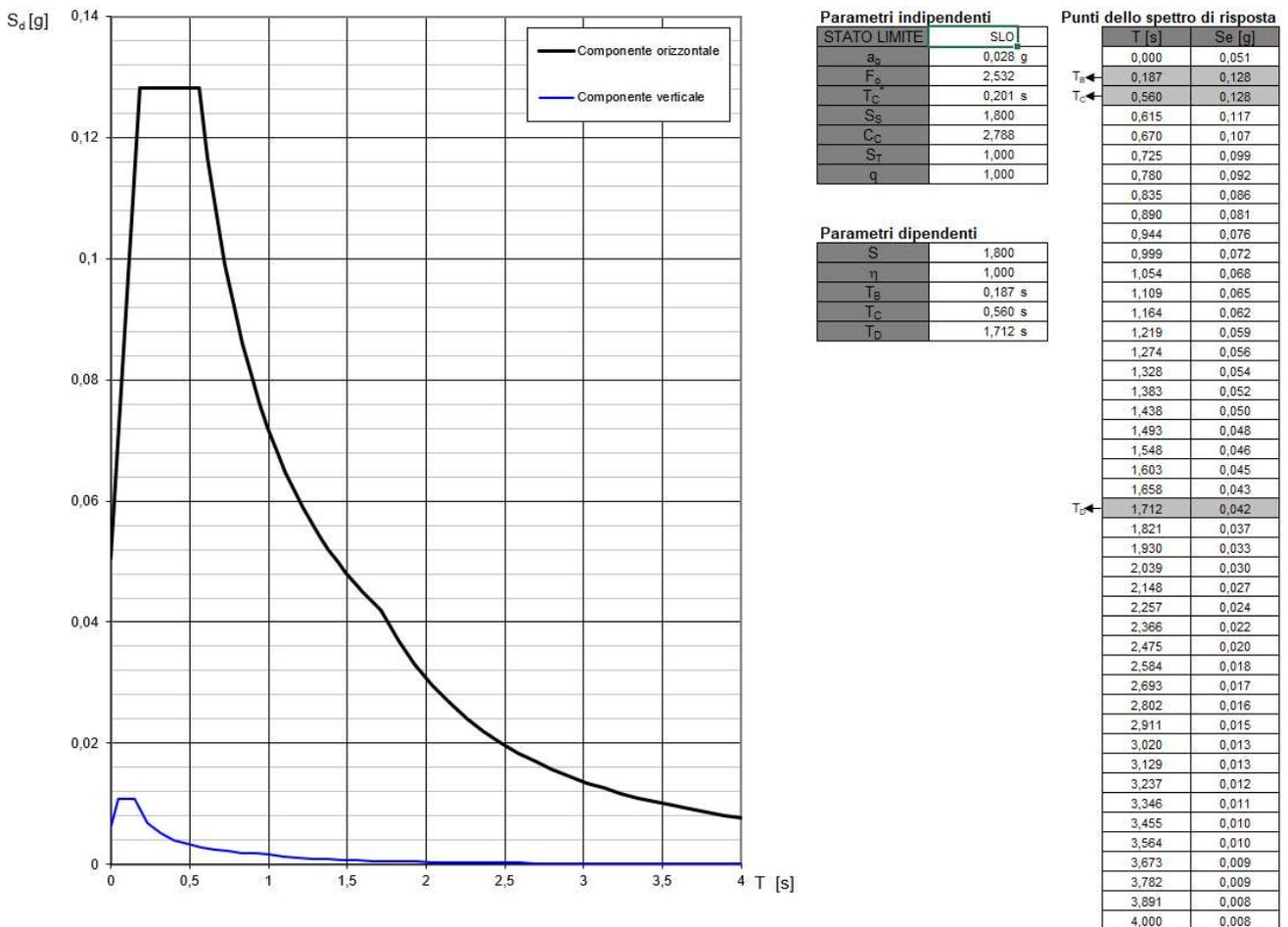
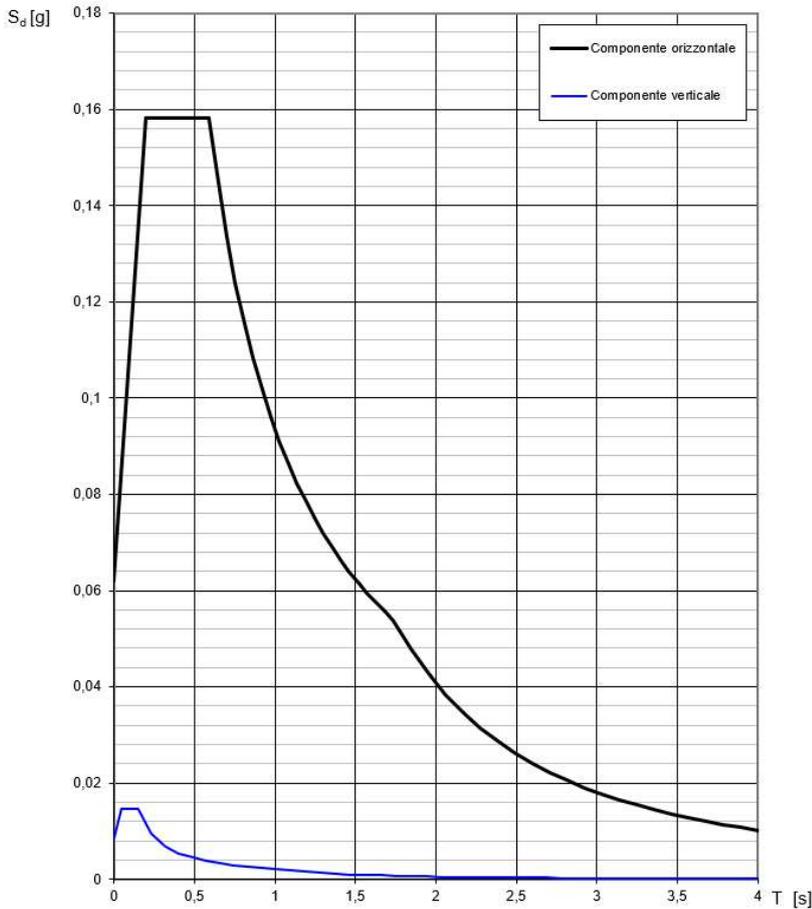


Figura 6-4 – Grafico dello spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Operatività (SLO)



Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLD
a_g	0,035 g
F_p	2,548
T_C	0,224 s
S_S	1,800
C_C	2,642
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti	
S	1,800
η	1,000
T_B	0,197 s
T_C	0,591 s
T_D	1,738 s

Punti dello spettro di risposta		
	T [s]	S_e [g]
	0,000	0,062
T_B	0,197	0,158
T_C	0,591	0,158
	0,646	0,145
	0,701	0,134
	0,755	0,124
	0,810	0,116
	0,864	0,108
	0,919	0,102
	0,974	0,096
	1,028	0,091
	1,083	0,086
	1,137	0,082
	1,192	0,079
	1,247	0,075
	1,301	0,072
	1,356	0,069
	1,410	0,066
	1,465	0,064
	1,520	0,062
	1,574	0,059
	1,629	0,057
	1,683	0,056
T_D	1,738	0,054
	1,846	0,048
	1,953	0,043
	2,061	0,038
	2,169	0,035
	2,277	0,031
	2,384	0,029
	2,492	0,026
	2,600	0,024
	2,707	0,022
	2,815	0,021
	2,923	0,019
	3,031	0,018
	3,138	0,017
	3,246	0,015
	3,354	0,014
	3,461	0,014
	3,569	0,013
	3,677	0,012
	3,785	0,011
	3,892	0,011
	4,000	0,010

Figura 6-5 – Grafico dello spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Danno (SLD)

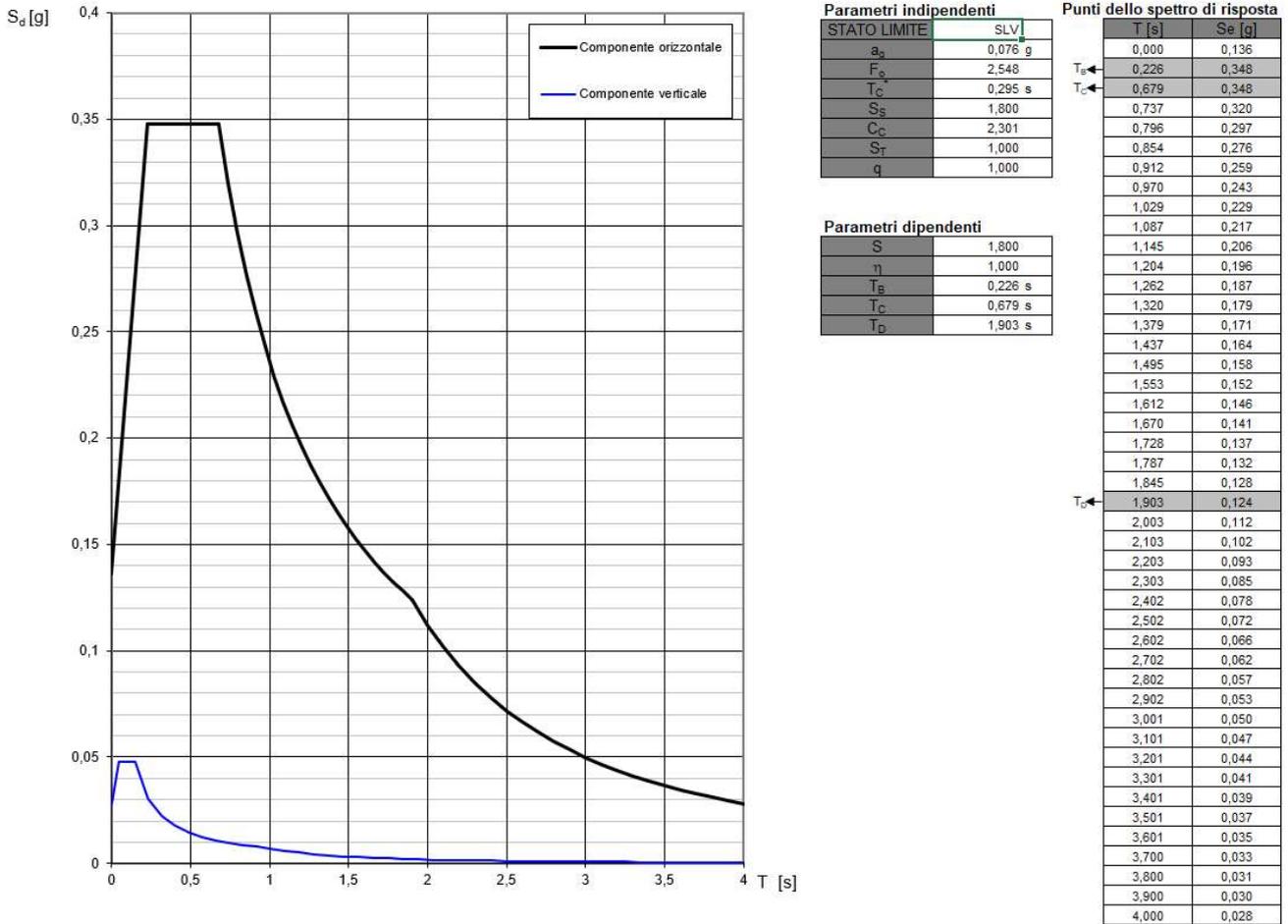


Figura 6-6 – Grafico dello spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)

6.7.2 Risposta sismica locale

Si riportano nel seguito gli spettri ottenuti da risposta sismica locale per le sezioni T1 e T6; dei quattro accelerogrammi riportati, in sede di verifica si utilizzerà il più gravoso.

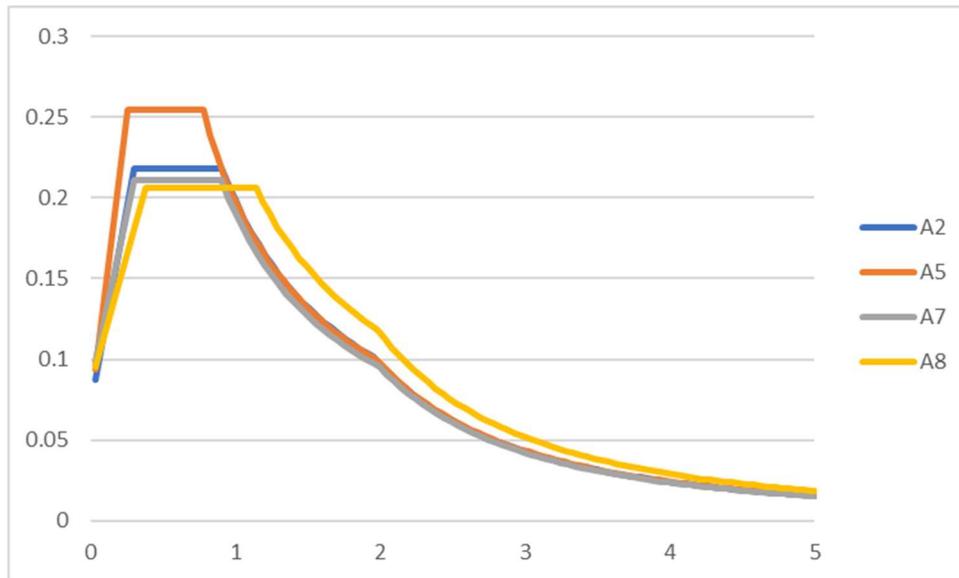


Figura 6-7 – Spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) - punto di controllo P15, sezione T1.

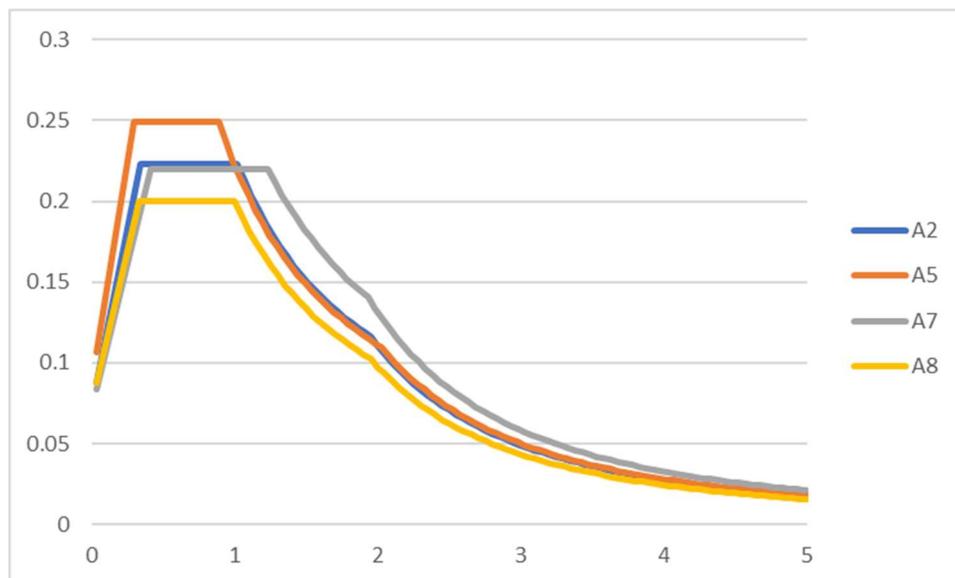


Figura 6-8 – Spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) - punto di controllo P17, sezione T1.

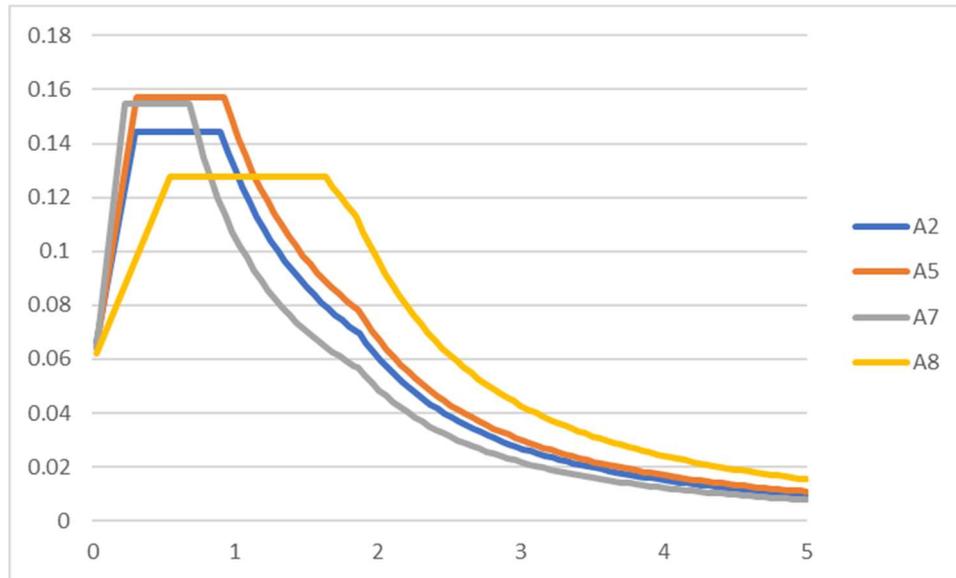


Figura 6-9 – Spettro di risposta elastico per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) - punto di controllo P18, sezione T6.

7 CONCLUSIONI

Con il presente documento è stata svolta un'analisi dell'area relativamente all'inquadramento sismico facendo riferimento a diverse banche dati storiche. Dalla disamina di quest'ultime ne emerge che nell'area ci si possa aspettare, con riferimento agli avvenimenti storici rilevati e salvo casi estremi, eventi sismici con magnitudo media di circa 5.0 con contributi generalmente compresi tra i 30 ed i 40 chilometri oppure picchi di 6.14 di magnitudo (zonazione sismogenetica).

Più in particolare è stata affrontata l'analisi della classificazione sismica per l'area in esame, con lo studio di eventuali interferenze in riferimento alla zonazione sismogenetica. Lo stesso studio è stato accompagnato inoltre, facendo riferimento a diversi cataloghi e banche dati nazionali ed europee, dalla storia sismica sito specifica.

A supporto di quanto fino a qui trattato è stato condotto inoltre uno studio di Risposta Sismica Locale, alla quale si rimanda per maggiori approfondimenti in merito alla tematica sismica sito specifica.