

DIPARTIMENTO TERRITORIO, AMBIENTE,
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
VICE DIREZIONE GENERALE AMBIENTE

Settore Assetto del Territorio

Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV)
Università degli Studi Di Genova

Analisi territoriale della suscettività di liquefazione dei suoli sulla base dei dati di pericolosità sismica di base (a_g, M)

Il Gruppo di Lavoro

Responsabile Scientifico - Prof. Ferretti Gabriele

Personale del Laboratorio di Sismologia del DISTAV
(Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ambiente e della Vita)

Università di Genova

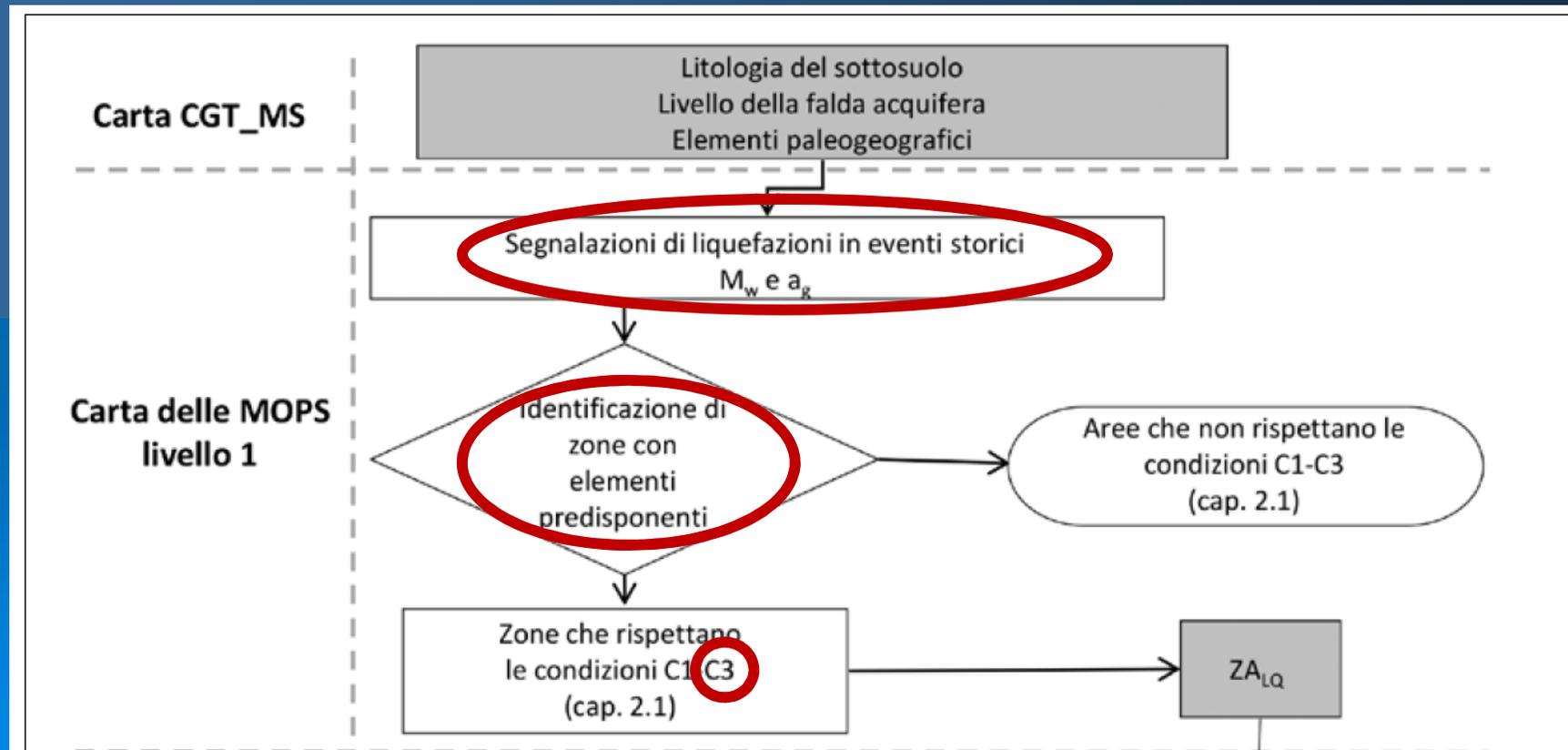
RELATORE: Prof. Ferretti Gabriele (e-mail: gabriele.ferretti@unige.it)

PROBLEMA

Identificazione a scala regionale delle aree comunali con elementi predisponenti il fenomeno della Liquefazione



Analisi degli elementi predisponenti legati alle **caratteristiche sismiche** del territorio



ICMS - Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazioni (LQ)

Condizioni (necessarie) per la Liquefazione

- **C1. nella successione litologica sono presenti** orizzonti di terreni non coesivi saturi (limi sabbiosi, sabbie, sabbie limose, sabbie ghiaiose, sabbie argillose e ghiaie sabbiose) ad una profondità inferiore a 20 m dal p.c. Se si hanno dati disponibili è possibile rilevare più analiticamente **la presenza nella successione litologica** di orizzonti di terreni non coesivi con particelle di diametro compreso nei fusi granulometrici di **figura 3**;
- **C2. la falda acquifera** deve essere ad una profondità media stagionale inferiore a 15 m dal p.c.;
- **C3. gli eventi sismici attesi al sito devono essere caratterizzati da valori magnitudo $M_w \geq 5$ ($I_{rif} \geq VIII$) e da un'accelerazione in superficie di riferimento $a_{max} \geq 0,1 g$ ($I_{MCS} \geq VIII$).**

NTC2018 – Progettazione per azioni sismiche - Capitolo 7 Esclusione della verifica a liquefazione

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

SCOPO DEL LAVORO

Identificazione delle aree a scala regionale potenzialmente soggette al fenomeno della liquefazione ovvero di quelle zone del territorio ligure escluse da tale fenomeno in funzione di parametri sintetici del moto sismico atteso in funzione della pericolosità sismica.

IPOSTESI DI LAVORO

A livello puramente sismologico, la possibilità che un terremoto sia in grado di generare fenomeni di liquefazione dipende dalla magnitudo e dalla durata dello scuotimento attesi.

DATI UTILIZZATI

a_g (accelerazione massima attesa riferita a suoli rigidi)

M_w (magnitudo del terremoto atteso)

METODOLOGIA

ANALISI

- ❖ Valutazione del valore di a_g utilizzando l'analisi di pericolosità sismica realizzata dal gruppo di lavoro MPS04 ovvero la mappa di Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale. Il valore di a_g è stato valutato considerando tre periodi di ritorno ovvero 475 anni, 975 anni e 2475 anni
- ❖ Valutazione del valore di M_w utilizzando un'analisi di disaggregazione 1D specificatamente eseguita per il territorio ligure. Tale analisi è stata effettuata sia considerando i tre periodi di ritorno già valutati per il calcolo di a_g sia considerando la distribuzione dei valori di magnitudo ottenuti dall'analisi di disaggregazione in termini di media e moda separatamente.

La procedura è stata condotta considerando una suddivisione del territorio ligure in funzione dei **limiti Comunali**. A ciascun Comune è stata associata una coppia di valori a_g e M_w attraverso cui stabilire se il territorio comunale sia o meno potenzialmente soggetto al fenomeno della liquefazione. *La metodologia adottata è stata scelta al fine di condurre a risultati il più conservativi possibile.*

METODOLOGIA

CALIBRAZIONE/VALIDAZIONE

❖ Utilizzo dei dati storici di liquefazione osservati sul territorio ligure e censiti all'interno del "The Italian Catalogue of Earthquake-Induced Ground Failures (CEDIT)", 2014 pubblicato dal centro di ricerca CERI, Università La Sapienza, Roma (<http://www.ceri.uniroma1.it/>).

❖ Utilizzo di relazioni empiriche per predire l'occorrenza di fenomeni di liquefazione in funzione delle caratteristiche dei terremoti (e.g., Magnitudo – distanza ipocentrale - Galli,2000).

NOTE

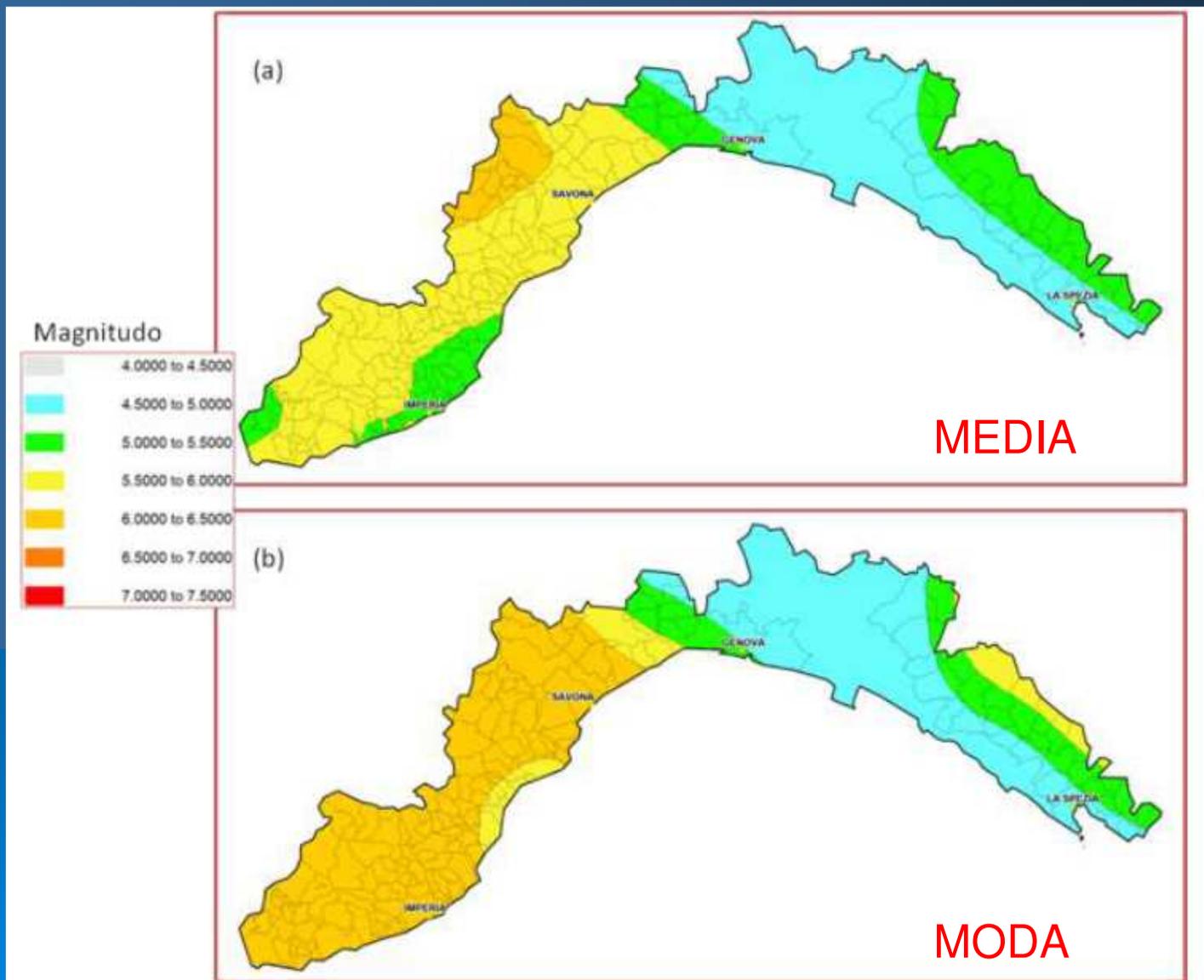
$$a_{\max} \neq a_g$$



Definizione di uno «scenario» a scala comunale, definito attraverso i parametri a_g e M_w , tale da giustificare i dati storici e le relazioni M – D attraverso cui identificare i comuni ove sussistono condizioni sismiche «compatibili» con l'attivazione di fenomeni di liquefazione

RISULTATI

Analisi di disaggregazione 1D

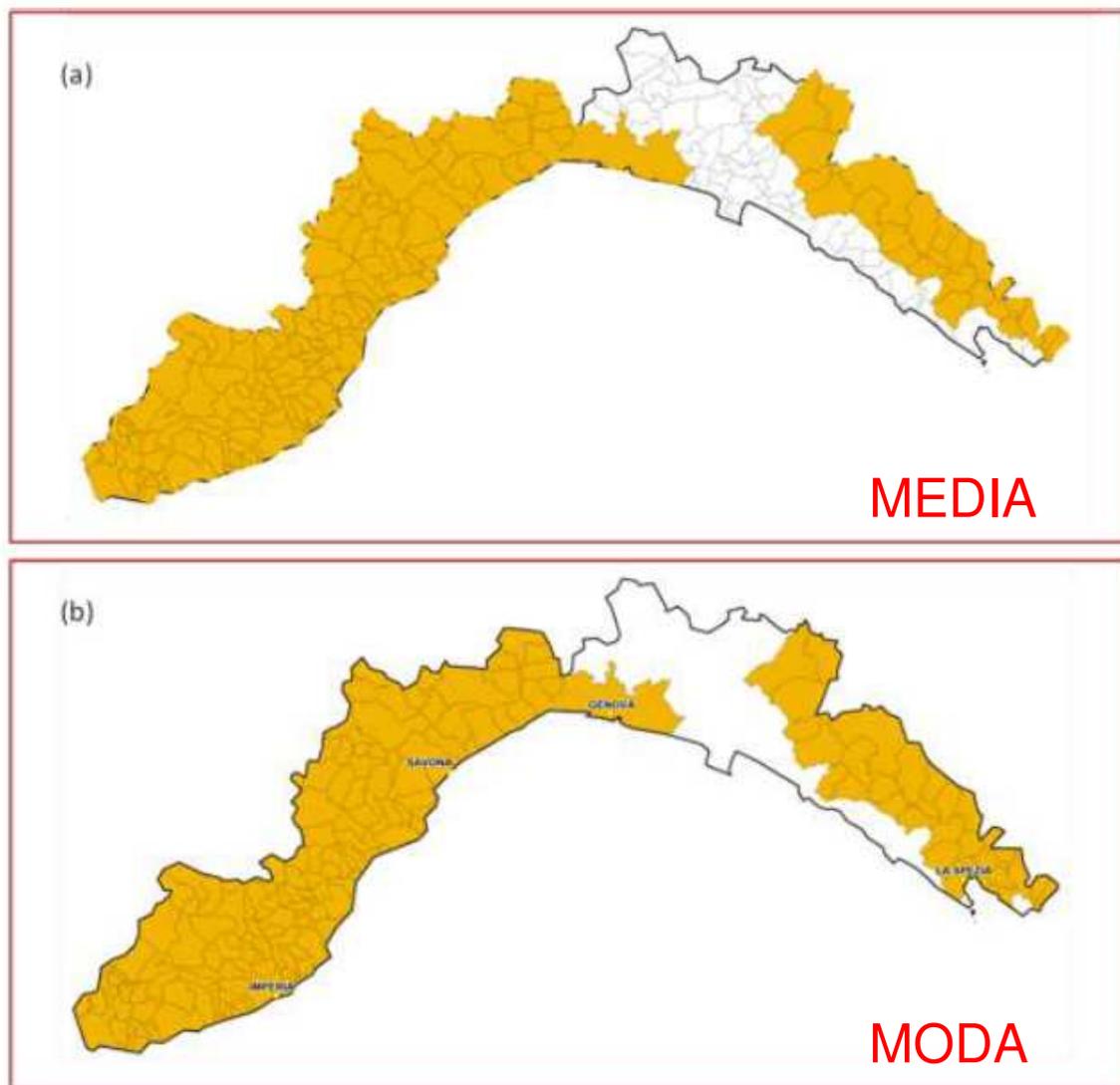


RP
2475 anni

Figura 1 – (a): distribuzione dei valori medi della distribuzione della magnitudo attesa ottenuti attraverso l'analisi di disaggregazione 1D; la scala cromatica individua differenti classi di magnitudo; le aree grigie e azzurre sono caratterizzate da valori di magnitudo inferiori a 5.0. (b): distribuzione dei valori modali della distribuzione della magnitudo.

RISULTATI

Analisi di disaggregazione 1D



Nei comuni «arancioni» il valore di M_w atteso risulta essere maggiore o uguale a 5

Figura 2 – (a): distribuzione dei Comuni caratterizzati da un valor medio della distribuzione della magnitudo attesa (da disaggregazione 1D con periodo di ritorno di 2475 anni) maggiore o uguale a 5 (aree arancioni). (b): distribuzione dei Comuni caratterizzati da un valore modale della distribuzione della magnitudo attesa (da disaggregazione 1D con periodo di ritorno di 2475 anni) maggiore o uguale a 5 (aree arancioni).

RISULTATI: Scenari a_g - M_w

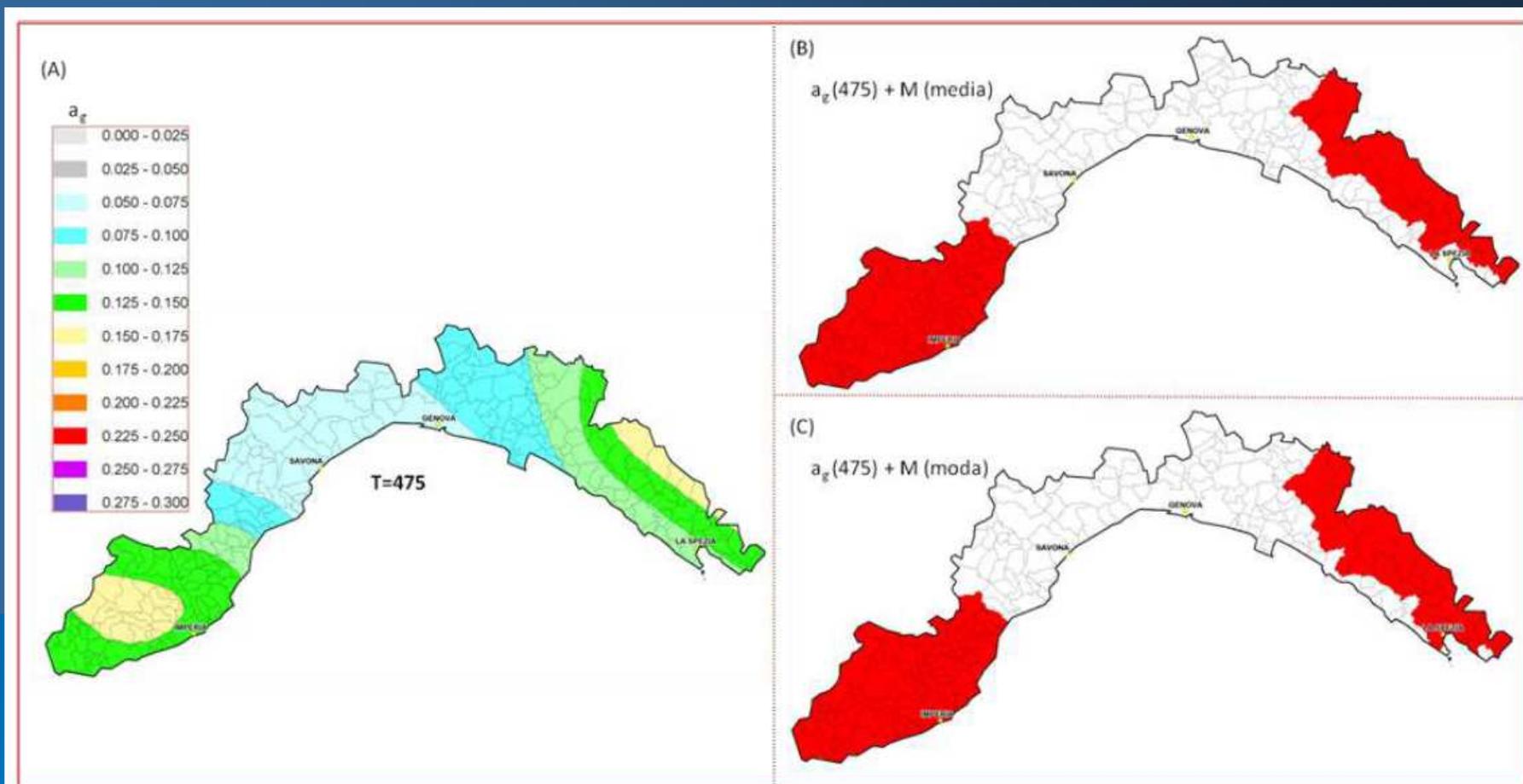


Figura 3 – (A): distribuzione dei valori di a_g estratti per il territorio ligure dalla mappa di pericolosità sismica italiana (MPS04) per il periodo di ritorno di 475 anni. (B) Comuni caratterizzati da un valor medio della distribuzione della magnitudo attesa (da disaggregazione 1D con periodo di ritorno di 2475 anni) maggiore o uguale a 5 e da un valore di a_g (per $T=475$ anni) uguale o superiore a $0.1g$ (aree rosse). (C): distribuzione dei Comuni caratterizzati da un valore modale della distribuzione della magnitudo attesa (da disaggregazione 1D con periodo di ritorno di 2475 anni) maggiore o uguale a 5 e da un valore di a_g (per $T=475$ anni) uguale o superiore a $0.1g$ (aree rosse).

SCENARIO 475 ANNI

Comuni «rossi»: $a_g \geq 0.1g$ AND $M_w \geq 5.0$

RISULTATI: Scenari a_g - M_w

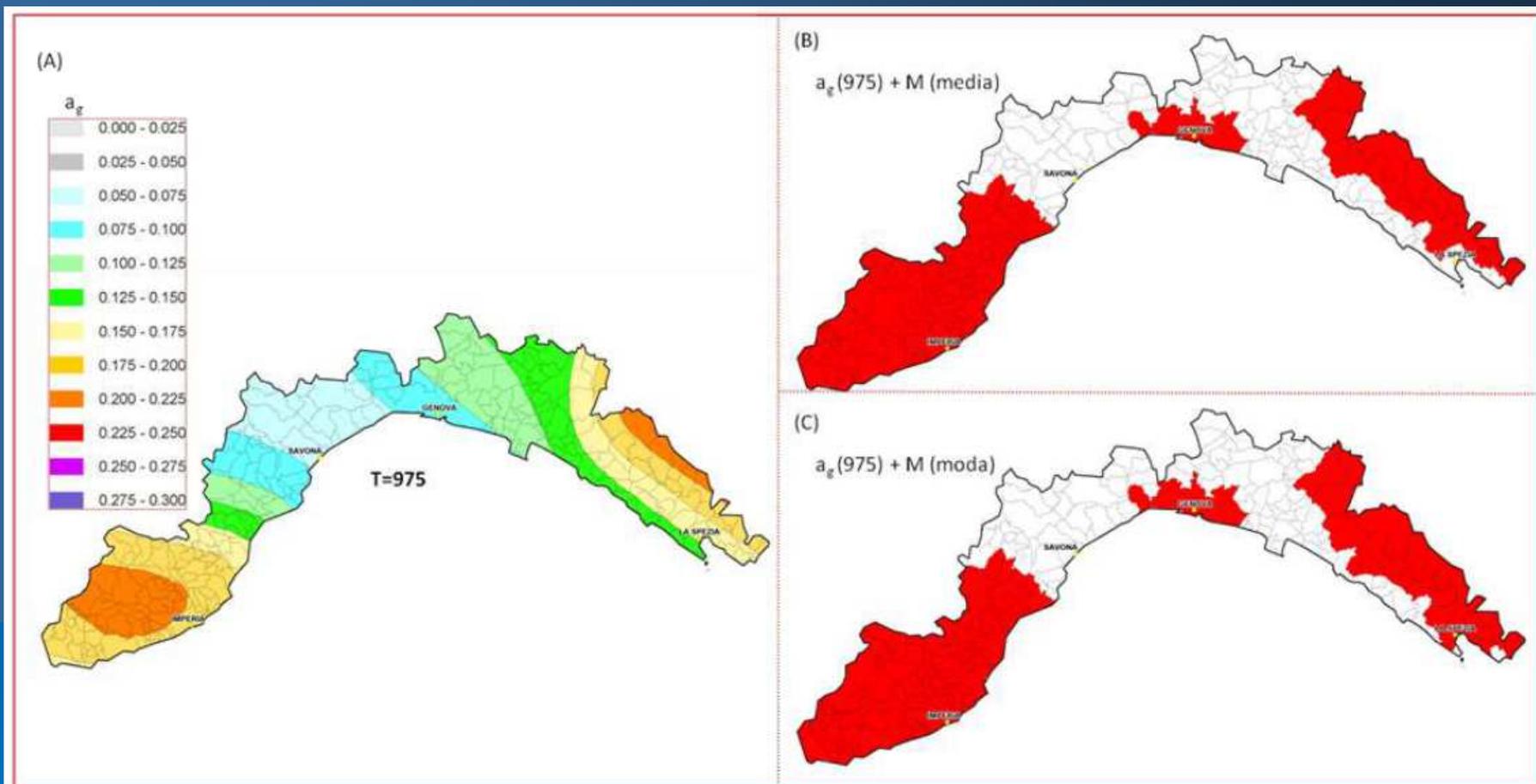


Figura 4 – (A): distribuzione dei valori di a_g estratti per il territorio ligure dalla mappa di pericolosità sismica italiana (MPS04) per il periodo di ritorno di 975 anni. (B): Comuni caratterizzati da un valor medio della distribuzione della magnitudo attesa (da disaggregazione 1D con periodo di ritorno di 2475 anni) maggiore o uguale a 5 e da un valore di a_g (per $T=975$ anni) uguale o superiore a $0.1g$ (aree rosse). (C): distribuzione dei Comuni caratterizzati da un valore modale della distribuzione della magnitudo attesa (da disaggregazione 1D con periodo di ritorno di 2475 anni) maggiore o uguale a 5 e da un valore di a_g (per $T=975$ anni) uguale o superiore a $0.1g$ (aree rosse).

SCENARIO 975 ANNI

Comuni «rossi»: $a_g \geq 0.1g$ AND $M_w \geq 5.0$

RISULTATI:

Scenari a_g - M_w

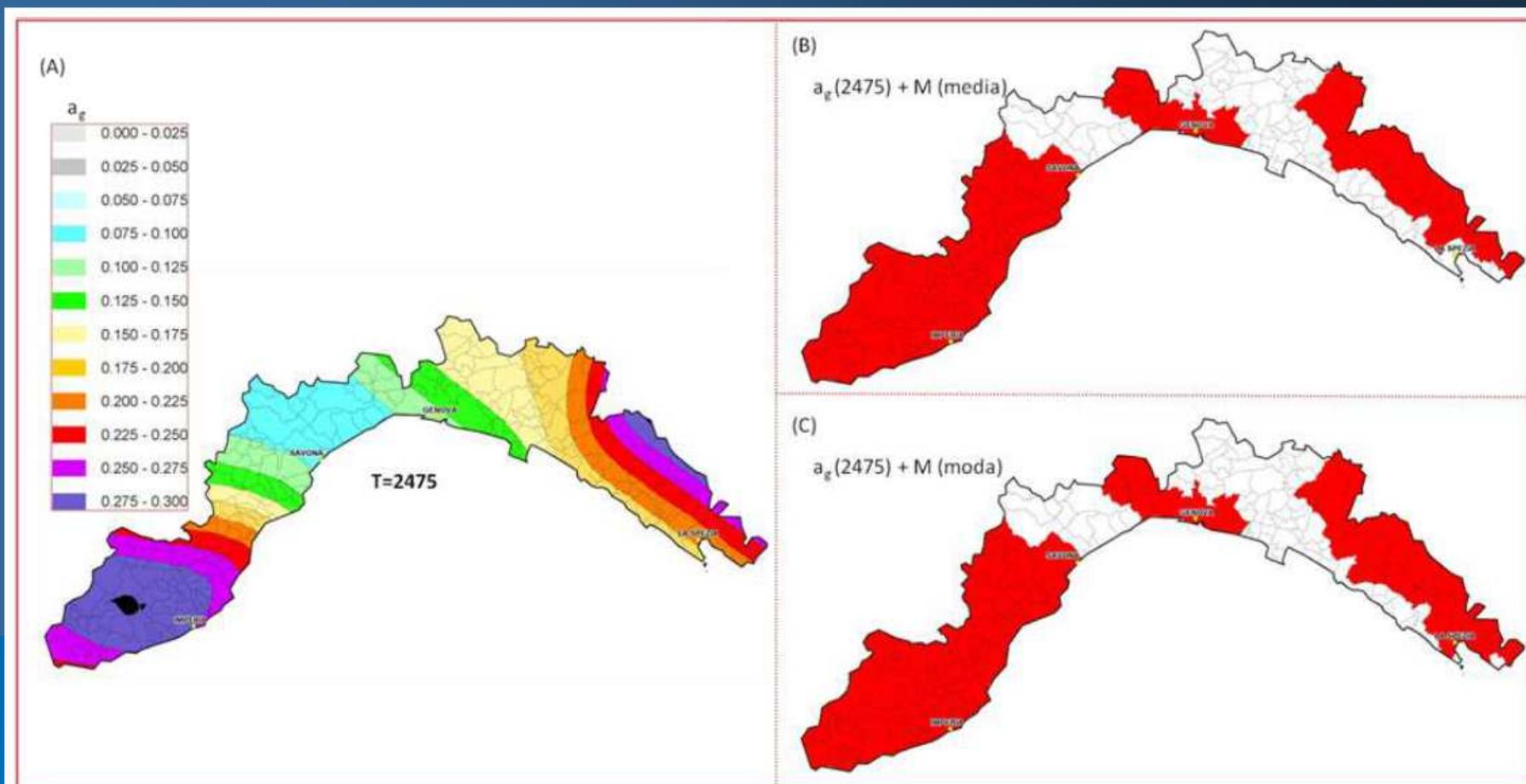


Figura 5 – (A): distribuzione dei valori di a_g estratti per il territorio ligure dalla mappa di pericolosità sismica italiana (MPS04) per il periodo di ritorno di 2475 anni. (B) Comuni caratterizzati da un valor medio della distribuzione della magnitudo attesa (da disaggregazione 1D con periodo di ritorno di 2475 anni) maggiore o uguale a 5 e da un valore di a_g (per $T=2475$ anni) uguale o superiore a 0.1g (aree rosse). (C): distribuzione dei Comuni caratterizzati da un valore modale della distribuzione della magnitudo attesa (da disaggregazione 1D con periodo di ritorno di 2475 anni) maggiore o uguale a 5 e da un valore di a_g (per $T=2475$ anni) uguale o superiore a 0.1g (aree rosse).

SCENARIO 2475 ANNI

Comuni «rossi»: $a_g \geq 0.1g$ AND $M_w \geq 5.0$

Selezione dello scenario più conservativo

- Sismicità storica
- Osservazioni storiche (CEDIT)
- Relazione empiriche M-D (es: Galli,2000)

SCENARIO PIU' CAUTELATIVO

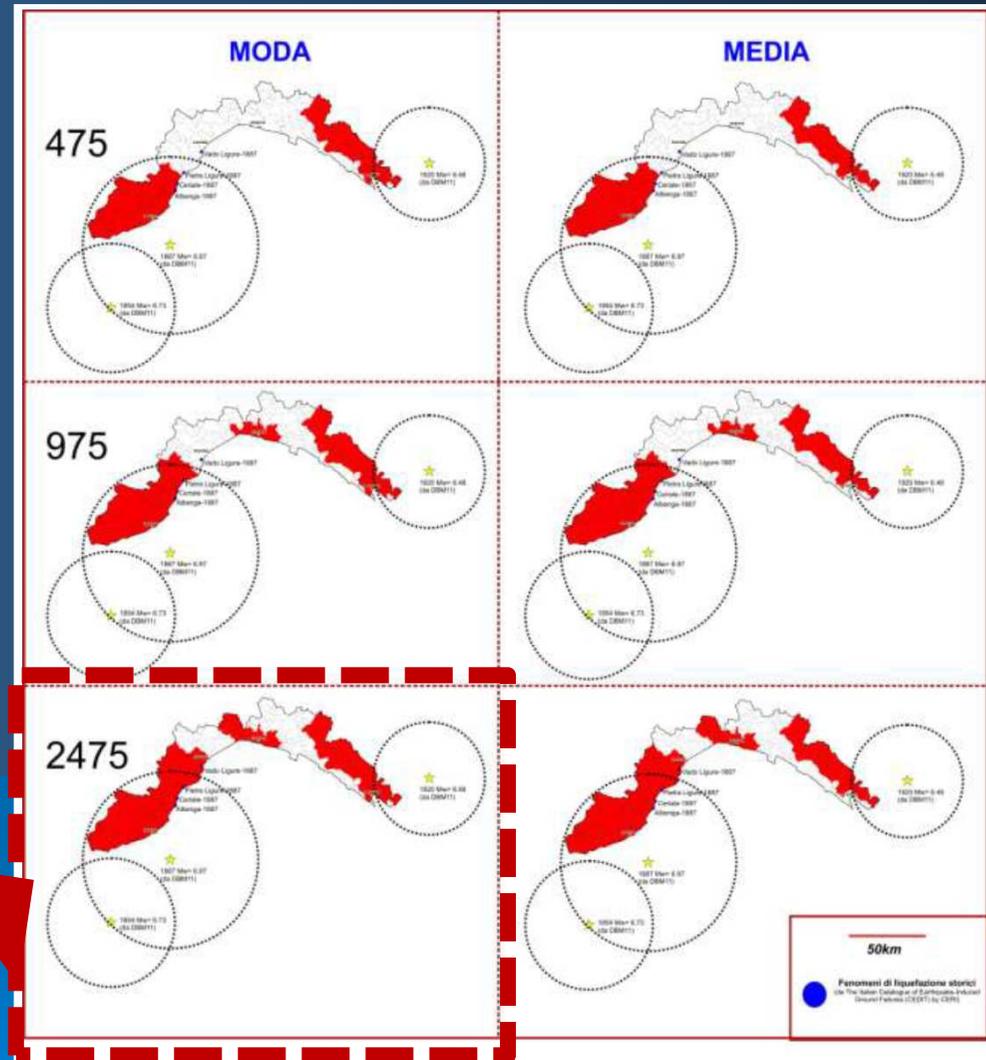


Figura 6 – Validazione delle mappe riportanti i Comuni ove il fenomeno della liquefazione è risultato, sulla base della presente analisi, essere potenzialmente possibile sulla base dei dati sismici (a_g e Magnitudo). Le mappe sono riportate al variare del valore di magnitudo considerato (valore medio o valore modale) ed al variare del periodo di ritorno (475, 975, 2475 anni). I simboli blu rappresentano i siti ove, storicamente, sono stati segnalati fenomeni di liquefazione. I cerchi tratteggiati neri (associati ai tre eventi sismici principali che hanno interessato storicamente il territorio ligure (terremoto del 1854, del 1887 e del 1920) rappresentano l'area entro cui è possibile osservare fenomeni di liquefazione in funzione della magnitudo del terremoto sulla base delle relazioni empiriche disponibili (Galli, 2000).

RISULTATI FINALI

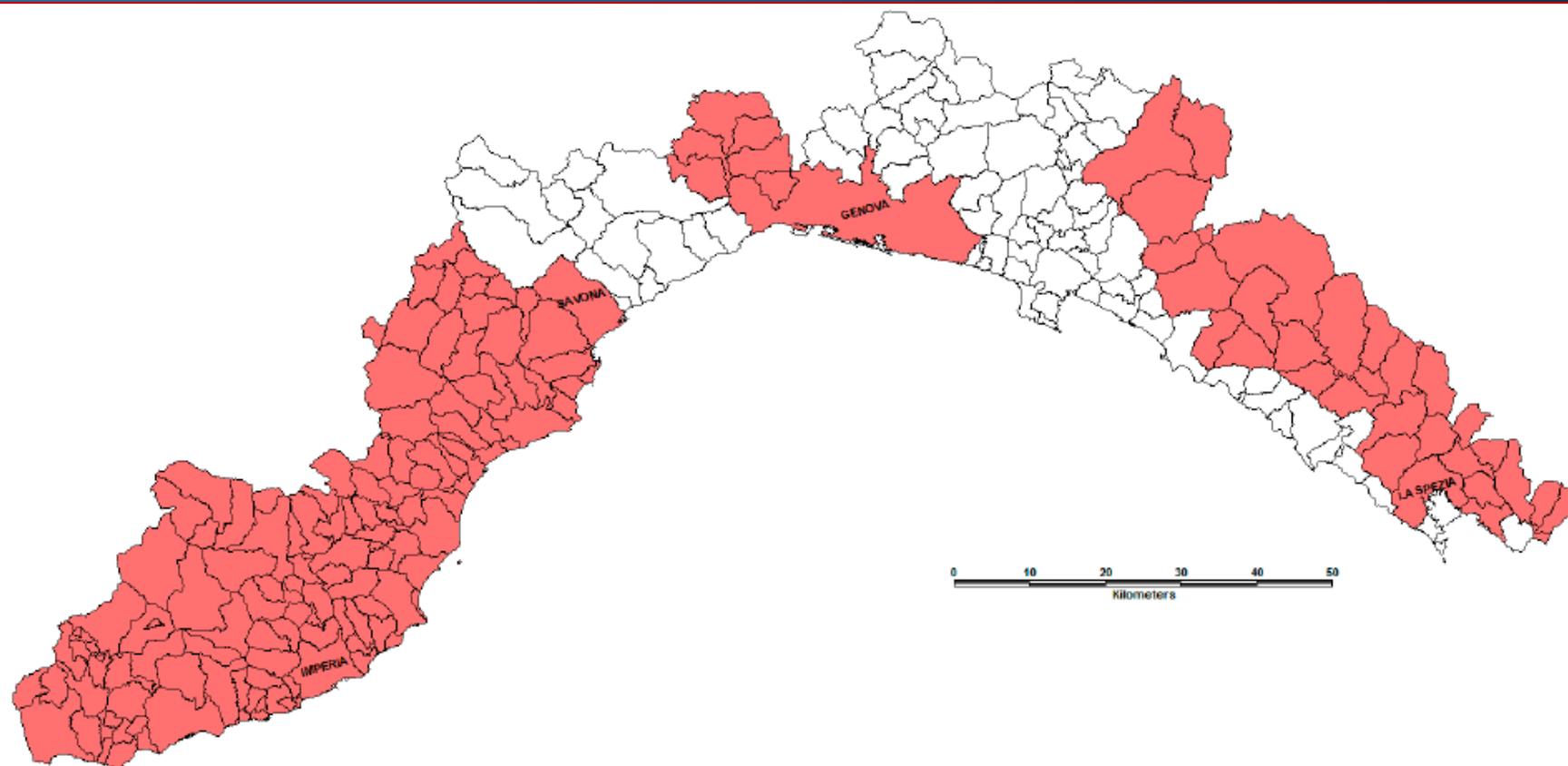


Figura 5 –

Distribuzione dei Comuni caratterizzati da un valore modale della distribuzione della magnitudo attesa (da disaggregazione 1D con periodo di ritorno di 2475 anni) maggiore o uguale a 5 e da un valore di a_g (per $T=2475$ anni) uguale o superiore a 0,1g.

Tabella 1 :

Elenco dei Comuni ove non è possibile escludere a priori l'attivazione di un fenomeno di liquefazione (cfr. valor modale della distribuzione della magnitudo attesa maggiore o uguale a 5 e a_g maggiore o uguale a 0.1g, per un periodo di ritorno di 2475 anni).

PROCEDURA OPERATIVA

Il sito oggetto di studio NON RICADE in una delle aree comunali passibili di liquefazione (considerando un periodo di ritorno di 2475 anni, il valore di magnitudo atteso non risulta essere superiore o uguale a 5 e/o il valore di a_g non risulta essere maggiore o uguale a 0.1g): *è possibile escludere a priori l'attivazione di fenomeni di liquefazione.*

Se il sito oggetto di studio RICADE in una delle aree comunali passibili di liquefazione (Comuni elencati in tabella, aree rosse nelle figure precedenti): *non è possibile escludere a priori l'attivazione di fenomeni di liquefazione.*

In questo caso è possibile utilizzare i risultati del presente studio per il calcolo dei COEFFICIENTI DI SICUREZZA A LIQUEFAZIONE

$$FS_{liq} = \frac{CRR_{7.5}}{CSR_{7.5}} = \frac{CRR_{7.5}}{CSR_M / MSF}$$

a_{max} (a_g * coefficiente di amplificazione)

M_w (magnitudo attesa)

a_{max} da RSL o approccio semplificato NTC

M_w da Tabelle allegate al presente studio

LAVORI E PROGETTI RECENTI



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 700748

 Ref. Ares(2018)5571183 - 31/10/2018

LIQUEFACT

Deliverable 2.4

GIS database of the historical liquefaction occurrences in Europe and European empirical correlations to predict the liquefaction occurrence starting from the main seismological information

v. 1.0

LIQUEFACT

Assessment and mitigation of Liquefaction potential across Europe: a holistic approach to protect structures/infrastructure for improved resilience to earthquake-induced Liquefaction disasters.

H2020-DRA-2015

DELIVERABLE D2.4

GIS database of the historical liquefaction occurrences in Europe and European empirical correlations to predict the liquefaction occurrence starting from the m

DELIVERABLE D2.6

Report to describe the adopted procedure for the development of the European liquefaction hazard map

GRAZIE PER
L'ATTENZIONE

