

Costruzioni in zona sismica

Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Civile per la Protezione dai Rischi Naturali

Orientamento: Strutture e Rischio Sismico

Crediti formativi: CFU 8

Docenti: Gianmarco de Felice (Ingegneria sismica)

Fabio Sabetta (Sismologia)

Noemi Fiorini (Sismologia)

Daniele Corridore (Progettazione in zona sismica)

Pietro Meriggi (Progettazione in zona sismica)

Obiettivi formativi

Il corso fornisce gli strumenti di base per la progettazione ed il calcolo delle strutture civili in zona sismica.

Nel corso vengono illustrate le metodologie per la **valutazione dell'azione sismica**, i **fondamenti del comportamento sismico** degli edifici e la filosofia di **progettazione** delle strutture sismo-resistenti.

Sono illustrate le **caratteristiche del moto sismico** a partire dalla genesi del terremoto e dalla propagazione delle onde sismiche, fino alle registrazioni locali, alle diverse rappresentazioni dell'azione sismica e al calcolo della pericolosità sismica.

Vengono richiamati i **fondamenti della risposta dinamica** delle strutture ad uno e più gradi di libertà.

Vengono illustrati i **metodi di analisi strutturale** per la determinazione della risposta sismica delle strutture, il calcolo delle sollecitazioni, i relativi meccanismi di collasso.

Sono illustrati i **criteri di progettazione** e dimensionamento degli elementi strutturali in cemento armato.

I contenuti formativi sono inquadrati nel contesto normativo nazionale.

Metodo didattico

L'insegnamento contempla (i) **lezioni teoriche**, (ii) **esercitazioni** in aula ed (iii) **attività progettuali** sviluppate in autonomia dagli studenti sotto la guida di un gruppo di tutorato didattico. Pertanto, nelle esercitazioni in aula vengono forniti agli studenti, divisi per gruppi di lavoro, gli elementi necessari per lo sviluppo di un progetto da completare durante tutto lo svolgimento del corso. Il progetto comprende unitariamente tutti i contenuti dell'insegnamento ed è strumentale all'acquisizione della capacità di progettare un edificio in cemento armato in zona sismica.

Criteri di valutazione

La valutazione del raggiungimento degli obiettivi prefissati avverrà mediante:

- La redazione e la discussione di un **elaborato di sismologia** nel quale lo studente dimostra di aver acquisito i fondamenti per la determinazione dell'azione sismica attesa;
- La redazione e discussione di un **progetto** di un edificio multipiano in c.a., quale esempio applicativo che consenta allo studente di acquisire le capacità di operare nel rispetto della normativa vigente;
- un **esame** orale per la verifica della conoscenza degli aspetti teorici trattati nel corso e della comprensione degli aspetti salienti della progettazione in zona sismica.

Oggi c'è una grande attenzione alla progettazione antisismica, per diversi motivi:

- L'impatto economico di terremoti recenti;
- Il rischio di perdita di vite umane come si è verificato in molti terremoti (Turchia, L'Aquila, Kobe, Città del Messico);
- Una domanda comune per un ambiente più sicuro;
- La sostanziale classificazione sismica di tutto il territorio nazionale;
- La disponibilità di strumenti di analisi computazionale più avanzati, che si affacciano nella pratica professionale;
- Le norme sismiche oggi incorporano l'analisi dinamica e altri concetti avanzati;

... ma i problemi diventano più complessi:

- **La rappresentazione del moto sismico atteso è più severa e più complessa che in precedenza**
 - ✓ Risposta sismica locale;
 - ✓ L'uso di segnali accelerometrici;

- **L'ingegneria strutturale ha sviluppato approcci più evoluti:**
 - ✓ **Progetto con la gerarchia delle resistenze**
 - ✓ Interazione terreno struttura
 - ✓ Approcci prestazionali (Performance-based design) (EERC/FEMA)
 - ✓ Interventi sull'esistente (FEMA 273)

**Per affrontare la complessità della progettazione
In zona sismica, l'ingegnere strutturista deve
essere in grado di integrare conoscenze di:**

- Sismologia
- Geotecnica
- Dinamica strutturale
- Meccanica computazionale
- Progetto di strutture
- Tecnica delle Costruzioni

Programma del corso (i) sismologia

- Struttura del globo terrestre. Deriva dei continenti. Tettonica a placche. Faglie
- Propagazione delle onde sismiche. Geometria delle faglie e meccanismi focali
- Sismometri e sismogrammi. Localizzazione epicentrale.
- Magnitudo e intensità. Scale macrosismiche Terremoti in Italia e nel mondo.
- Accelerometria. Processamento dati. Trasformata di Fourier. Modello di Brune. Reti e banche dati
- Caratterizzazione ingegneristica del moto del terreno. Effetti di sito.
- Microzonazione, attenuazione e caratterizzazione ingegneristica del moto del terreno.
- Pericolosità sismica deterministica e probabilistica. Approccio di Cornell. Dati di input.
- Calcolo della pericolosità. Spettri a pericolosità uniforme. Disaggregazione. Valutazione delle incertezze nel calcolo della pericolosità.
- Mappe di pericolosità. Classificazione e normativa sismica.
- ESERCITAZIONI sul calcolo della pericolosità software Crisis, Qgis, In-Spector
- ESERCITAZIONI su estrazione e processamento degli accelerogrammi. software Seismosignal e In-Spector

Programma del corso (ii) ingegneria sismica

- 1. Risposta sismica dei sistemi SDOF**
- 2. Criteri di progetto**
- 3. Risposta sismica di sistemi MDOF**
- 4. Tipologie e regolarità strutturale**
- 5. Metodi di analisi**
- 6. Modellazione di edifici multipiano**
- 7. Duttività delle strutture in c.a.**
- 8. Progetto e verifica degli elementi in c.a.**
- 9. Prescrizioni normative**

Argomenti trattati

1. Risposta sismica dei sistemi SDOF

- Richiami di dinamica strutturale: dinamica sismica dell'oscillatore semplice, spettro di risposta. Forza statica equivalente. Spettro di risposta elastico.
- Dinamica dell'oscillatore elasto-plastico, Duttività, Spettro di risposta anelastico.

2. Criteri di progetto

- Resistenza, rigidità, duttilità, fattore di riduzione, criteri di uguale spostamento, uguale energia, fattore di struttura.

3. Risposta sismica di sistemi MDOF

- Equazioni del moto; analisi modale; analisi con lo spettro di risposta; analisi approssimata della risposta sismica

4. Tipologie e regolarità strutturale

- Tipologie strutturali, ripartizione delle forze di piano, deformabilità torsionale, regolarità in pianta e in alzato, classe di duttilità

Argomenti trattati

5. Modellazione di edifici multipiano

- Criteri di modellazione; Materiali sezioni componenti, elementi non strutturali, masse.

6. Metodi di analisi

- analisi statica equivalente, analisi dinamica modale, analisi statica non lineare, metodo N2, metodo dello spettro di capacità; approcci in forza e agli spostamenti.

7. Duttilità delle strutture in c.a.

- Duttilità dei materiali, duttilità della sezione, cerniere plastiche, duttilità degli elementi.

8. Progetto e verifica degli elementi in c.a.

- Principi della gerarchia delle resistenze, criterio di gerarchia flessione taglio e trave colonna, dettagli costruttivi, esempi.

9. Prescrizioni normative

Riferimenti bibliografici

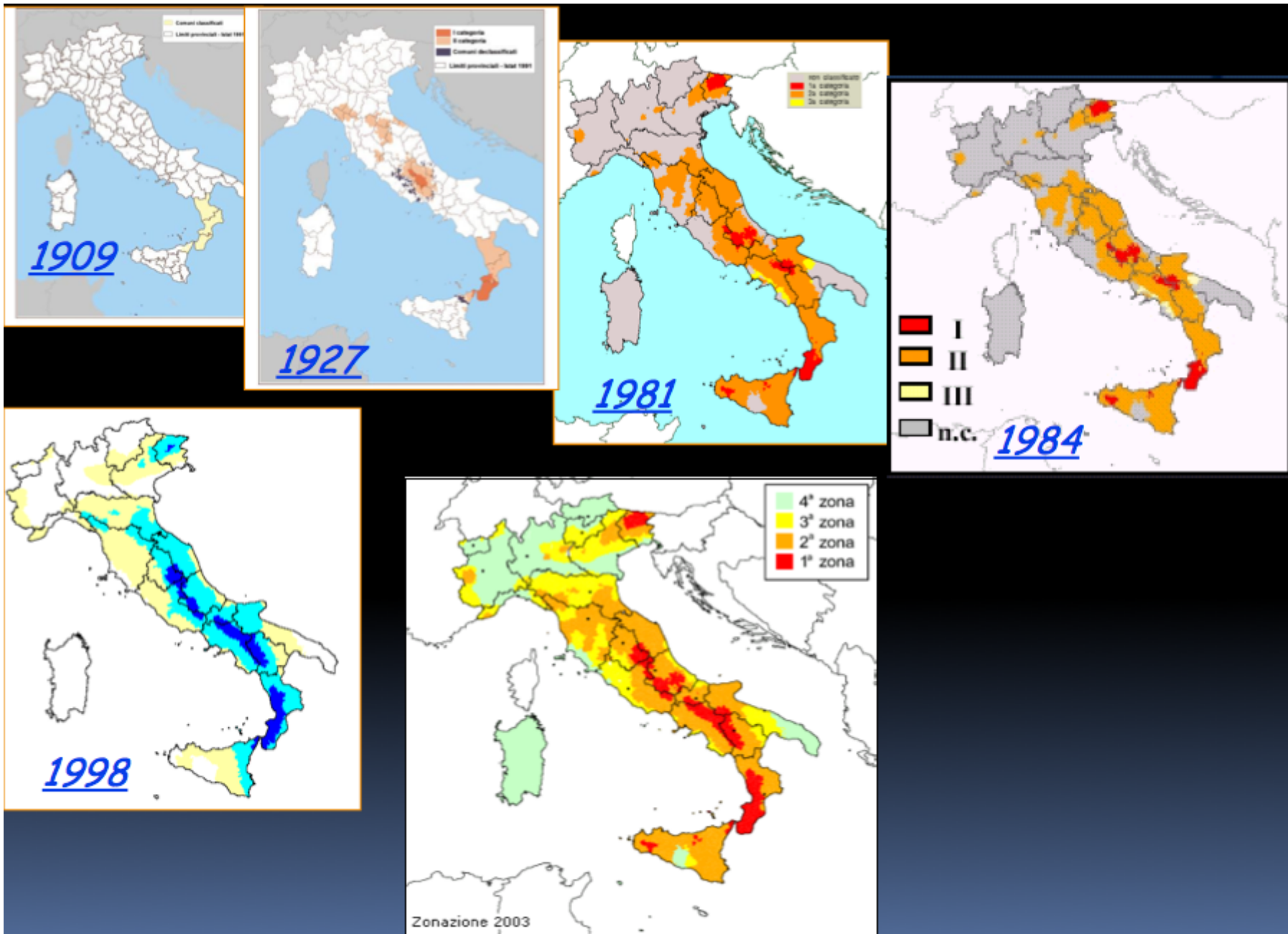
1. Castellani, A., Faccioli, E., **Progetto antisismico degli edifici in c.a.**, Hoepli, 2008.
2. Cosenza, E., Maddaloni, G., Magliulo, G., Pecce, M., Ramasco, R., **Progetto Antisismico di Edifici in Cemento Armato**, IUSS Press, 2007.
3. Castellani A., Boffi G., Valente M., **Progetto antisismico degli edifici in c.a.**, Hoepli, 2008.
4. AICAP (a cura di), **Progettazione sismica di edifici in c.a., guida all'uso dell'Eurocodice 2 con riferimento alle Norme Tecniche DM 14.1.2008**, Voll. 1-2, 2008.
5. Faccioli E., Paolucci R. **Elementi di Sismologia applicata all'Ingegneria**. *Pitagora Editrice, Bologna, 2005.*
6. Parducci, A. **Fondamenti di Ingegneria Sismica in 80 lezioni**, Liguori Editore, 2011.

Riferimenti bibliografici

testi di approfondimento

1. Booth E., **Earthquake Design Practice for Buildings**, ICE publishing, 2014.
2. Chopra, A.K., **Dynamics of Structures**, Prentice Hall, 2000.
3. Elnashai, A.S., Di Sarno, L. **Fundamentals of Earthquake Engineering**, Wiley, 2008.
4. Bozorgnia, Y., Bertero, V.V. **Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering**, CRC Press, 2004.
5. Kramer, S.L. **Geotechnical Earthquake Engineering**, *Prentice-Hall*, 1996.
6. Reiter, S.L. (1990) - **Earthquake Hazard Analysis: Issues and Insights**. *Columbia University Press*.
7. Shearer P.M. (1999) - **Introduction to seismology**. *Cambridge University Press*.

Evoluzione nella classificazione sismica del territorio italiano

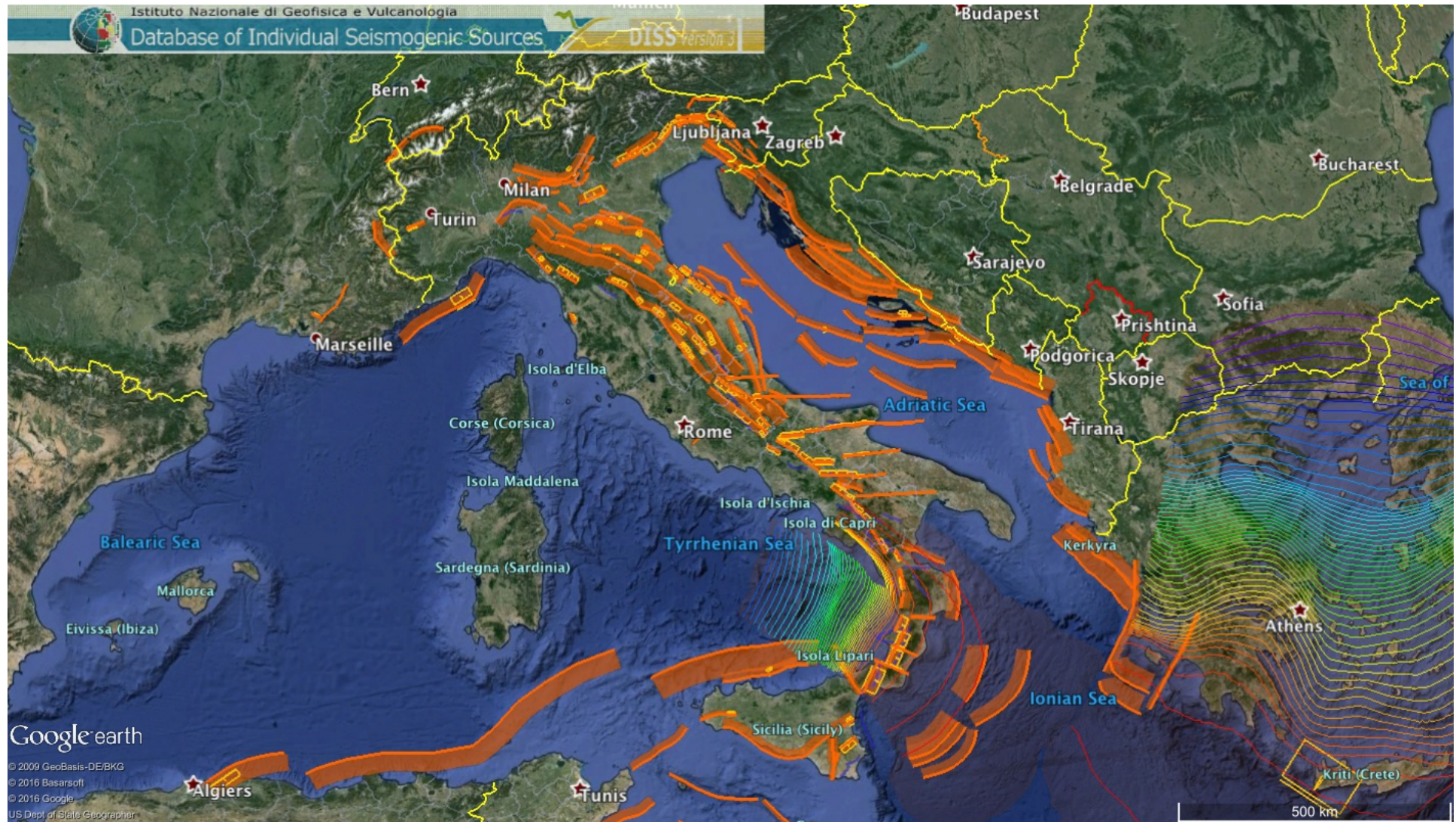


Evoluzione nella classificazione sismica del territorio italiano

- 1909, le prime norme per la riparazione e la ricostruzione dopo il terremoto di Messina
- 1927, furono introdotte le classi (ovvero zone) sismiche
- 1984, in seguito al terremoto in Irpinia del 1980, tutto il territorio nazionale fu riclassificato con criteri omogenei, sulla base della *“Proposta di riclassificazione sismica”* del Progetto Finalizzato Geodinamica.
- 1998, DLgs 112/1998, la competenza in materia di aggiornamento dell’assegnazione dei Comuni alle zone sismiche passò a Regioni e Province Autonome. Allo Stato rimase la competenza di definire i criteri generali per tale aggiornamento e la competenza in materia di norme tecniche.
- 2002, Il terremoto di San Giuliano di Puglia riporta drammaticamente alla attenzione il fatto che la classificazione sismica era ormai obsoleta, la stessa del 1984.
- 2003, l’Ordinanza OPCM 3274/2003 aggiorna la classificazione sismica nazionale, sulla base della *“Proposta 1998”* già redatta a quell’epoca da parte del Dipartimento della Protezione Civile, e viene introdotta per la prima volta la zona 4.
- Le Regioni recepiscono con propri atti la nuova classificazione sismica
- 2006, l’Ordinanza OPCM 3519/2006 ridefinisce la mappa di pericolosità sismica e definisce i criteri che le Regioni devono seguire per aggiornare le classificazioni dei Comuni.

Alla sorgente dei terremoti

Database of Individual Sismogenic Sources (DISS 3.2 , 2005)



1909: la prima normativa antisismica



Legge n.12, 12 gennaio 1909, concernente provvedimenti a sollievo dei danneggiati dal terremoto del 28 dicembre 1908.

Il n.12 della Raccolta Ufficiale delle leggi e dei decreti del Regno contiene la seguente legge: Vittorio Emanuele III, per grazia di Dio e volontà della Nazione re d'Italia. Il Senato e la Camera hanno approvato; Noi abbiamo sanzionato e promulghiamo quanto segue:

Art.1

È assegnata la somma di lire trenta milioni, da prelevarsi dalle eccedenze di Cassa provenienti dagli avanzi dell'esercizio 1907-1908, allo scopo di provvedere a bisogni ed opere urgenti e riparare o ricostruire edifici pubblici danneggiati dal terremoto del 28 dicembre 1908, nei comuni che saranno indicati in un elenco da approvarsi con decreto reale, sentito il Consiglio dei ministri. Il Governo del Re è autorizzato a ripartire le dette somme fra i bilanci dello Stato, secondo le rispettive competenze. Per tutti i lavori di cui nel primo comma, il Governo è autorizzato a derogare alle norme stabilite dalla legge di contabilità generale dello Stato e relativo regolamento, provvedendo mediante licitazione o a trattativa privata od anche in economia. Per i pagamenti, il mandato di anticipazione non può superare

la tassa di bollo pei trasporti sulle ferrovie esercitate dallo Stato o dall'industria privata, nonché sulle linee di navigazione esercitate da società italiane. Sono esclusi dalla sovrattassa tutti i biglietti semplici di 3^a classe per le percorrenze non superiori a 10 chilometri ed i biglietti di andata e di ritorno 3^a classe per le percorrenze compressive fra andata e ritorno non superiori ai 20 chilometri. Il Governo del Re è autorizzato a ripartire l'ammontare di tali proventi fra le provincie e i comuni, tenendo presente:

1. le somme occorrenti a pareggiarne i bilanci;
2. la necessità di provvedere alla ricostruzione e riparazione di edifici comunali e provinciali destinati a pubblici servizi e al riattamento di opere pubbliche comunali e provinciali.

Le somme derivanti dai detti proventi saranno iscritte in bilancio, nell'entrata e nella spesa, con decreti del ministro del tesoro.

Art.3

Le occupazioni temporanee dei beni immobili, che possano occorrere per l'esecuzione di opere urgenti nei paesi colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908, nonché per la costruzione di ba-

Lo sviluppo delle norme sismiche italiane (1)

- **1784** – Legge del Marzo 1784 (dopo il terremoto delle Calabrie del febbraio 1783)
- **1909** – Regio Decreto n. 193 del 18 Aprile 1909 (G.U. n. 95 del 22 Aprile 1909)
“Norme tecniche ed igieniche obbligatorie per le riparazioni ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati nei luoghi colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908
- **1915** – Regio Decreto n. 573 del 29 Aprile 1915 (G.U. n.117 del 11/05/1915). A seguito del terremoto di Sora e Avezzano del 13 Gennaio.
- **1916** –Decreto Legge n. 1526 del 1916. Quantifica le forze sismiche e la loro distribuzione lungo l’altezza dell’edificio.
- **1926** – Regio Decreto n. 705 del 3 Aprile 1926 (G.U. n. 102 del 3/05/1926). A seguito dei terremoti di Siena e Grosseto. Si introducevano le categorie sismiche
- **1939** – Regio Decreto Legge n. 2228 e n. 2229 del 16 Novembre 1939 (G.U. n. 92 del 18/04/1940)

Lo sviluppo delle norme sismiche italiane (2)

- **1962** – Legge n. 1684 del 25 Novembre 1962 (G.U. n. 326 del 22/12/1962)
“Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”. Tale normativa introduce: 1)la riduzione dell'azione sismica per condizioni geologiche favorevoli; 2)nuovi limiti per le altezze massime ed il numero di piani; 3)l'obbligo di introdurre le norme del buon costruire nei piani regolatori comunali; 4)la ridefinizione dei coefficienti di proporzionalità e di distribuzione delle forze sismiche e nuovi coefficienti di riduzione dei sovraccarichi;
- **1974** – Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974 (G.U. n. 76 del 21/03/1974)
“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”. Sono definite 3 zone con sismicità alta, media e bassa.
- **1996**- Decreto Ministeriale del 16 Gennaio 1996 (G.U. n. 29 del 5/02/1996).
“Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.” Con tale Decreto: 1)non si fa più riferimento al numero di piani di un edificio, ma alla sua altezza massima; 2)anche nelle zone sismiche è possibile adottare il metodo di verifica agli stati limite oltre a quello alle tensioni ammissibili; 3)si introduce un coefficiente di risposta R dipendente dal periodo della struttura per la definizione delle forze sismiche.

Lo sviluppo delle norme sismiche italiane (3)

2003 – Ordinanza del Consiglio dei Ministri OPCM n. 3274 del 20 Marzo 2003 (G.U. n. 105 del 8/05/2003) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”. Per la prima volta si recepiscono i contenuti degli Eurocodici; tutto il territorio nazionale è classificato come sismico ed è suddiviso in 4 zone caratterizzate da pericolosità sismica decrescente. Attraverso l’OPCM 3274 viene introdotta la zona 4 e viene data la facoltà alle regioni di imporre l’obbligo della progettazione antisismica.

2005 – Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM n.3431 del 3 Maggio 2005 (G.U. n. 107 del 10/05/2005)

2008 – Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 4/02/2008) “Norme Tecniche per le Costruzioni.” Entrato in vigore nel 1 Luglio 2009 a seguito del terremoto dell’Aquila dell’Aprile 2009.

2009 – Circolare n. 617 del 2 Febbraio 2009 (G.U. n.47 del 26/02/2009 – Supplemento ordinario n.27) “Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. del 14 Gennaio 2008”.

2018 – D.M. 17.1.2018 (G.U.n.42 del 20/02/2018) Norme Tecniche per le Costruzioni



I dati *online* della pericolosità sismica in Italia

Mappe dinamiche

-  [Mappe interattive della pericolosità sismica \(WebGis\)](#)
-  [Interactive Maps of Seismic Hazard \(WebGis\)](#)

Mappe statiche e download dati

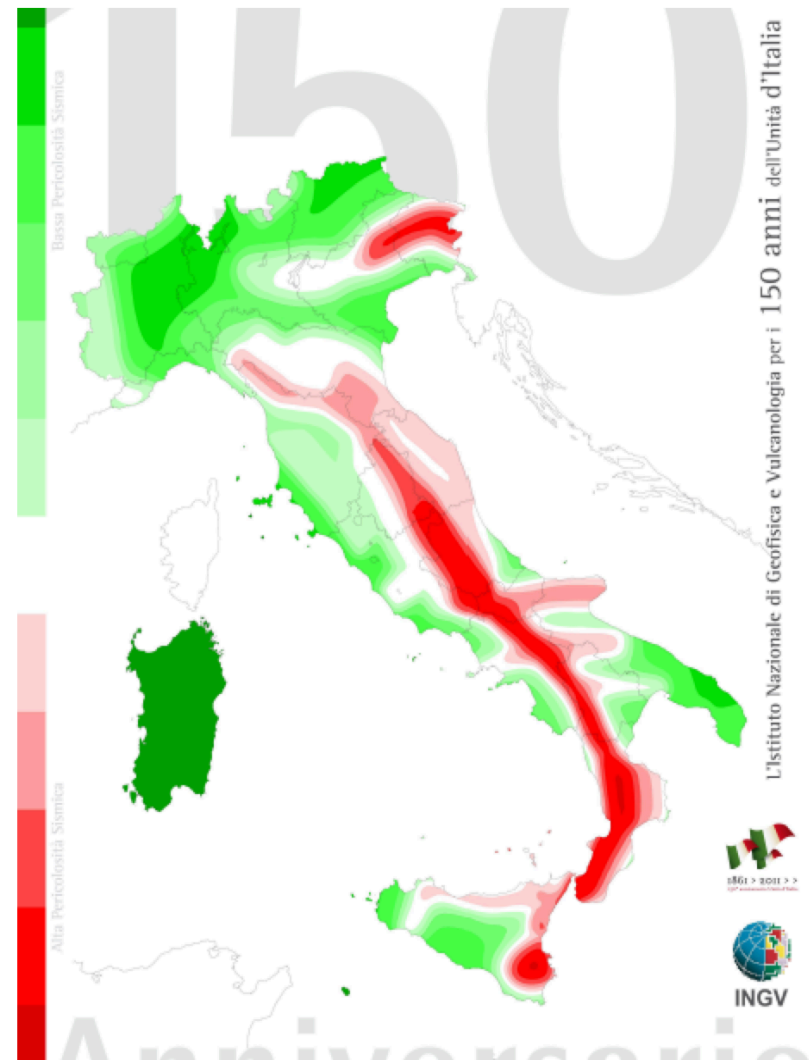
- [PGA per varie probabilità di eccedenza in 50 anni](#)
- [Accelerazioni spettrali per varie probabilità di eccedenza in 50 anni](#)

Norme Tecniche per le Costruzioni

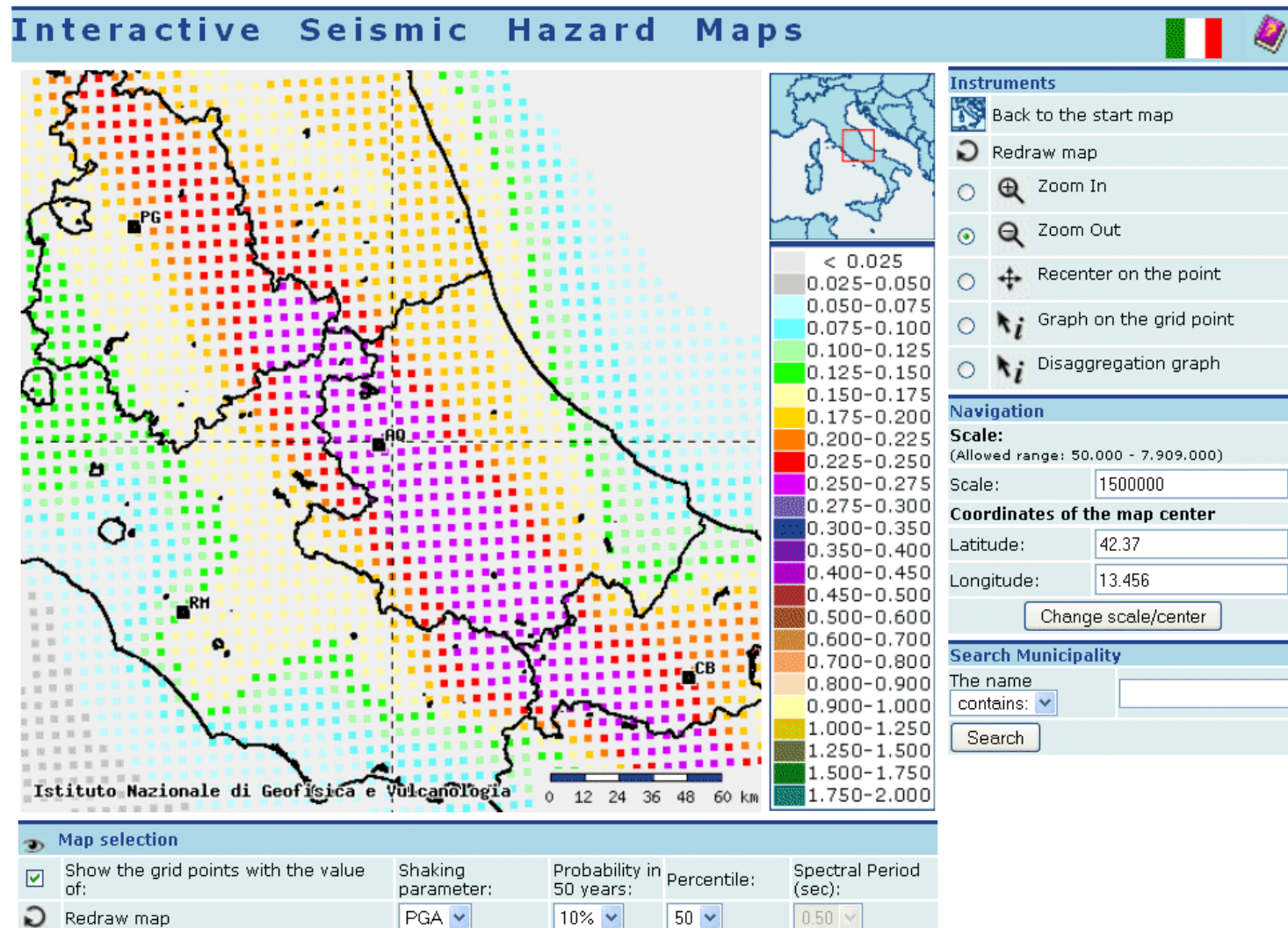
- [DM 14/01/2008 - Allegato A](#)

Links

- [Progetto INGV-DPC S1](#)
- zonesismiche.mi.ingv.it

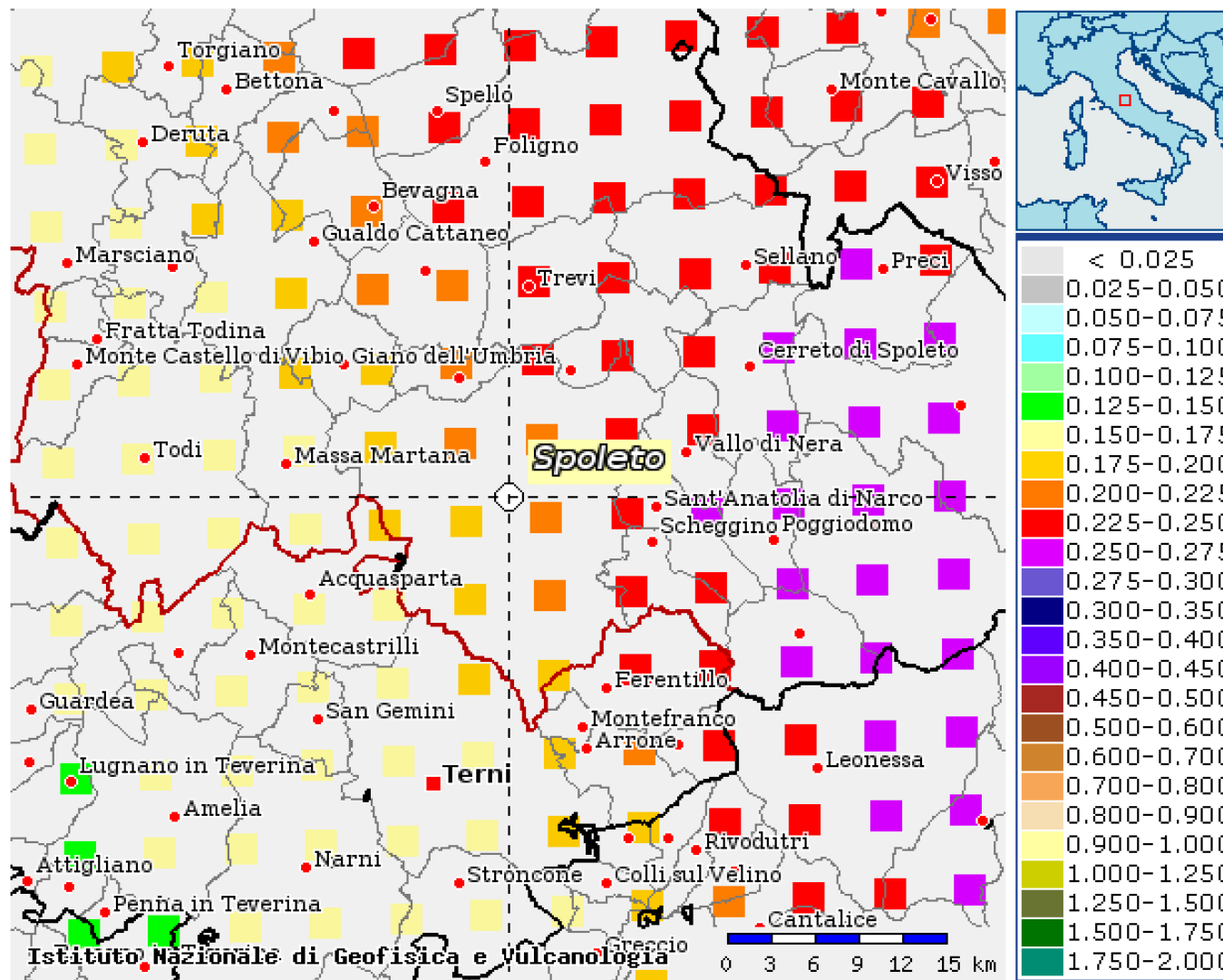


MPS04 in rete



Applicazione Webgis per la disseminazione di dati sulla pericolosità in Italia
(http://esse1-gis.mi.ingv.it/s1_en.php)

Mappe interattive di pericolosità sismica



Strumenti

- Ritorna alla mappa iniziale
- Ridisegna mappa
- Zoom In
- Zoom Out
- Ricentra sul punto
- Grafico sul punto griglia
- Grafico di disaggregazione

Navigazione

Scala:

(Valori consentiti: 50.000 - 7.909.000)

Scala:

Coordinate del centro della mappa

Latitudine:

Longitudine:

Ricerca Comune

Il nome

contiene:

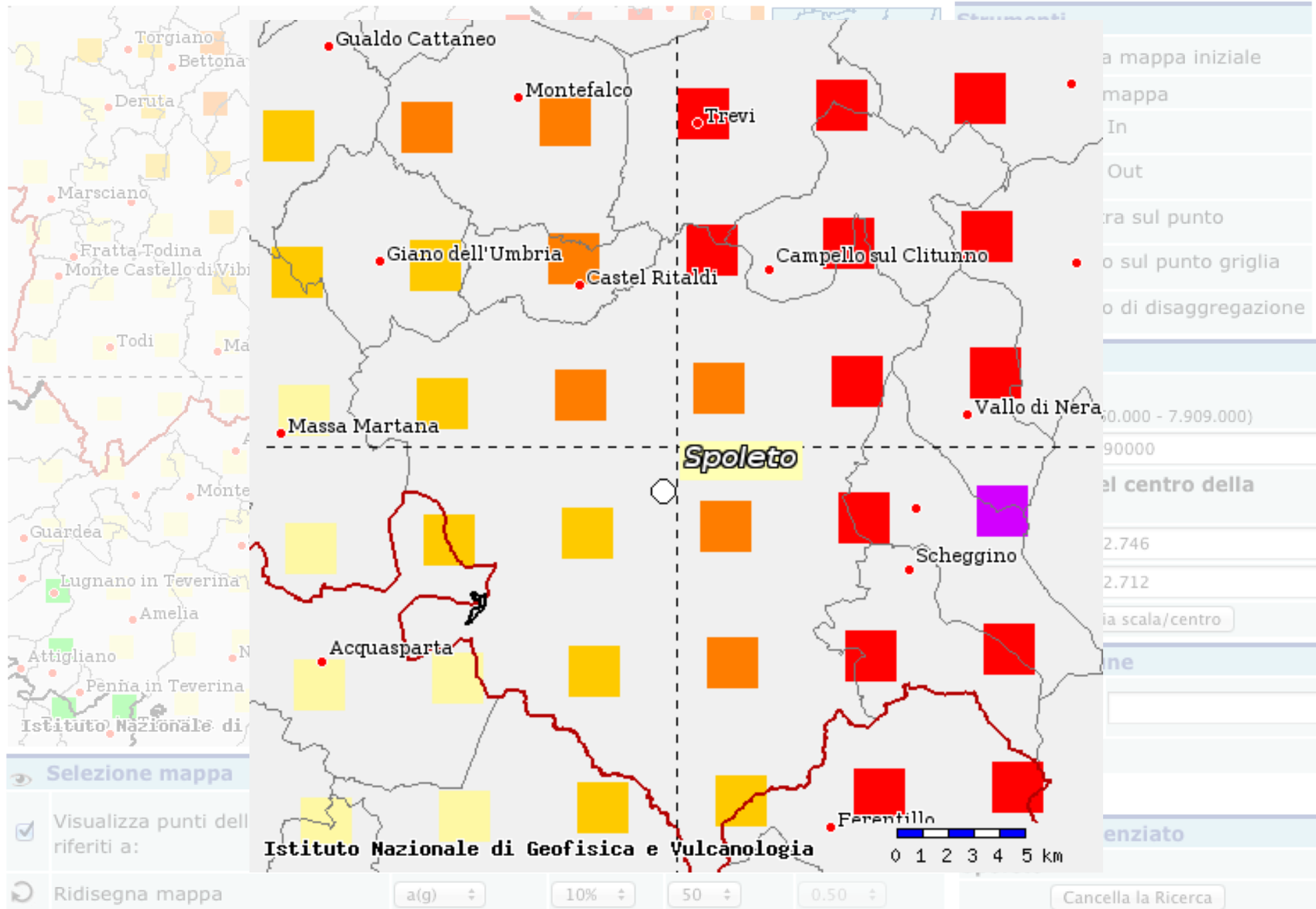
Comune evidenziato

Spoleto

Selezione mappa

<input checked="" type="checkbox"/>	Visualizza punti della griglia riferiti a:	Parametro dello scuotimento:	Probabilità in 50 anni:	Percentile:	Periodo spettrale (sec):
<input type="checkbox"/>		<input type="text" value="a(g)"/>	<input type="text" value="10%"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="0.50"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Ridisegna mappa"/>				

Mappe interattive di pericolosità sismica

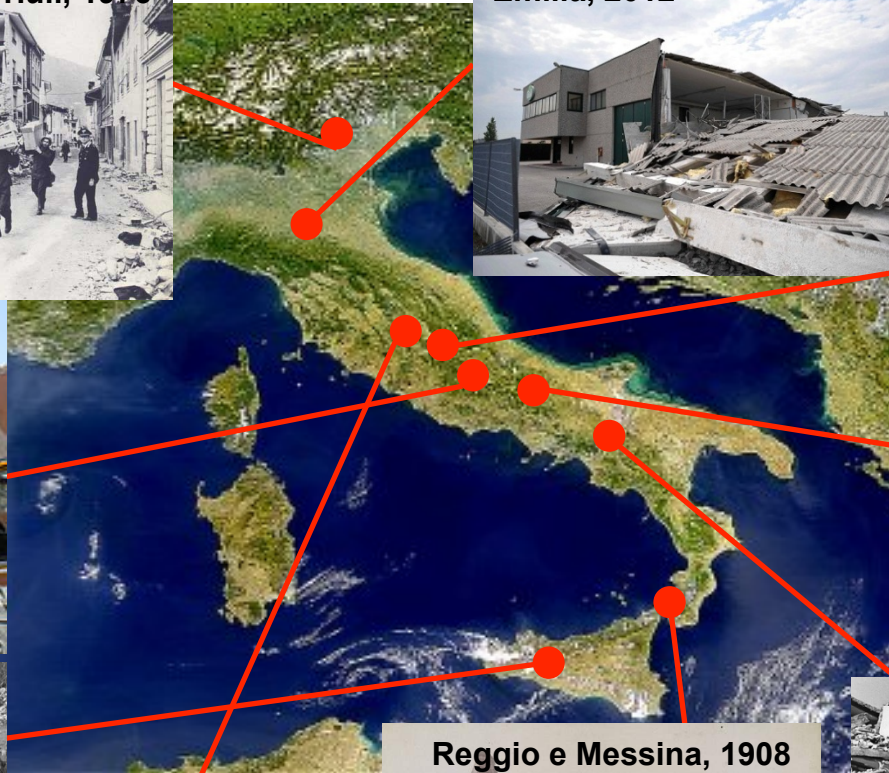


I principali eventi sismici in relazione alle perdite umane stimate

In media 10,000 persone muoiono ogni anno a causa di terremoti (dati UNESCO, 1980)

1. Shansi, Cina - 830.000 morti - 23 gennaio 1556
2. Sumatra - 283.106 morti - 26 dicembre 2004
3. Tangshan, Cina - 255.000 morti - 27 luglio 1976
4. Aleppo, Siria - 230.000 morti - 9 agosto 1139
5. Damghan, Iran - 200.000 morti - 22 dicembre 856
6. Tsinghai, Cina - 200.000 morti - 22 maggio 1927
7. Gansu, Cina - 200.000 morti - 16 dicembre 1920
8. Ardabil, Iran - 150.000 morti - 23 marzo 823
9. Kanto, Giappone - 143.000 morti - 1 settembre 1923
- 10. Messina e Reggio Calabria, Italia - 130.000 morti - 28 dicembre 1908**
11. Ashgabat, URSS - 110.000 morti - 5 ottobre 1948
12. Chihli, Cina - 100.000 morti - settembre 1290
13. Pakistan - 80.361 morti - 8 ottobre 2005
14. Caucaso - 80.000 morti - novembre 1667
15. Tabriz, Iran - 77.000 morti - 18 novembre 1727
16. Gansu, Cina - 70.000 morti - 25 dicembre 1932
17. Lisbona, Portogallo - 70.000 morti - 1 novembre 1755
18. Perù - 66.000 morti - 31 maggio 1970
19. Quetta, Pakistan - tra 30.000 e 60.000 morti - 30 maggio 1935
- 20. Sicilia, Italia - 60.000 morti - 11 gennaio 1963**

Tanti terremoti...



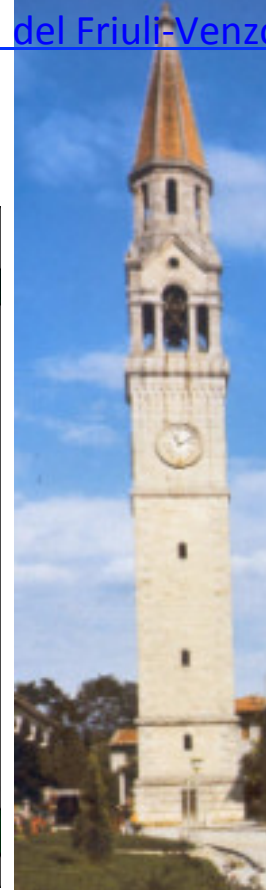
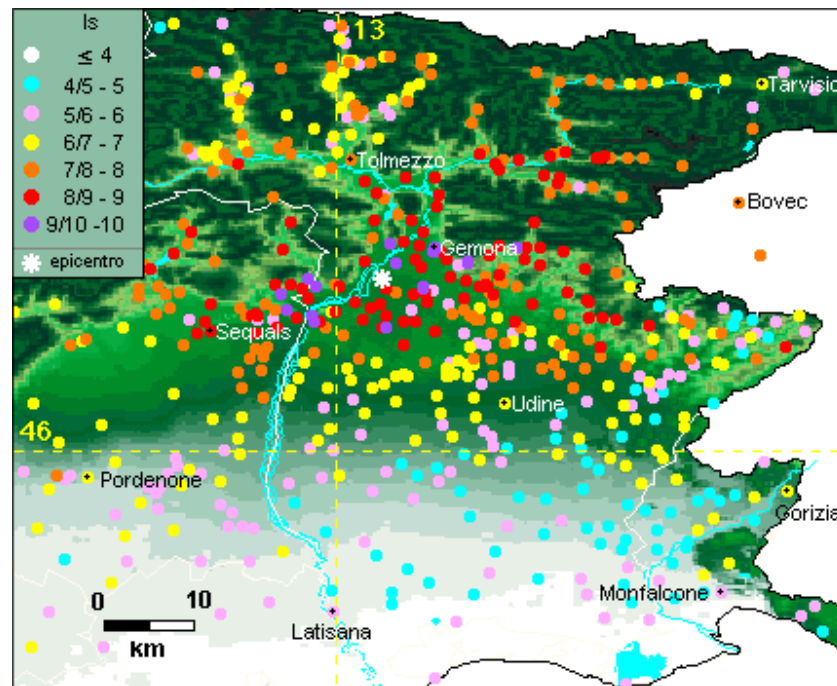
I MAGGIORI TERREMOTI ITALIANI DEL XX SECOLO

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

FRIULI -1976

Mw=6.4 Numero Vittime=989

<u>Data e Ora Locale</u>	<u>Magnitudo</u>	<u>Epicentro</u>
6 maggio 1976 21:00	6,4	Gemona del Friuli-Arteagna
11 settembre 1976 18:31	5,8	Gemona del Friuli-Venezia
11 settembre 1976 18:40	5,6	Gemona del Friuli-Venezia
15 settembre 1976 05:00	5,9	Gemona del Friuli-Venezia
15 settembre 1976 11:30	6,0	Gemona del Friuli-Venezia



Crollo e successiva demolizione del campanile di Mojano

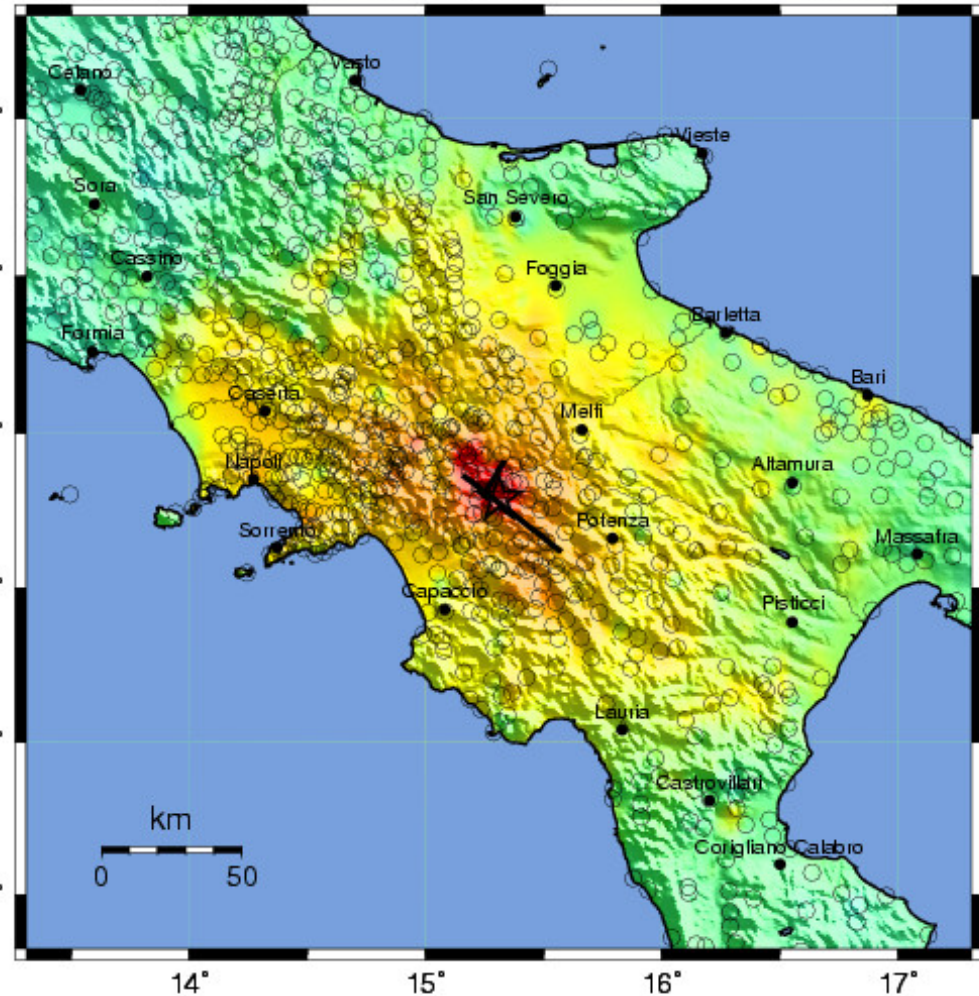
IRPINIA -1980

Mw=6.9 Numero Vittime=2800

23 Novembre 1980



USGS ShakeMap : Irpinia, Italy
 Sun Nov 23, 1980 18:34:53 GMT M 6.9 N40.79 E15.31 Depth: 6.9km ID:198011231834



Map Version 1.1 Processed Sat Nov 8, 2008 09:13:19 AM MST

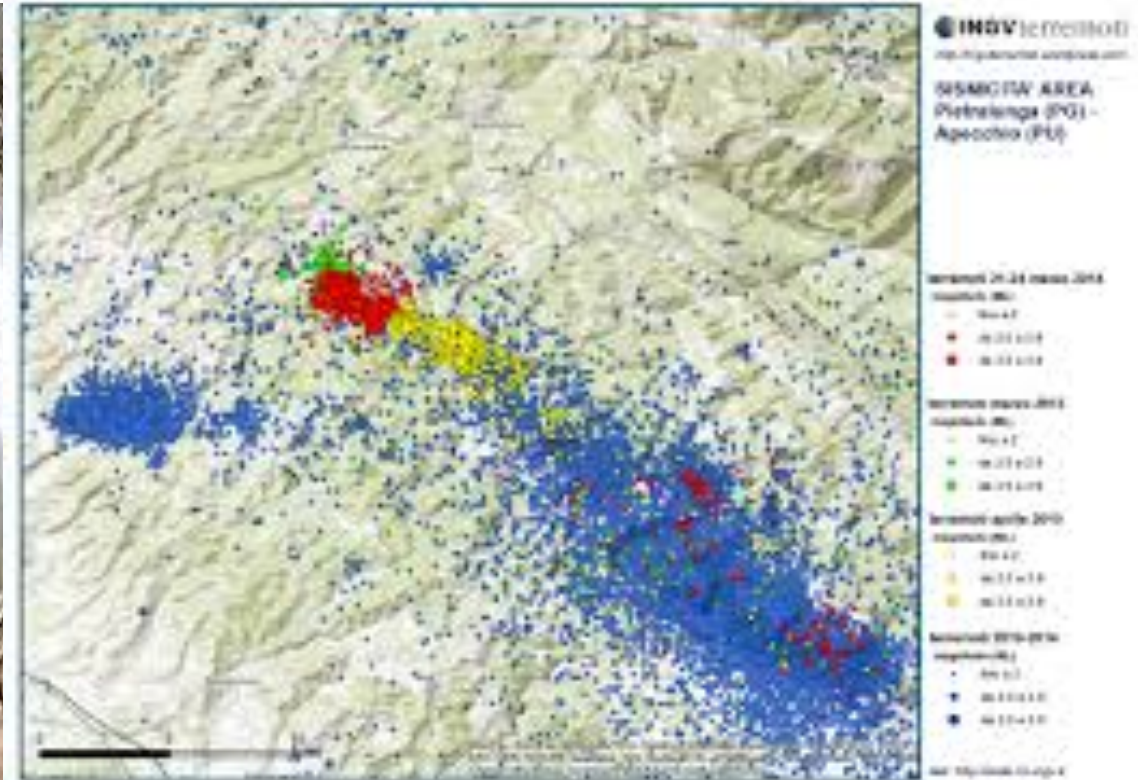
PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Umbria e Marche - 1997

Data: 26 settembre 1997, ore 11:40

Magnitudo: 6.0 (Maw) Intensità epicentrale:

VIII-IX grado (MCS) Vittime: 11

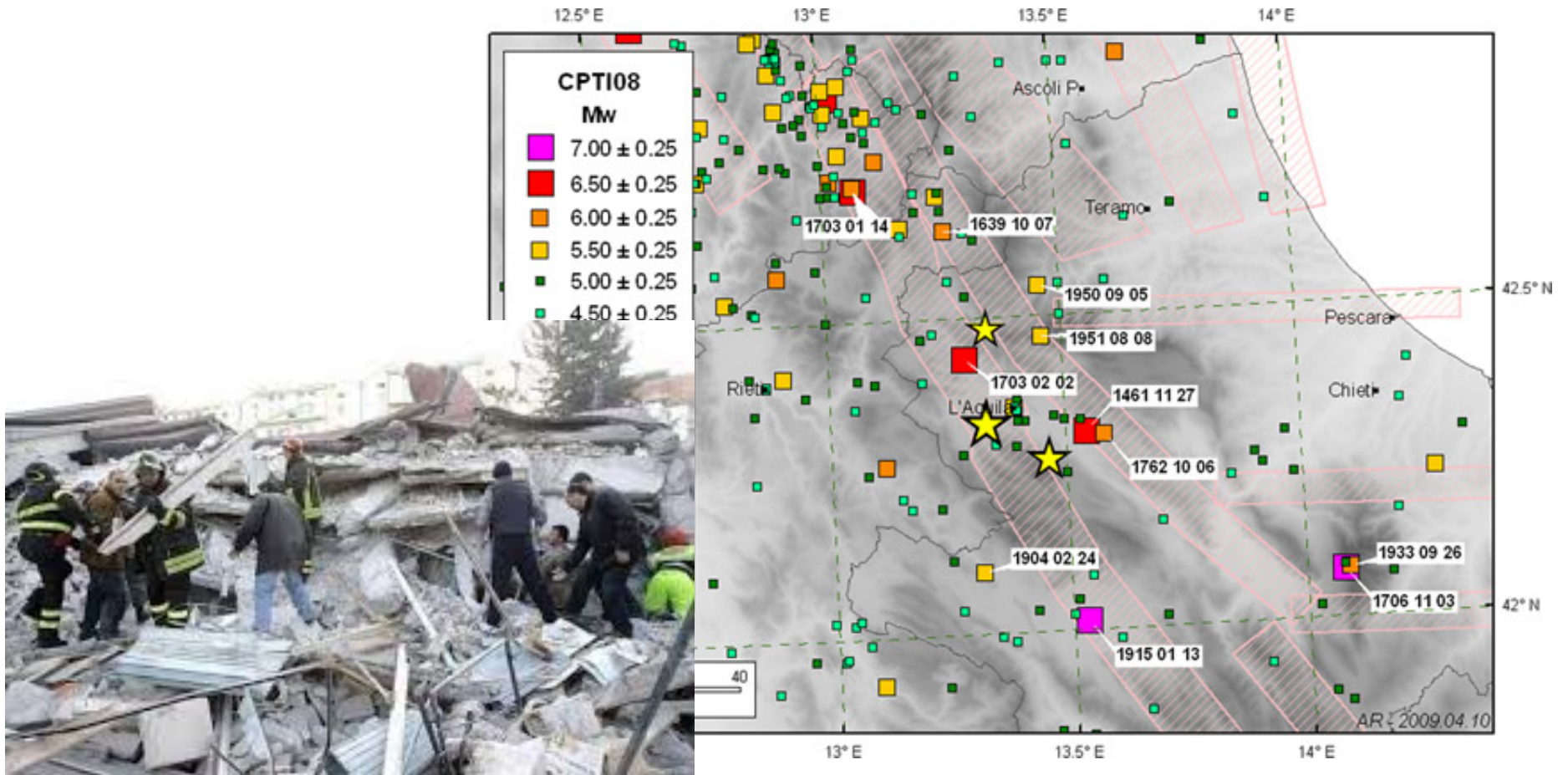


Molise - 2002

Data: 31 ottobre 2002, ore 11:32

Magnitudo: 5.8 (Mw)

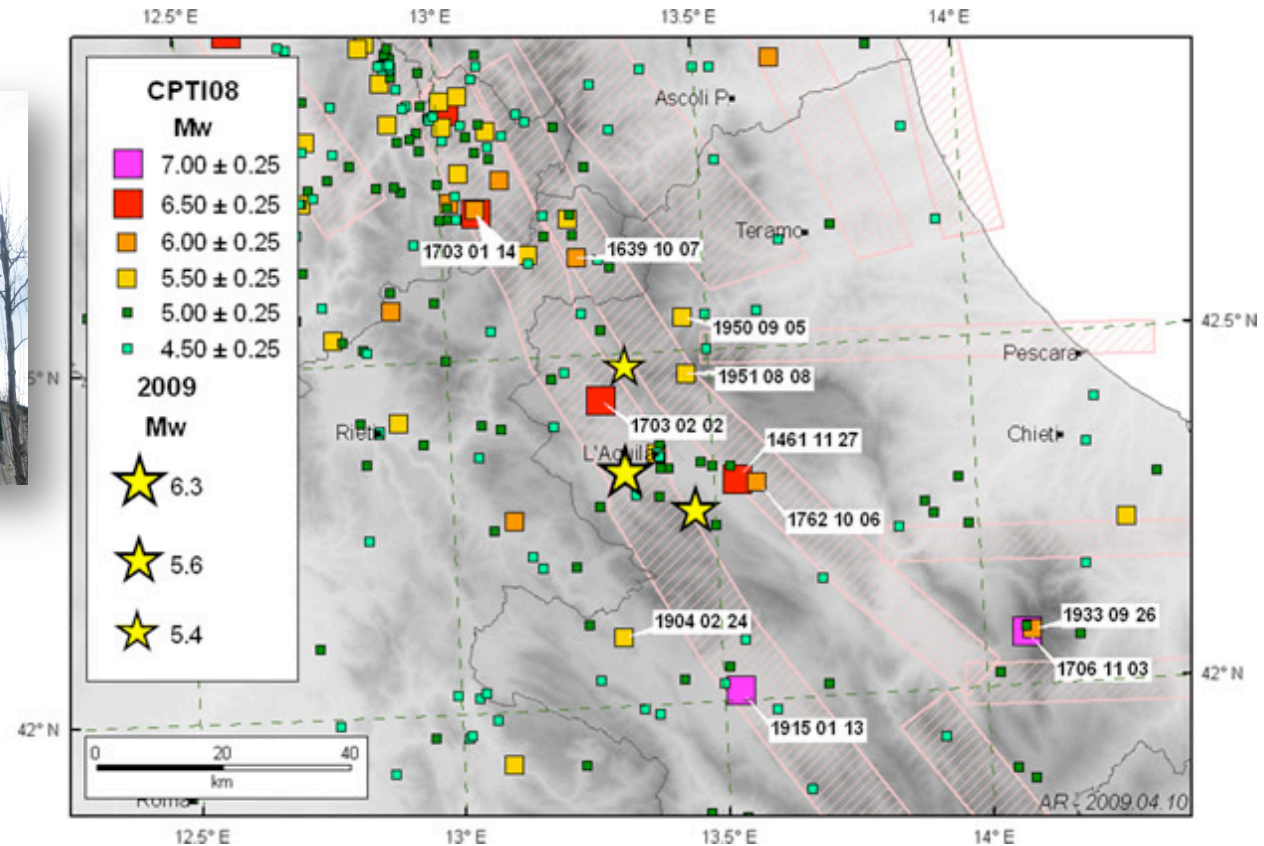
Intensità epicentrale: VII-VIII grado (MCS) Vittime: 30



A San Giuliano di Puglia, la forte scossa provocò il crollo del solaio di copertura dell'edificio scolastico "Francesco Jovine" dove persero la vita 27 bambini ed una maestra.

L'Aquila - 2009

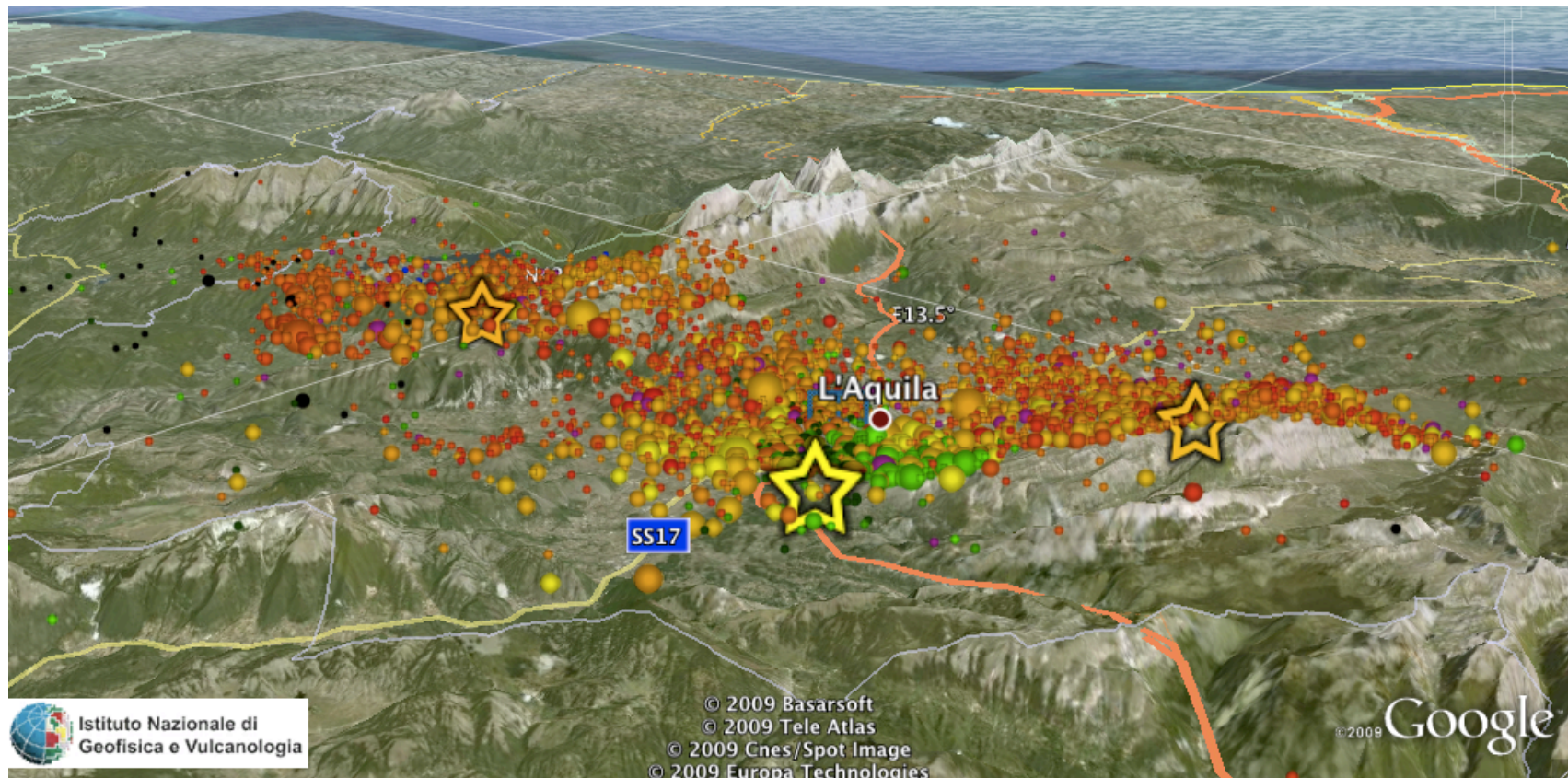
Data: 6 aprile 2009, ore 3:32 Magnitudo: 6.3
(Maw) Intensità epicentrale: IX-X grado (MCS)
Vittime: 308



La scossa del 6 aprile ha interessato un'area già in passato colpita da terremoti con effetti al di sopra della soglia del danno. I più forti terremoti storici riportati nel catalogo CPTI04 sono quelli del 9 settembre 1349 con una Me 6.5 e del 2 febbraio 1703 (Me 6.7). La scossa del 6 aprile è paragonabile a questi eventi sismici, che tuttavia hanno comportato rilasci di energia decisamente superiori.

Dati di sismicità

Il 6 Aprile 2009 alle ore 03:33 la zona de l'Aquila è stata colpita da un forte terremoto. La magnitudo della scossa principale è stata valutata sia come magnitudo momento $M_w = 6.3$. La sequenza sismica ha continuato la sua evoluzione, con moltissime repliche tra cui tre eventi di $M > 5$ che sono avvenuti il 6 aprile con $M_1 = 5.8$, il 7 aprile con $M_1 = 5.3$ ed il 9 aprile con $M_1 = 5.1$. Inoltre i terremoti di M_1 compresa tra 3.5 e 5 sono stati in totale 31. Dall'esame dei segnali riconosciuti automaticamente alla stazione INGV MedNet de L'Aquila (AQU, ubicata nei sotterranei del castello cinquecentesco), sono state conteggiate oltre 20.000 scosse.

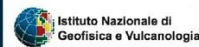
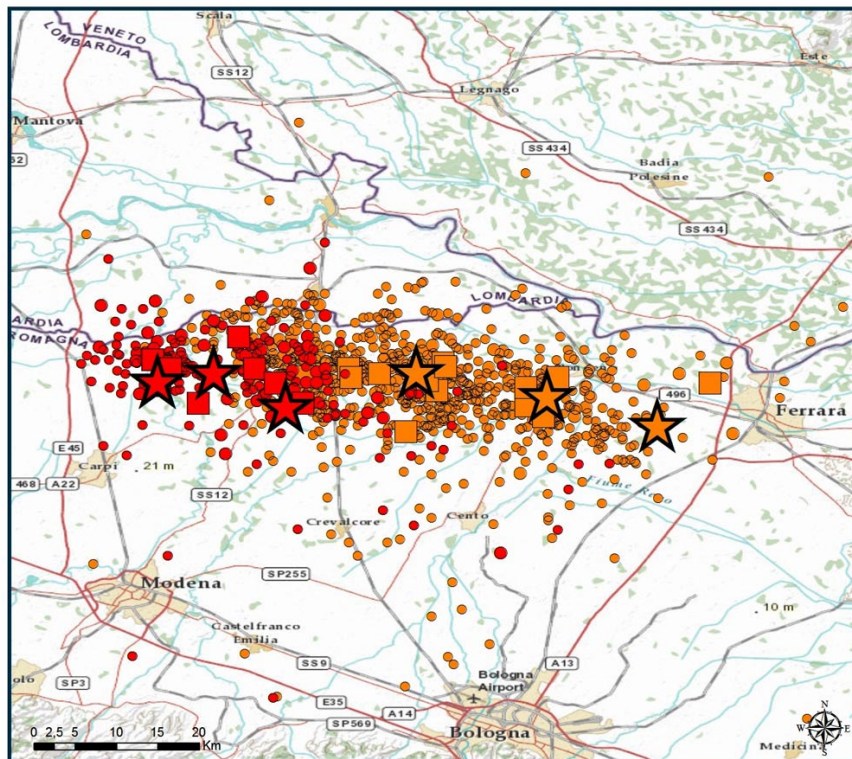


Emilia Romagna - 2012

Data: 20 maggio 2012, ore 4:04 Magnitudo Mw 5.9

Data: 29 maggio 2012, ore 9:00 Magnitudo Mw 5.8

La prima scossa di terremoto di magnitudo 5.9 alle 4.04 del 20 maggio 2012 era stata avvertita in gran parte del nord Italia e localizzata tra le province di Ferrara, Modena, Mantova e Bologna. Il 29 maggio alle 9 si era verificato un nuovo evento sismico in provincia di Modena di magnitudo 5.8. Diverse repliche avevano interessato anche le province di Reggio Emilia e Mantova, tra cui una scossa di magnitudo 5.3 alle 12.55.



SITUAZIONE AL 30 maggio

magnitudo ML

- Minore di 3.0
- Maggiore uguale di 3.0 e minore di 4.0
- Maggiore uguale di 4.0 e minore di 5.0
- ★ Maggiore uguale di 5.0

SEQUENZA SISMICA dal 19 maggio

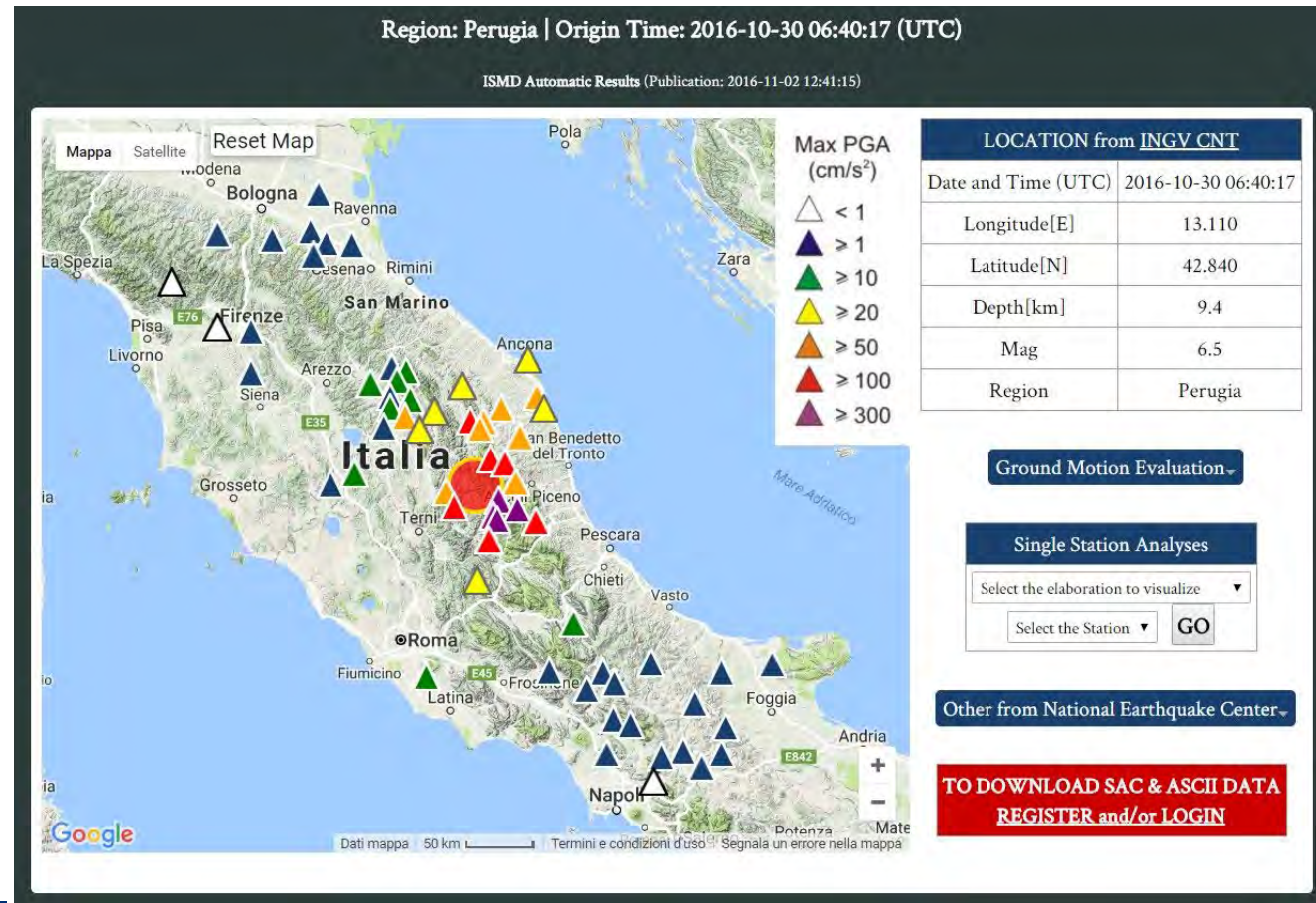
magnitudo ML

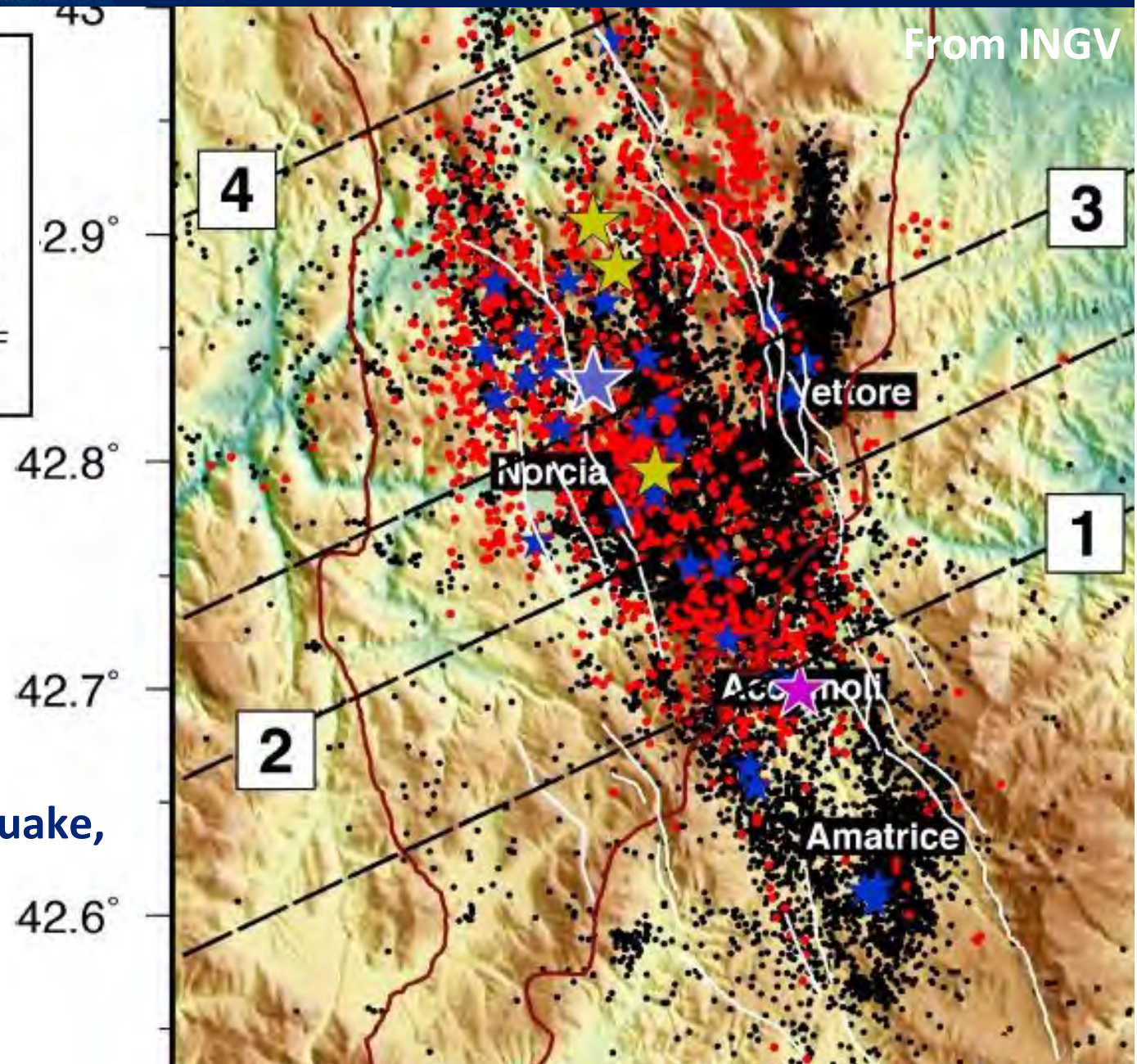
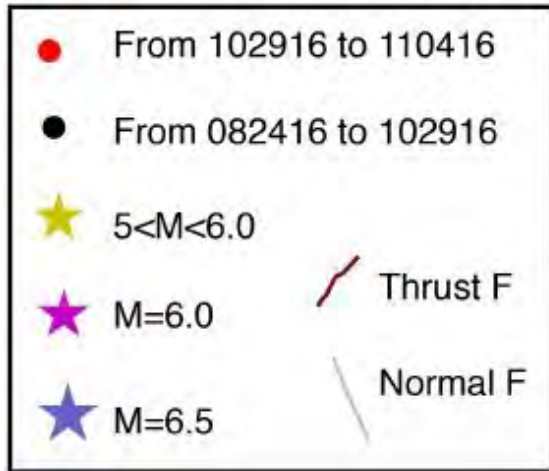
- Minore di 3.0
- Maggiore uguale di 3.0 e minore di 4.0
- Maggiore uguale di 4.0 e minore di 5.0
- ★ Maggiore uguale di 5.0



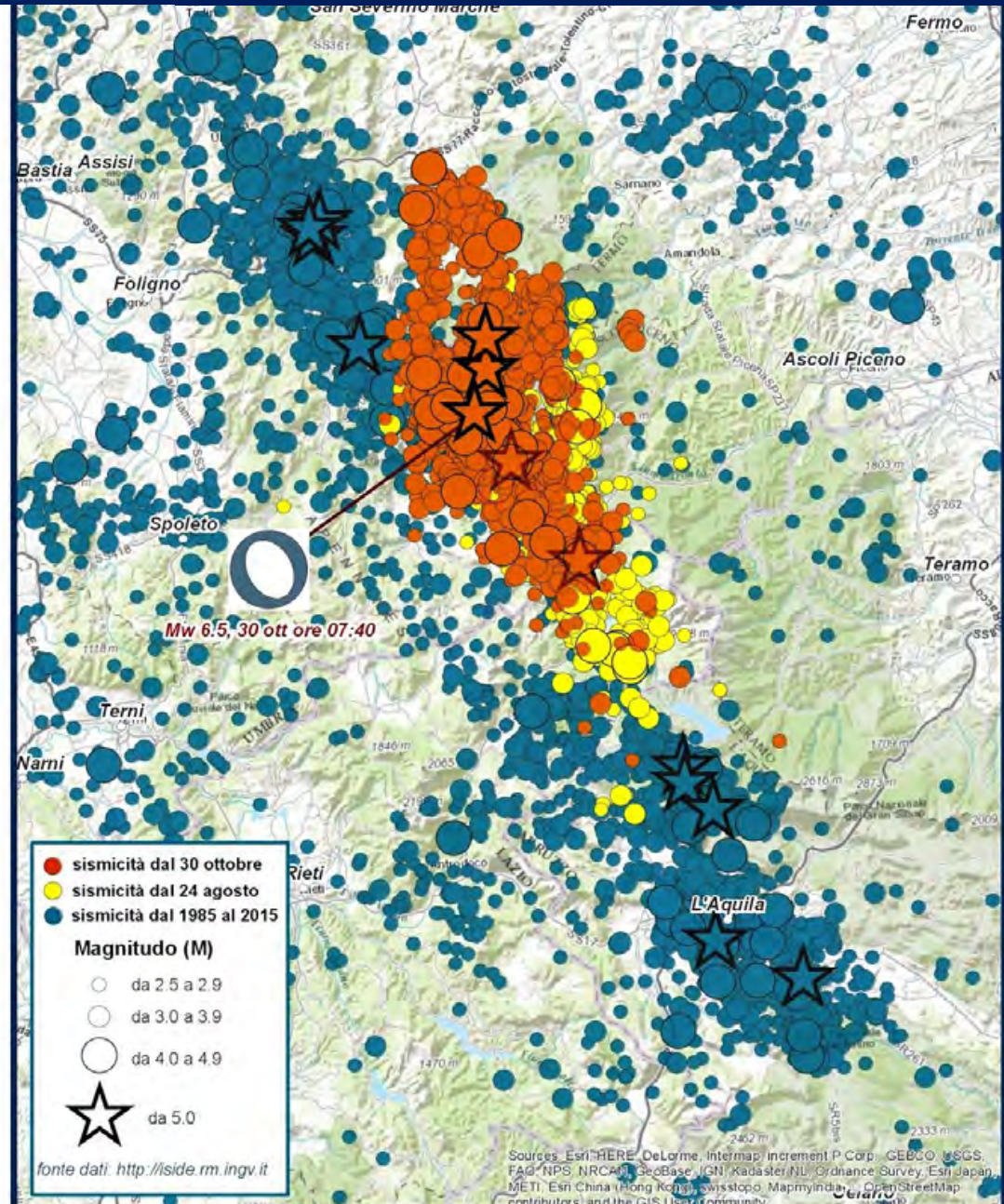
Italia centrale - 2016

Date: 24 agosto 2016, ore 03:36 – Magnitudo: Mw=6.0
 26 ottobre 2016, ore 19:10 – Magnitudo: Mw=5.4
 26 ottobre 2016, ore 21:18 – Magnitudo: Mw=5.9
 30 ottobre 2016, ore 07:40 – Magnitudo: Mw=6.5
 18 gennaio 2017, ore 11:14 – Magnitudo: Mw=5.5
 Vittime: 298

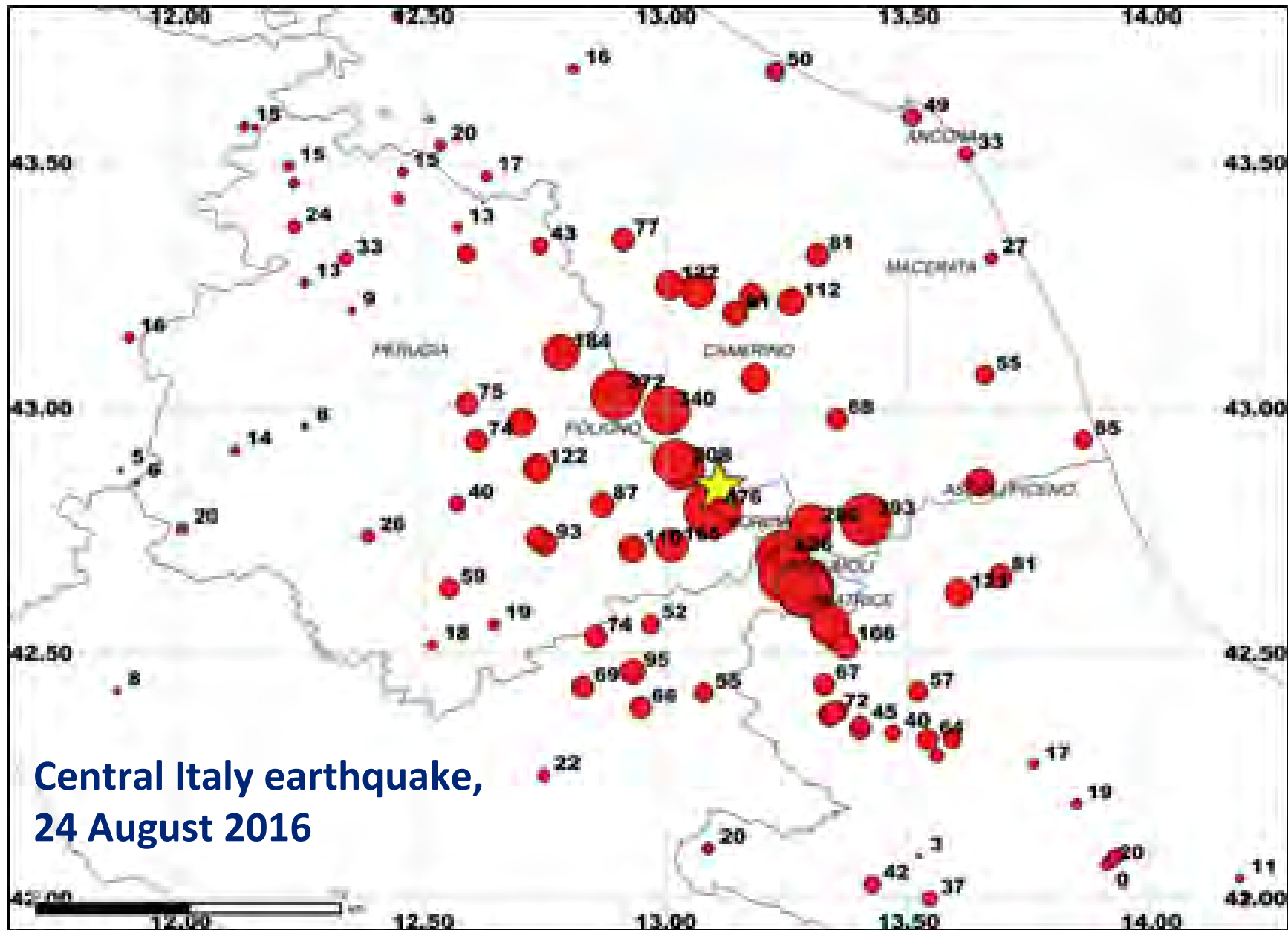




Central Italy earthquake,
24 August, 2016
26 October, 2016
30 October 2016



Central Italy sequence, 2016

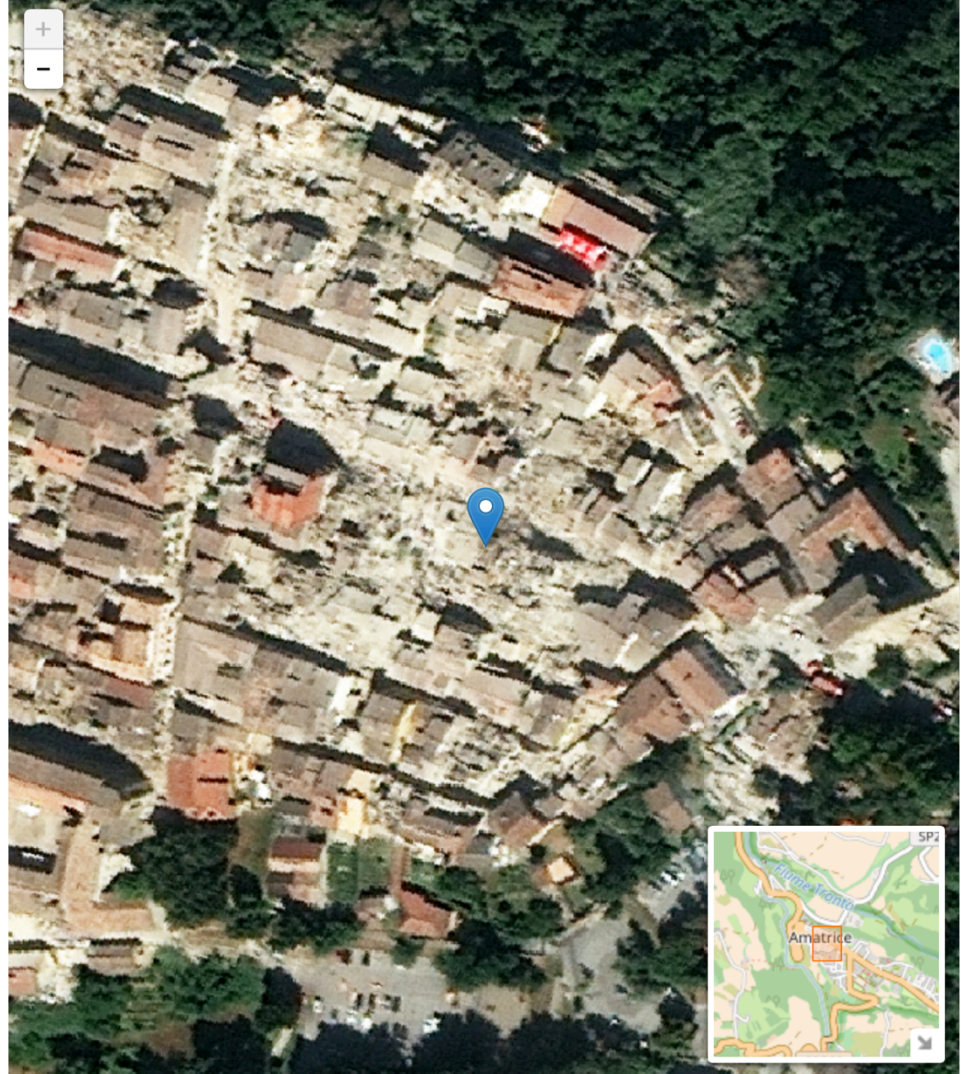


Central Italy earthquake,
24 August 2016



**Central Italy earthquake,
30 October 2016:
pictures of the coseismic
rupture: free face on bedrock
fault plane along the slope of
the Mt Vettore**





Amatrice, 2016:

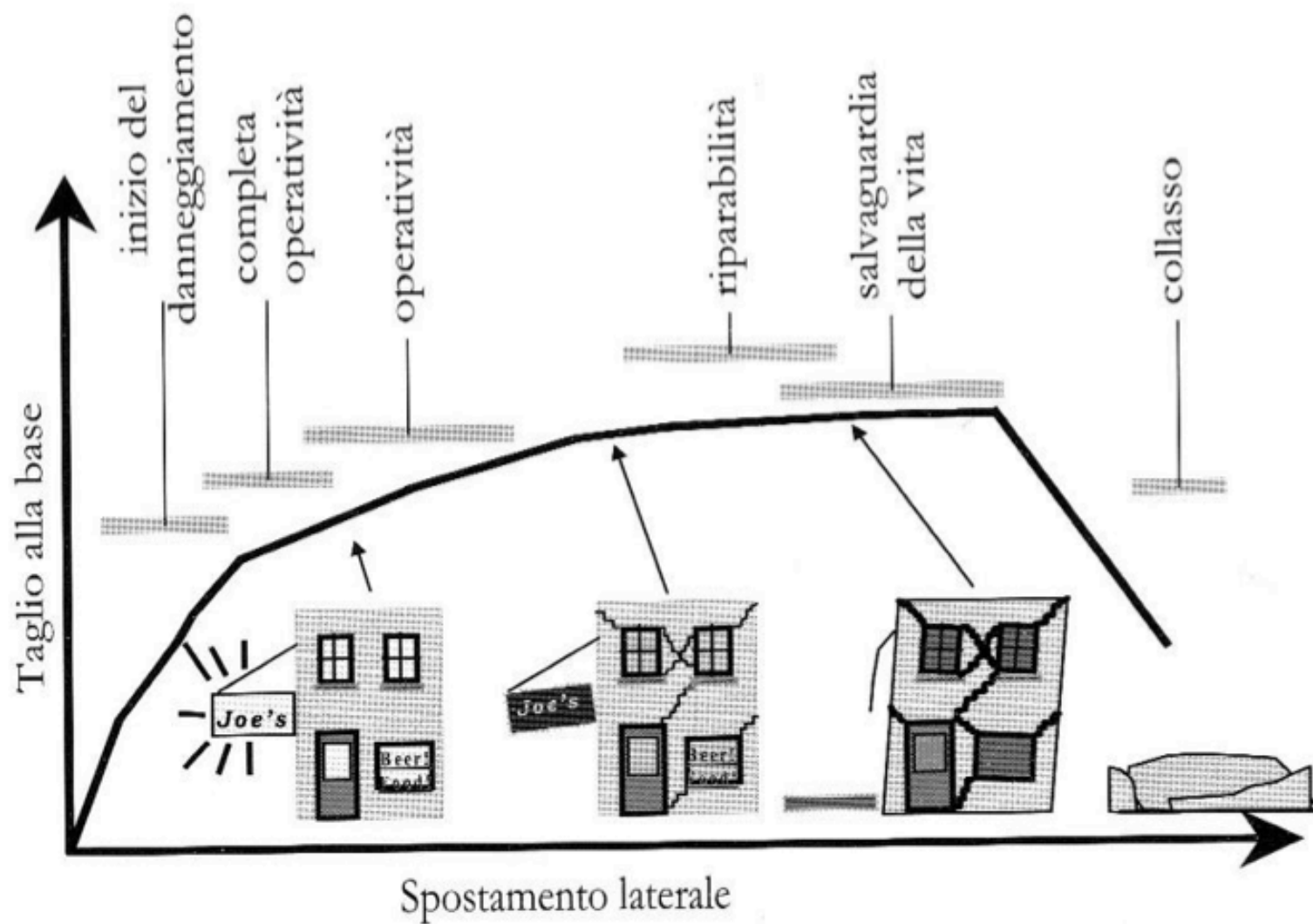
before

after



Amatrice, 2016

LIVELLI DI PRESTAZIONE



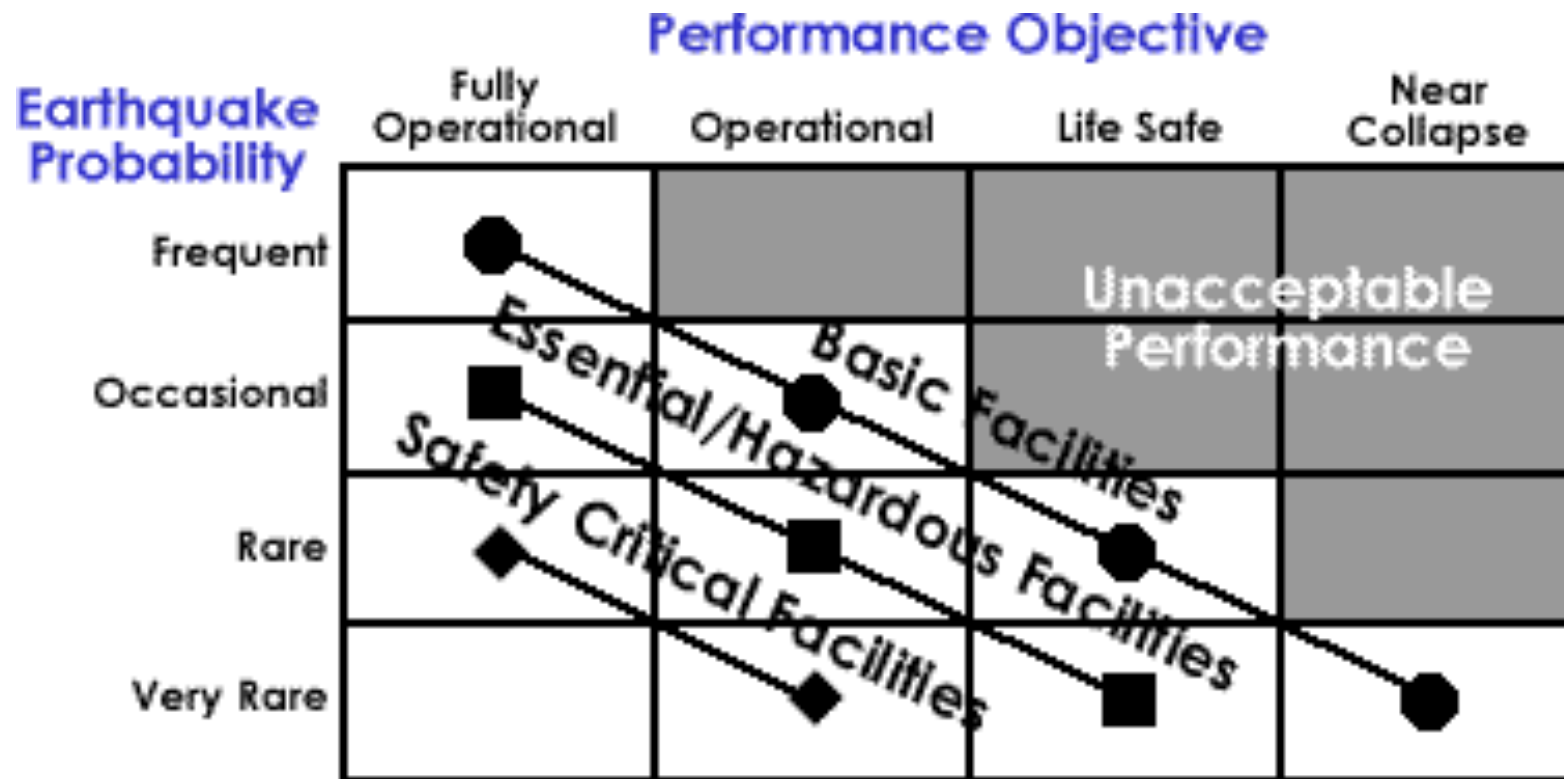
STATI LIMITE DI ESERCIZIO:

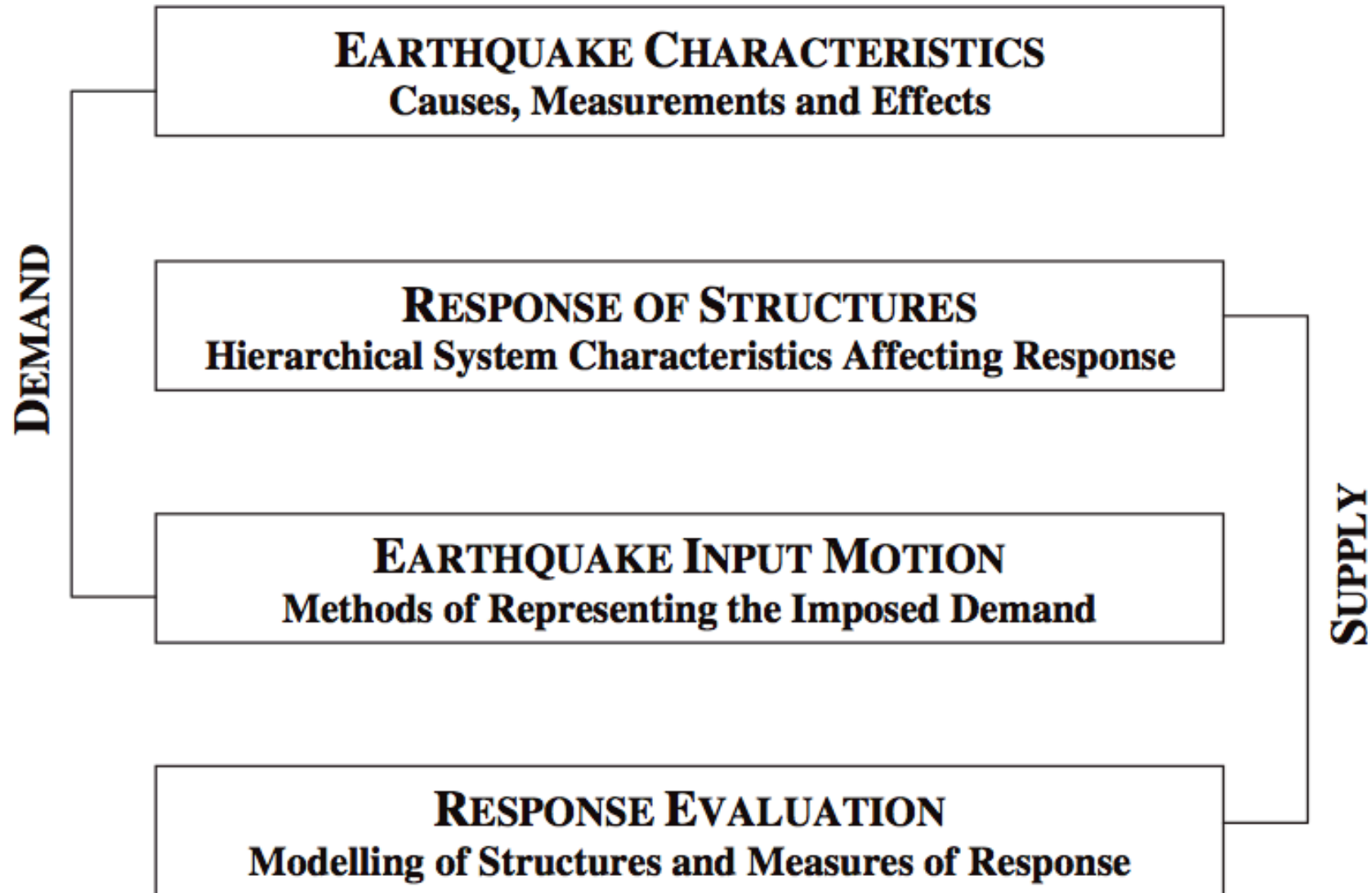
- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, **non deve subire danni ed interruzioni d'uso** significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):**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

STATI LIMITE ULTIMI:

- **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

L'approccio prestazionale





TOOLS:

- **R-Crisis**
- **In-Spector**
- **Rexel**
- **Seismosignal**
- **SAP 2000**
- **Autocad**

LINKS:

PEER Pacific Earthquake Engineering Research Centre

<http://peer.berkeley.edu/>

NISEE National Information Service for Earthquake Engineering

<http://www.nisee.berkeley.edu/>

EERI Earthquake Engineering Research Institute

<https://www.eeri.org/>

INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

<http://terremoti.ingv.it/it/>

<http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet/>

PROTEZIONE CIVILE

http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischio_sismico.wp/

RELUIS

<http://www.reluis.it/>

EUCENTRE European Centre for Training and Research in Earthquake Engineering

<http://www.eucentre.it/>

www.romatresttrutture.eu