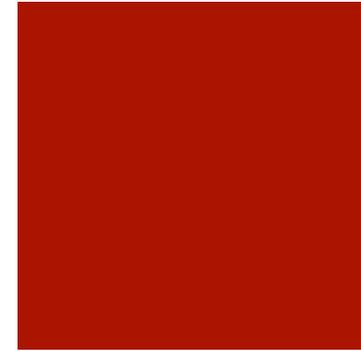


Terremoti e sorgenti sismogeniche rilevanti per la provincia di Venezia

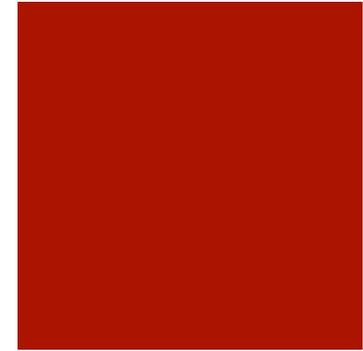


Laura Peruzza

OGS Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale

Sezione “Centro Ricerche Sismologiche”

Terremoti e sorgenti sismogeniche rilevanti per la provincia di Venezia

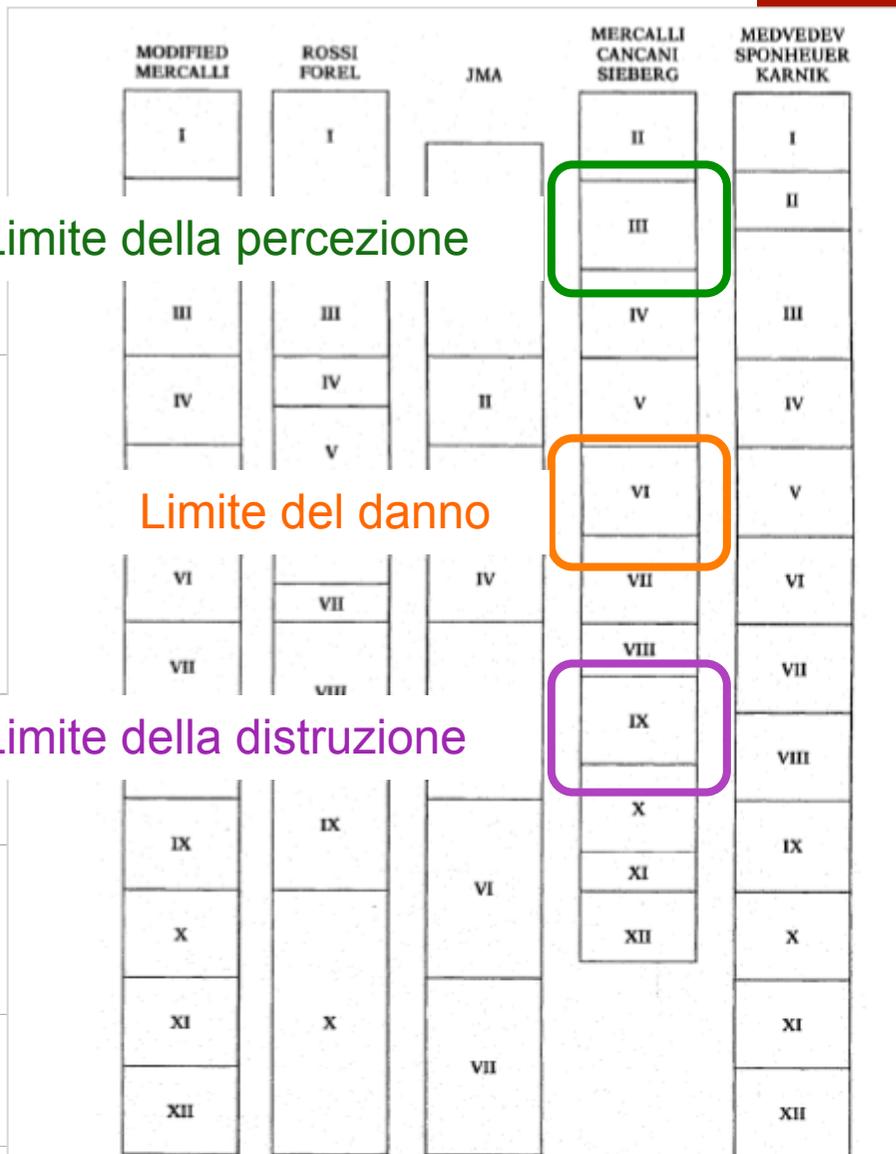


di cosa vi parlerò

- ✓ qualche fondamentale della sismologia
- ✓ terremoti noti e meno noti in Veneto e dintorni

MACROSISMOLOGIA

1883	ROSSI - FOREL	I - X
1902	Mercalli	I - X ; I - XII
1912	MERCALLI - CANCANI - SIEBERG (MCS)	I - XII
1931 1956	MODIFIED MERCALLI (MM)	I - XII
1964 1976-8	MEDVEDEV - SPONHEUER - KARNIK (MSK)	
1992 1998	EUROPEAN MACROSEISMIC SCALE (EMS)	I - XII I - XII

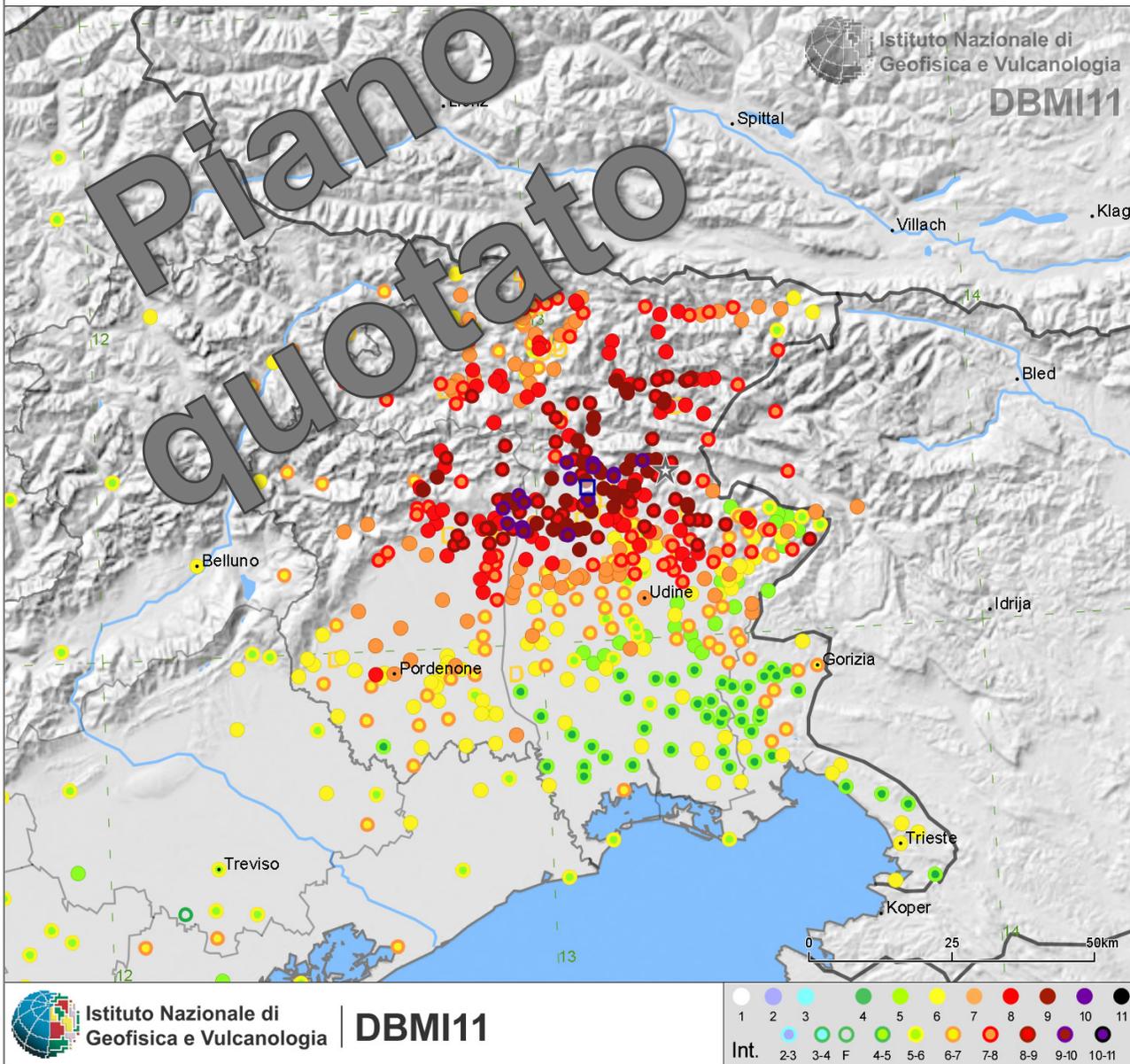


Confronto fra scale macrosismiche, Richter 1958

Terremoto del 6 maggio 1976 20:00:12, Friuli
Studio macrosismico Arch.Mac.GNDT, 1995 [Np 770, Imax 9-10]

Epicentro CPT11 ■ Mw 6.46 ±0.09
macrosismico □ Mw 6.44 ±0.09
strumentale ★ Mw 6.46 ±0.09

Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
DBMI11



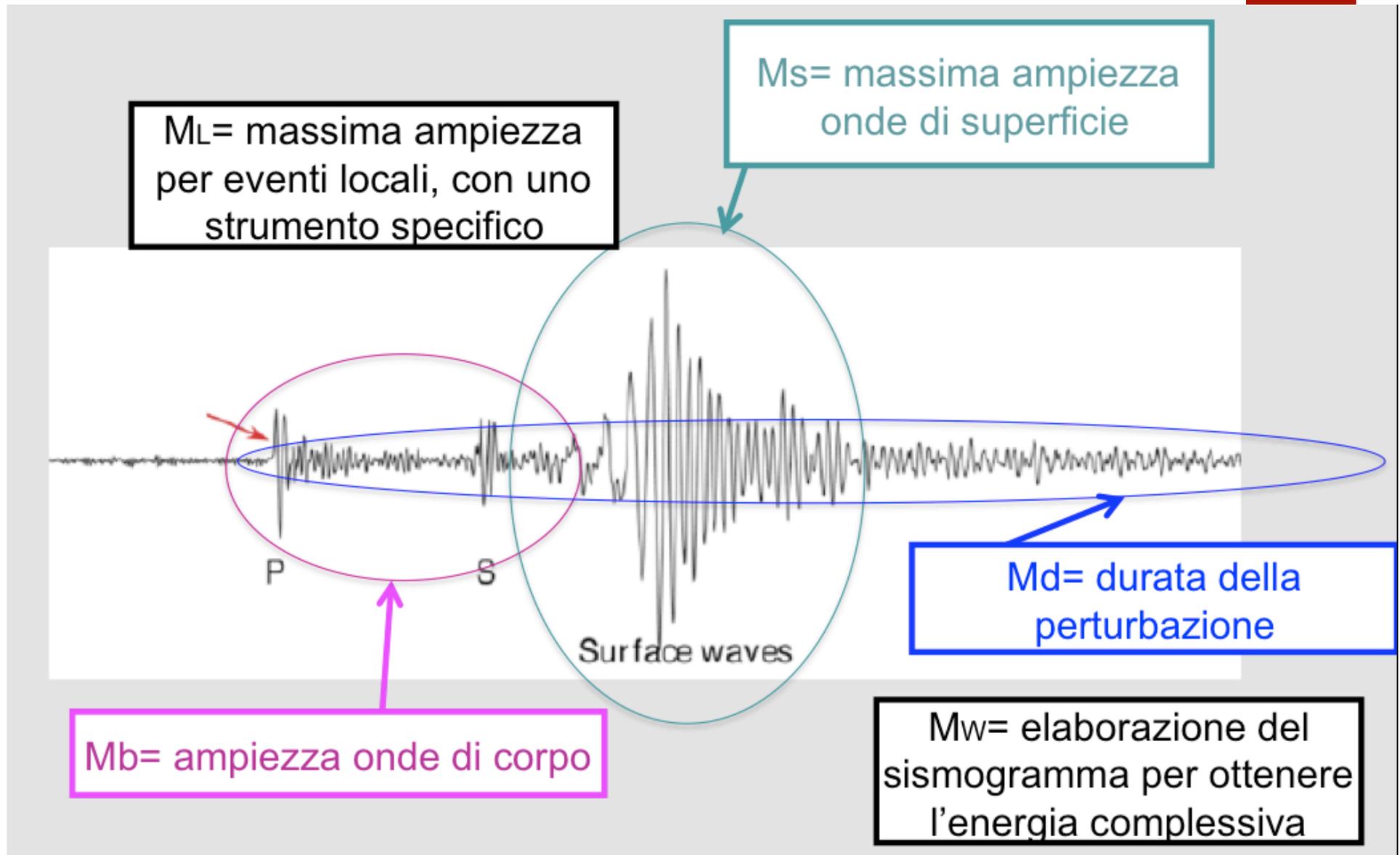
Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia | DBMI11

Zonazione geo-sismica della provincia di Venezia

6 maggio 1976

La scossa del 6 maggio venne avvertita in tutta l'Italia centro-settentrionale ed in gran parte dell'Europa centrale; danni gravissimi si ebbero nella media valle del Tagliamento, tra Pinzano e Venzone, e minori in molte località delle provincie di Udine, Pordenone e Gorizia. Fu seguita da numerosissime altre scosse; la più forte si verificò il 15 settembre e produsse nuovi crolli e qualche vittima. Nel complesso, furono distrutte circa 10.500 case, perirono 965 persone ed altre 3.000 rimasero ferite. Nel "cratere" i centri storici vennero quasi interamente distrutti.

Tante definizioni di magnitudo



Energia, ordini di grandezza

Magnitude range	Class	Length scale	Displacement scale	Frequency scale	Seismic moment*
8–10	Great	100–1,000 km	4–40 m	0.001–0.1 Hz	1 KAk–1 MAk
6–8	Large	10–100 km	0.4–4 m	0.01–1 Hz	1 Ak–1 KAk
4–6	Moderate	1–10 km	4–40 cm	0.1–10 Hz	1 mAk–1 Ak
2–4	Small	0.1–1 km	4–40 mm	1–100 Hz	1 μ Ak–1 mAk
0–2	Micro**	10–100 m	0.4–4 mm	10–1,000 Hz	1 nAk–1 μ Ak
–2–0	Nano	1–10 m	40–400 μ m	0.1–10 kHz	1 pAk–1 nAk
–4 to –2	Pico	0.1–1 m	4–40 μ m	1–100 kHz	1 fAk–1 pAk
–6 to –4	Femto	1–10 cm	0.4–4 μ m	10–1,000 kHz	1 aAk–1 fAk
–8 to –6	Atto	1–10 mm	0.04–0.4 μ m	1–100 MHz	1 tAk–1 aAk

* 1 Aki (Ak) is defined as 10^{18} Nm. The unit is named after Keiiti Aki, who pioneered the use of seismic moment in theory and practice. The International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior recommended in 2007 the adoption of the Aki as the standard unit of earthquake size.

** The term “microearthquake” traditionally refers to earthquakes $M < 3$. The earthquake class names used here are a compromise between the SI naming conventions, which would require that a microearthquake had a magnitude between $M = 2$ and $M = 4$, and traditional practice.

Magnitudo

Dimensione della rottura

Spostamento sulla rottura

Frequenze onde sismiche

lavoro

Dimensione della rottura



Fault Size: L = 500 km by W = 200 km

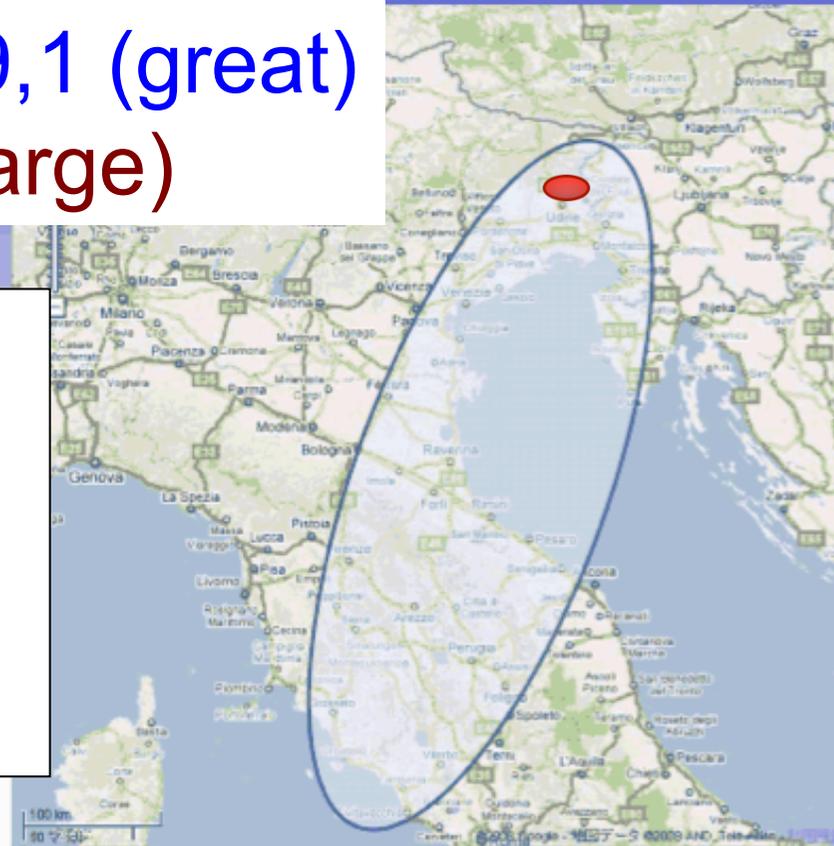
Giappone 2011 **M** 9,1 (great)

Friuli 1976 **M** 6,4 (large)

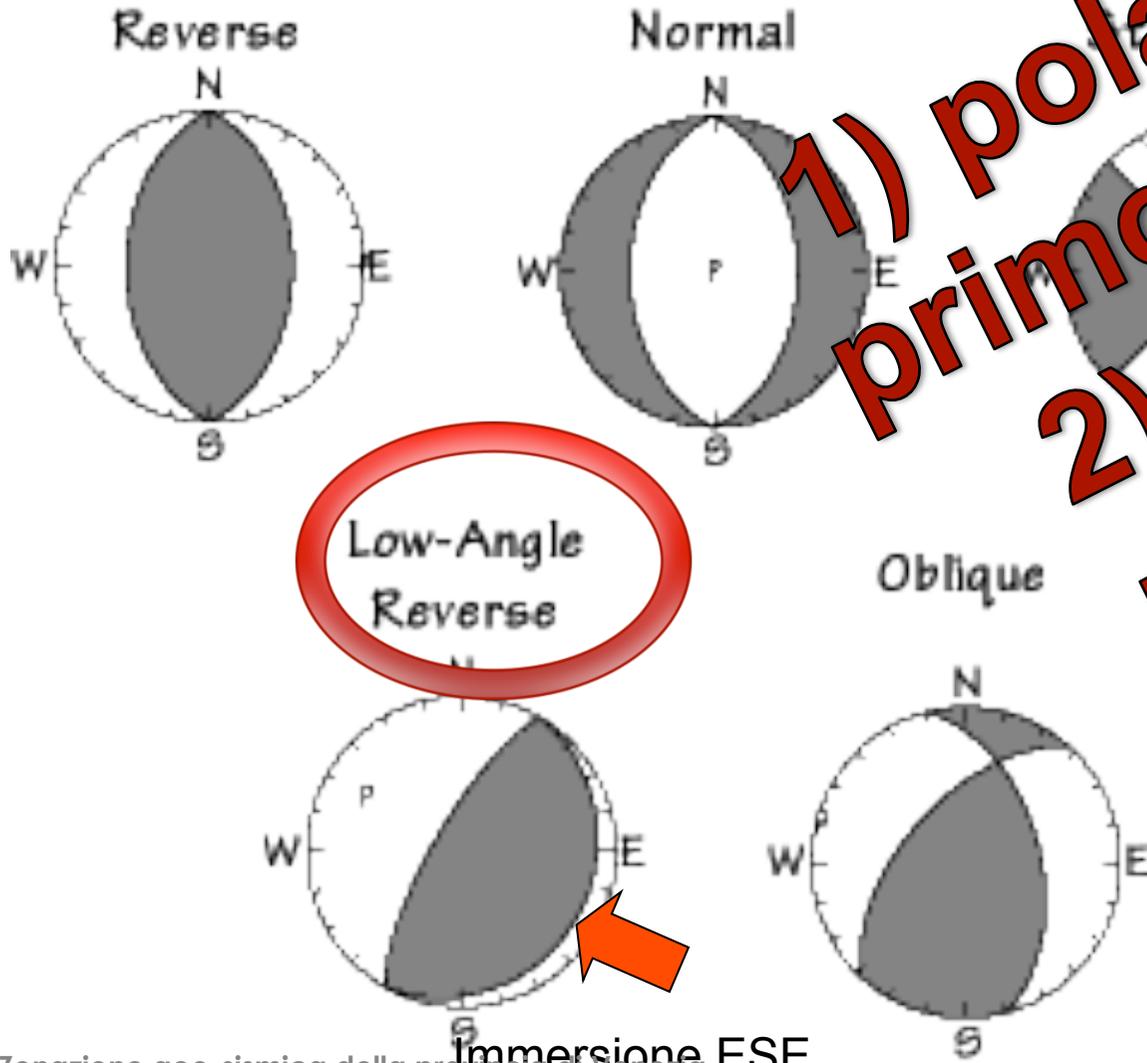
M 3,0 \approx 60.000 m²
(small, percepibile)

M -2,0 \approx 1 m²

(pico, misurabili solo all' interno di
giacimenti e miniere)



Meccanismi focali



1) polarità del primo impulso

2) tensore momento

- ✓ Semplificazione sistema di forze doppia coppia
- ✓ Irrisolto piano di rottura rispetto all'ausiliario

rts.crs.inogs.it (for seismologists)



Centro Ricerche Sismologiche Realtime Seismology



HOME SEISMOGRAMS NETWORK FOR SEISMOLOGISTS CONTACTS

543 Follow

You are in [For seismologists](#) >> [Moment tensors](#)

Moment tensors

Moment tensors are computed for earthquakes $M_I \geq 3.6$ occurring in NE-Italy and its surrounding. Automated solutions (AUTO) are preliminary and can be uncorrect. Solutions are updated (REVISED) as more data become available. OGS does not assume any responsibility from a improper use of the information therein represented.

Please acknowledge the source when using the moment tensor published in this website.

Sarao A. and CRS staff (2013). In the catalogue of moment tensor solutions of earthquakes occurred in NE-Italy and its surroundings since 2009.

2009	2010	2011	2012	2013	2014
------	------	------	------	------	------

Total earthquakes: 14

[export in csv](#)

[export in kml](#)

Event Id	Date	Lat	Lon	Location	M _I	M _w	MT	MT along depth
80380	2014-04-27 08:58:27	45.6510	14.2440	3 km N di Knezak (SLOVENIA)	4.7	4.4	revised	revised

◀ | ◀ | pg 1/1 | ▶ | ▶

Con tensore momento si
investiga anche la
componente volumetrica
(es. fluidi)

Relazione frequenza-magnitudo Gutenberg-Richter

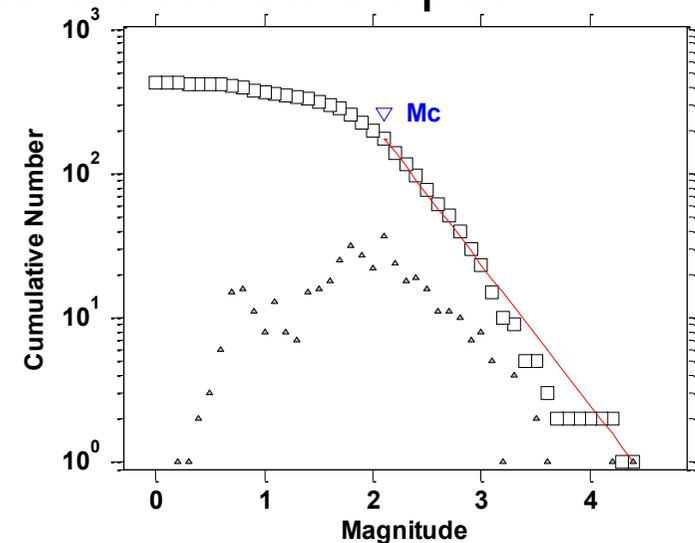


$$\text{Log}_{10}N(M) = a - bM$$

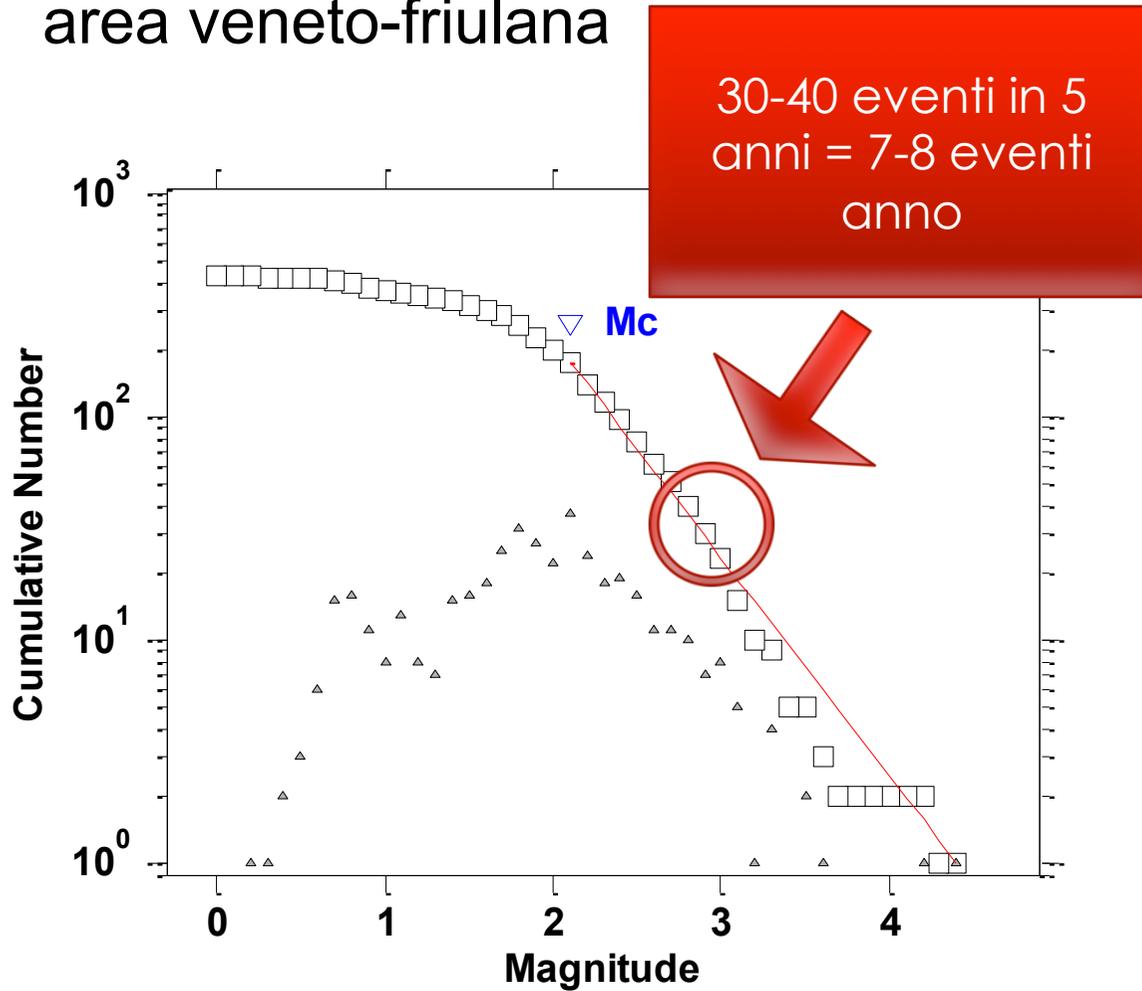
N(M) è il numero di eventi con magnitudo superiore ad M,
a dipendente dall'attività sismica,

b definisce il **rapporto di frequenza** dei terremoti per
diverse magnitudo.

Il ginocchio della curva definisce
il **livello di completezza**
di rilevazione della rete
b~1 alla scala globale



Bollettini OGS 2008-2012 area veneto-friulana



Maximum Likelihood Solution
b-value = 0.975 +/- 0.07, a value = 4.29, a value (annual) = 3.59
Magnitude of Completeness = 2.1

La capacità di
detezione di una
rete sismica è
legata alla densità
e sensibilità degli
strumenti; la
completezza può
variare nello spazio
e nel tempo anche
per motivi
occasional
(malfunzionamenti,
aumento del
rumore di fondo ...)

Palazzi, 2013

Se i terremoti fossero auto, a un incrocio

Magnitudo	Avvenuti in Veneto
M > 2.8 – 3.0 Sopra soglia percezione	~ 250 eventi dal 1977 al 2011 (circa 7 terremoti/anno)
M > 4.2 - 4.5 Sopra soglia danno	
M > 5.5 - 5.7 Sopra soglia distruzione	



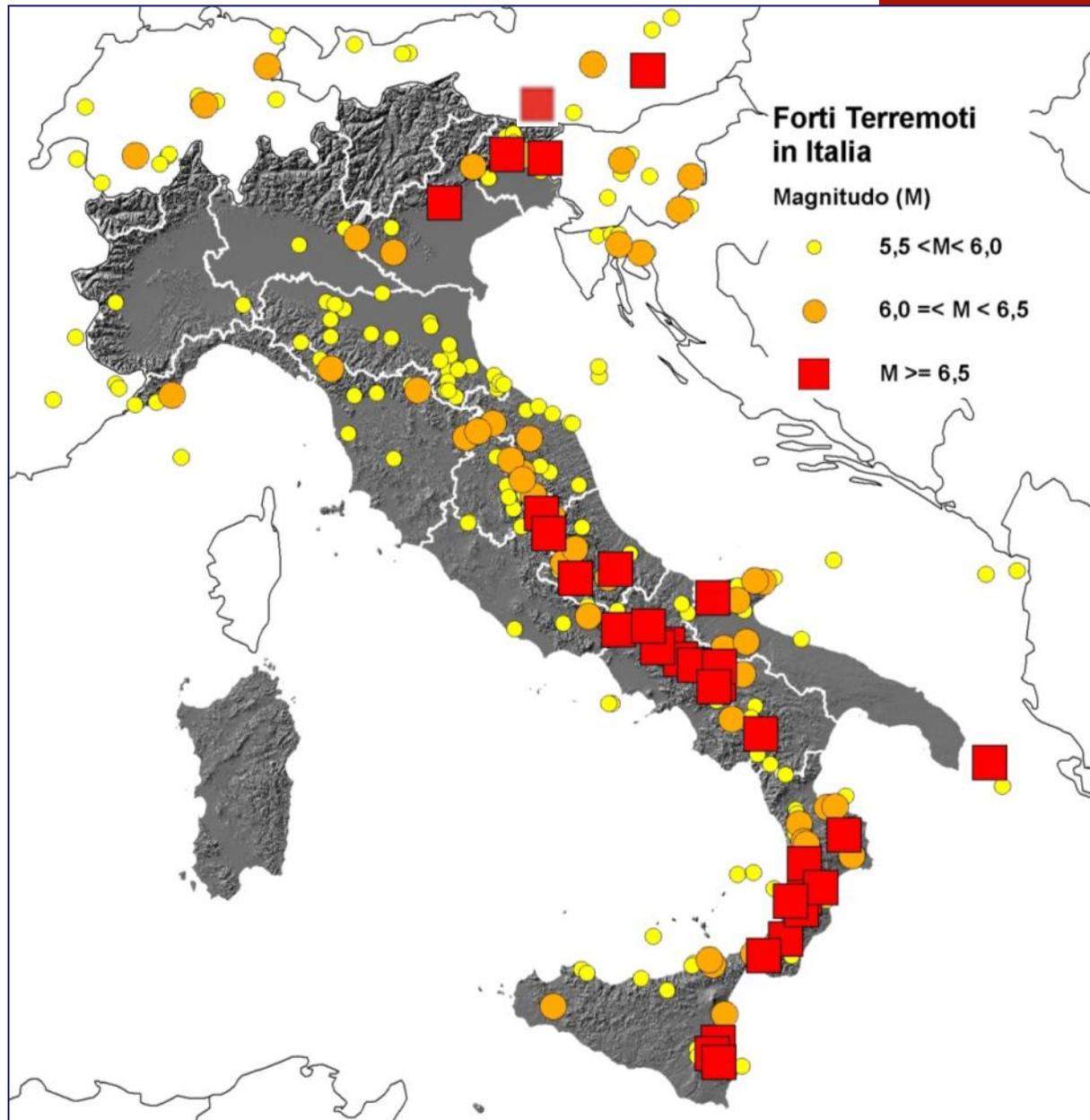
Fondamentali della sismologia

- ✓ Scale di misurazione dei terremoti
- ✓ Dimensioni della sorgente ed energia coinvolta
- ✓ Frequenza-magnitudo

che sorgenti sono rilevanti per la provincia di Venezia?

- ✓ cosa ci dice la storia sismica
- ✓ cosa ci può dire la geologia locale (relatori successivi)

I forti terremoti del passato



Zonazione geo-sismica della provincia di Venezia

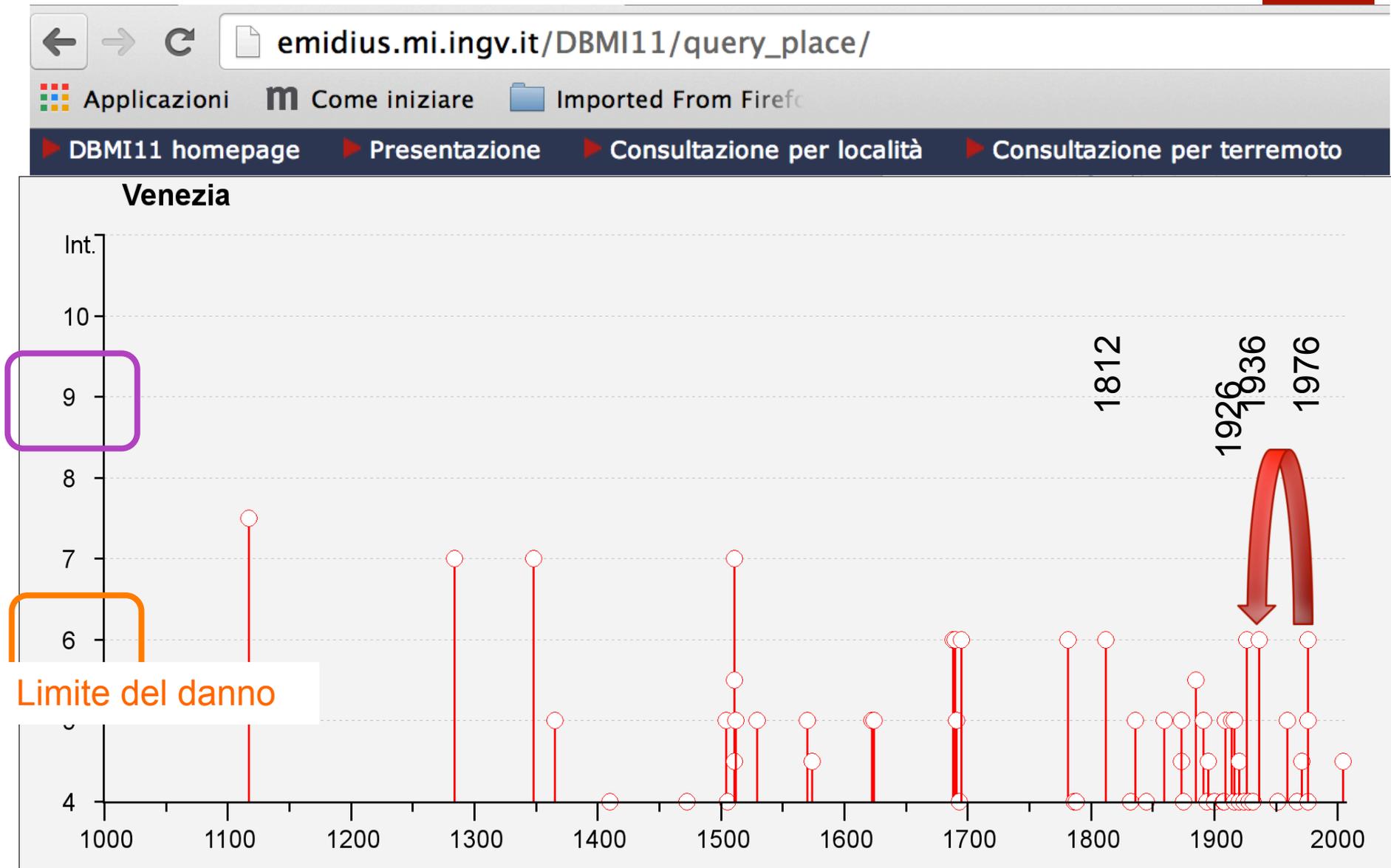
CPTI Catalogo
Parametrico dei
Terremoti Italiani
emidius.mi.ingv.it/CPTI11

in 1000 anni
circa 3000 terremoti
sopra la soglia del danno

La grandezza e colore del simbolo è proporzionale alla magnitudo

La magnitudo rappresenta l'energia rilasciata dove il terremoto si genera

Storia sismica di una località



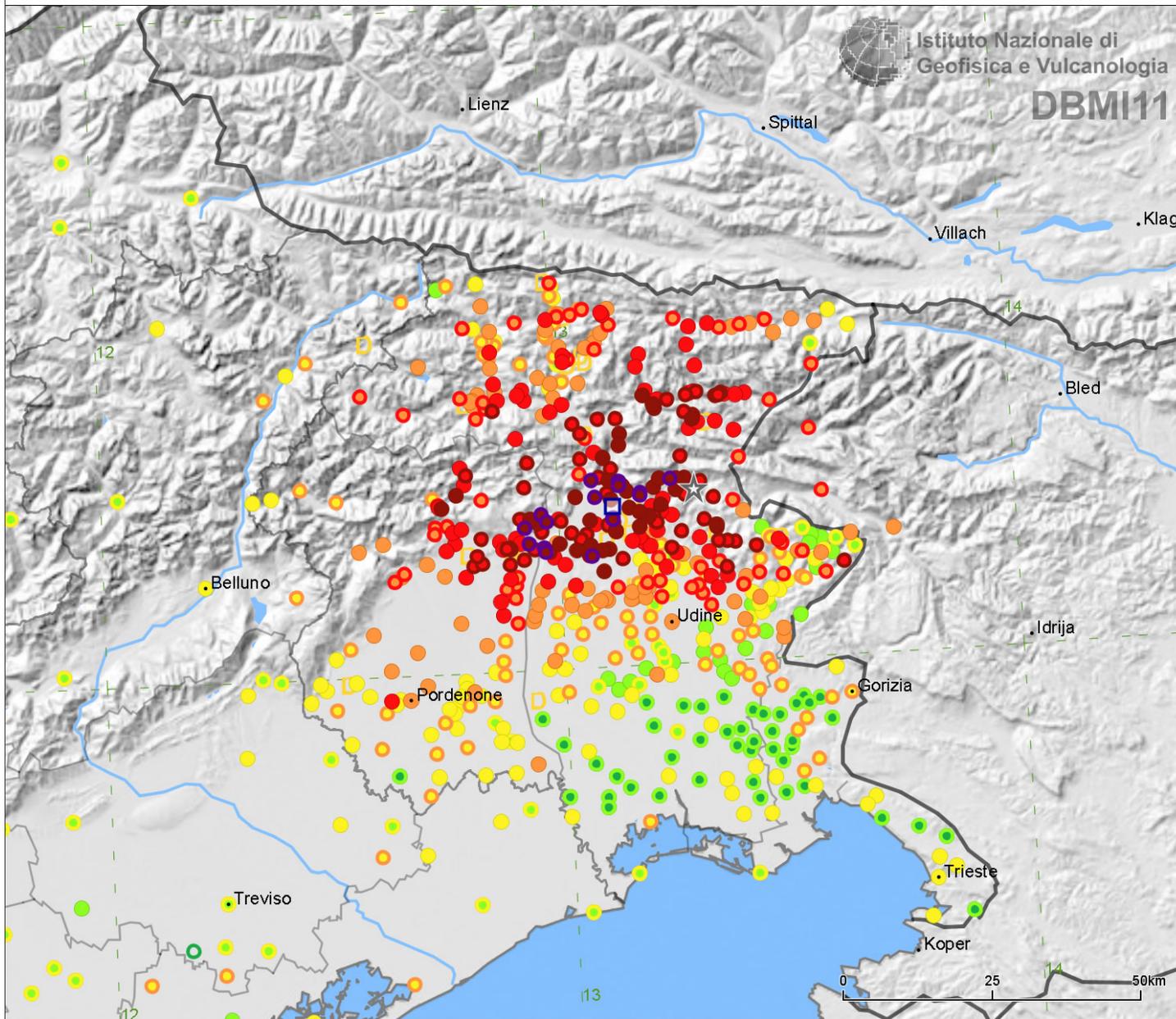
Zonazione geo-sismica della provincia di Venezia

Terremoto del 6 maggio 1976 20:00:12, Friuli
 Studio macrosismico Arch.Mac.GNDT, 1995 [Np 770, I_{max} 9-10]

Epicentro CPTI11 □ Mw 6.46 ±0.09
 macrosismico □ Mw 6.44 ±0.09
 strumentale ★ Mw 6.46 ±0.09



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
DBMI11



6 maggio 1976

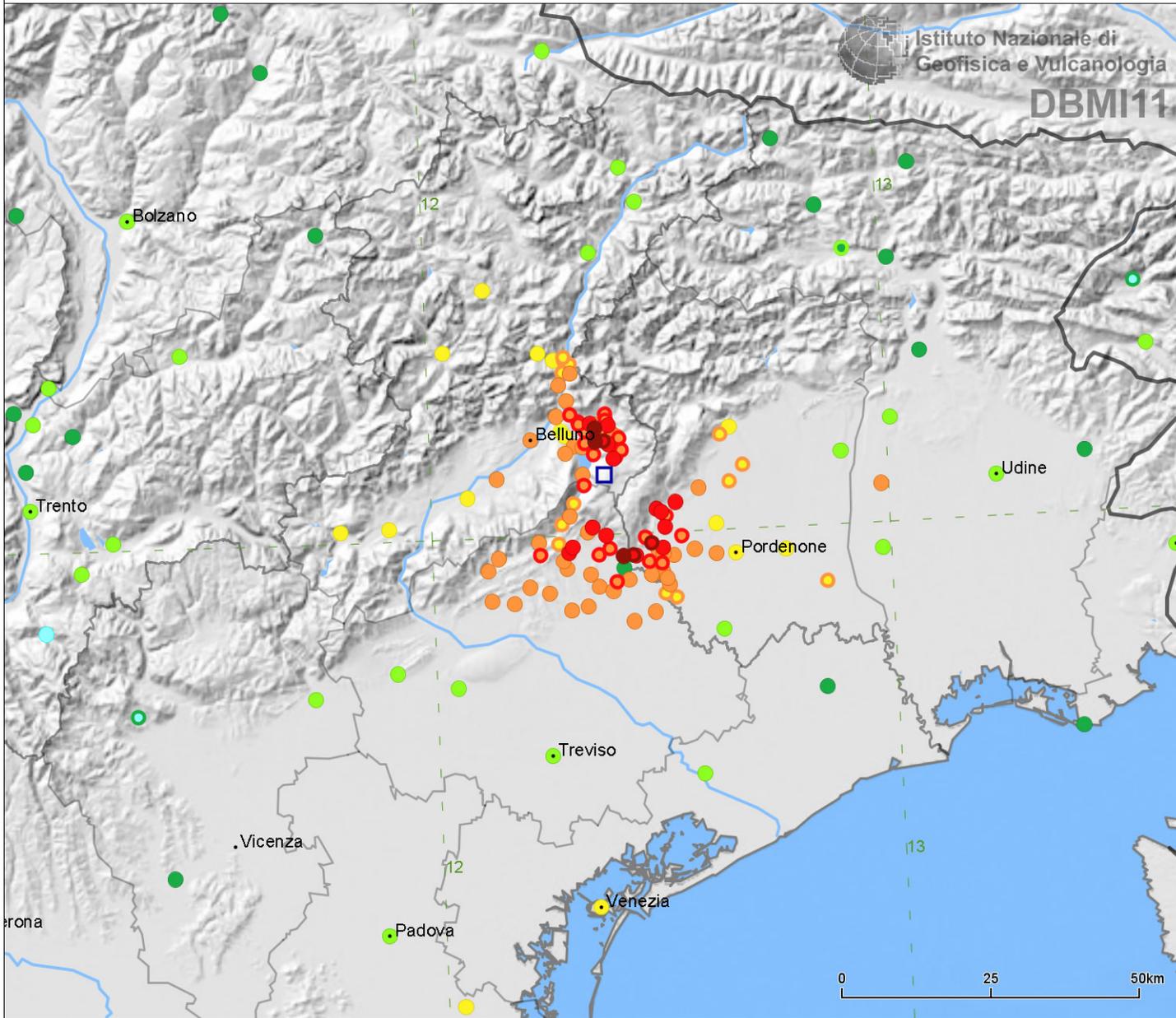
Mw= 6.4
 Circa 1000
 vittime

Conegliano
 Stazione CNG
 76/5/6 PGA 0.07 g
 76/9/15 0.03 g

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Int.	2-3	3-4	F	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11

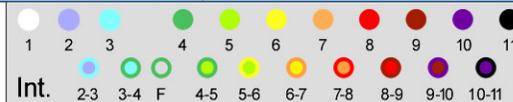
Terremoto del 18 ottobre 1936 03:10:12, BOSCO CANSIGLIO
Studio macrosismico Barbano et al., 1986 [Np 267, Imax 9]

Epicentro CPT111 □ Mw 6.12 ±0.09
macrosismico □ Mw 6.14 ±0.09
strumentale ☆ Mw 5.81 ±0.37



18 ottobre
1936

Mw = 5.8
Circa 20 vittime



Terremoto del 18 ottobre 1936 03:10:12, BOSCO CANSIGLIO
Studio macrosismico Barbano et al., 1986 [Np 267, Imax 9]

Epicentro CPT11 □ Mw 6.12 ±0.09
macrosismico □ Mw 6.14 ±0.09
strumentale ☆ Mw 5.81 ±0.37

18 ottobre 1936

Mw = 5.8



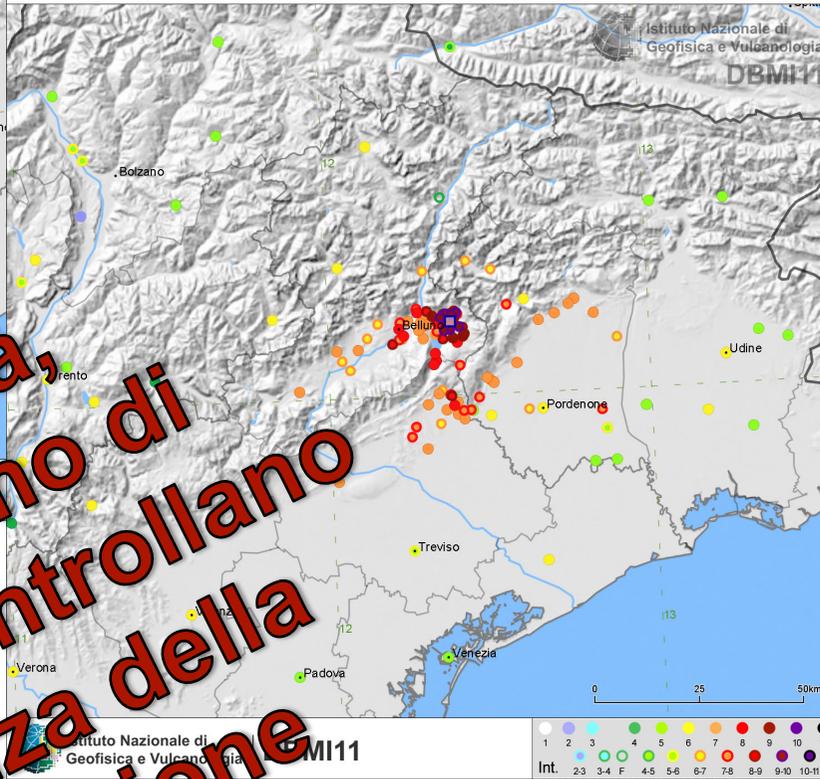
Terremoto del 29 giugno 1873 03:58--:, Bellunese
Studio macrosismico Guidoboni et al., 2007 [Np 199, Imax 9-10]

Epicentro CPT11 □ Mw 6.32 ±0.11
macrosismico □ Mw 6.32 ±0.11

29 giugno 1873

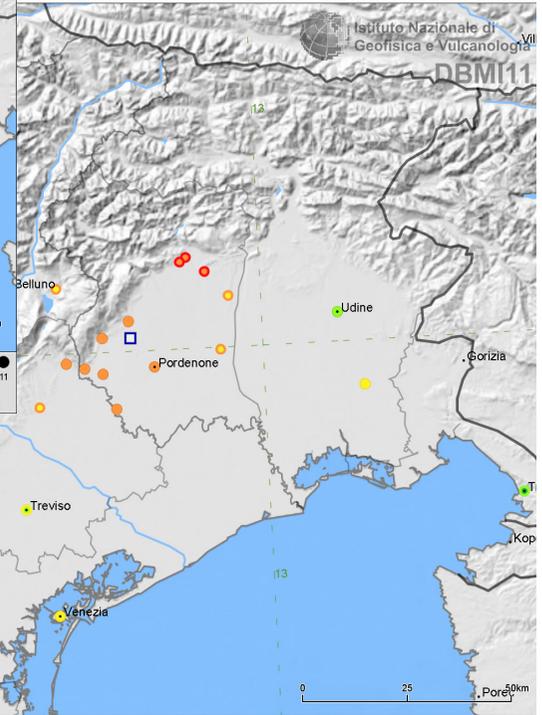
Mw = 6.3

Venezia V MCS



Terremoto del 25 ottobre 1812
Studio macrosismico [Np 34, Imax 7-8]

Epicentro CPT11 □ Mw 5.71 ±0.35
macrosismico □ Mw 5.71 ±0.35



**Profondità,
meccanismo di
sorgente controllano
l'efficienza della
propagazione della
sismica**

25 ottobre 1812

Mw = 5.7

Zonazione geo-sismica della provincia di Venezia

Terremoto del 1 gennaio 1926 18:04:06, Slovenia
Studio macrosismico Guidoboni et al., 2007 [Np 63, I_{max} 7-8]

Epicentro CPTI11
macrosismico □ Mw 5.85 ± 0.18
strumentale ☆ Mw 5.89 ± 0.20
☆ Mw 5.72 ± 0.37



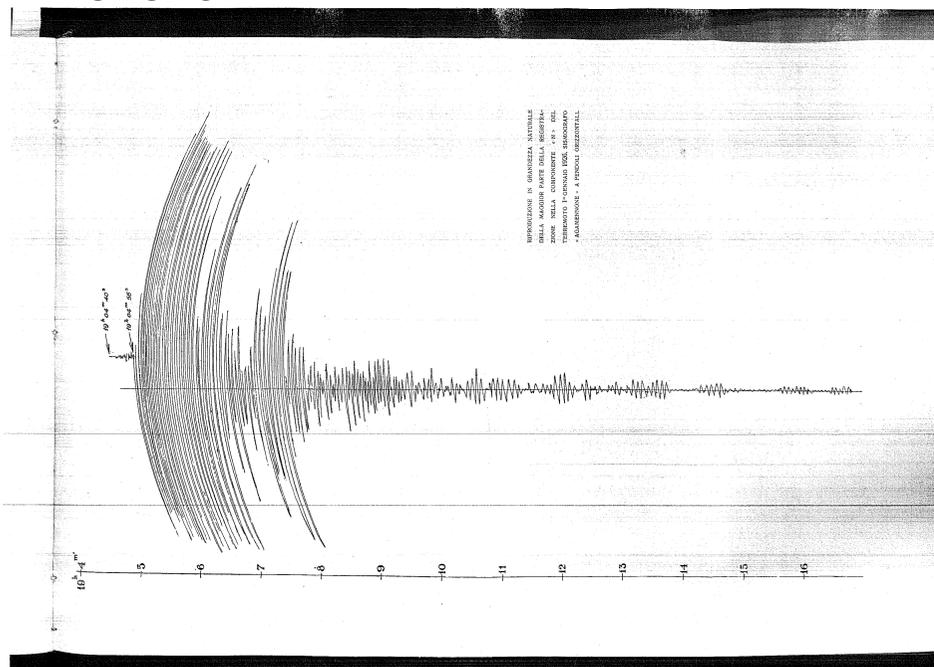
1 gennaio 1926

Mw = 5.7

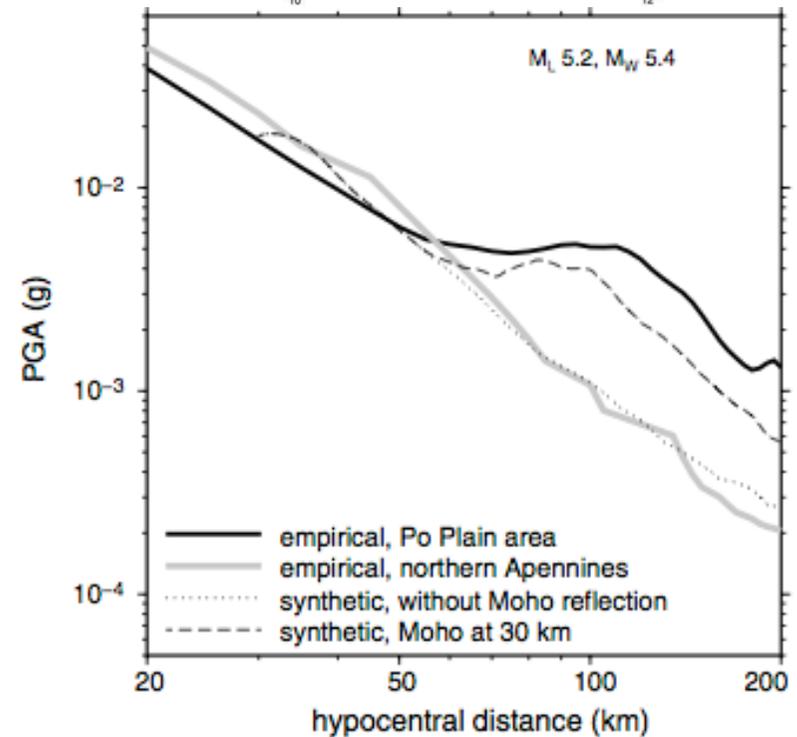
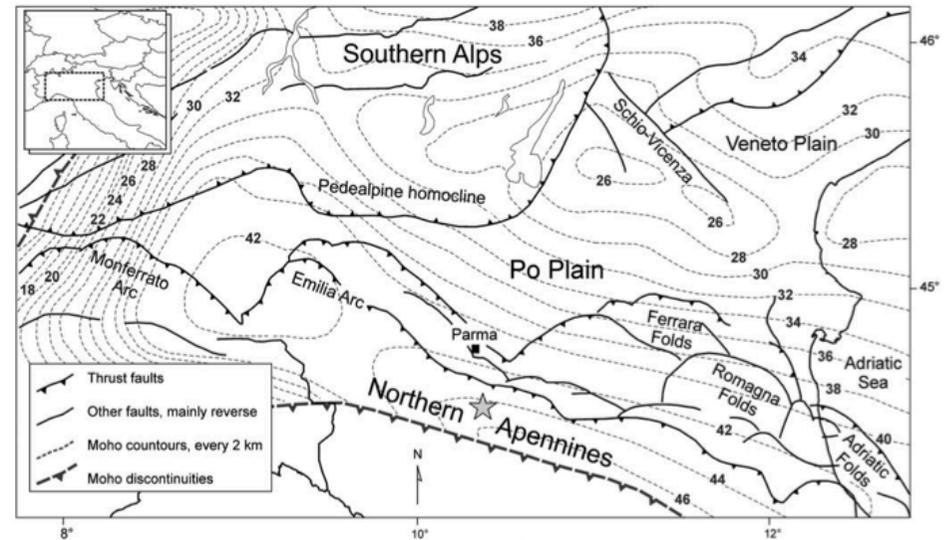
Energia << 1976
Distanza > 1976
Simile effetto a VE

Effetti di propagazione profonda sulla Moho

Sismogramma 1926 Seminario Vescovile di Venezia

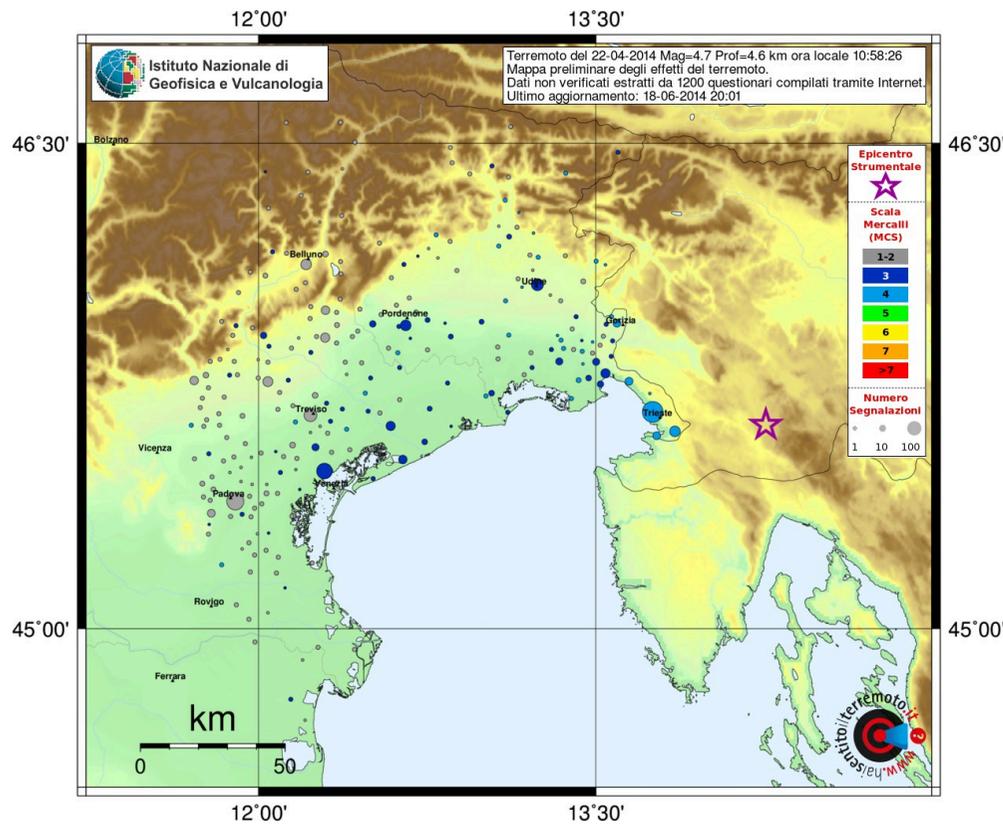


Zonazione geo-sismica della provincia di Venezia



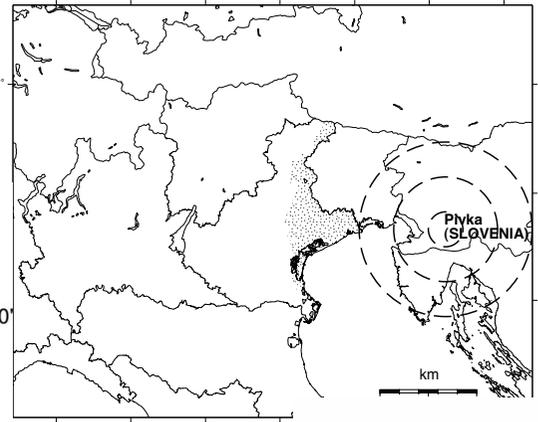
Bragato et al., 2011

Effetti di propagazione profonda sulla Moho



Zonazione geo-sismica della provincia di Venezia

Centro Funzionale Decentrato
SEGNALAZIONE DI TERREMOTO
Evento n. 80380
del 22/04/2014 ore 10:58:28
Fax n.80380_1
Prima Segnalazione



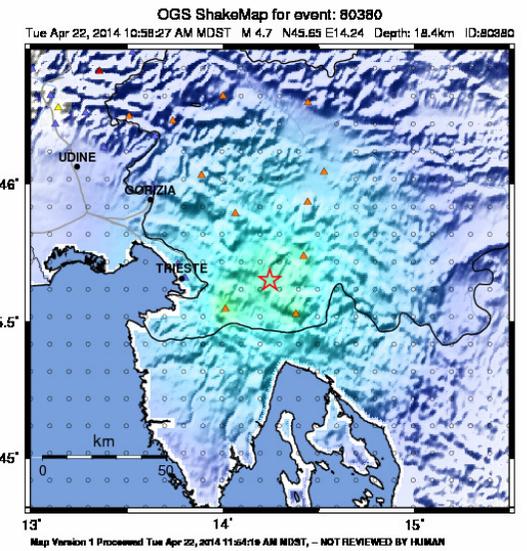
Data: 22/04/2014
Ora: 10:58:28 locale
Area: 2km SE di Pivka (SLOVENIA)

AVVERTENZA: localizzazione i dati soggetti a revisione da par

ra responsabile elaborazione avviso:
az. Oceanografia e Geofisica Sperimentale-OGS, Dip. 3432522433/22 Fax 0432522474 Reperibile 3358447151
alazione pubblicata sul sito <http://www.crs.inogs.it>

O FUNZIONALE DECENTRATO
Operativa Tel. 0412794012 Fax 041 2794016/19 - centr
alazione pubblicata sul sito <http://www.regione.veneto/>

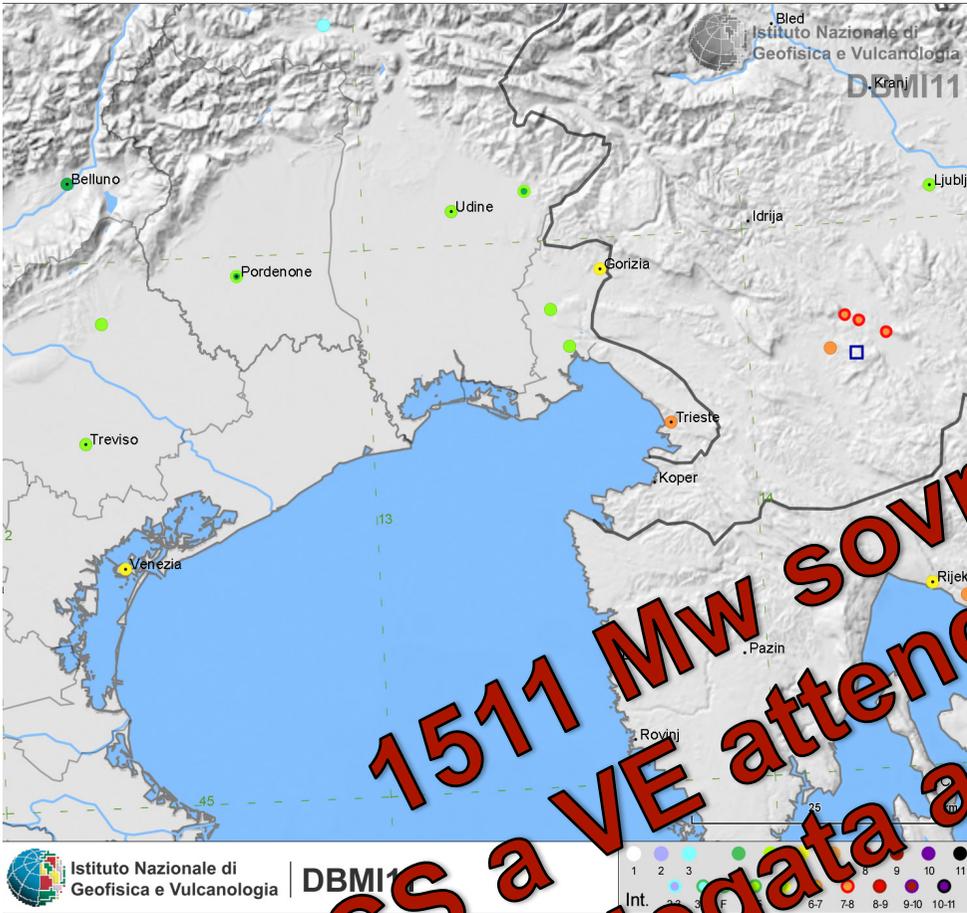
22 aprile 2014
Mw = 4.7



PERCEZIONE	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. (mg)	<.17	.17-.18	1.8-3.8	3.8-6.2	6.2-10	18-34	34-85	85-124	>124
PEAK VEL. (mm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-18	18-31	31-60	60-110	>110
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Terremoto del 1 gennaio 1926 18:04:06, Slovenia
Studio macrosismico Guidoboni et al., 2007 [Np 63, lmax 7-8]

Epicentro CPT111 $M_w 5.85 \pm 0.18$
macrosismico $M_w 5.89 \pm 0.20$
strumentale $M_w 5.72 \pm 0.37$



1511 Mw sovrastimata?
VII MCS a VE attendibile con i geologi
sorgente legata a strutture dinariche

26 marzo 1511

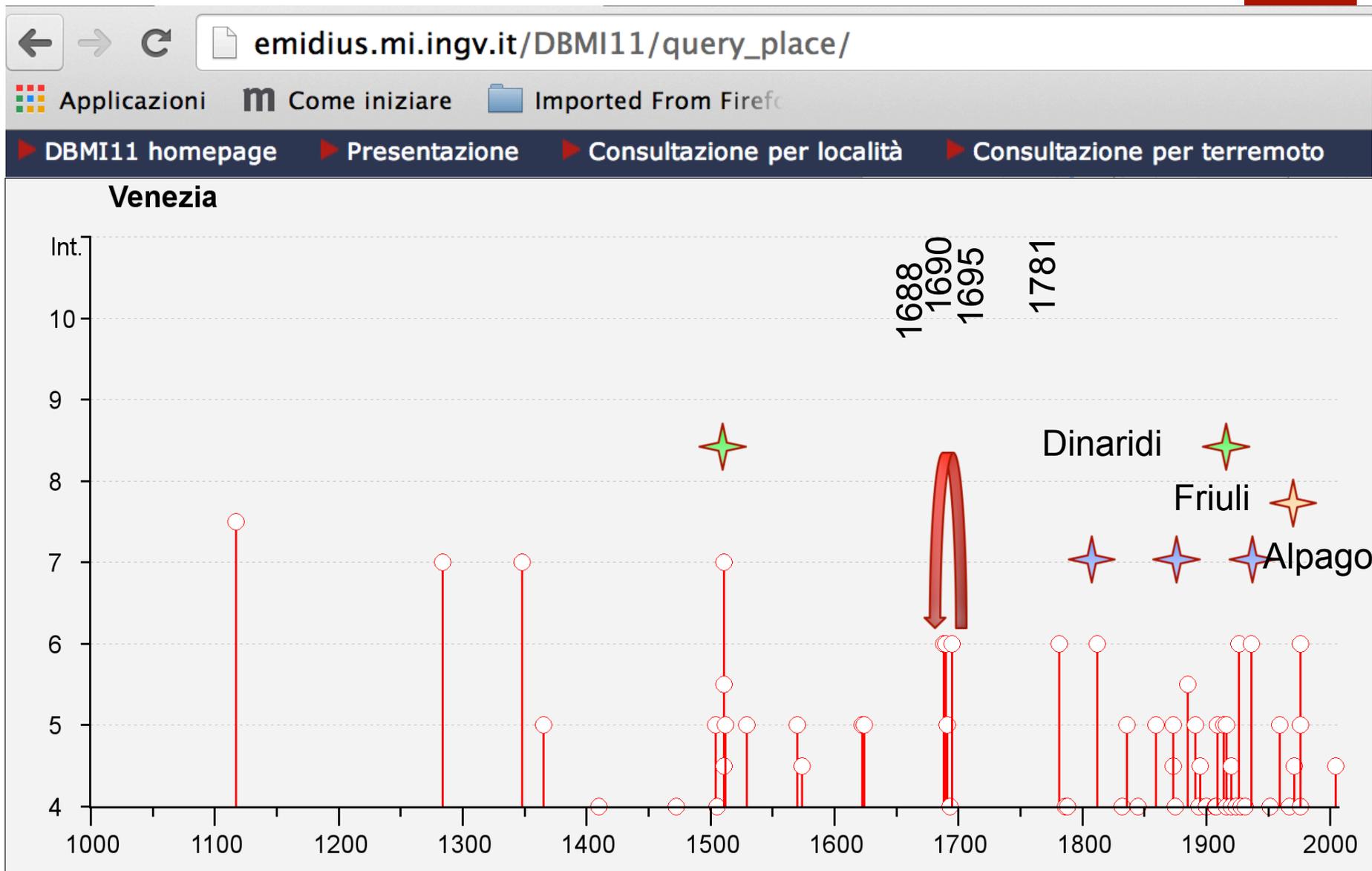
Mw= 7.0

1 gennaio 1926

Mw = 5.7



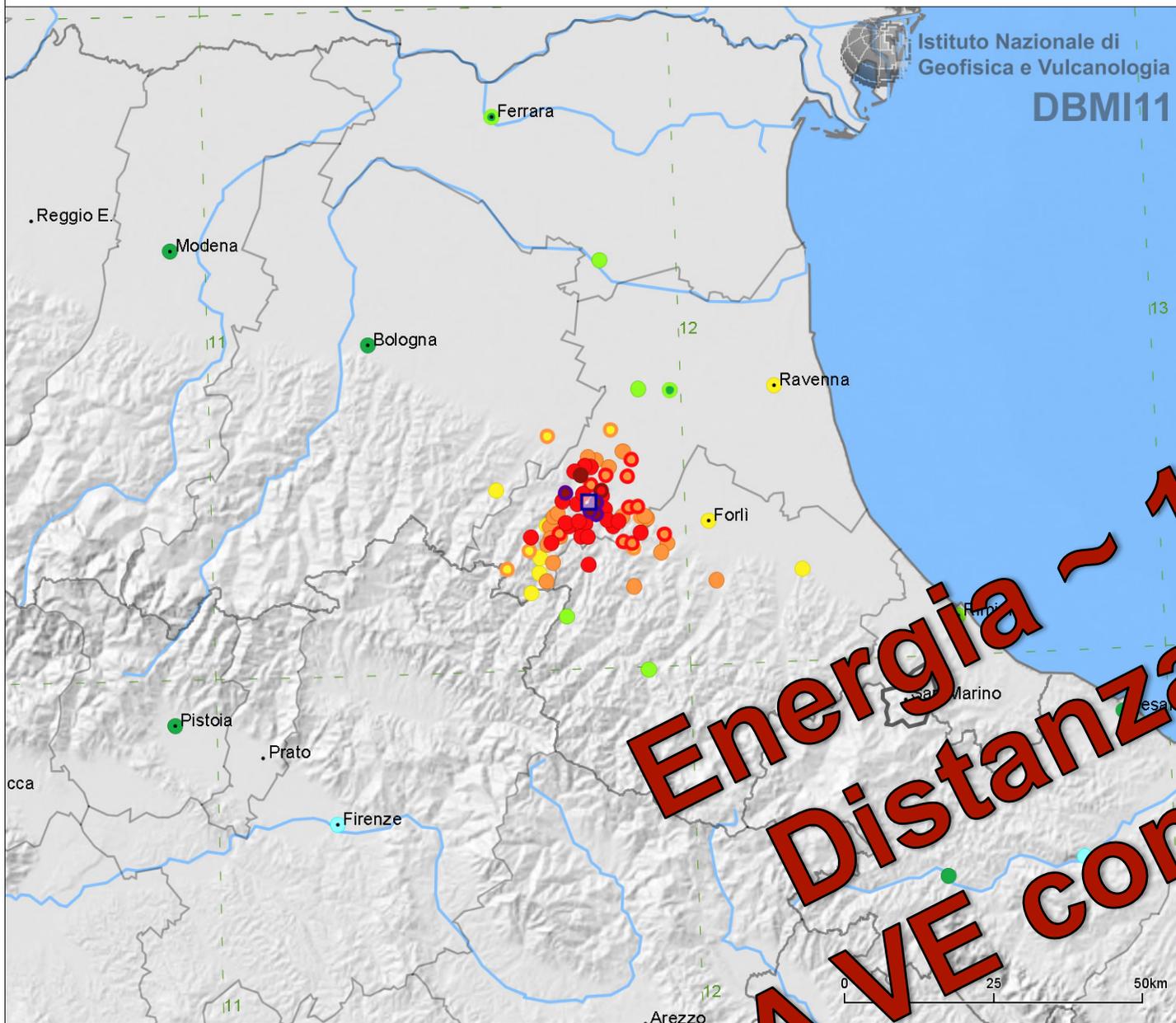
Storia sismica di una località



Zonazione geo-sismica della provincia di Venezia

Terremoto del 4 aprile 1781 21:20:-- , Romagna
Studio macrosismico Guidoboni et al., 2007 [Np 96, I_{max} 9-10]

Epicentro CPTI11 ■ Mw 5.94 ± 0.17
macrosismico Mw 5.94 ± 0.17



Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
DBMI11

4 aprile 1781

Mw = 5.9

Energia ~ 1936
Distanza 2X
A VE come 1976



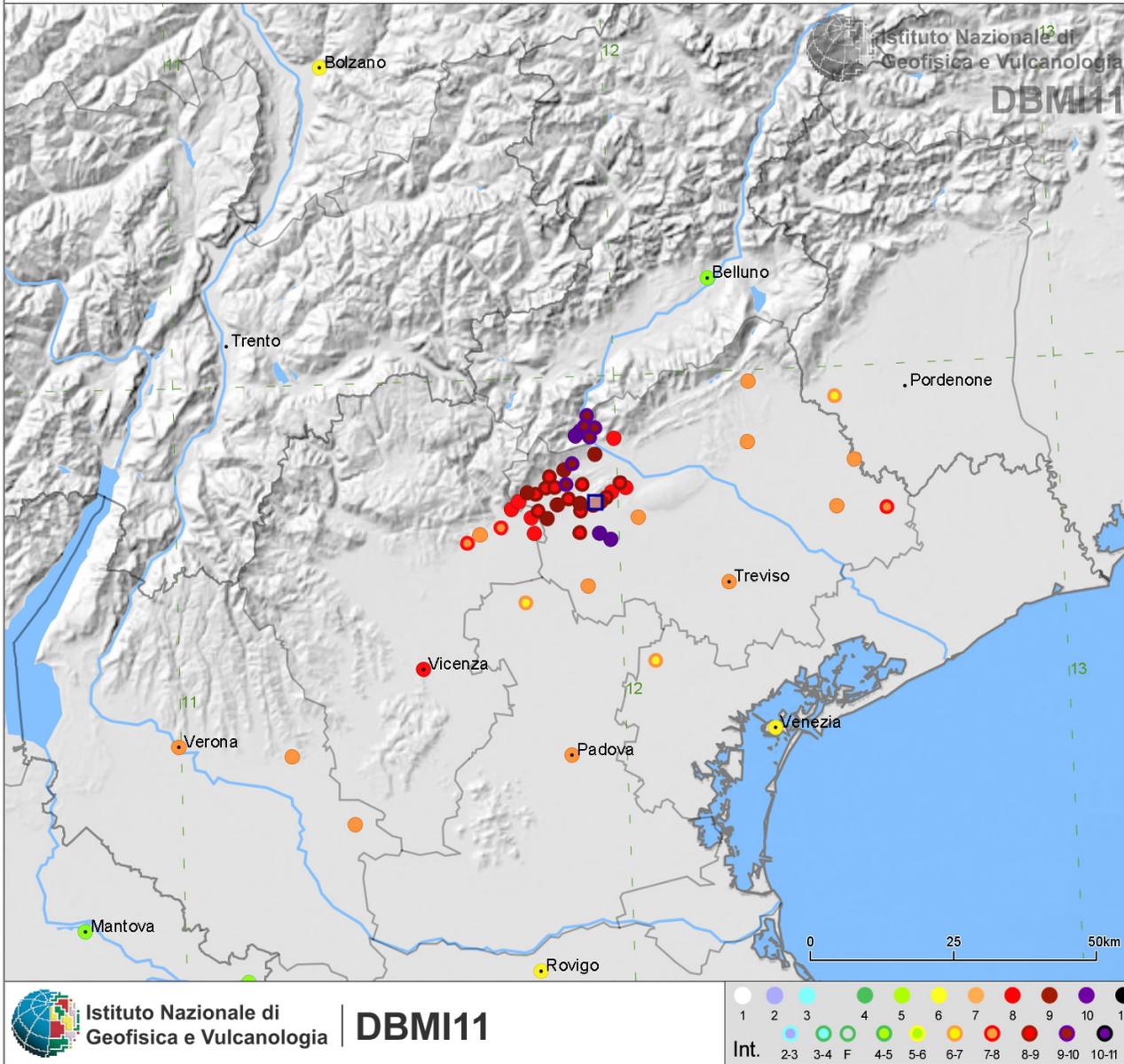
Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia

DBMI11



Terremoto del 25 febbraio 1695 05:30:-- , Asolano
 Studio macrosismico Guidoboni et al., 2007 [Np 82, lmax 10]

Epicentro CPTI11 ■ Mw 6.48 ±0.18
 macrosismico ■ Mw 6.48 ±0.18



25 febbraio 1695

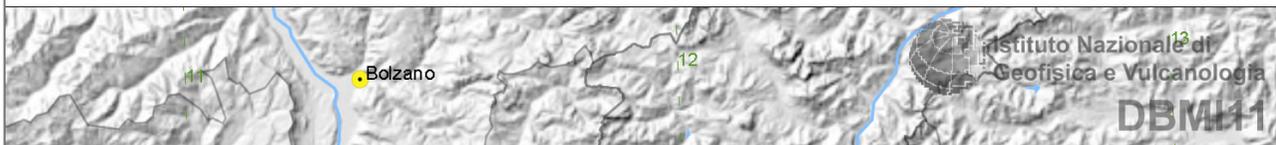
Il 25 febbraio 1695, preceduto da una serie di scosse minori, un forte terremoto colpì la pedemontana veneta e provocò danni in una vasta area dell'alto trevigiano. I danni più gravi si ebbero ad Asolo e in una cinquantina di centri minori dei dintorni. Le vittime furono alcune centinaia, di cui una cinquantina solo ad Asolo. Il terremoto fu forte in un'area molto vasta dell'Italia Settentrionale e in Pianura Padana.



Zonazione geo-sismica della provincia di Venezia

Terremoto del 25 febbraio 1695 05:30:--, Asolano
 Studio macrosismico Guidoboni et al., 2007 [Np 82, I_{max} 10]

Epicentro CPTI11 ■ Mw 6.48 ± 0.18
 macrosismico ■ Mw 6.48 ± 0.18



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 DBMI11

Data	Ax	Np	Io	Mw
1691 09 20	MADONINA RIPALTA		0	4.72 ± 0.34
1692 10 23 20:10	Fano	2	5	4.30 ± 0.34
1693 01 08 22:15	Calabria settentrionale	8	8	5.67 ± 0.69
1693 01 09 21:00	Val di Noto	30	8-9	6.21 ± 0.31
1693 01 11 08:00	Val di Noto	8		
1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	185	11	7.41 ± 0.15
1693 02 23	Modica	1	6	4.72 ± 0.34
1693 02 24 03:45	Alta Valtiberina	2	6-7	4.93 ± 0.34
1693 03 24	Molise	5	6-7	5.26 ± 0.78
1693 04 01 07:50	Sicilia orientale	4		4.72 ± 0.34
1693 04 17 19:00	Val di Noto	4	5	4.30 ± 0.34
1693 05 12 13:20	Modica	2	6	4.72 ± 0.34
1693 05 27 05:00	Sicilia orientale	1		
1693 07 06 09:15	GOITO	13	7	5.22 ± 0.7
1693 07 08 17:50	Monti Iblei	7		4.9 ± 0.64
1694 04 08 10:15	Alta Valtiberina	7	7	5.14 ± 0.34
1694 05 16	Acireale	7	5-6	4.51 ± 0.34
1694 09 08 11:40	Irpinia-Basilicata	11	10	6.79 ± 0.1
1695 02 25 05:30	Asolano	82	10	6.48 ± 0.18
1695 02 28	FERRARA	1	5-	4.51 ± 0.34
1695 06 11 02:30	BAGNOREGIO	50	-2	4.67 ± 0.25
1695 09 11	Jenaz, Praetigau/GR	6	6	3.90 ± 0.50
1696 04 20 12:00	Modica	2	5-6	4.51 ± 0.34

25 febbraio 1695

Il 25 febbraio 1695, preceduto da una serie di scosse minori, un forte terremoto colpì la pedemontana veneta e provocò danni in una vasta area dell'alto trevigiano. I danni più gravi si ebbero ad Asolo e in una cinquantina di centri minori dei dintorni. Le vittime furono alcune centinaia, di cui una cinquantina solo ad Asolo. Il terremoto fu forte in un'area molto vasta dell'Italia Settentrionale e in Pianura Padana.

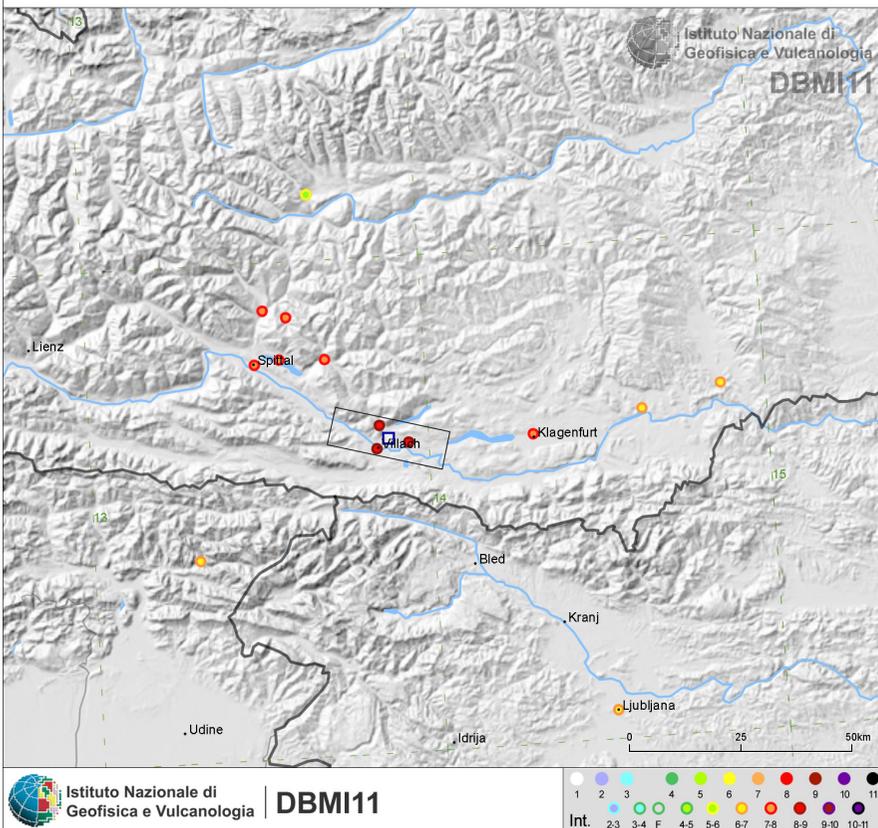


CPTI CATALOGO di eventi principali

Zonazione geo-sismica della provincia di Venezia

Terremoto del 4 dicembre 1690 14:--:-- , Carinzia
Studio macrosismico Guidoboni et al., 2007 [Np 60, Imax 8-9]

Epicentro CPTI11 □ Mw 6.54 ±0.23
macroscismico □ Mw 6.54 ±0.23



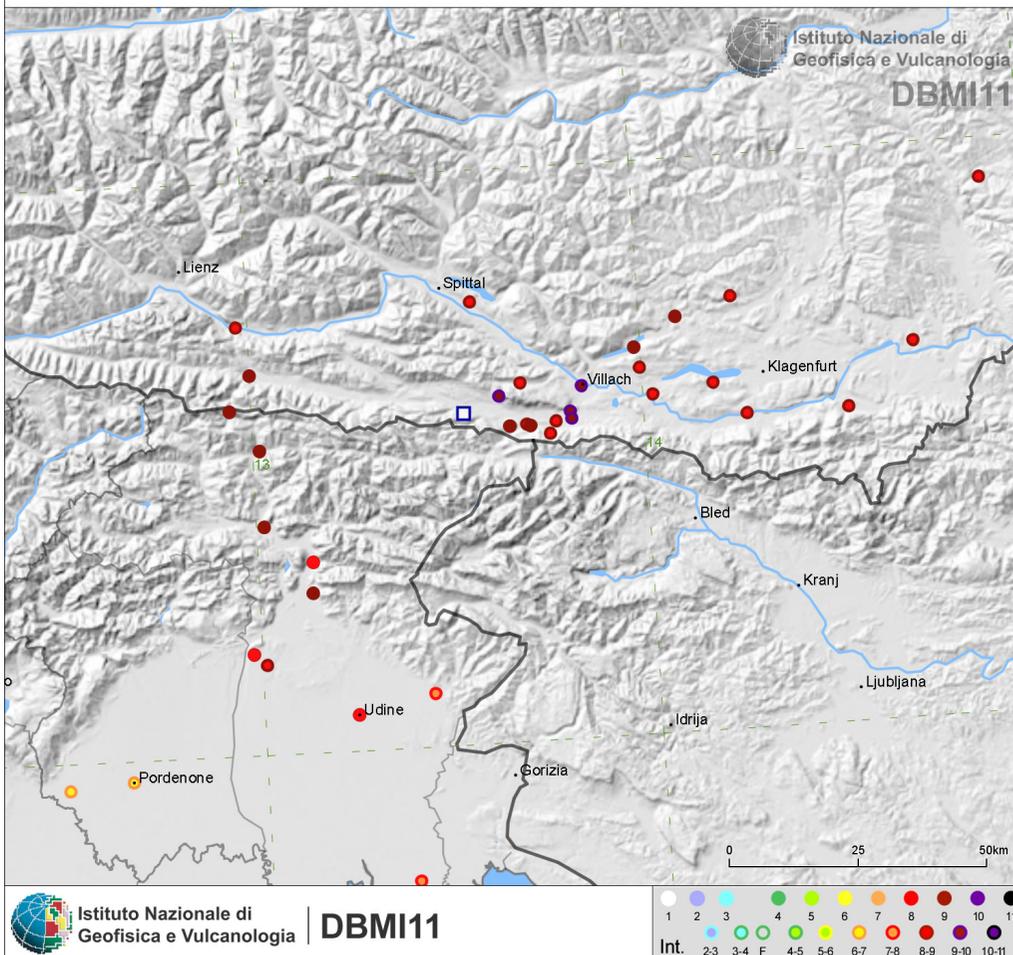
4 dicembre 1690

Mw = 6.5



Terremoto del 25 gennaio 1348 15:30:-- , Carinzia
Studio macrosismico Guidoboni et al., 2007 [Np 58, Imax 9-10]

Epicentro CPTI11 □ Mw 7.02 ±0.18
macroscismico □ Mw 7.02 ±0.18



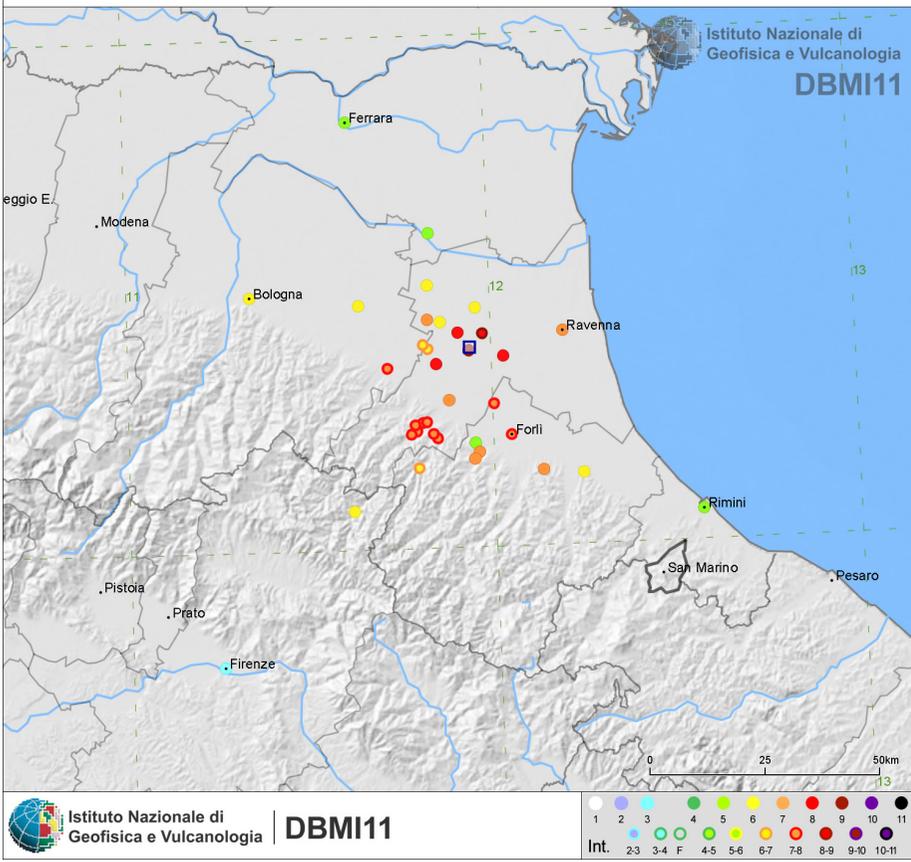
25 gennaio 1348

Mw = 7.0 ??

Zonazione geo-sismica della provincia di Venezia

Terremoto del 11 aprile 1688 12:20:-- , Romagna
 Studio macrosismico Guidoboni et al., 2007 [Np 39, Imax 9]

Epicentro CPTI11 $M_w 5.78 \pm 0.35$
 macrosismico $M_w 5.78 \pm 0.35$



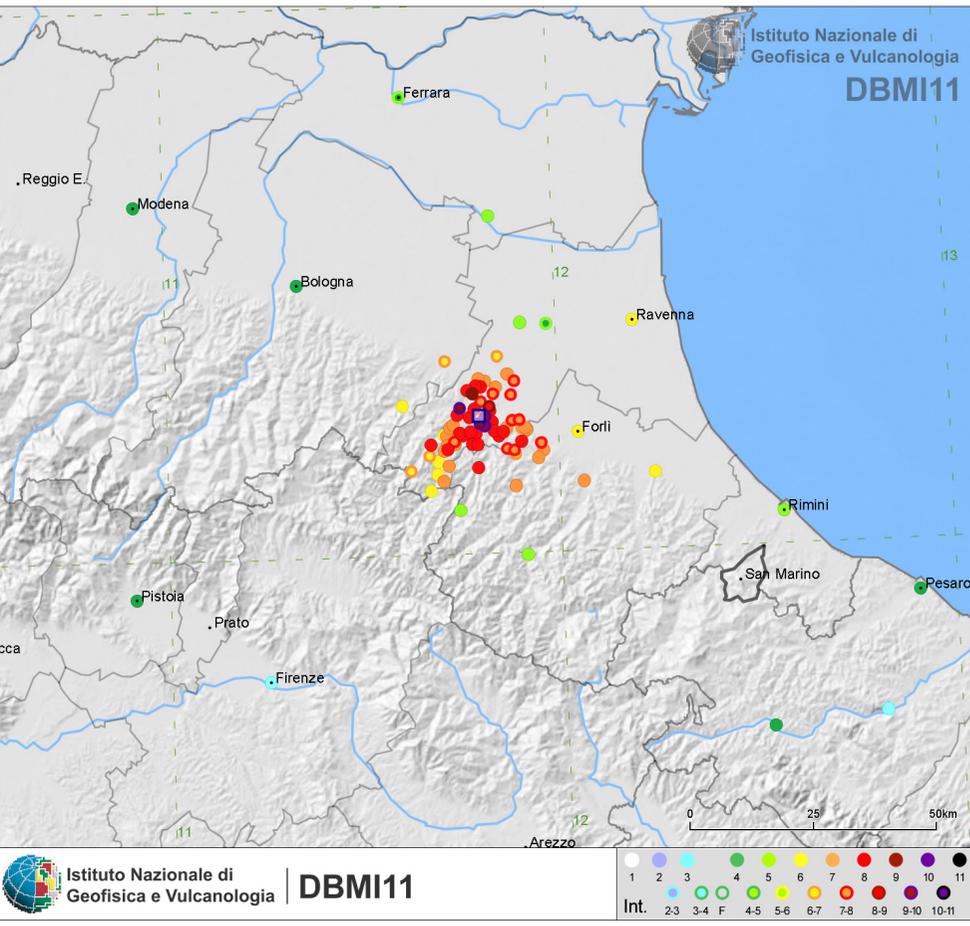
11 aprile 1688

Mw = 5.8



Terremoto del 4 aprile 1781 21:20:-- , Romagna
 Studio macrosismico Guidoboni et al., 2007 [Np 96, Imax 9-10]

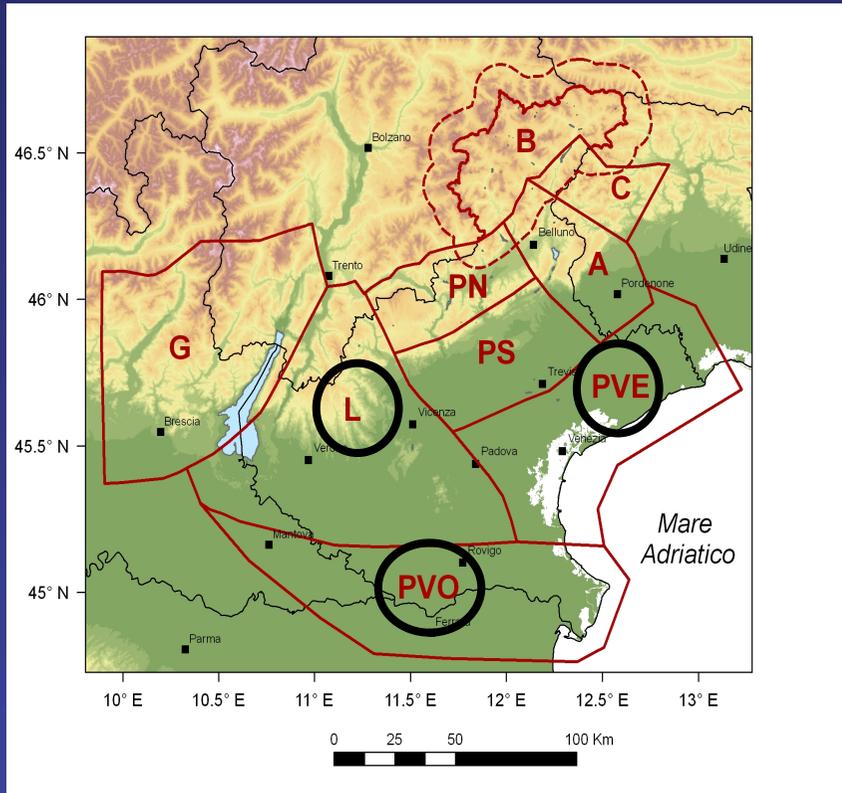
Epicentro CPTI11 $M_w 5.94 \pm 0.17$
 macrosismico $M_w 5.94 \pm 0.17$



4 aprile 1781

Mw = 5.9

Distretti sismici del Veneto, 2011



Identificati 9 distretti sismici

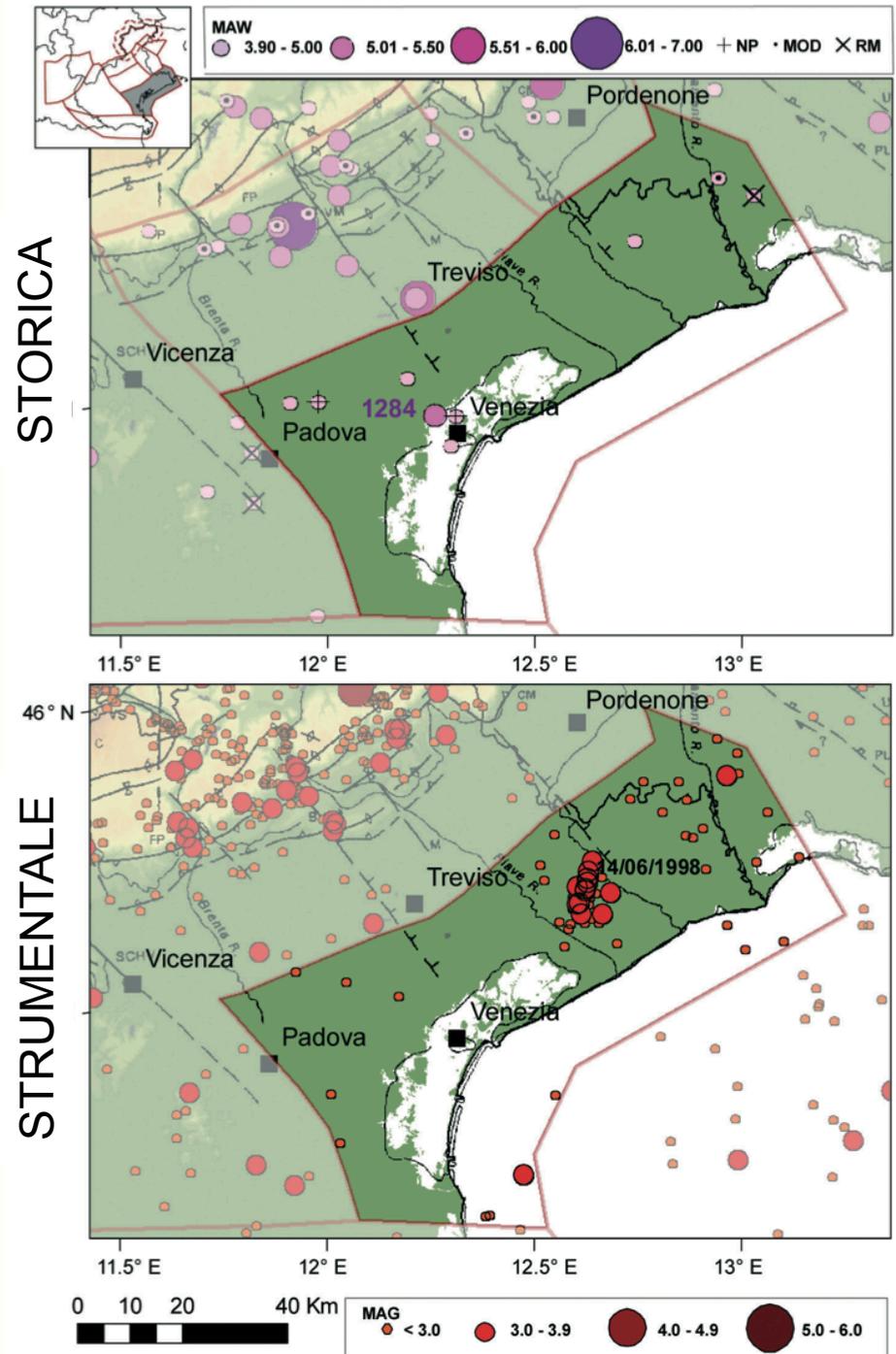
1. Giudicarie (G)
2. Lessini-Schio (L)
3. Pedemontana Sud (PS)
4. Pedemontana Nord (PN)
5. Alpi Cansiglio (A)
6. Claut (C)
7. Alto Bellunese – Dolomiti (B)
8. Pianura Veneta Est (PVE)
9. Pianura Veneta Ovest (PVO)

Breve presentazione delle caratteristiche dei distretti sismici del Veneto,
cosa è successo dopo la realizzazione del volume

4.8 Pianura Veneta Est

Unico evento storico con epicentro a Venezia ha due risentimenti, a Venezia e Parma

Sismicità recente al margine sepolto Piattaforma Friulana-Bacino Bellunese



Padova

S. Sofia



Scrovegni



Int.

10

9

8

7

6

5

4

1000

1100

1200

1300

1400

1500

1600

1700

1800

1900

2000

1117

1222

1268

1348

1511

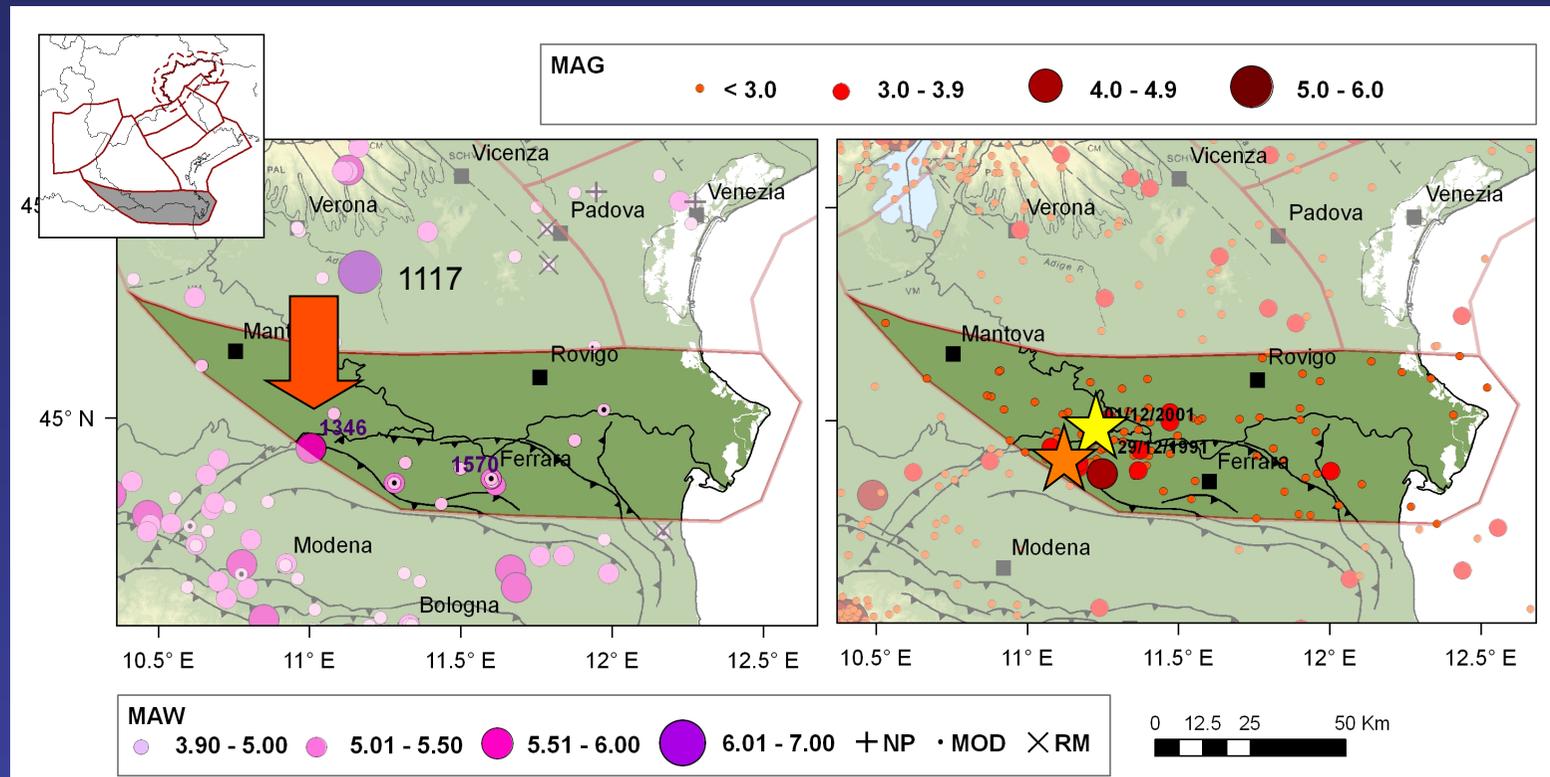
1695

1976

2012



4.9 Pianura Veneta Ovest

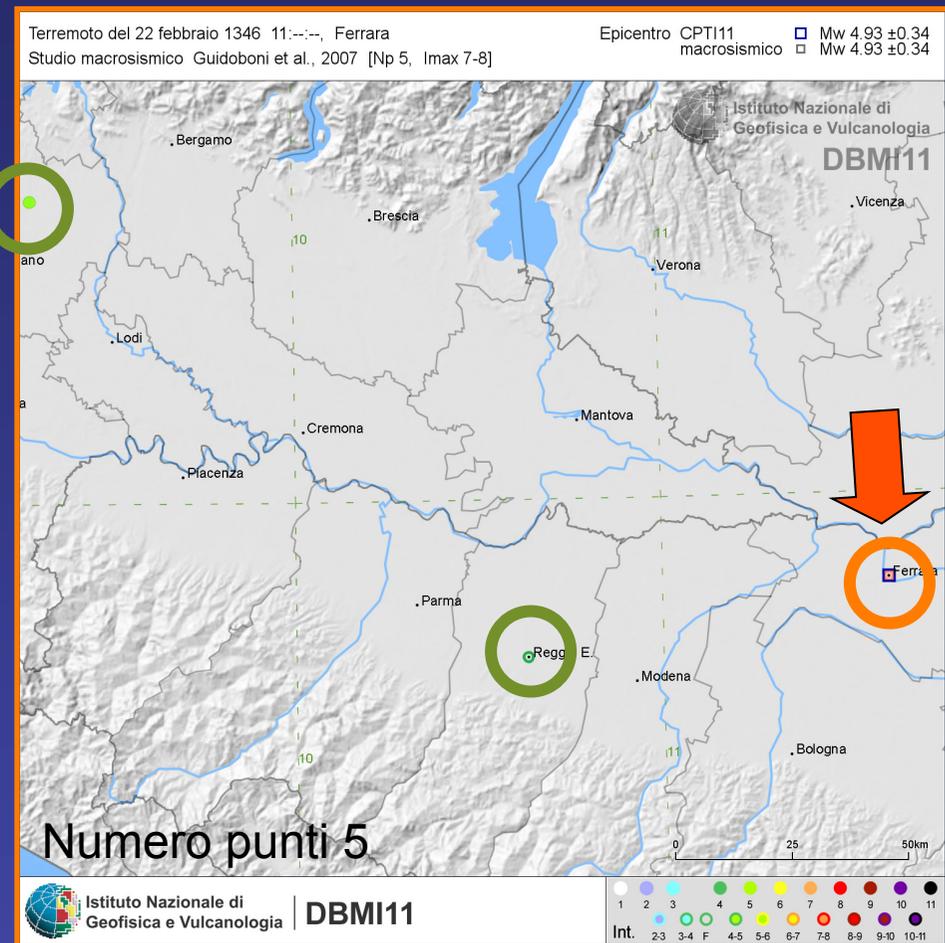
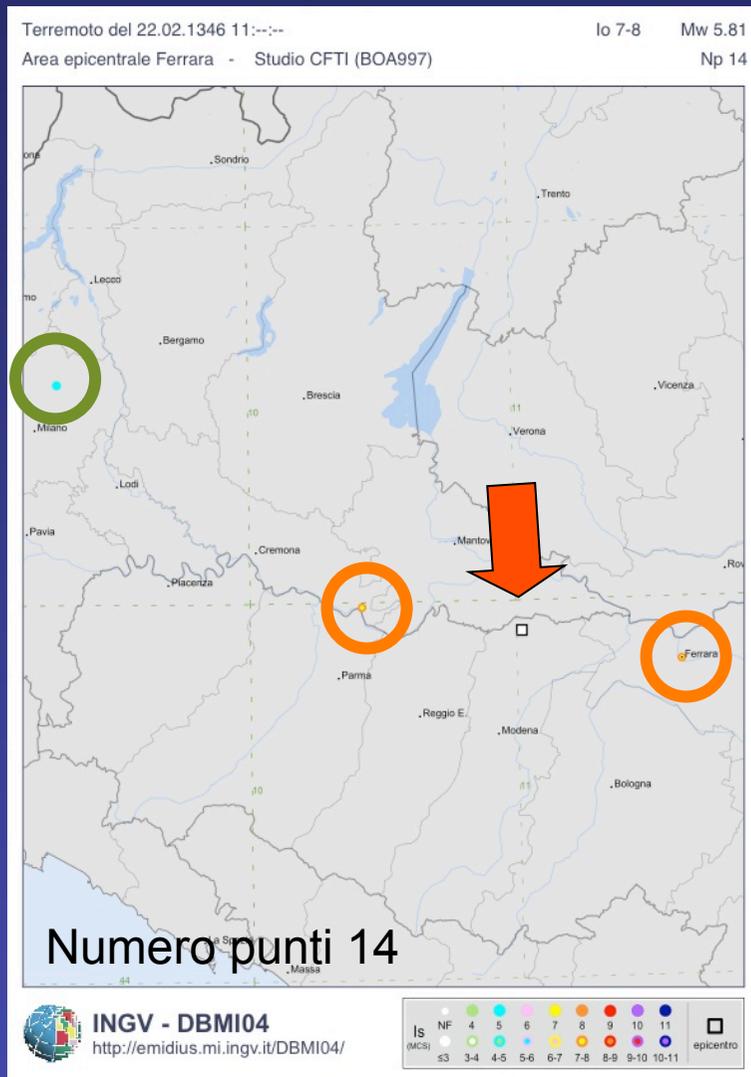


Il 17 luglio 2011, un terremoto ($M=4,7$) nella zona di Ficarolo ha spaventato la popolazione, seguito da una sequenza di piccoli eventi.

Nel maggio 2012 è iniziata una lunga serie di forti scosse in Emilia, culminate in eventi disastrosi il 20 e 29 maggio ($M=5,9$ e $5,6$ rispettivamente) con 27 vittime e ingentissimi danni economici.

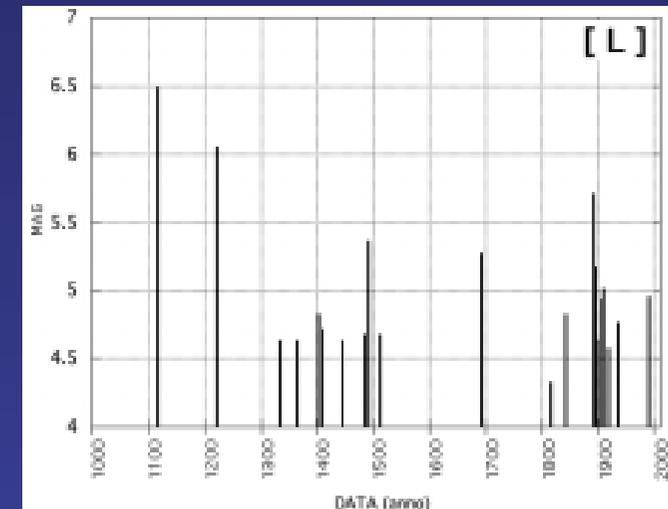
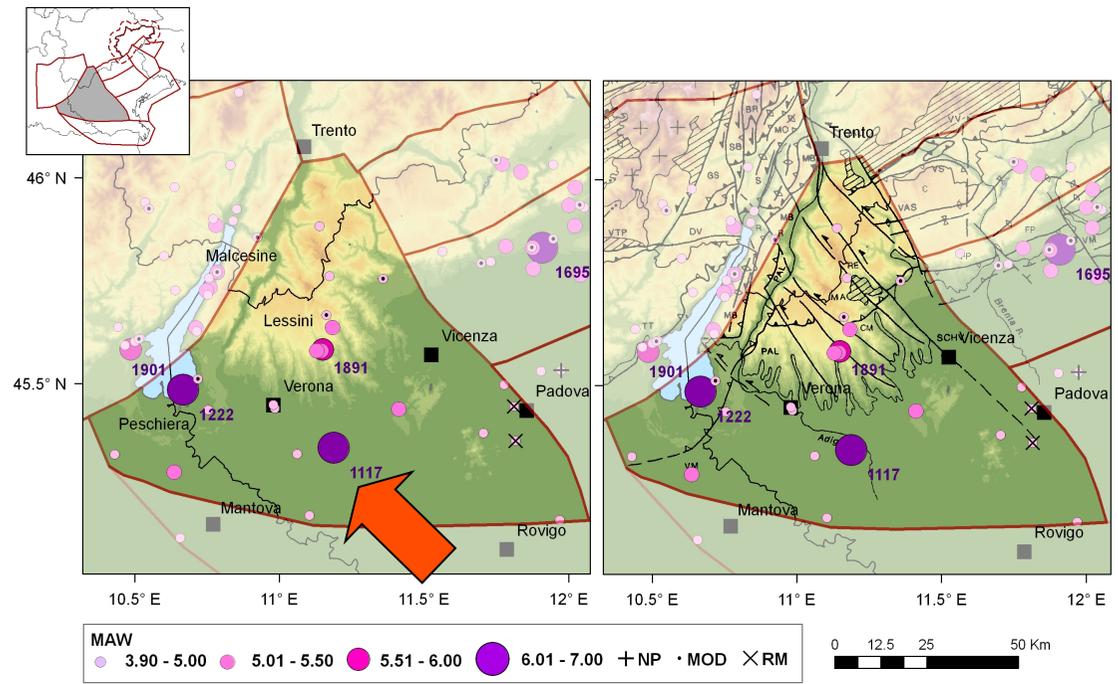
PVO - CPTI04 -> 11

1346, cambio studio di riferimento
spostamento a E; Mw 5,81->4,93



Nessuna ricaduta della revisione storica sul documento di pericolosità

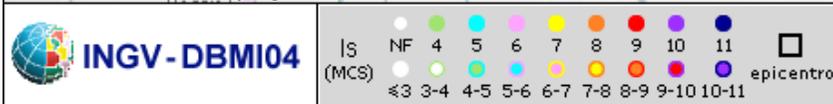
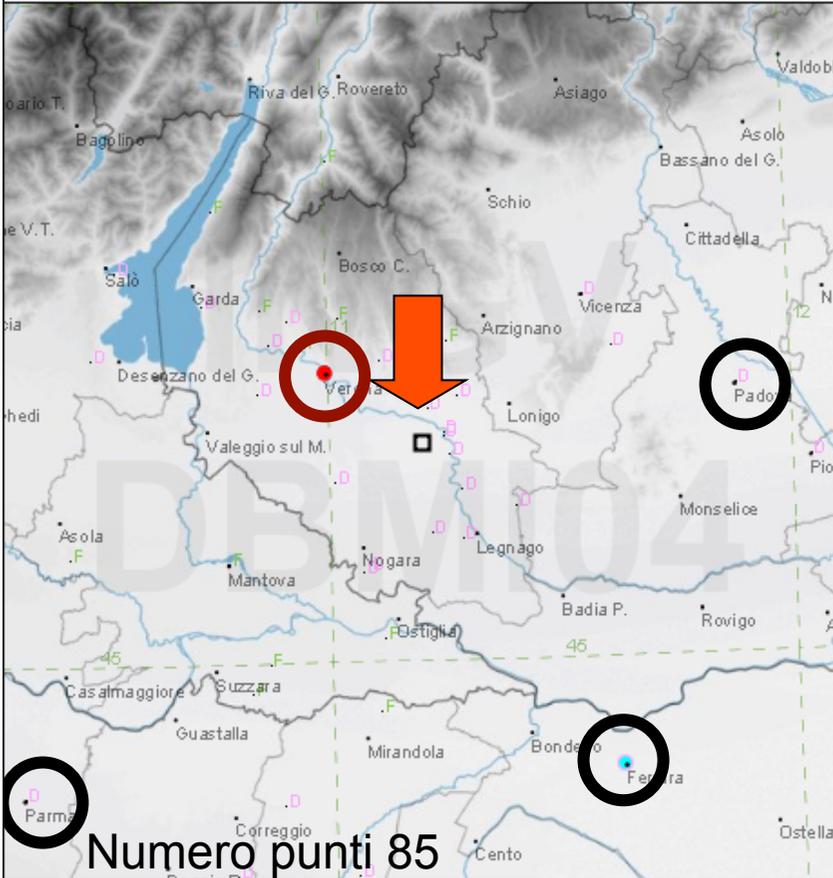
4.2 Lessini-Schio, storica



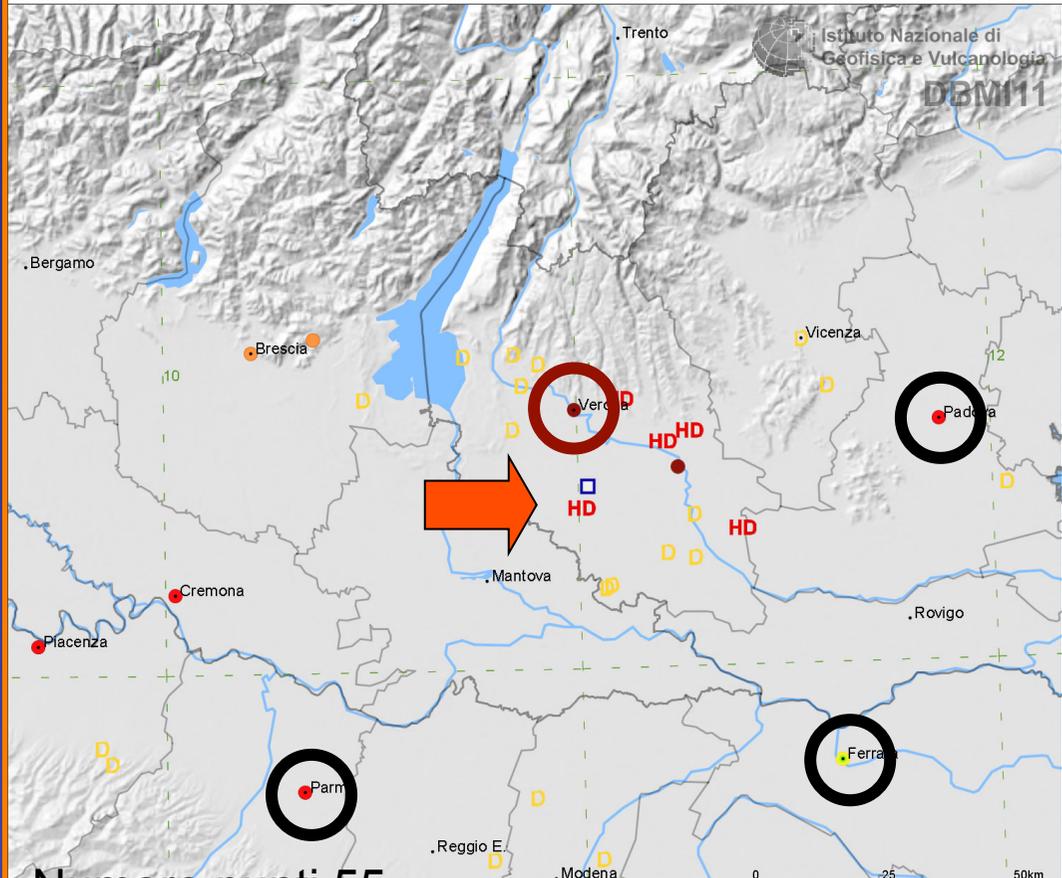
Il distretto dei Lessini è una zona potenzialmente interessata da due forti eventi medioevali, e alcuni eventi che hanno superato la soglia del danno ($10=VI$ MCS), ben documentati nel Rinascimento e dalla fine dell'Ottocento

L - CPTI04->11: 1117, cambio studio leggero spostamento a W; Mw 6,49->6,69

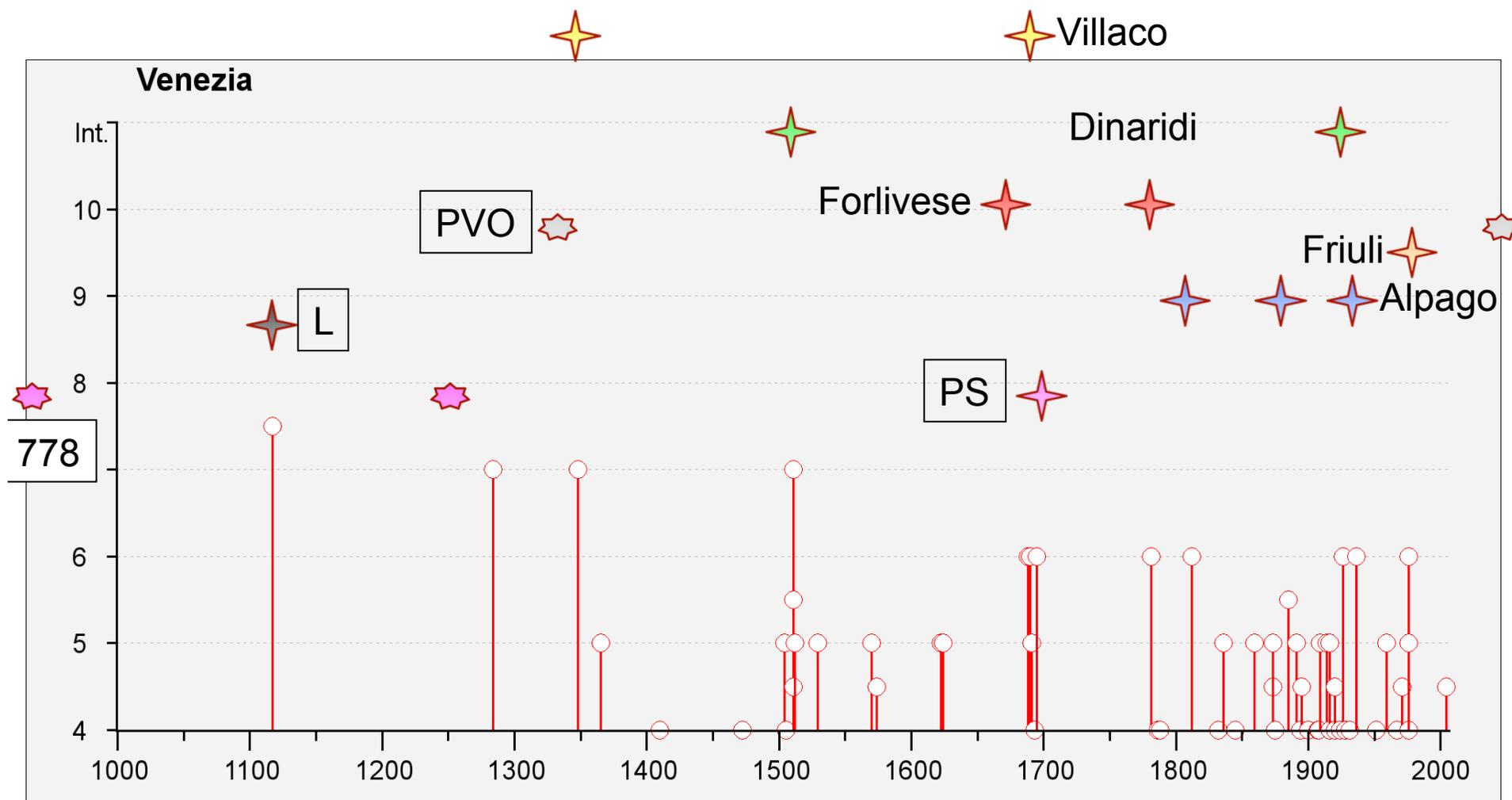
Terremoto del 3.1.1117 Io 9-10 Mw 6.49
Area epicentrale Veronese - Studio CFTI (BOA997)



Terremoto del 3 gennaio 1117 15:15:-- , Veronese
Studio macrosismico Guidoboni et al., 2007 [Np 55, Imax 9]



Storia sismica di una località

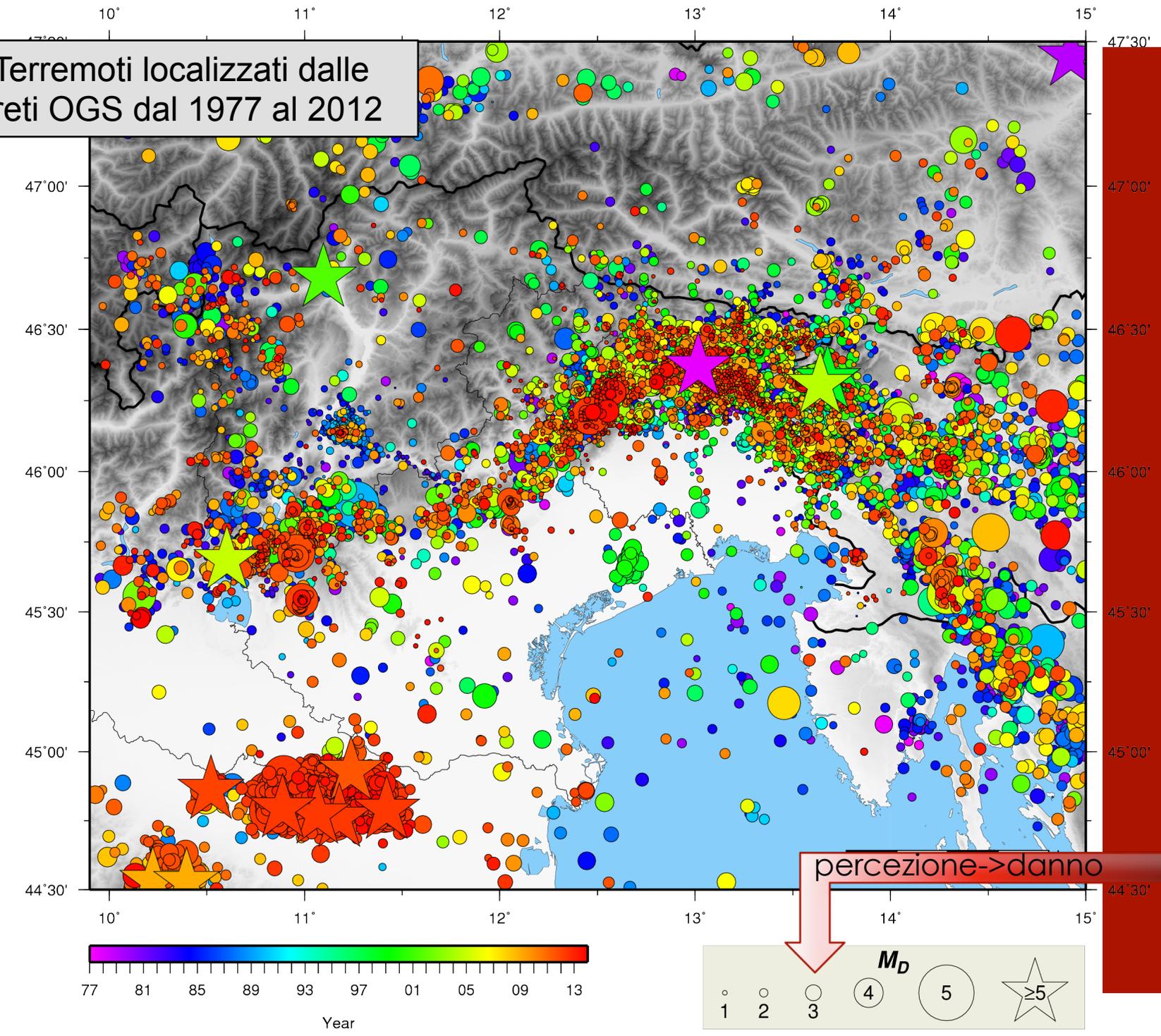


Se i terremoti fossero auto, a un incrocio

Magnitudo	Veneto
M > 2.8 – 3.0 Sopra soglia percezione	~ 250 eventi dal 1977 al 2011 (circa 7 terremoti/anno)
M > 4.2 - 4.5 Sopra soglia danno	120 eventi in ~ 800 anni; 5 eventi dal 1977 al 2011 (1 terremoto ogni 7-8 anni)
M > 5.5 - 5.7 Sopra soglia distruzione	7 eventi in ~ 1400 anni (1 terremoto ogni 200 anni, mediamente)



Terremoti localizzati dalle reti OGS dal 1977 al 2012



Terremoti localizzati dalle reti OGS dal 1977 al 2012

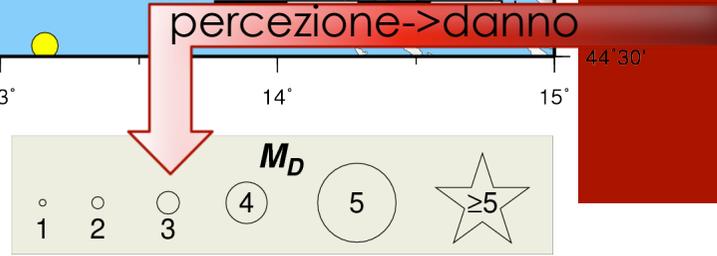
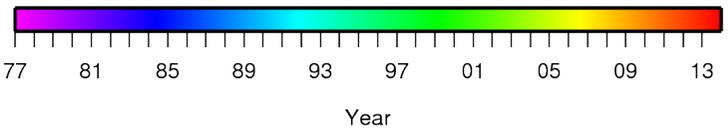
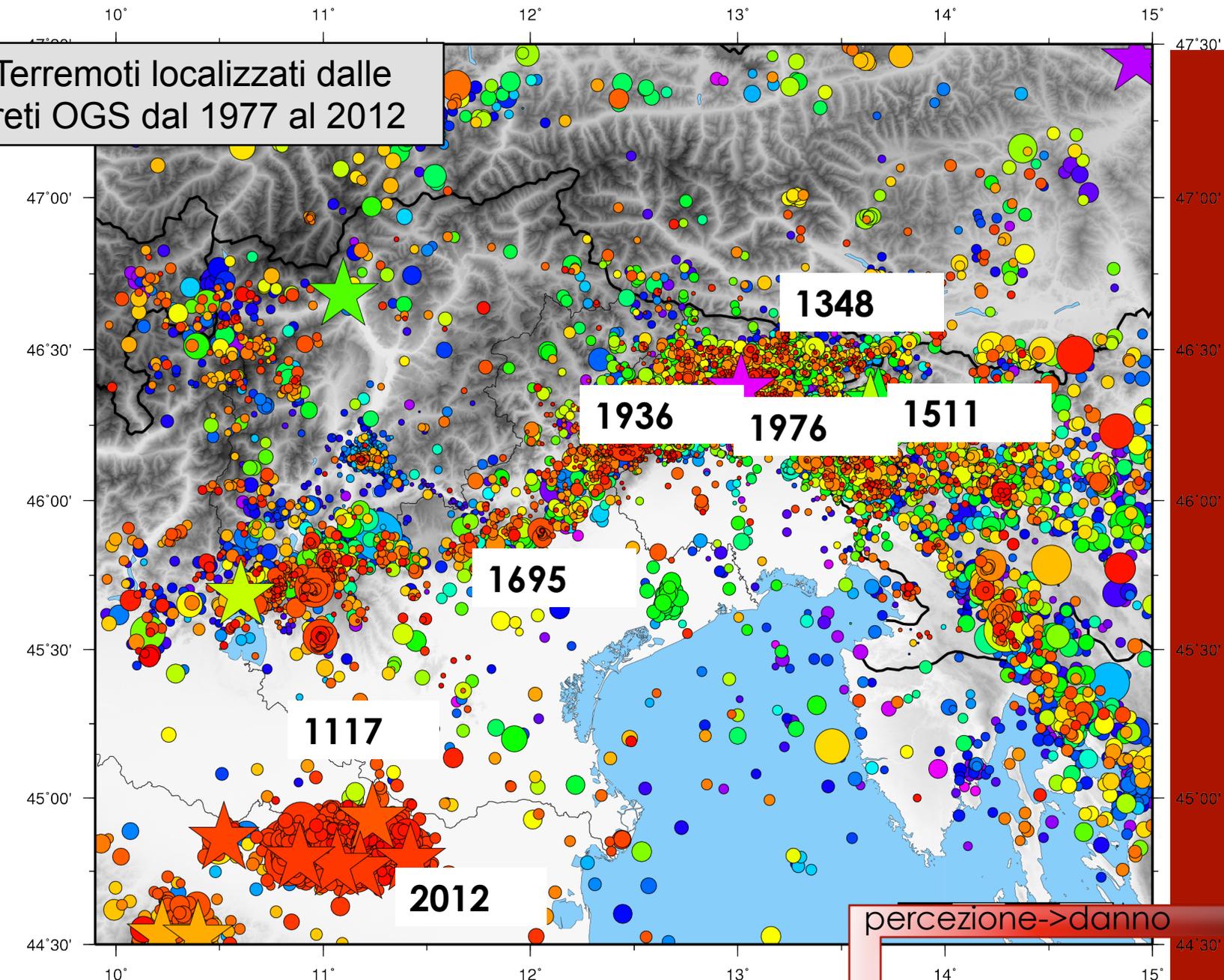
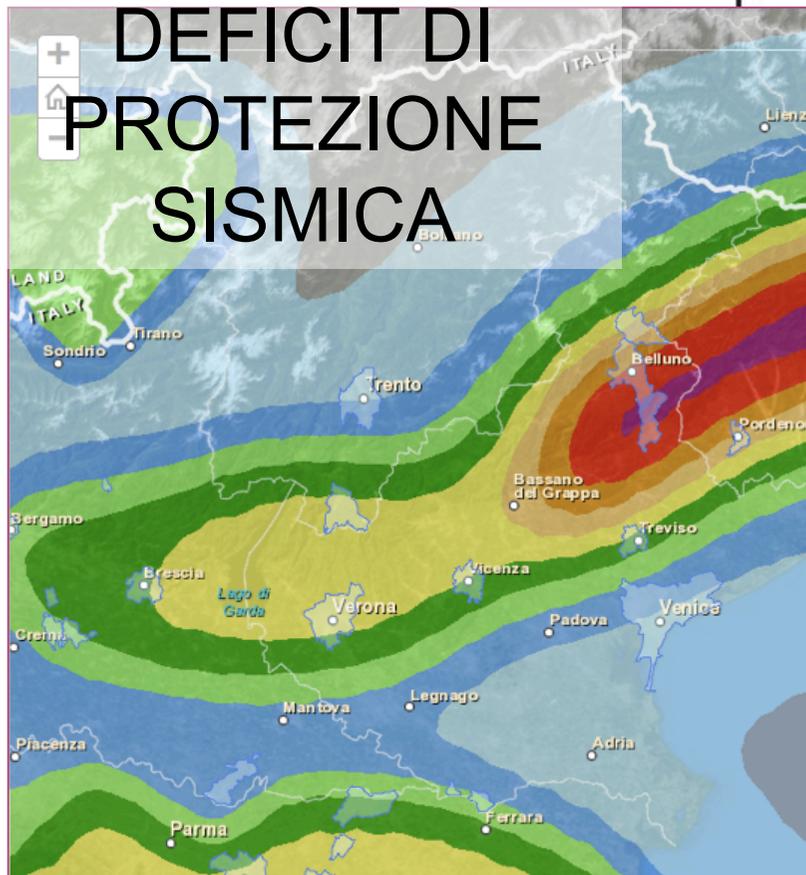
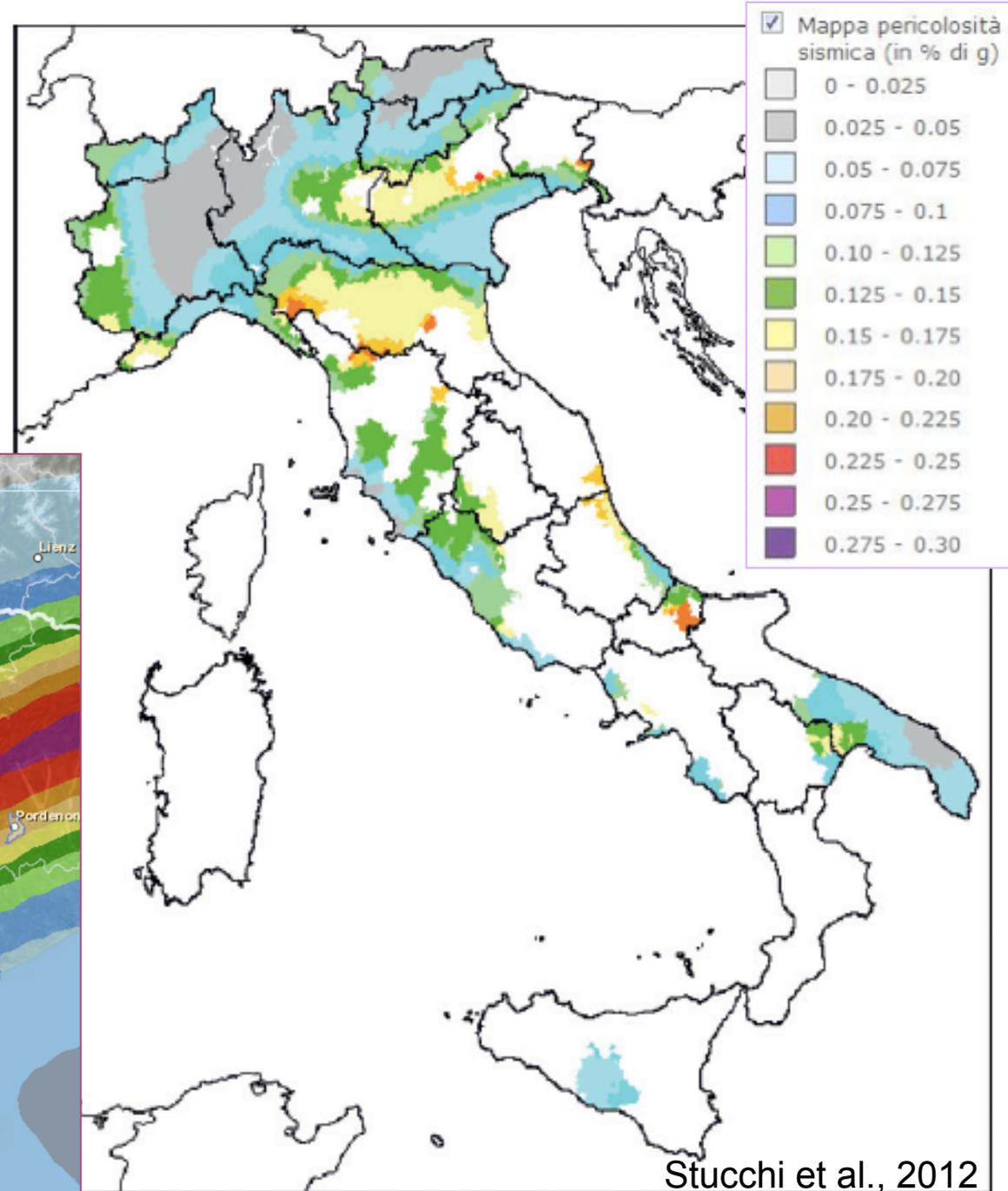


Figura 7
 Mappa del deficit di
 sicurezza sismica, espressa
 in termini di valori della
 accelerazione di progetto
 secondo i quali avrebbero
 dovuto essere costruiti gli
 edifici, nei comuni
 classificati come sismici per
 la prima volta nel 2003 ai
 sensi della OPCM
 3274/2003.



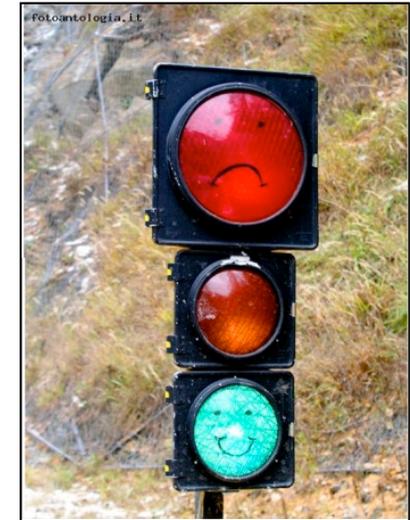
DEFICIT DI PROTEZIONE SISMICA

Stucchi et al., 2012

Pericolosità sismica e normativa

- La maggior parte dei comuni italiani è per l'opinione comune “diventato sismico” nel 2003
- Dalla piena operatività di NTC08 la classificazione (Zone 1-4) ha solo impatto amministrativo (percentuali di controllo sulla corretta progettazione)

BISOGNA RECUPERARE RAPIDAMENTE un notevole deficit di protezione sismica



GRAZIE PER LA PAZIENZA

