La prevedibilità dei disastri sismici fra sismologia e storia

Gianluca Valensise

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
gianluca.valensise@ingv.it

La prevedibilità dei forti terremoti

- Identificare le sorgenti dei futuri terremoti e capirne le caratteristiche spaziali e di ricorrenza è il primo passo nel processo di stima della **pericolosità sismica** ad ogni scala.

- La pericolosità sismica da normativa in genere non tiene conto del fattore tempo, ovvero è ***time independent***, mentre per massimizzare l'azione di prevenzione sarebbero utili stime ***time dependent***.

- Utilizzando congiuntamente dati geologici e storici stiamo facendo grandi passi avanti nelle stime ***time-independent***: per quelle ***time-dependent*** ci vorrà ancora tempo e un ricorso al dato storico ancora più spinto.

Geologia & Storia

Un legame indissolubile

- Perché la **vita umana è troppo breve** – e la "**geologia delle rocce dure**" troppo lunga - per catturare tutti i processi evolutivi del pianeta che minacciano il genere umano, come il susseguirsi delle catastrofi naturali.

- Perché lo dicono i padri della Geologia: "il **Presente** è la chiave del **Passato**" (Charles Lyell), e dunque "il **Passato** e il **Presente** sono la chiave del **Futuro**".

- Perché la **Geologia** è la narrazione della vita del pianeta così come la **Storia** è la narrazione della vita di coloro che lo abitano.

Perché è opportuno usare congiuntamente dati geologici e dati storici?

- Prima di tutto perché la storia sismica su cui possiamo contare è molto più lunga dell'epoca strumentale.

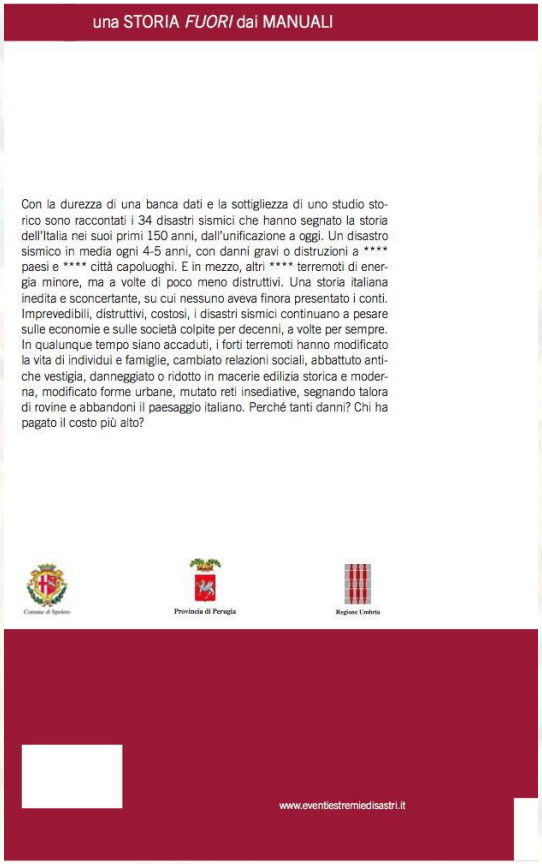
- Perché in questi ultimi trenta-e-oltre anni (dal terremoto del 1980 in poi) abbiamo tutti capito quanto lo studio della tettonica attiva e della sismogenesi in Italia sia difficile e denso di trabocchetti e ambiguità.

- Perché, a riprova di questa affermazione, quasi tutti i terremoti accaduti dall'inizio del secolo scorso a oggi hanno rappresentato una sorpresa.

- Perché - fortunatamente - le velocità di deformazione crostale in Italia sono basse, e quindi il tempo di ricorrenza dei terremoti (non il tempo di ritorno!) è plurisecolare o ultramillenario, dunque tendenzialmente più lungo del record storico.

1. Gli effetti dei terremoti sull'ambiente antropico

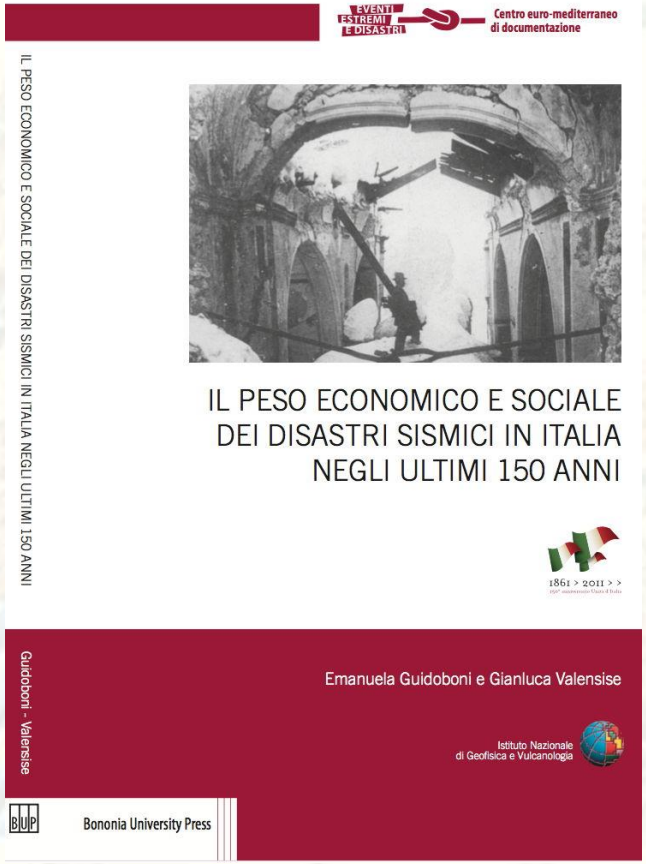
Elementi per una "storia fuori dai manuali"


una STORIA *FUORI* dai MANUALI

Con la durezza di una banca dati e la sottigliezza di uno studio storico sono raccontati i 34 disastri sismici che hanno segnato la storia dell'Italia nei suoi primi 150 anni, dall'unificazione a oggi. Un disastro sismico in media ogni 4-5 anni, con danni gravi o distruzioni a **** paesi e **** città capoluoghi. E in mezzo, altri **** terremoti di energia minore, ma a volte di poco meno distruttivi. Una storia italiana inedita e sconcertante, su cui nessuno aveva finora presentato i conti. Imprevedibili, distruttivi, costosi, i disastri sismici continuano a pesare sulle economie e sulle società colpite per decenni, a volte per sempre. In qualunque tempo siano accaduti, i forti terremoti hanno modificato la vita di individui e famiglie, cambiato relazioni sociali, abbattuto antiche vestigia, danneggiato o ridotto in macerie edilizia storica e moderna, modificato forme urbane, mutato reti insediative, segnando talora di rovine e abbandoni il paesaggio italiano. Perché tanti danni? Chi ha pagato il costo più alto?

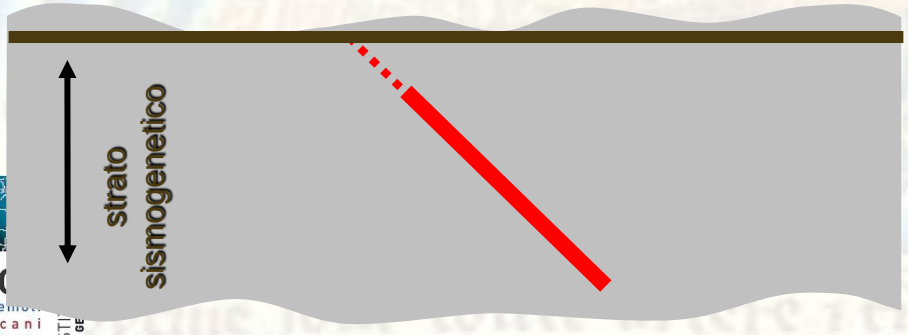
Comune di Spoleto
Provincia di Perugia
Regione Umbria

www.eventiestremiedisastri.it



INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

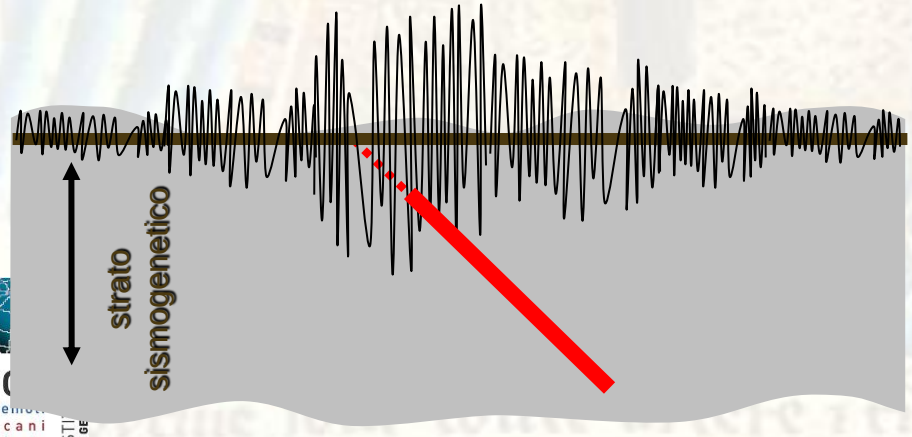
Gli effetti dei terremoti sull'ambiente antropico



Gli effetti dei terremoti sull'ambiente antropico

Scuotimento
(*ground shaking*)

Ha luogo sempre ma è transiente.
Interessa un'area molto più ampia della faglia.
E' responsabile della gran parte del danno.
Può innescare effetti secondari
(*liquefazione, frane, rotture secondarie*).

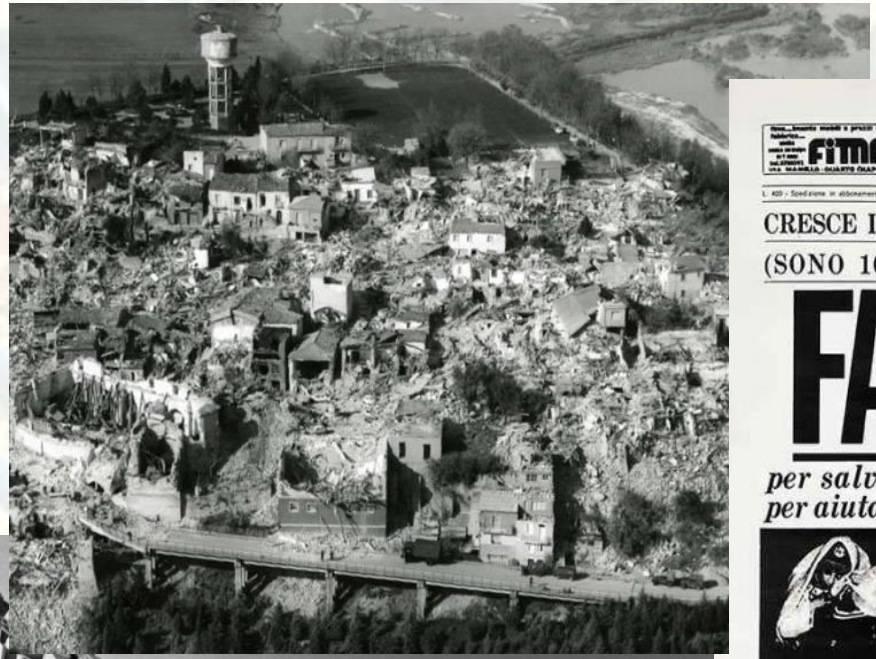


Effetti del terremoto sul costruito

Terremoto di Messina e Reggio Calabria, 1908

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Effetti del terremoto sul costruito



IL MATTINO

CRESCE IN MANIERA CATASTROFICA IL NUMERO DEI MORTI (SONO 10.000?) E DEI RIMASTI SENZA TETTO (250.000?)

FATE PRESTO

per salvare chi è ancora vivo
per aiutare chi non ha più nulla

SOCCORSI LENTI SALE LA RABBIA

NAPOLI DEVE TORNARE A VIVERE

14 pagine sulla catastrofe

Terremoto dell'Irpinia, 1980

Effetti del terremoto sul costruito

Terremoto di Colfiorito-Assisi, 1997

Effetti del terremoto sul costruito

Terremoto dell'Aquila, 2009

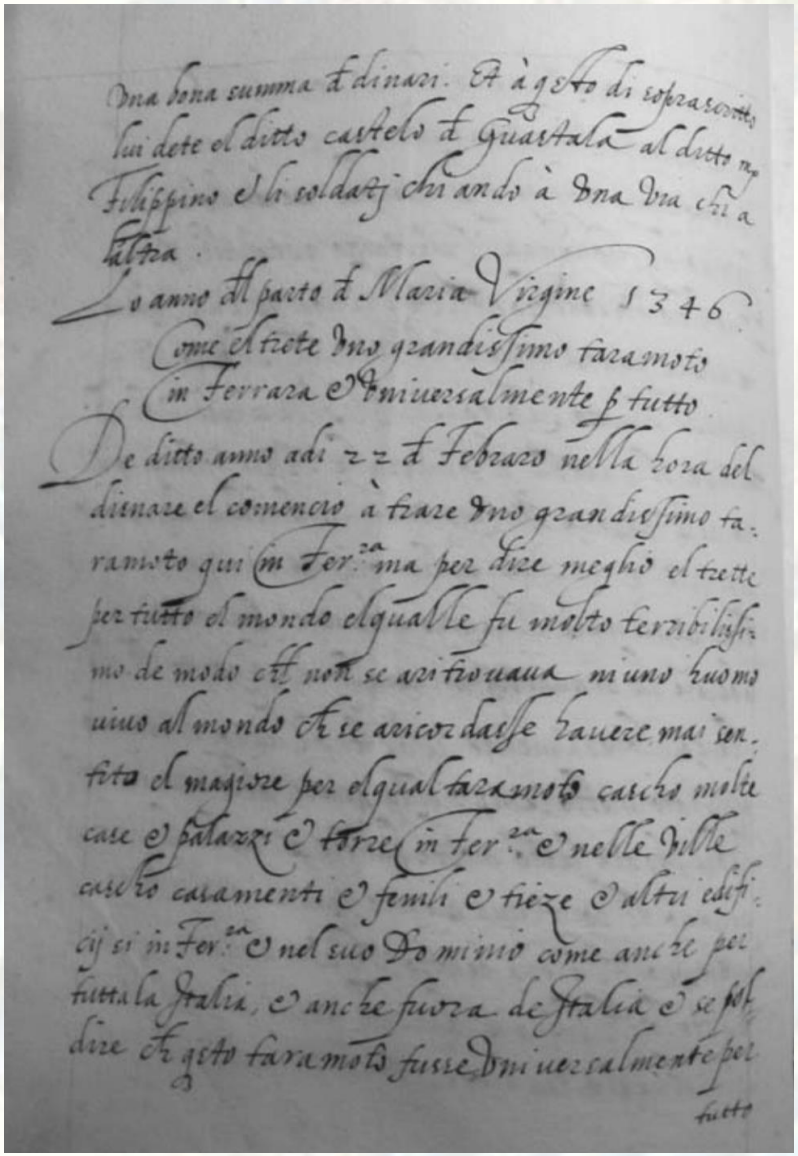
Effetti del terremoto sul costruito

Terremoto della bassa modenese, 2012

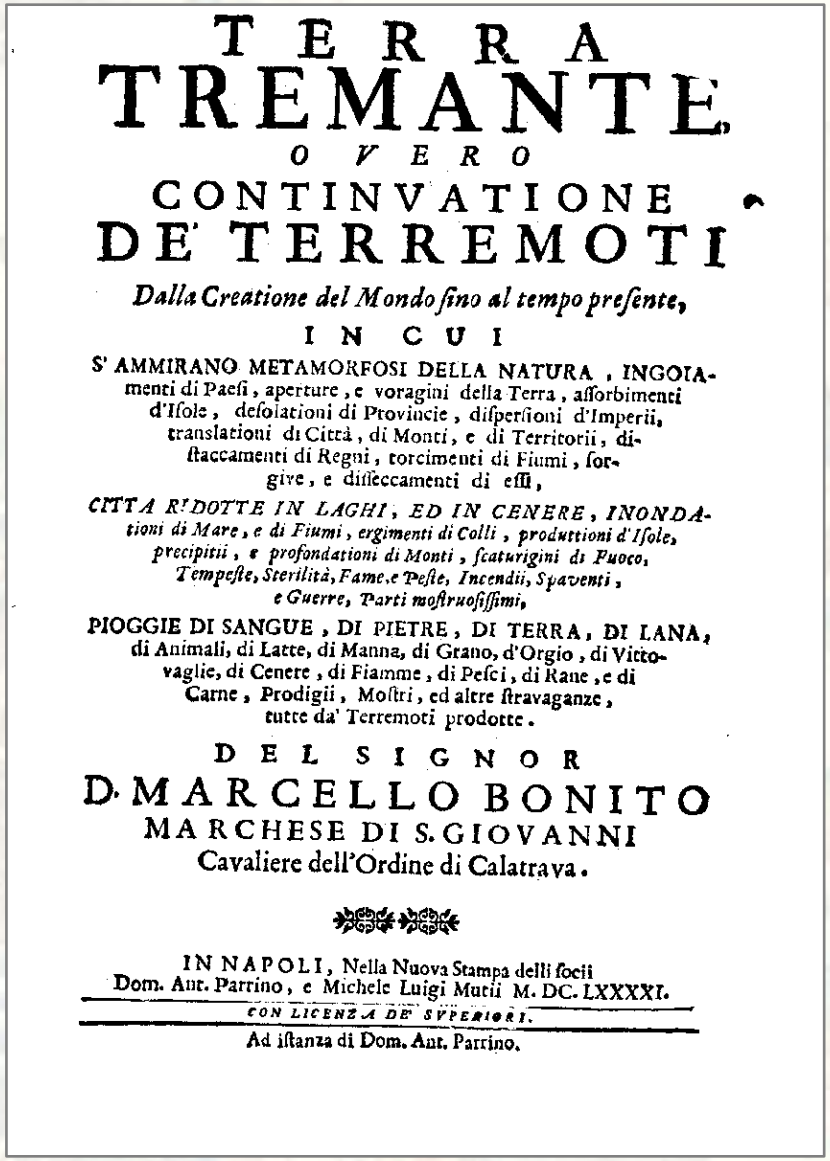
Effetti del terremoto sul costruito

Terremoto di Amatrice, 2016

La sismologia storica | Le fonti scritte



Iacopo da Marano (1344-1412)



TERRA
TREMANTE
OVERO
CONTINVATIONE
DE' TERREMOTI

Dalla Creatione del Mondo fino al tempo presente,

IN CUI

S' AMMIRANO METAMORFOSI DELLA NATURA, INGOIAmenti di Paesi, aperture, e voragini della Terra, assorbimenti d'Isole, desolationi di Provincie, dispersioni d'Imperii, translationi di Città, di Monti, e di Territorii, distaccamenti di Regni, torcimenti di Fiumi, sorgive, e disseccamenti di essi,

CITTA' RIDOTTE IN LAGHI, ED IN CENERE, INONDAtioni di Mare, e di Fiumi, ergimenti di Colli, produttioni d'Isole, precipitii, e profondationi di Monti, scaturigini di Fuoco, Tempeste, Sterilità, Fame, e Peste, Incendii, Spaventi, e Guerre, Parti mostruosissimi,

PIOGGIE DI SANGUE, DI PIETRE, DI TERRA, DI LANA, di Animali, di Latte, di Manna, di Grano, d'Orgio, di Vittovaglie, di Cenere, di Fiamme, di Pesci, di Rane, e di Carne, Prodigii, Mostri, ed altre stravaganze, tutte da' Terremoti prodotte.

DEL SIGNOR
D. MARCELLO BONITO
MARCHESE DI S. GIOVANNI
Cavaliere dell'Ordine di Calatrava.

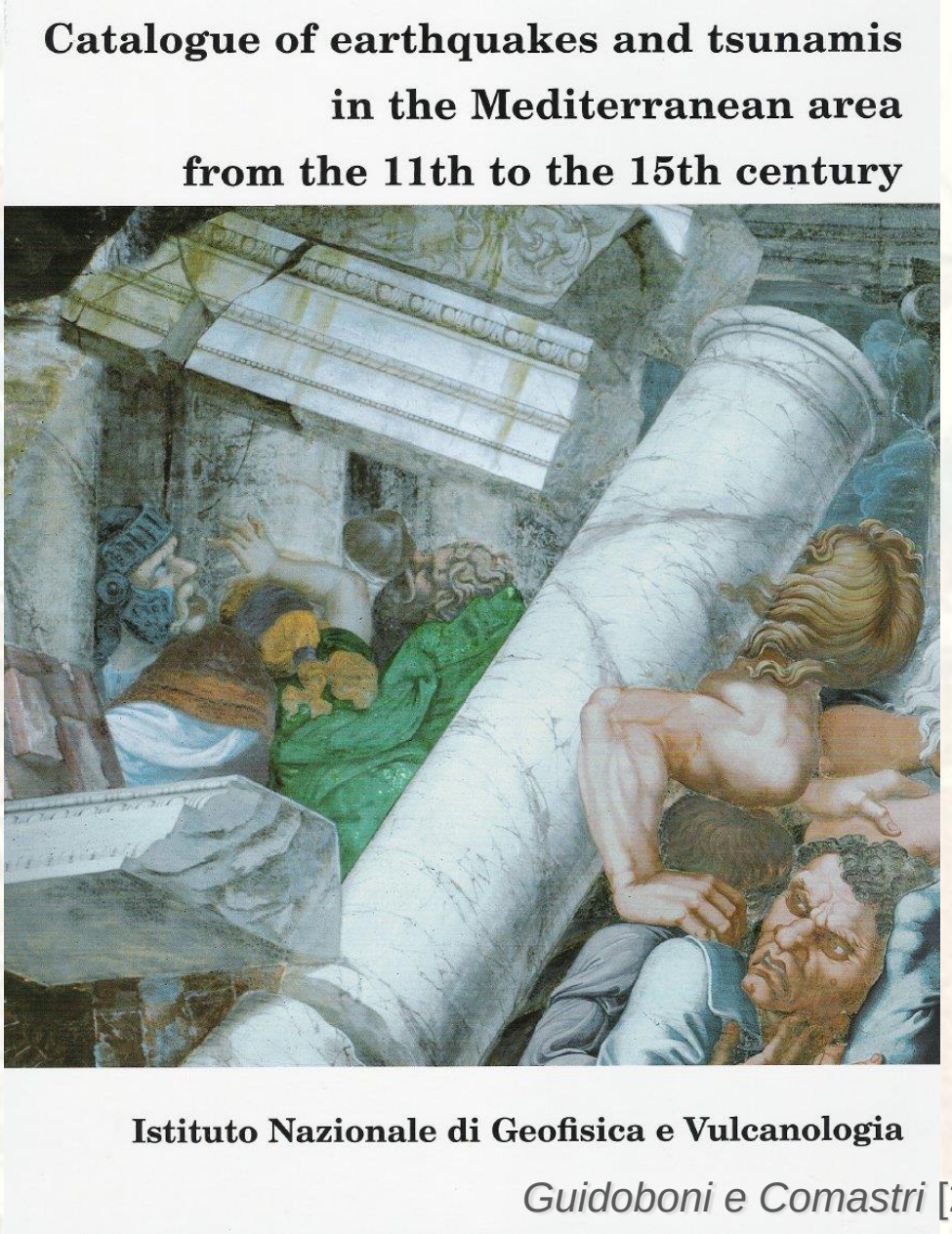
IN NAPOLI, Nella Nuova Stampa delli socii Dom. Ant. Parrino, e Michele Luigi Mutii M. DC. LXXXXI.

CON LICENZA DE' SVPERIORI.

Ad istanza di Dom. Ant. Parrino.

Marcello Bonito (1631-1711)

La sismologia storica | La ricerca



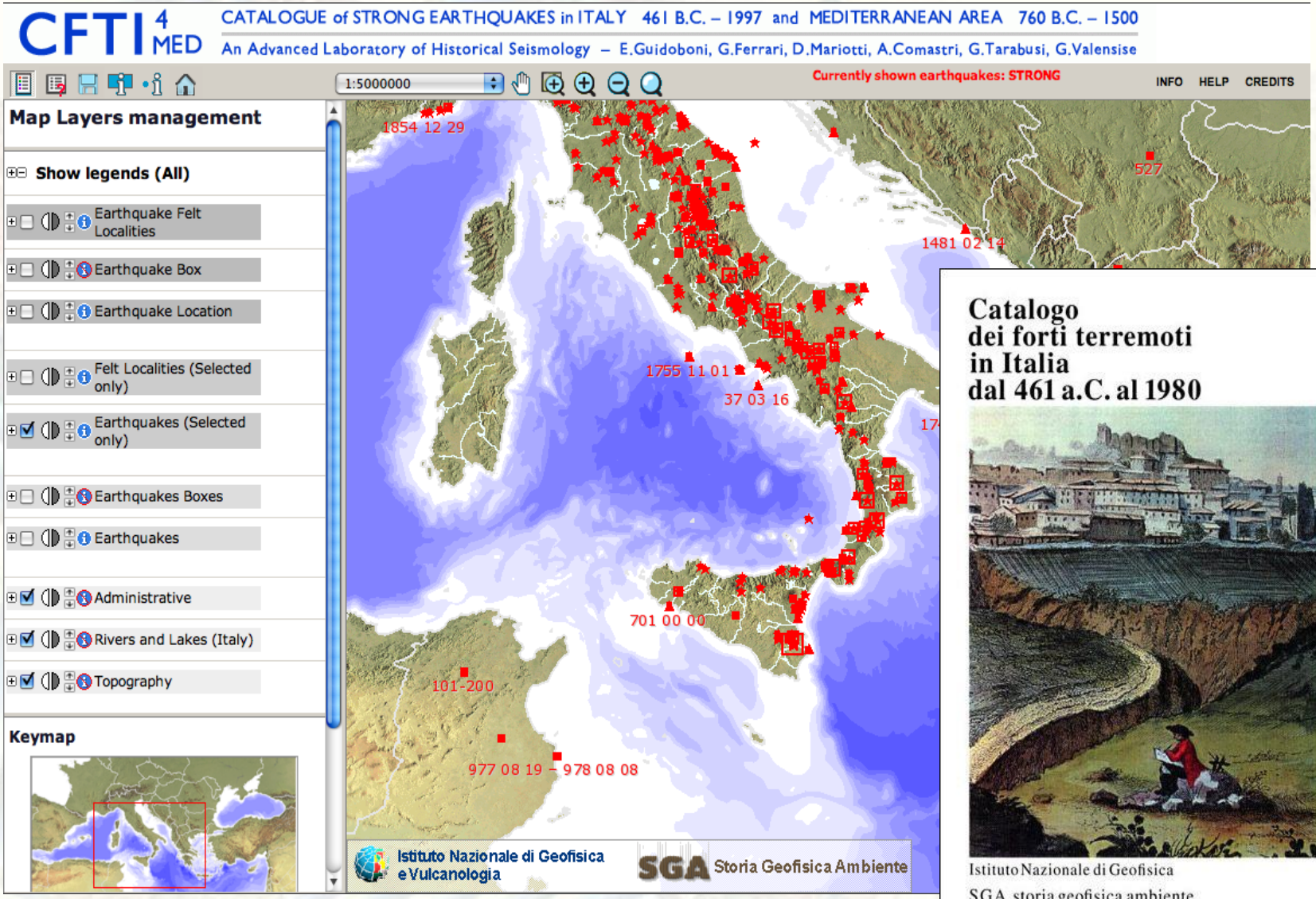
Guidoboni e Comastri [2005]

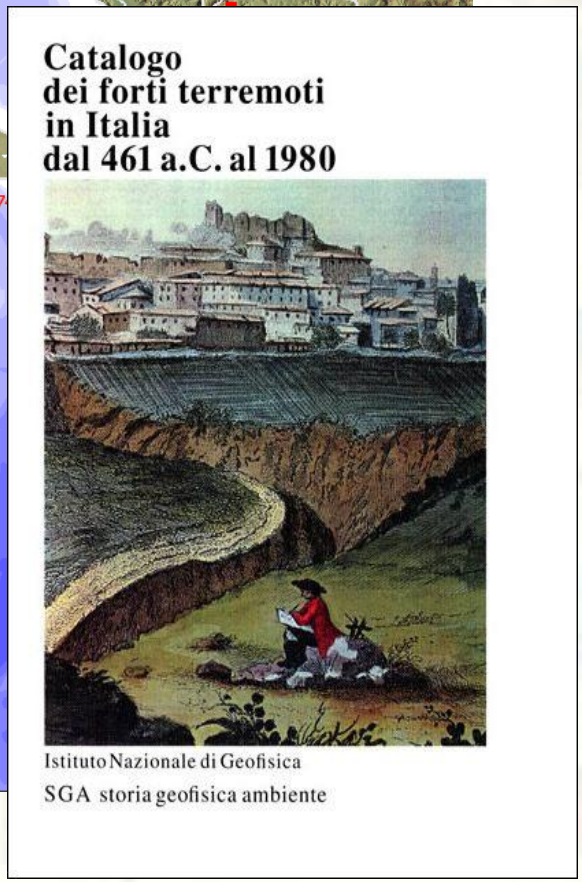
La sismologia storica | Cataloghi parametrici

Baratta [1901]

Postpischl [1985]

La sismologia storica | Cataloghi analitici





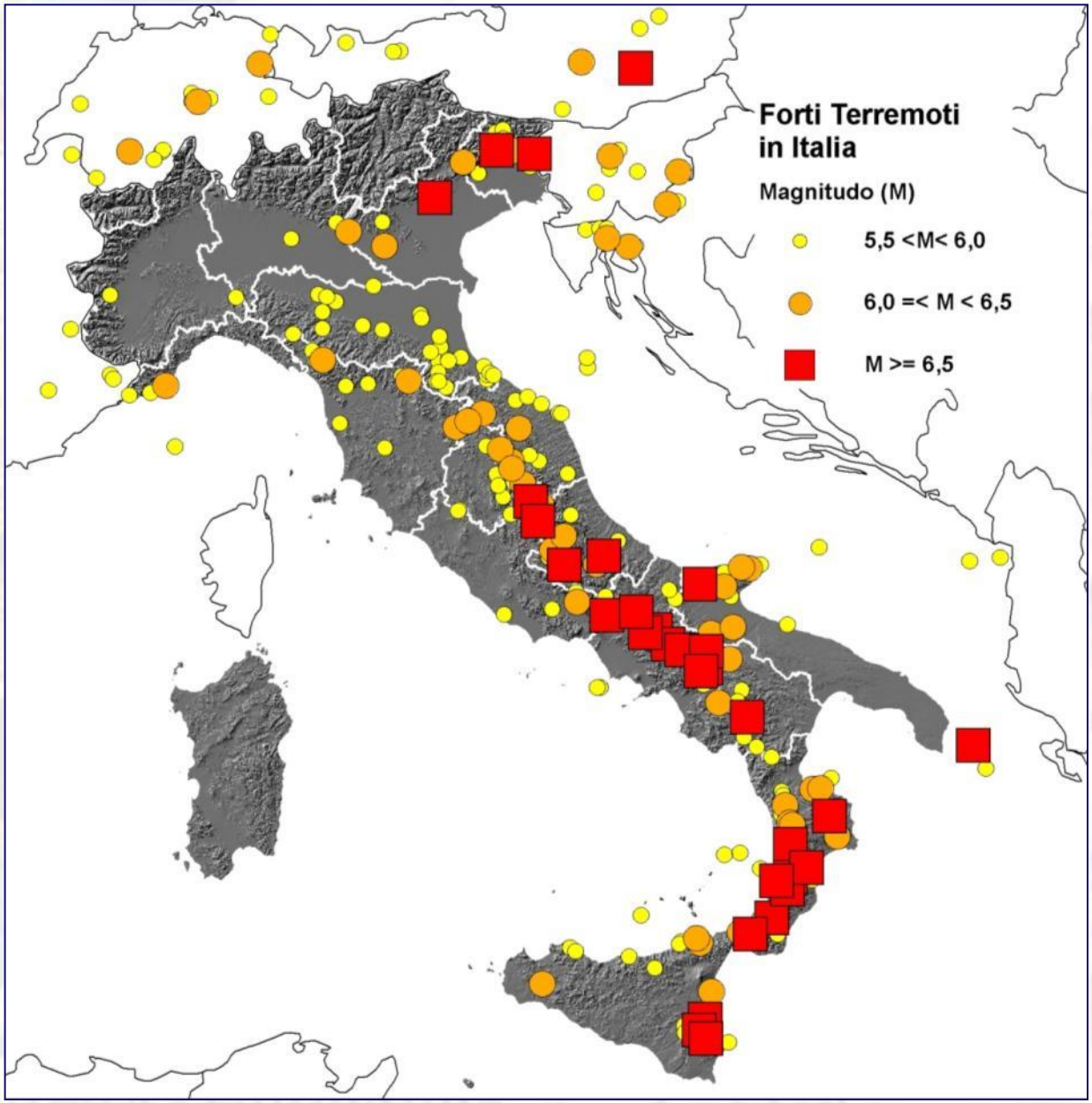
Guidoboni et al. [2007]
http://storing.ingv.it/cfti4med/

Boschi et al. [1995, 1997, 2000]

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

La sismologia storica | Un quadro preoccupante

Dall'anno 1000 circa 2500 terremoti con M_w 4.0 e superiore

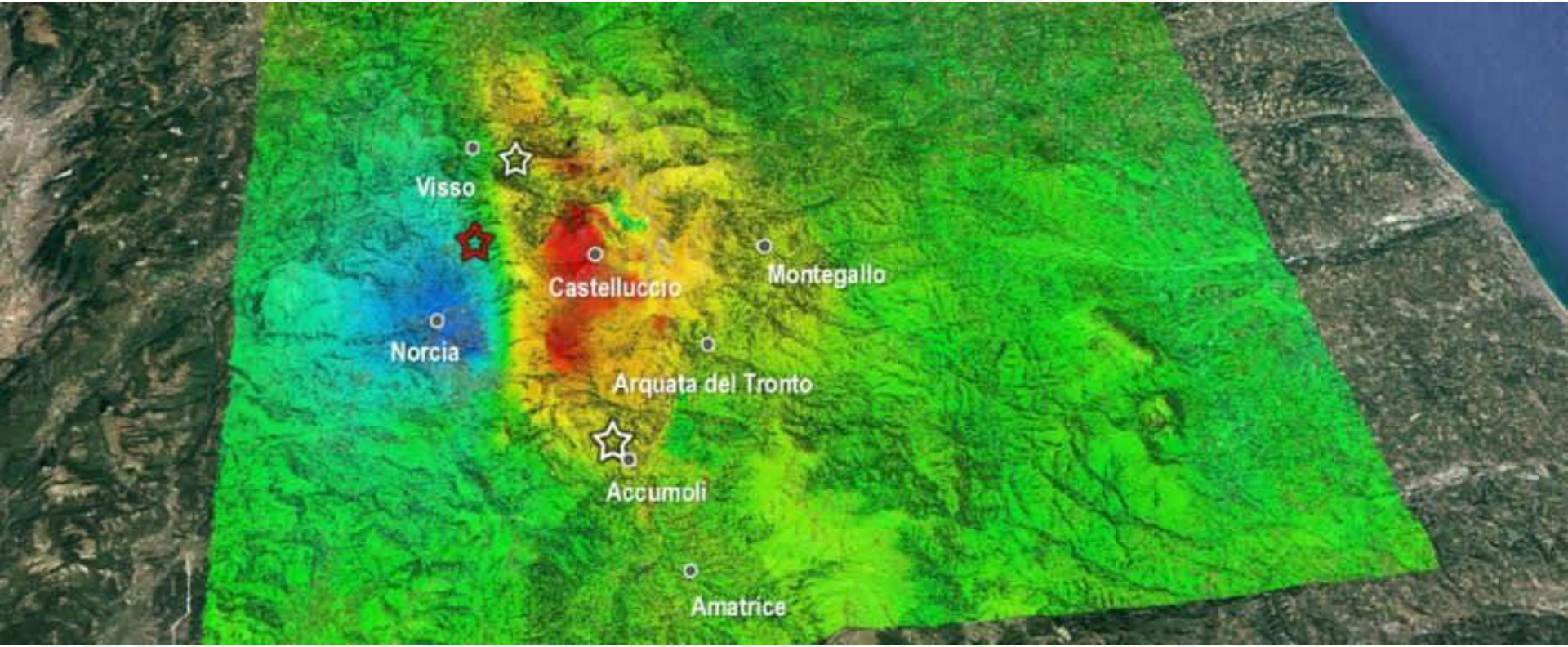


La grandezza del simboli è proporzionale alla magnitudo stimata **M_w**.

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

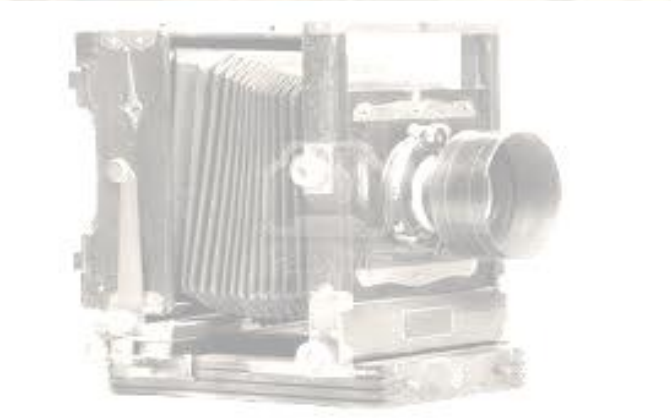
2. Gli effetti dei terremoti sull'ambiente naturale

Firme indelebili nella geologia e nel paesaggio



Gli strumenti fondamentali della Geologia:

la Sismotettonica



Una disciplina “bifronte”: il terremoto “accelera” la storia dei processi geologici, fornendo un’istantanea di fenomeni che hanno gestazione millenaria.

Dunque da un lato i terremoti aiutano a capire i meccanismi che regolano l’evoluzione della geologia e del paesaggio alla scala delle strutture geologiche.

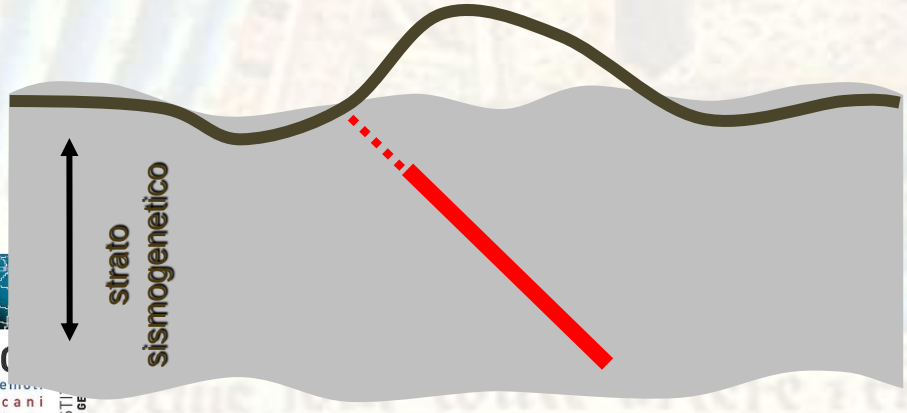
Dall’altro lato proprio la conoscenza di questi meccanismi può consentirci di prevedere le caratteristiche dei terremoti futuri.

Ma su quanti terremoti possiamo contare nell’epoca strumentale?

Gli effetti del terremoto sull'ambiente naturale

Scuotimento
(*ground shaking*)

Ha luogo sempre ma è transiente.
Interessa un'area molto più ampia della faglia.
E' responsabile della gran parte del danno.
Può innescare effetti secondari
(*liquefazione, frane, rotture secondarie*).



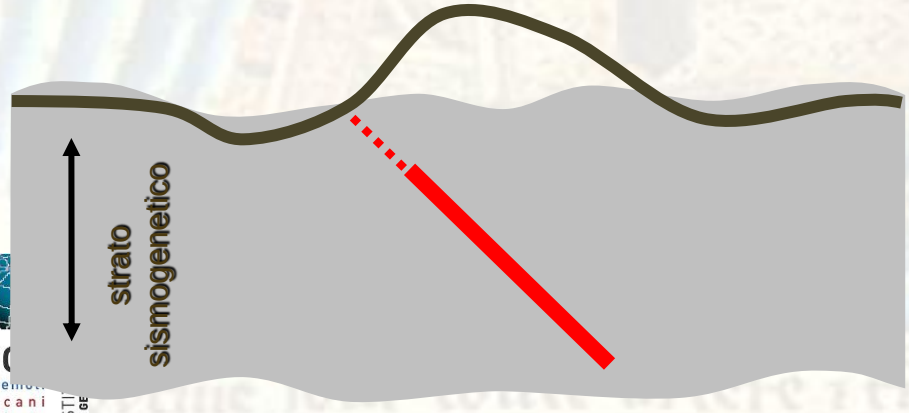
Gli effetti del terremoto sull'ambiente naturale

Scuotimento
(*ground shaking*)

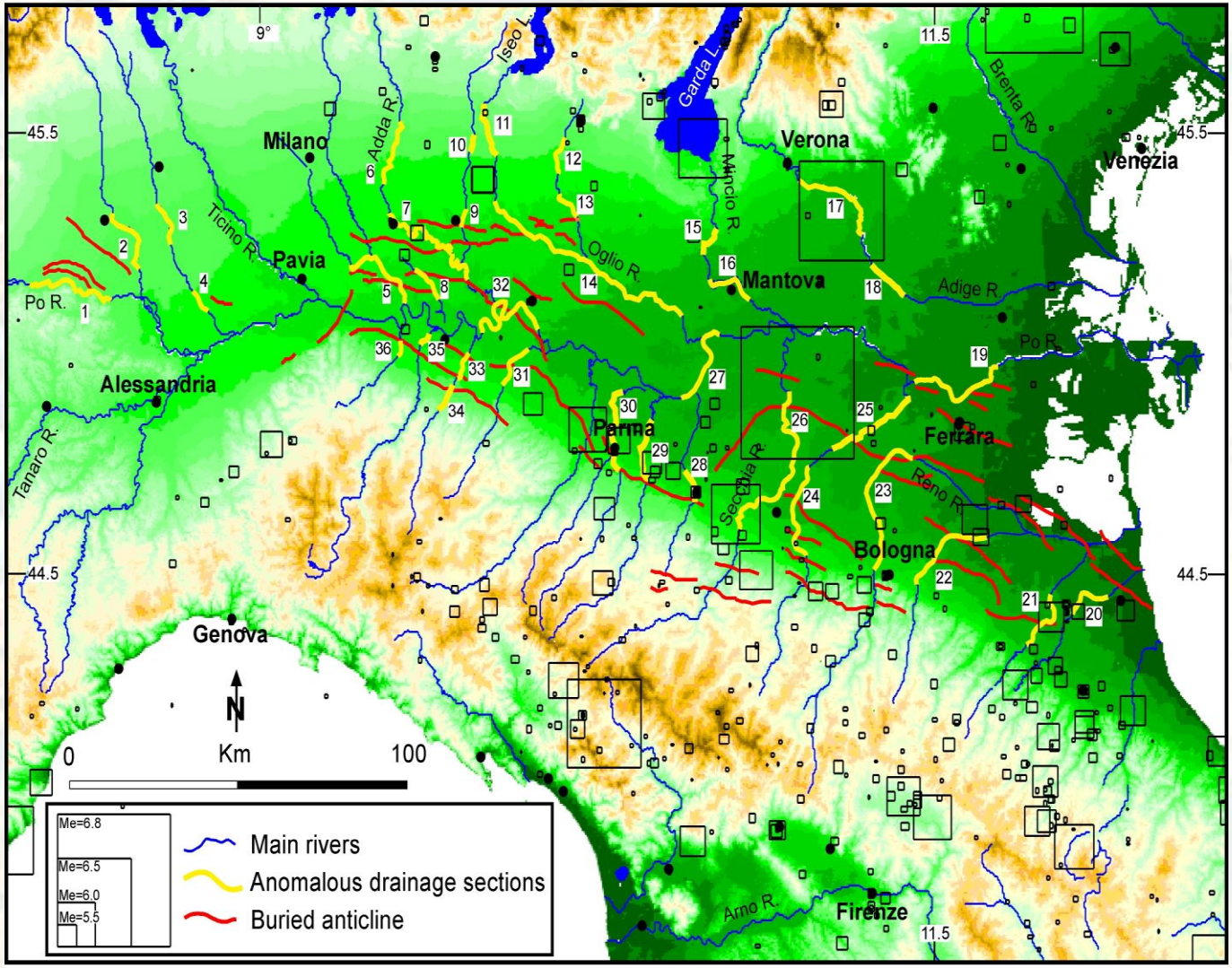
Ha luogo sempre ma è transiente.
Interessa un'area molto più ampia della faglia.
E' responsabile della gran parte del danno.
Può innescare effetti secondari
(*liquefazione, frane, rotture secondarie*).

Deformazione superficiale
(*surface deformation*)

Ha luogo sempre ed è permanente.
Interessa un'area ampia (lunghezza faglia x2).
Può produrre danni limitati a infrastrutture.
Può innescare altri effetti geologici
(*deviazioni di fiumi, tsunami*).



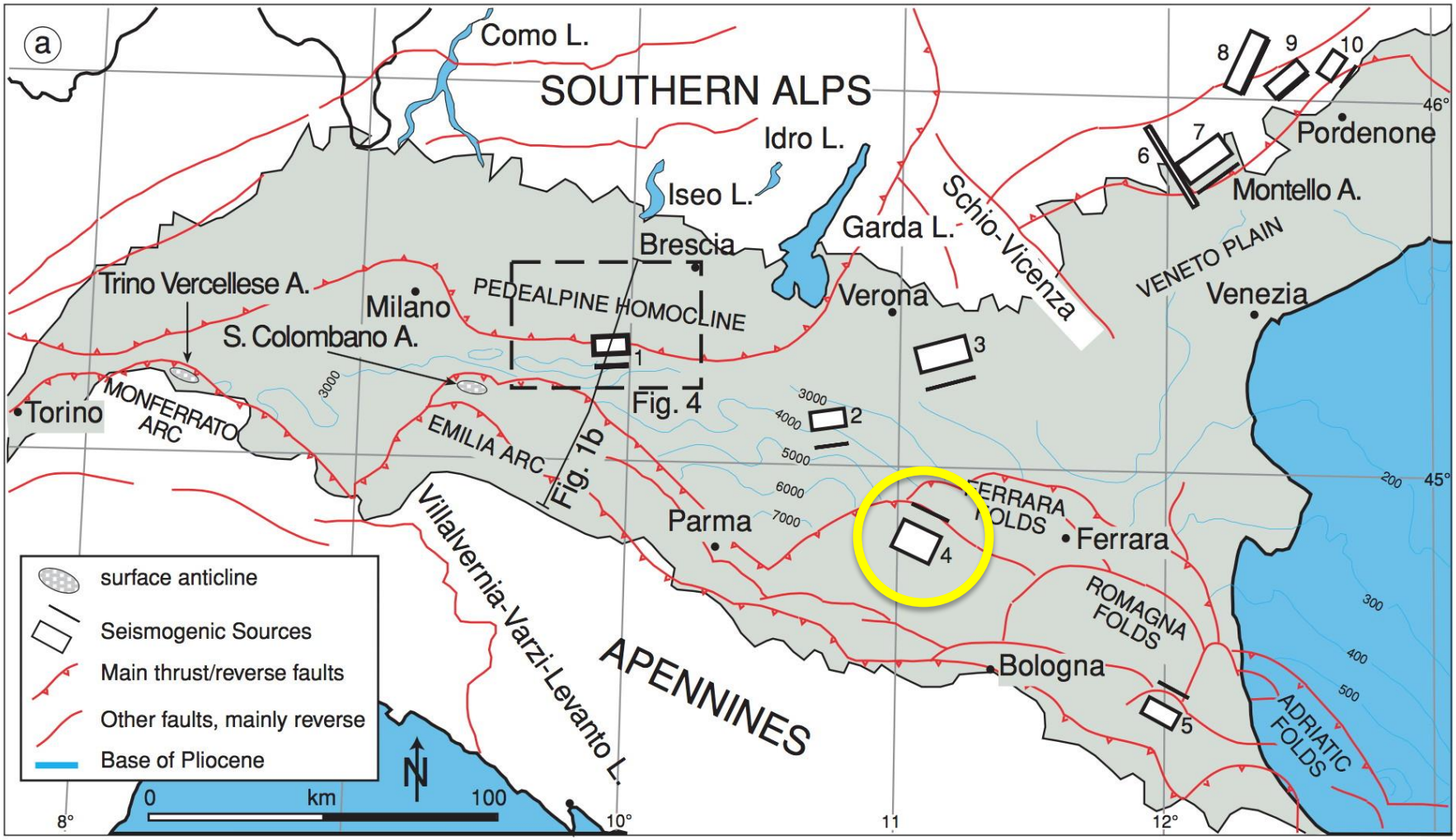
La Geologia dei Terremoti | Deformazione areale



Burrato et al. [2003]

Anomalie fluviali nella Pianura Padana

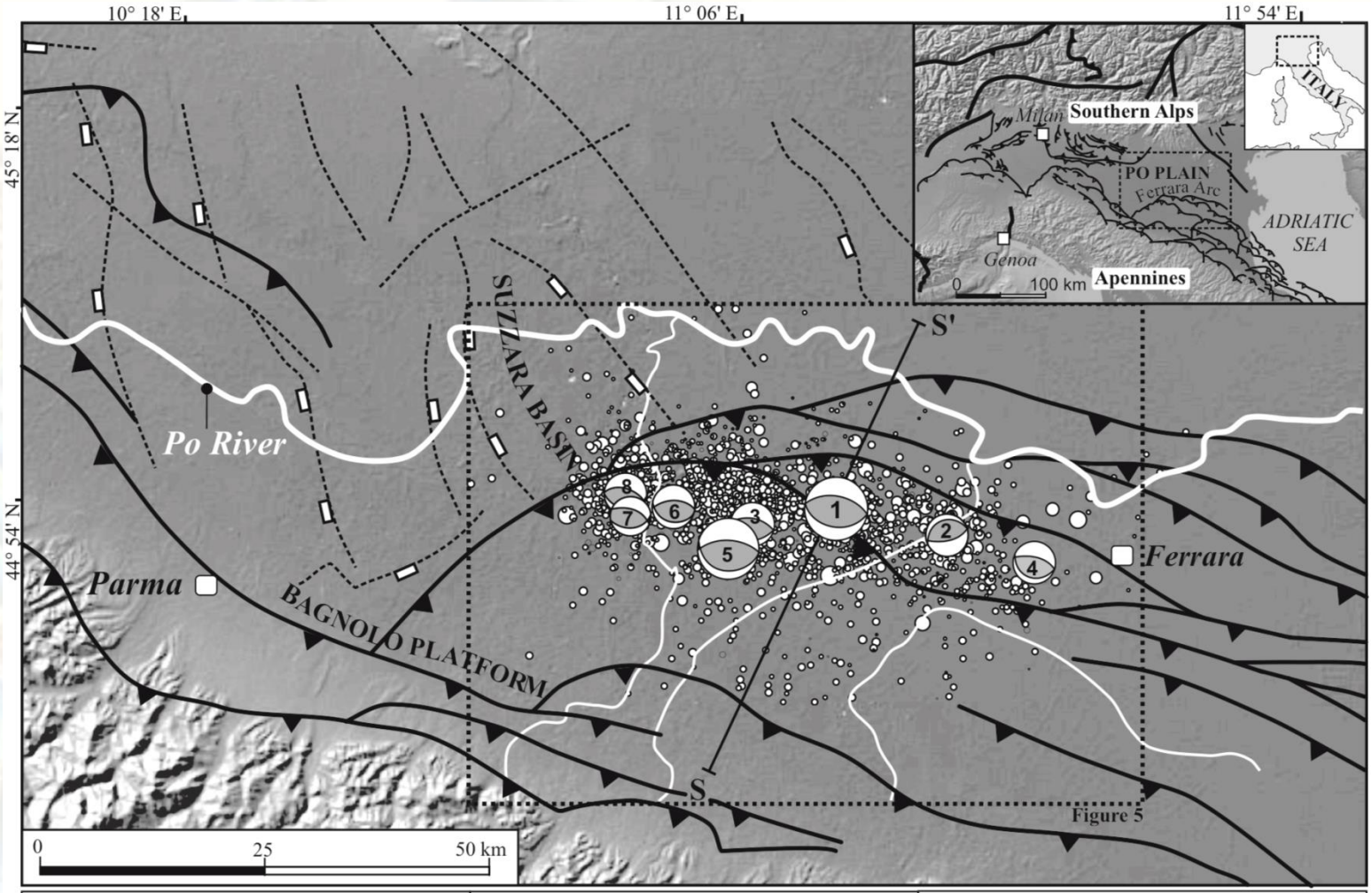
La Geologia dei Terremoti | Deformazione areale



Burrato et al. [2003]

Anomalie fluviali nella Pianura Padana

I terremoti del maggio 2012

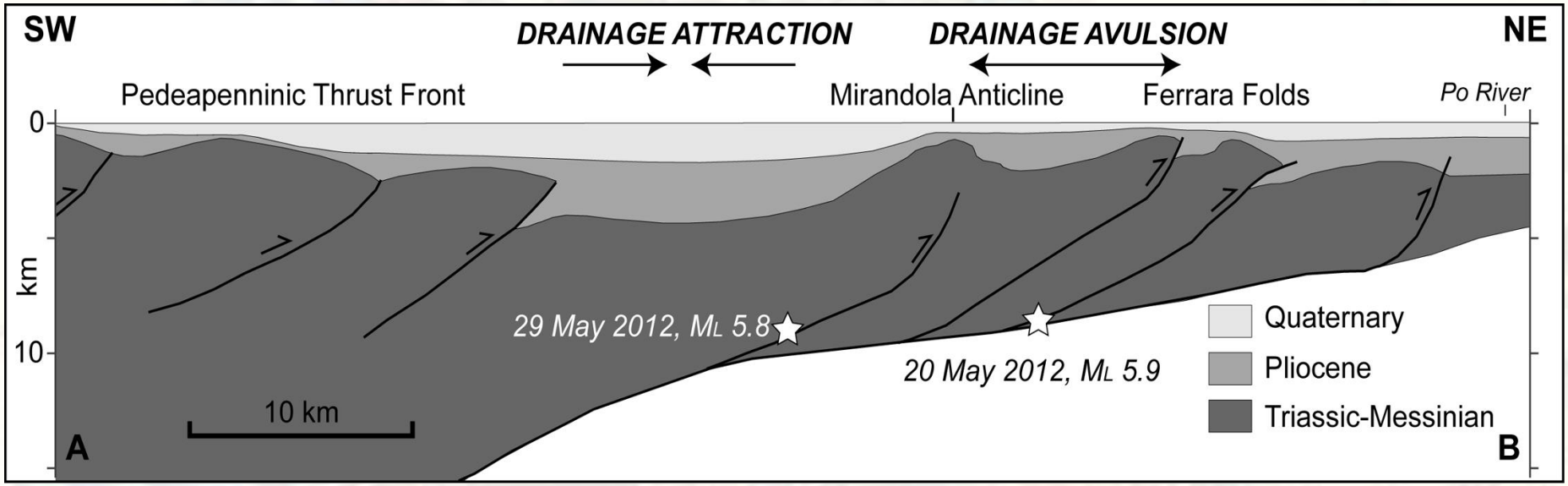


(1) M_W 6.1 (M_L 5.9) 2012-05-20 (02:03:52 UTC)	(2) M_L 5.1 2012-05-20 (02:07:31 UTC)	(3) M_L 4.9 2012-05-20 (03:02:50 UTC)
(4) M_L 5.1 2012-05-20 (13:18:02 UTC)	(5) M_W 6.0 (M_L 5.8) 2012-05-29 (07:00:03 UTC)	(6) M_L 5.3 2012-05-29 (10:55:57 UTC)
(7) M_L 5.2 2012-05-29 (11:00:29 UTC)	(8) M_L 5.1 2012-06-03 (19:20:43 UTC)	

Terremoti della bassa modenese, 2012 (M_W 6.0-5.9)
(generati da faglie inverse cieche)

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

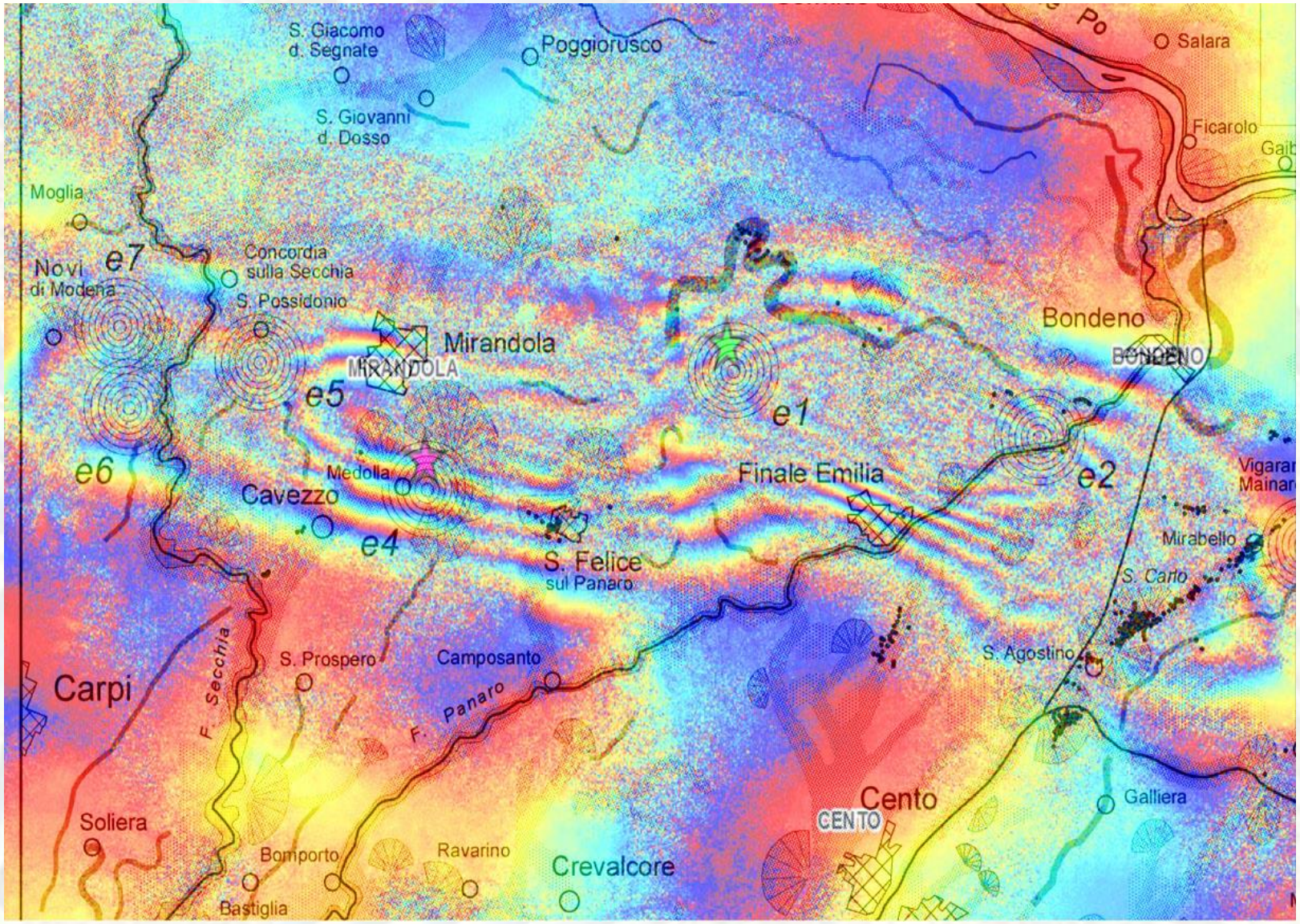
I terremoti del maggio 2012



Terremoti della bassa modenese, 2012 (M_w 6.0-5.9)
(generati da faglie inverse cieche)

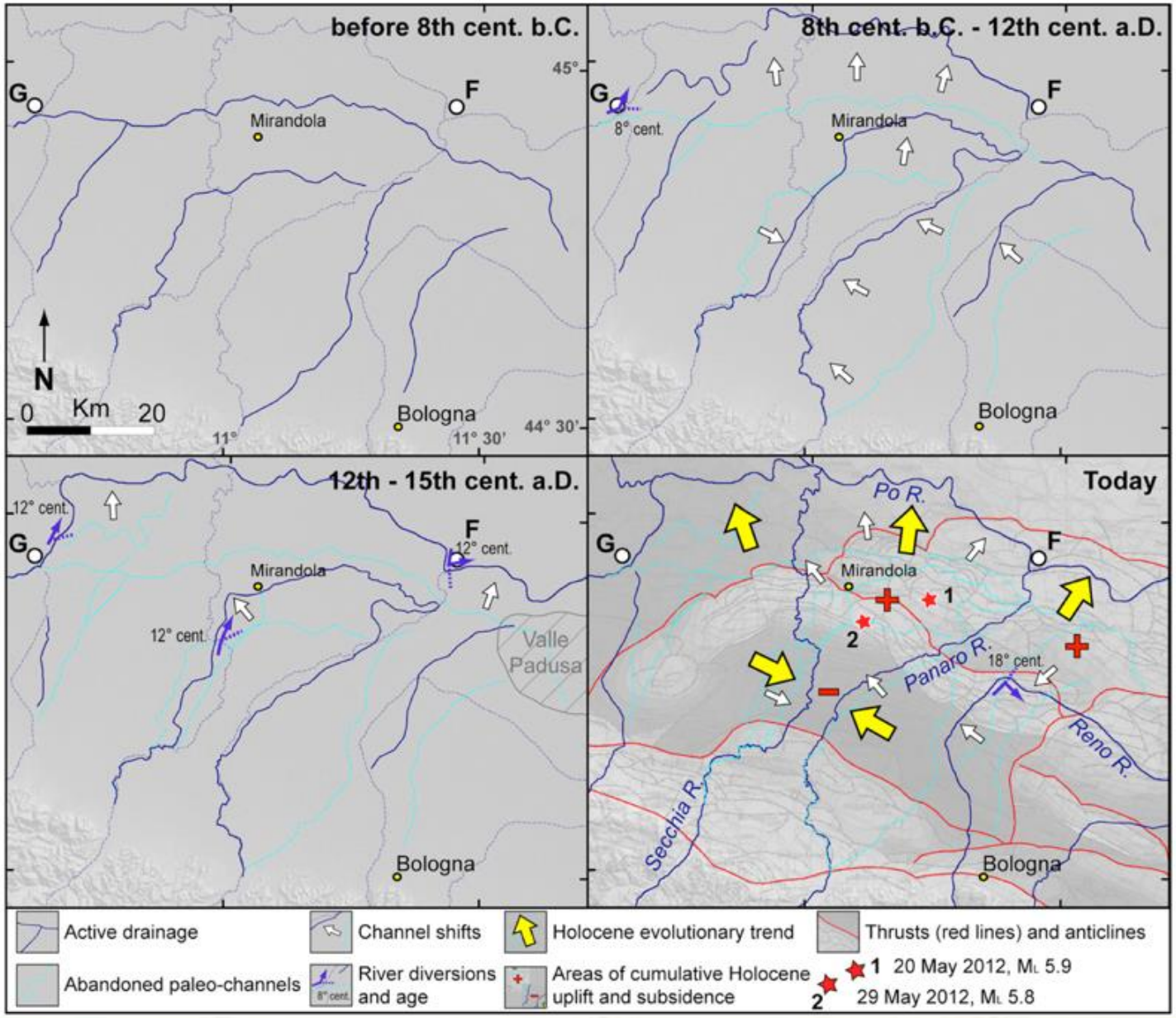
INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

La Geologia dei Terremoti | Deformazione areale



INGV
terremoti
vulcani
ambiente
ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Il mistero della Bassa Modenese svelato?



Burrato et al. [2003]; *Burrato et al.* [2012]

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Bomporto (MO) - Darsena

costruita da Francesco II d'Este (seconda metà del '700)

Accanimento della Natura?
O prevedibile evoluzione del paesaggio?

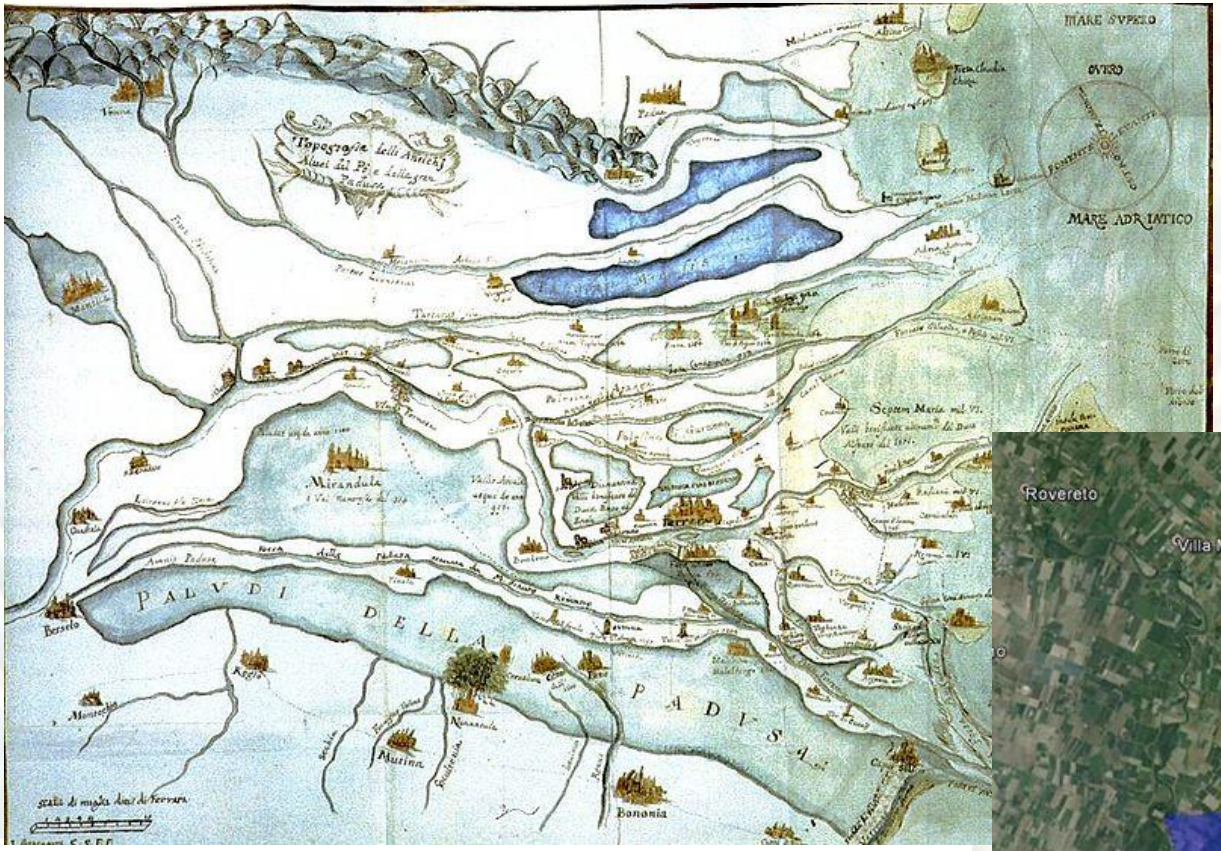
Modena, l'alluvione dopo il terremoto
Gli agricoltori: una catastrofe annunciata

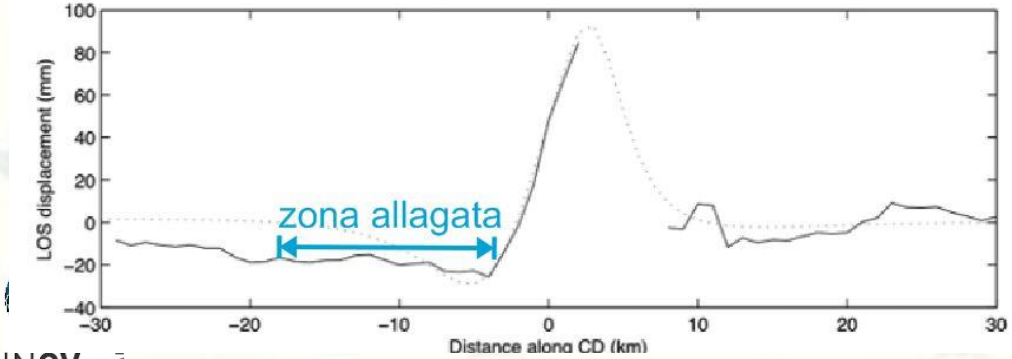
La drammatica conta dei danni: 1000 sfollati, 2500 ettari di colture allagati, 1800 capannoni artig

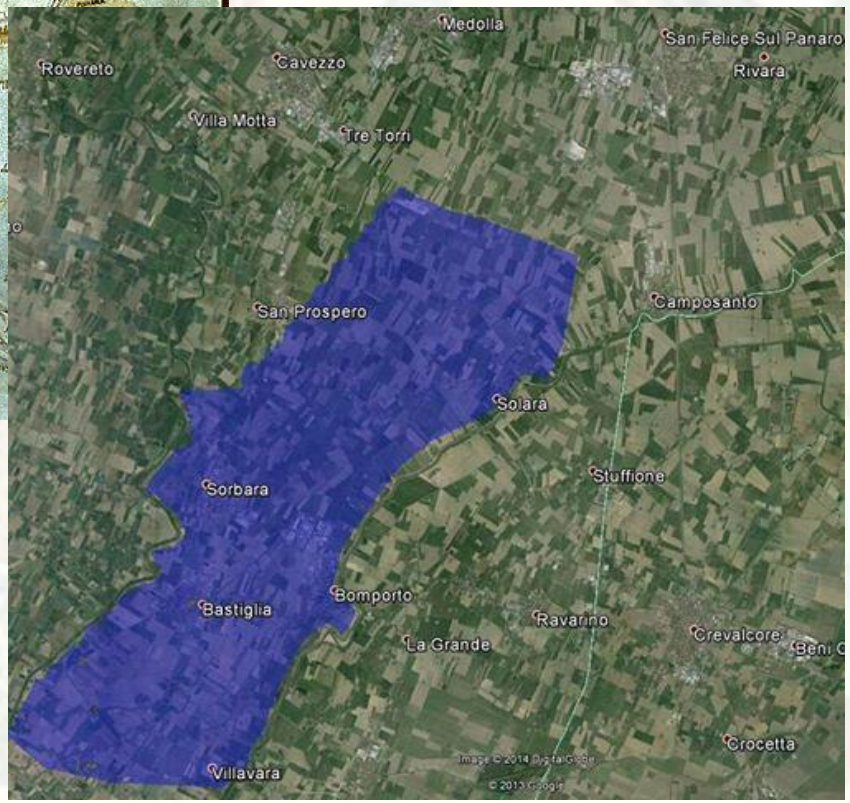
Case allagate a Bomporto (Stefano Cavicchi)

Prima il terremoto. Poi l'alluvione. Nel giro di un anno e mezzo la natura ha voluto accanirsi su questa zona della Bassa tra Modena, Bomporto e Medolla. Un triangolo di terre rigogliose

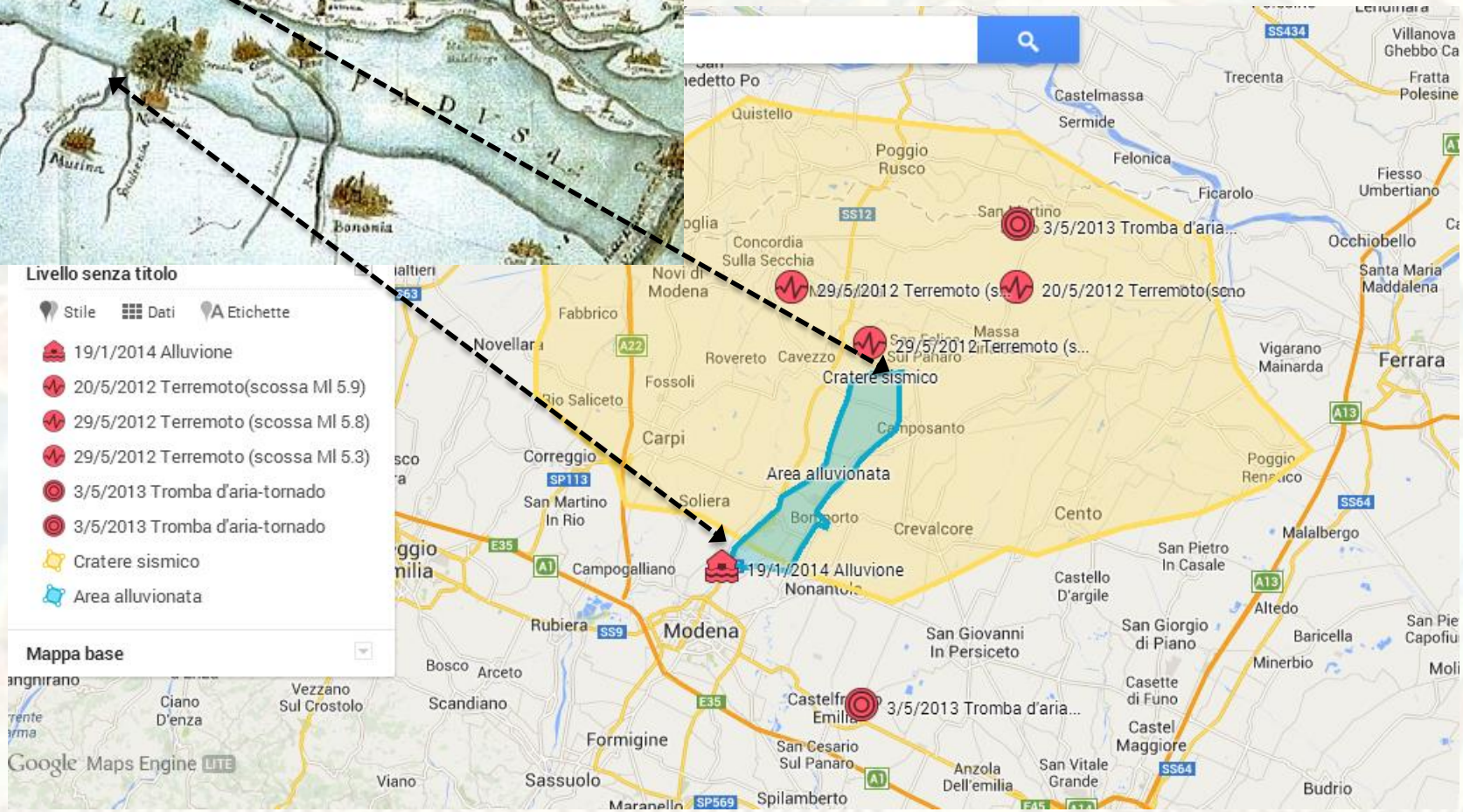
La storia si ripete, seguendo la geologia



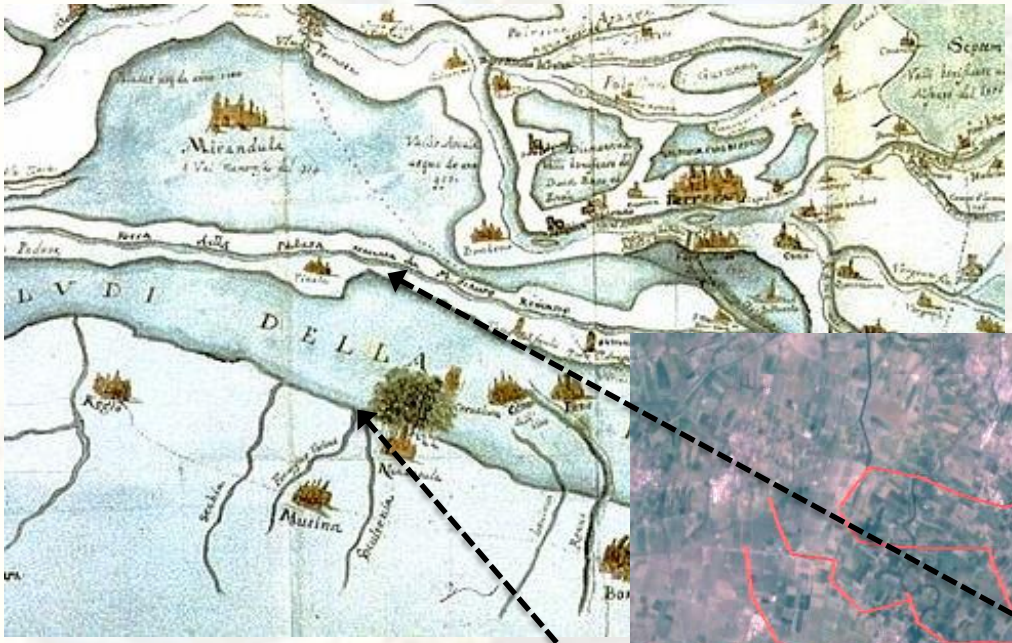


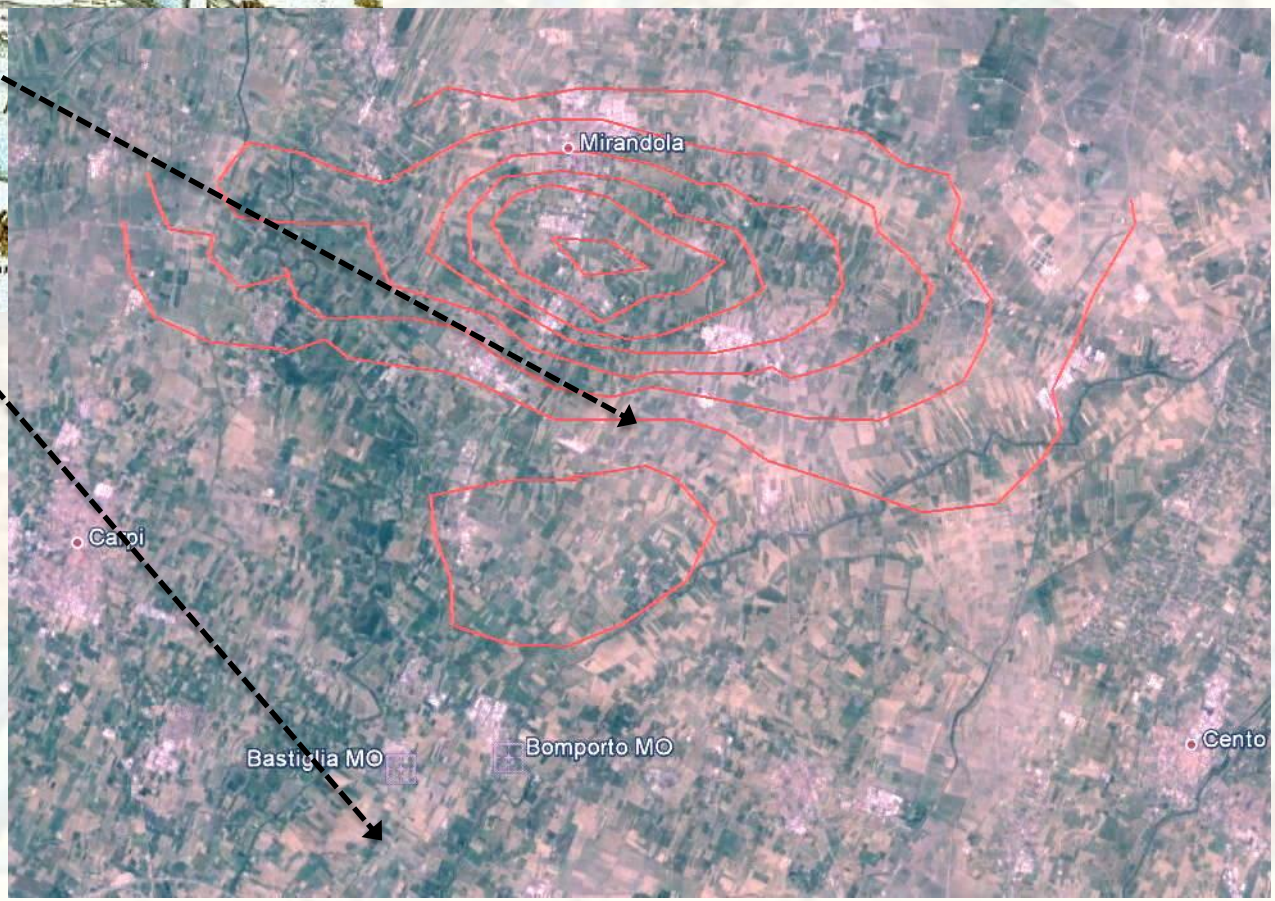


La storia si ripete, seguendo la geologia

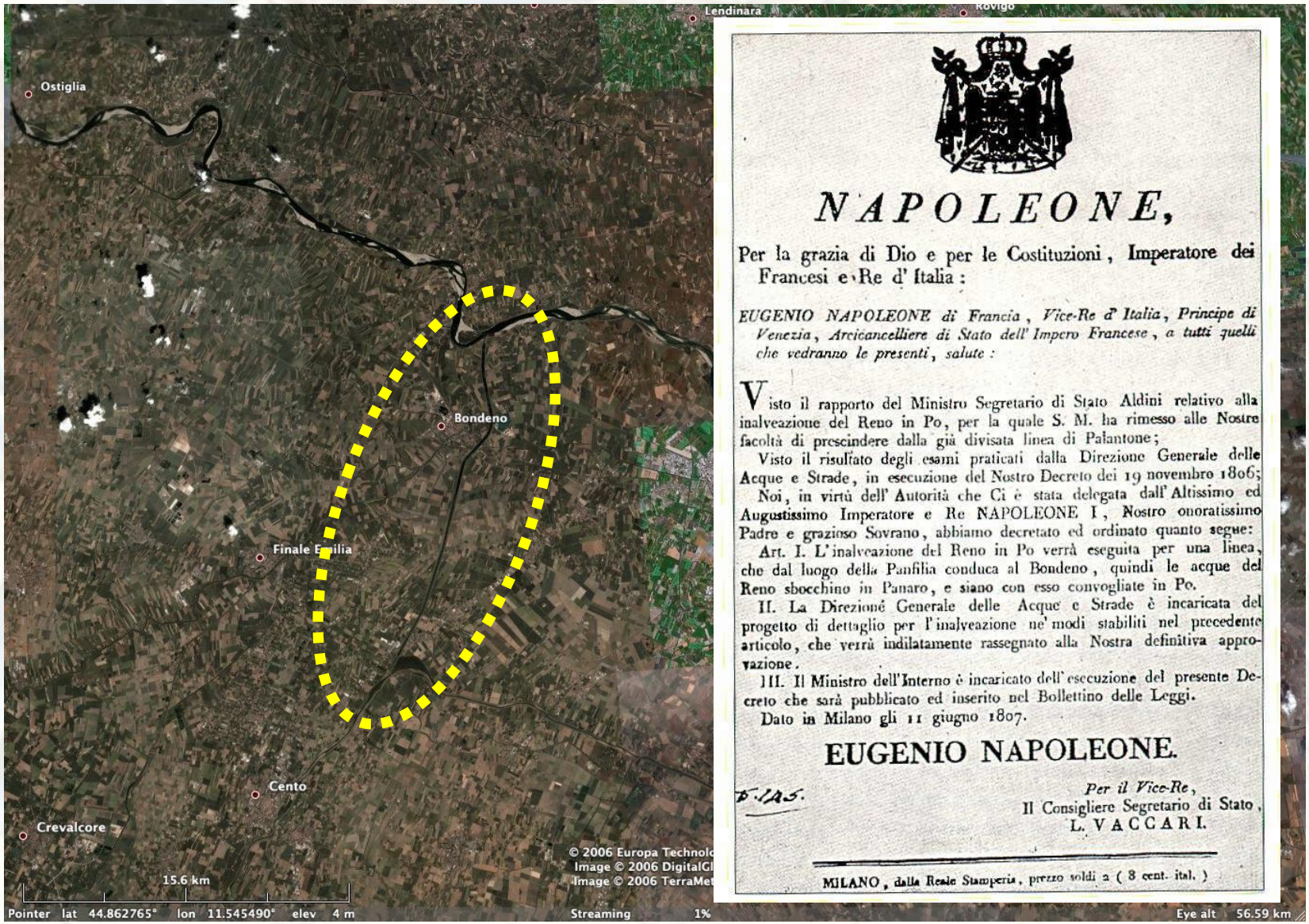


La storia si ripete, seguendo la geologia





Il Reno e il Cavo Napoleonico
(scolmatore di Reno - 1807)



NAPOLEONE,

Per la grazia di Dio e per le Costituzioni, Imperatore dei Francesi e Re d' Italia:

EUGENIO NAPOLEONE di Francia, Vice-Re d' Italia, Principe di Venezia, Arcicancelliere di Stato dell' Impero Francese, a tutti quelli che vedranno le presenti, salute:

Visto il rapporto del Ministro Segretario di Stato Aldini relativo alla inalveazione del Reno in Po, per la quale S. M. ha rimesso alle Nostre facoltà di prescindere dalla già divisata linea di Palantone;

Visto il risultato degli esami praticati dalla Direzione Generale delle Acque e Strade, in esecuzione del Nostro Decreto dei 19 novembre 1806;

Noi, in virtù dell' Autorità che Ci è stata delegata dall' Altissimo ed Augustissimo Imperatore e Re NAPOLEONE I, Nostro onoratissimo Padre e grazioso Sovrano, abbiamo decretato ed ordinato quanto segue:

Art. I. L' inalveazione del Reno in Po verrà eseguita per una linea, che dal luogo della Panfilia conduca al Bondeno, quindi le acque del Reno sbocchino in Panaro, e siano con esso convogliate in Po.

II. La Direzione Generale delle Acque e Strade è incaricata del progetto di dettaglio per l' inalveazione ne' modi stabiliti nel precedente articolo, che verrà indilatamente rassegnato alla Nostra definitiva approvazione.

III. Il Ministro dell' Interno è incaricato dell' esecuzione del presente Decreto che sarà pubblicato ed inserito nel Bollettino delle Leggi.

Dato in Milano gli 11 giugno 1807.

EUGENIO NAPOLEONE.

Per il Vice-Re,
Il Consigliere Segretario di Stato,
L. VACCARI.

MILANO, dalla Reale Stamperia, prezzo soldi 2 (8 cent. ital.)

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Gli effetti del terremoto sull'ambiente naturale

Scuotimento
(*ground shaking*)

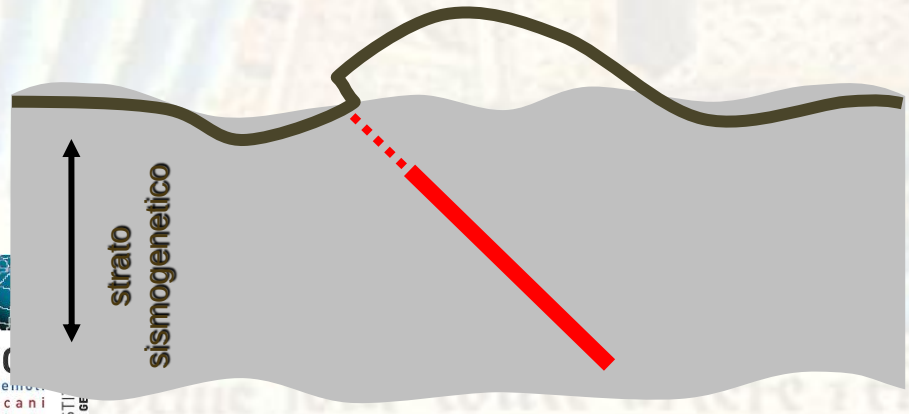
Ha luogo sempre ma è transiente.
Interessa un'area molto più ampia della faglia.
E' responsabile della gran parte del danno.
Può innescare effetti secondari
(*liquefazione, frane, rotture secondarie*).

Deformazione superficiale
(*surface deformation*)

Ha luogo sempre ed è permanente.
Interessa un'area ampia (lunghezza faglia x2).
Può produrre danni limitati a infrastrutture.
Può innescare altri effetti geologici
(*deviazioni di fiumi, tsunami*).

Fagliazione superficiale
(*surface rupture*)

Ha luogo dove la faglia emerge. E' permanente.
Interessa un'area limitata(< lunghezza faglia).
Può produrre danni significativi.
Può innescare altri effetti geologici
(*sbarramento di fiumi, ristagni di acqua*).



La Geologia dei Terremoti | Fagliazione superficiale

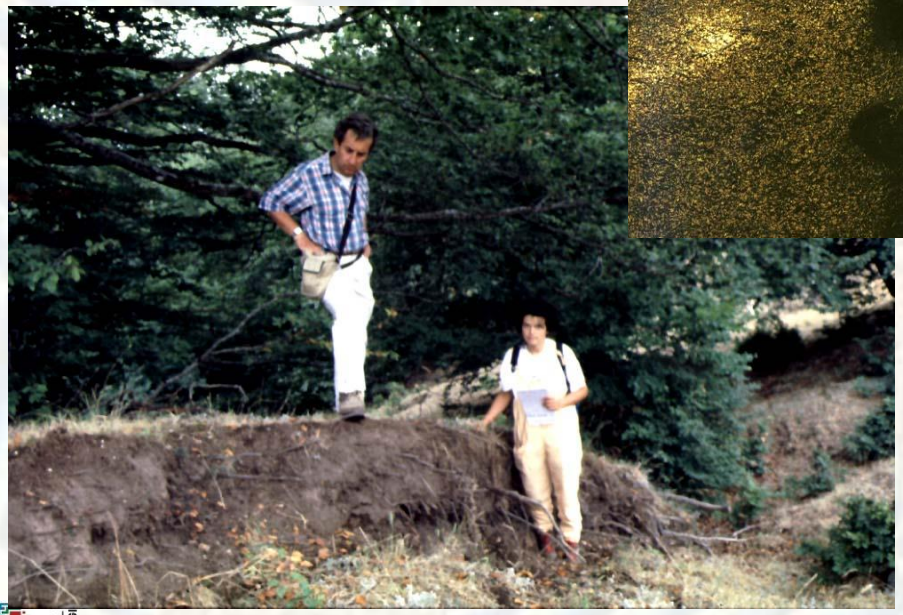
Terremoto di Landers, California, 1992 (M_w 7.3)
(generato da una faglia trascorrente-inversa)

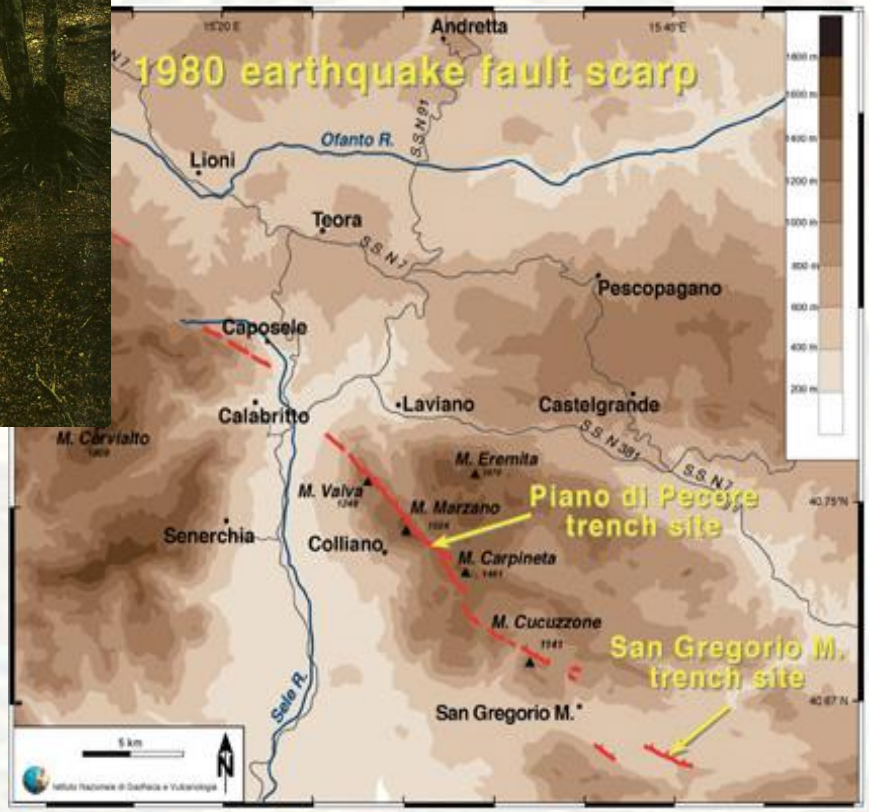
La Geologia dei Terremoti | Fagliazione superficiale

Terremoto di Chi Chi, Taiwan, 1999 (M_W 7.3)
(generato da una faglia inversa)

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

La Geologia dei Terremoti | Fagliazione superficiale





Terremoto dell'Irpinia, 1980 (M_w 6.9)
(generato da una faglia normale o diretta)

La Geologia dei Terremoti | Fagliazione superficiale

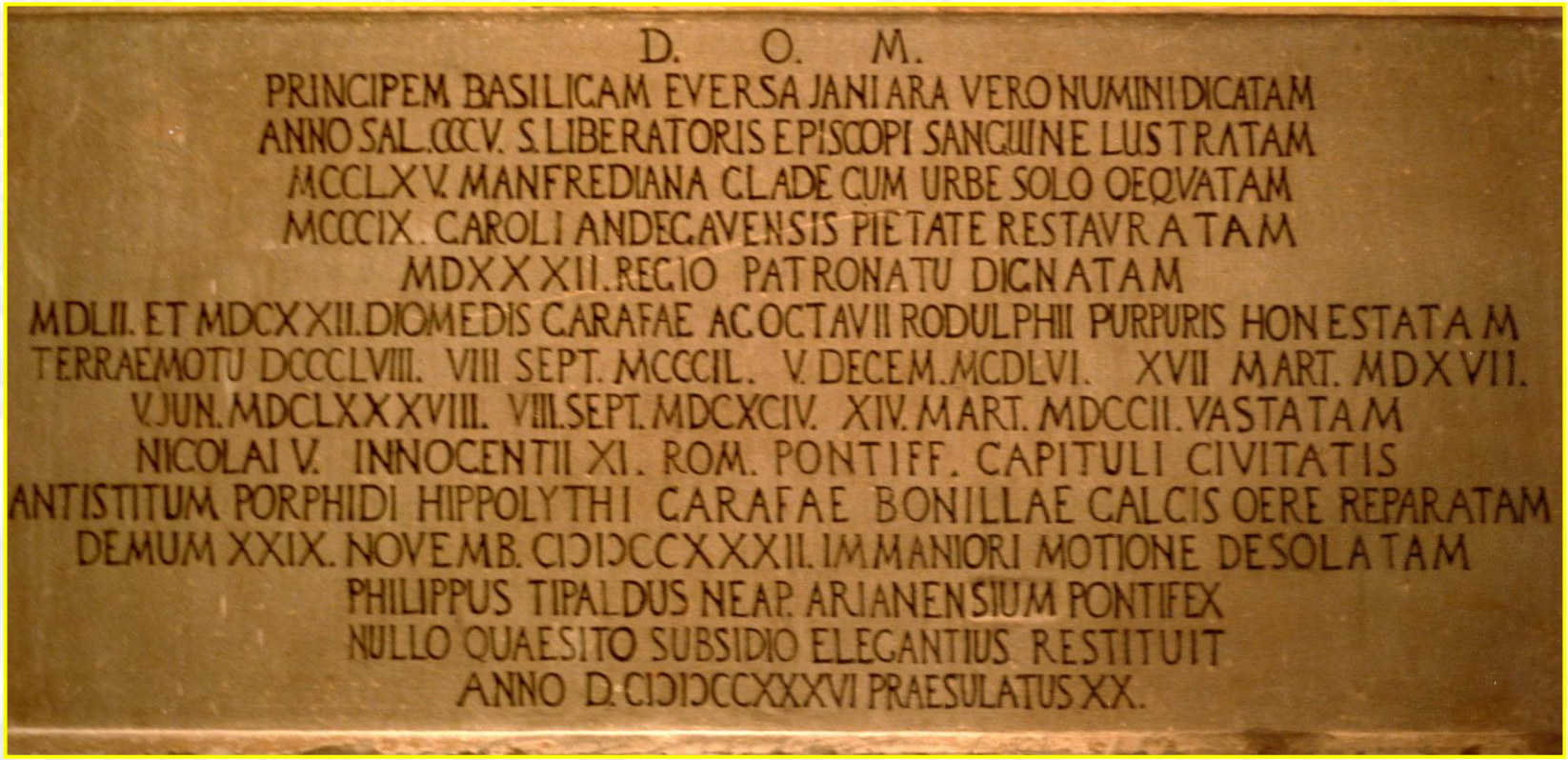
Paleoterremoti della Faglia dell'Irpinia

Evento	Età (anni B.P.)	dislocazione verticale (cm)
1	1980 A.D.	45–53
2	1415–2755	47–55
3	3510–4280	47
4	4410–6770	73–81
5	6735–8600	74–98

Pantosti et al. [1993]

3. In cerca di sorgenti sismogeniche

Geologia e storia si interpellano a vicenda



INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

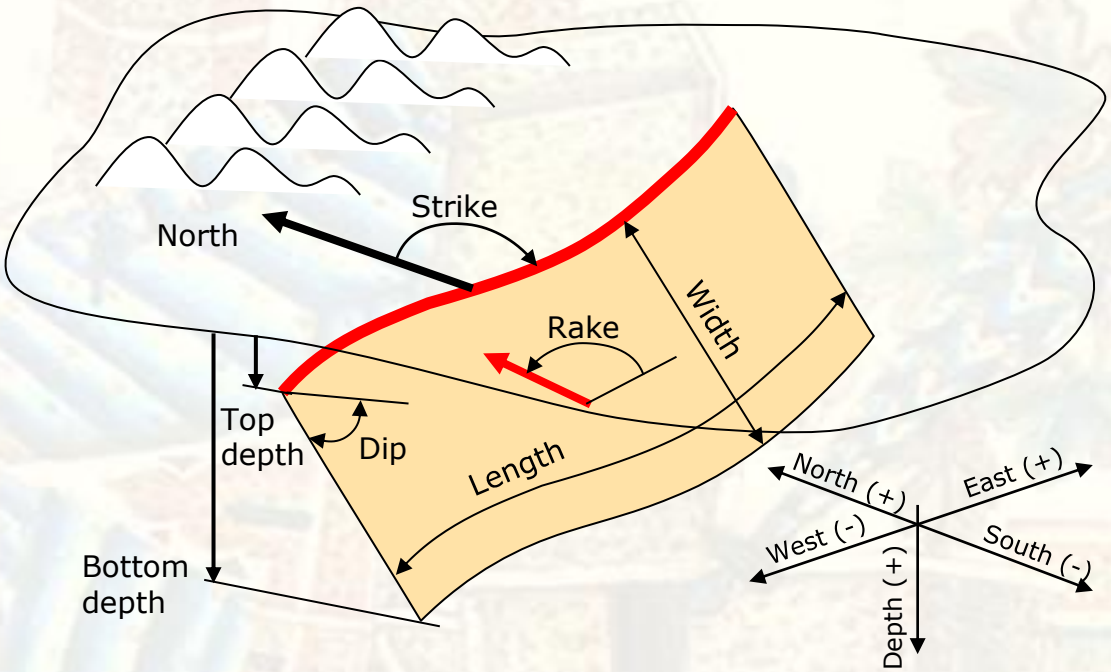
L'individuazione delle sorgenti sismogeniche

Principi e buone pratiche

- ✓ Si parte dai grandi terremoti storici (pre-strumentali) come **sicura evidenza** dell'esistenza di una grande faglia sismogenetica.
- ✓ I grandi terremoti dell'Appennino meridionale appaiono ben organizzati in quello che viene chiamato "**modello di segmentazione**", dove la terminazione di una grande faglia coincide con l'inizio della successiva.
- ✓ Alcune grandi faglie mostrano subito una **coincidenza** spaziale e geometrica con le principali **singolarità dell'edificio appenninico**, suggerendo un forte controllo sulla sismicità da parte dell'assetto strutturale più antico, e anche che alcuni forti terremoti siano "**caratteristici**".

L'individuazione delle sorgenti sismogeniche

Necessità di immaginare una geologia in tre dimensioni



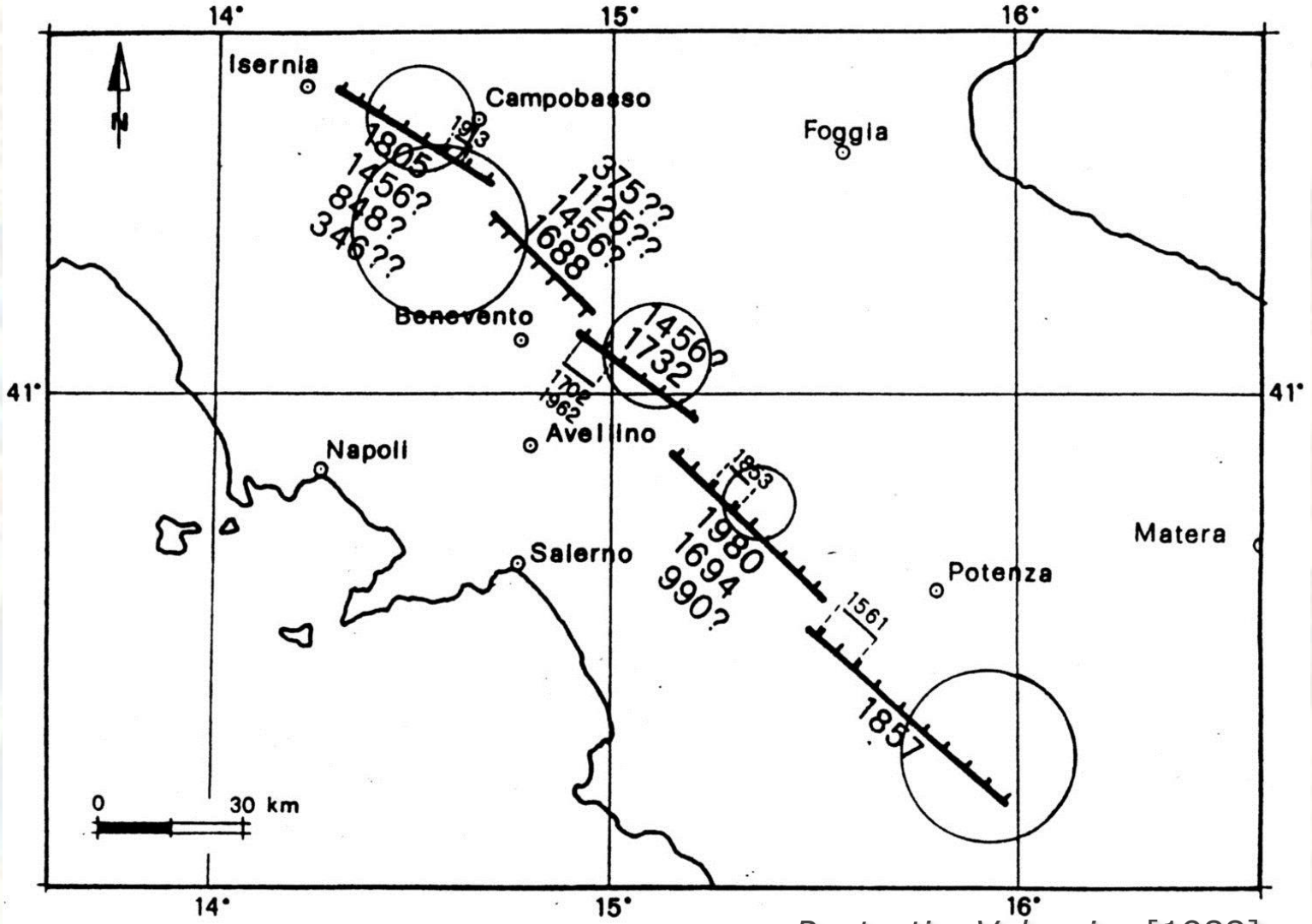
Geometria
Localizzazione: Lat, Lon, Depth
Dimensioni: Length, Width
Orientazione: Strike, Dip

Comportamento
Rake
Slip Rate
Earthquake Magnitude
Activity Rate

Formalizzazione di una sorgente sismogenica tridimensionale

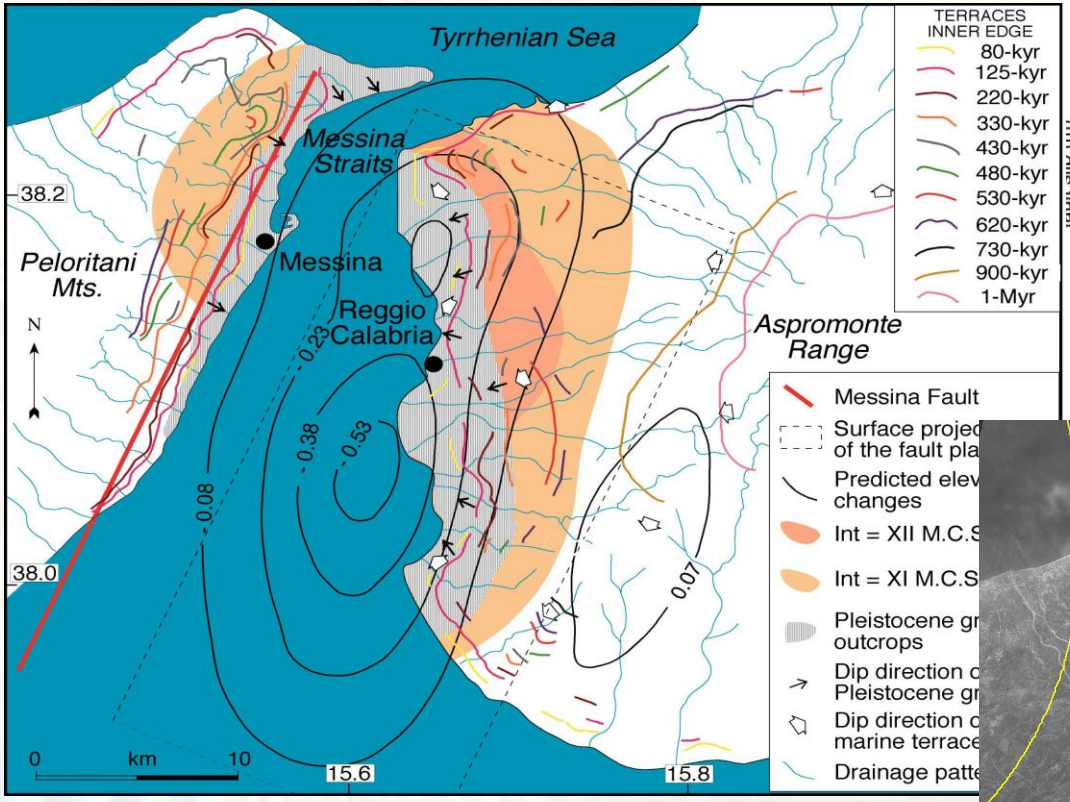
L'individuazione delle sorgenti sismogeniche

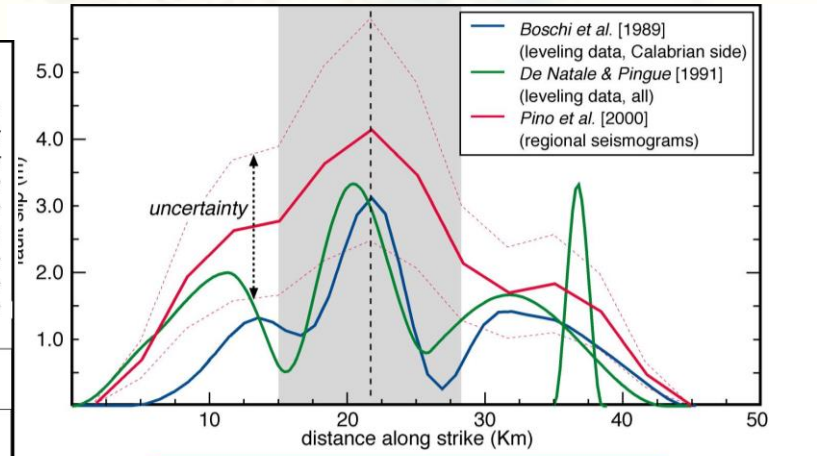
La segmentazione delle faglie

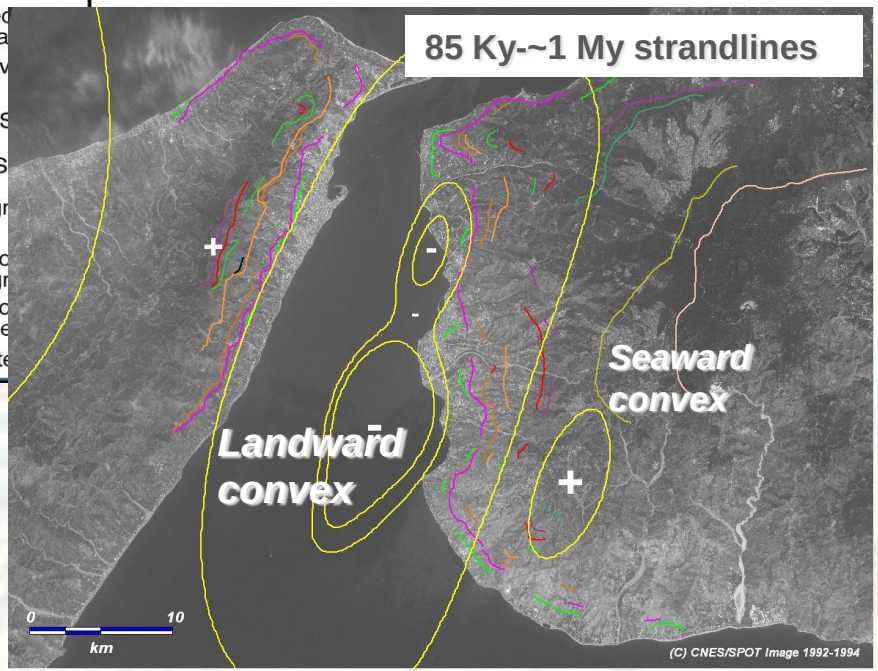


Pantosti e Valensise [1988]

Un riesame dei grandi terremoti del XX secolo:
Il terremoto del 28 dicembre 1908 a Reggio e Messina



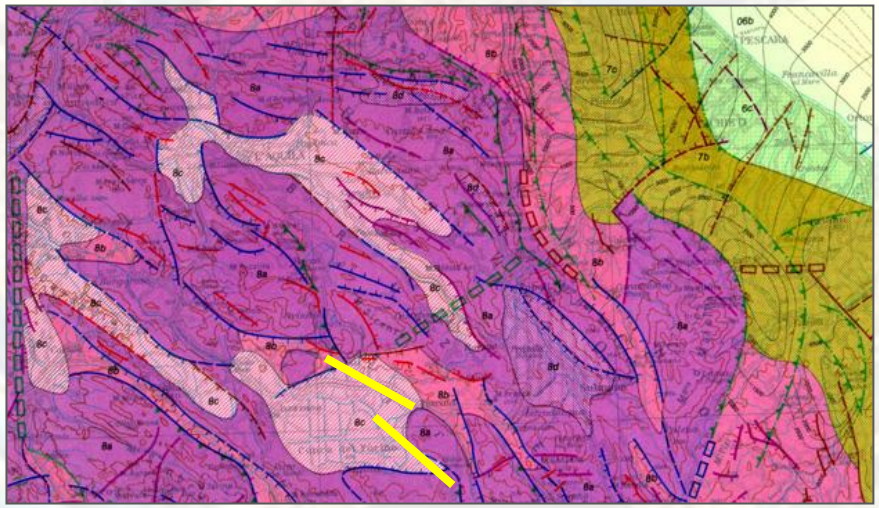




Valensise e Pantosti [1992]

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Un riesame dei grandi terremoti del XX secolo:
Il terremoto del 13 gennaio 1915 nella Marsica



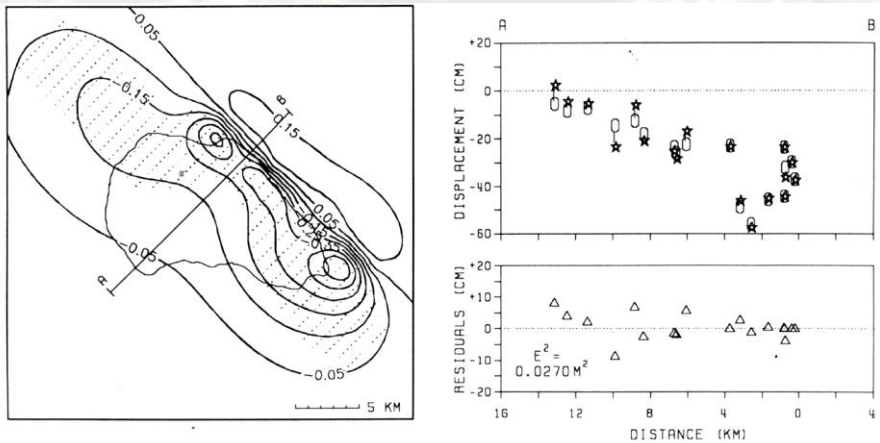
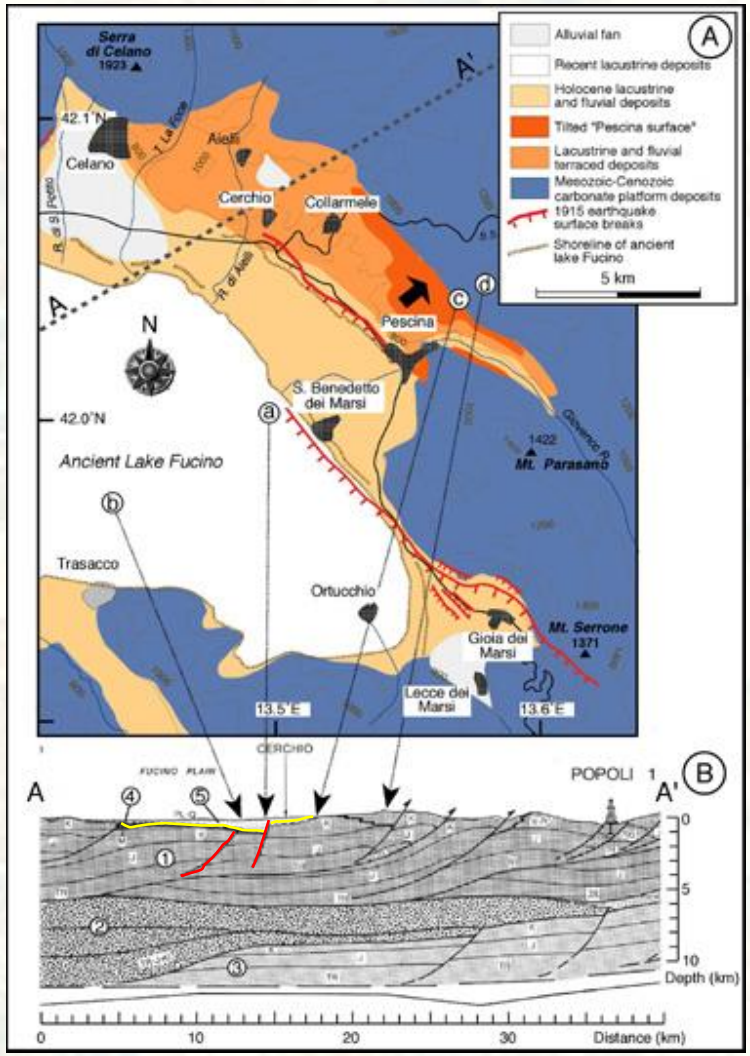
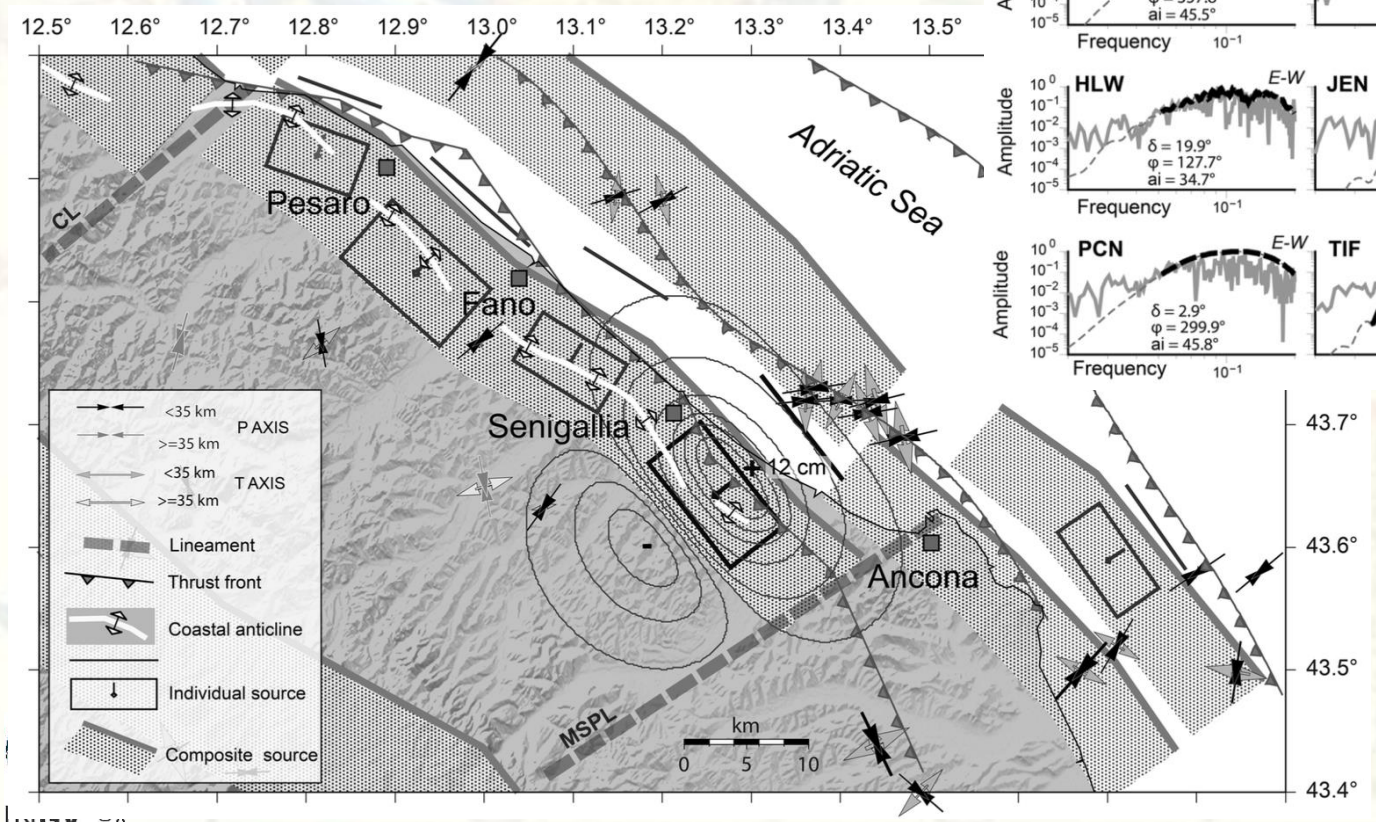


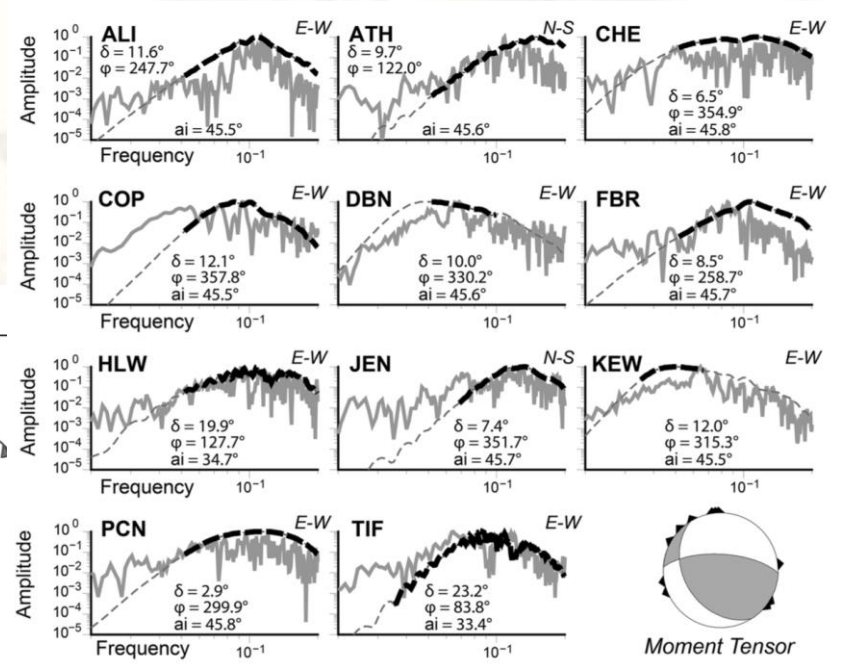
FIG. 8. (*Left*) Contour map of vertical surface deformation at 0.1 m intervals for the VSP model of Figure 7. Light dots represent the surface projection of locations of non-zero slip. (*Right*) Observed and theoretical vertical displacements (*top*) and VSP residuals (*bottom*) projected along A-B. Summed square error (0.027 m^2) is six times less than the best USP fit and about 4 per cent more than the expected survey error.



INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Un riesame dei grandi terremoti del XX secolo:
Il terremoto del 30 ottobre 1930 a Senigallia

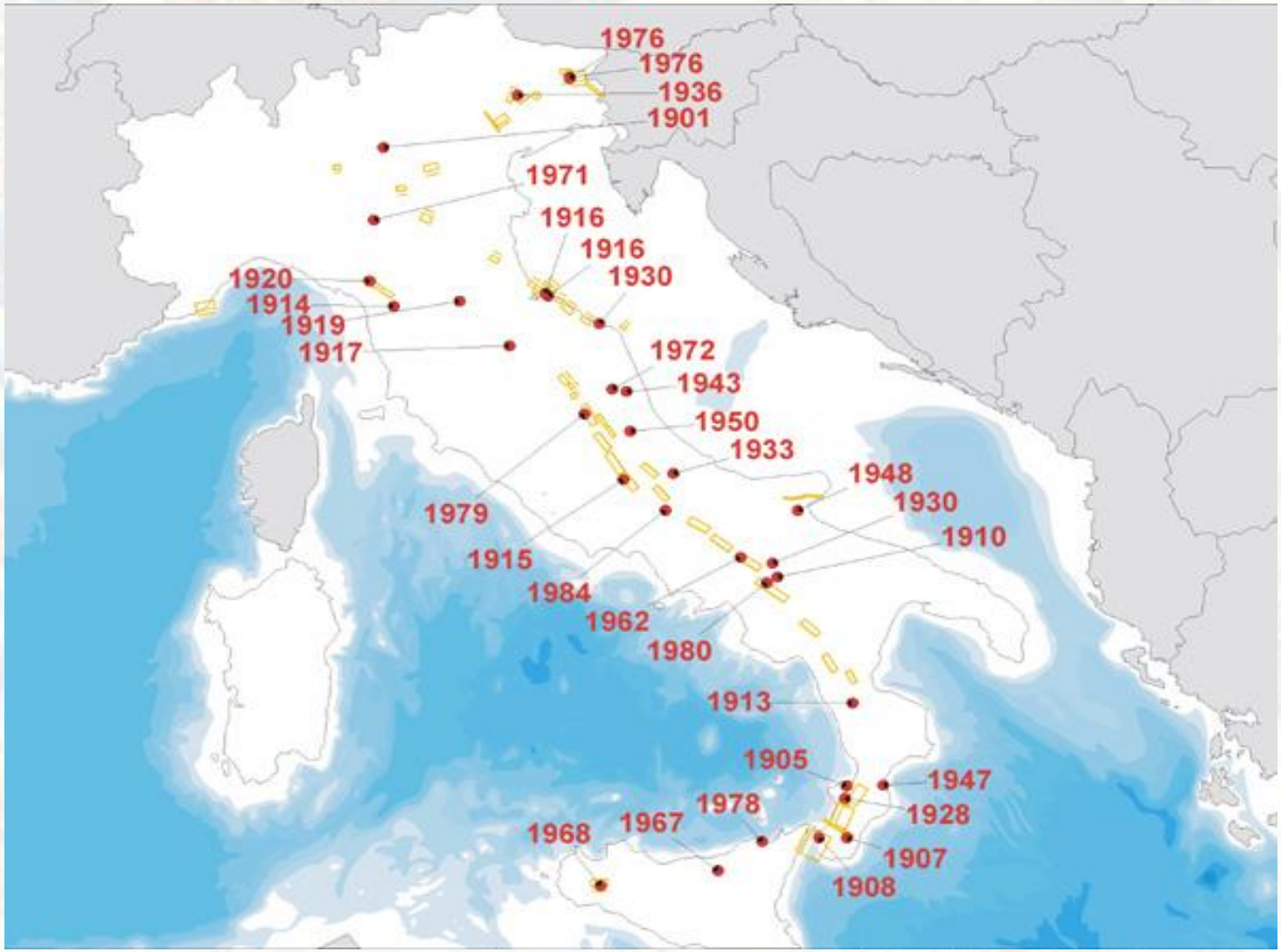




Vannoli et al. [2003]
Vannoli et al. [2015]

Un riesame dei grandi terremoti del XX secolo:

Il quadro inizia a comporsi



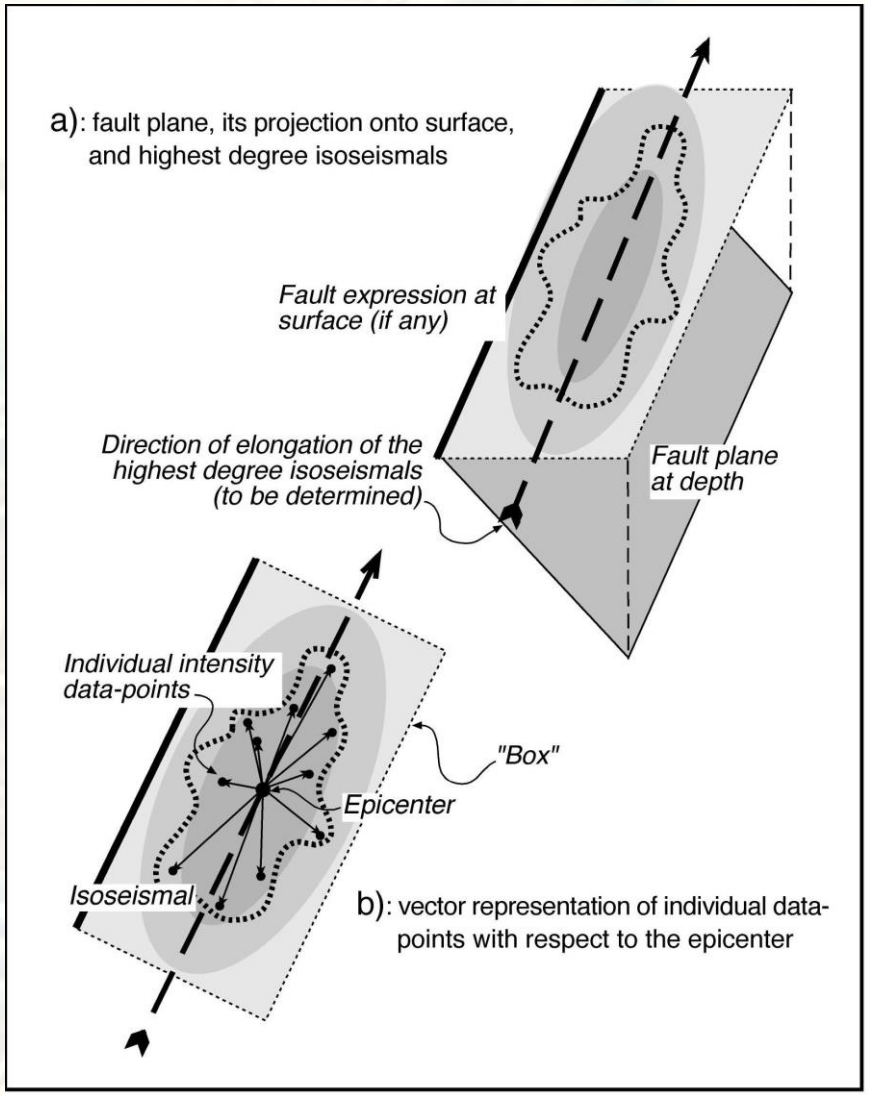
INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

1999 | introduzione del codice Boxer

Nuova vita ai dati di sismologia storica

Un metodo per ottenere l'**epicentro** (inteso come baricentro dei danni), la **magnitudo** e l'**orientazione** della sorgente a partire dalla distribuzione delle massime intensità causate dal terremoto rese disponibili dai cataloghi "di nuova generazione", restituendo una sorgente confrontabile con quelle ottenute da dati geologici.

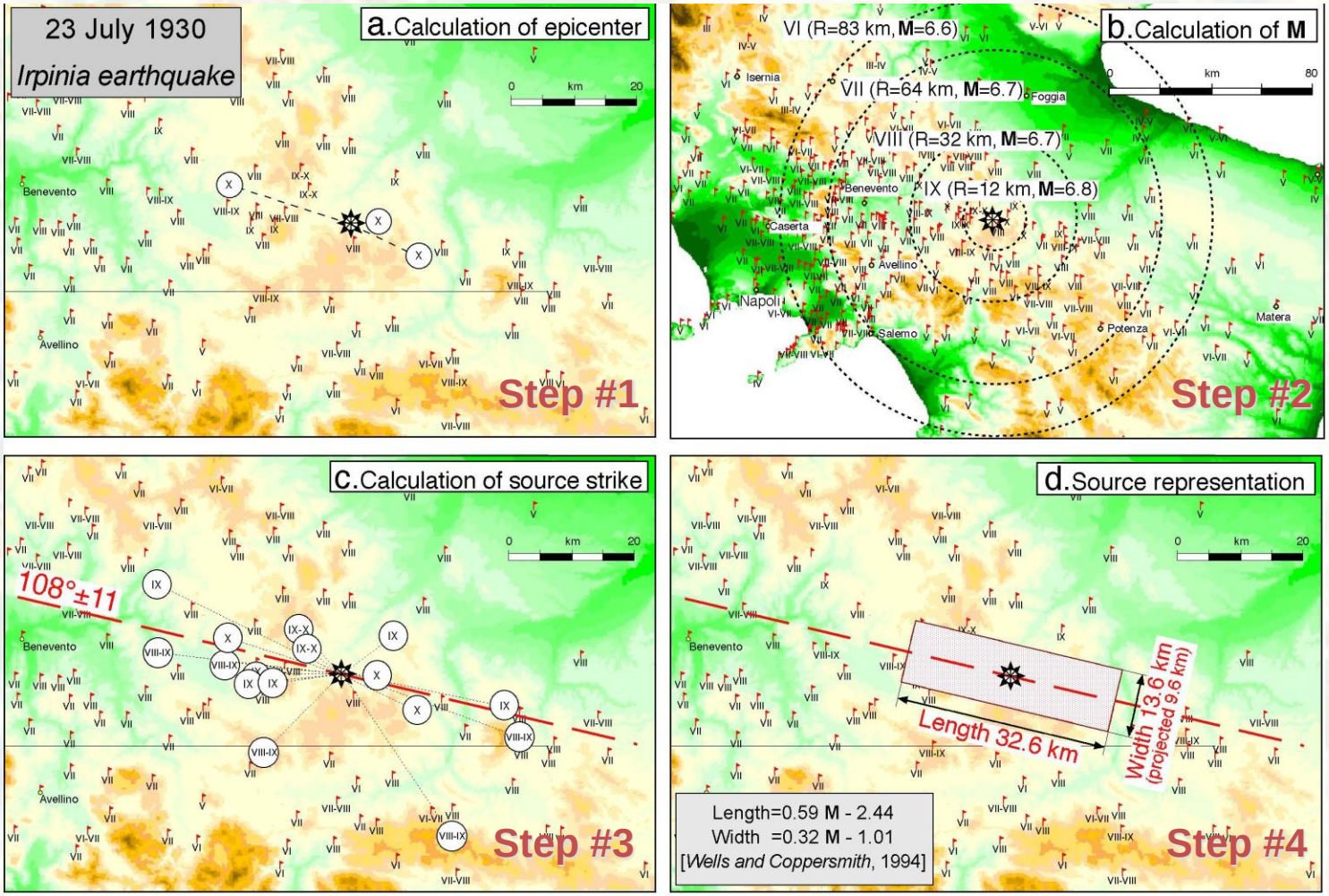
Il metodo funziona in modo soddisfacente solo a partire da M **5.5**. Eventuali fenomeni di **direttività** e difformità della risposta dovute al ***radiation pattern*** si assumono mediate tra i diversi punti analizzati.



Gasperini et al. [1999]

1999 | introduzione del codice Boxer

Nuova vita ai dati di sismologia storica



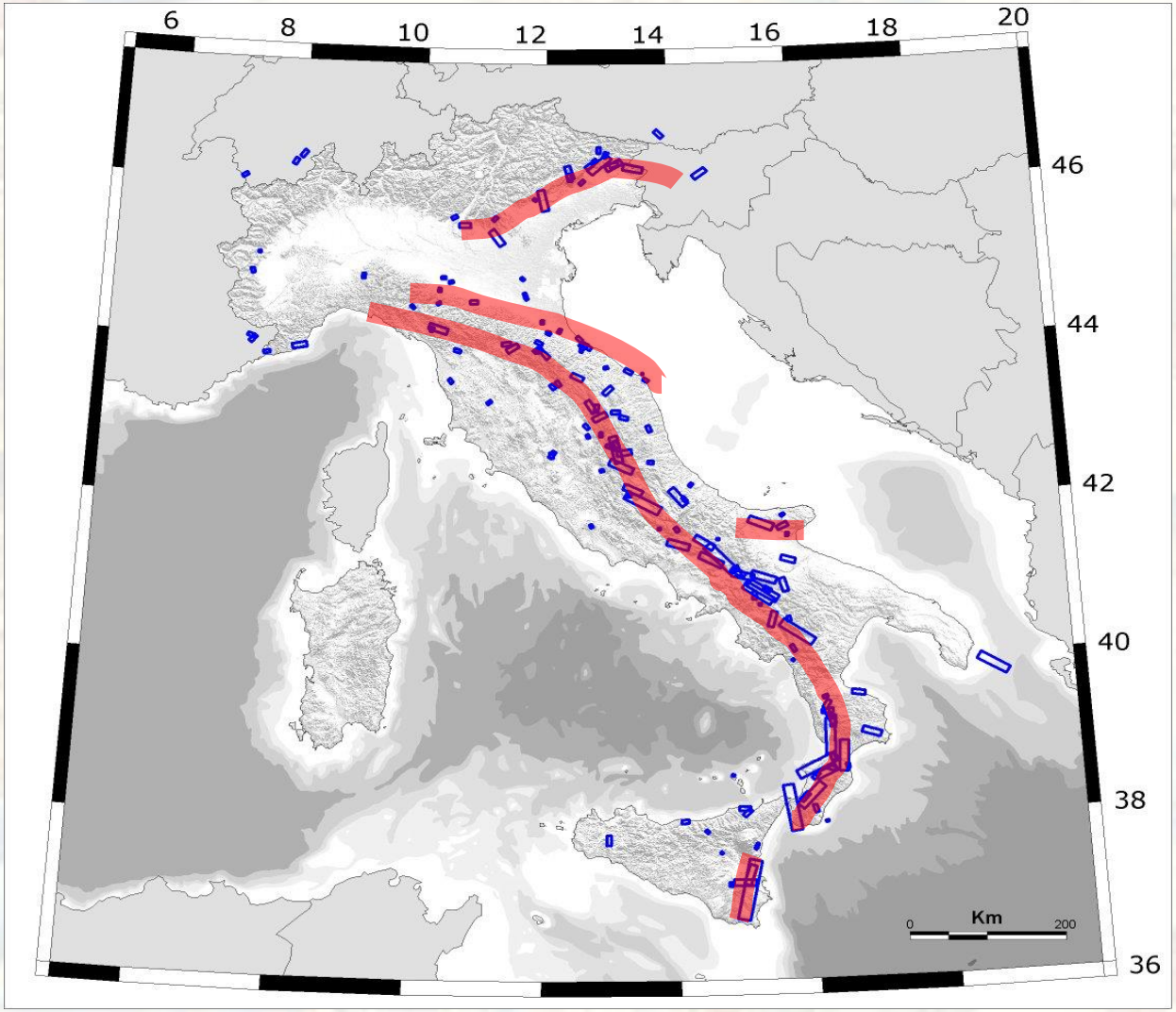
Gasperini et al. [1999]

1999 | introduzione del codice Boxer

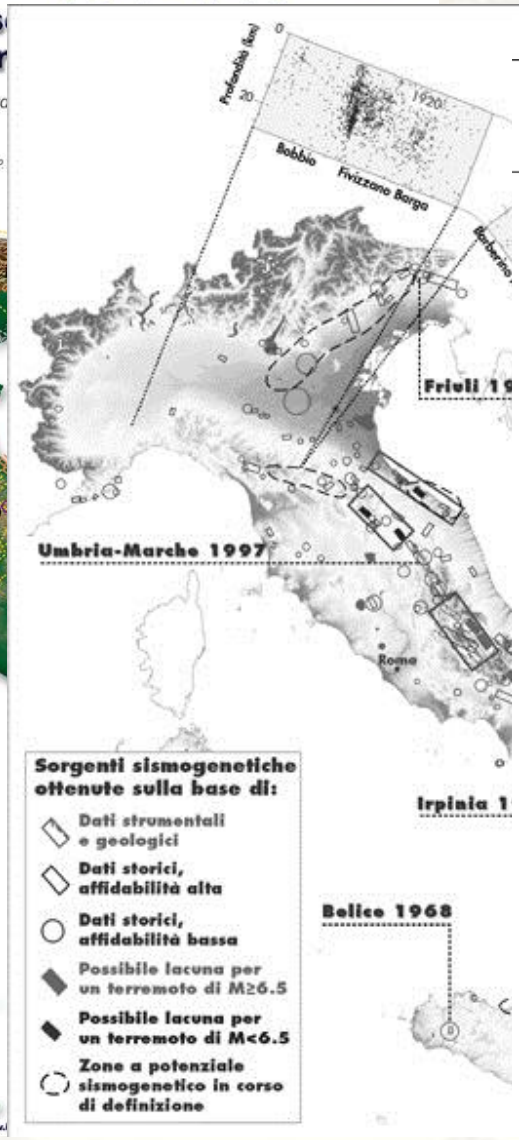
Un modello di segmentazione su base storica

La **risoluzione** offerta da questo dataset è decisamente soprendente. Le inevitabili incertezze sono ben compensate dal fatto che le sorgenti ottenute sono certamente **sismogeniche**.

Il loro contributo alle conoscenze ottenute per via puramente geologico-tettonica è dunque determinante per "**riempire gli spazi**".



1998-1999 | Storia e geologia si incontrano!



24 DOMENICA 12 SETTEMBRE 1999 — Corriere della Sera

Corriere Scienza
UOMO/TECNOLOGIA/NATURA

Le aree sono classificate ad alto rischio perché da troppo tempo non sono soggette a movimenti sismici

Le quattro zone dove si aspettano i terremoti

Sono distribuite sugli Appennini, l'arco calabro e la Sicilia orientale

C'è una nuova mappa dell'Italia sismica, elaborata dai ricercatori dell'Istituto nazionale di geofisica (Ing), che riassume le conoscenze più aggiornate sulle faglie in grado di generare i forti terremoti italiani. In questa mappa gli studiosi hanno potuto evidenziare le cosiddette lacune sismiche, cioè le aree sismiche in cui da tempo non si verificano forti terremoti e che, quindi, sono esposte a terremoti significativi in futuro. Presentata in un recente convegno a Erice, la mappa rappresenta un approccio innovativo alla valutazione della pericolosità sismica del nostro Paese. «Tradizionalmente, la valutazione della pericolosità sismica si basa sulla identificazione di aree in cui i terremoti tendono ad avere sempre le stesse caratteristiche, individuate dalle informazioni contenute nei cataloghi storici e dai dati geologici — spiegano i ricercatori Ing —. Gli studi intrapresi negli ultimi anni puntano anche alla identificazione e descrizione delle faglie attraverso studi di sismologia storica, paleosismologia e sismologia strumentale. Poi, con l'aiuto di un modello fisico-matematico, si tenta di capire come si ripetono i forti terremoti».

A tutto questo si è aggiunto ora il concetto nuovo di lacuna: la ricerca del terremoto che non c'è e che, invece, ci dovrebbe essere. «Si è potuto accertare — aggiungono gli studiosi — che in un sistema di faglie l'attivazione avviene con la rottura in tempi successivi di segmenti, ognuno dei quali è lungo da alcune decine di chilometri fino a diverse centinaia di chilometri. Se uno di questi segmenti, già interessato da terremoti nel lontano passato, è rimasto immobile per molti secoli, mentre i segmenti adiacenti si sono attivati, allora possiamo supporre di essere in presenza di una lacuna sismica».

L'individuazione delle lacune sismiche lungo una fascia sismogenetica non può portare alla previsione di un terremoto, cioè all'indicazione precisa di quando esso avverrà, tuttavia costituisce un importante risultato scientifico e un elemento per orientare le strategie di prevenzione. Così poteva essere, ma non è stato, in Turchia, dove il disastroso terremoto di Izmit si è scaricato in una lacuna segnalata con largo anticipo dai sismologi.

In Italia gli studi dei sismologi hanno portato, finora, all'identificazione di diverse zone a elevata pericolosità sismica. Nell'ambito di esse sono presenti alcune lacune sismiche in cui il deficit di energia, accumulato negli ultimi secoli, sarà colmato con il verificarsi di forti terremoti. Le principali lacune evidenziate dagli studiosi ricadono in una fascia che comprende la dorsale appenninica, l'arco calabro e la Sicilia orientale. Le magnitudo massime dei terremoti attesi dovrebbero essere inferiori a 6.5 nell'Appennino settentrionale, e intorno a 7 nell'Italia meridionale, di gran lunga inferiori, quindi, alla magnitudo del recente terremoto turco, ma egualmente preoccupanti, date le condizioni del nostro patrimonio edilizio storico.

«Vorremmo sottolineare — precisano i ricercatori dell'Ing — che le lacune finora identificate sono solo una parte di quelle che presumiamo esistano. Questa mappa, infatti, rappresenta solo il punto di partenza per comprendere le modalità di accumulo e rilascio dell'energia sismica, e per identificare le lacune ancora sconosciute».

Franco Foresta Martin

Uno studio dell'Istituto nazionale di geofisica

L'Italia a rischio

DOVE NASCONO I TERREMOTI
(Zone sismogenetiche: fasce lunghe decine di km attraversate da sistemi di faglie lungo cui si manifestano i terremoti)

1 **Arco Pede-Alpino dell'Italia Nord Orientale**. Dal confine con la Slovenia al Monte Berico. **Ultimo sisma: Friuli 1976 - 6,5** scala Richter

2 **Arco Padano**. Dal Lodigiano al Friuli, passando per Cremona e Mantova. **Ultimo sisma: Reggio Emilia 1996 - 5,4** scala Richter

3 **Appennino Centro-Settentrionale**. Dalla Lunigiana alla Valfabbrica, passando per Garfagnana e Mugello. **Ultimo sisma: Colfiorito 1997 - 6** scala Richter

4 **Appennino Centro-Meridionale**. Dalla Majella al Massiccio del Pollino, passando per Aquilano, Fucino, Marsica, Sannio, Irpinia, Lucania. **Ultimo sisma: Irpinia 1980 - 6,9** scala Richter

5 **Arco Calabro**. Dalla Piana di Gioia a Reggio. **Ultimo sisma: Messina-Reggio 1908 - oltre 7** scala Richter

6 **a. b. Sicilia Settentrionale e orientale**. Fascia costiera Nord e dalla Piana di Catania agli Iblei. **Ultimo sisma: Val di Noto 1693 - 7** scala Richter

7 **a. b. c. Fascia Adriatico-Ionica**. Rimini-Sud, Gargano e Crotonese

8 **a. b. c. d. Aree Vulcaniche**. Amiata, Vulsini, Vulcino Laziale, Campi Flegrei, Vesuvio, Etna

ZONE AD ALTISSIMO PERICOLO
(Lacune sismiche: segmenti di faglie immobili da molti secoli)

- **Appennino Centro-Settentrionale**, tra il Capoterno e Città di Castello. Potenziale superiore a **6,5** scala Richter
- **Appennino Centrale**, zona dell'Aquilano, tra Rieti e Sulmona. Potenziale superiore a **6,5**
- **Arco Calabro Settentrionale**, tra Castrovillari e Cosenza. Potenziale superiore a **6,5** scala Richter
- **Sicilia Orientale**, Val di Noto. Potenziale superiore a **6,5** scala Richter

A questo elenco vanno aggiunte probabili lacune nella Costiera Adriatica, tra Marche e Romagna, e nell'Appennino Centro-Meridionale, nel Sannio.

L'unica arma è la prevenzione

Ma esiste davvero la possibilità scientifica di individuare le zone dove è più alta la probabilità che si verifichi un terremoto? Lo abbiamo chiesto al professor Franco Barberi, sottosegretario alla Protezione civile.

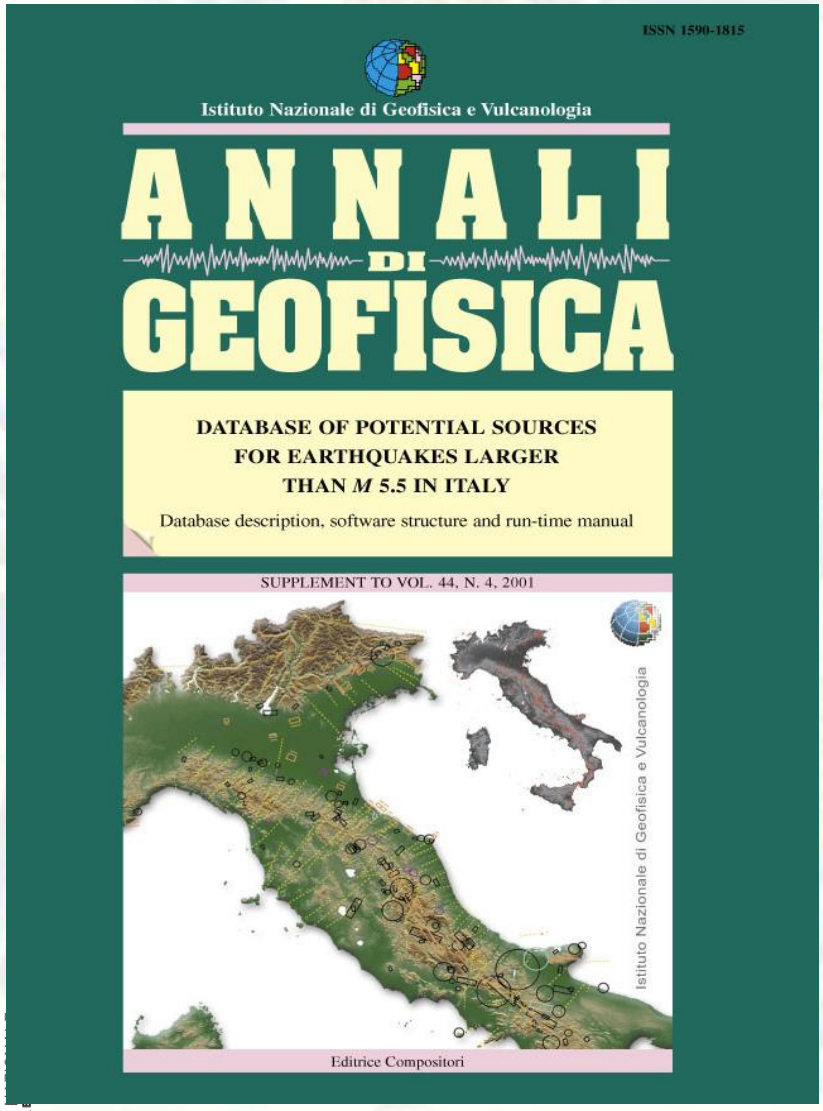
«Io sono convinto di sì. Fra i vari possibili approcci, ritengo che quello dell'individuazione delle lacune sismiche sia uno dei più promettenti. Infatti, sono stato io stesso a chiedere all'Istituto nazionale di geofisica, e alla comunità scientifica in genere, di affrontare queste ricerche».

La valutazione del rischio sismico in Italia, ricorda Barberi, finora si basava essenzialmente sulla statistica degli accadimenti e sulla vulnerabilità del patrimonio edilizio. Sappiamo che oltre il 40% del territorio è considerato a rischio e oltre il 50% degli edifici è giudicato inadeguato. «Il quadro è preoccupante — osserva Barberi — e l'unico modo per difendersi è attuare una politica di prevenzione consistente nell'adeguamento edilizio. Ma il fabbisogno finanziario è gigantesco. Allora ci chiediamo: di fronte a risorse limitate, dove intervenire prima? Le lacune ci offrono un possibile criterio, che giudichiamo valido anche perché si è visto che funziona».

Barberi ricorda che, analizzando il modo con cui si è liberata l'energia nei recenti terremoti italiani, ultimo quello Umbro-Marchigiano del 1997-98, le scosse si sono succedute nei vari segmenti di faglia in modo tale da colmare le lacune. «Fermo restando che dobbiamo controllare tutto il territorio esposto al rischio sismico, rivolgiamo maggiore attenzione alle zone vicine alle lacune sismiche. Gli incentivi per il consolidamento dei vecchi edifici, la predisposizione dei piani di emergenza con l'individuazione di aree di sgombero, l'informazione alla popolazione, sono fra le misure che sollecitiamo». (F.F.M.)

2001 | Prima release pubblica

Database of Individual Sismogenic Sources (DISS 2.0 , 2001)



2015 | Ultima release pubblica

Database of Individual Sismogenic Sources (DISS 3.2.0 , 2015)

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Servono ancora i dati di sismologia storica?

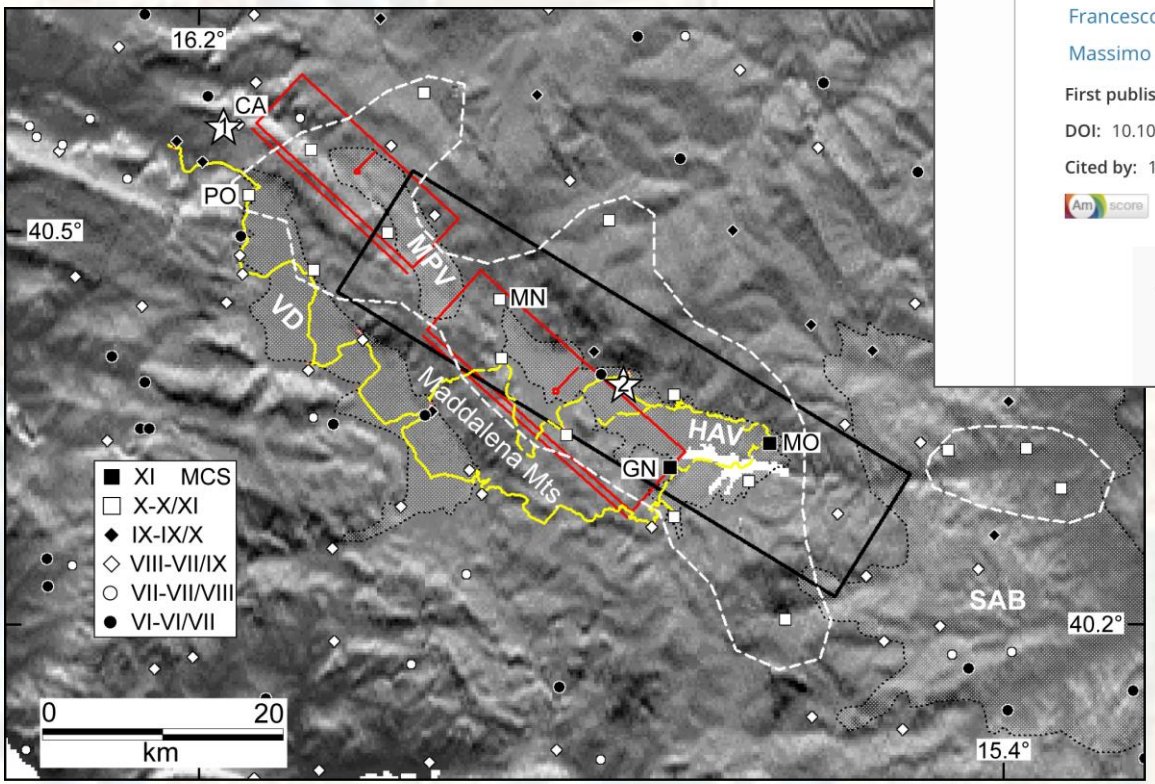
Non di sole “scatole”

I possibili utilizzi dei dati di sismologia storica sono innumerevoli, senza neppure voler entrare nel campo della valutazione della risposta sismica e della ricorrenza di effetti di amplificazione, temi che esulano dalla trattazione odierna.

Sempre rimanendo nel campo della stima della pericolosità sismica questi utilizzi spaziano dall’esame di dettaglio di sequenze sismiche storiche, all’analisi statistica delle aree sismogenetiche che risultano “in ritardo”, all’esame della “efficienza sismica” dei sistemi di faglia attivi.

L’*excursus* che segue richiama alcune di queste applicazioni.

Il mistero del terremoto del 1857 finalmente svelato?



Burrato e Valensise [2008]

JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH
Solid Earth
AN AGU JOURNAL

JGR

Explore this journal >

PDF

Info

Seismology

Possible fault plane in a seismic gap area of the southern Apennines (Italy) revealed by receiver function analysis

Francesco Pio Lucente, Nicola Piana Agostinetti, Marco Moro, Giulio Selvaggi, Massimo Di Bona

First published: 28 April 2005 Full publication history

DOI: 10.1029/2004JB003187 View/save citation

Cited by: 16 articles Citation tools

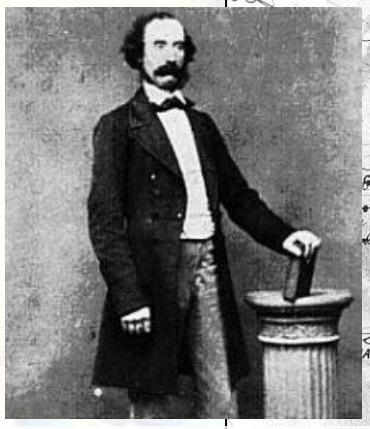
Am score

Abstract

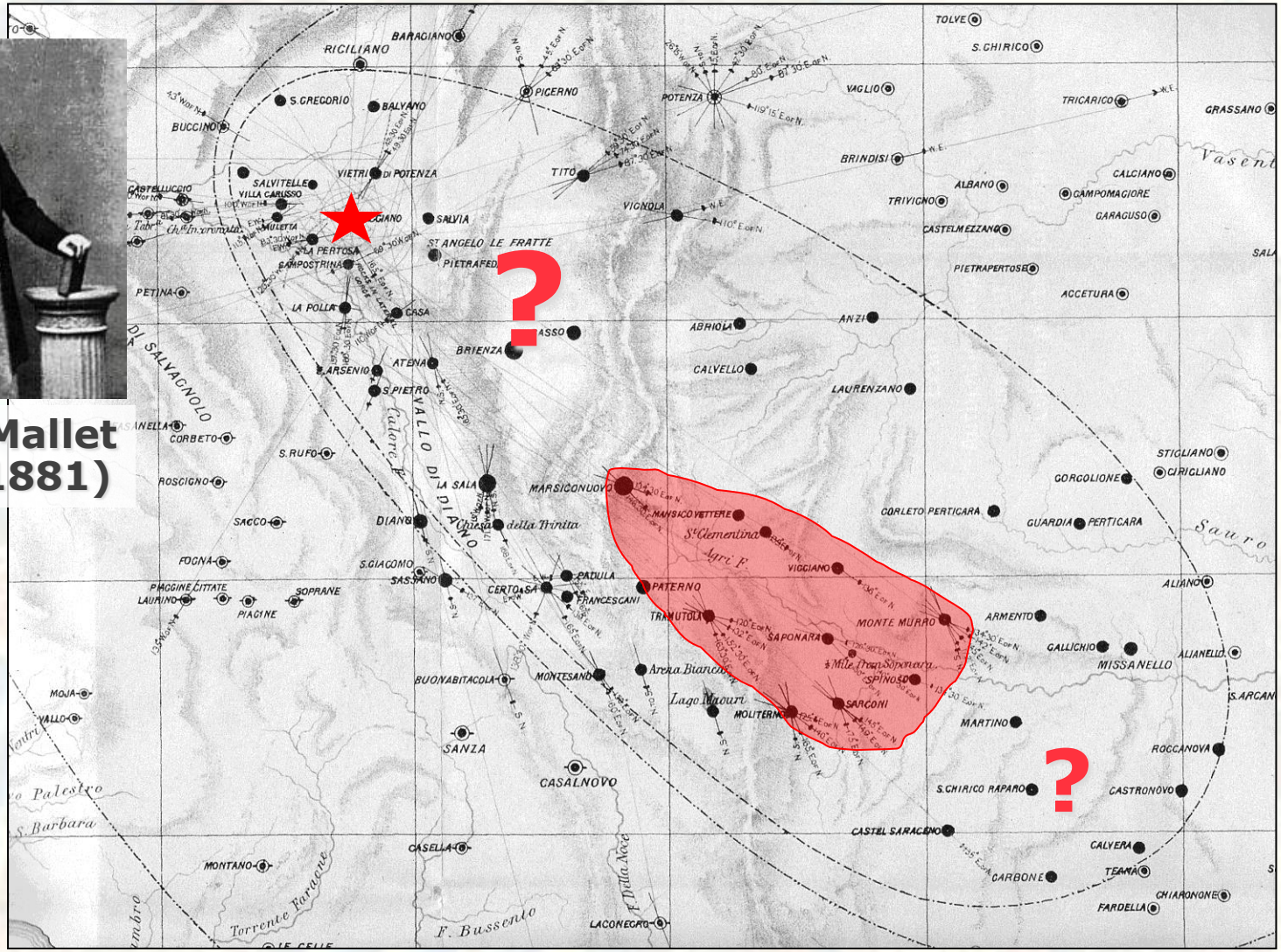
[1] Unusual features in teleseismic receiver function, computed at a single seismic station, reveal the presence of a dipping interface in the shallow cr

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Il mistero del terremoto del 1857 finalmente svelato?

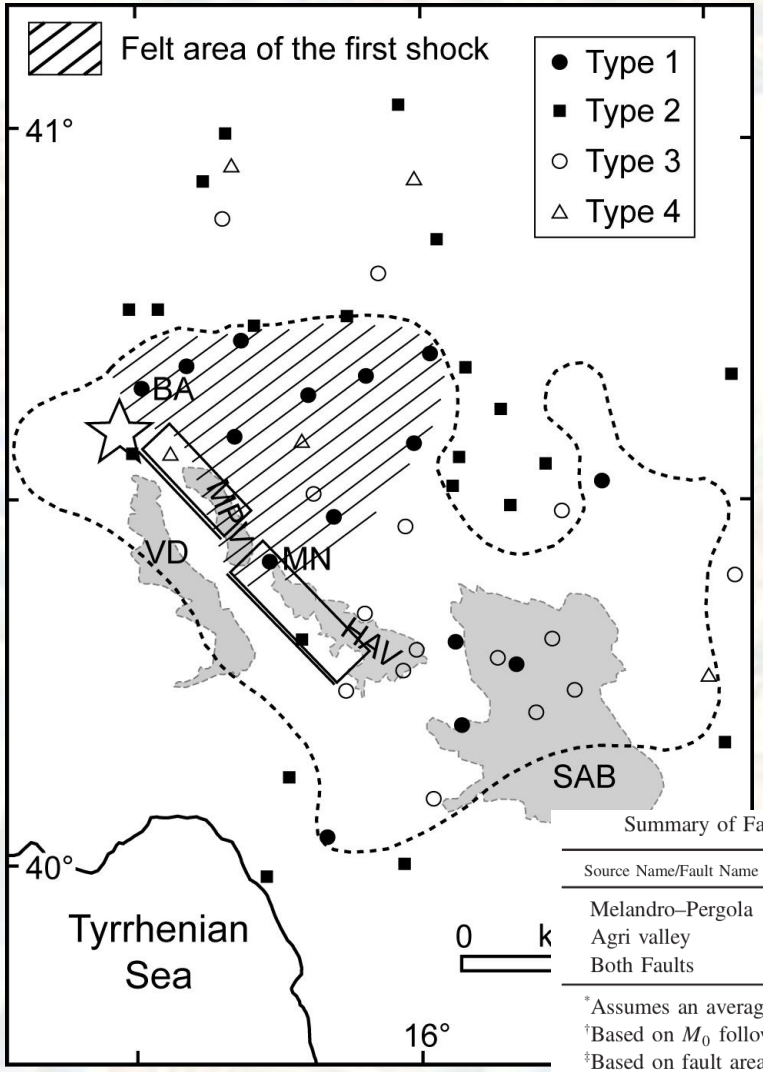


Robert Mallet (1810-1881)

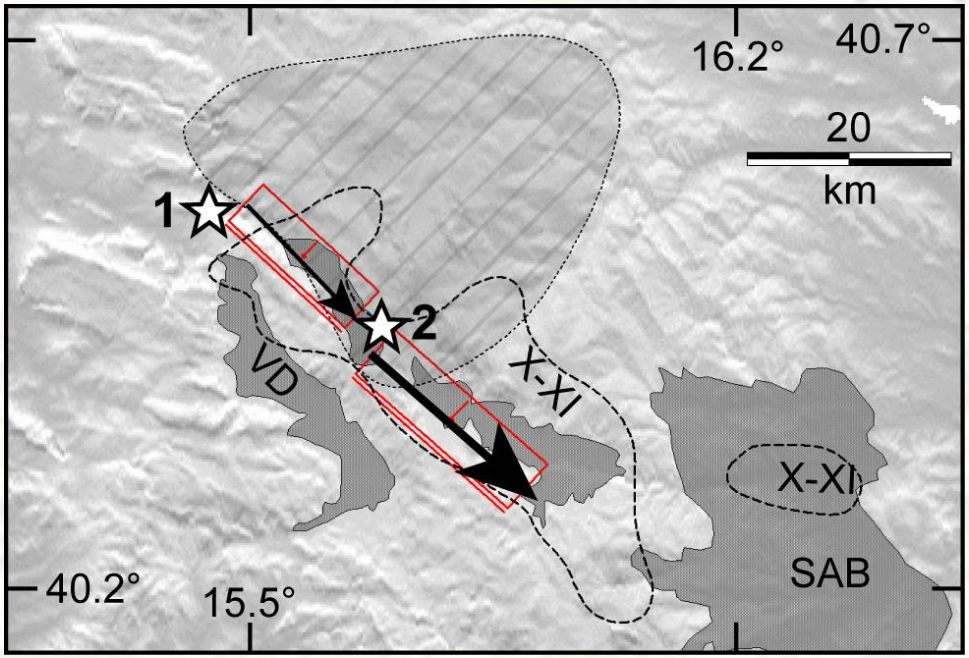


INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Il mistero del terremoto del 1857 finalmente svelato?



da *Burrato e Valensise* [2008]



Summary of Fault Dimensions for the Potential Causative Sources of the 1857 Earthquake (DISS Working Group, 2007)

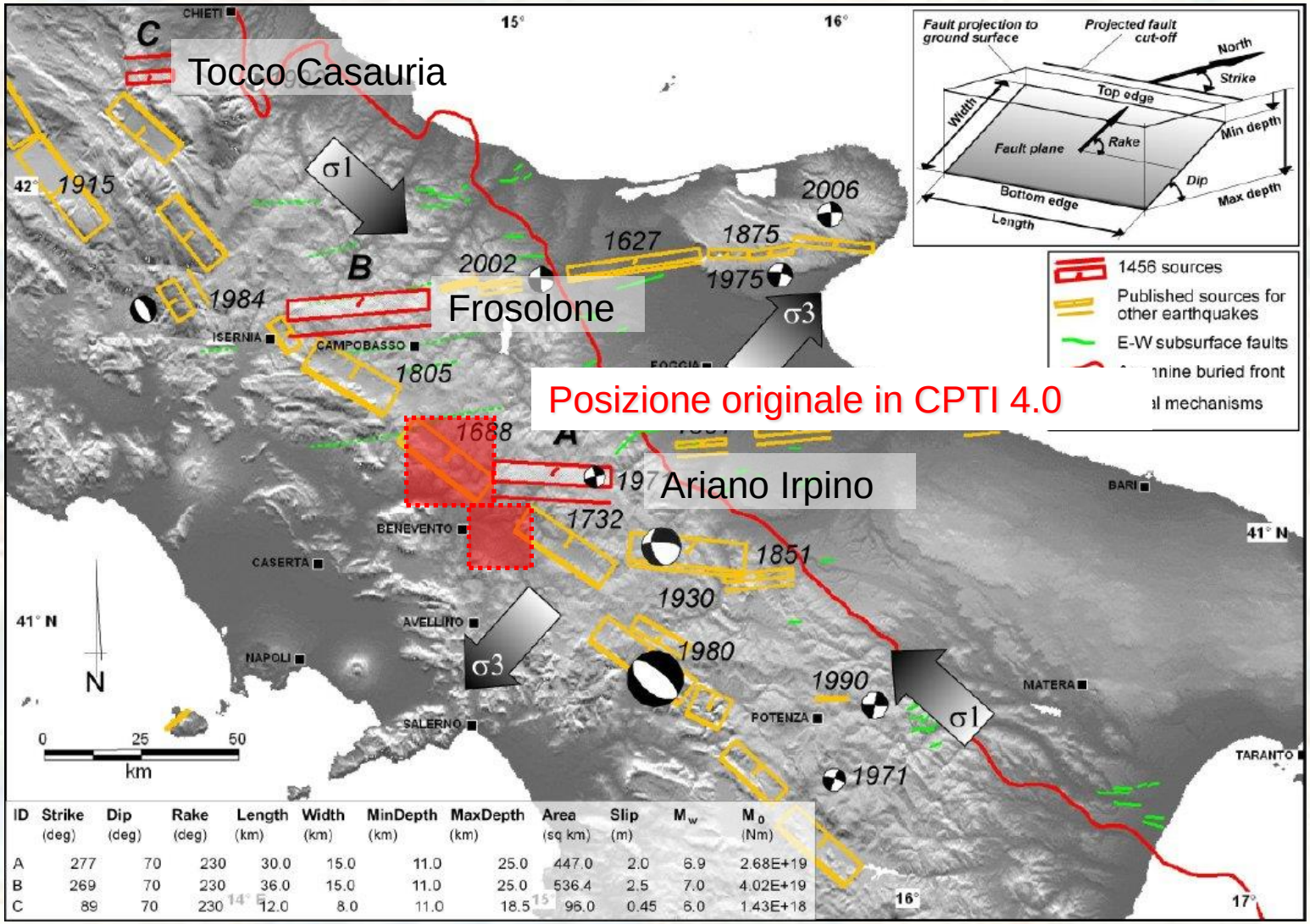
Source Name/Fault Name	Fault Length (km)	Fault Width (km)	Maximum Faulting Depth (km)	Expected M_0 (N m)*	Expected M_w †	Expected M_w ‡
Melandro–Pergola	17.9	11.3	10.8	9.4E+18	6.6	6.3
Agri valley	23.0	13.5	12.7	1.4E+19	6.7	6.5
Both Faults	41.0	13.5	12.7	2.6E+19	6.9	6.7

*Assumes an average coseismic slip of 1.5 m for similarity with the adjacent causative fault of the 23 November 1980 earthquake.
†Based on M_0 following Hanks and Kanamori (1979).
‡Based on fault area following Wells and Coppersmith (1994).

da *Branno et al.* [1983], ridisegnata

Terremoti biblici… o semplicemente complessi?

Il caso del terremoto del 1456 (M_w 7.2)

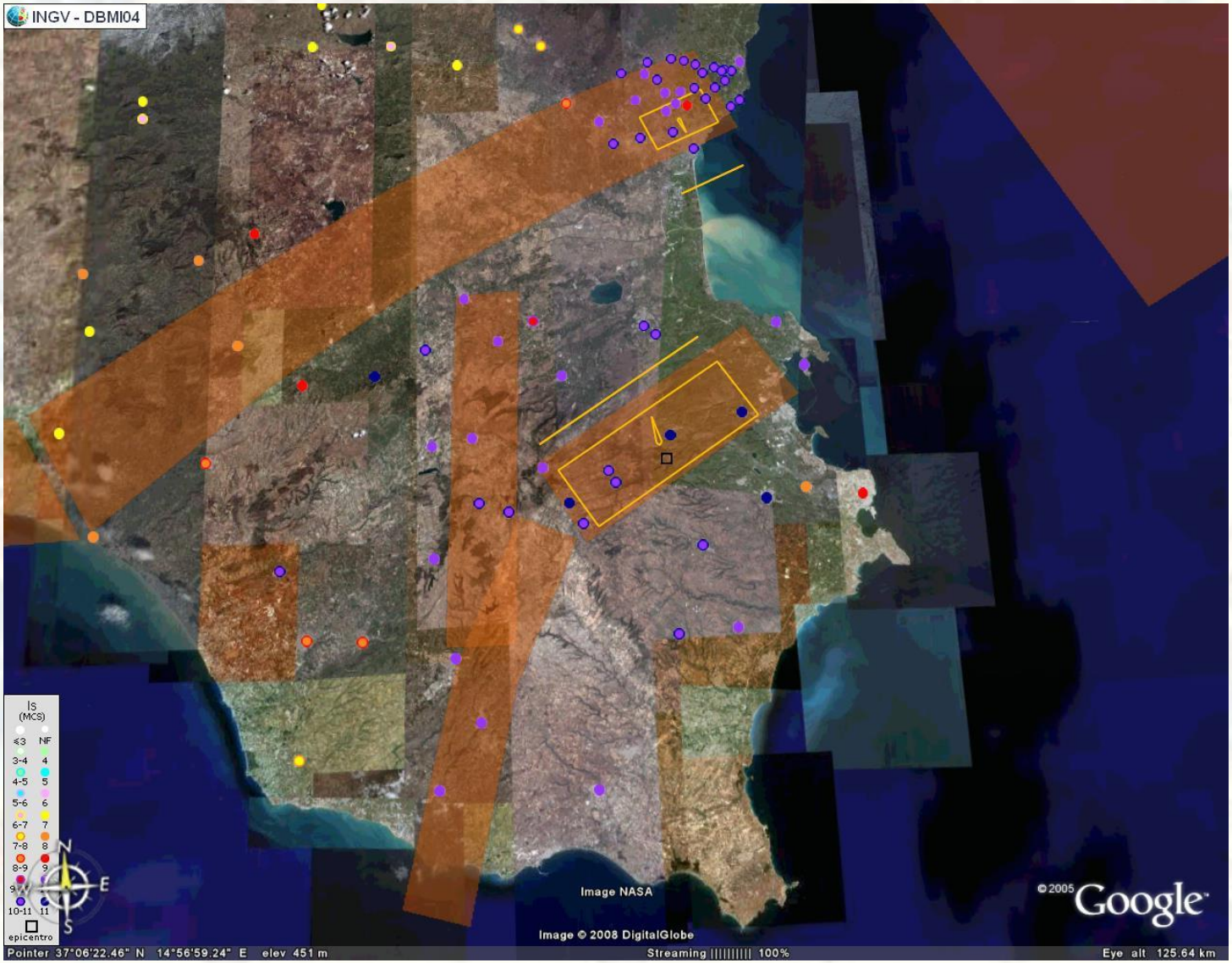


ID	Strike (deg)	Dip (deg)	Rake (deg)	Length (km)	Width (km)	MinDepth (km)	MaxDepth (km)	Area (sq km)	Slip (m)	M_w	M_0 (Nm)
A	277	70	230	30.0	15.0	11.0	25.0	447.0	2.0	6.9	2.68E+19
B	269	70	230	36.0	15.0	11.0	25.0	536.4	2.5	7.0	4.02E+19
C	89	70	230	12.0	8.0	11.0	18.5	96.0	0.45	6.0	1.43E+18

da *Fracassi e Valensise* [2007]

Terremoti biblici… o semplicemente complessi?

Il caso del terremoto del 1693 (M_w 7.3)



INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Prevedibilità | La pericolosità sismica convenzionale
(time-independent)

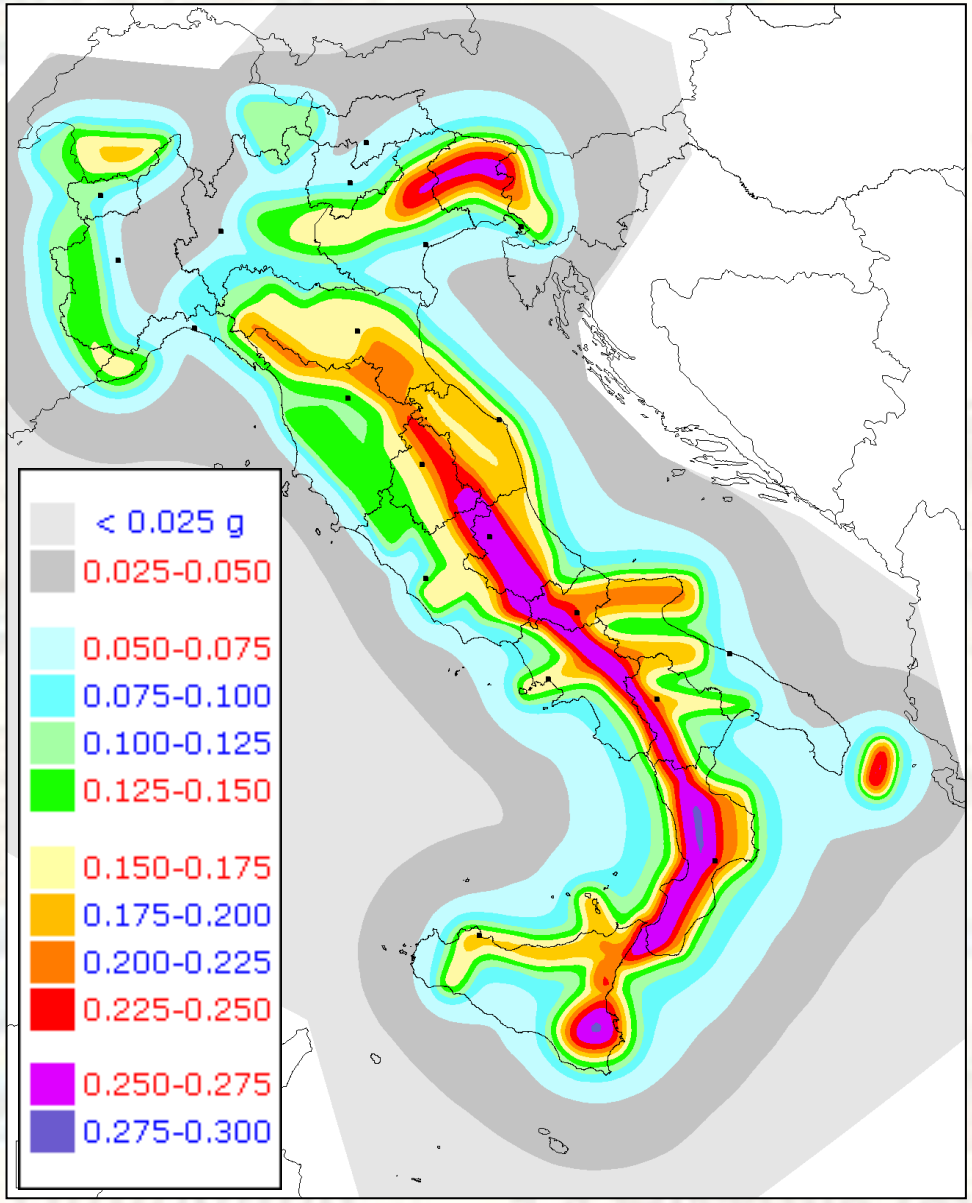
Peak Groung Acceleration (PGA)

10% prob. eccedenza in 50 anni

Suolo rigido, cat. A
(Vs30>800 m/sec).

GdL MPS, 2004

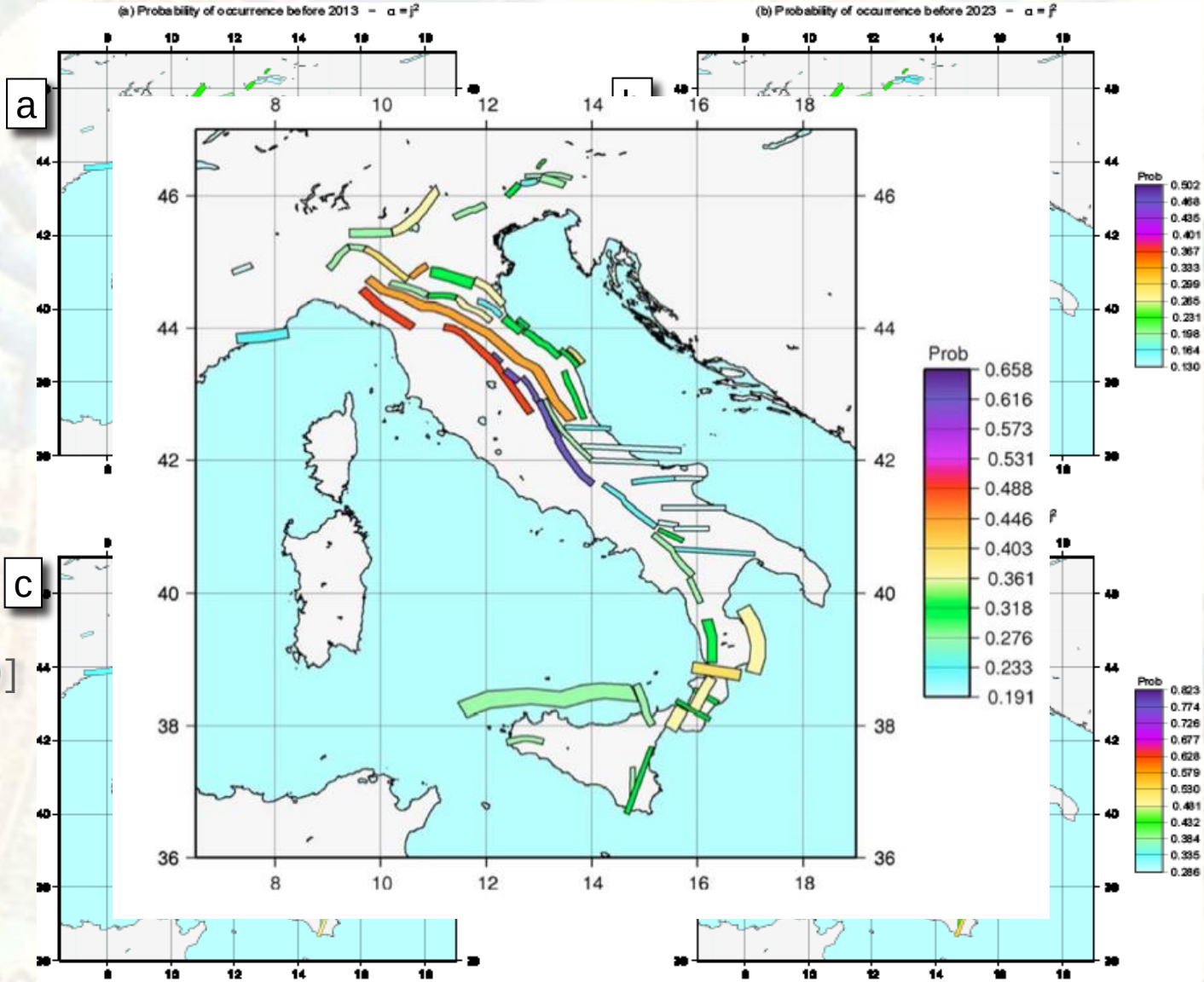
M. Stucchi, INGV MI
A. Akinci, INGV RM
E. Faccioli, PoliMI
P. Gasperini, UniBO
L. Malagnini, INGV RM
C. Meletti, INGV MI
V. Montaldo, INGV MI
G. Valensise, INGV RM



INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Prevedibilità | Probabilità di occorrenza di forti terremoti

(time-dependent)



Rotondi [2010]

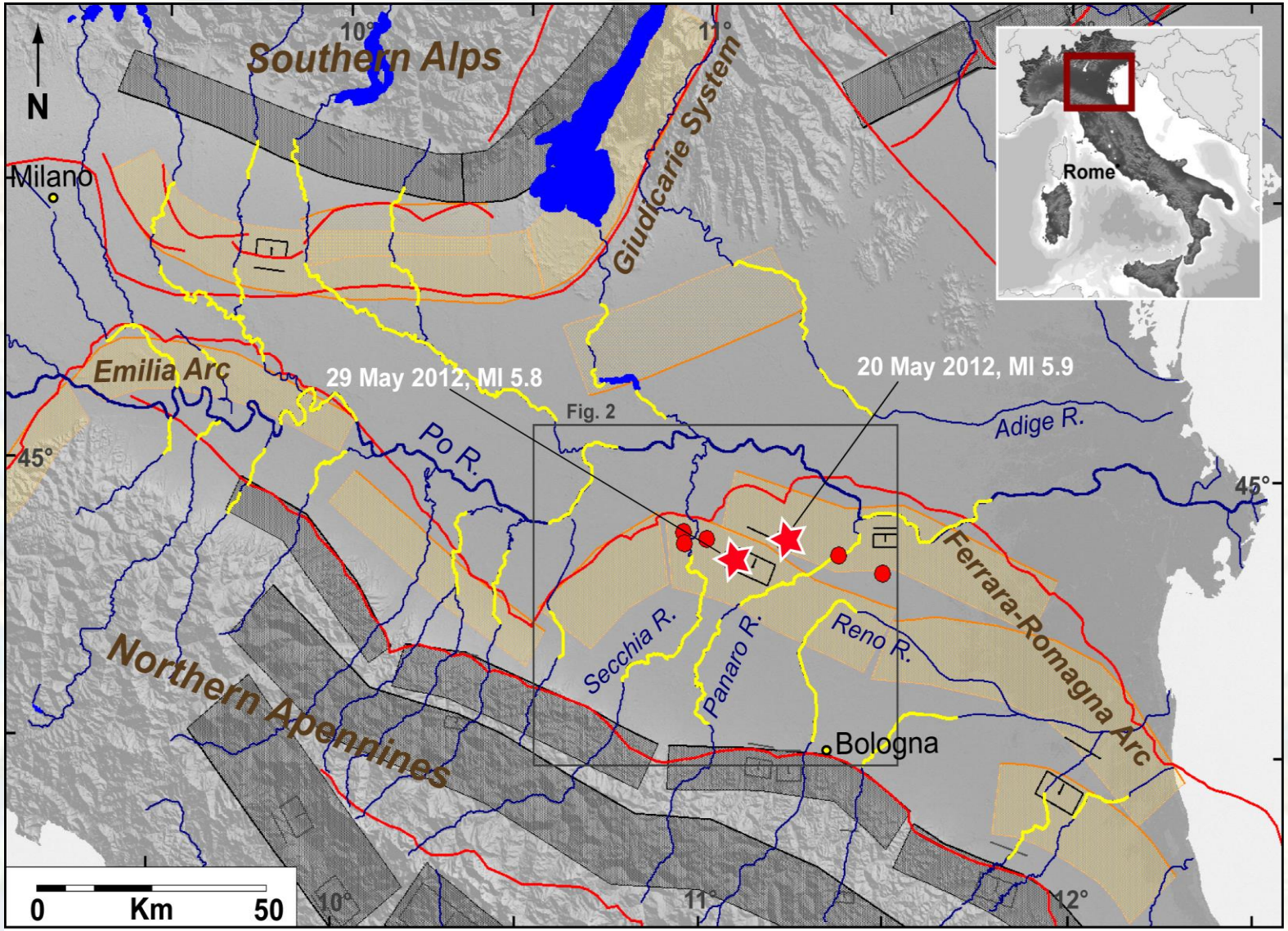
Grazie per l’attenzione

In conclusione

- Attraverso gli anni il Database of Individual Seismogenic Sources (**DISS**) si è profondamente trasformato e ampliato.
- I dati di sismologia storica sono stati incorporati nelle due attuali categorie di sorgenti sismogenetiche, le **Composite** e le **Individuali**, contribuendo alla loro definizione.
- Il numero complessivo delle sorgenti pubblicate è cresciuto enormemente, così come i dati accessori.
- Attraverso le sorgenti Composite il DISS si propone come un database **"completo"**, ovvero adatto a rappresentare la sismicità del territorio **per M_W 5.5 o superiore senza lasciare aree non coperte.**
- Per questa ragione il DISS si presta anche a ragionare su terremoti "**in ritardo**" e dunque "**attesi**"
- Il DISS **si integra** con varie altre iniziative ed elaborazioni ed **è alla base della normativa antisismica in preparazione**

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

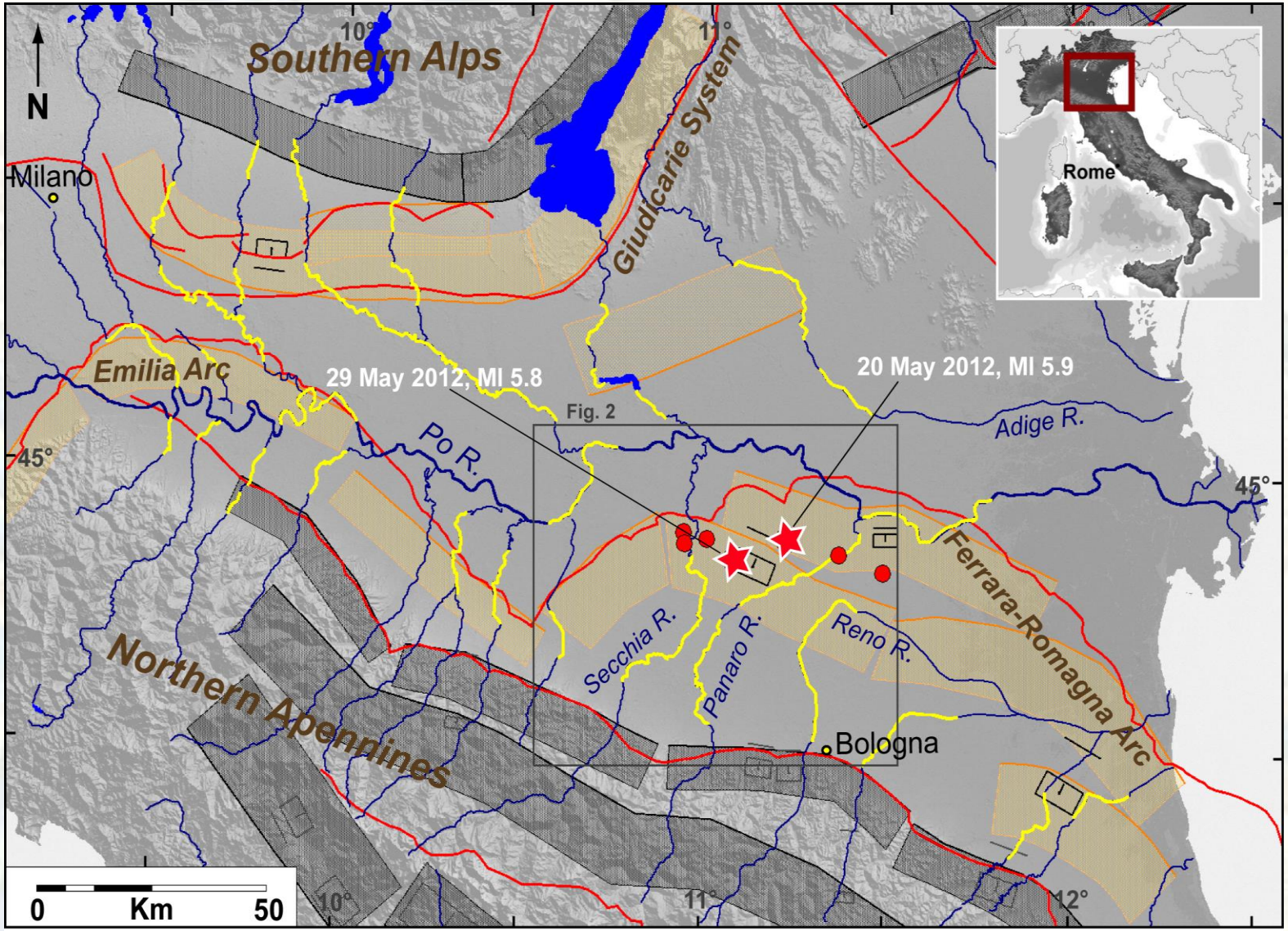
La Geologia dei Terremoti | Deformazione areale



Terremoti della bassa modenese, 2012 (M_w 6.0-5.9)
(generati da faglie **inverse cieche**)

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

La Geologia dei Terremoti | Deformazione areale

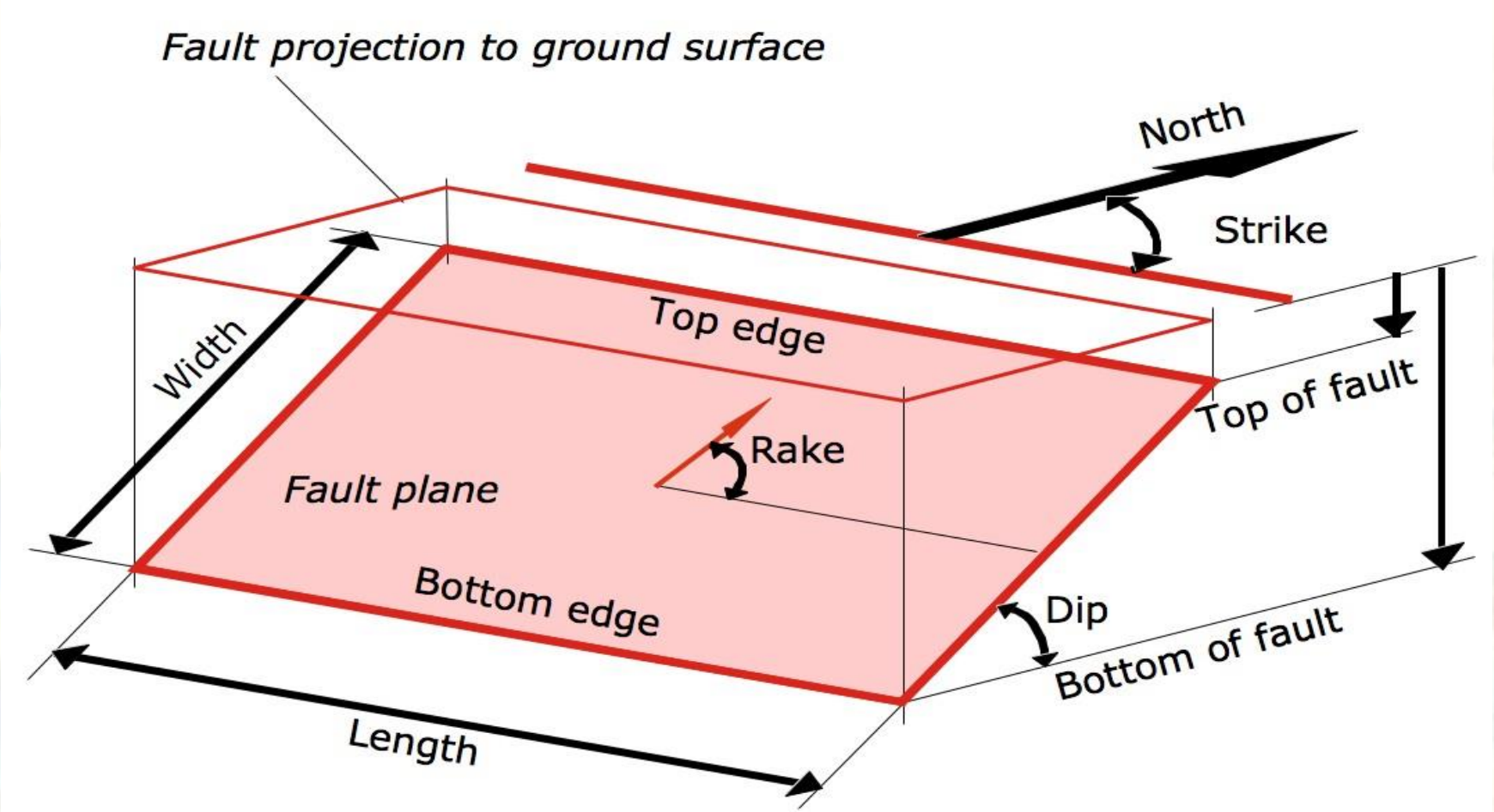


Terremoti della bassa modenese, 2012 (M_w 6.0-5.9)
(generati da faglie **inverse cieche**)

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

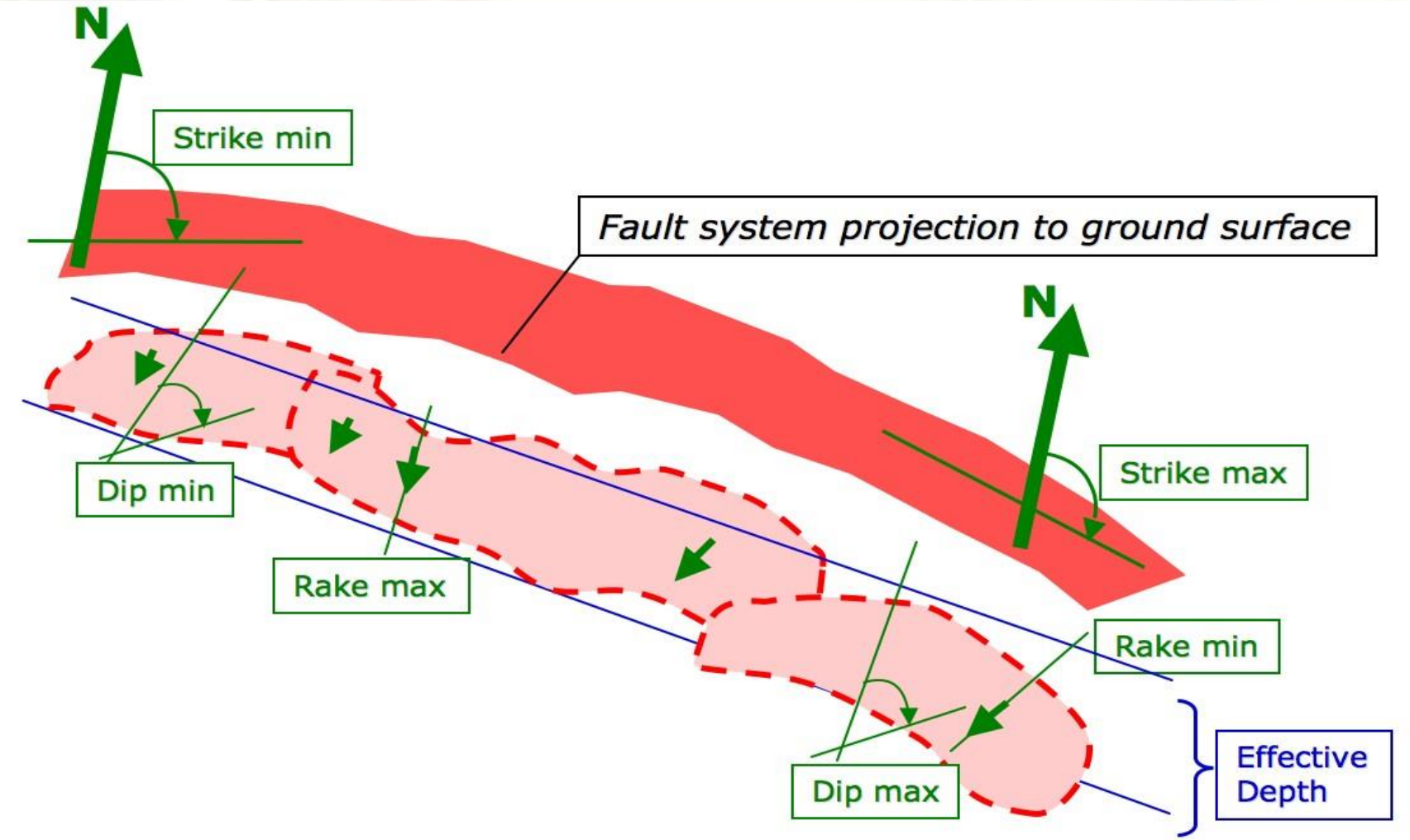
Evoluzione del DISS

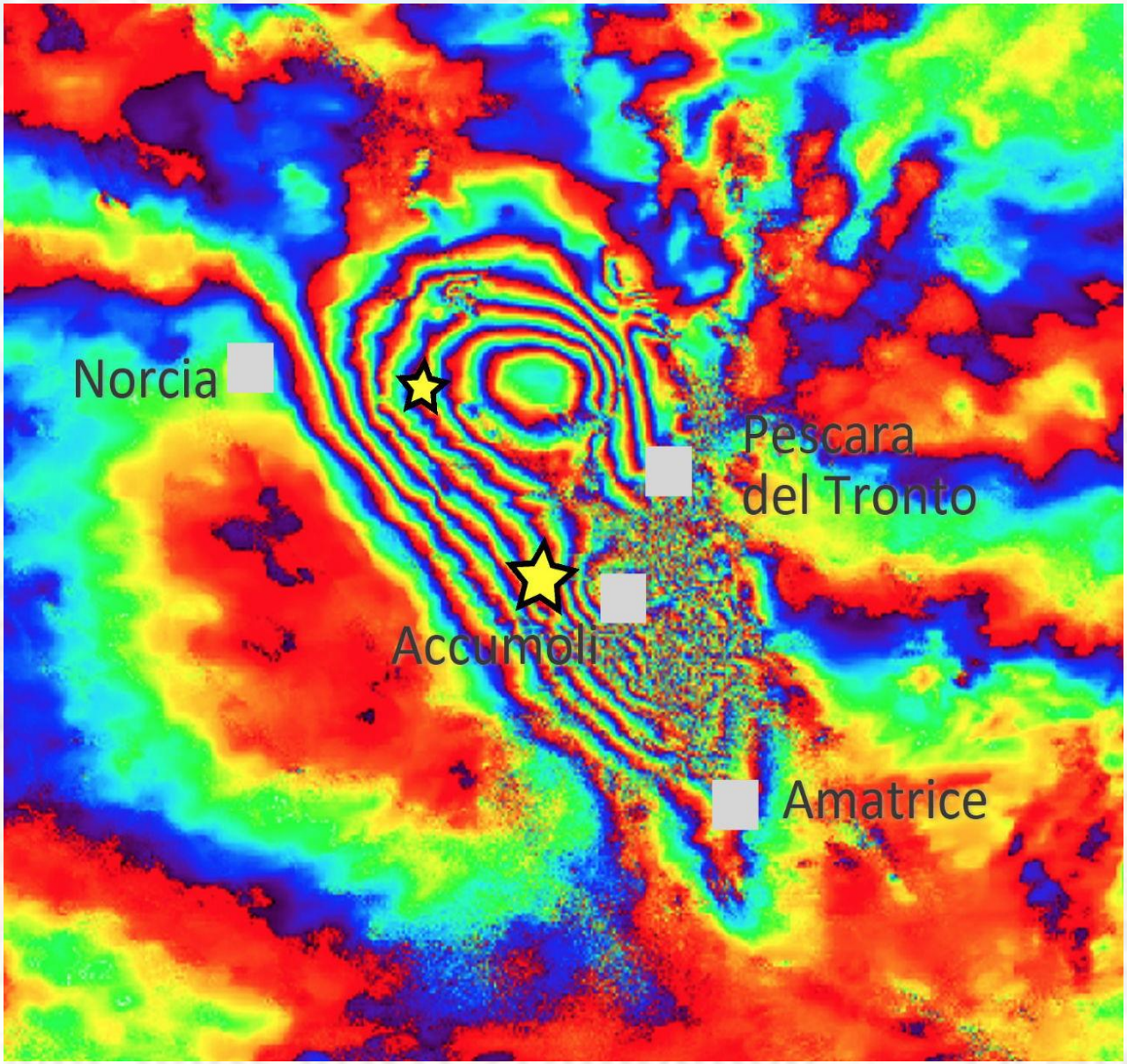
Individual Seismogenic Source (CSS)



Evoluzione del DISS

Composite Seismogenic Source (CSS)



La Geologia dei Terremoti | Deformazione areale

Interferometria SAR del terremoto di Amatrice del 24 agosto 2016