1117-2017

Novecento anni dal più grande terremoto dell'Italia Settentrionale

Venezia, 20 gennaio 2017, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti

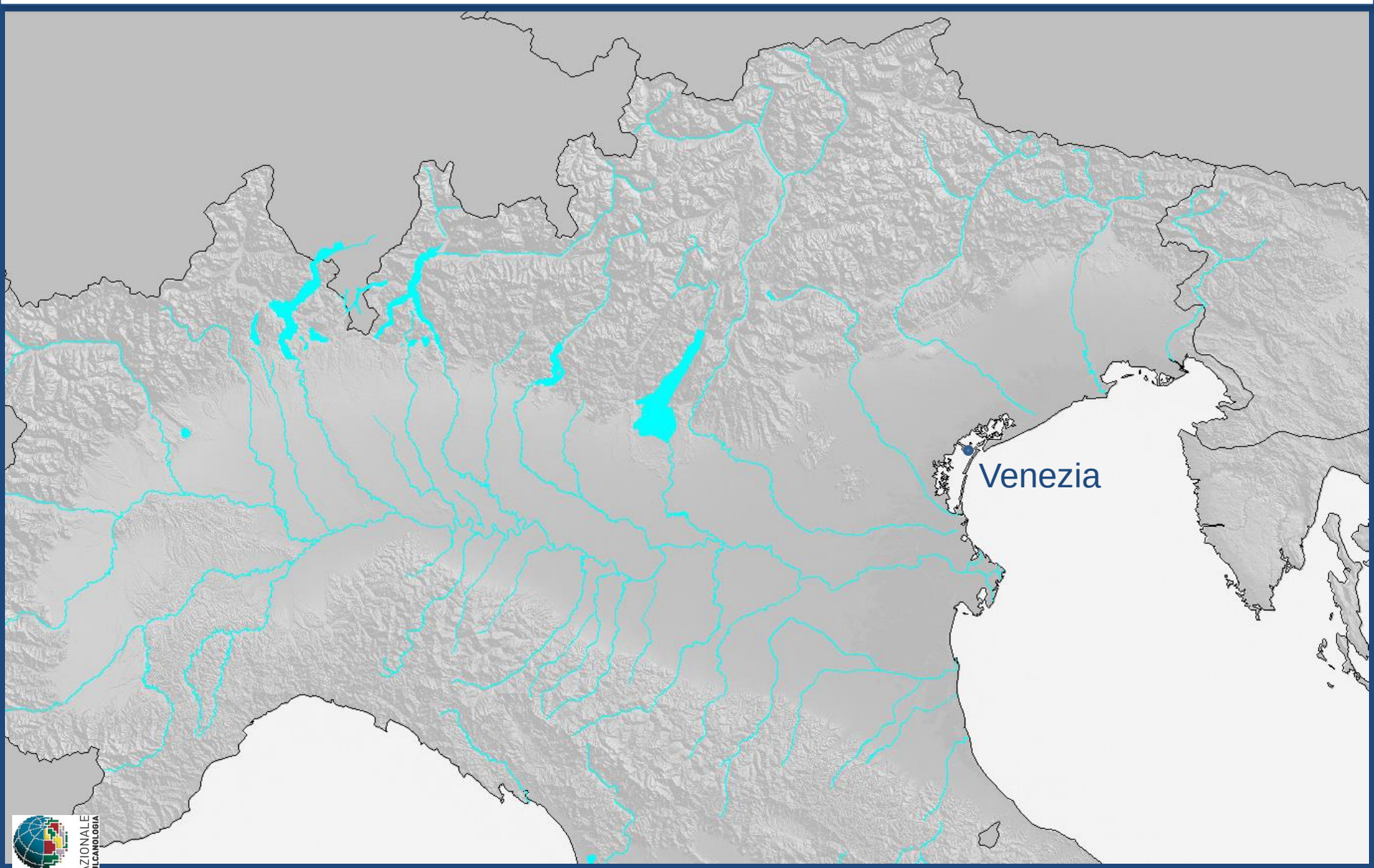
I caratteri della sismogenesi nell'Italia settentrionale: osservazioni e modelli

Paola Vannoli

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

paola.vannoli@ingv.it

Italia settentrionale



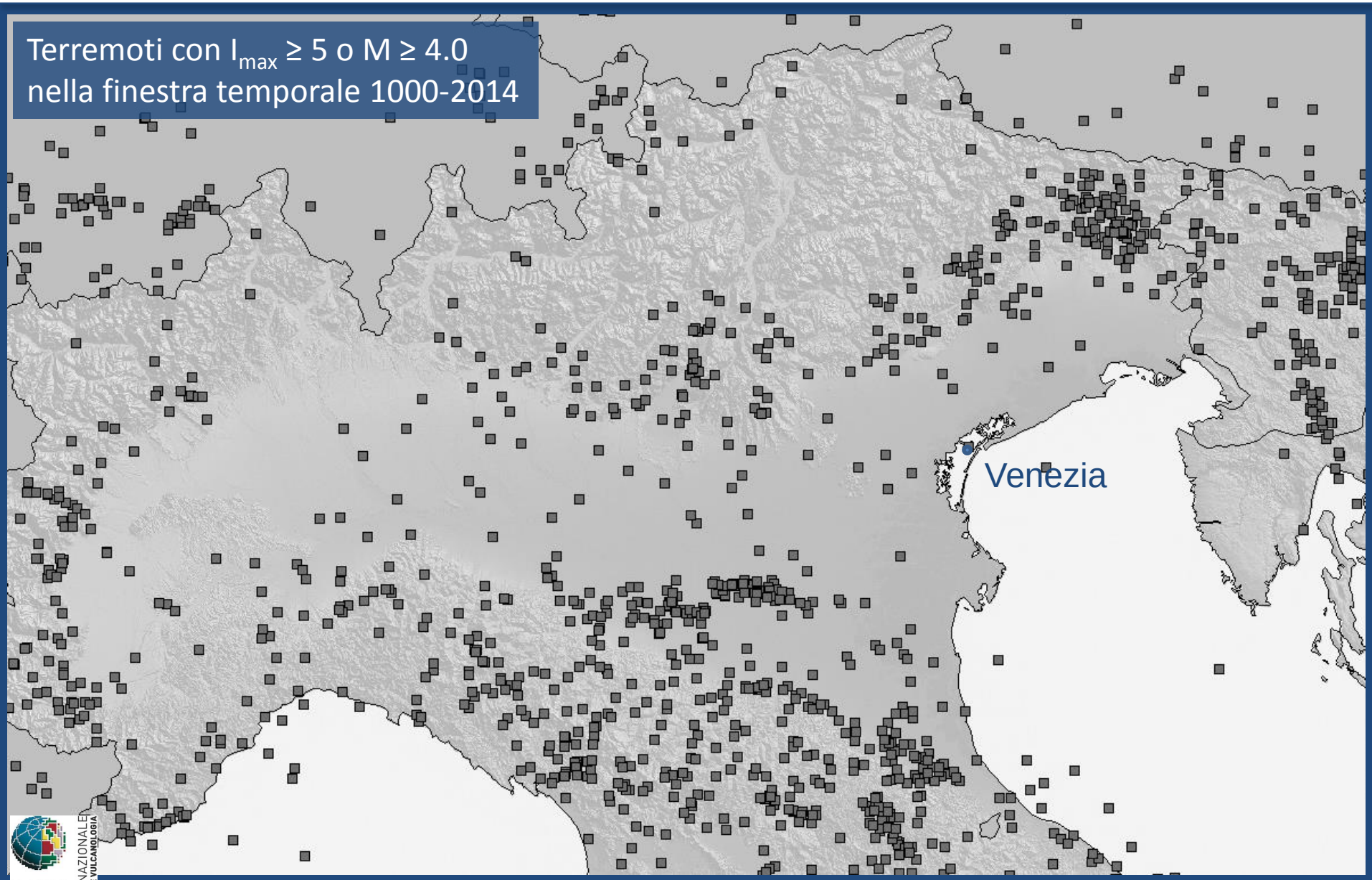
INGV
terremoti
vulcani
ambiente
ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Italia settentrionale

Settimanale "Oggi" del 24 maggio 1951

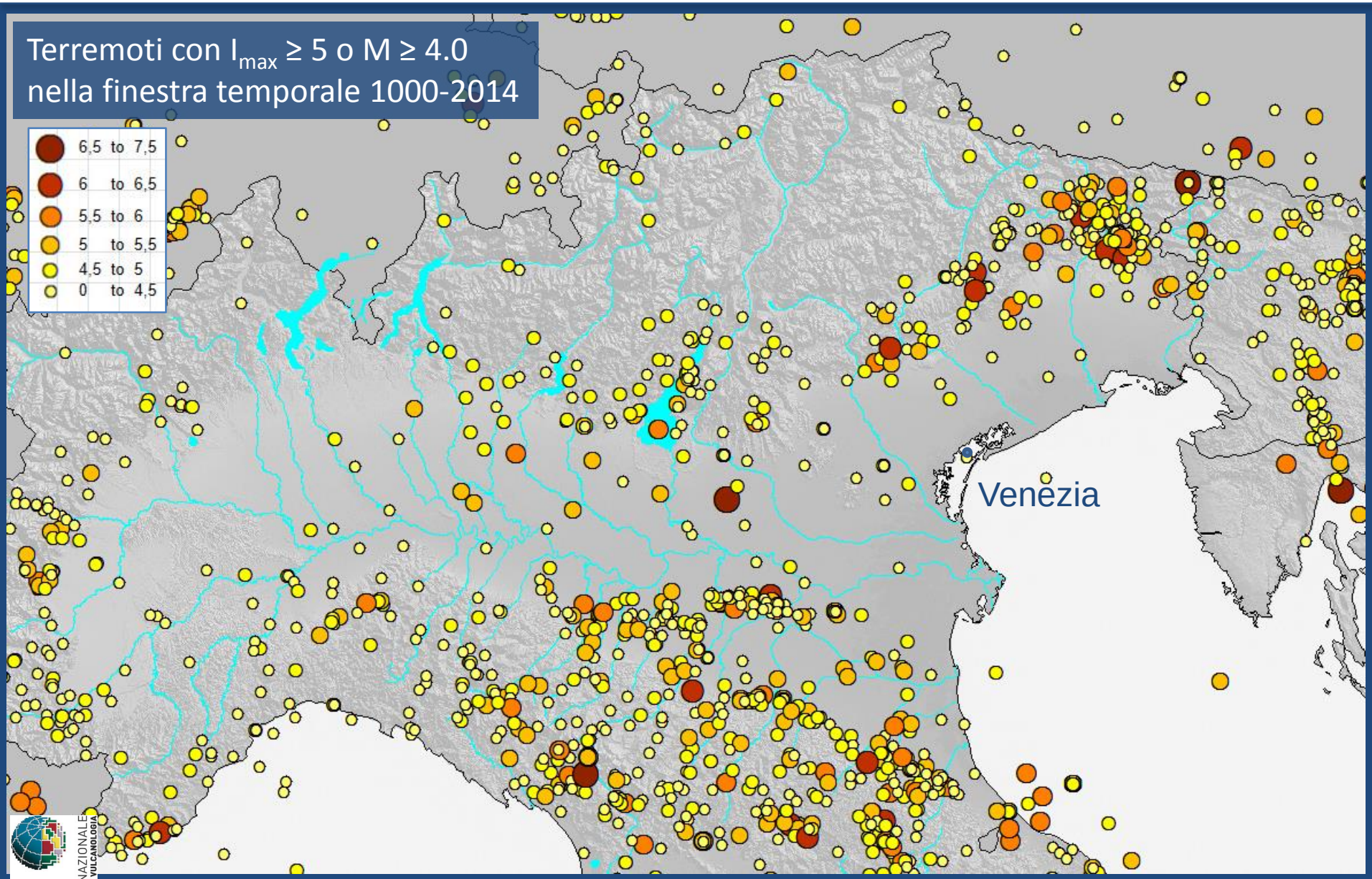
INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni - TERREMOTI



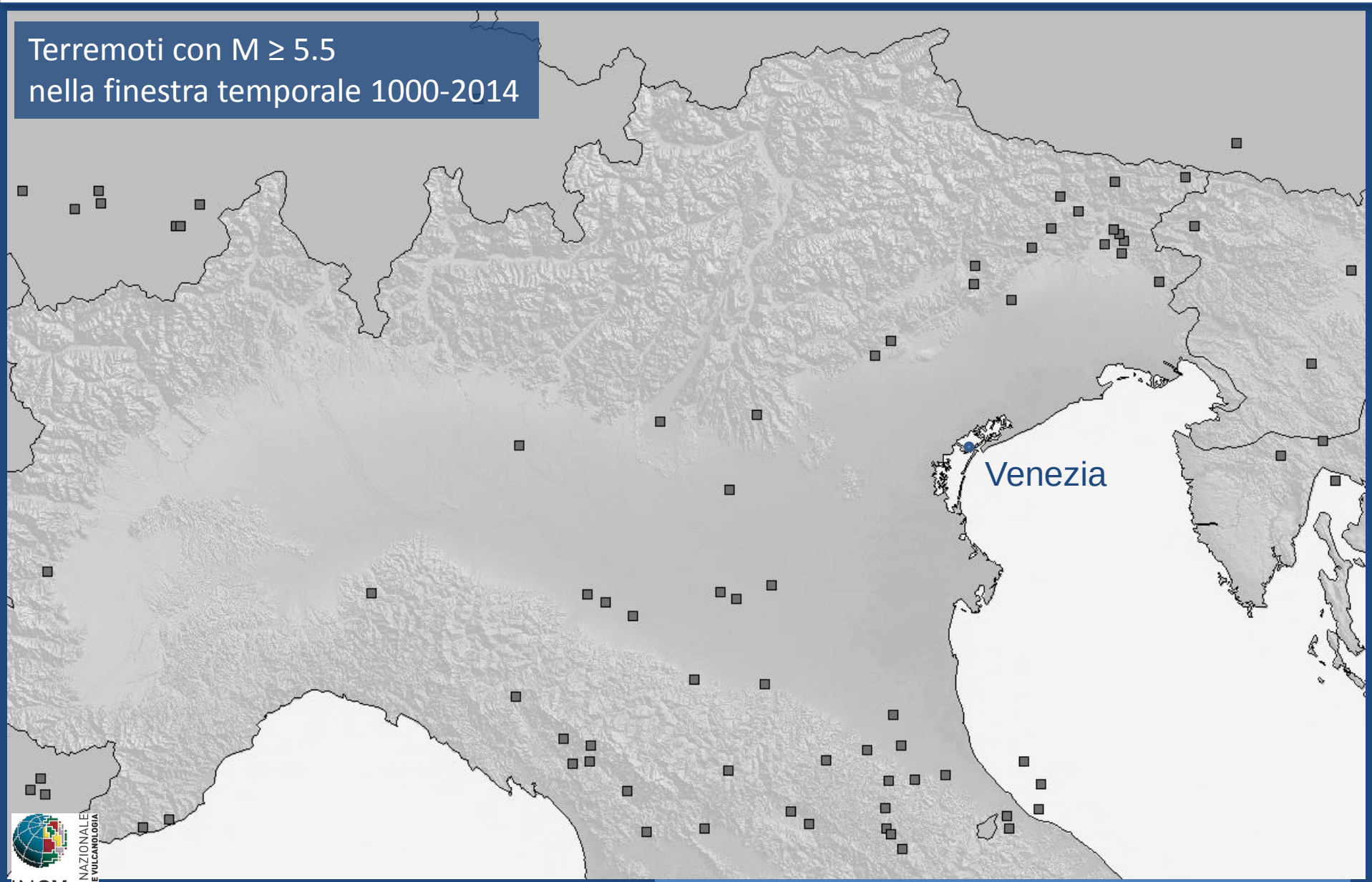
CPTI15, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15

Osservazioni - TERREMOTI



CPTI15, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15

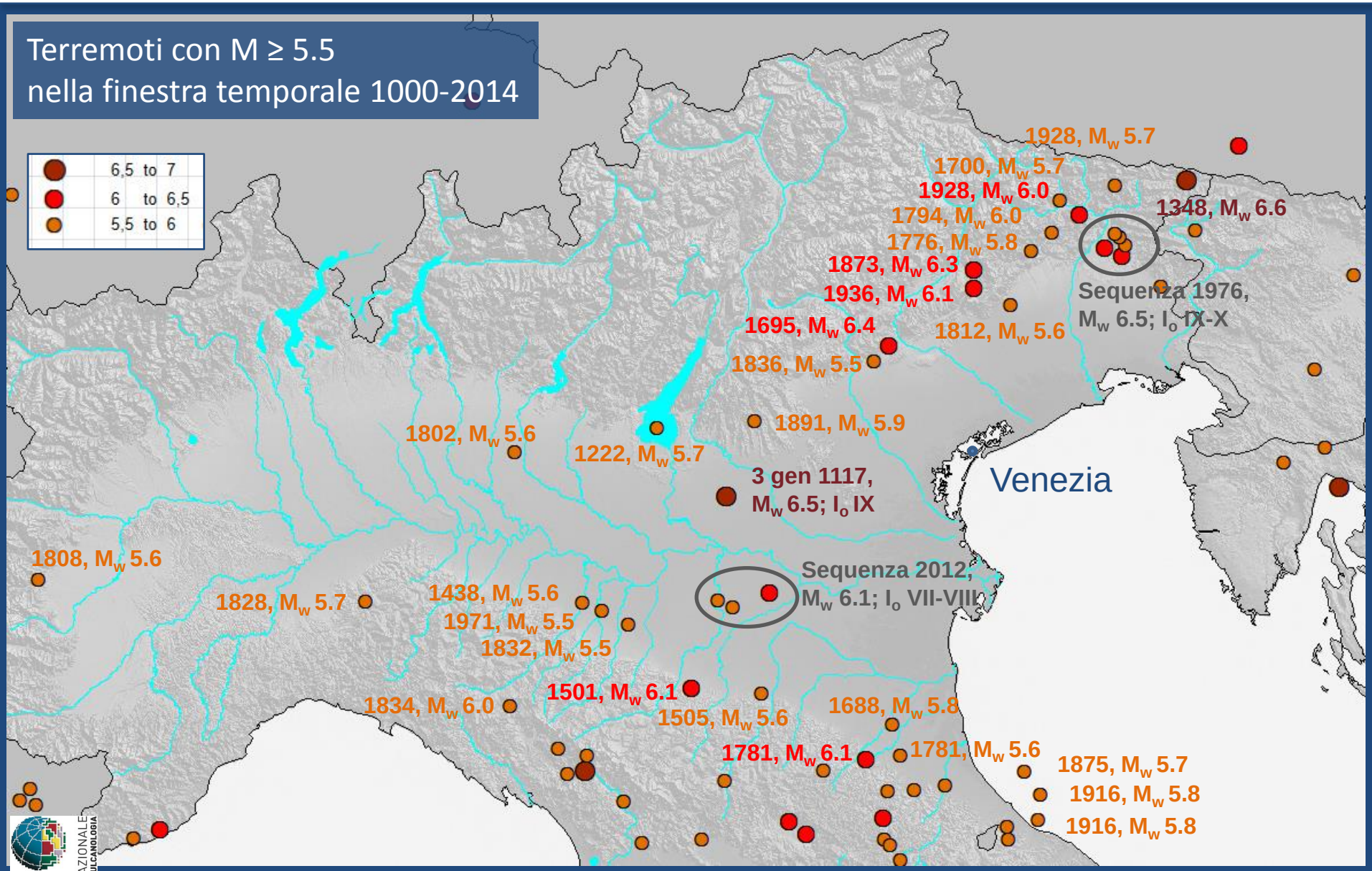
Osservazioni - TERREMOTI



CPTI15, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni - TERREMOTI



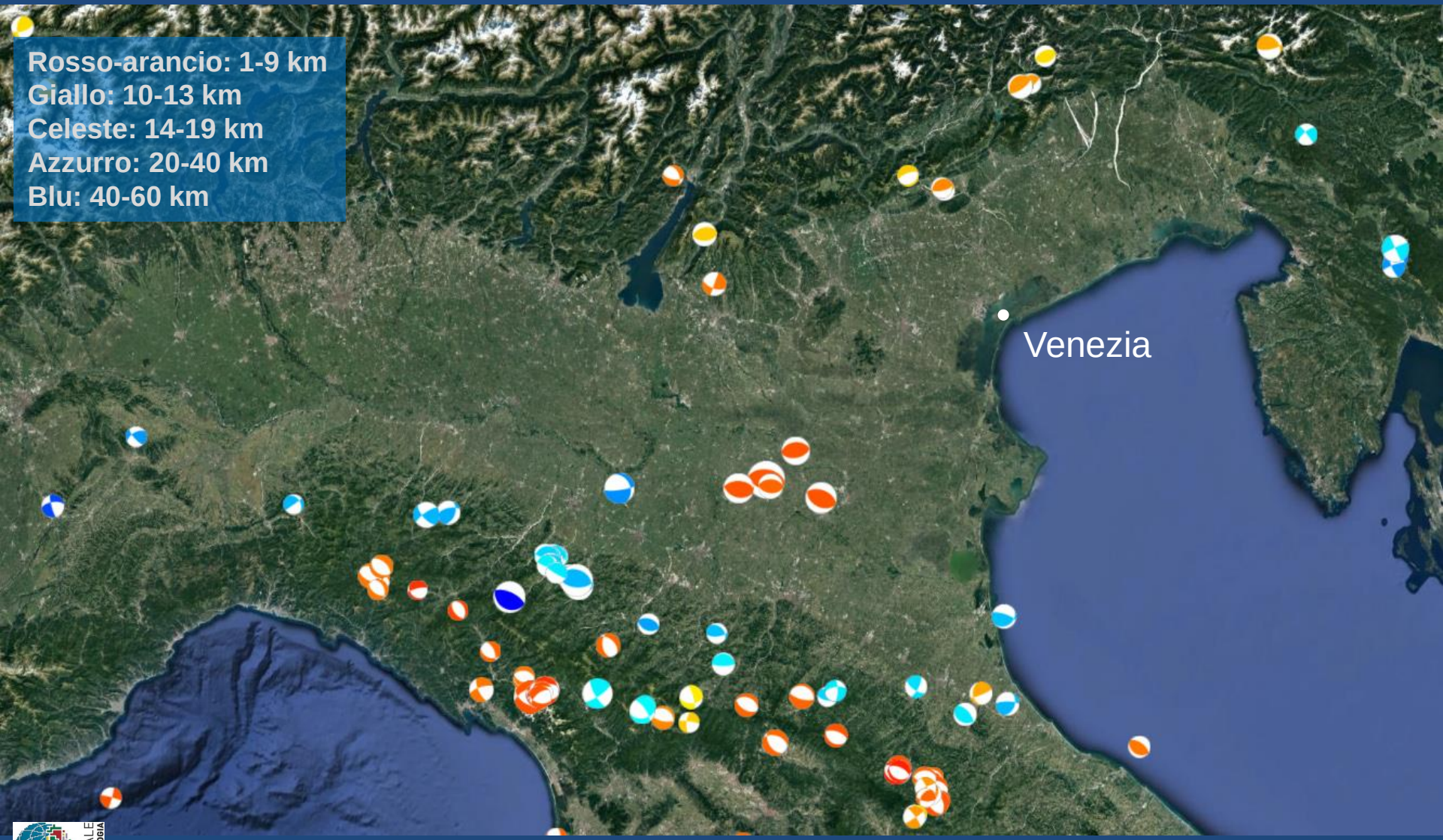
CPTI15, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15

Osservazioni – MECCANISMI FOCALI

Herrmann & Malagnini, www.eas.slu.edu/eqc/eqc_mt/MECH.IT

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – PROFONDITÀ TERREMOTI

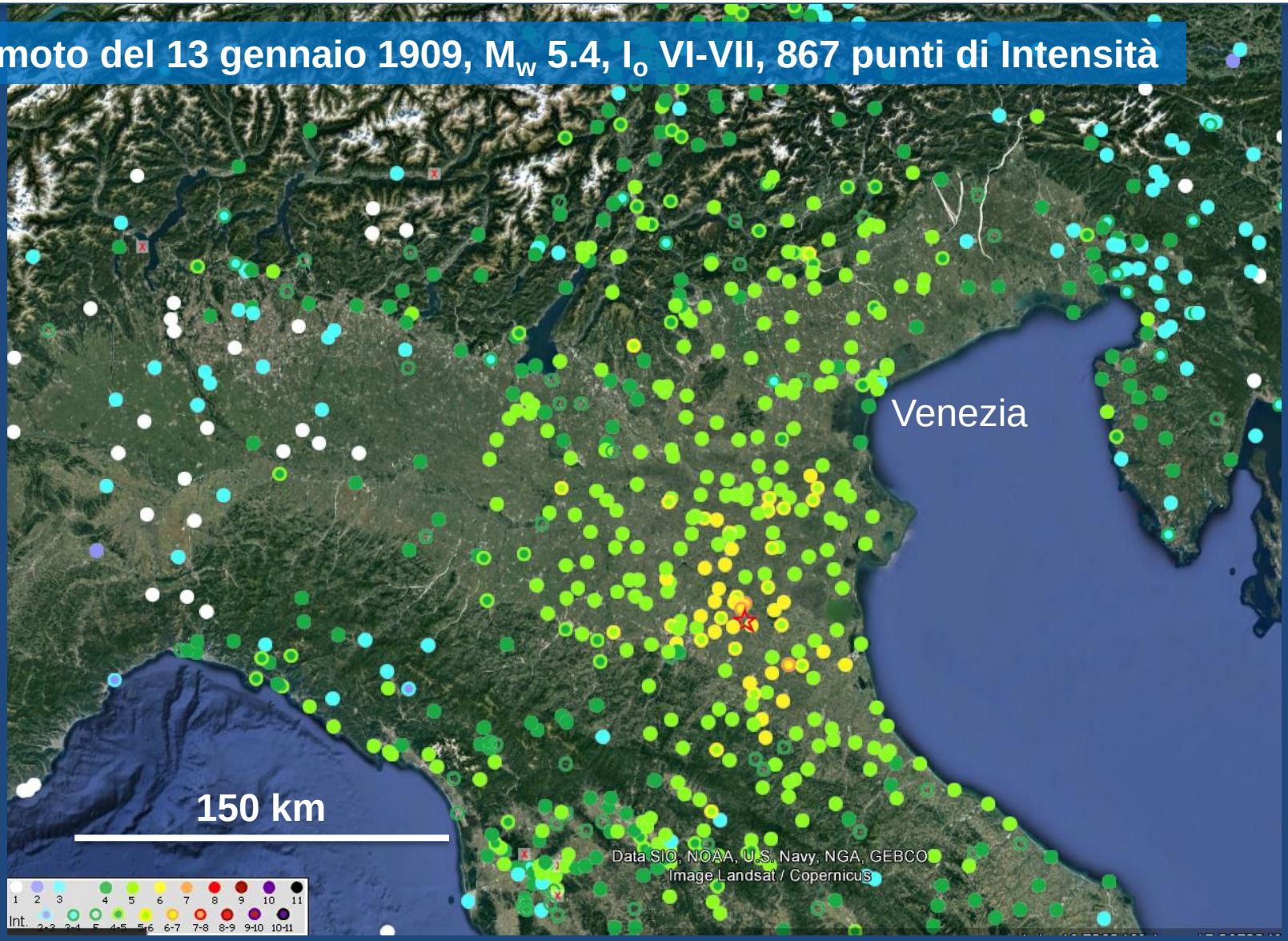


Herrmann & Malagnini, www.eas.slu.edu/eqc/eqc_mt/MECH.IT

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – PROFONDITÀ TERREMOTI

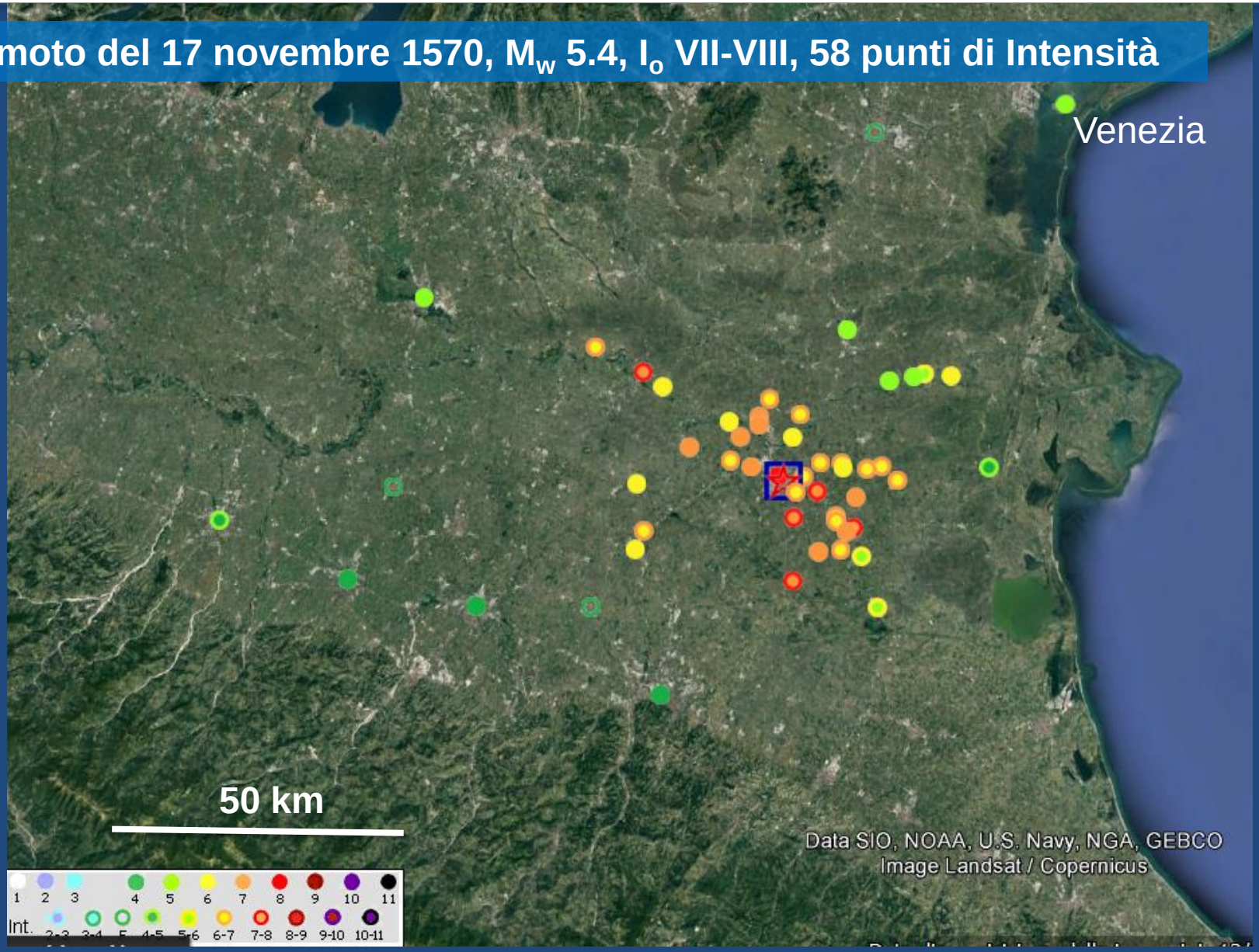
Terremoto del 13 gennaio 1909, M_W 5.4, I_o VI-VII, 867 punti di Intensità



CPTI15, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15

Osservazioni – PROFONDITÀ TERREMOTI

Terremoto del 17 novembre 1570, M_W 5.4, I_o VII-VIII, 58 punti di Intensità

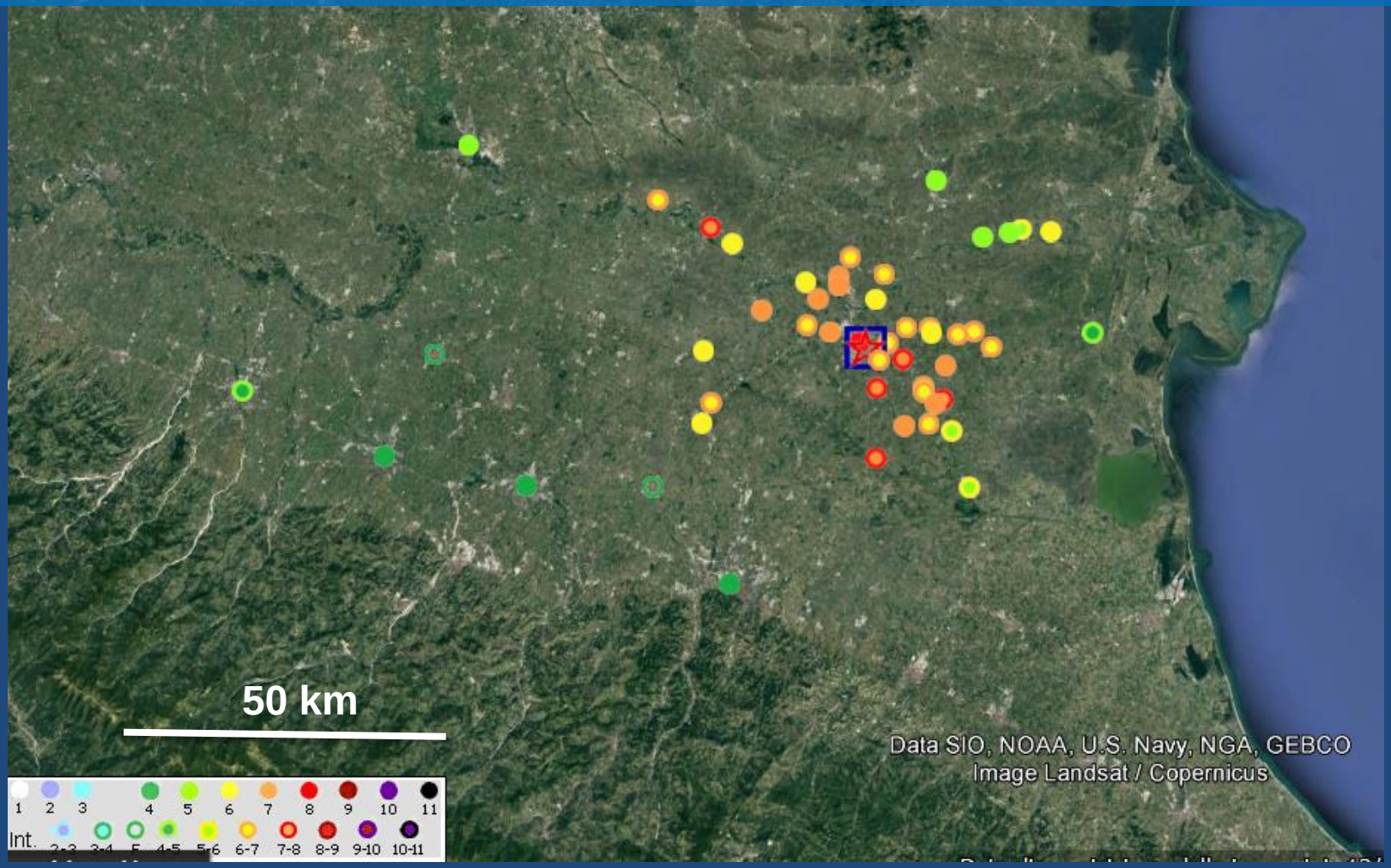


CPTI15, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – PROFONDITÀ TERREMOTI

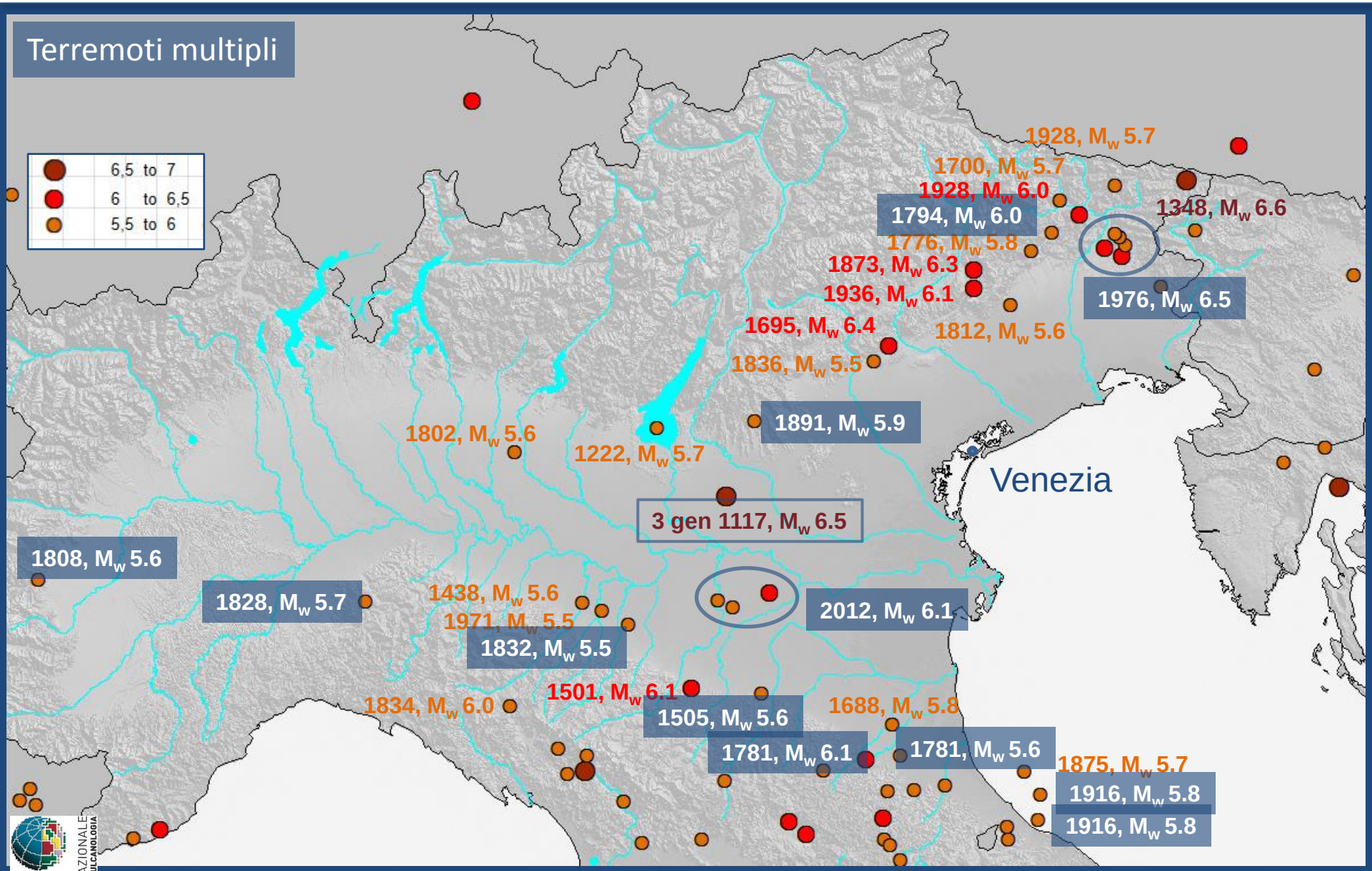
I terremoti più superficiali tendono a causare effetti significativi ma molto concentrati nello spazio mentre -a parità di magnitudo- un terremoto «profondo» farà meno danni ma sarà risentito su un'area molto più ampia



CPTI15, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

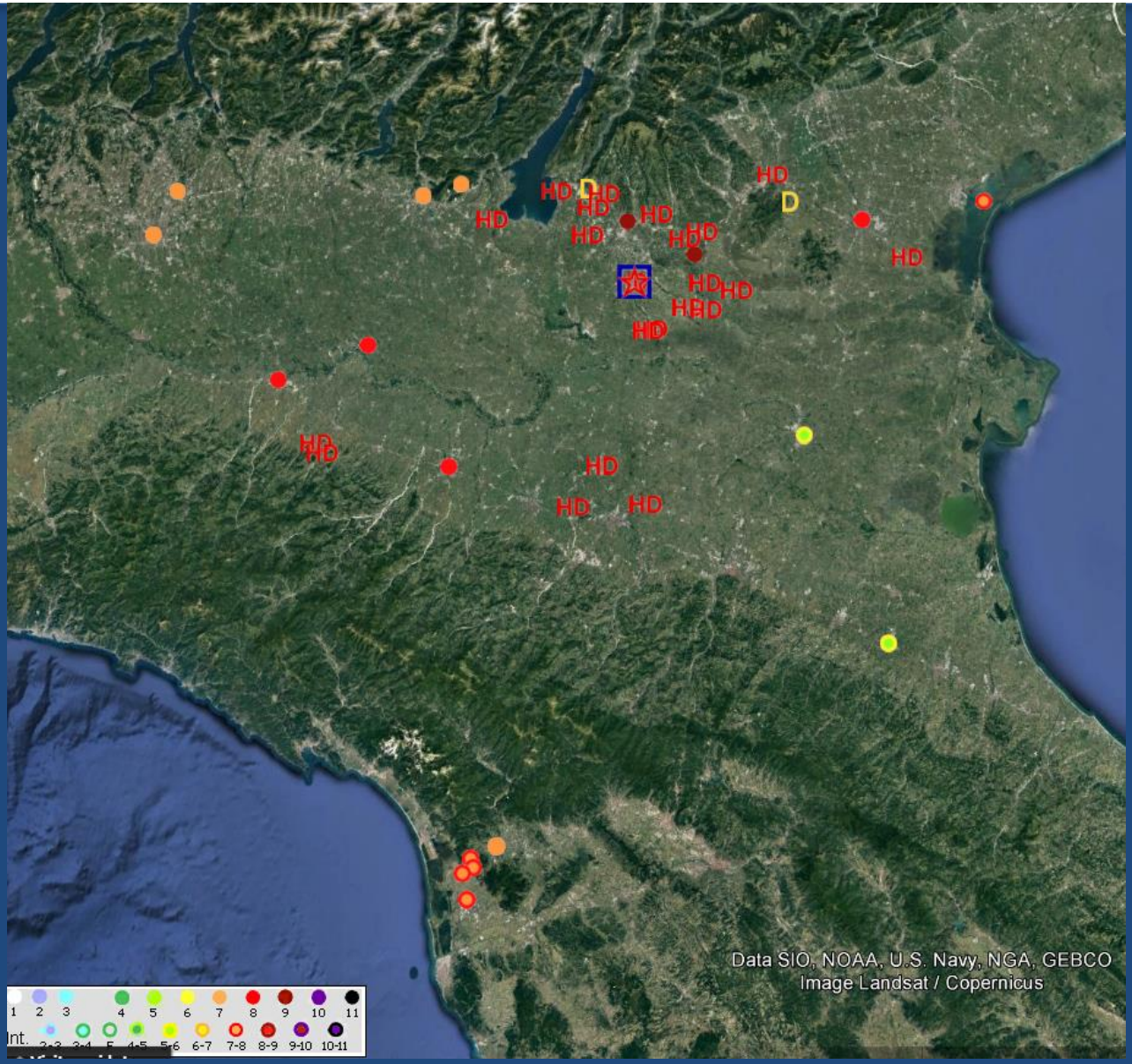
Osservazioni – EVENTI SISMICI MULTIPLI



INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

CPTI15, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15

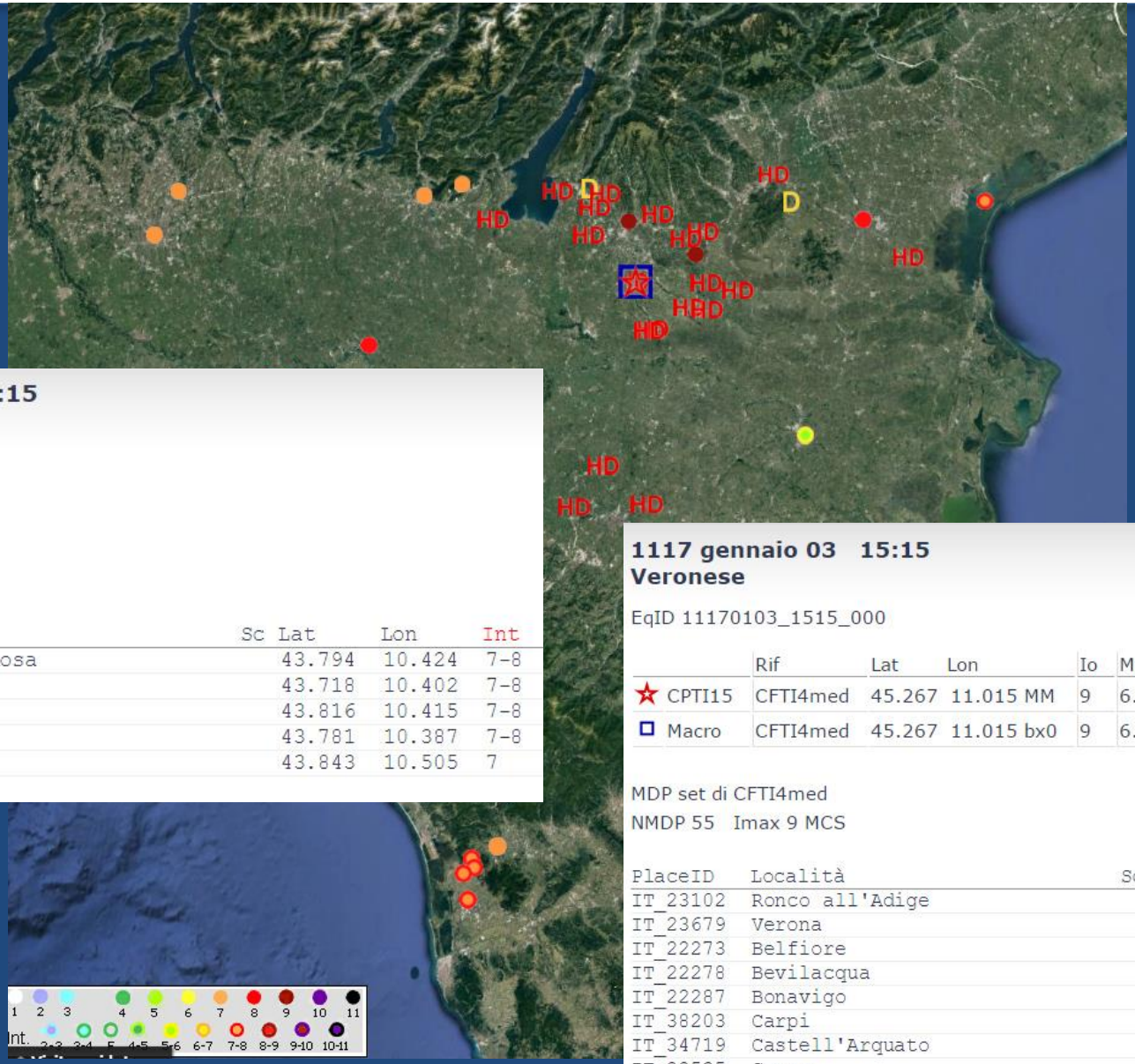
Osservazioni – INTENSITÀ EQ 1117



CPTI15, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – INTENSITÀ EQ(S) 1117



1117 gennaio 03 15:15
Monti Pisani

EqID 11170103_1515_001

MDP set di CFTI4med
NMDP 5 Imax 7-8 MCS

PlaceID	Località	Sc	Lat	Lon	Int
IT_46406	Molina di Quosa		43.794	10.424	7-8
IT_46303	Pisa		43.718	10.402	7-8
IT_46417	Ripafratta		43.816	10.415	7-8
IT_46552	Vecchiano		43.781	10.387	7-8
IT_43402	Lucca		43.843	10.505	7

1117 gennaio 03 15:15
Veronese

EqID 11170103_1515_000

	Rif	Lat	Lon	Io	Mw	ErMw	Profond.
★ CPTI15	CFTI4med	45.267	11.015 MM	9	6.52	± 0.10 Mdm	
□ Macro	CFTI4med	45.267	11.015 bx0	9	6.52	± 0.10 bxn	

MDP set di CFTI4med
NMDP 55 Imax 9 MCS

PlaceID	Località	Sc	Lat	Lon	Int
IT_23102	Ronco all'Adige		45.338	11.242	9
IT_23679	Verona		45.439	10.994	9
IT_22273	Belfiore		45.382	11.208	HD
IT_22278	Bevilacqua		45.232	11.395	HD
IT_22287	Bonavigo		45.258	11.279	HD
IT_38203	Carpi		44.784	10.885	HD
IT_34719	Castell'Arquato		44.852	9.868	HD
IT_22535	Cerea		45.194	11.213	HD
IT_72155	Cisano		45.531	10.728	HD
IT_22667	Gazzo Veronese		45.141	11.076	HD
IT_22737	Isola della Scala		45.272	11.008	HD

CPTI

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – EVENTO MONTI PISANI 1117

Dati storici

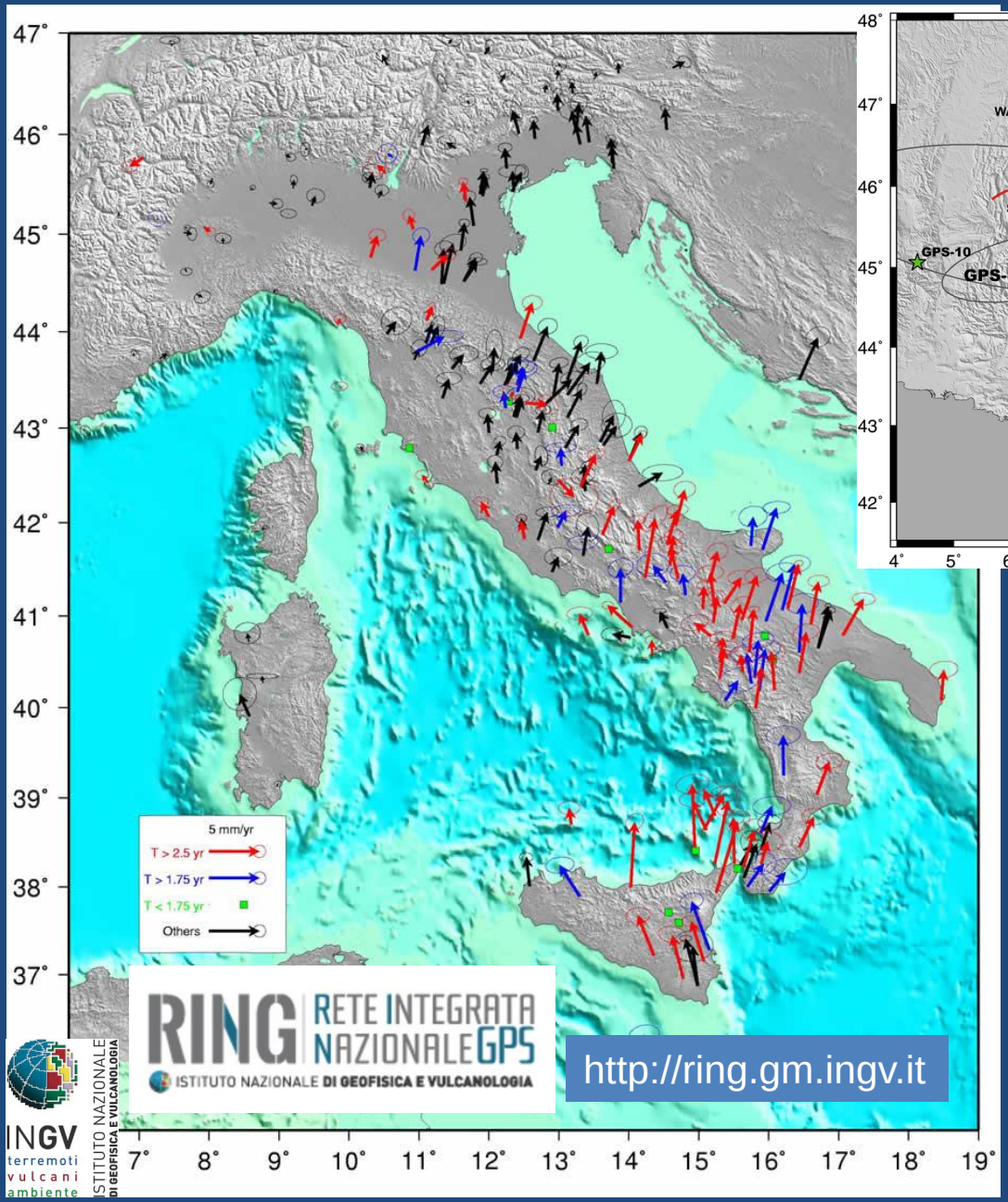
CPTI15; CFTI4Med; Meloni et al., 1988; Frepoli & Amato, 1997; Li et al., 2007

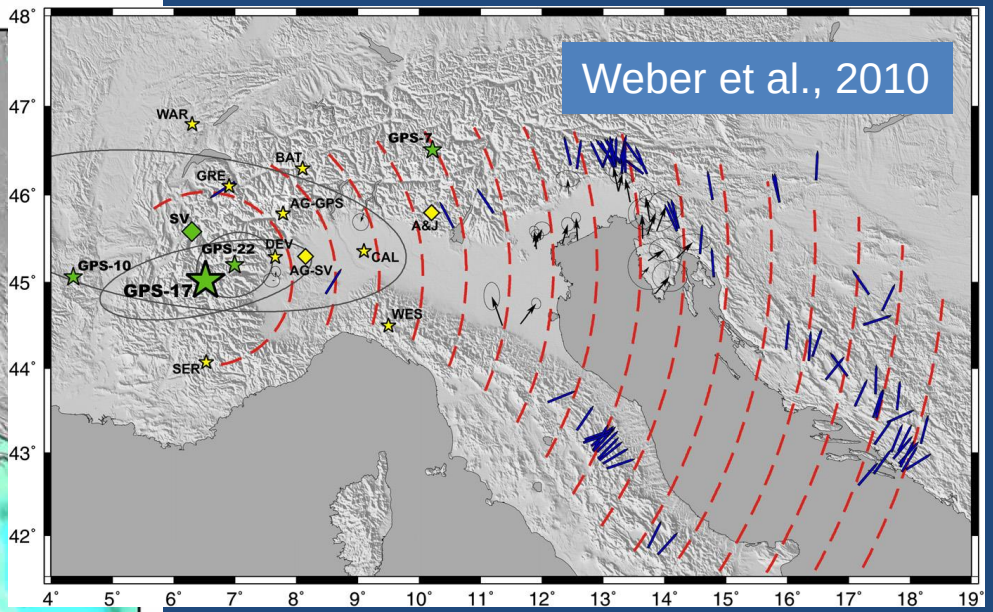
INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – EVENTO MONTI PISANI 1117

CPTI15; CFTI4Med; Meloni et al., 1988; Frepoli & Amato, 1997; Li et al., 2007

Osservazioni – DATI GPS





Rotazione antioraria del blocco adriatico (Pianura Padana), con polo di rotazione nelle Alpi occidentali. Valori di raccorciamento aumentano procedendo verso est, sino a circa 2,5 mm/anno nell'area friulana.

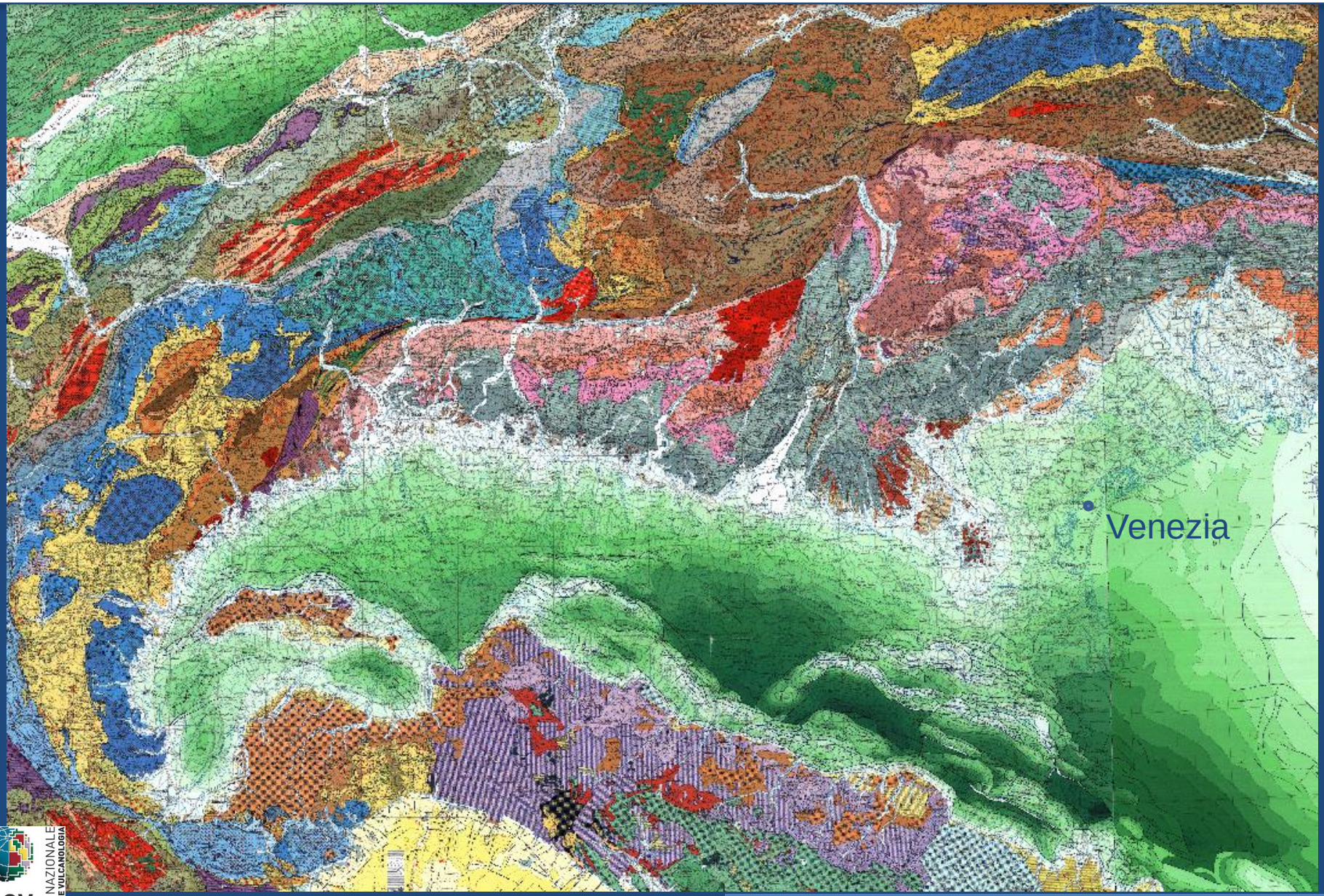
Osservazioni – STRESS orizzontale max

Stress tettonico: sforzo che causa la deformazione delle rocce

SHmax; The World Stress Map Project; Heidbach et al., 2009
http://dc-app3-14.gfz-potsdam.de

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – GEOLOGIA

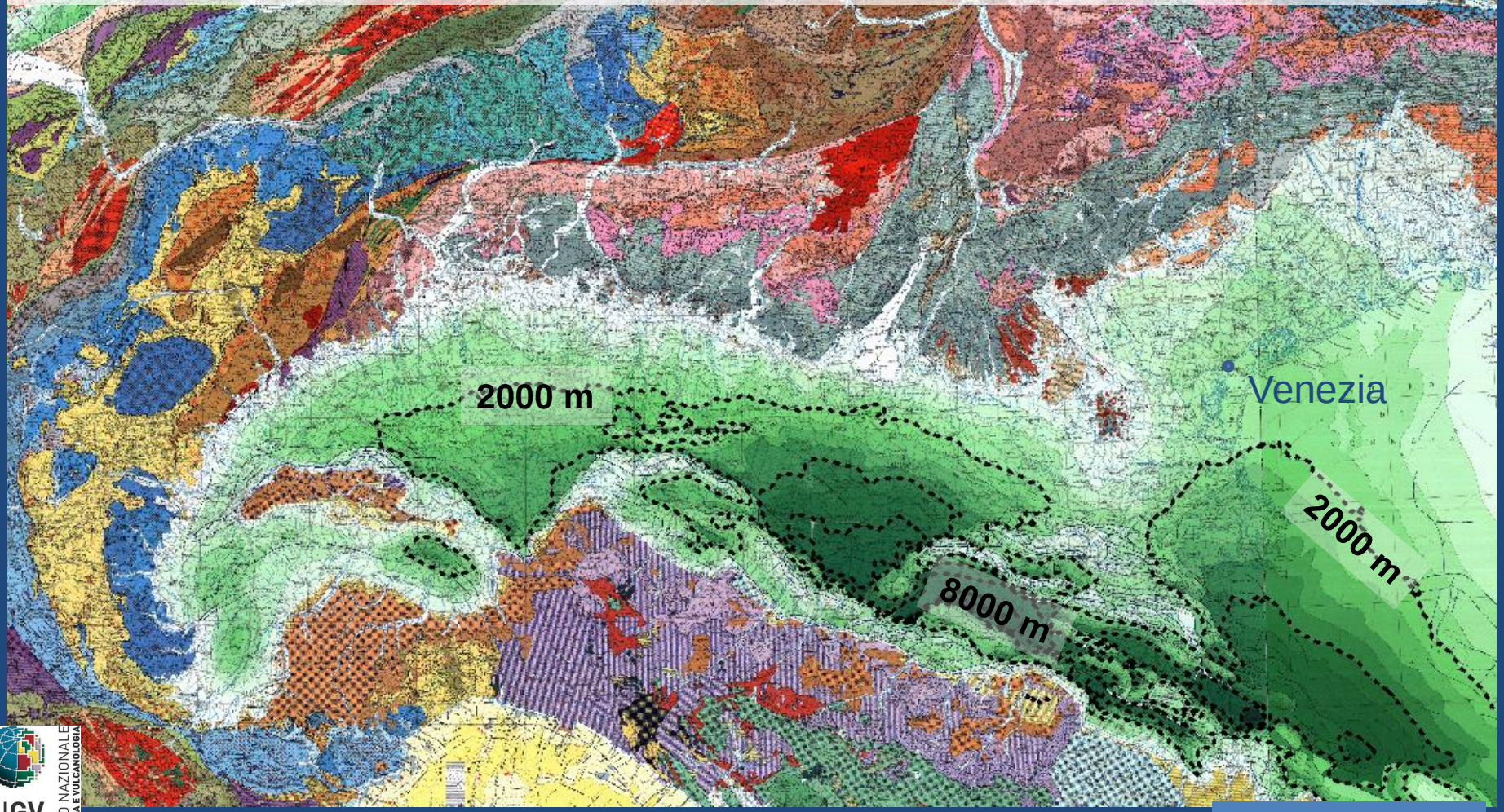


Bigi et al., 1992; Modello Strutturale d'Italia

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – SEDIMENTI DELLA PIANURA

Sedimenti di origine marina e fluviale, con spessore molto variabile, tra diverse migliaia di metri e poco meno di 100 metri, che nascondono le strutture tettoniche sottostanti

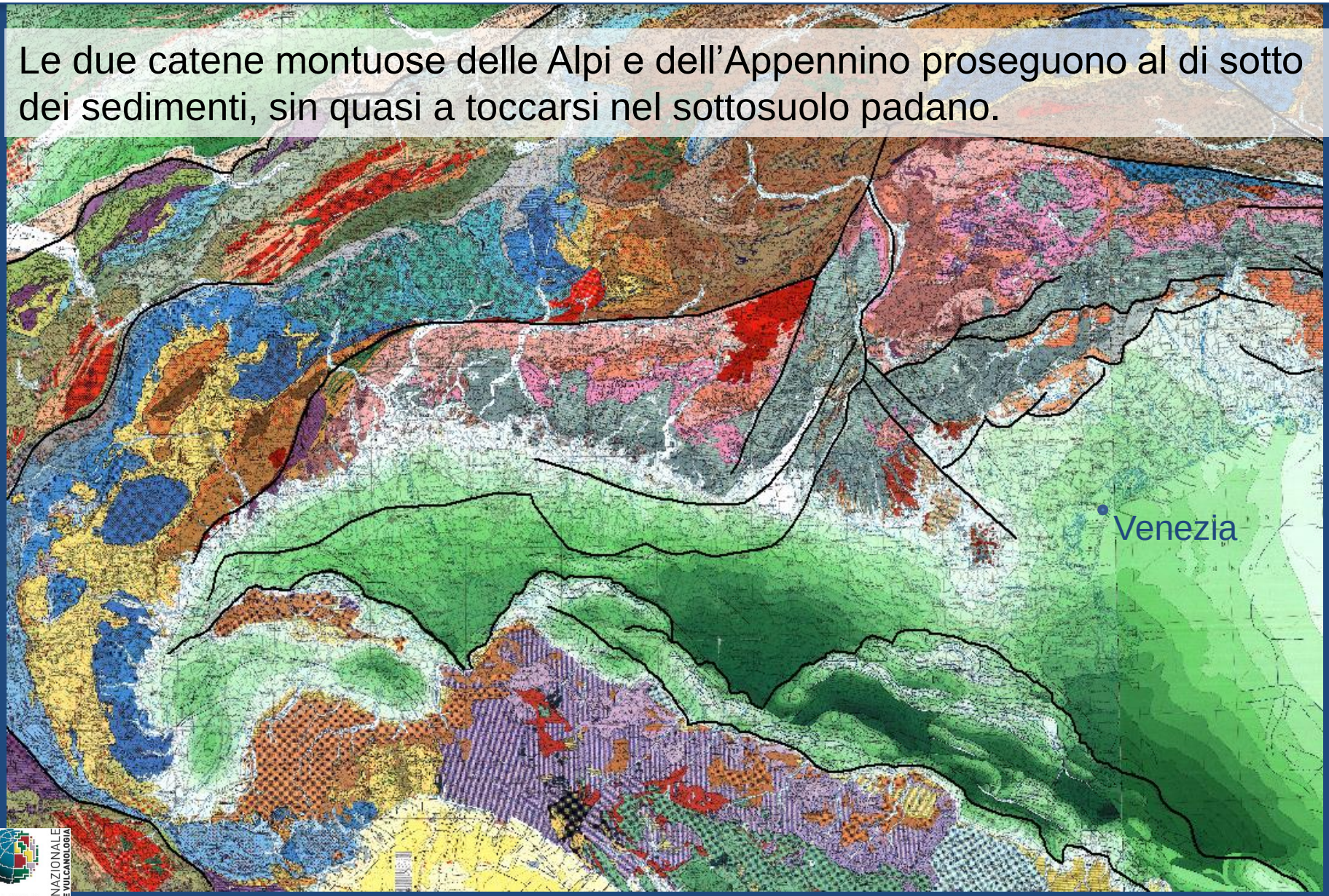


Bigi et al., 1992

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – AL DI SOTTO DEI DEPOSITI

Le due catene montuose delle Alpi e dell'Appennino proseguono al di sotto dei sedimenti, sin quasi a toccarsi nel sottosuolo padano.

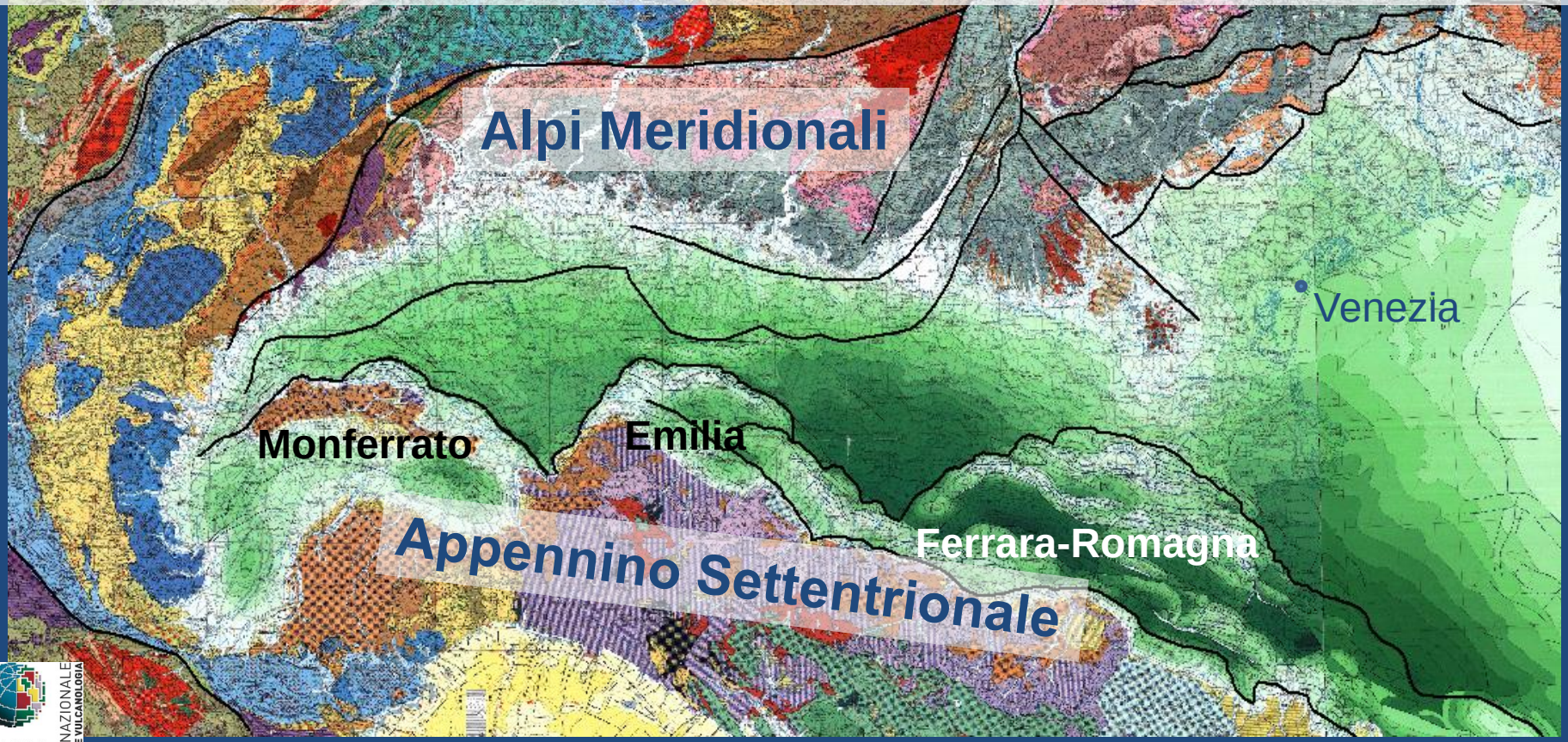


Bigi et al., 1992

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – FAGLIE COMPRESSIVE

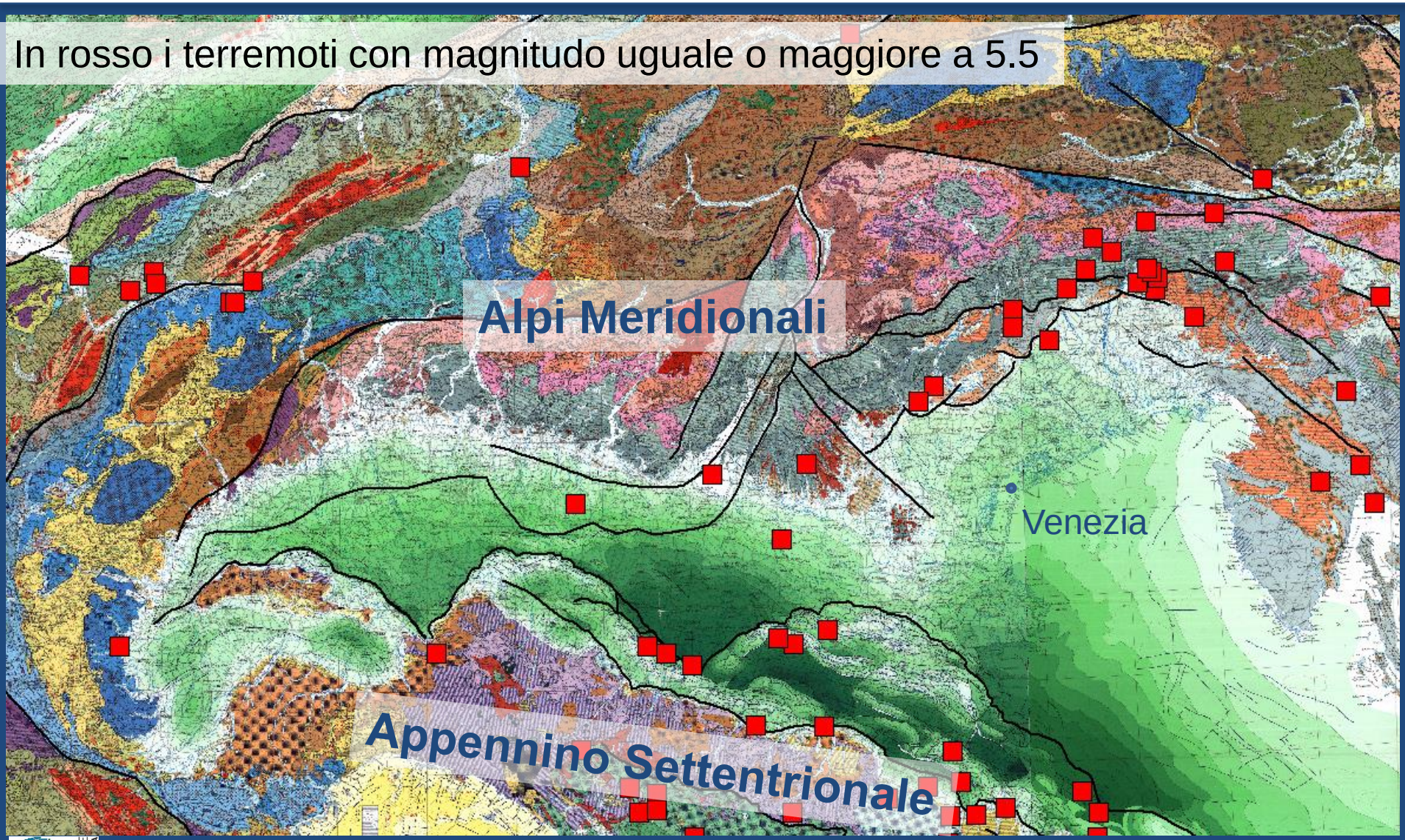
È in corso l'avvicinamento di Alpi e Appennini secondo una direttrice circa N-S e conseguentemente è in atto anche il raccorciamento della Pianura Padana. In profondità questo raccorciamento si trasforma in uno sforzo di caricamento di **faglie di tipo compressivo** localizzate sia al piede delle Alpi Meridionali, sia al piede dell'Appennino Settentrionale.



Bigi et al., 1992

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – FAGLIE & TERREMOTI

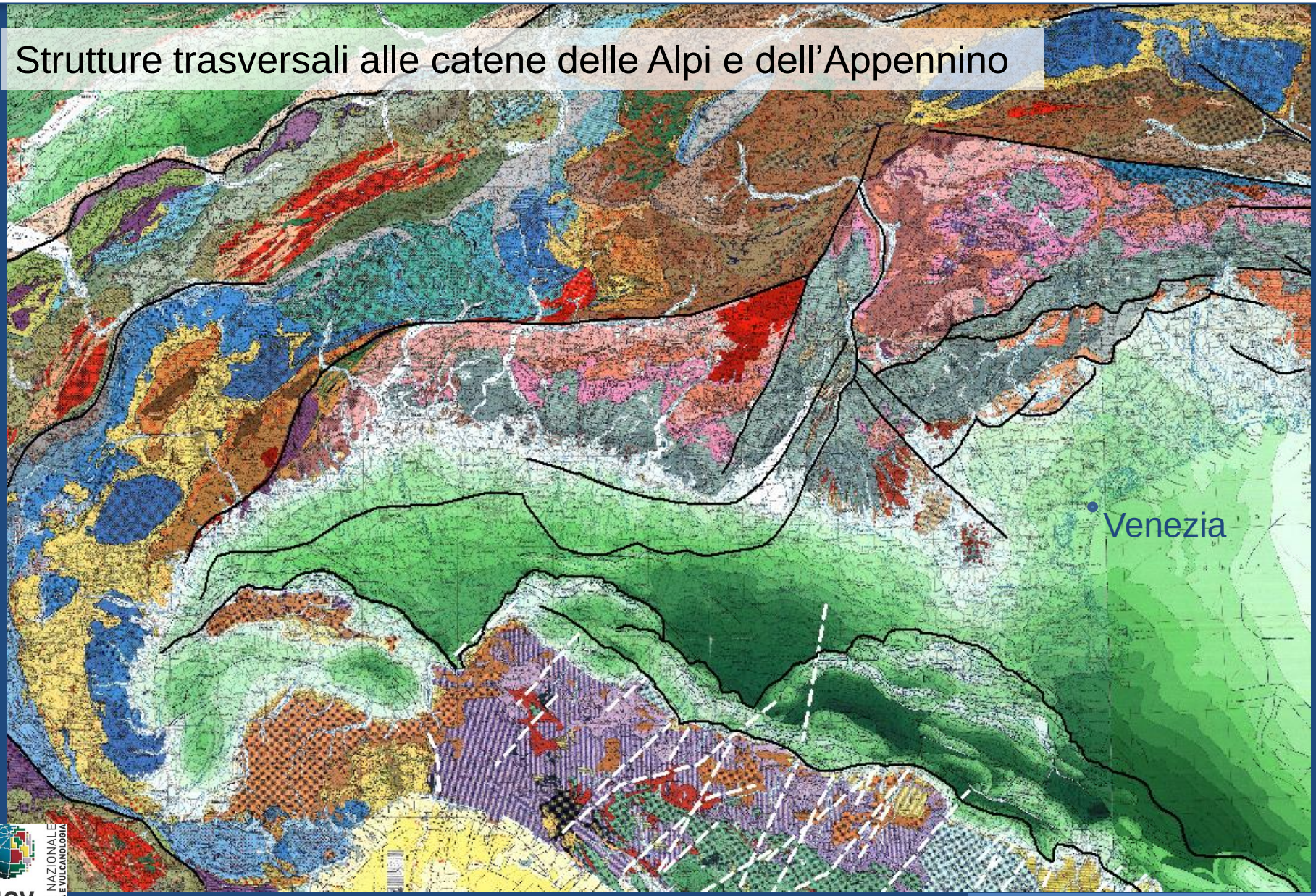


INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Bigi et al., 1992

Osservazioni – STRUTTURE TRASVERSALI

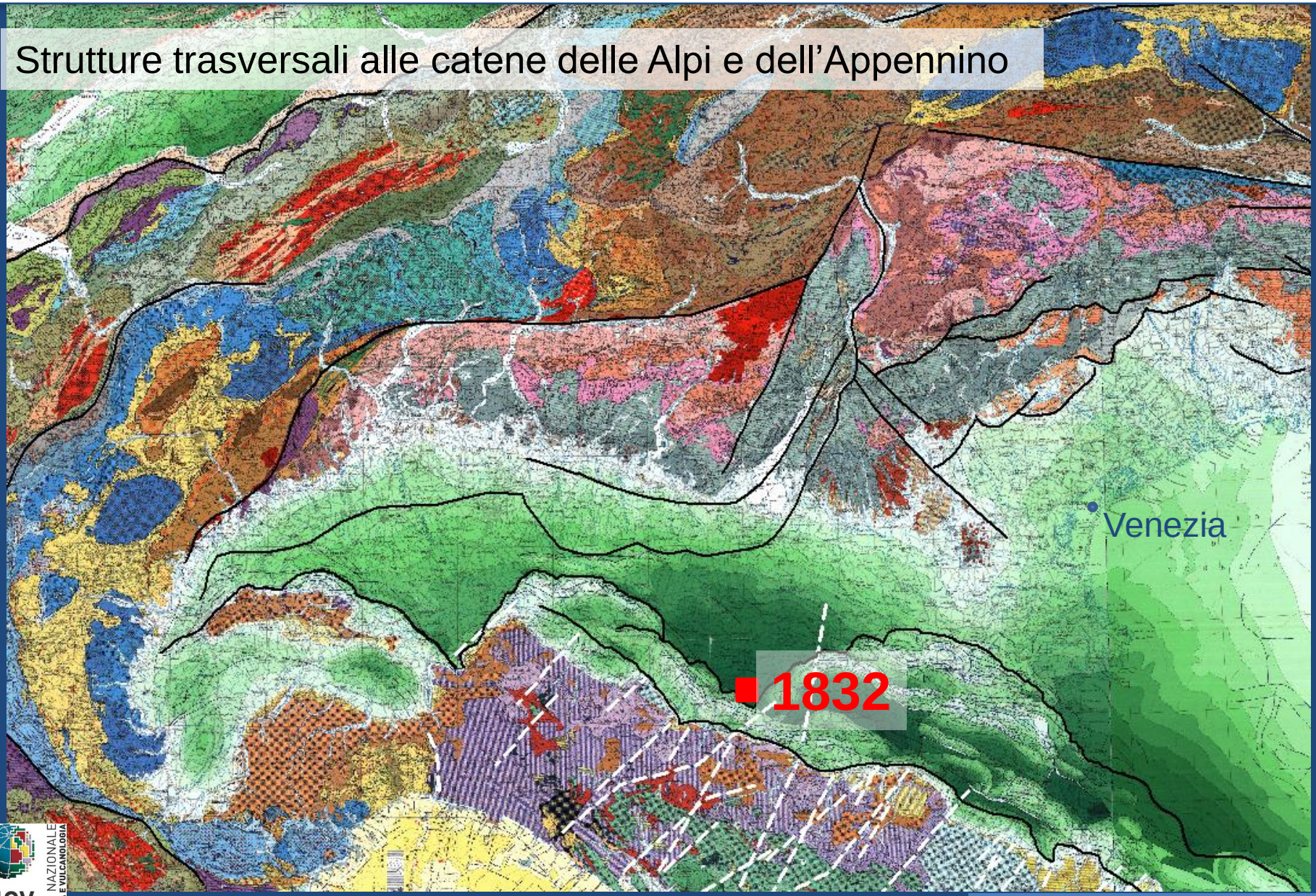
Strutture trasversali alle catene delle Alpi e dell'Appennino



Bigi et al., 1992; AA.VV.

INGV
terremoti
vulcani
ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – STRUTTURE TRASVERSALI

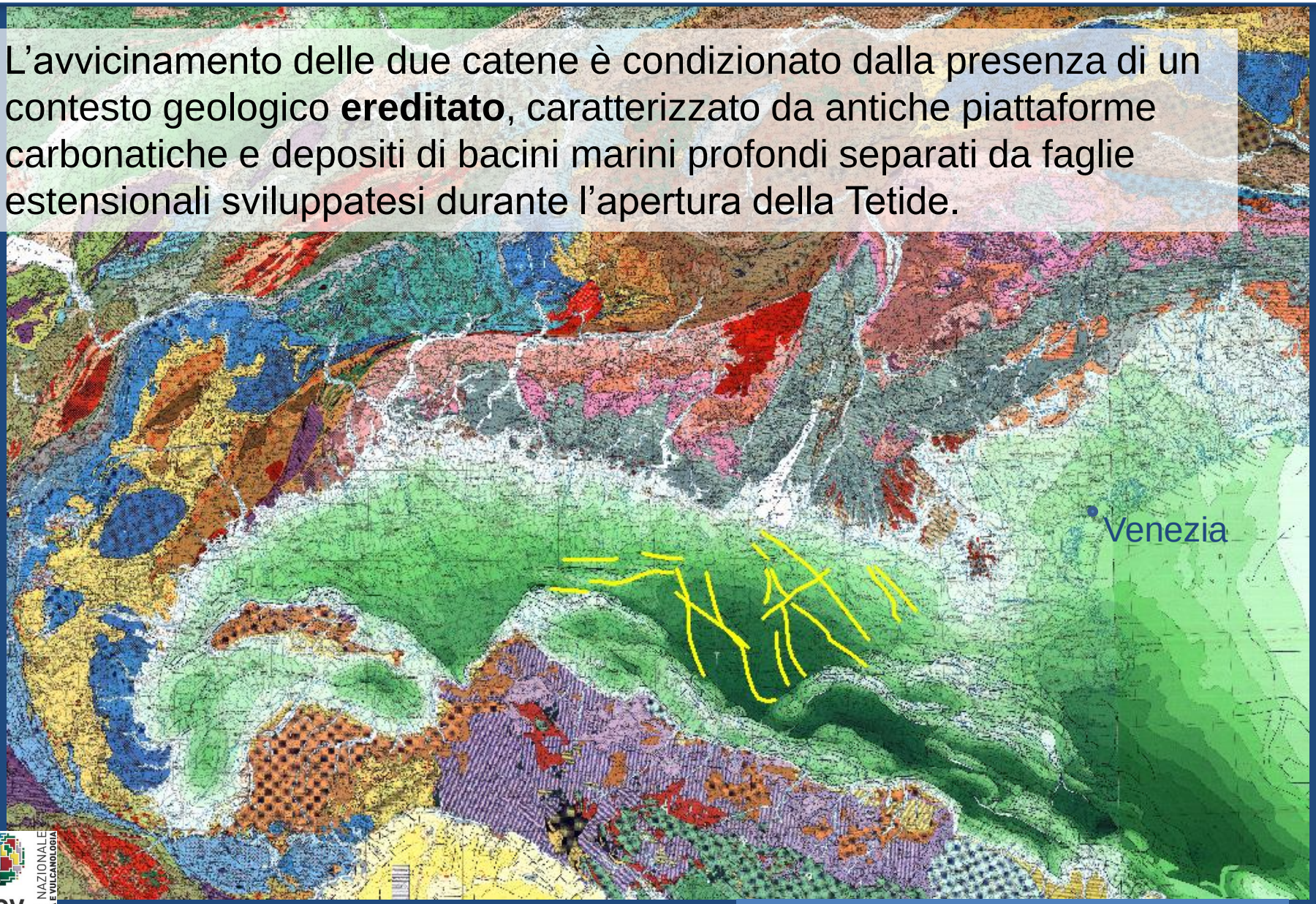


Bigi et al., 1992; AA.VV.

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – FAGLIE EREDITATE

L'avvicinamento delle due catene è condizionato dalla presenza di un contesto geologico **ereditato**, caratterizzato da antiche piattaforme carbonatiche e depositi di bacini marini profondi separati da faglie estensionali sviluppatesi durante l'apertura della Tetide.

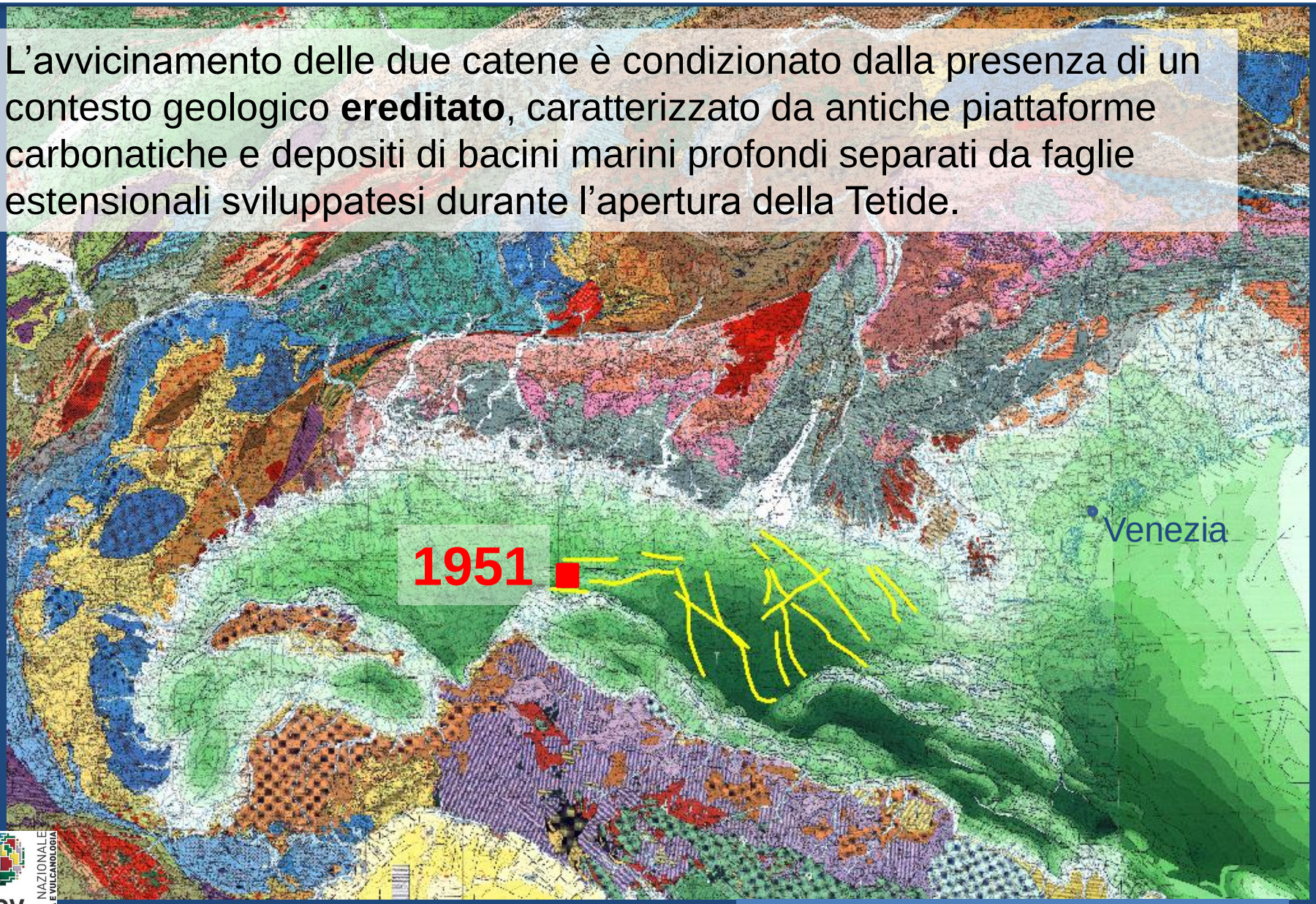


Rogledi et al., 2010; Bigi et al., 1992

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – FAGLIE EREDITATE

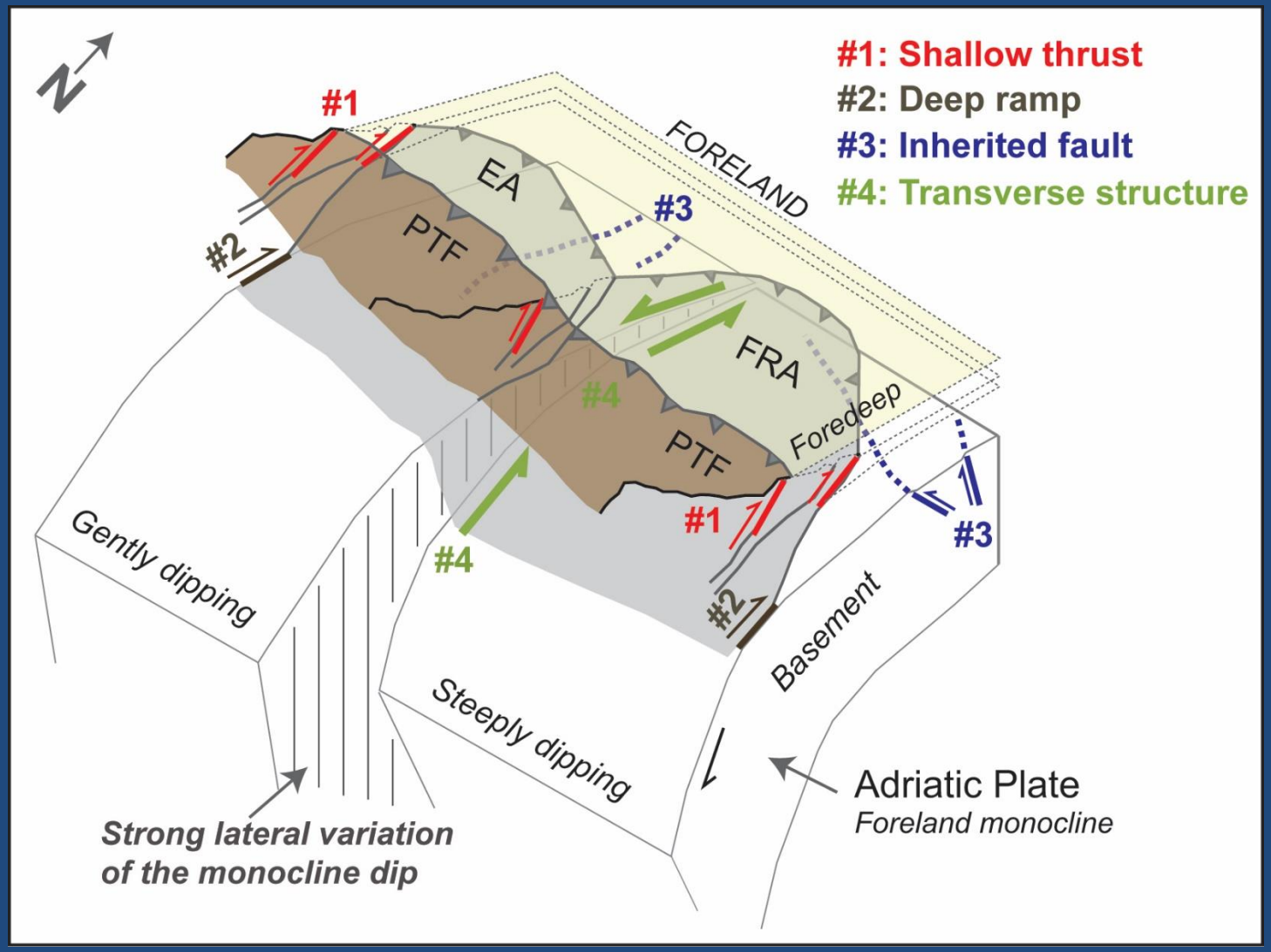
L'avvicinamento delle due catene è condizionato dalla presenza di un contesto geologico **ereditato**, caratterizzato da antiche piattaforme carbonatiche e depositi di bacini marini profondi separati da faglie estensionali sviluppatesi durante l'apertura della Tetide.



Rogledi et al., 2010; Bigi et al., 1992

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Modelli – TIPOLOGIA DI FAGLIE



Vannoli et al., 2015

ALCUNE CONSIDERAZIONI

Comprendere la sismogenesi della Pianura Padana è particolarmente complesso perché:

- La sismicità è poco frequente
- Ratei di deformazione sono bassi
- Ratei di sedimentazione possono essere più alti di quelli di natura tettonica
- La compattazione differenziale può “simulare” i movimenti verticali
- di natura tettonica
- Talora le opere antropiche possono “mascherare” o “simulare” i movimenti verticali di natura tettonica

Osservazioni – FAGLIAZIONE DI SUPERFICIE

Monte Carpineta (SA)

Scarpata di faglia

Piana di San Gregorio Magno (SA)

Terremoto dell'Irpinia, 23 novembre 1980

La fagliazione in Pianura Padana è cieca!

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

ALCUNE CONSIDERAZIONI

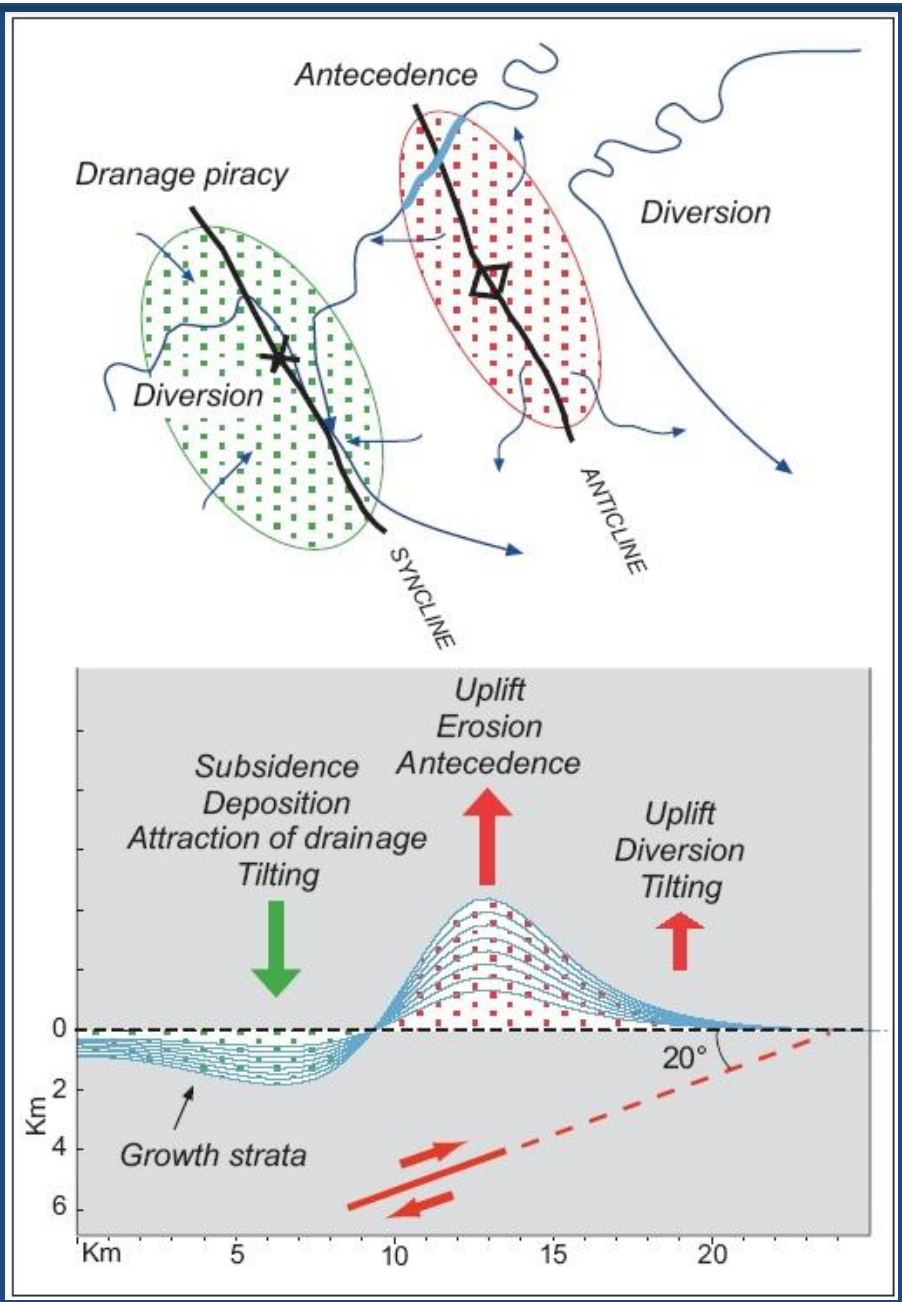
Le faglie della Pianura Padana non arrivano a tagliare la superficie terrestre ma si fermano in profondità, prendono il nome di **faglie cieche**.

Ne consegue che le faglie padane possono essere investigate solo tramite metodi indiretti.

È indispensabile un approccio che integri le analisi di geologia del terremoto
con dati geologici e geofisici del sottosuolo

INGV
terremoti
vulcani
ambiente
ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

RISPOSTA FLUVIALE AI MOVIMENTI VERTICALI



INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Database of Individual Seismogenic Sources

DISS version 3

A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas

HOME | ABOUT | HELP | CREDITS | COMMUNITY

News

- **Fossil landscapes and youthful seismogenic sources in the central Apennines: excerpts from the 24 August 2016, Amatrice earthquake and seismic hazard implications**

  01-12-2016

  Valensise et al., 2016 link ...

- **Imaging the tectonic framework of the 24 August 2016, Amatrice (central Italy) earthquake sequence: new roles for old players?**

  24-11-2016

  Bonini et al., 2016 link ...

- **Annals of geophysics vol.59 FT**

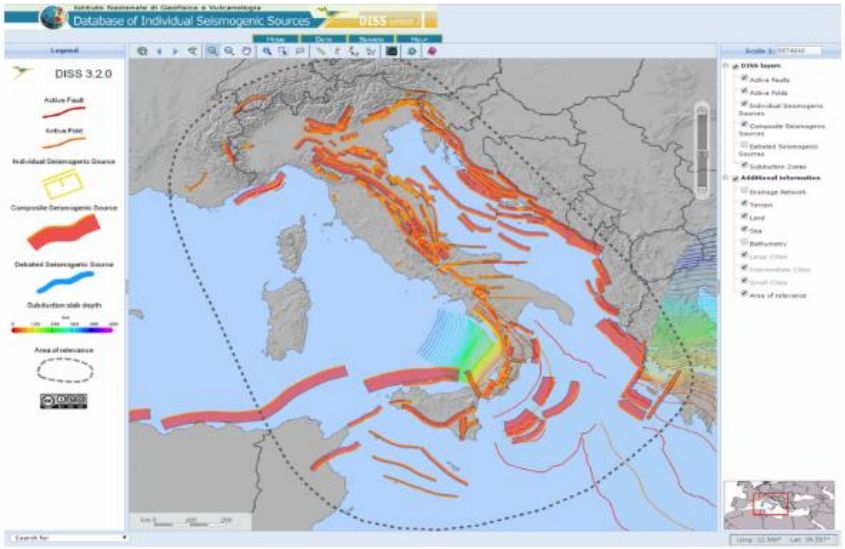
  24-11-2016

  The Amatrice seismic sequence: preliminary data and results. link ...

- **New cartographic interface released**

  11-09-2015

Access database current version



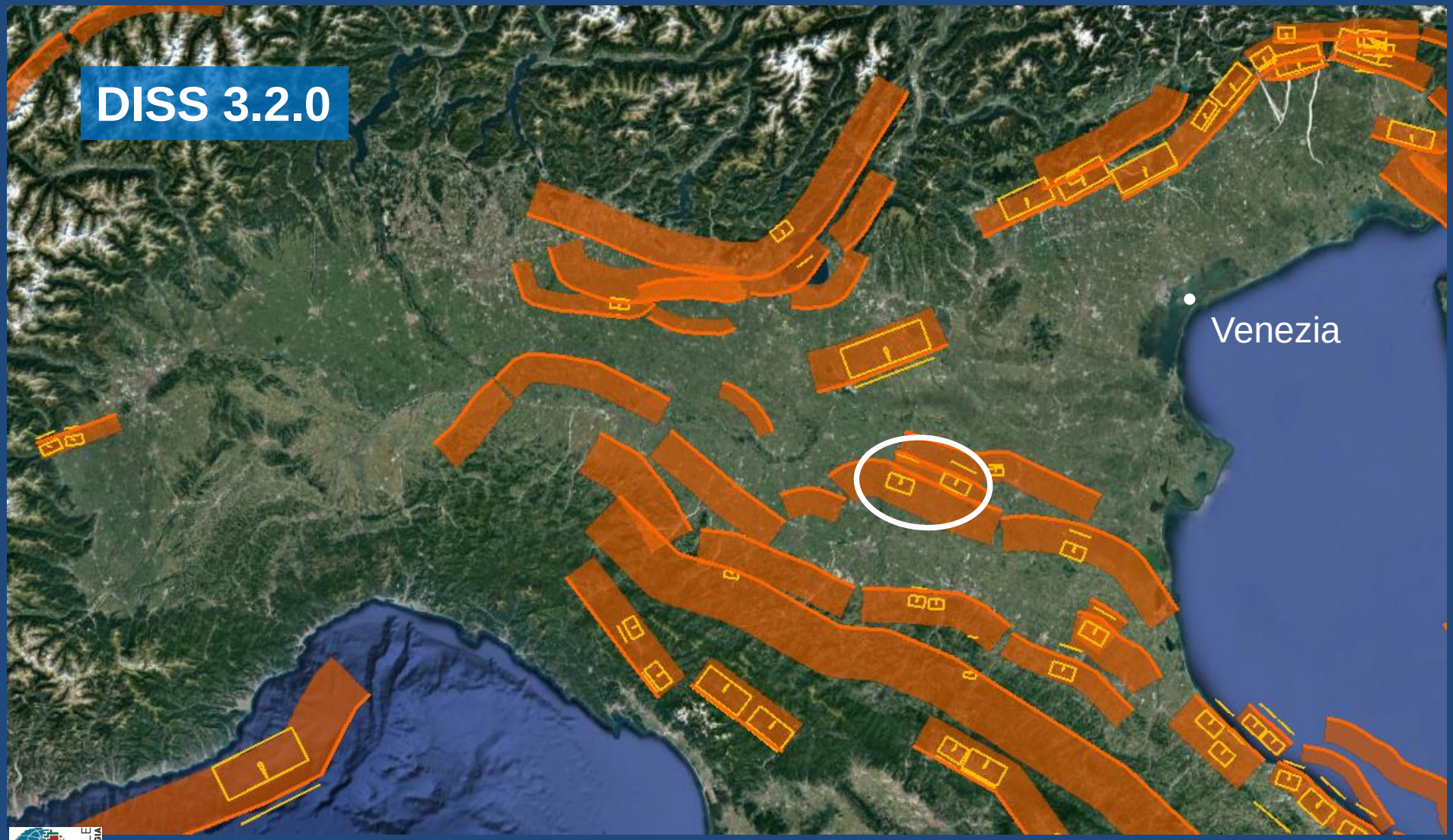
Except where otherwise noted, content on this site is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) licence. Contact us to request additional permissions to use the work granted by this license

DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. http://diss.rm.ingv.it/diss/,

INGV terremoti vulcani ambiente ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

http://diss.rm.ingv.it/diss/

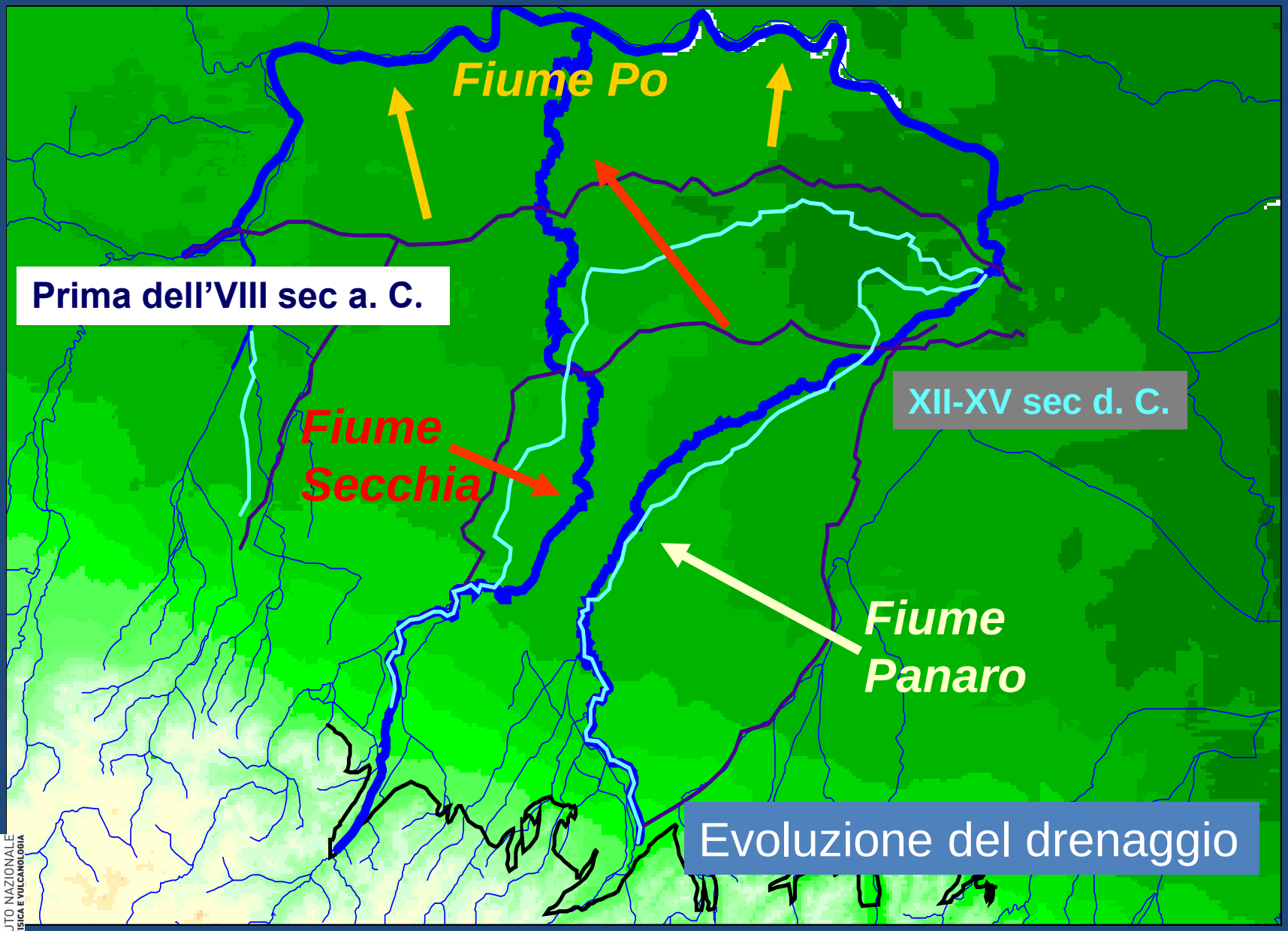
DISS – DB DI SORGENTI SISMOGENICHE



DISS Working Group 2015; http://diss.rm.ingv.it/diss/

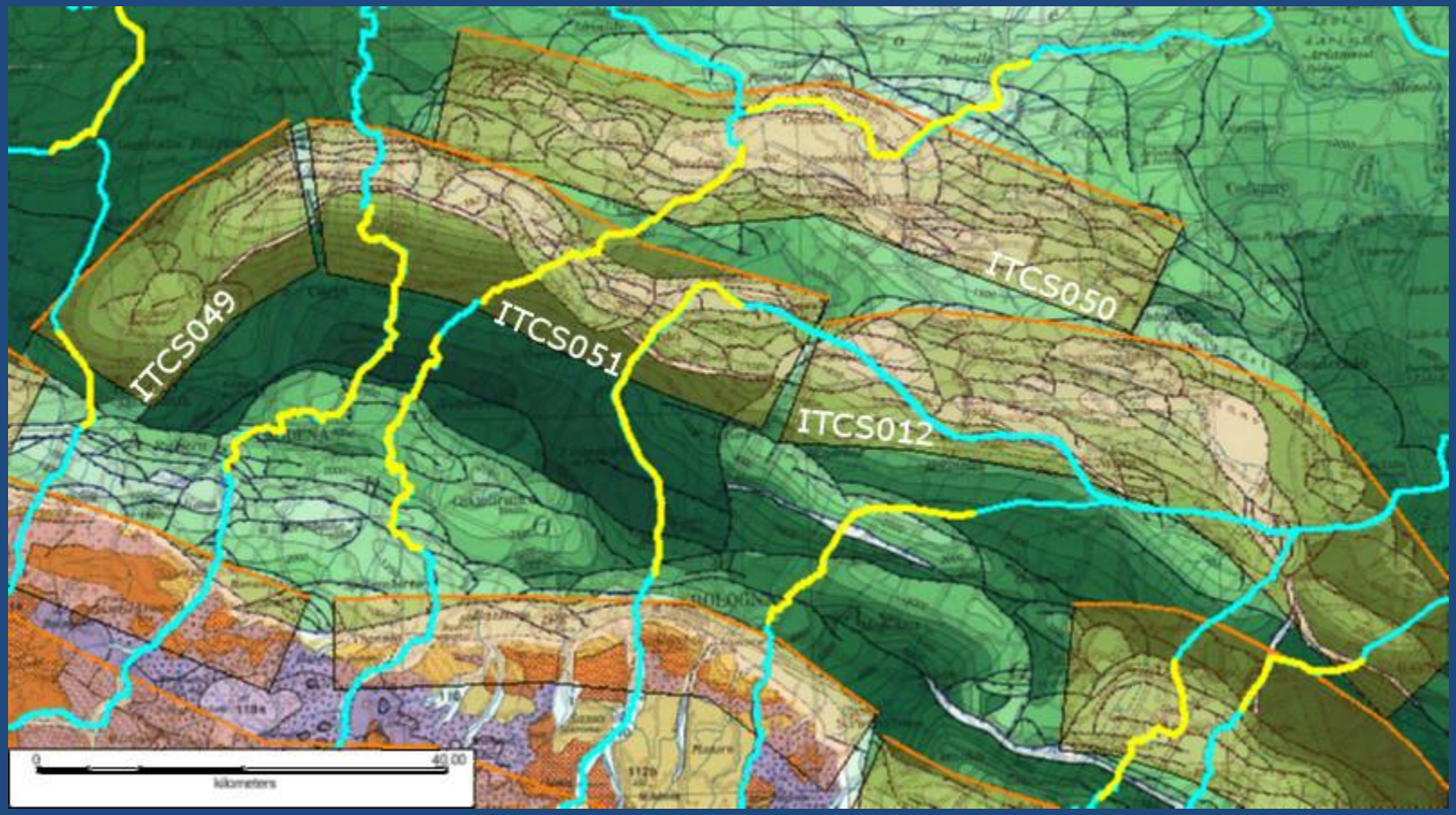
INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

ANOMALIE IDROGRAFICHE



INGV
terremoti
vulcani
ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

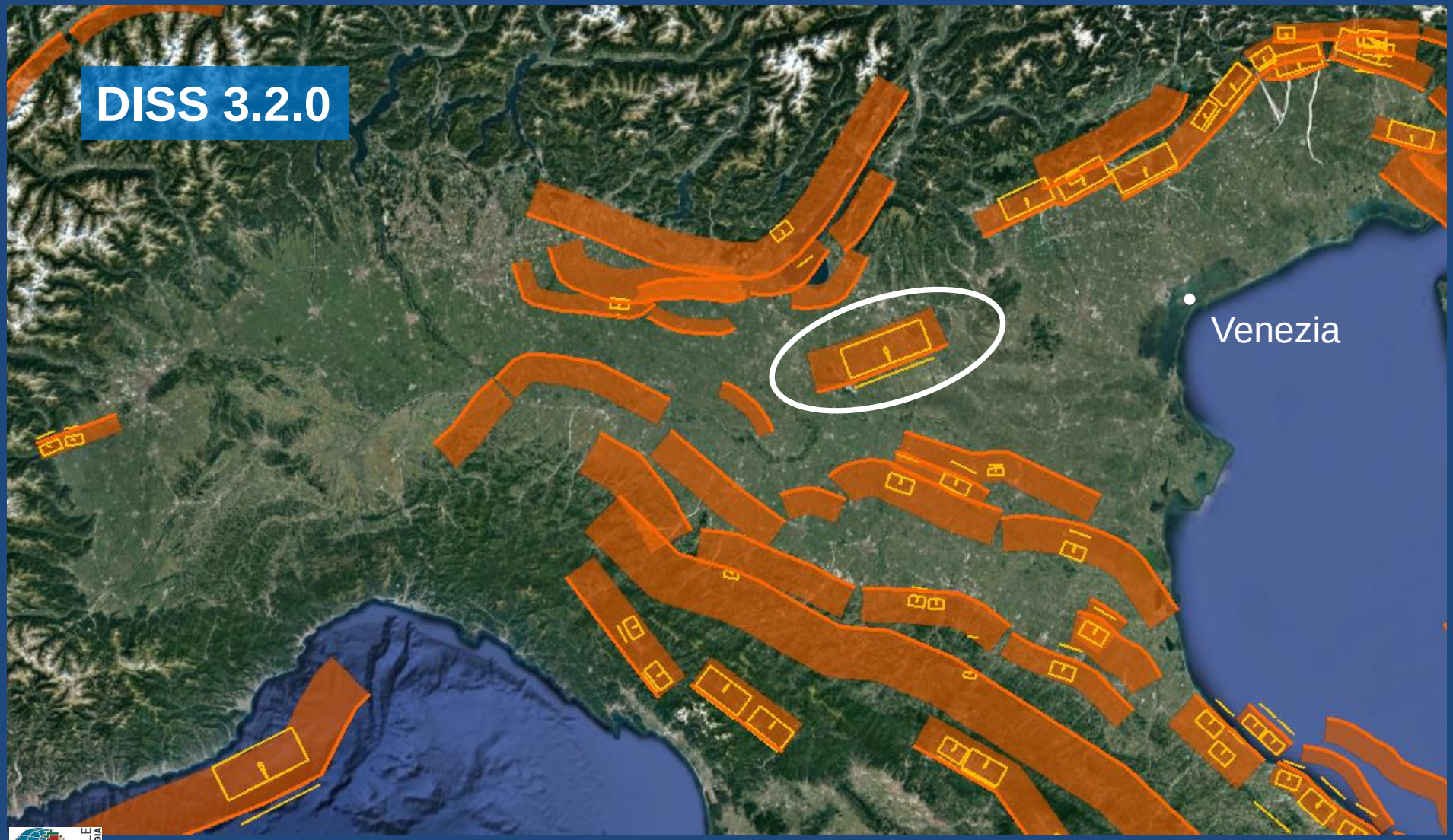
SORGENTI SISMOGENICHE del 2012



Burrato et al., 2003; Bigi et al., 1992; DISS Working Group, 2010

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

DISS – DB DI SORGENTI SISMOGENICHE

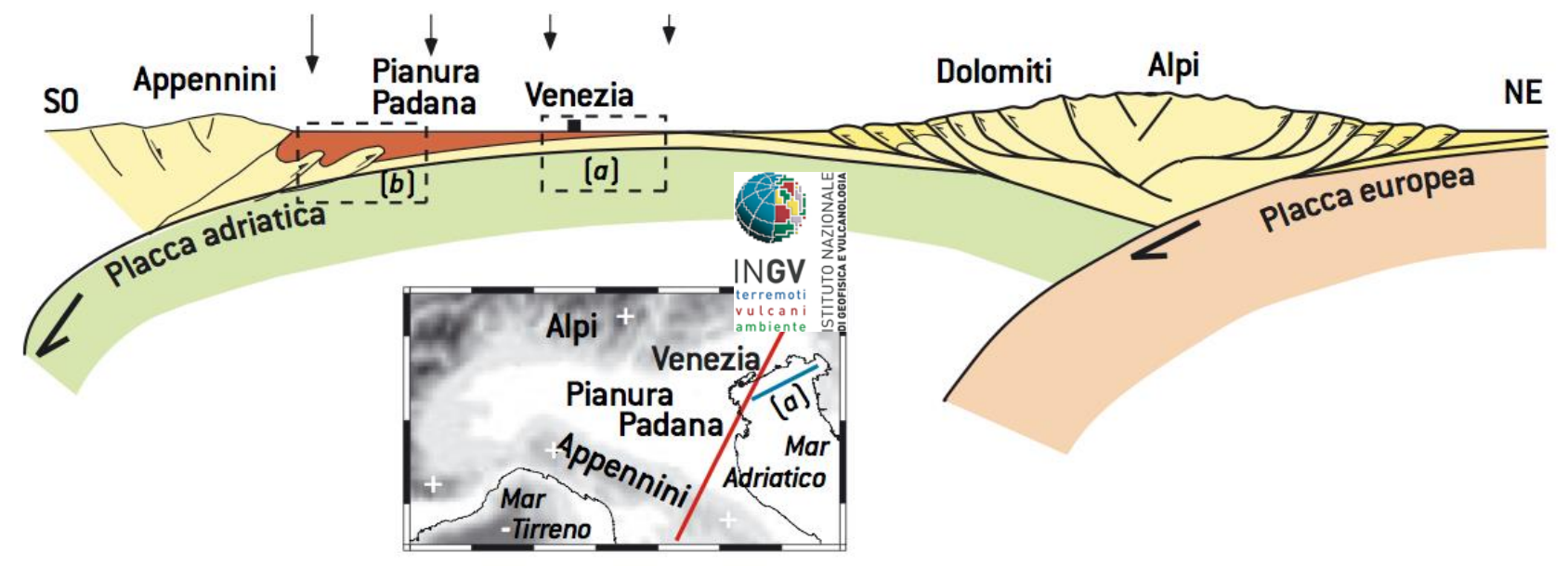


DISS Working Group 2015; http://diss.rm.ingv.it/diss/

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Grazie per l’attenzione!

Osservazioni – DOMINI STRUTTURALI



Carminati et al., 2006

Quali sono i contenuti del database DISS?

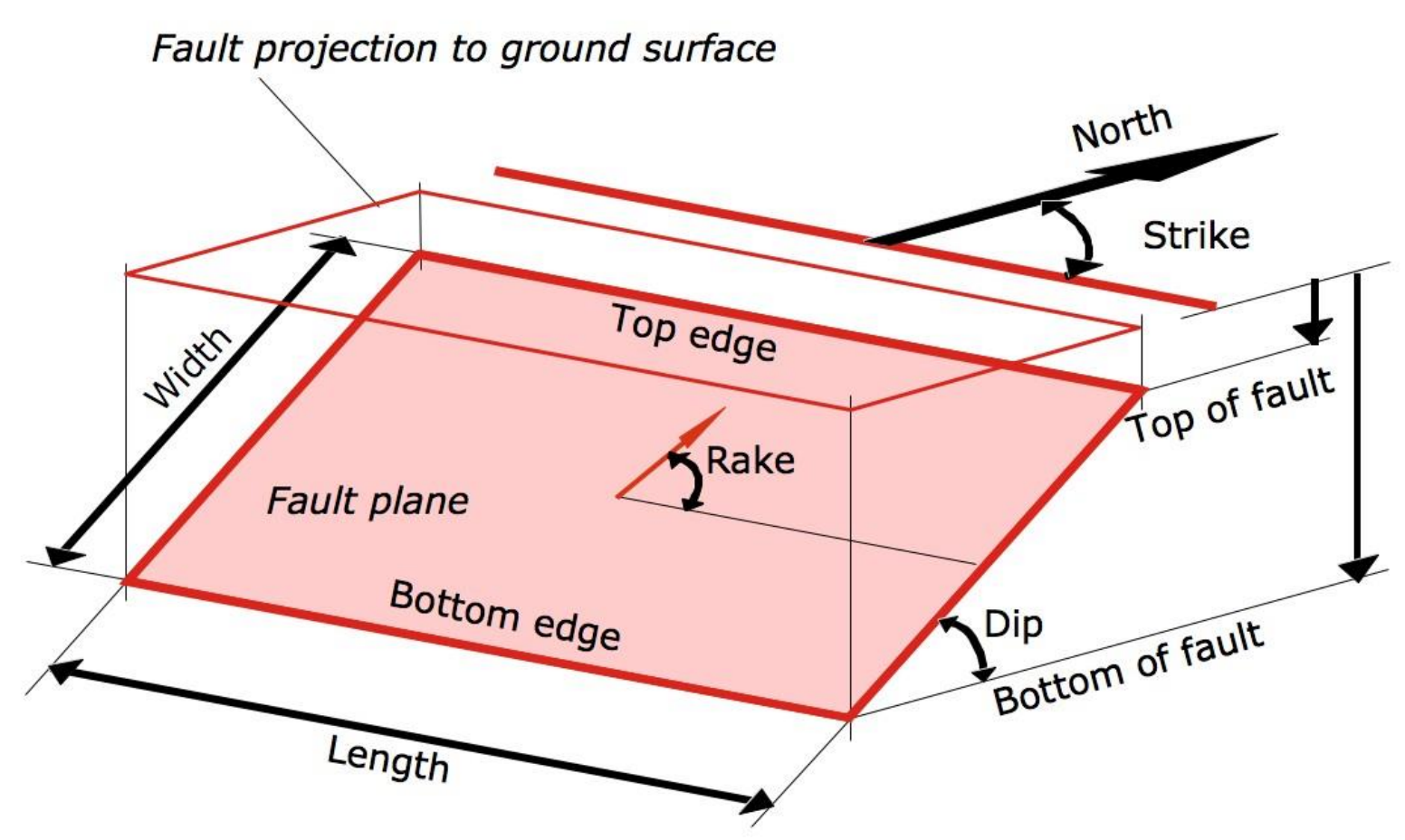
Due principali categorie di sorgenti sismogenetiche:

- Sorgenti Individuali
- Sorgenti Composite

Ogni sorgente è associata a:

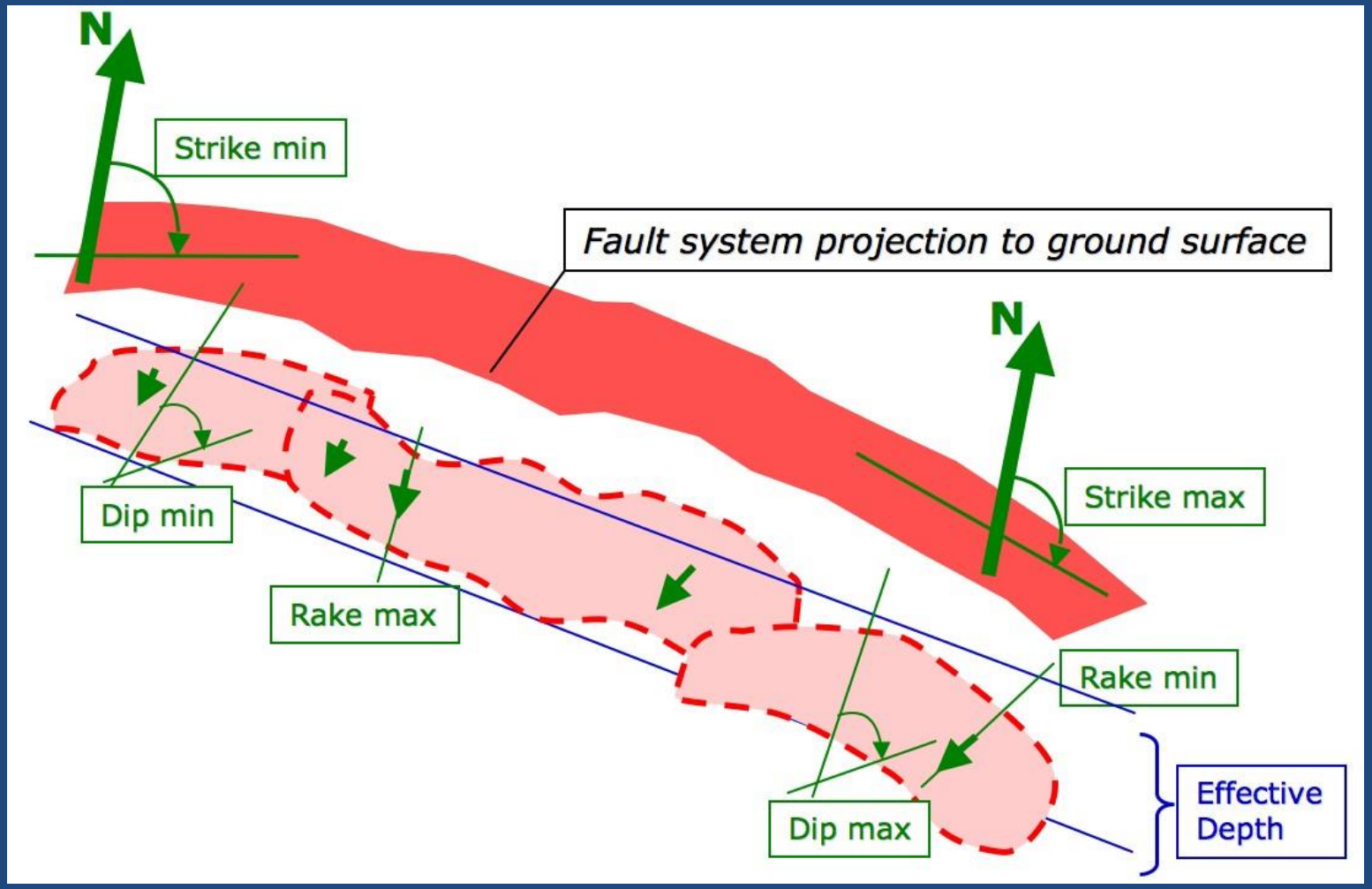
✓ *un elemento geografico*
✓ *un set di attributi alfanumerici*
✓ *un testo di commenti*
✓ *immagini originali o tratte da lavori pubblicati*
✓ *una lista di riferimenti bibliografici*

SORGENTE SISMOGENETICA INDIVIDUALE



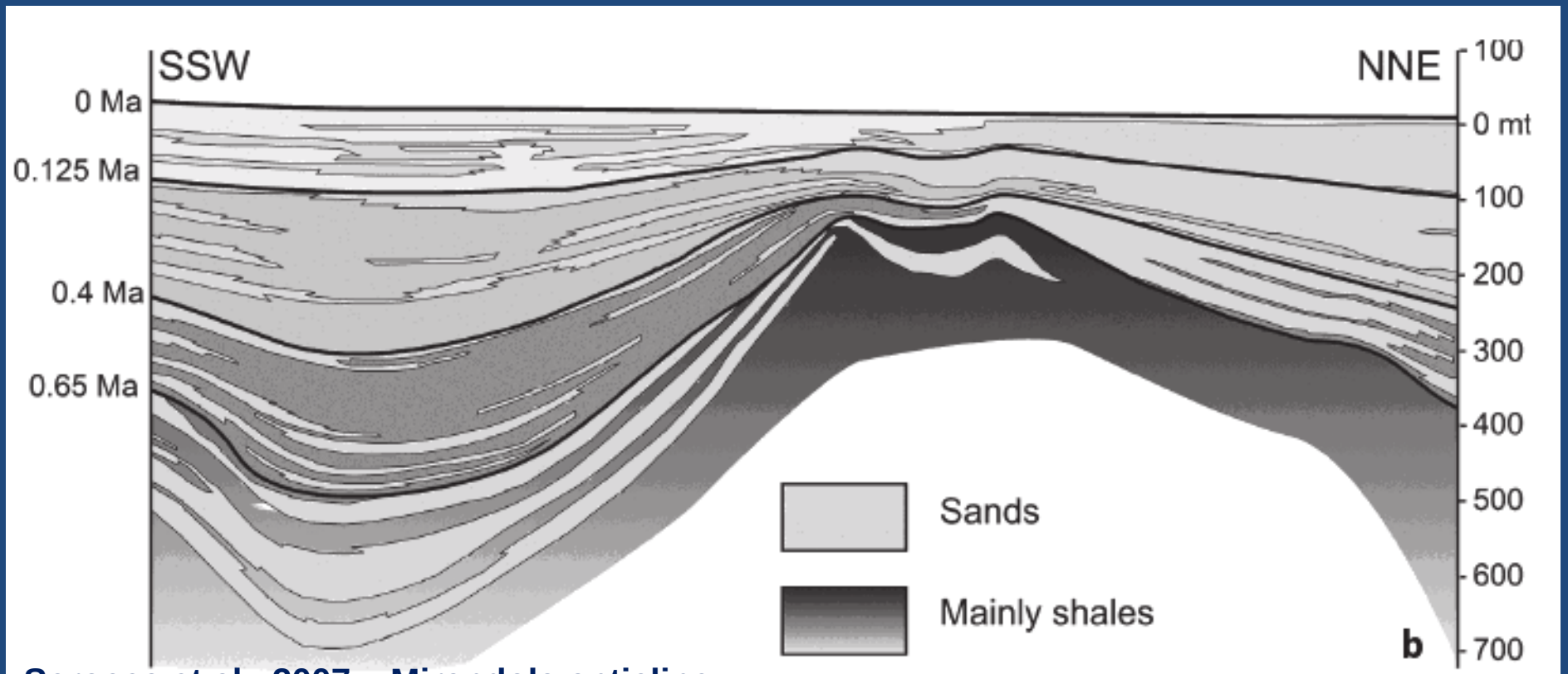
✓Basata su osservazioni geologiche, geomorfologiche e geofisiche e su vincoli storici
✓ Implica comportamento caratteristico dei terremoti
PORZIONE DI FAGLIA CHE SI MUOVE DURANTE TERREMOTO

SORGENTE SISMOGENETICA COMPOSITA



- ✓ Basata su osservazioni geologiche e geofisiche e su vincoli storici
- ✓ Non segmentata, non assume alcun modello di ricorrenza

CALCOLO RATEI DI SOLLEVAMENTO



Scrocca et al., 2007 – Mirandola anticline

Ratei di sollevamento dal Pleistocene

1.70 mm/a senza considerare la compattazione differenziale – Burrato et al., 2003

0.53 mm/a considerando la compattazione differenziale – Scrocca et al., 2007

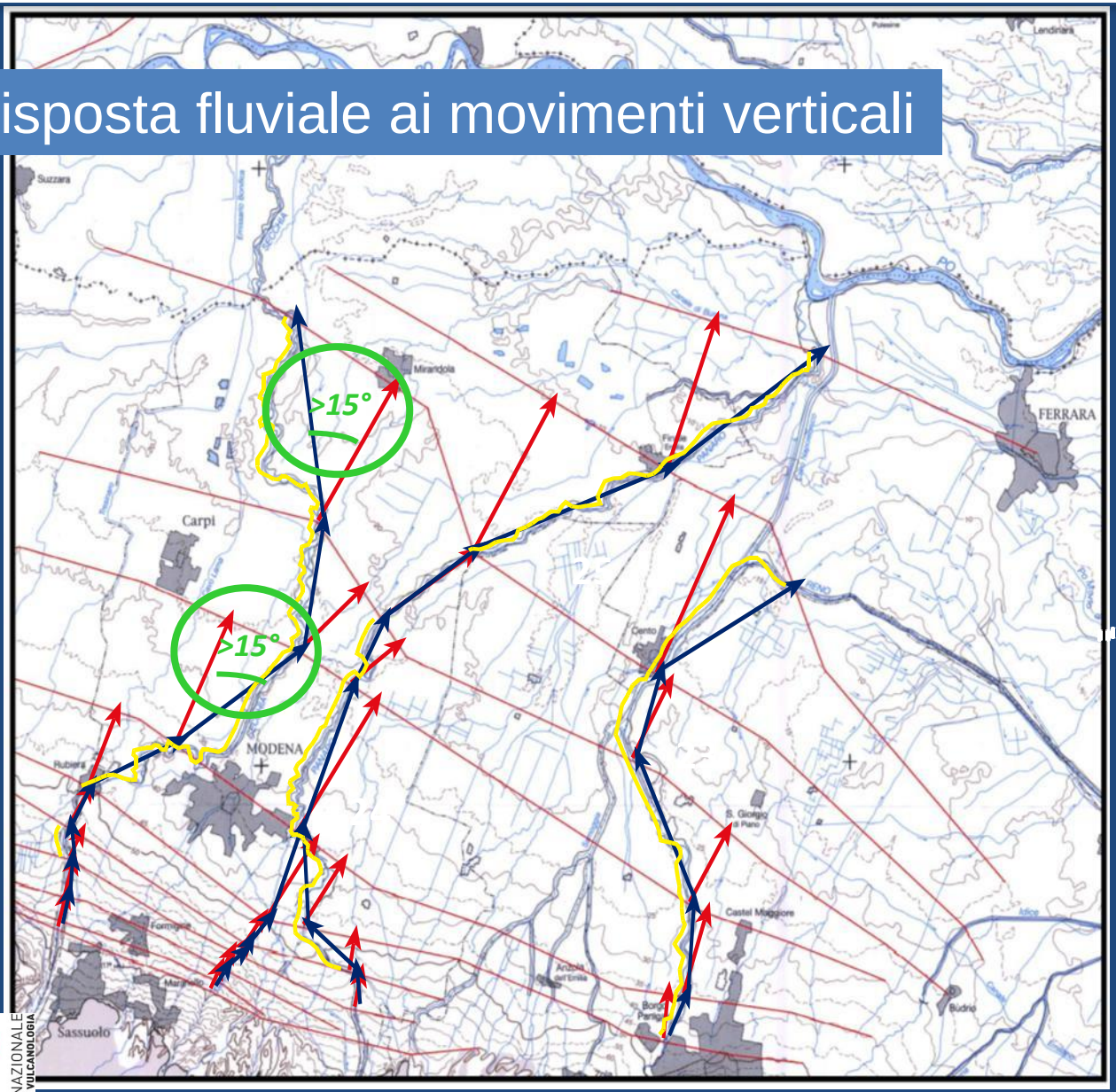
INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Osservazioni – INTERPOLAZIONE SHmax

SHINE; Carafa & Barba, 2013; Carafa et al., 2015; http://shine.rm.ingv.it/

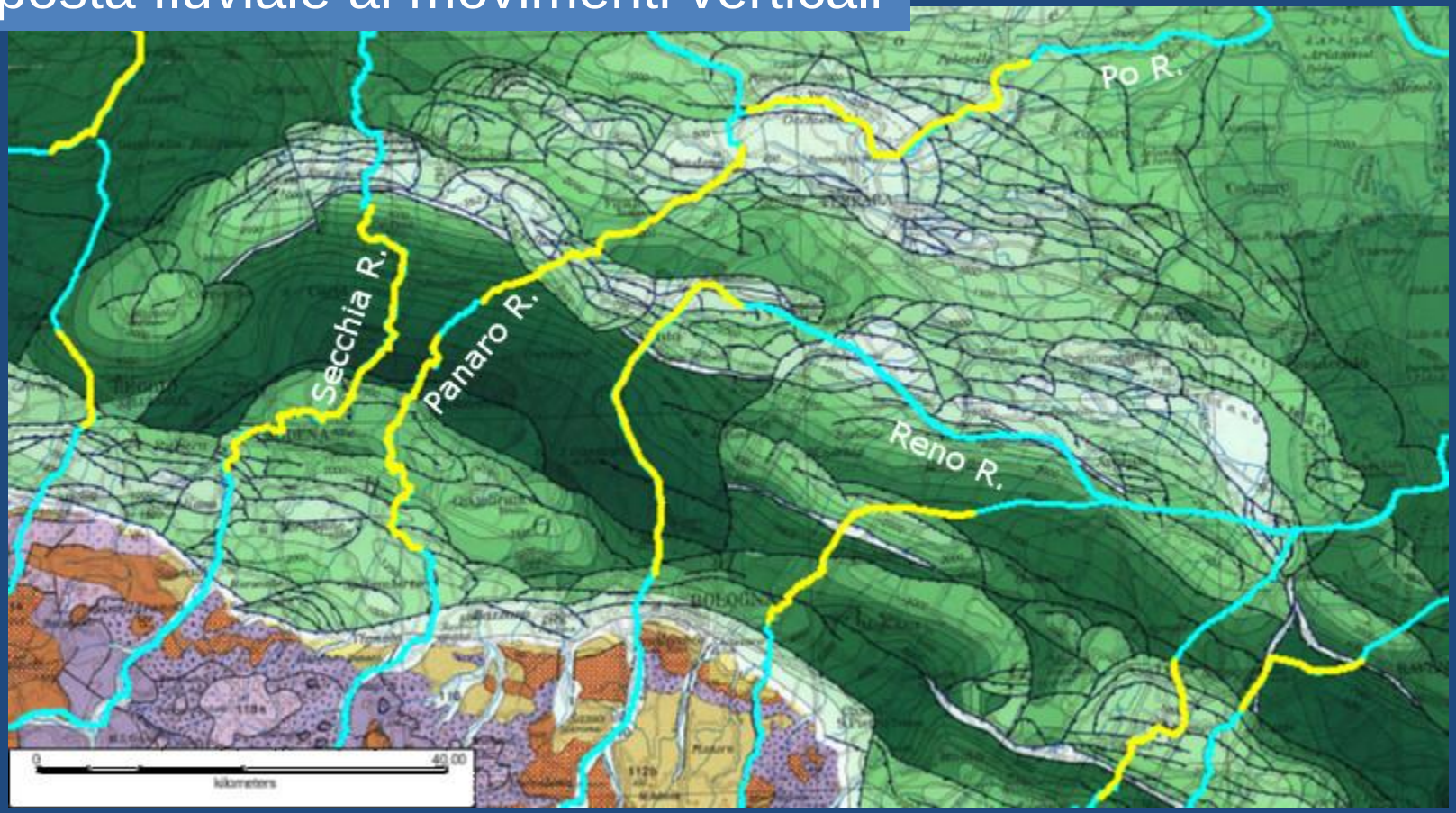
SORGENTI SISMOGENICHE del 2012

Risposta fluviale ai movimenti verticali


>15°
>15°
Mirandola
Carpi
MODENA
FERRARA
Sassuolo
Cento
Castel Maggiore
Budrio
Suzzara
Landriana
Rubiera
Fiorano
Maranello
S. Giorgio
Bondeno
Pontelagoscuro
Po
Reno
Panaro
Secchia
Scolo Burana
Canale di Burana
Canale Diversivo
Canale Emissario
Canale Navigabile
Canale Cavo Napoleonico
Canale Collettore Acque Basse
Canale Collettore Acque Alte
Canale Collettore Acque Medie

SORGENTI SISMOGENICHE del 2012

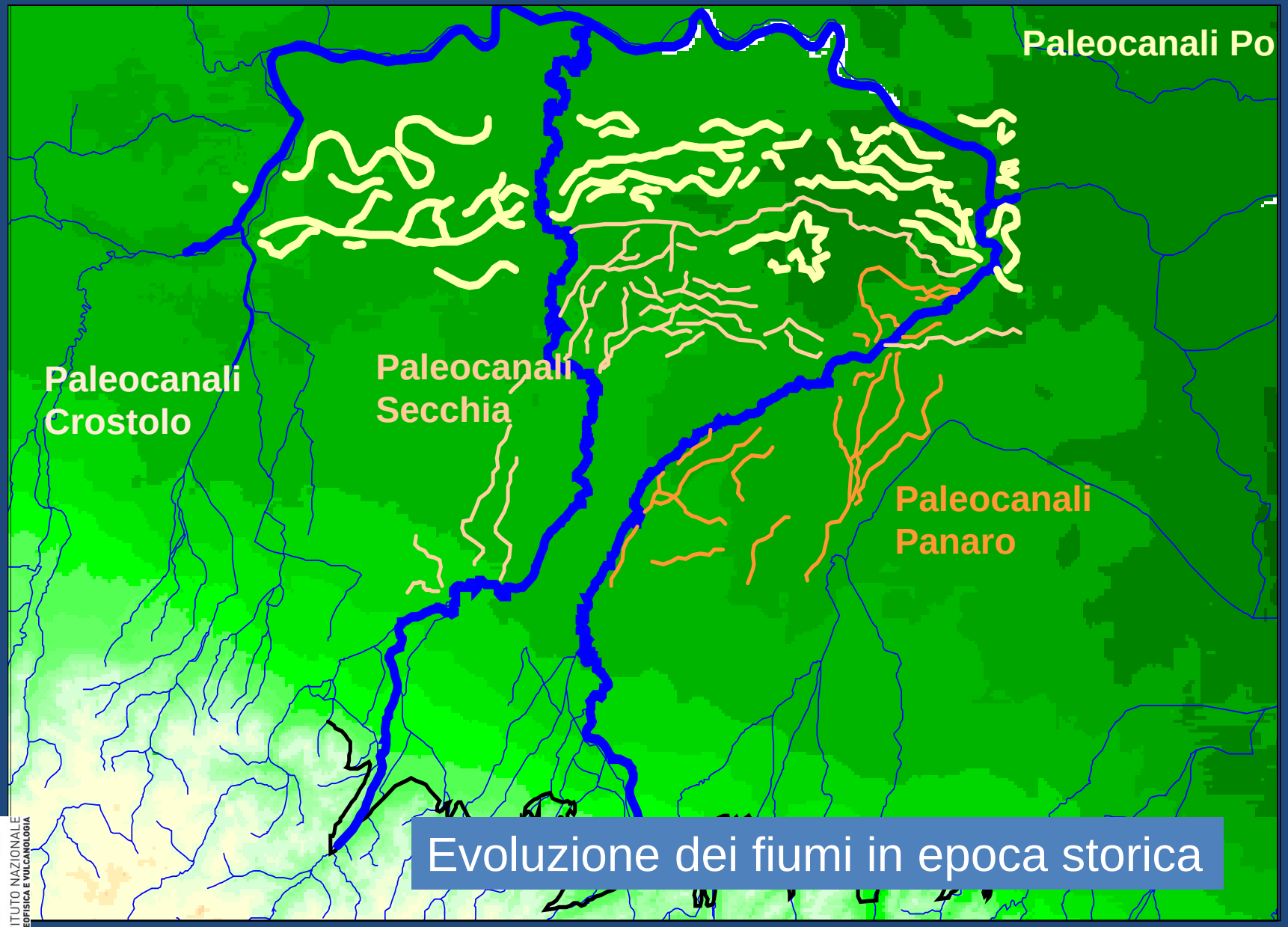
Risposta fluviale ai movimenti verticali



Burrato et al., 2003; Bigi et al., 1992 – Modello Strutturale d'Italia

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

SORGENTI SISMOGENICHE del 2012



Evoluzione dei fiumi in epoca storica

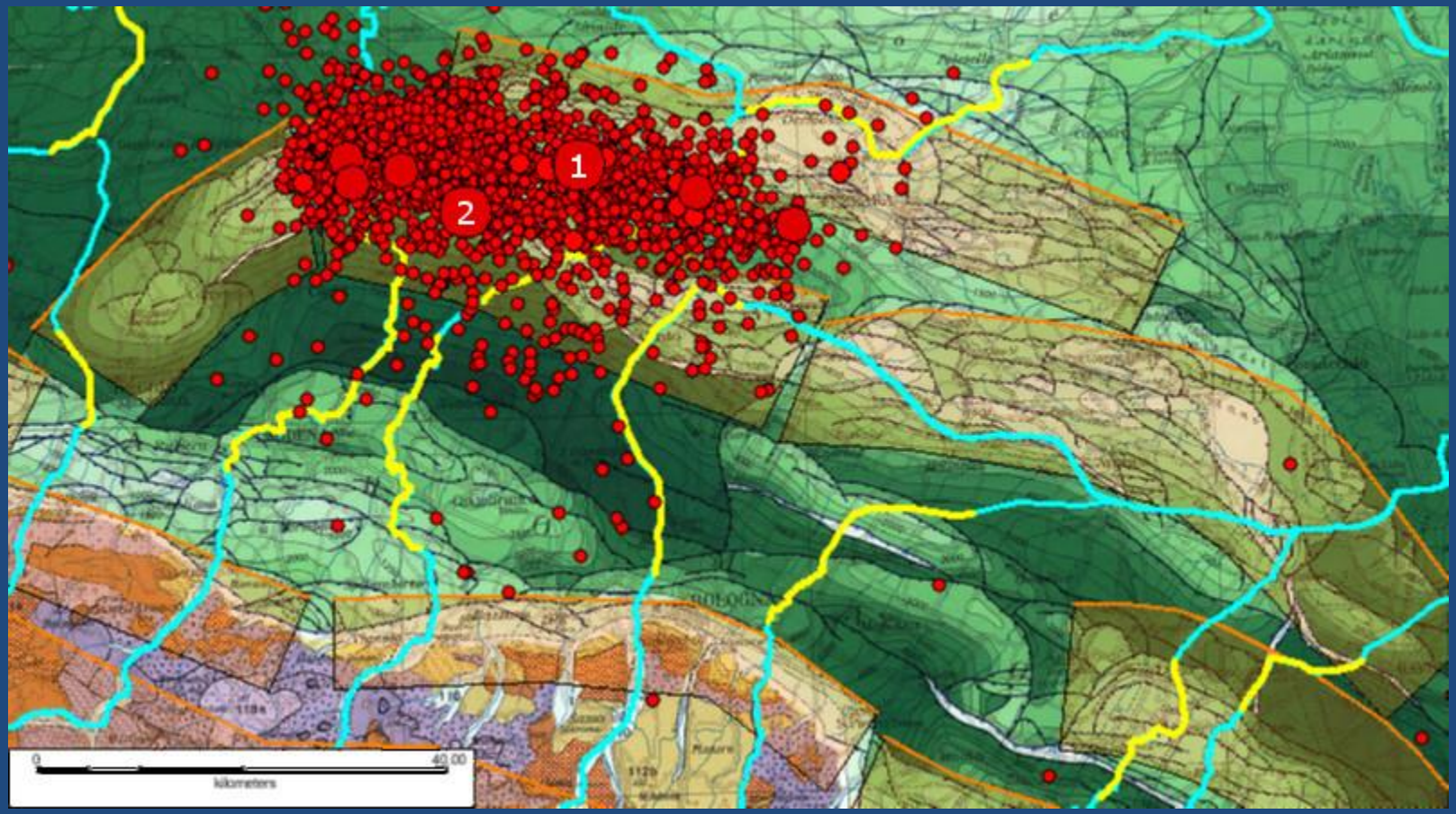
INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

SORGENTI SISMOGENICHE del 2012

Mirandola
Length 18 km
Width 14 km
Min depth 6 km
Max depth 12 km
Strike N100
Dip 25°
Rake 90°

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

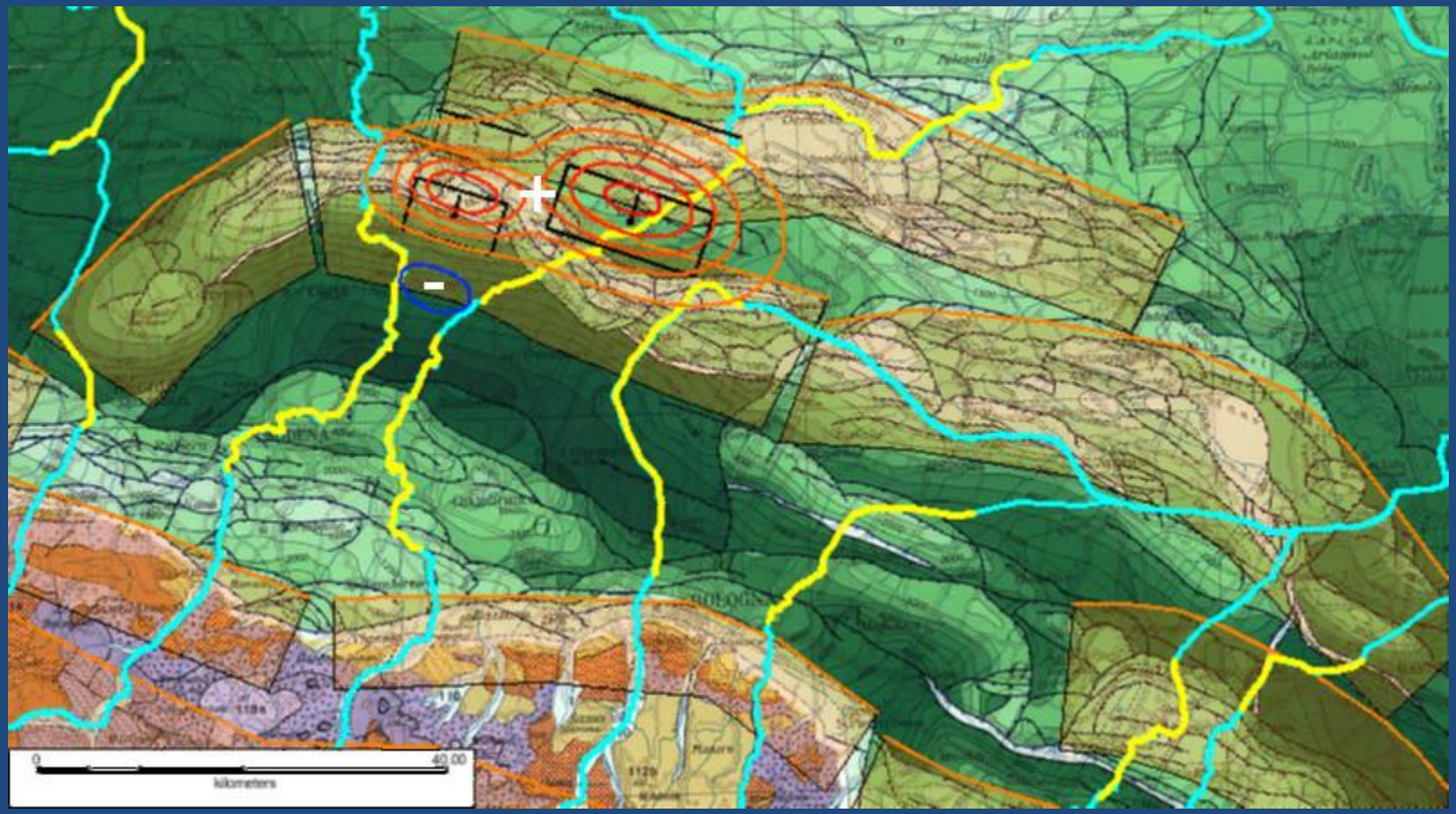
SORGENTI SISMOGENICHE del 2012



Burrato et al., 2003; Bigi et al., 1992; DISS Working Group, 2010; ISIDe

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

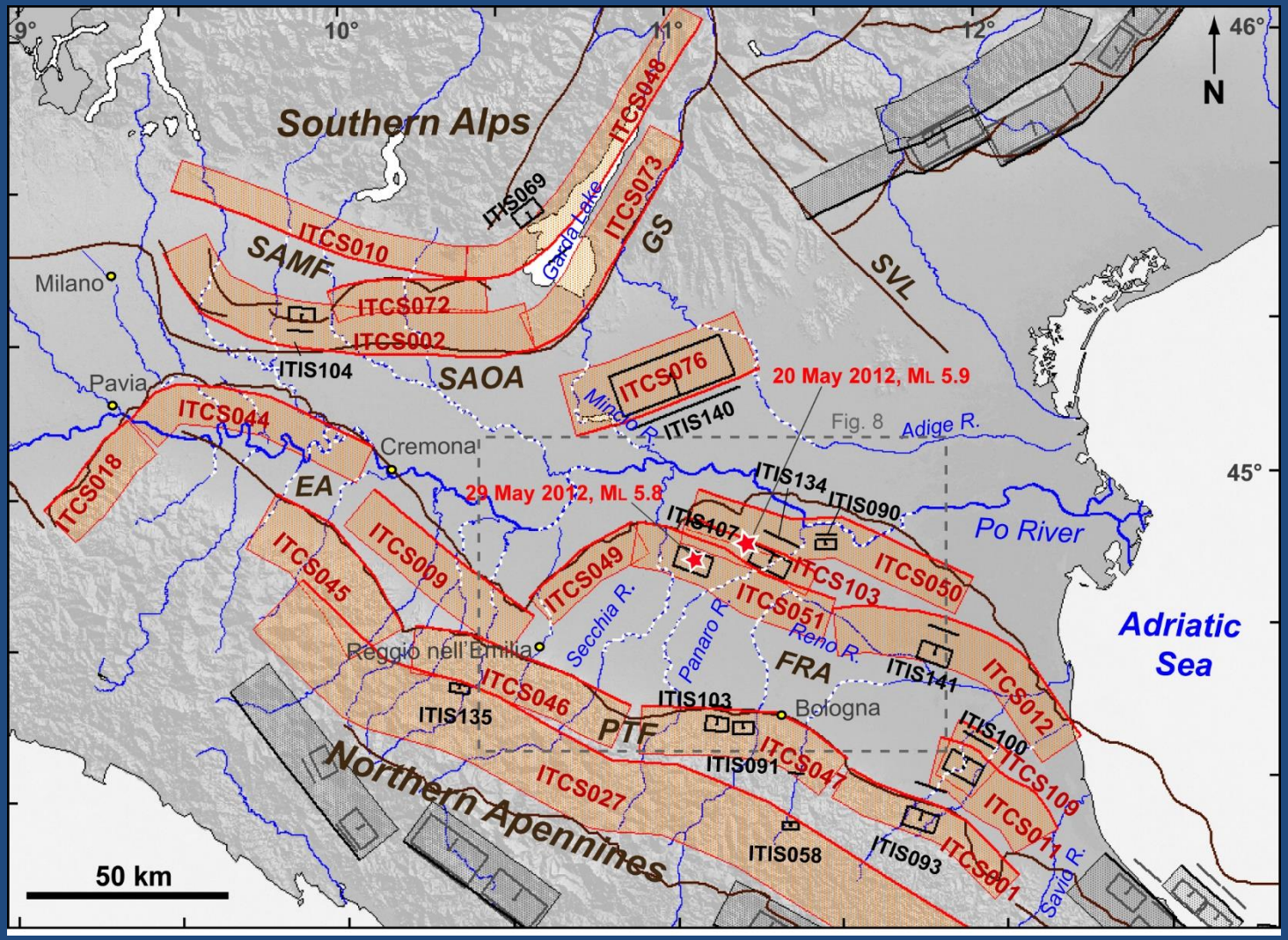
SORGENTI SISMOGENICHE del 2012



Bigi et al., 1992; Burrato et al., 2003; DISS - http://diss.rm.ingv.it/diss/
ISIDe - http://iside.rm.ingv.it/iside/; DInSAR

INGV terremoti vulcani ambiente
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Modelli – SORGENTI SISMOGENICHE



Vannoli et al., 2015