

# NIČIVÁ ZEMĚTŘESENÍ POSLEDNÍ DEKÁDY:

## OBAVY SE NAPLNILY

Aleš Špičák  
Geofyzikální ústav  
Akademie věd  
České republiky  
Praha 4, Spořilov

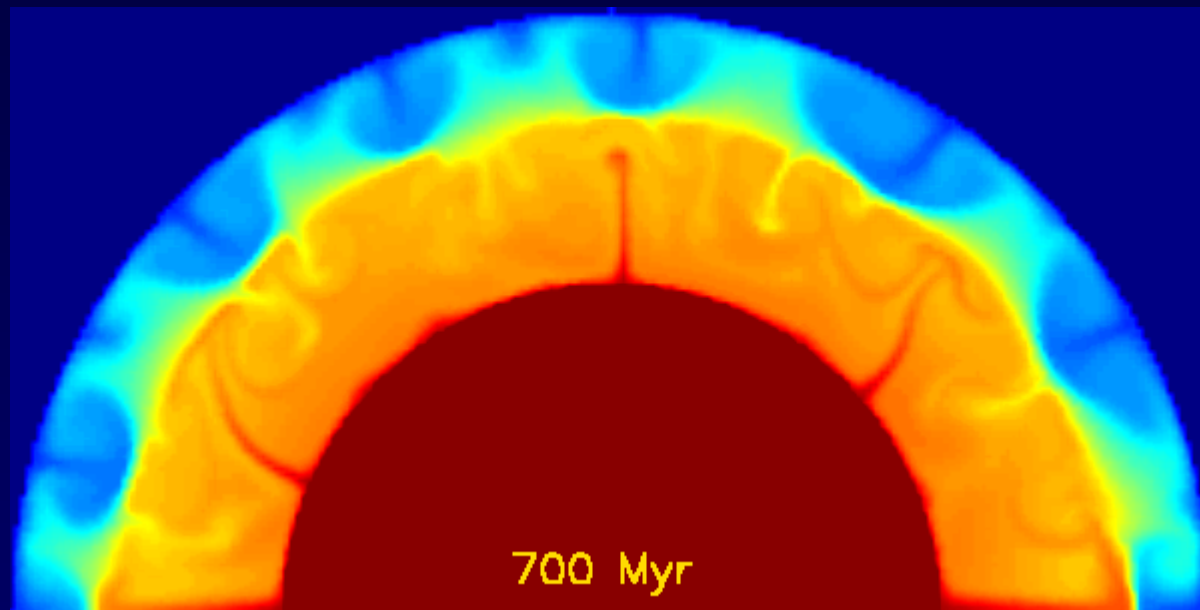


## **OSNOVA**

- **příčiny zemětřesení**
- **názorná pomůcka – zemětřesný stroj**
- **pravděpodobnost vzniku, dotřesy, ...**
  
- **ničivá zemětřesení poslední dekády**
  - **1999 Izmit, Turecko**
  - **2004 Sumatra, Indonésie**
  - **2008 Sechuan, Čína**
  - **2010 Haiti**

## ROZLOŽENÍ TEPLŮT V ZEMSKÉM PLÁŠTI

- dvourozměrný, osově symetrický model
- viskozita závislá na tlaku a průměrné teplotě
- kompoziční rozhraní v hloubce 1000 km

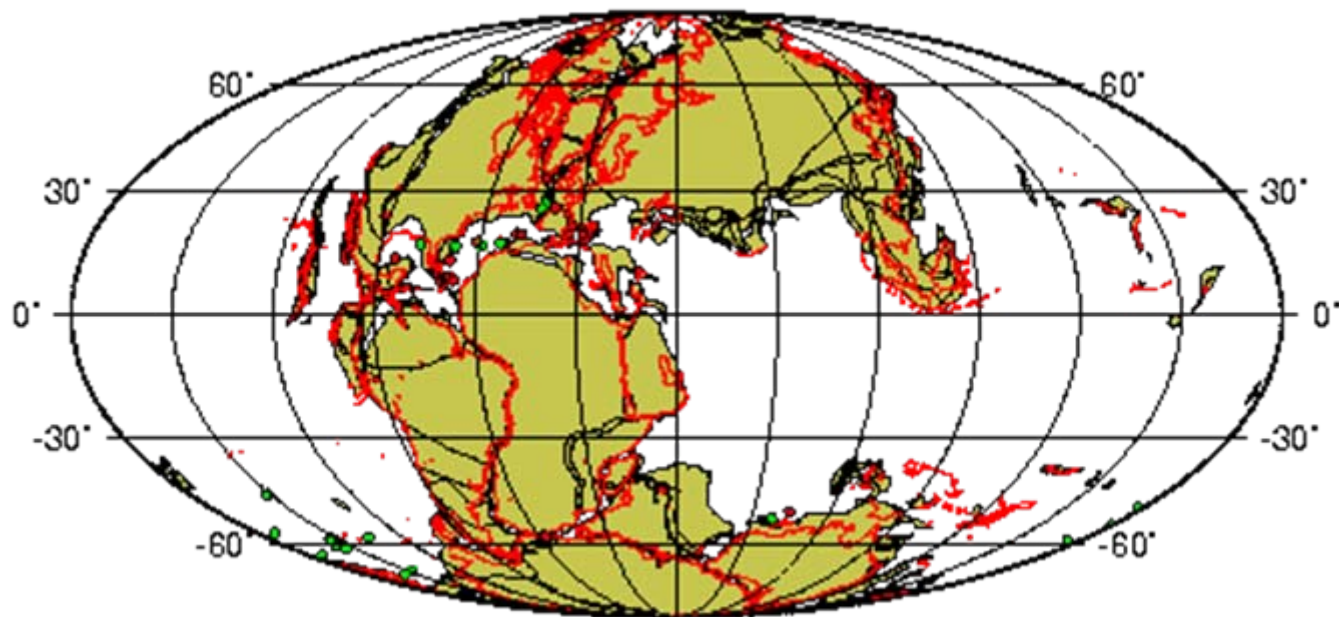


0  3000

T (°C)

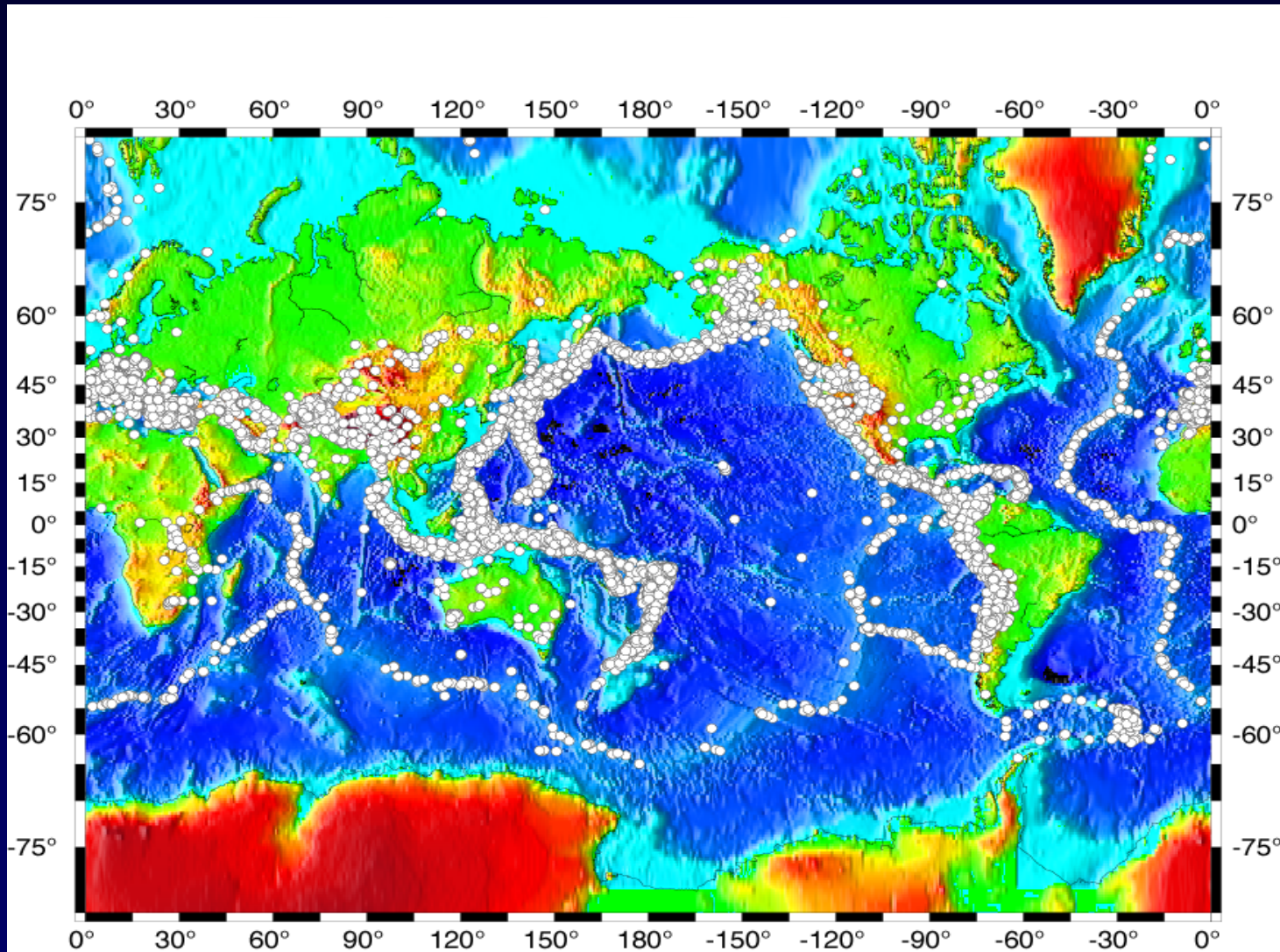
*H. Čížková, KG MFF UK, 2004*

## Rekonstrukce pohybů litosférických desek za uplynulých 150 miliónů let



150 My Reconstruction

# ROZLOŽENÍ ZEMĚTŘESENÍ – r. 2000



**22,248 zemětřesení o magnitudu  $\geq 3.5$  v r. 2000!**

**USGS**

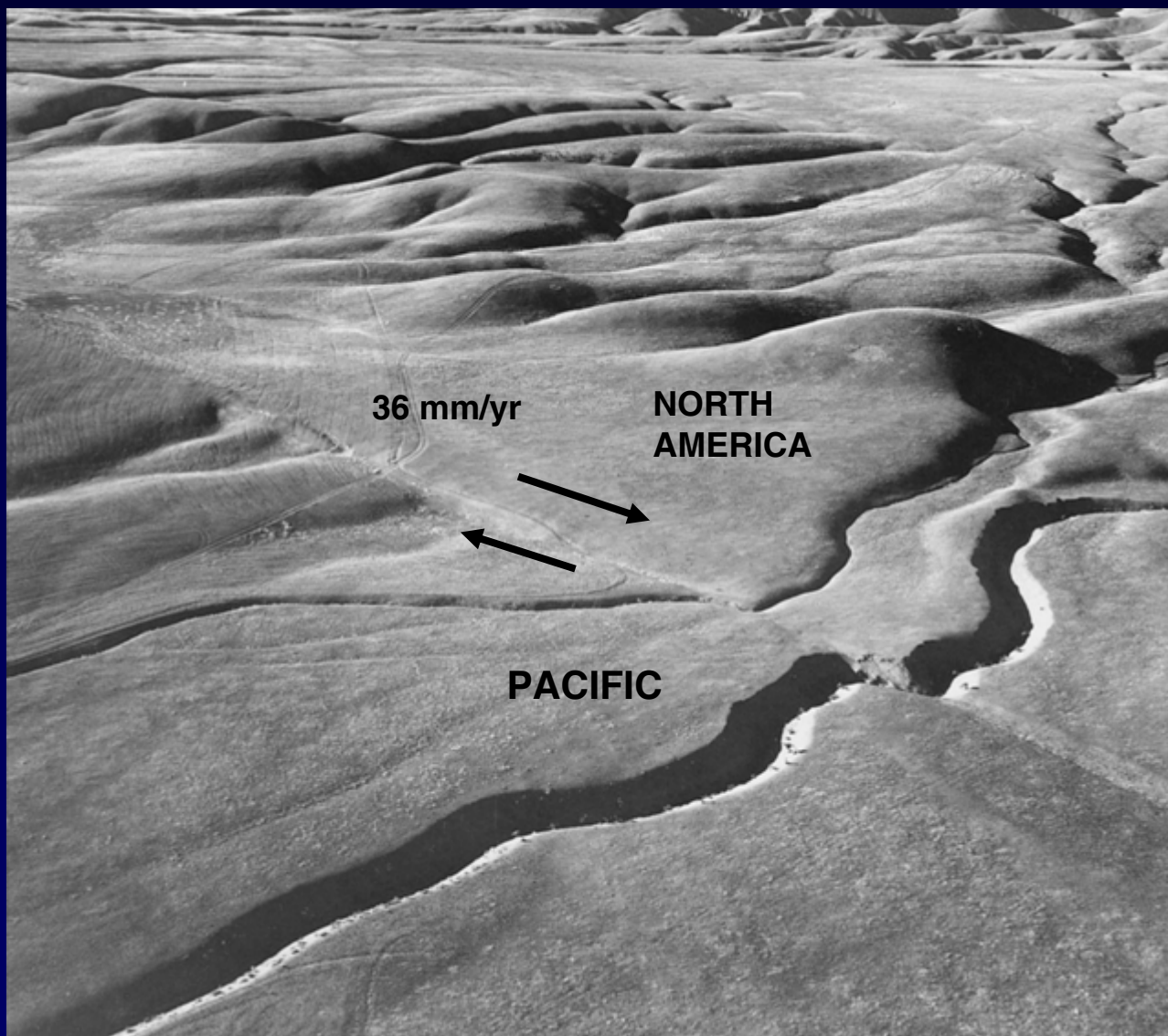
# EARTHQUAKES & TECTONICS

Locations map  
plate boundary  
zones & regions  
of intraplate  
deformation even  
in underwater or  
remote areas

Focal  
mechanisms  
show strain field

Slip & seismic  
history show  
deformation rate

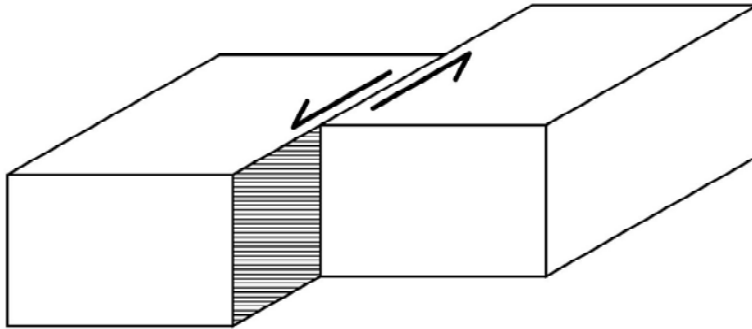
Depths constrain  
thermo-  
mechanical  
structure of  
lithosphere



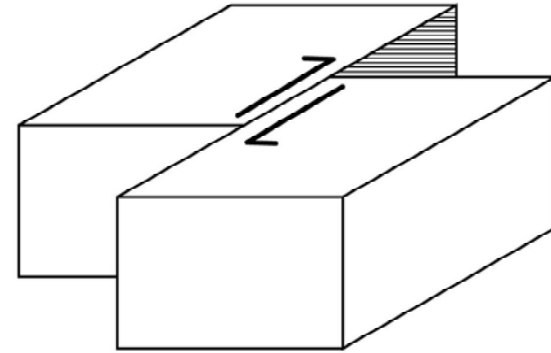
**USGS**

San Andreas Fault, Carrizo Plain

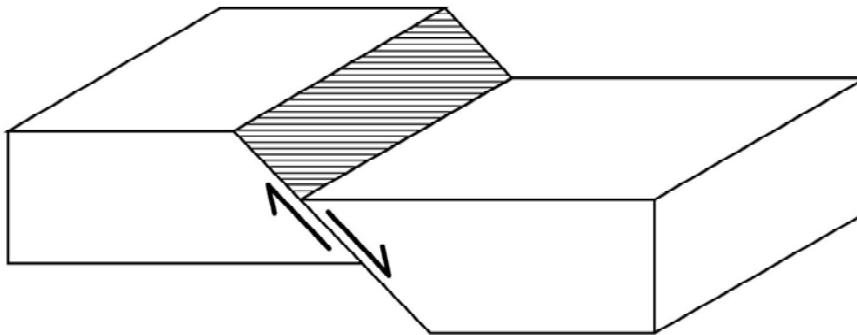
# jednotlivé typy pohybu horninových bloků podél zlomu



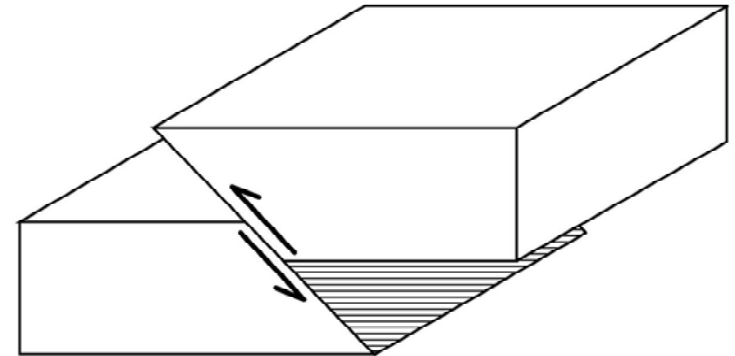
Left-lateral strike-slip fault  
( $\lambda = 0^\circ$ )



Right-lateral strike-slip fault  
( $\lambda = 180^\circ$ )



Normal dip-slip fault  
( $\lambda = -90^\circ$ )

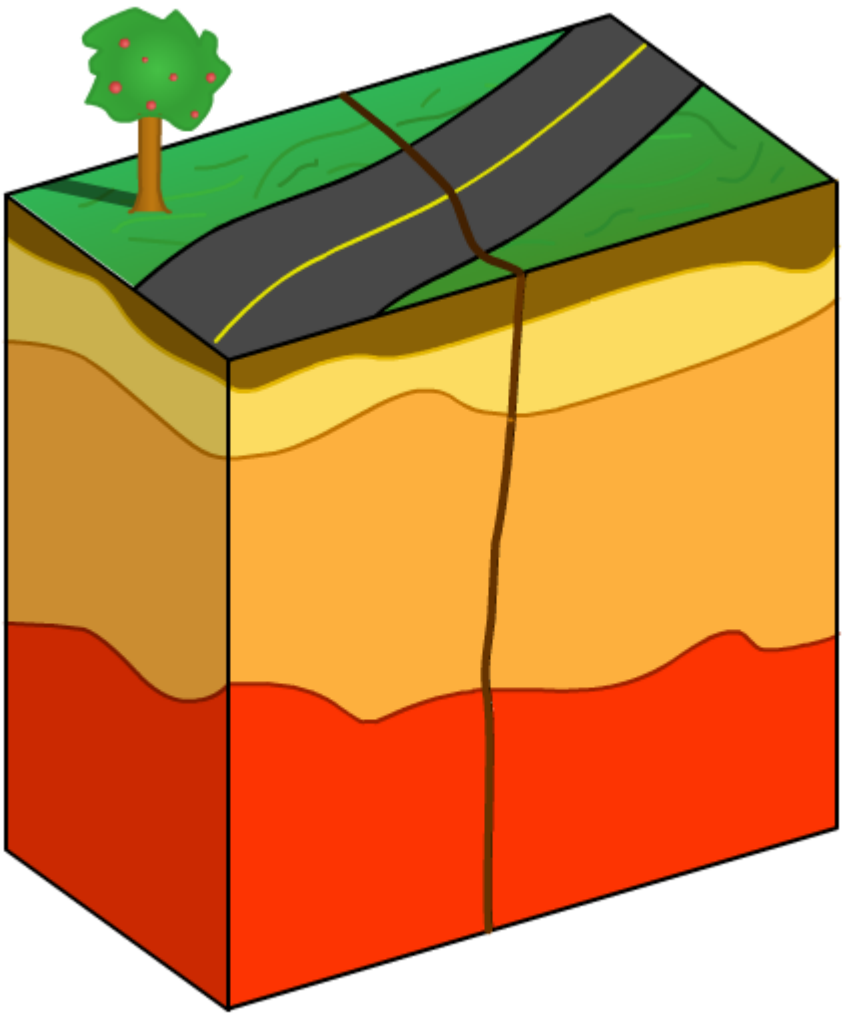


Reverse dip-slip fault  
( $\lambda = 90^\circ$ )

zemětřesení vznikají kombinací těchto základních typů

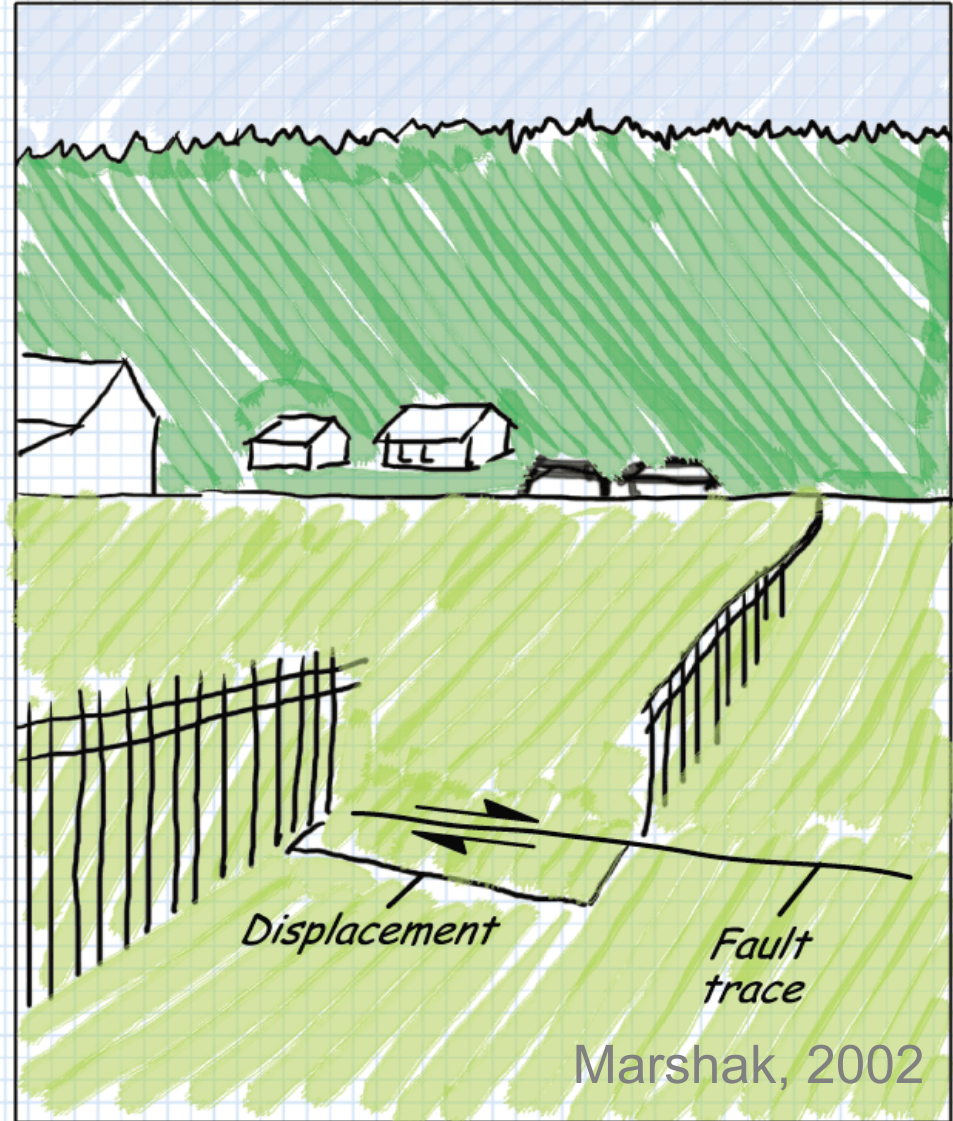


# Strike-Slip Fault



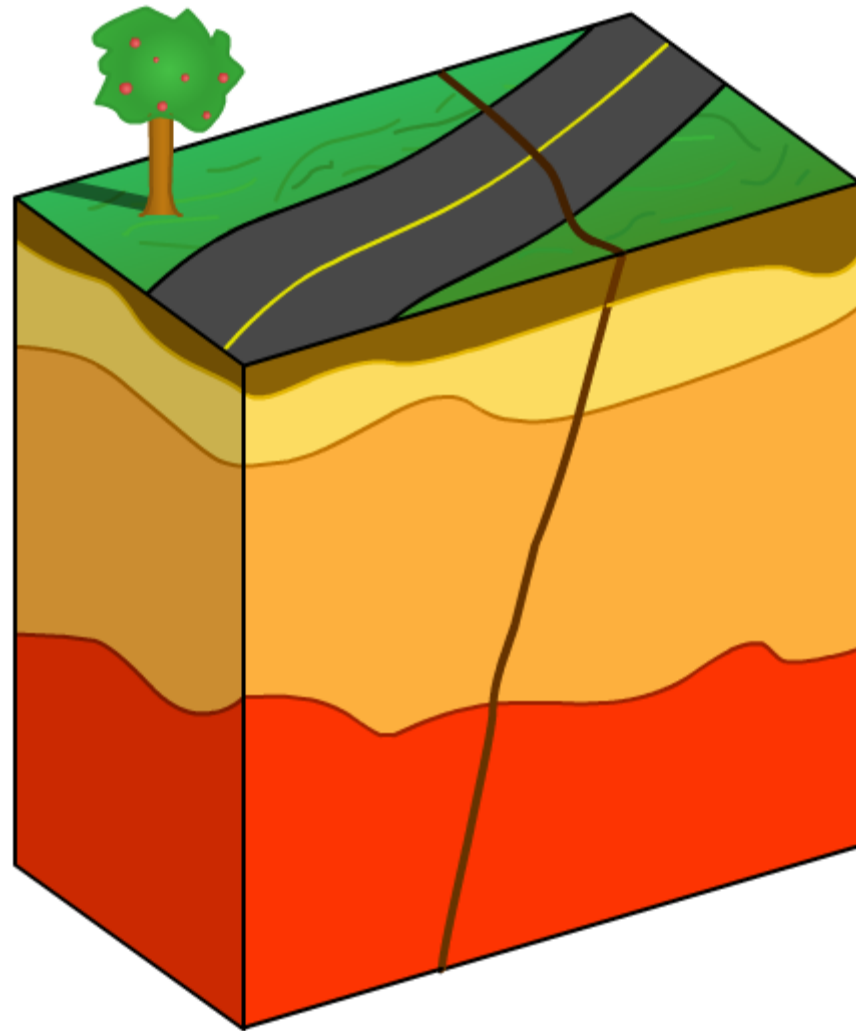


# 1906 San Francisco Earthquake



Marshak, 2002

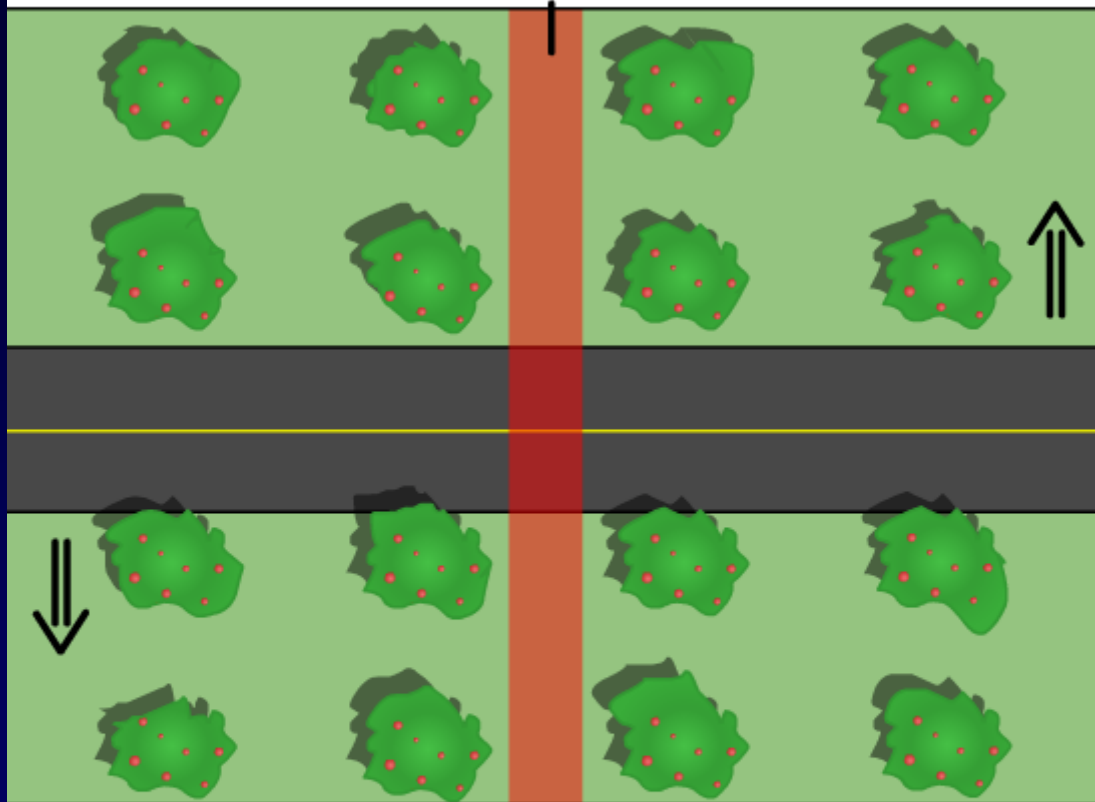
*What a geologist sees*





# Elastic Rebound

Fault Zone

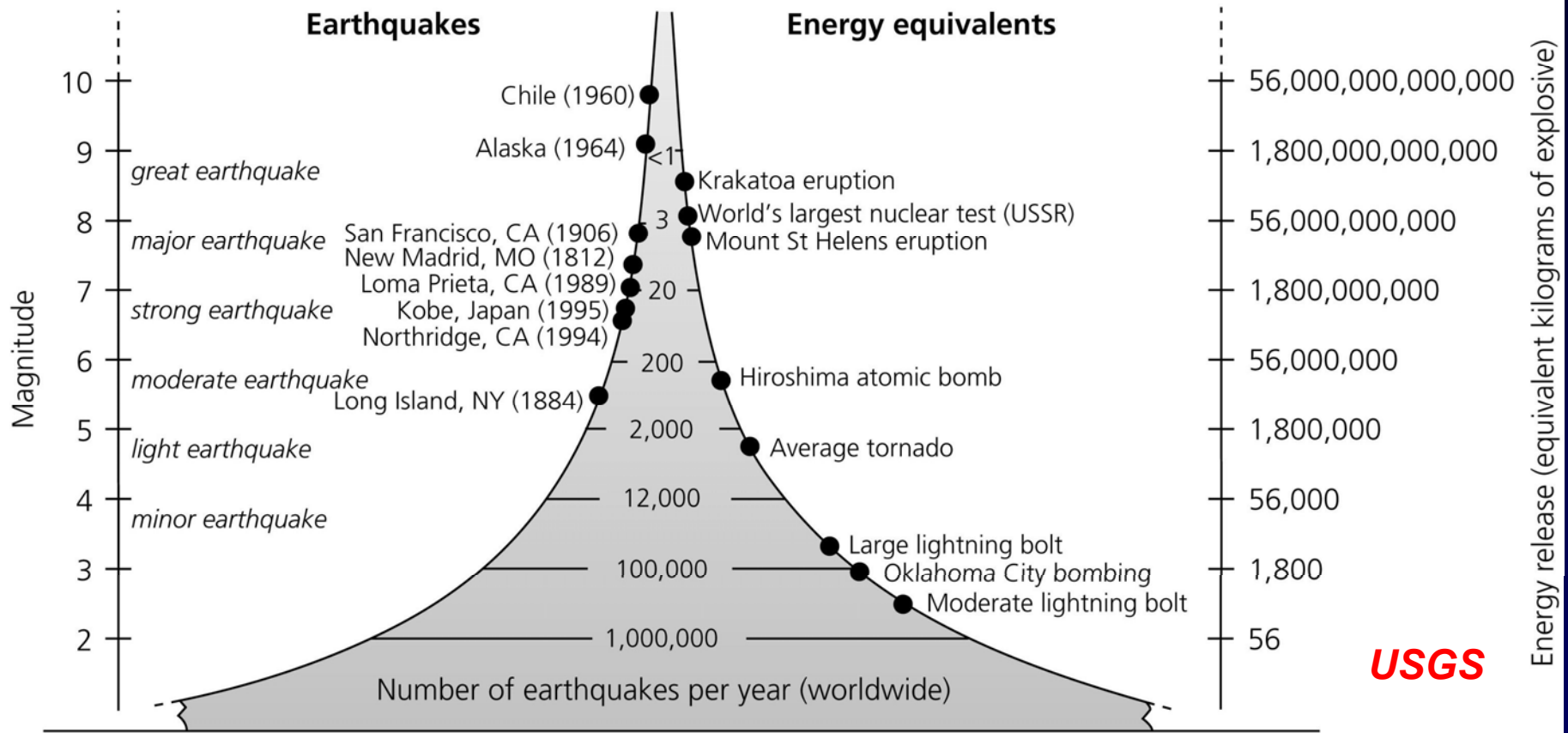


As tectonic plates are slowly moving, their edges are locked in place, causing bending of the crust along the plate edges.



**Zemětřesný stroj – ukázka názorné pomůcky  
sestrojené v Geofyzikálním ústavu AV ČR  
podle předlohy USGS**

**Figure 1.2-2: Comparison of frequency, magnitude, and energy release.**



**USGS**

Energy release (equivalent kilograms of explosive)

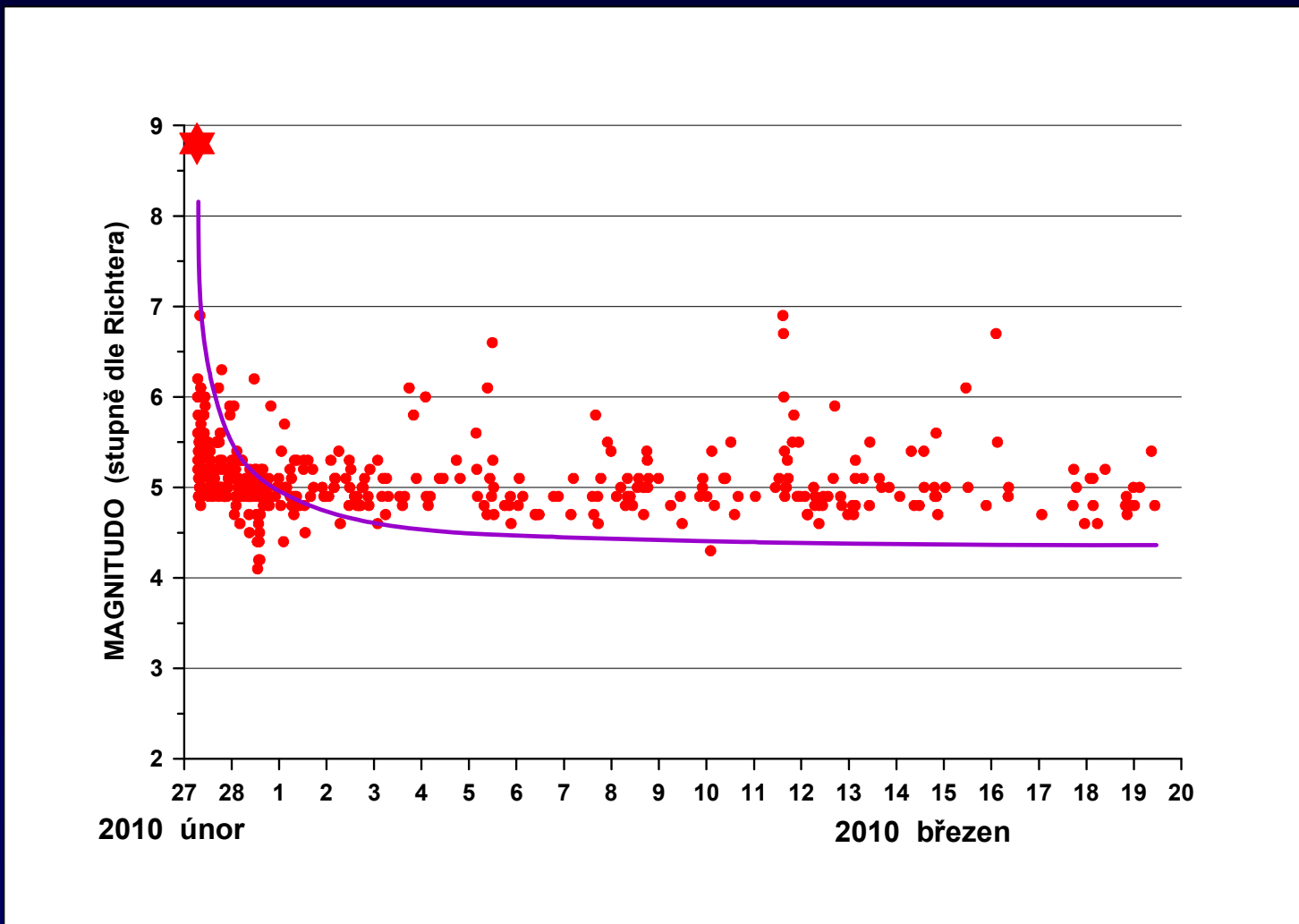
Earthquakes of a given magnitude are ~10 times less frequent than those one magnitude smaller. An M7 earthquake occurs approximately monthly, and an earthquake of M> 6 about every three days. Hence although earthquake predictor I. Browning claimed to have predicted the 1989 Loma Prieta earthquake, he said that near a date there would be an M6 earthquake somewhere, a prediction virtually guaranteed to be true.

Magnitude is proportional to the logarithm of the energy released, so most energy released seismically is in the largest earthquakes. An M 8.5 event releases more energy than all other earthquakes in a year combined. Hence the hazard from earthquakes is due primarily to large (typically magnitude > 6.5) earthquakes.





# dotřesy zemětřesení v Chile, 3 týdny po hlavním otřesu





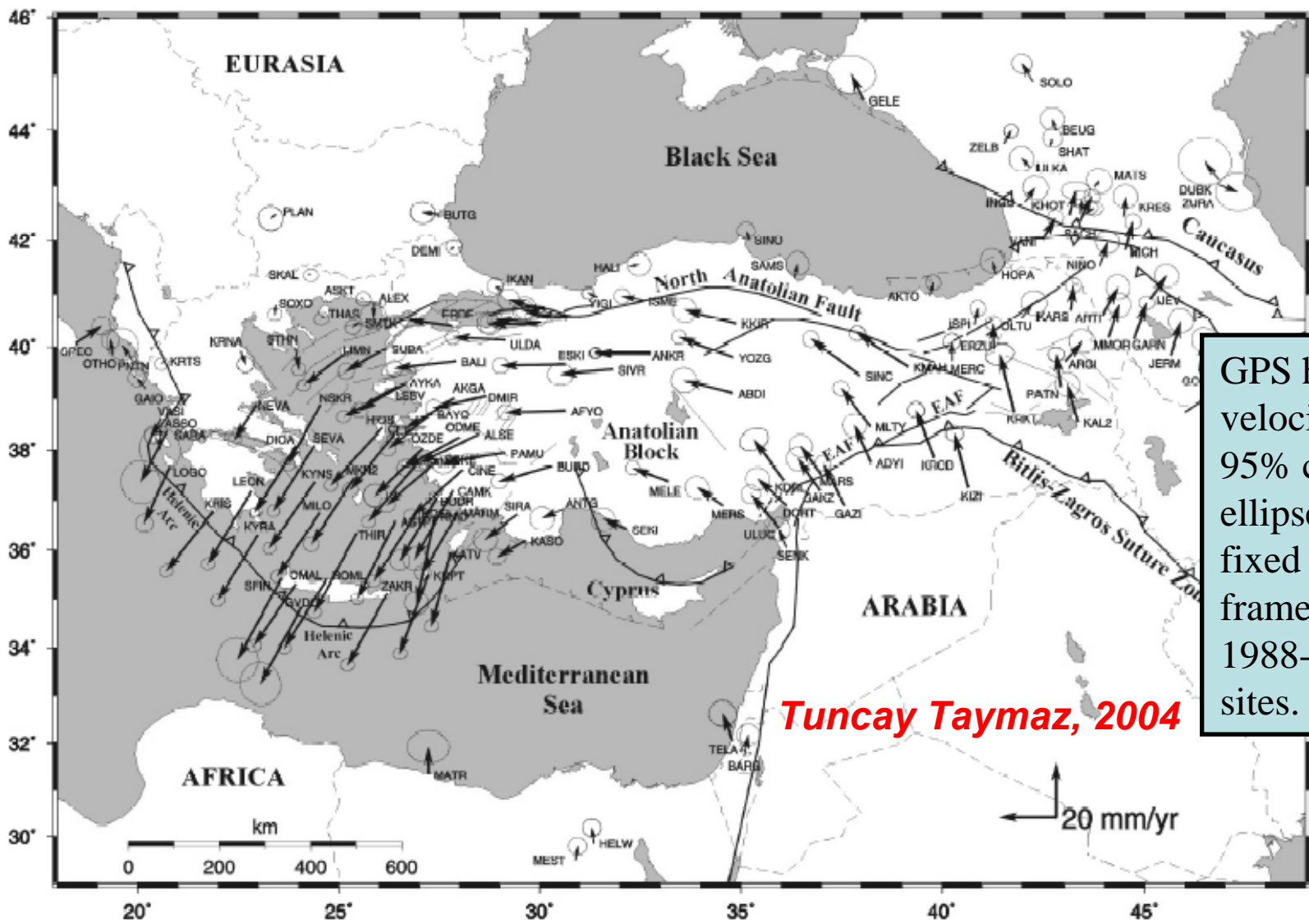
## Bilance obětí na životech v uplynulé dekádě

- **1999 Izmit, Turecko** **17,000**
- **2001 Gujarat, Indie** **21,000**
- **2003 jižní Írán** **31,000**
- **2004 Sumatra, Indonésie** **228,000**
- **2005 Pákistán** **86,000**
- **2008 Sichuan, Čína** **88,000**
- **2010 Haiti** **223,000**

# IZMIT, TURECKO, 17. srpna 1999, magnitudo 7.4



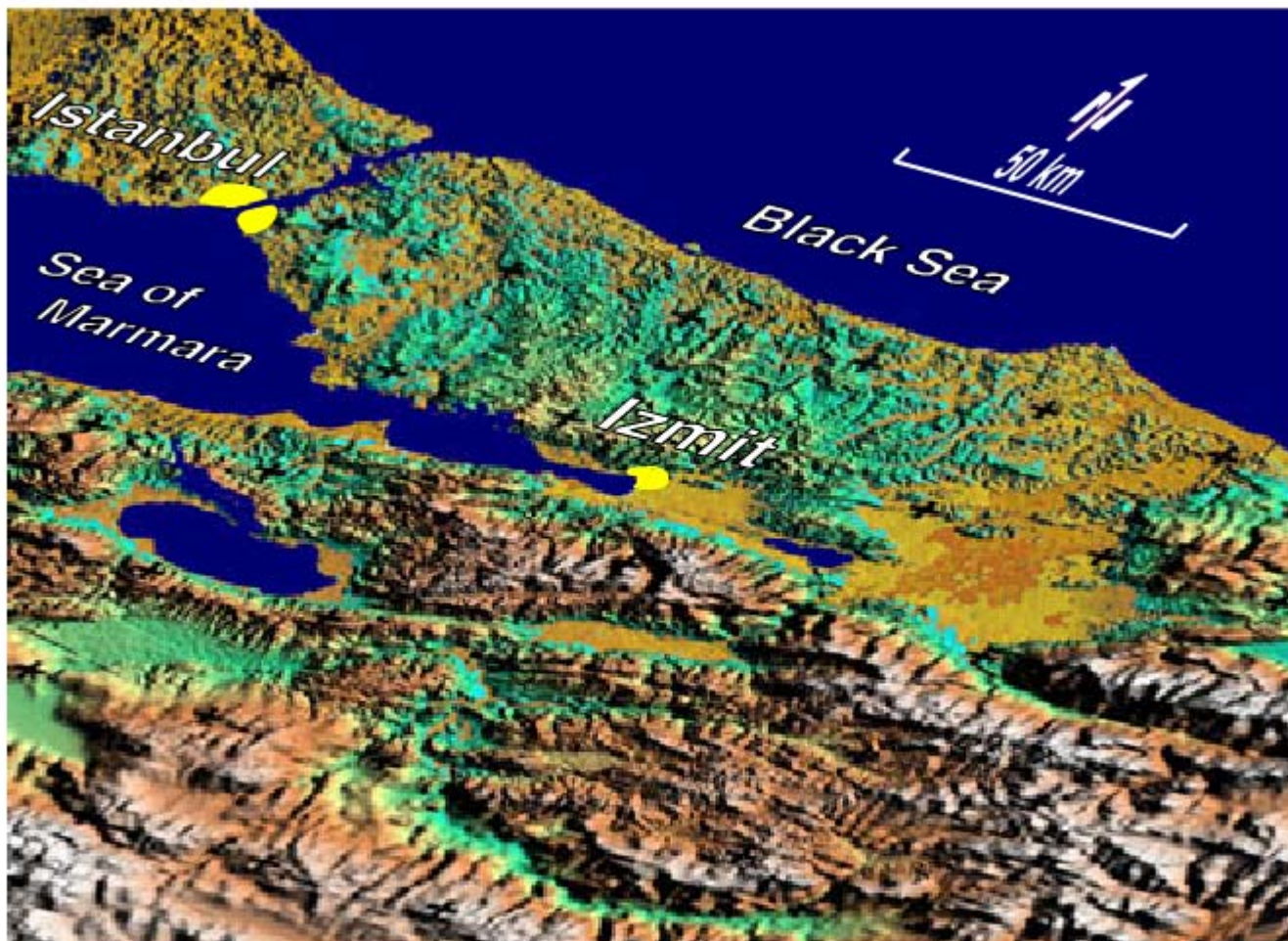
# Rychlost pohybu bloků v okolí anatolského zlomu z měření GPS



GPS horizontal velocities and their 95% confidence ellipses in a Eurasia fixed reference frame for the period 1988-1997 at 189 sites.

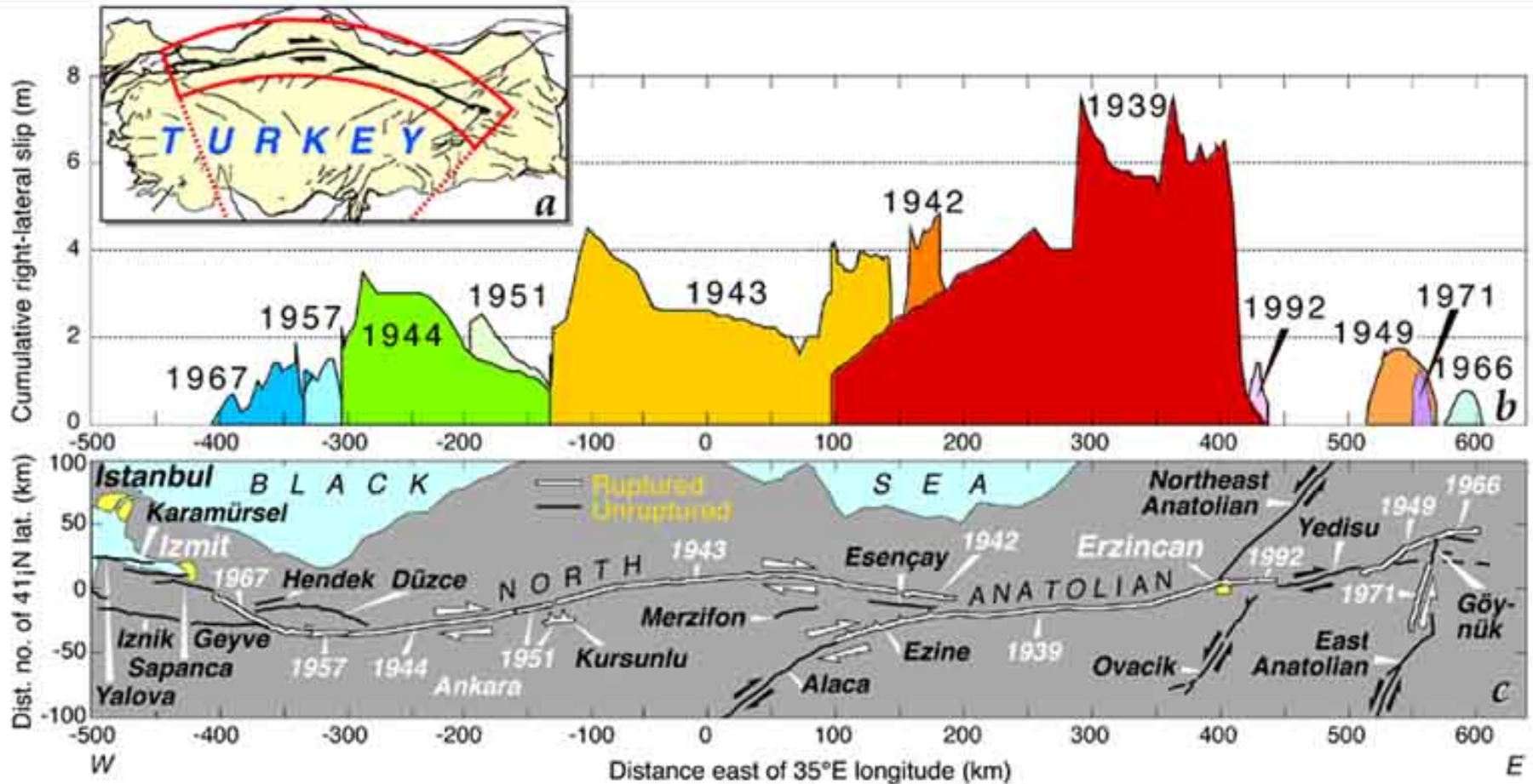
**Tuncay Taymaz, 2004**

**pohyb desek podél anatolského zlomu, Turecko  
(ohrožení Istanbulu !!)**



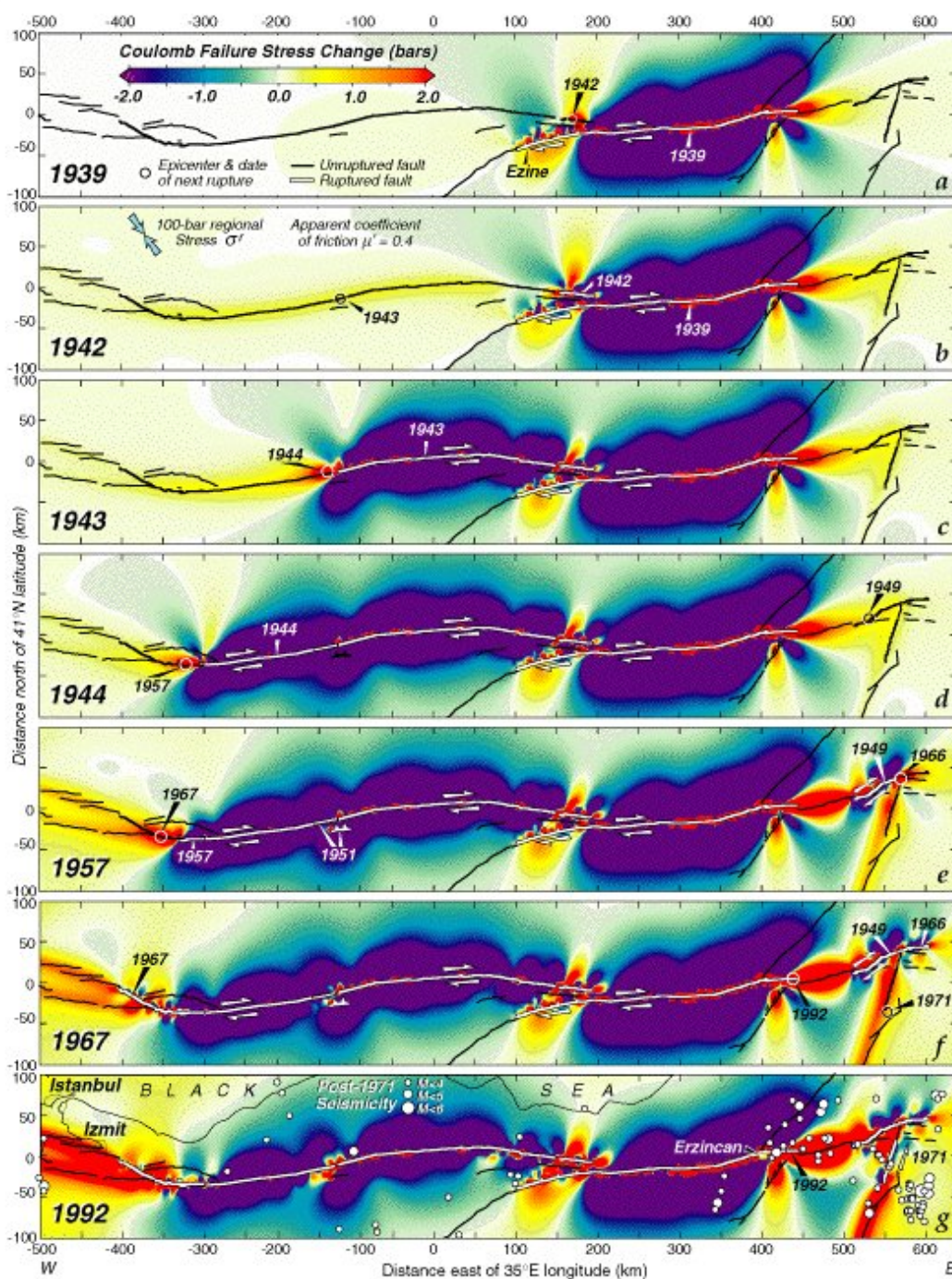
Start animation

# Anatolský zlom – migrace silných zemětřesení ve 20. století



Ross S. Stein, Aykut A. Barka and James H. Dieterich  
*Geophysical Journal International* (March 1, 1997)



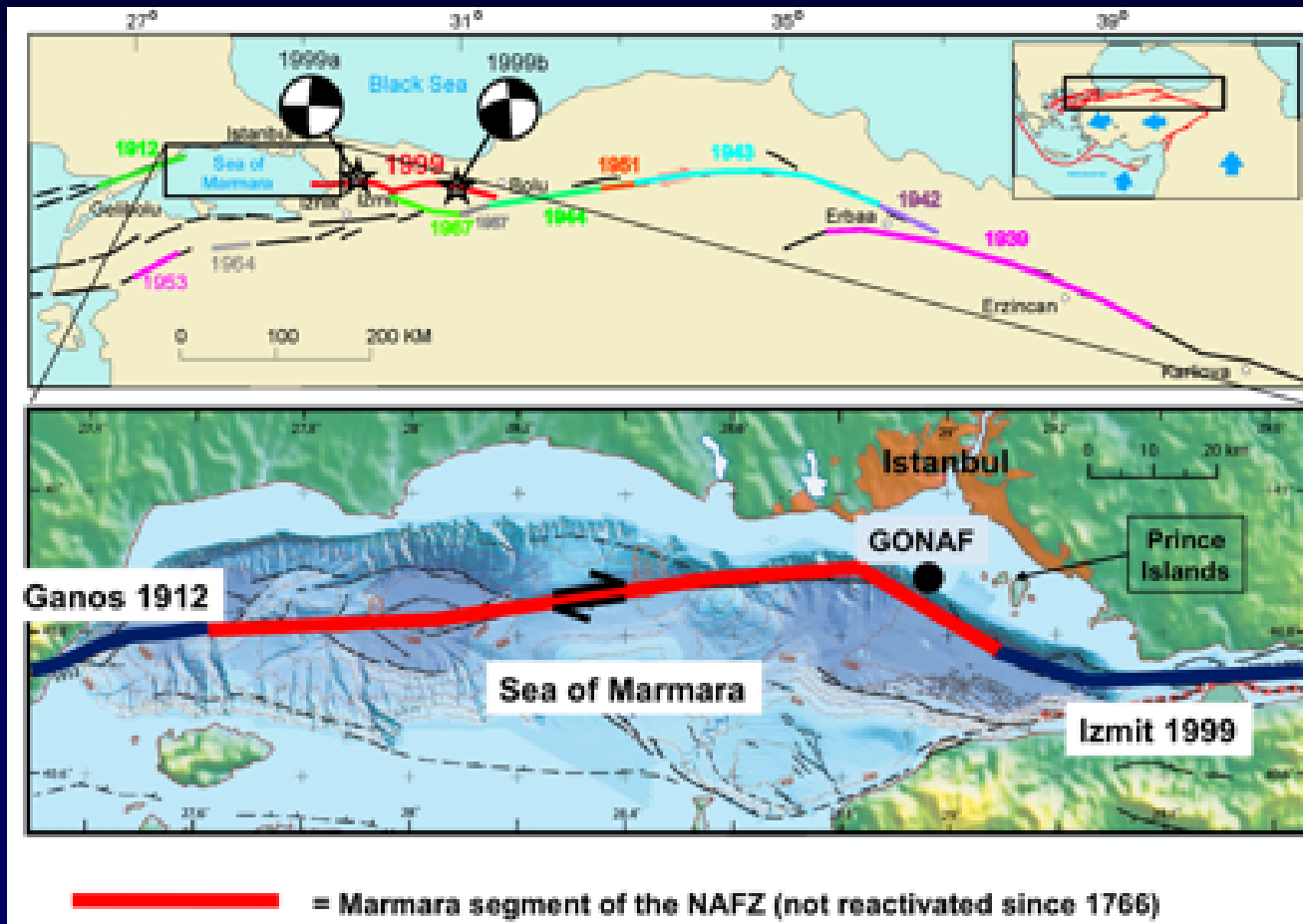


Anatolský zlom –  
změny kumulativního napětí  
po silných zemětřeseních ve  
20. století

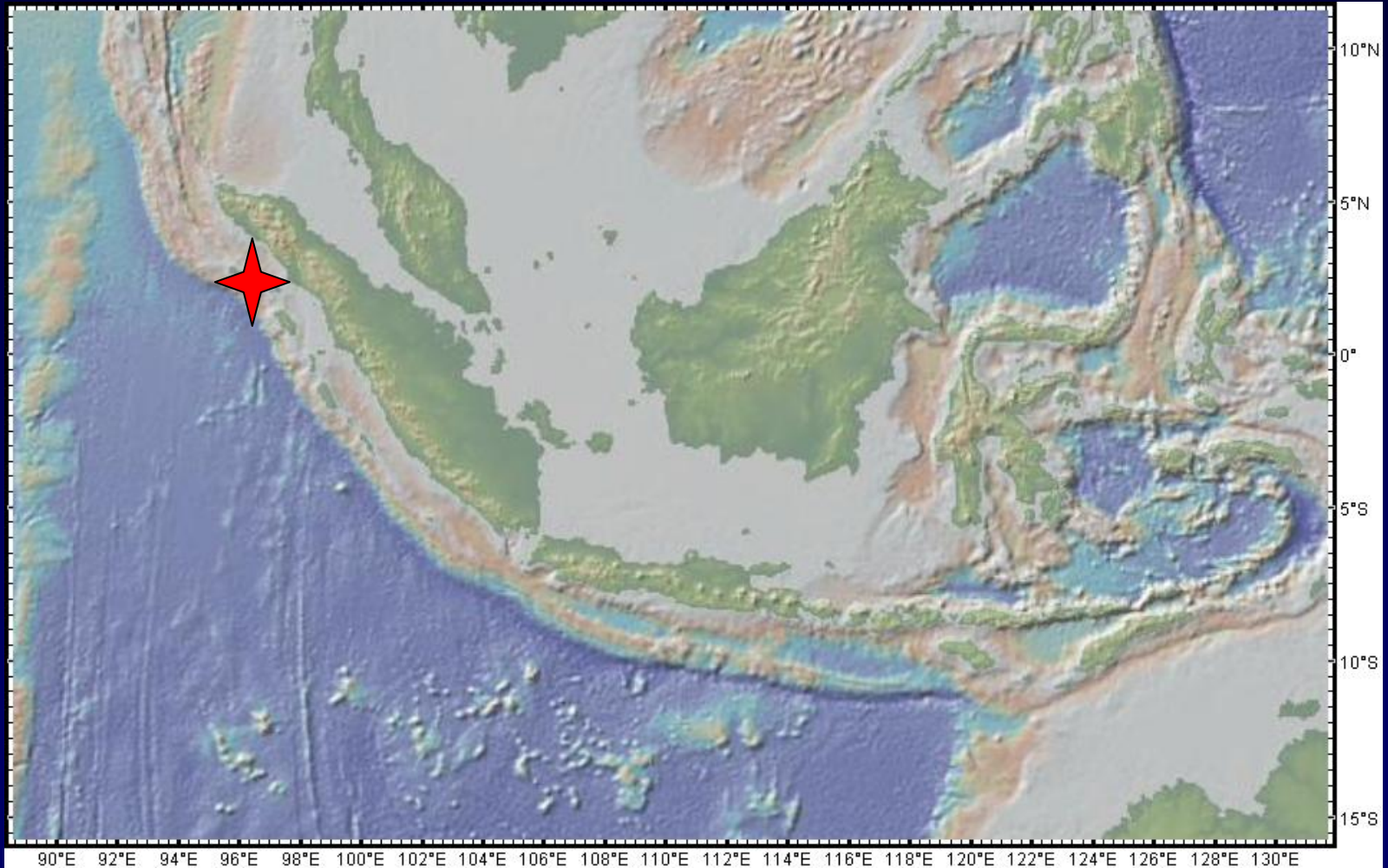
Stein et al., 1996

Figure 4 17 Oct 96 Stein et al.

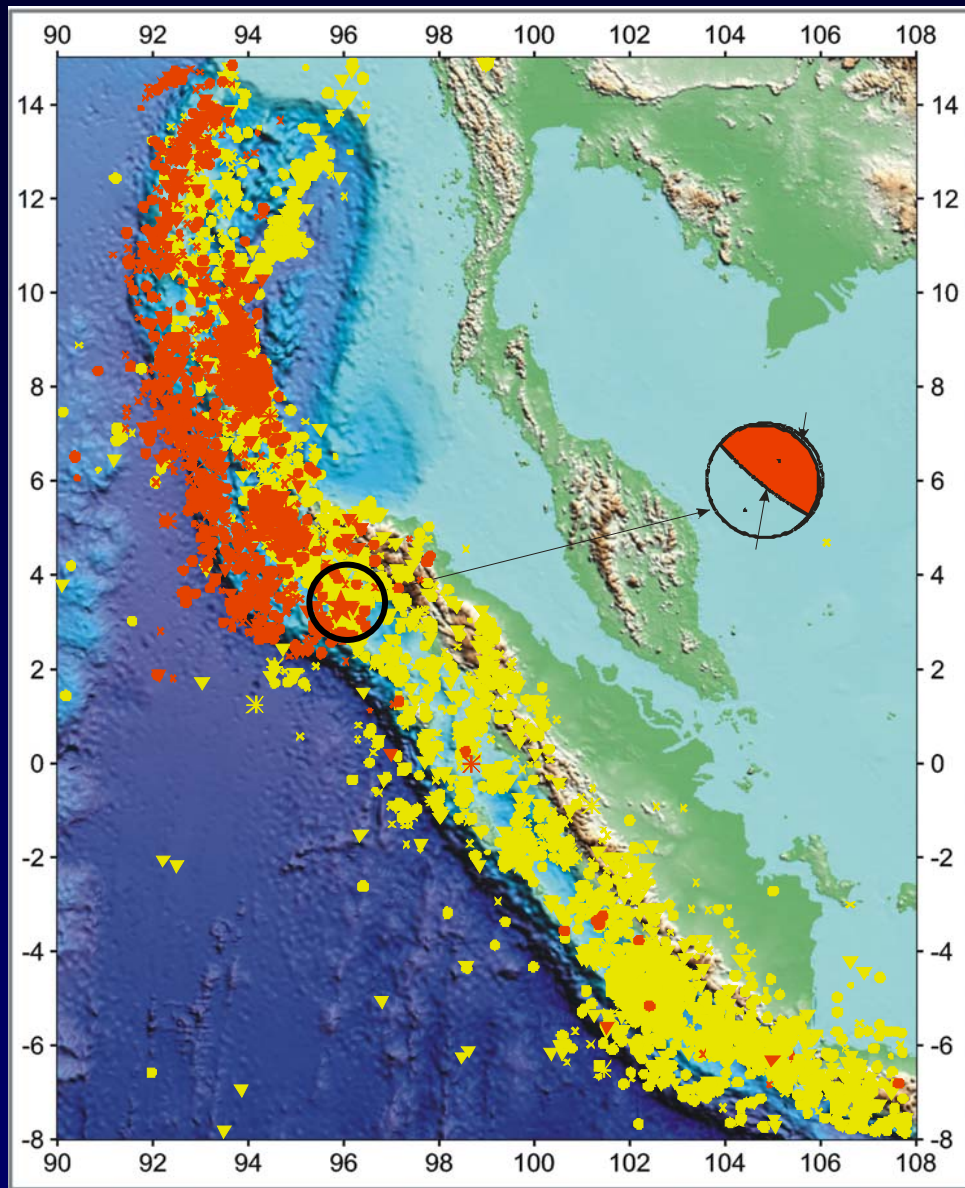
# návrh projektu hlubokého výzkumného vrtu ICDP – GONAF (A Deep Geophysical Observatory at the North Anatolian Fault)



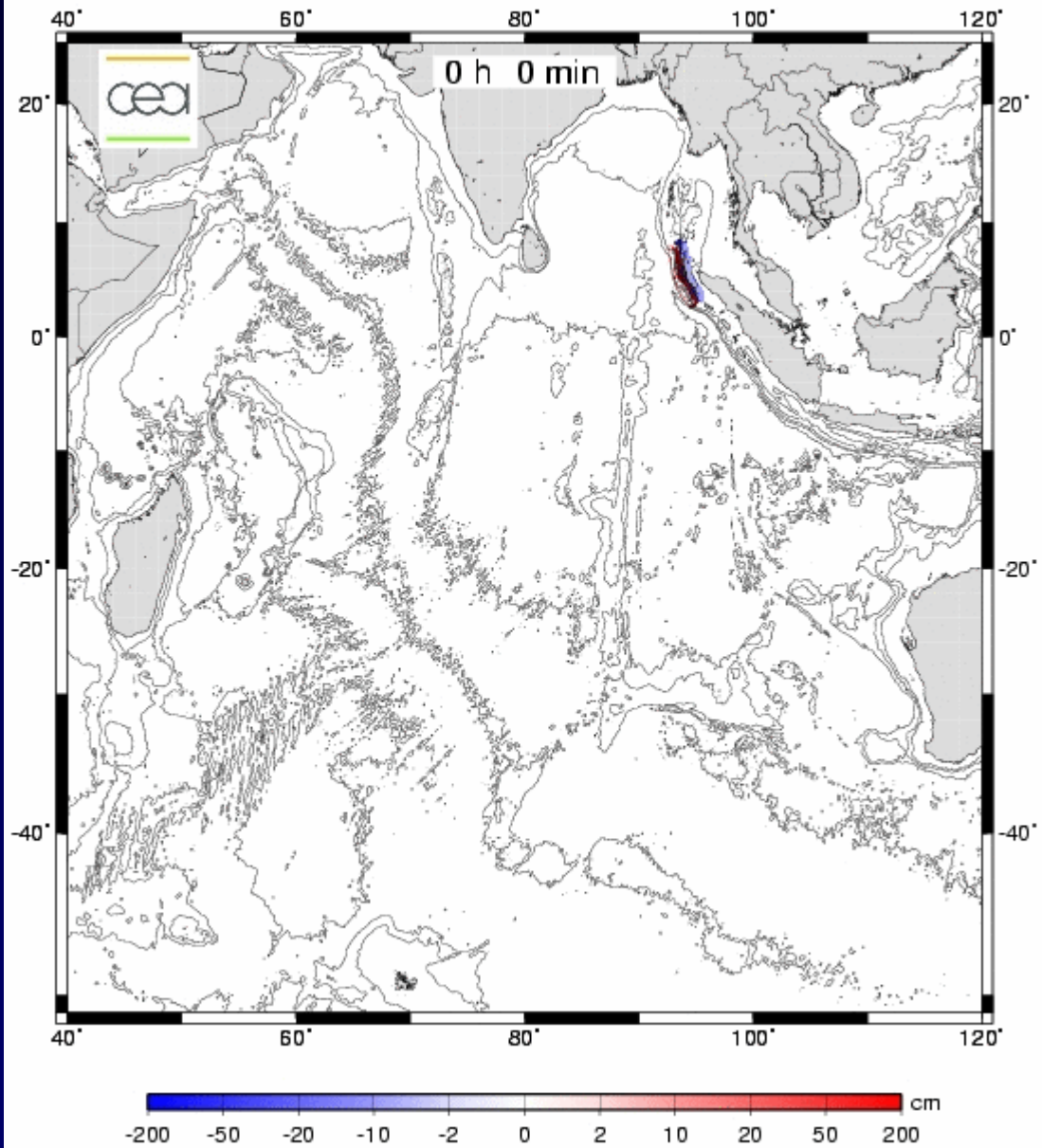
# SUMATRA, INDONÉSIE, 26. ledna 2004, magnitudo 9.1

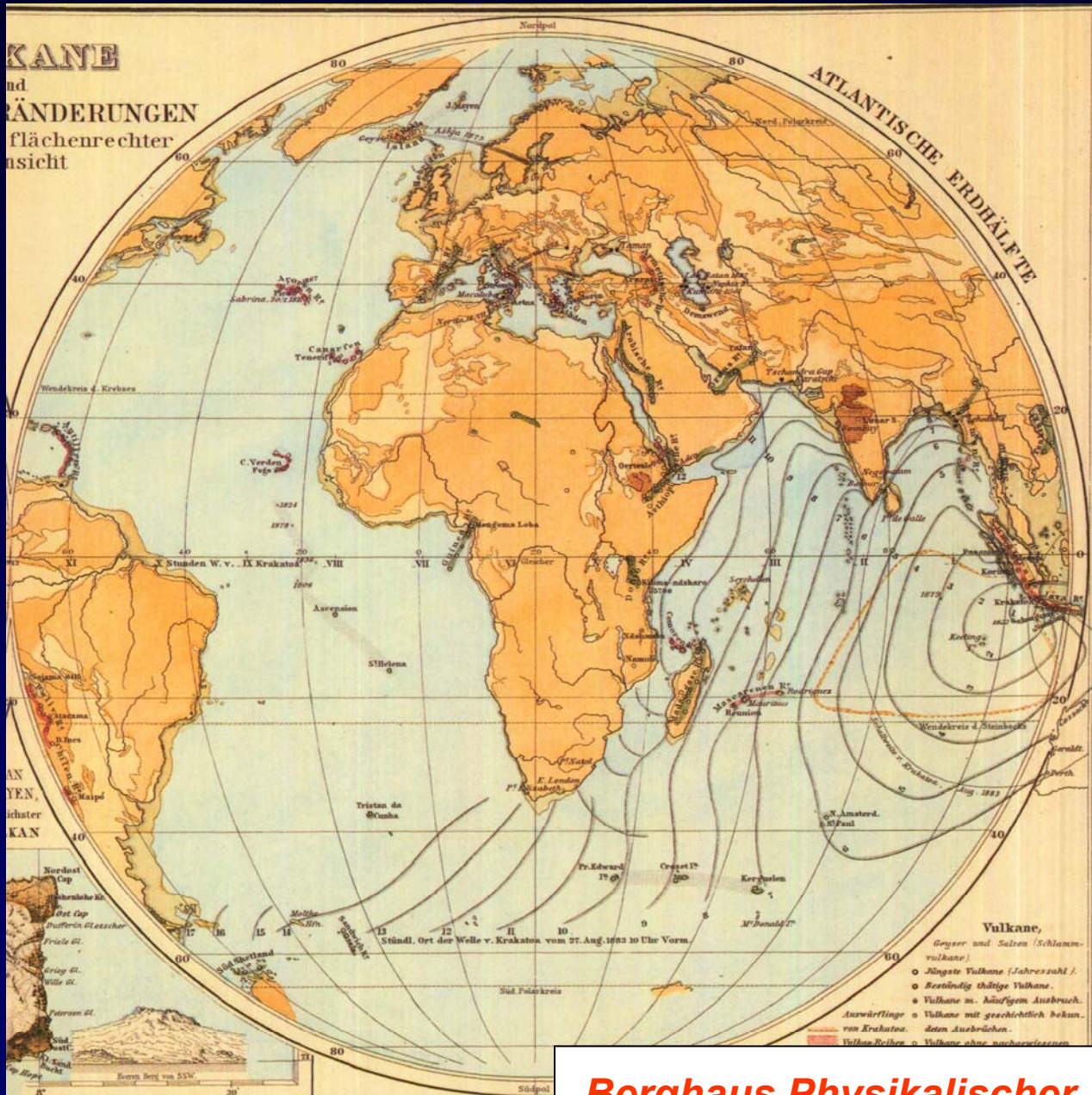






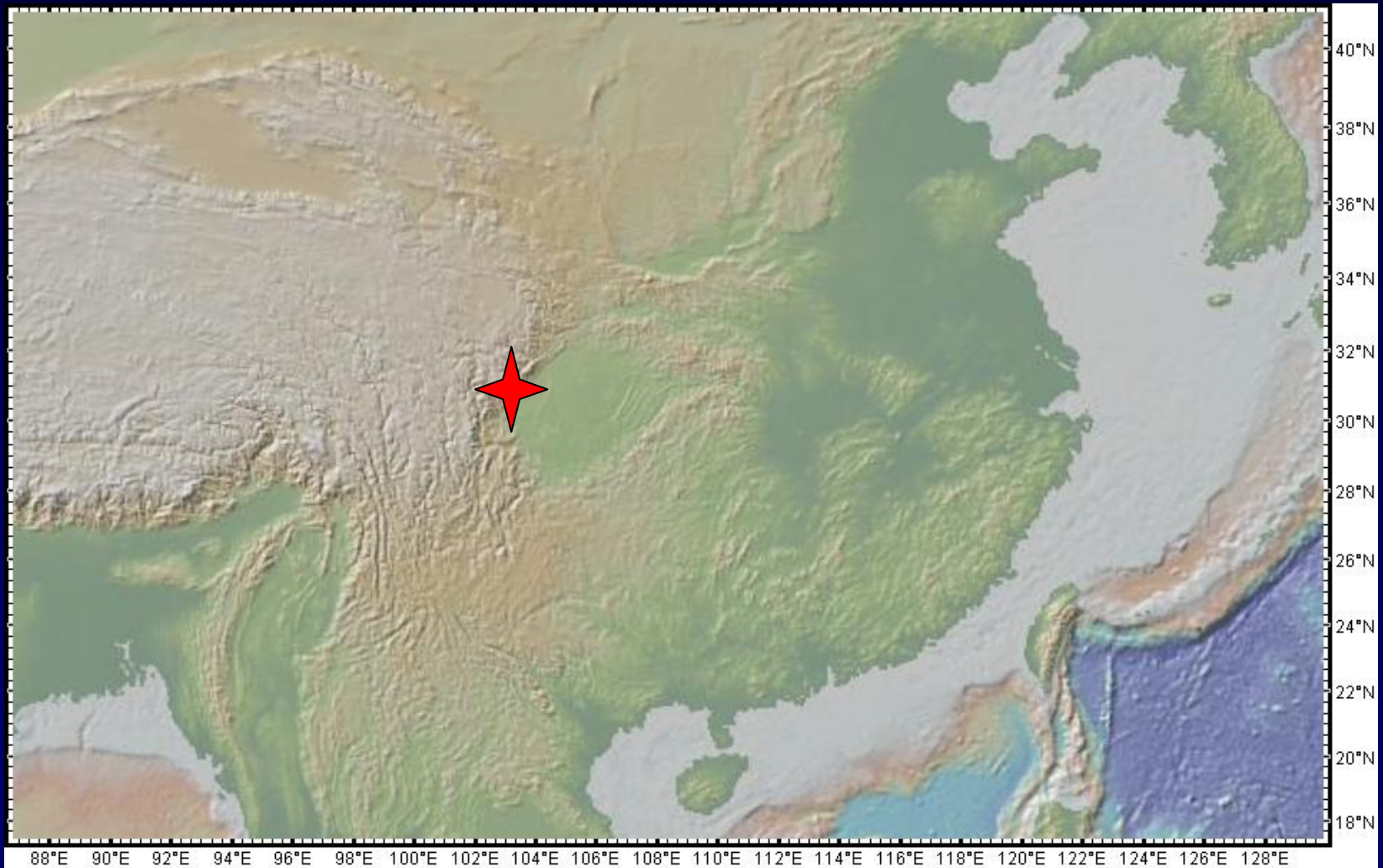
# Indian Ocean tsunami 2004

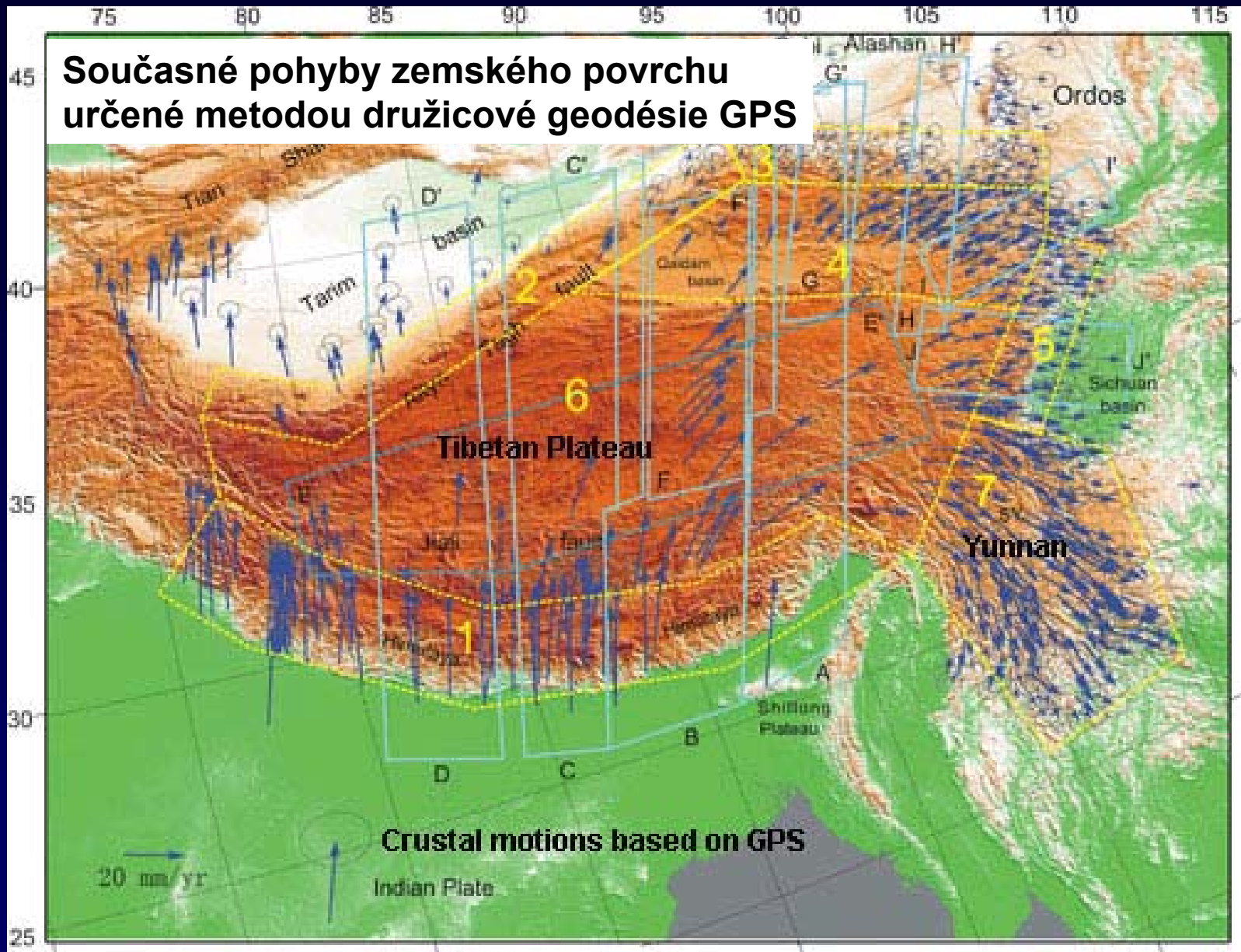




**Berghaus Physikalischer Atlas, 1885**

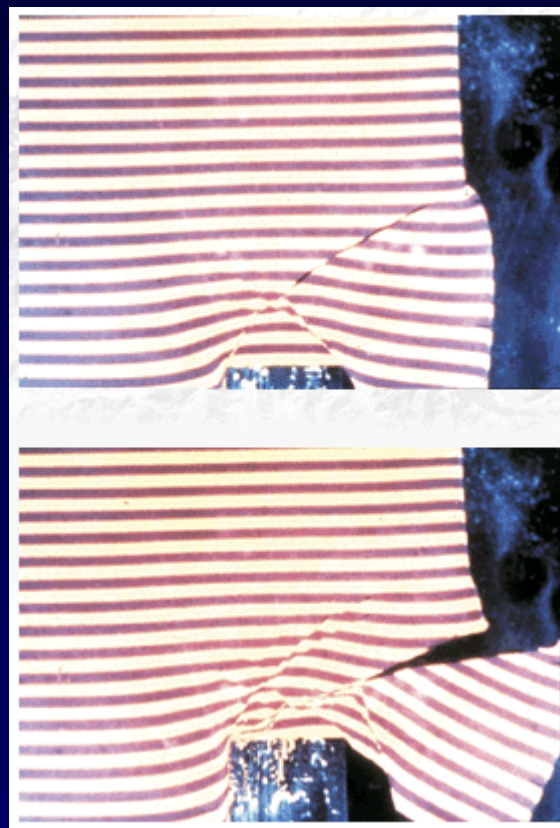
# SICHUAN, ČÍNA, 12. května 2008, magnitudo 7.9





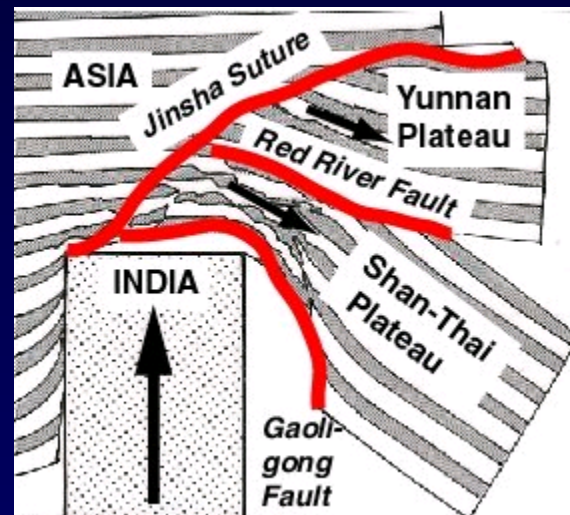
*Pete Winn, University of Arizona – Geosciences,  
<http://www.geo.arizona.edu/~ozacar/frontp~1.htm>*

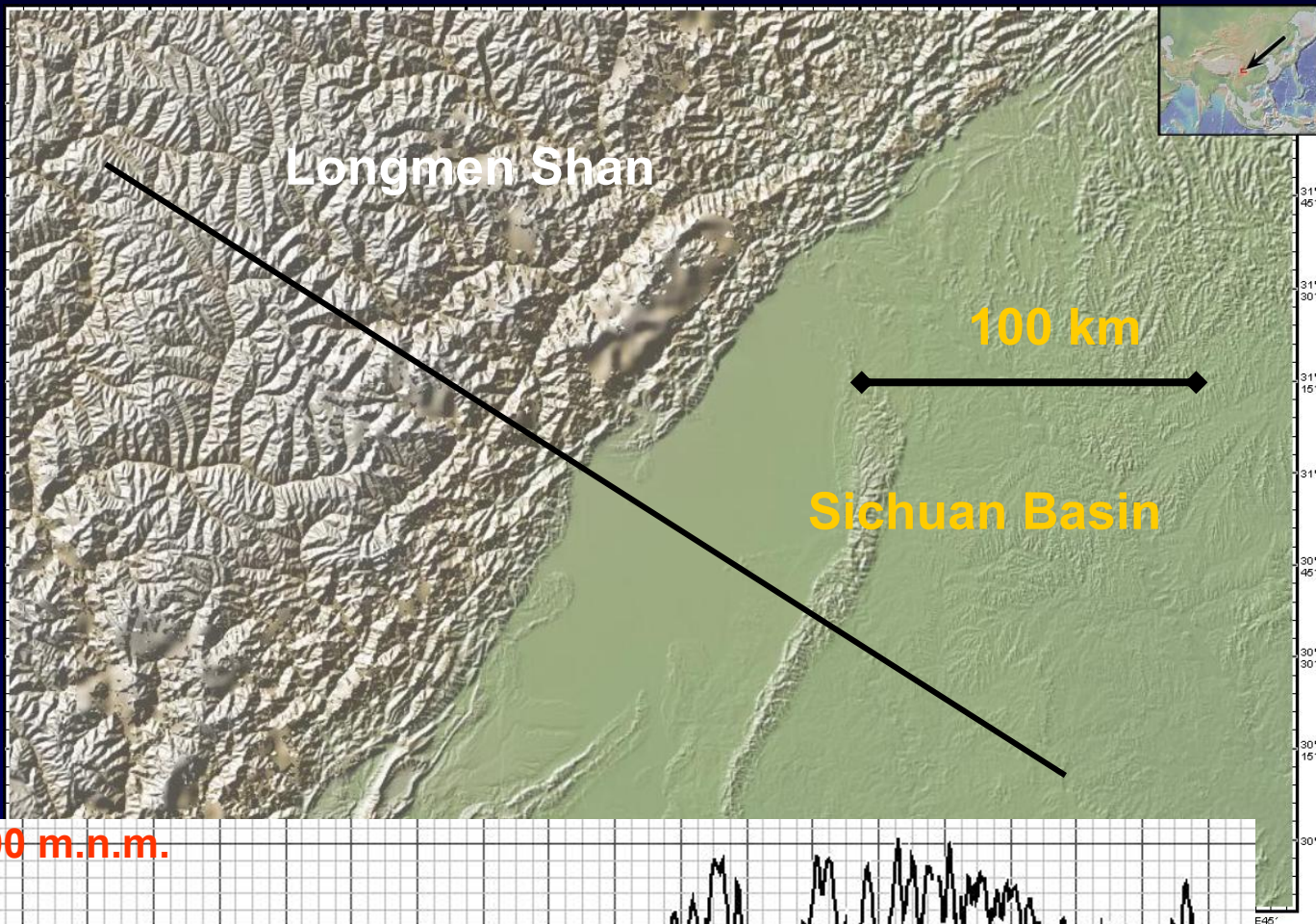
**Tzv. analogové modelování v laboratoři –  
- rekonstrukce důsledků kolize Indie s Euroasijskou deskou**



*Tapponier et al., 1982, Rennes, Francie*

**Tzv. analogové modelování v laboratoři –  
- rekonstrukce důsledků kolize Indie s Euroasijskou deskou**

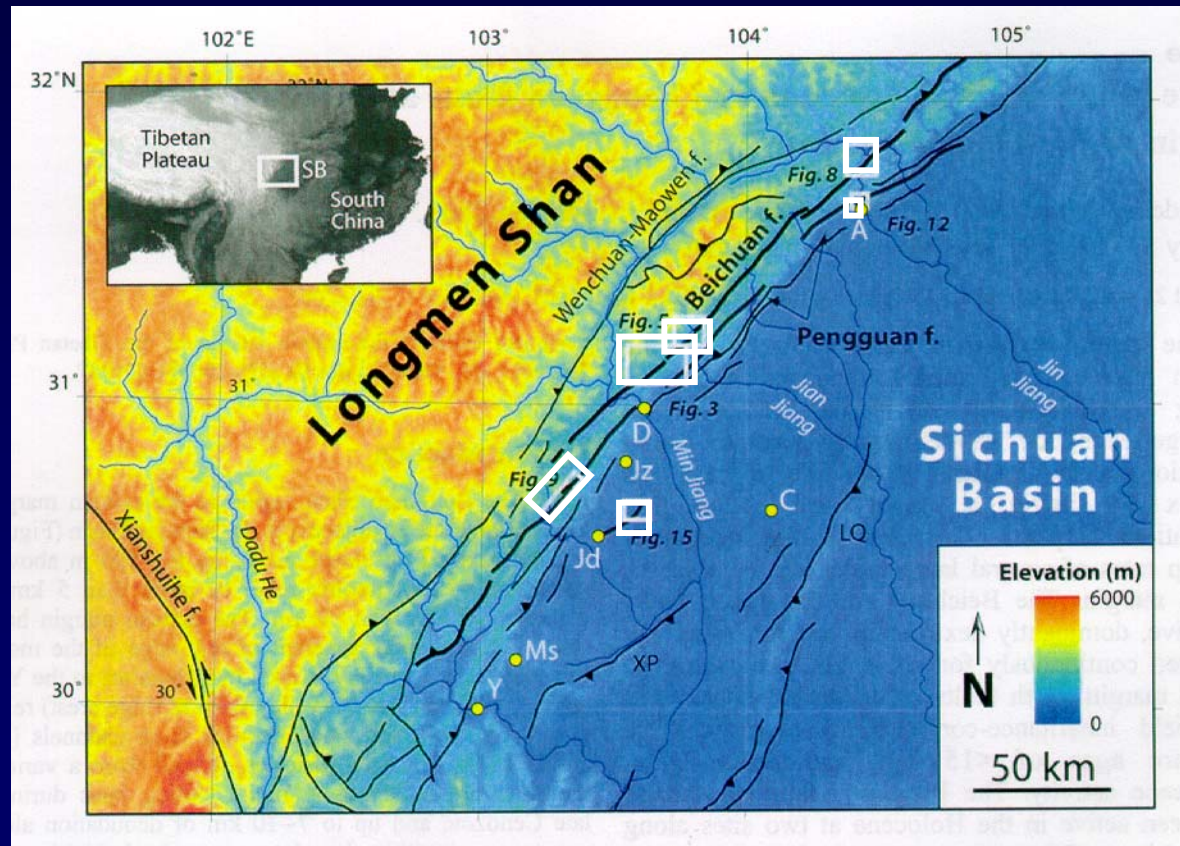




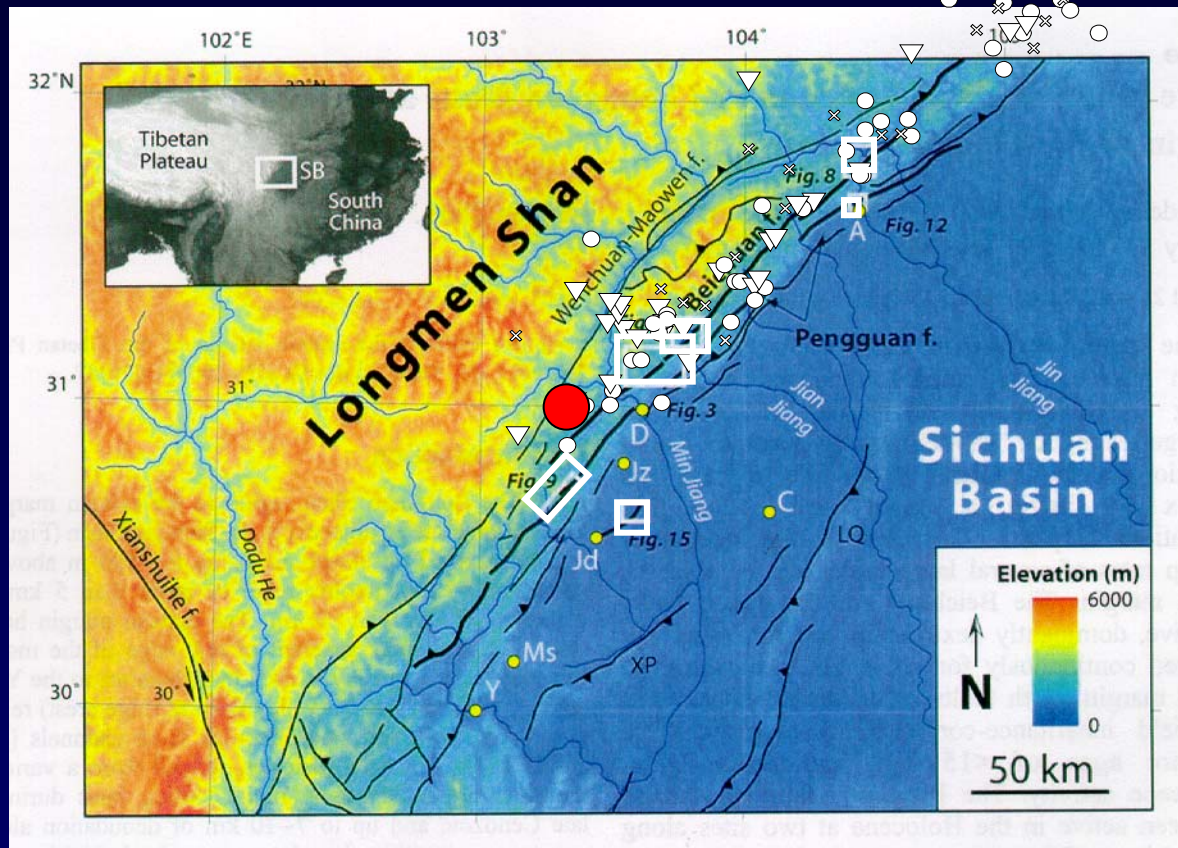


článek v prestižním časopisu TECTONICS, r. 2007 (!!!):  
název: „Active tectonics .... at the eastern margin of the Tibet Plateau“,  
autoři: A.L. Densmore a kol., Durham University, UK

jeden z hlavních závěrů: „...these observations ... also suggest that activity on the margin-parallel faults in eastern Tibet may represent a significant seismic hazard to the densely populated Sichuan Basin...“

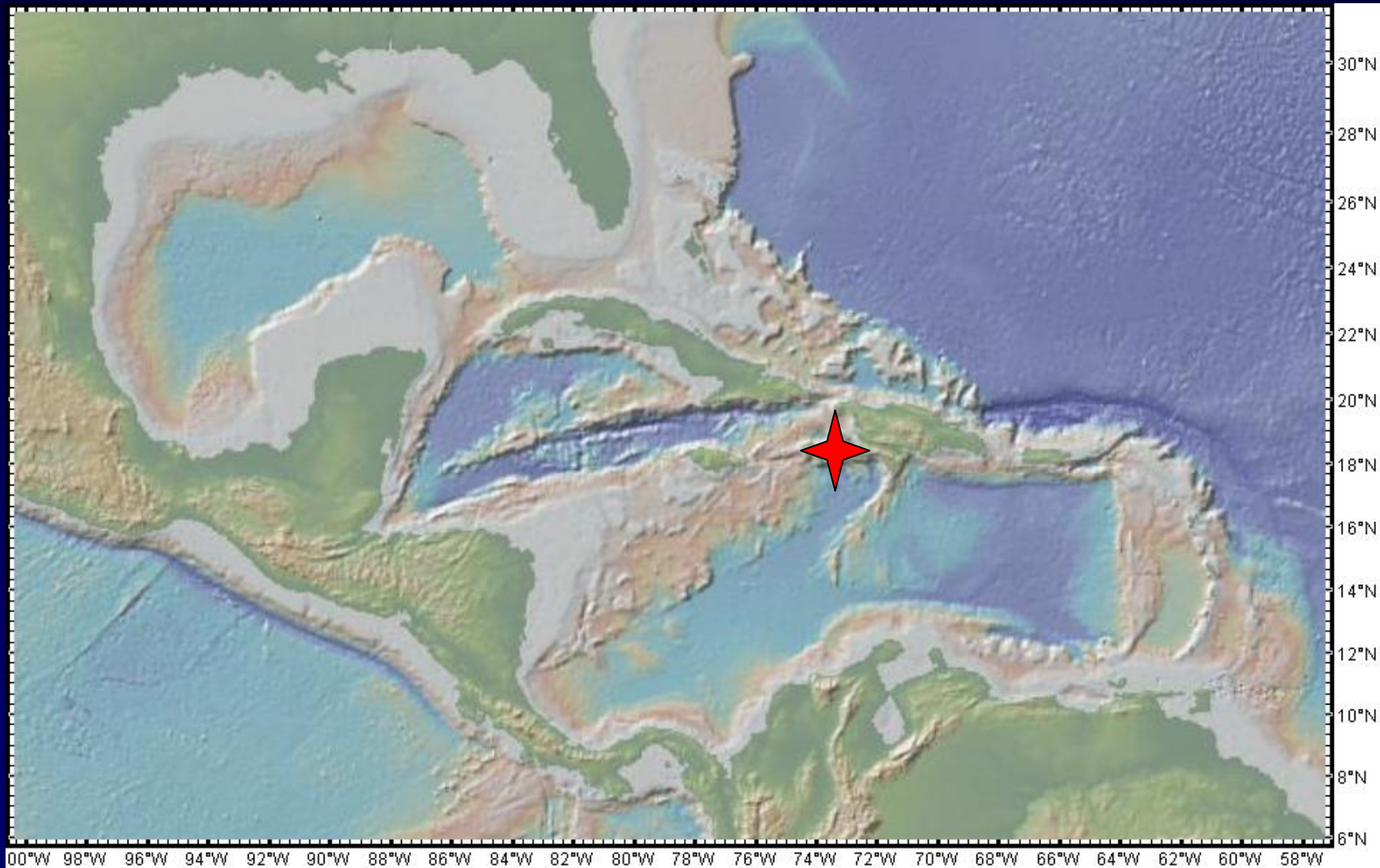


*Densmore et al., 2007*

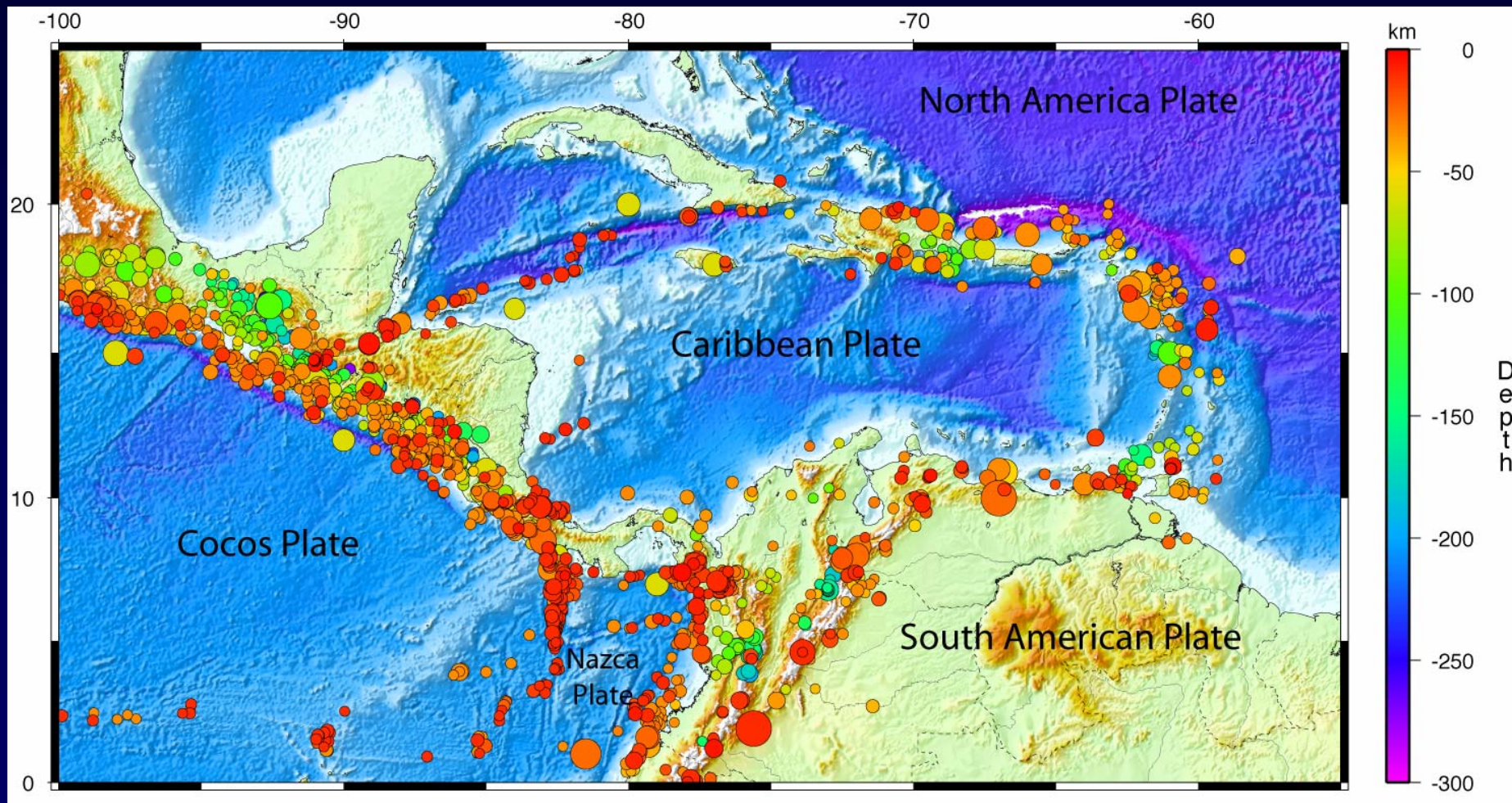


*Densmore et al., 2007*  
 + *EHB epicentra zemětřesení 12.5.-2.6.2008*

# PORT-AU-PRINCE, HAITI, 12. ledna 2010, magnitudo 7.0

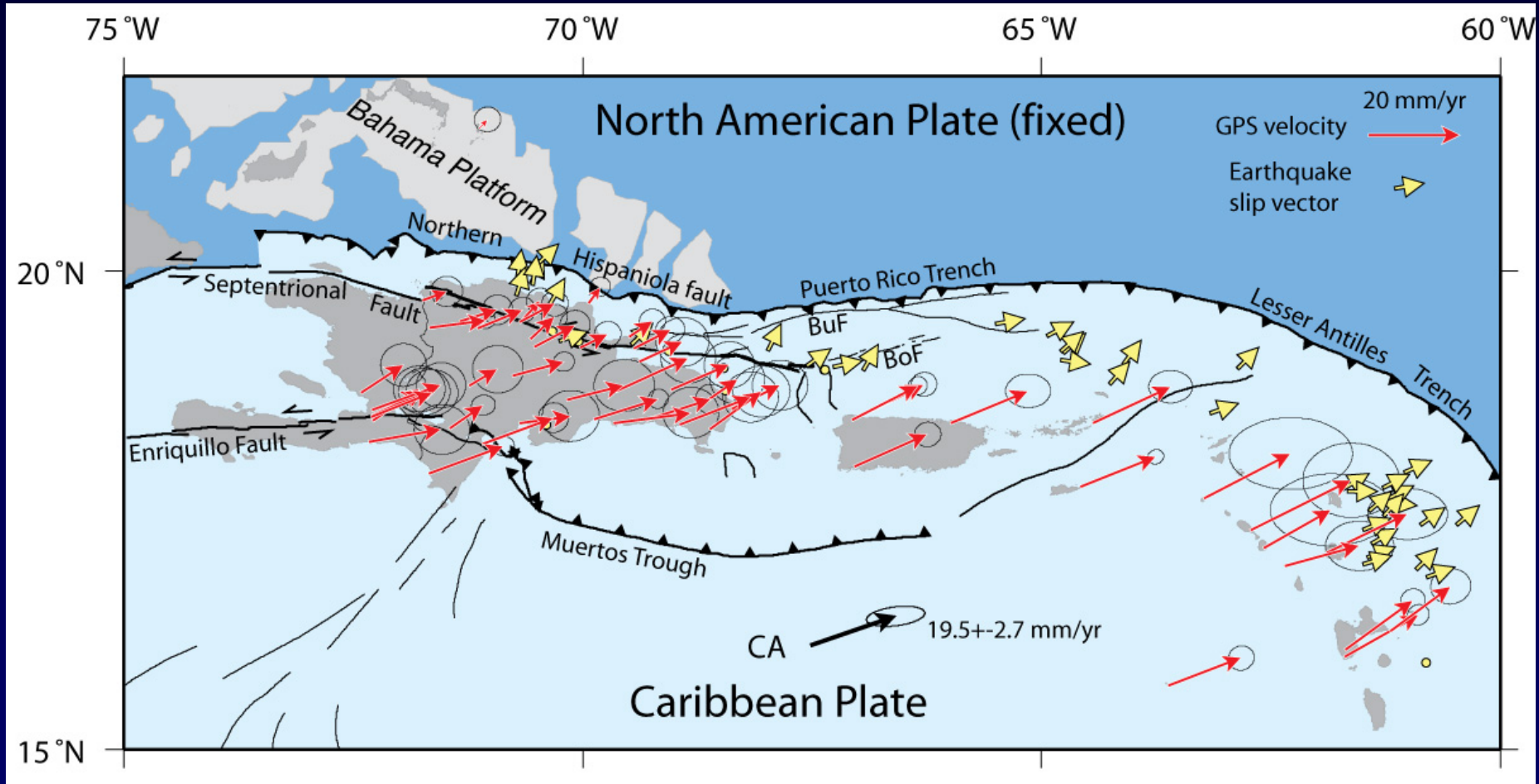


# Karibská deska – ohniska zemětřesení mapují aktivní zlomy



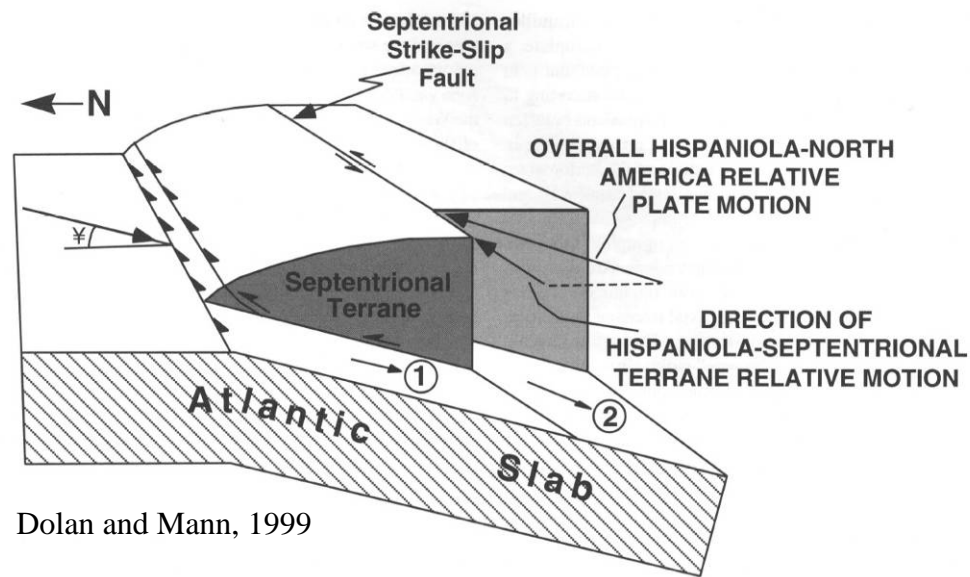
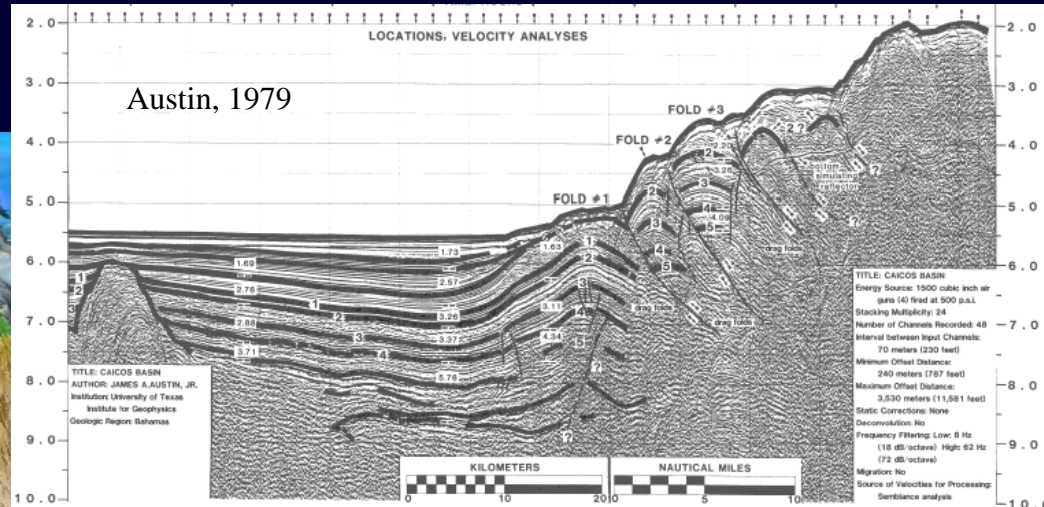
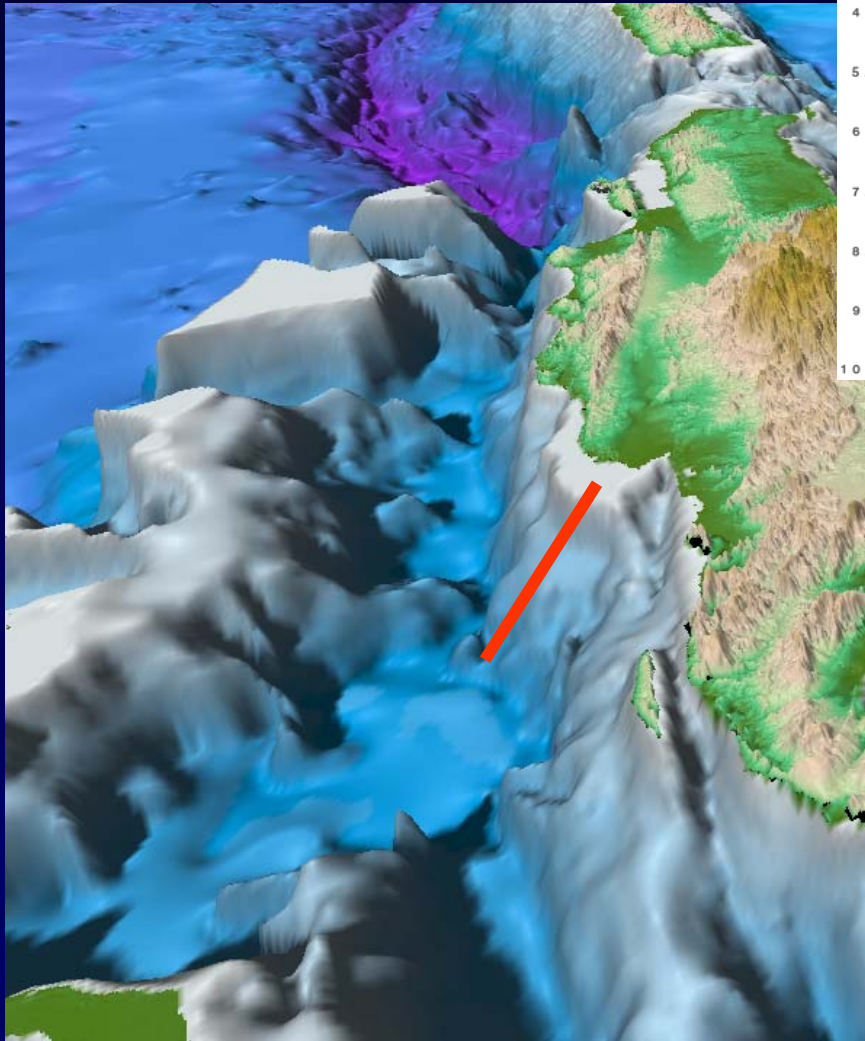
*Mann et al., 2008*

# Rychlost pohybu karibské desky vzhledem k desce severoamerické z měření GPS



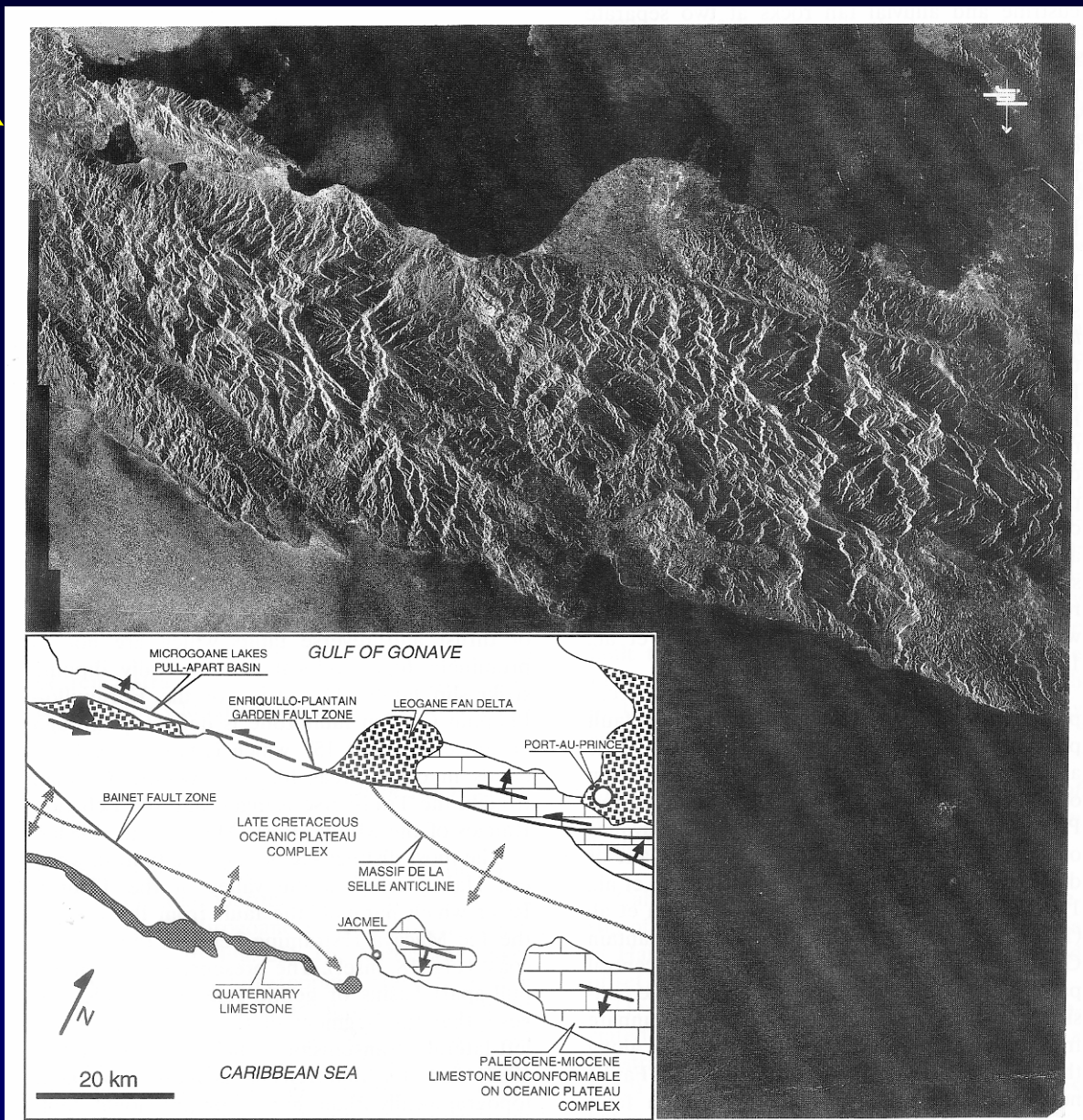
*from Manaker et al. (in revision)*

# Morfologie mořského dna severně od ostrova Hispaniola



Dolan and Mann, 1999

# Zlom Enriquillo, jižní Haiti



*Mann et al., 2008*

Hispaniola - epicentra zemětřesení 1964 – 2009 (žlutá)  
vers. Haiti 12.01.2010 + dotřesy (červená)

