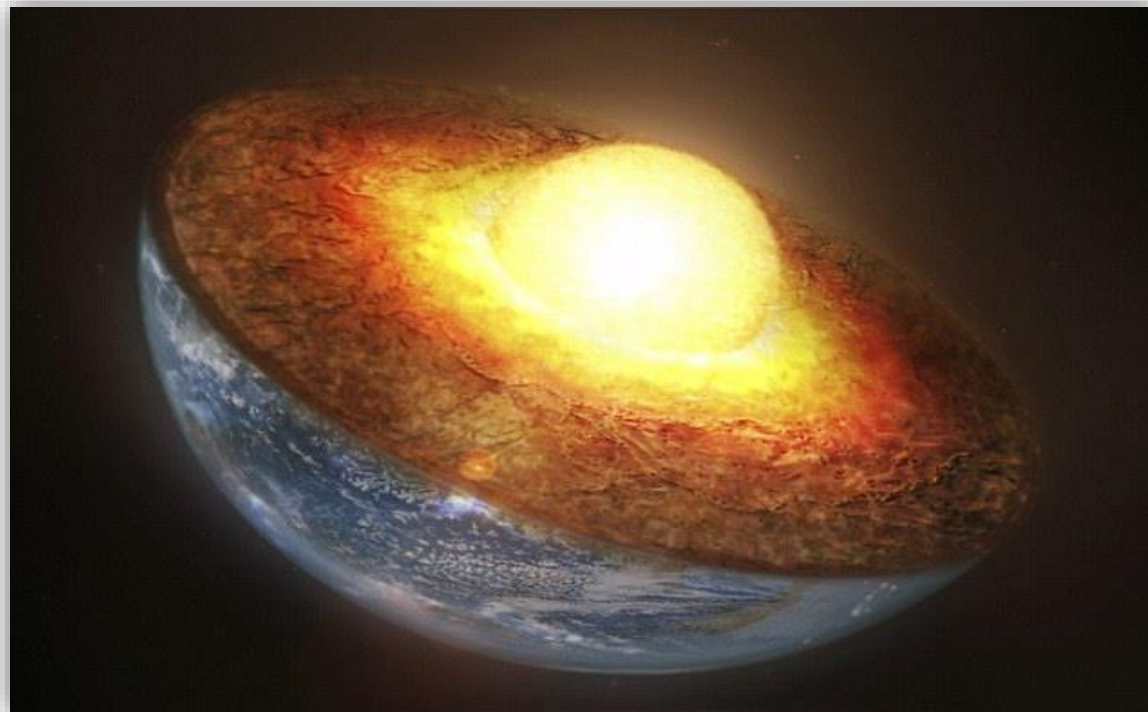


ZEMĚ JAKO DYNAMICKÉ TĚLESO

Martin Dlask, MFF UK, Praha 2014

Cíl

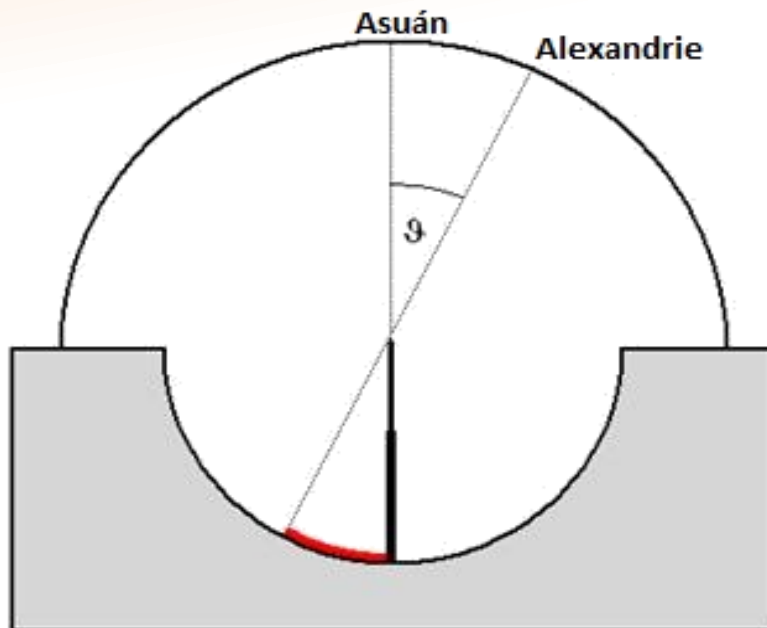
- Představit Zemi jako tepelný stroj.



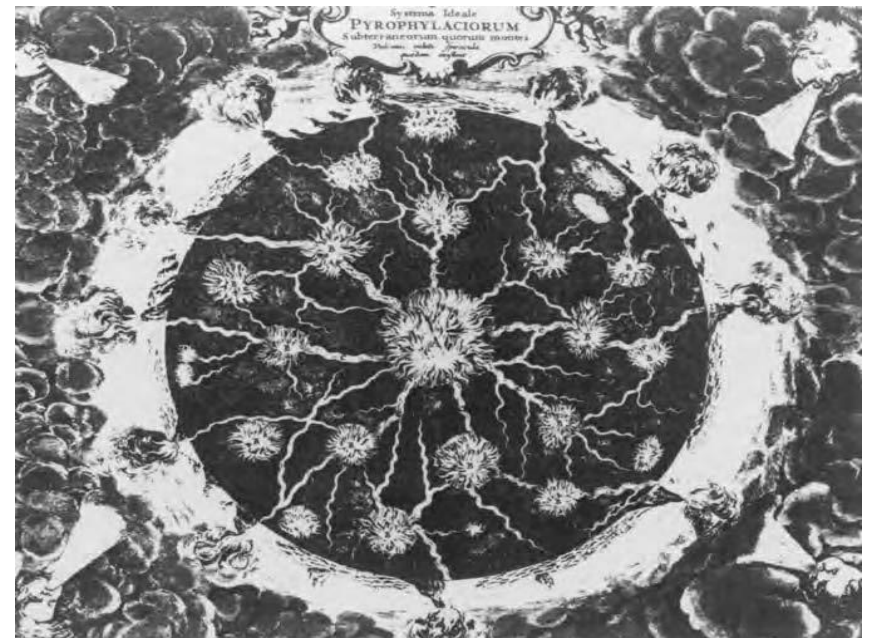
Grafická ilustrace řezu Zemí [zdroj - www.nationalgeographic.com]

Představy o Zemi: Dříve

- Před dvěma tisíci lety Eratosthenés z Kyrény odhadl poledníkový obvod na 252 000 stadií (~46 620 km)

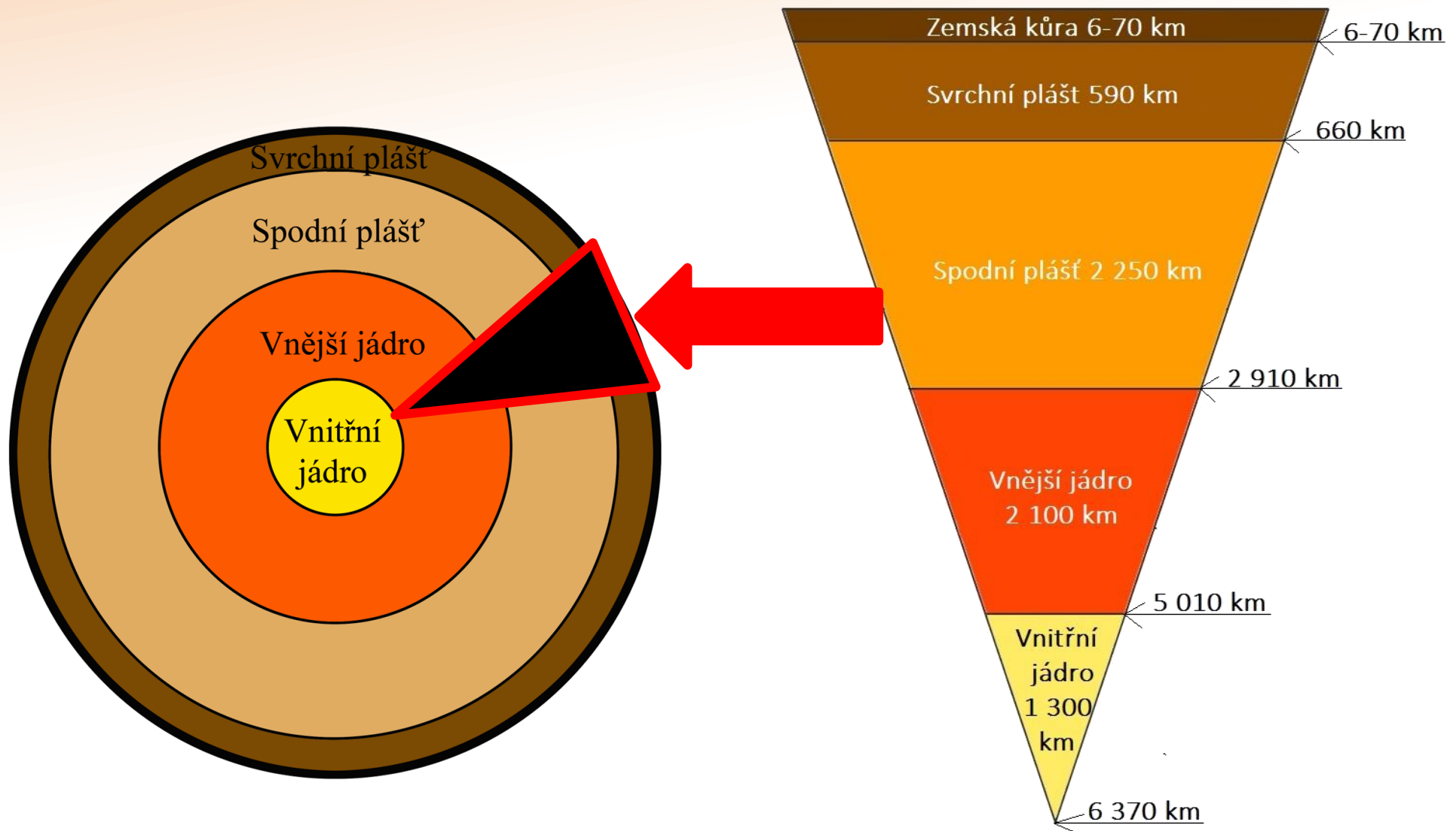


Náčrtek k Eratostenovu výpočtu obvodu Země
[zdroj - www.wikipedia.org]



Země podle Athanusiuse Kirchera [5]

Představy o Zemi: Dnes

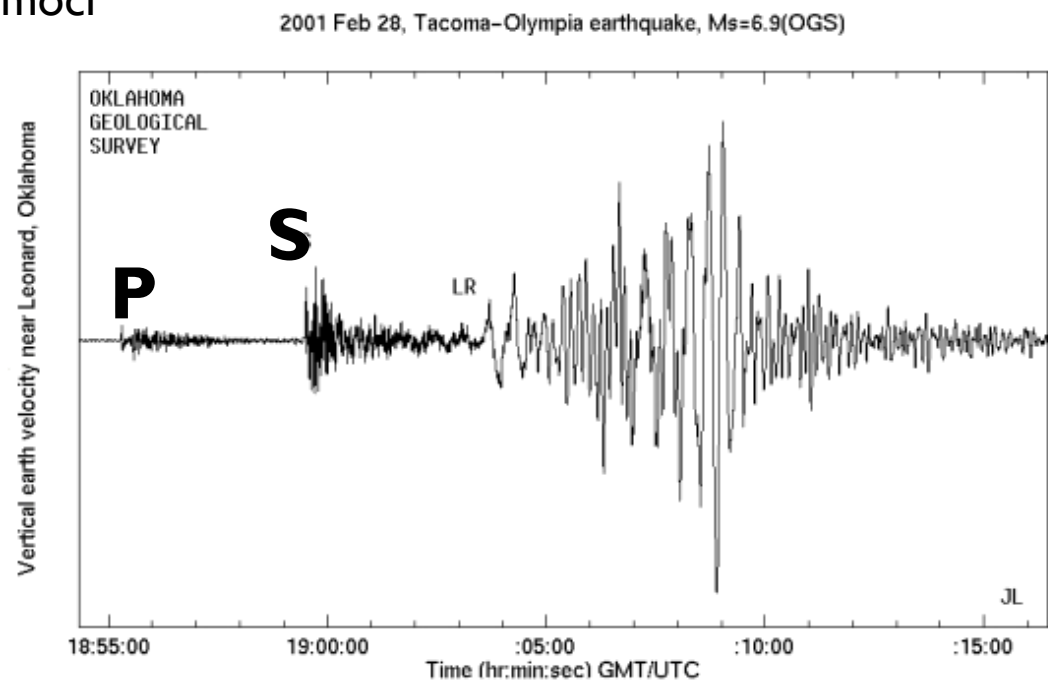


★ Zkoumání Země

- Zkoumání vnitřních částí Země je možné pomocí seismických vln.
- Různé druhy seismických vln procházejí různým prostředím s různými rychlostmi, odrážející se pod různými úhly a jsou různě pohlcovány.

Základní dělení seismických vln:

- p – podélné seismické vlny (primární)
- s – příčné seismické vlny (sekundární)



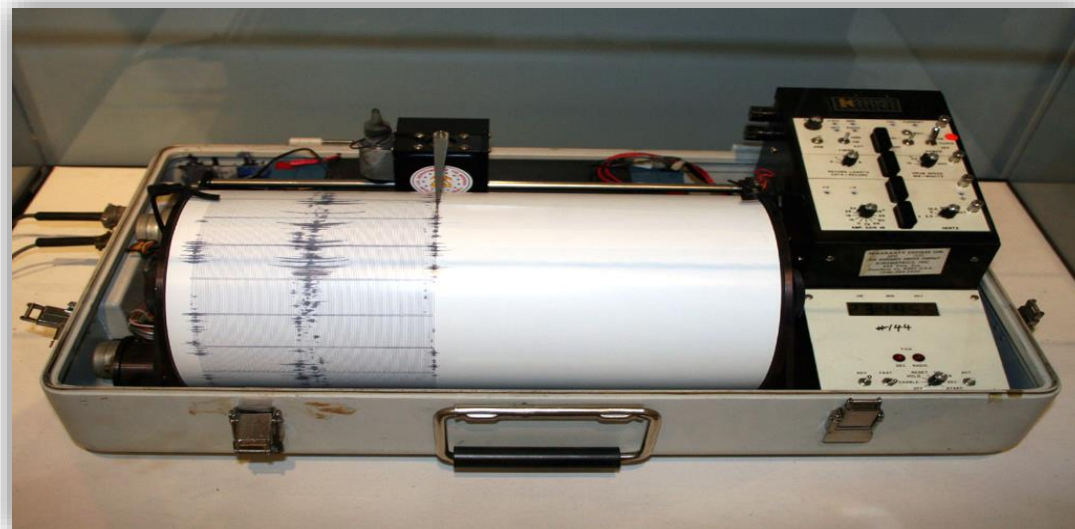
Seismogram [zdroj - www.usgs.gov]

★ Zkoumání Země

- Zkoumání vnitřních částí Země je možné pomocí seismických vln.
- Různé druhy seismických vln procházejí různým prostředím s různými rychlostmi, odrážející se pod různými úhly a jsou různě pohlcovány.

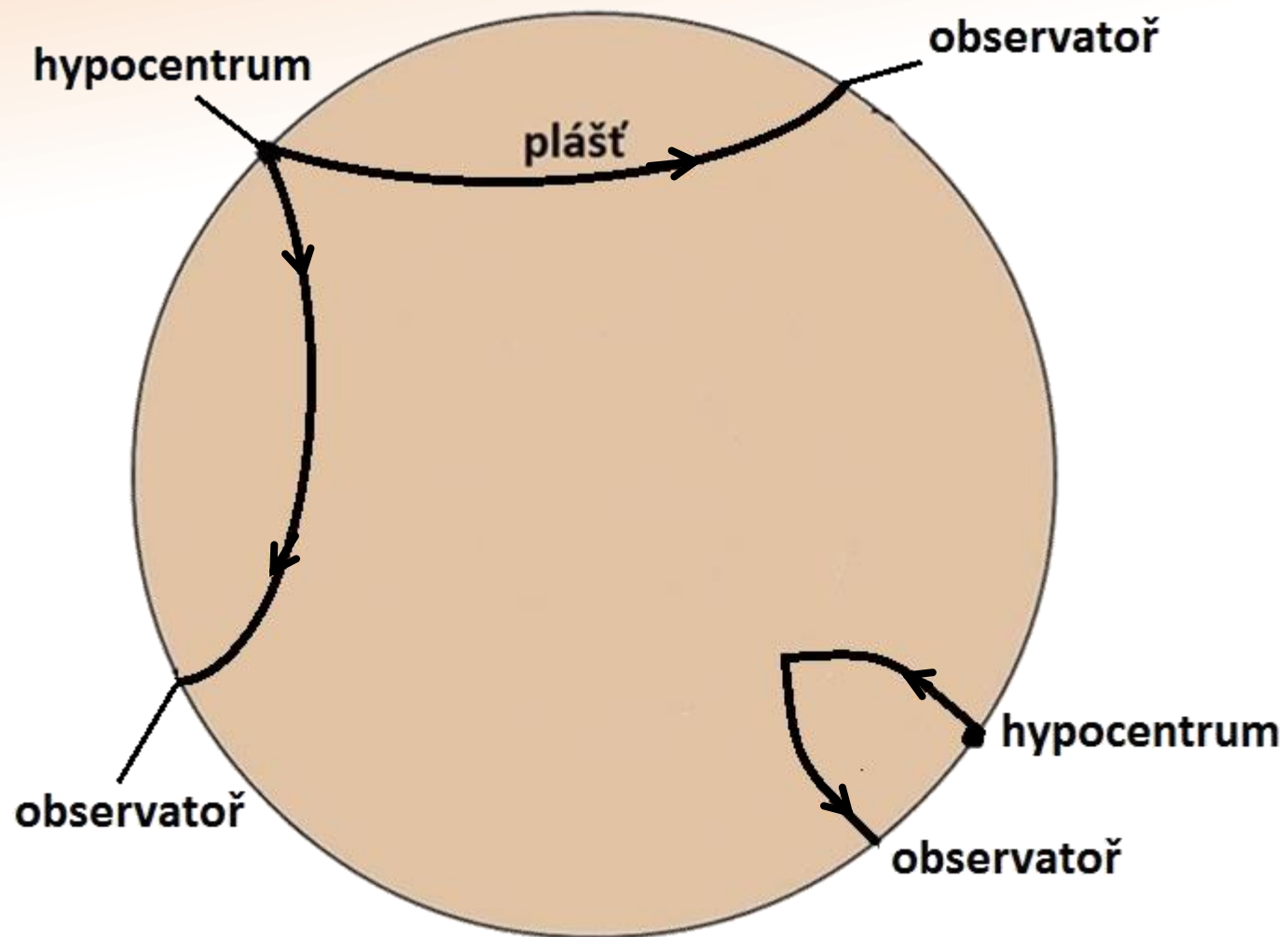
Základní dělení seismických vln:

- p – podélné seismické vlny (primární)
- s – příčné seismické vlny (sekundární)

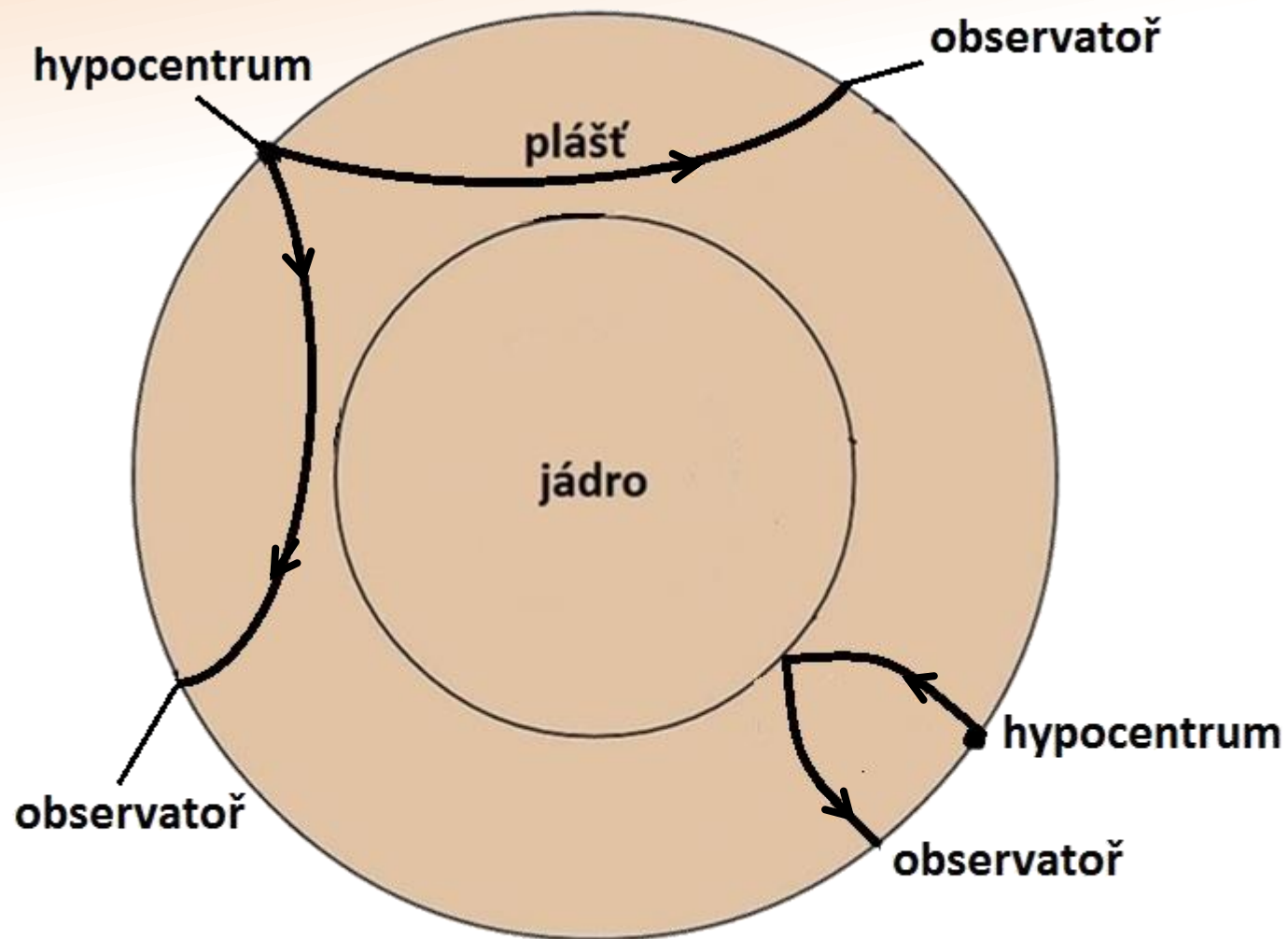


Seismograf [zdroj - www.usgs.gov]

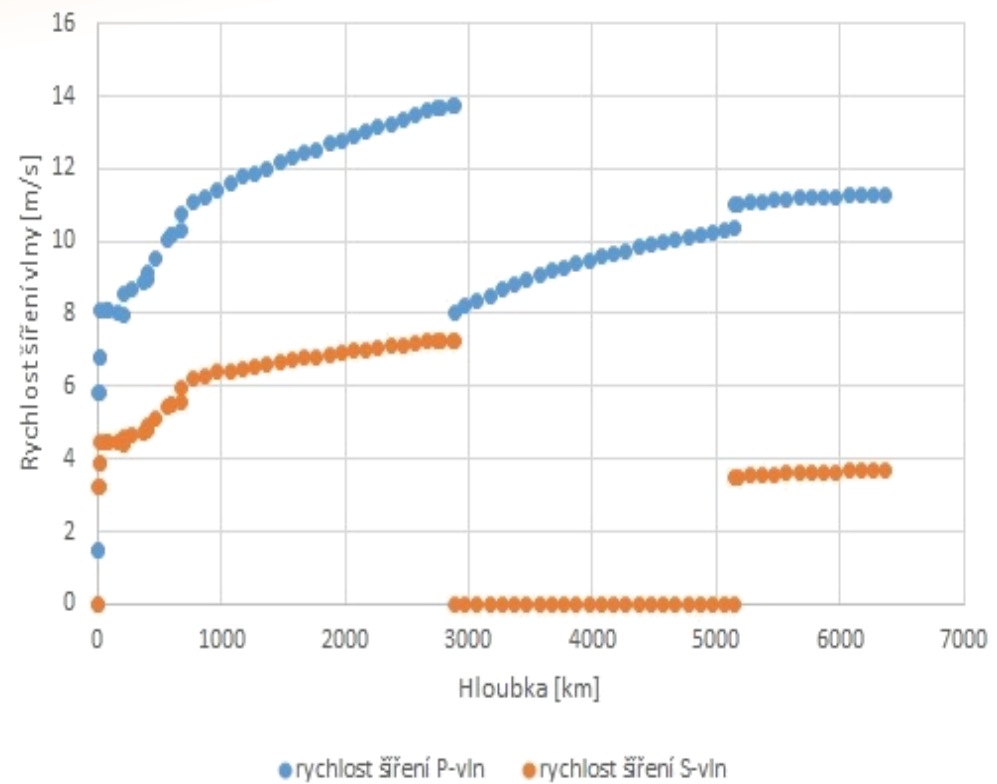
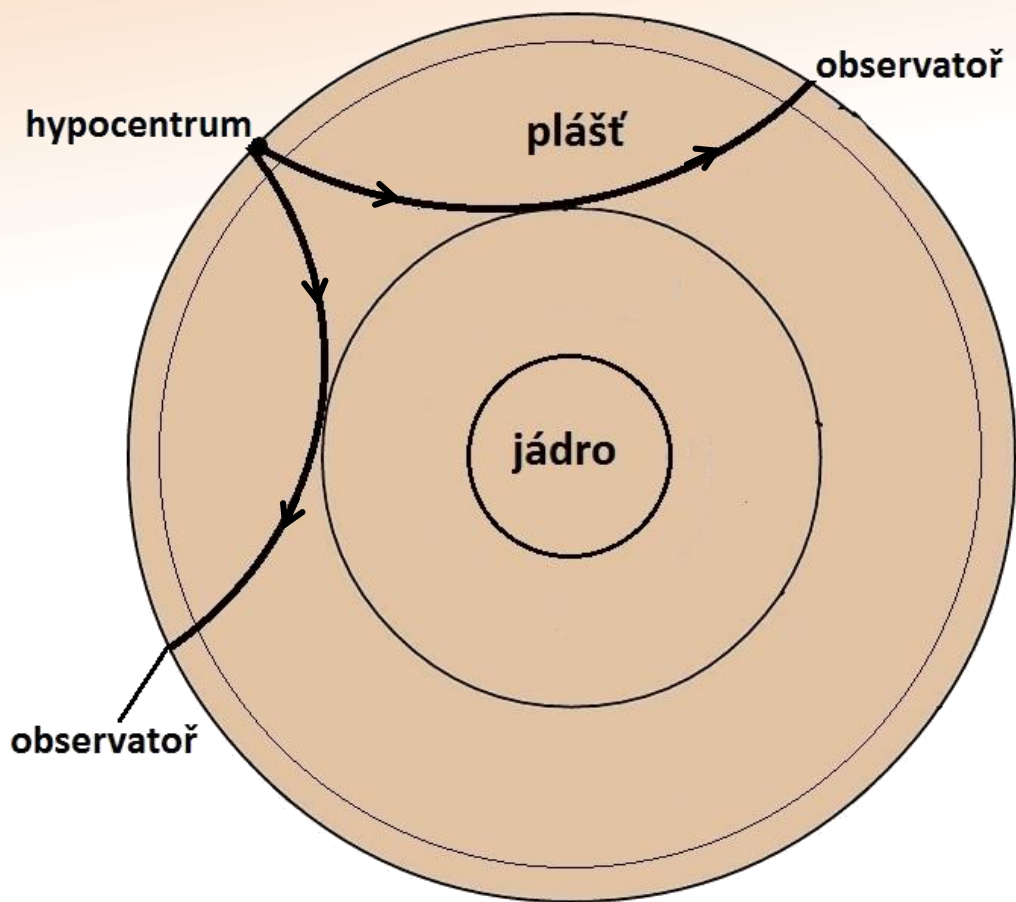
★ Zkoumání Země



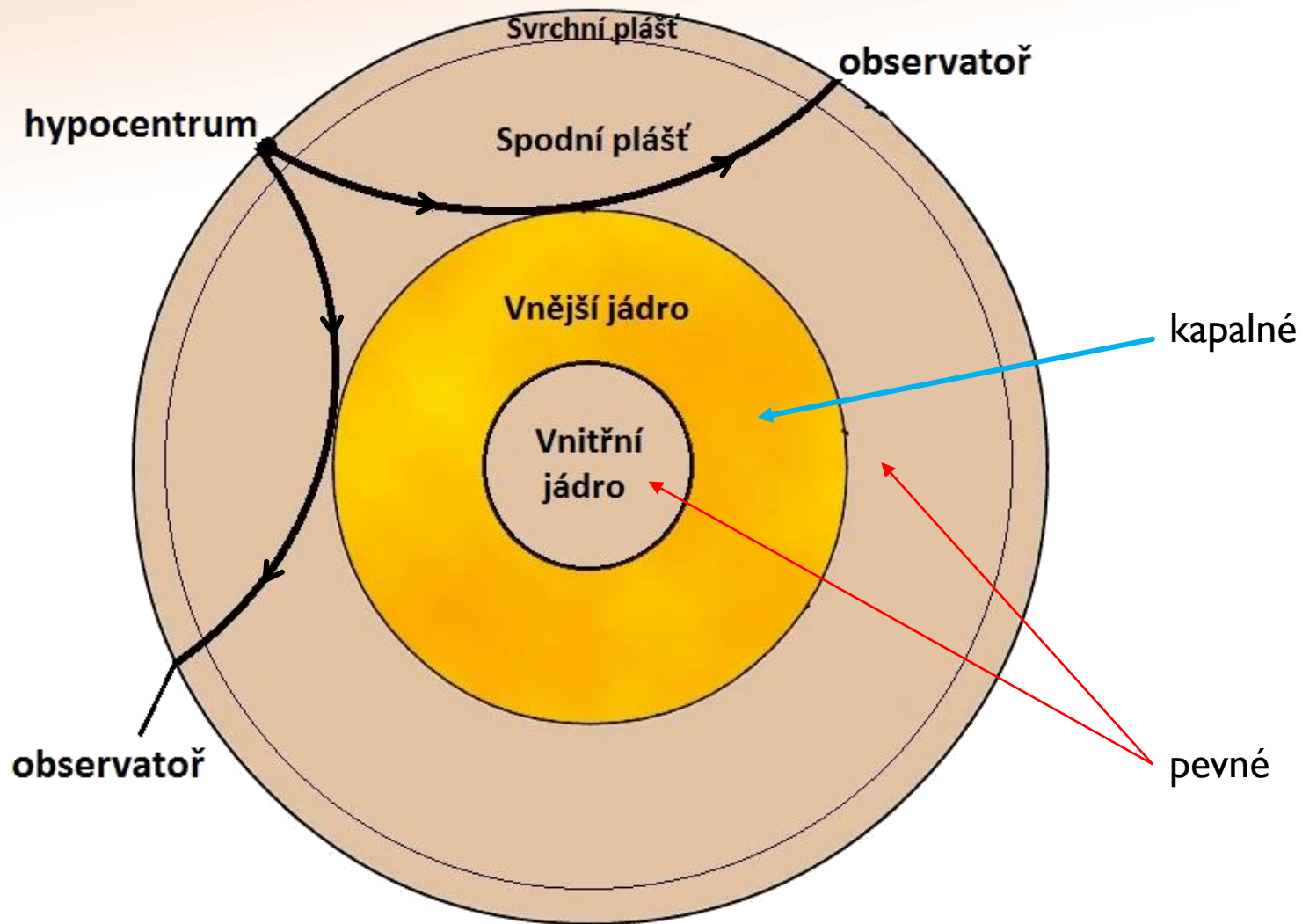
★ Zkoumání Země



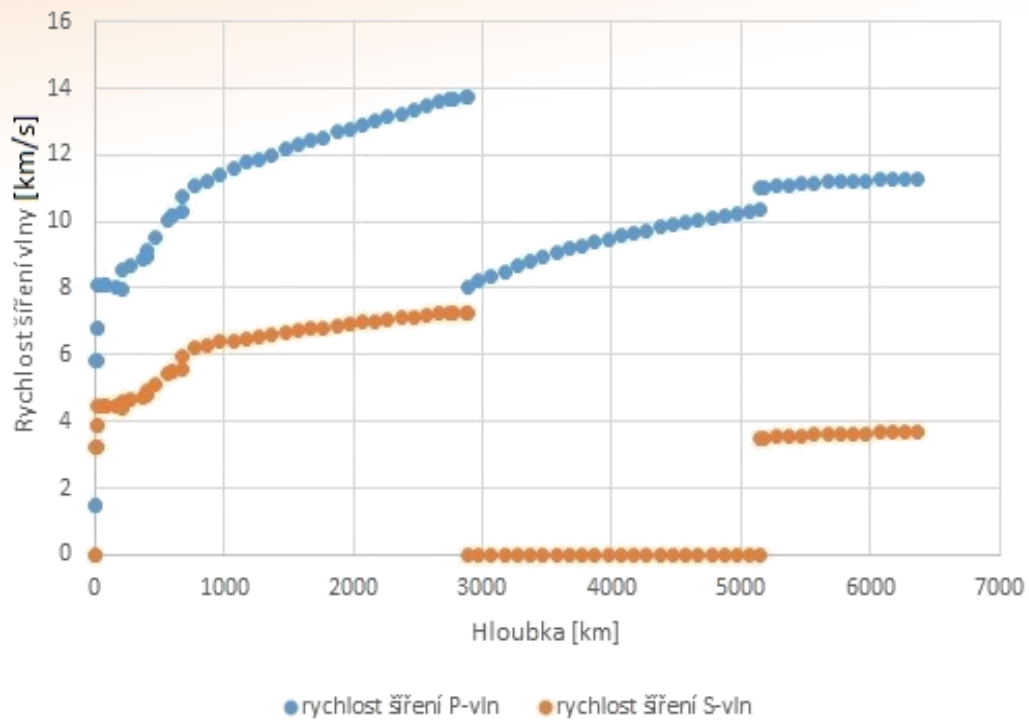
★ Zkoumání Země



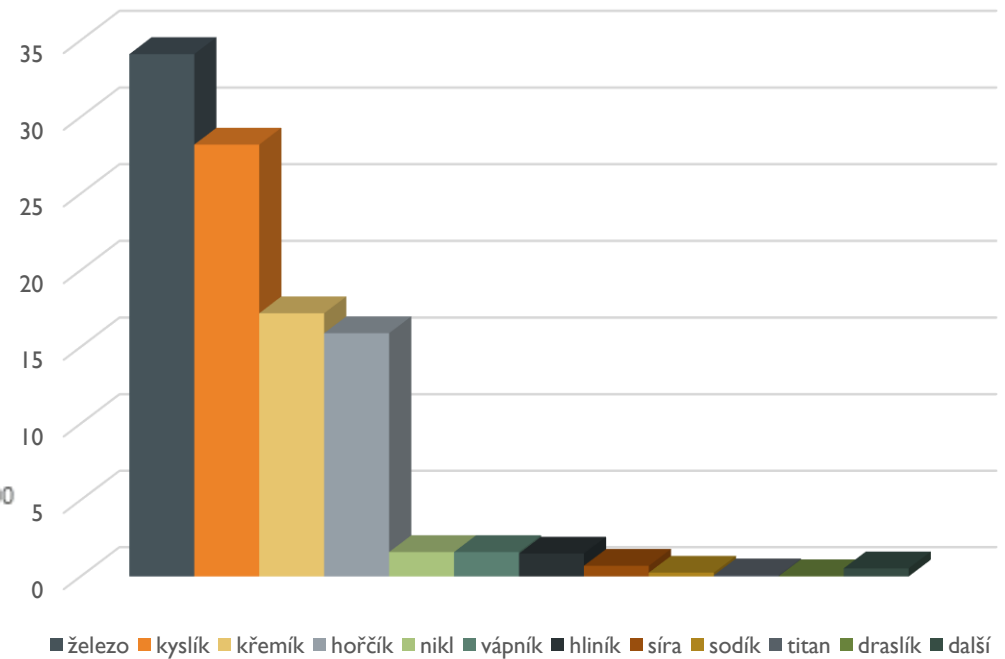
★ Zkoumání Země



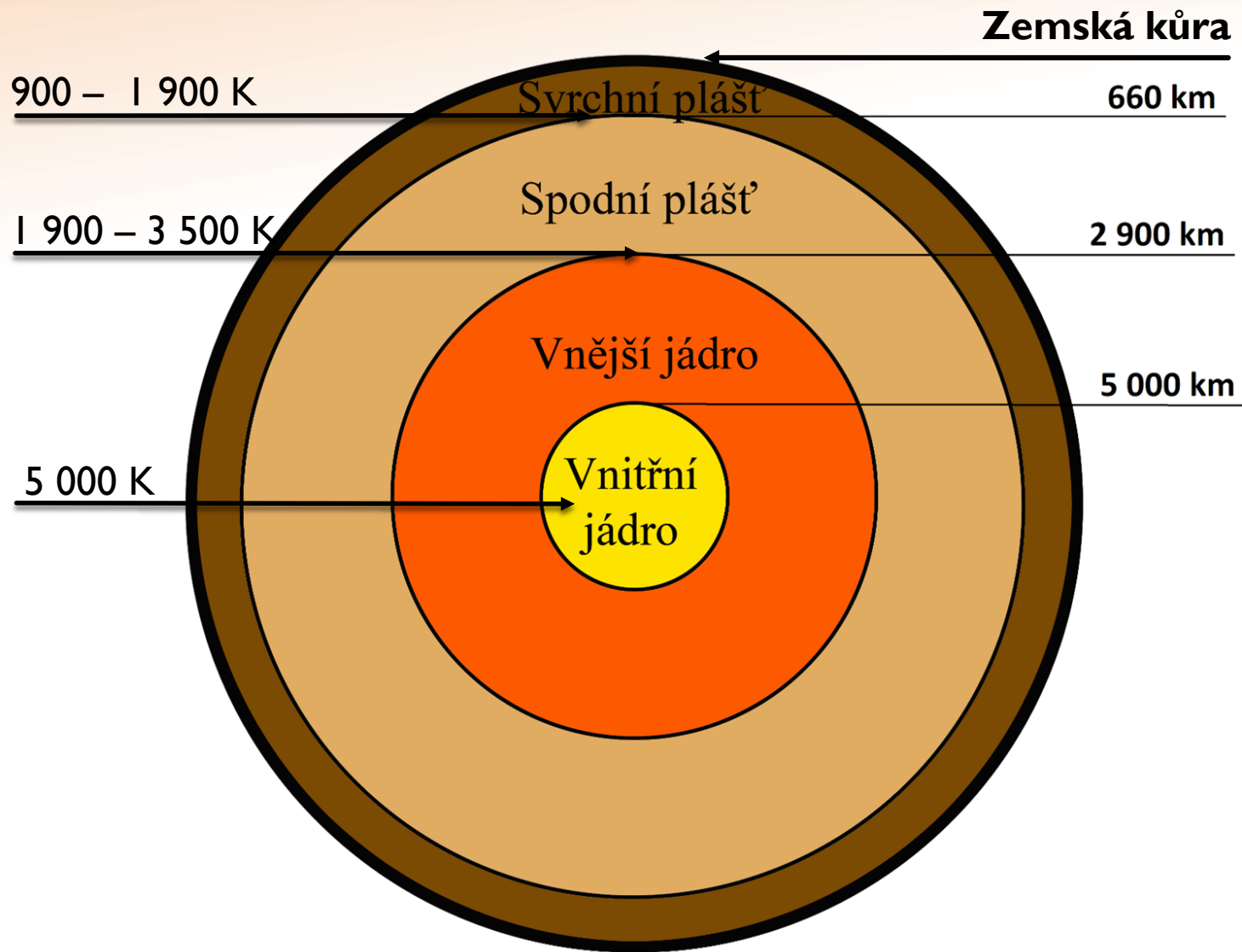
★ Zkoumání Země - chemické složení



Chemické složení Země v procentech

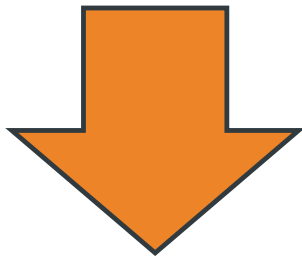


Představy o Zemi

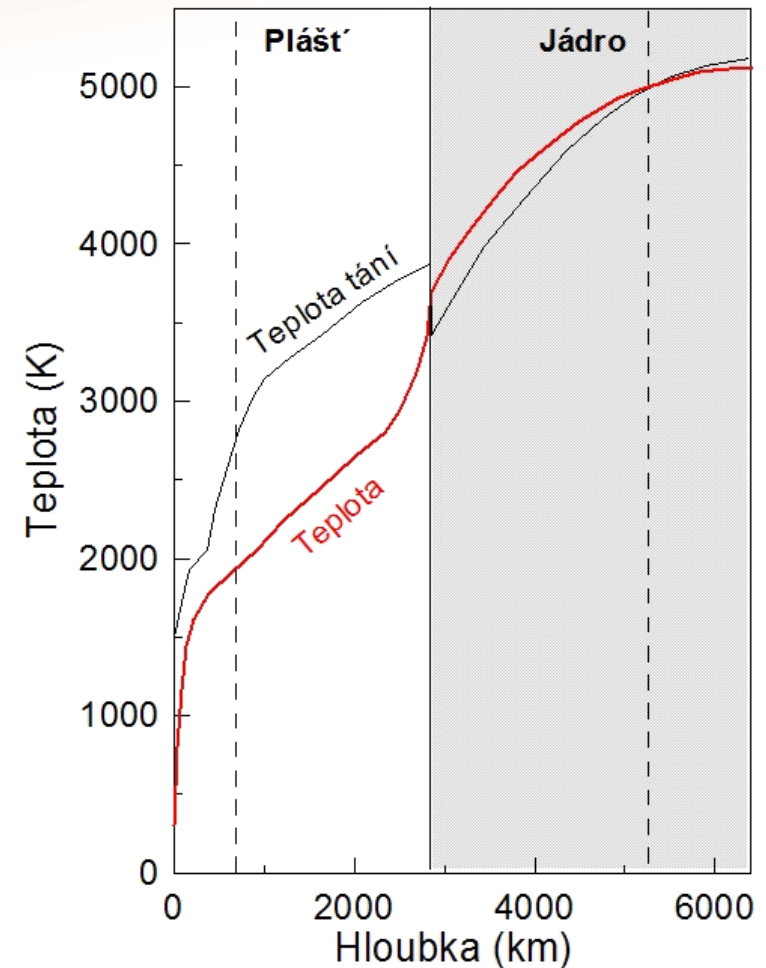


Průběh teploty uvnitř Země

Teplota zemského jádra: 5 000 K
Teplota spodního pláště: 1 900 - 3 500 K
Teplota svrchního pláště: 900 - 1 900 K
Teplota zemského povrchu: 273 K



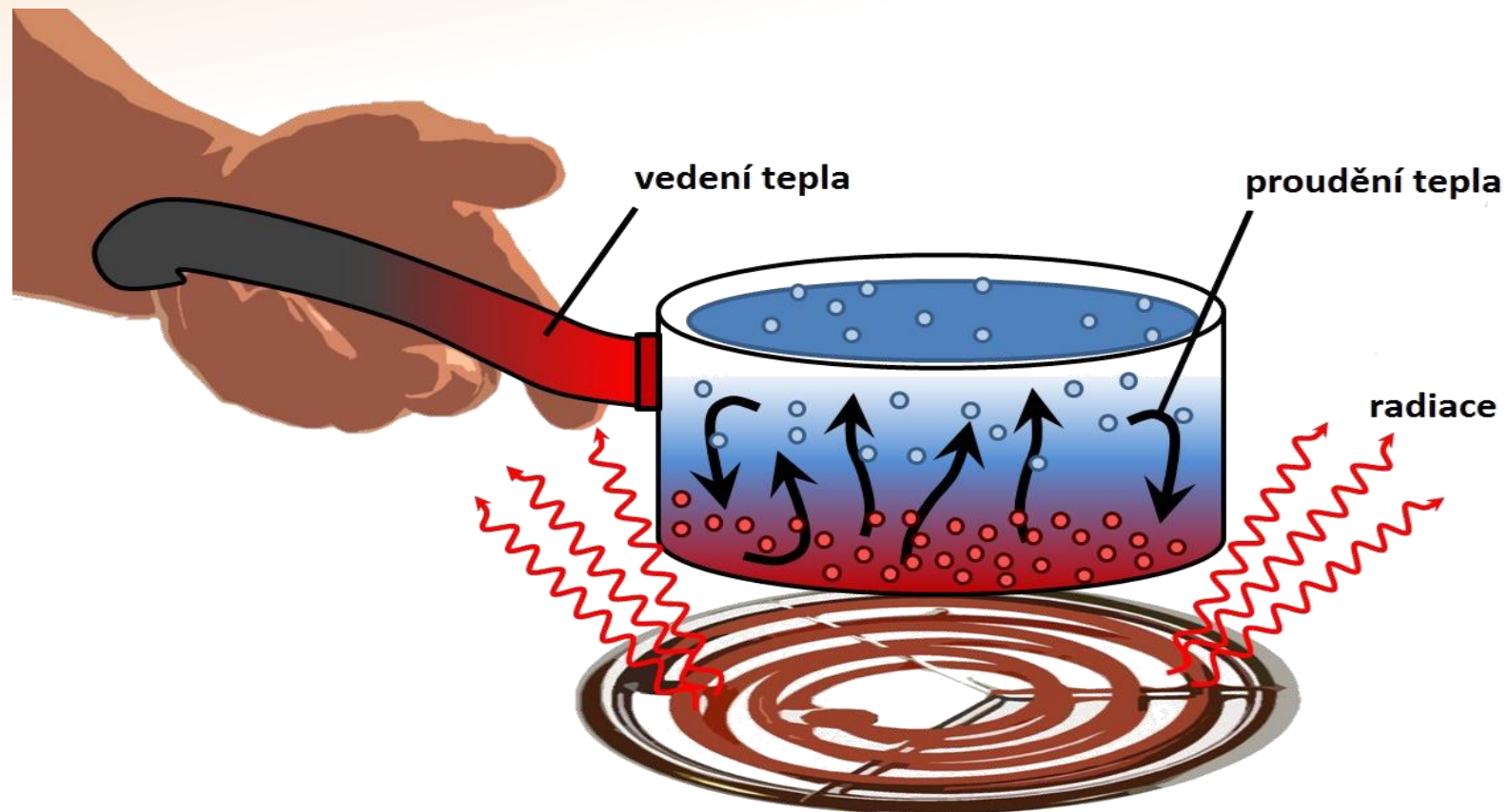
teplota uvnitř Země roste s hloubkou



Průběh teploty uvnitř Země [8]

★ Mechanismy přenosu tepla

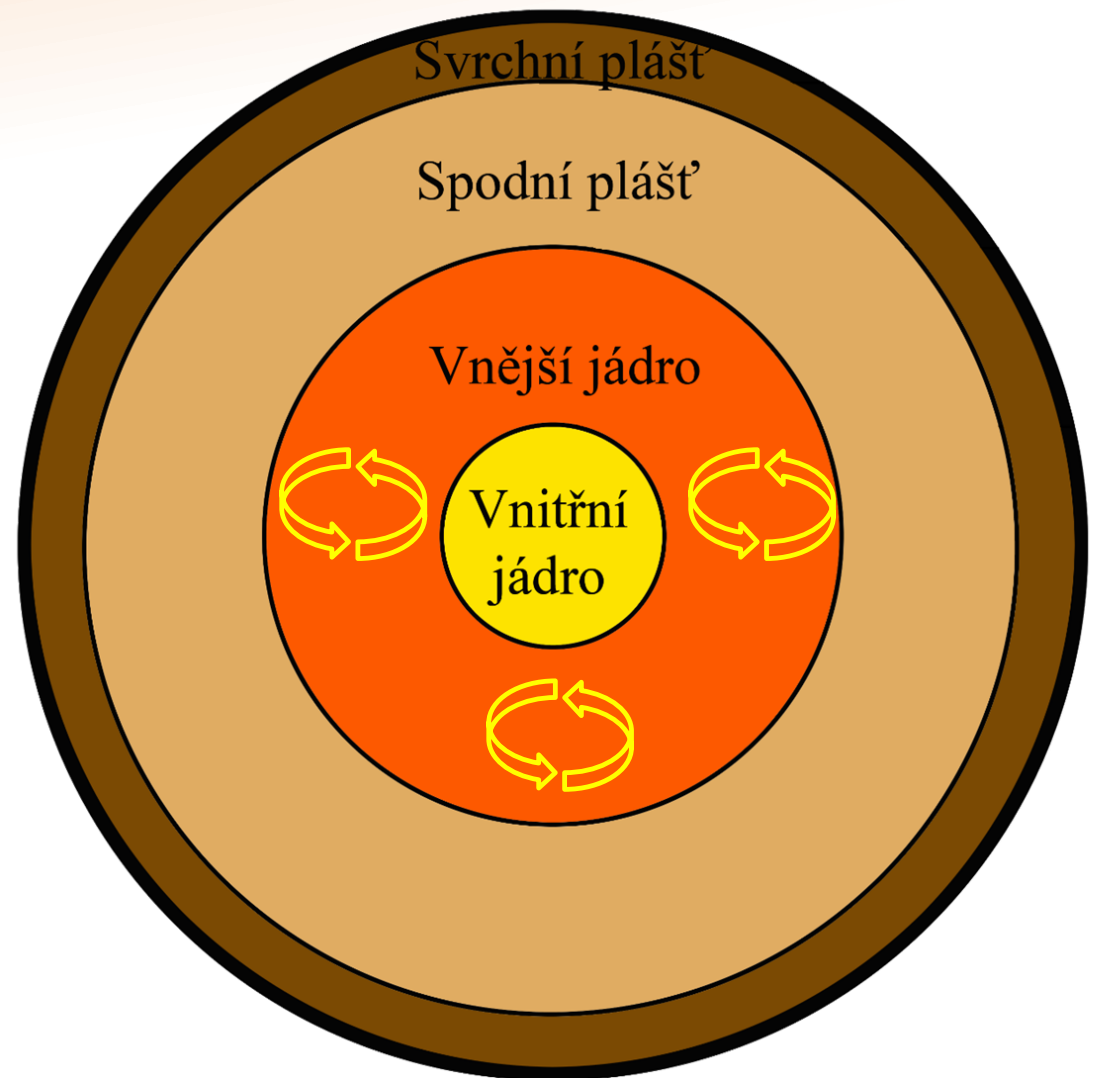
- Dominantní mechanismus přenosu tepla v Zemi je **proudění**.



Přenos tepla [zdroj - www.usgs.gov]

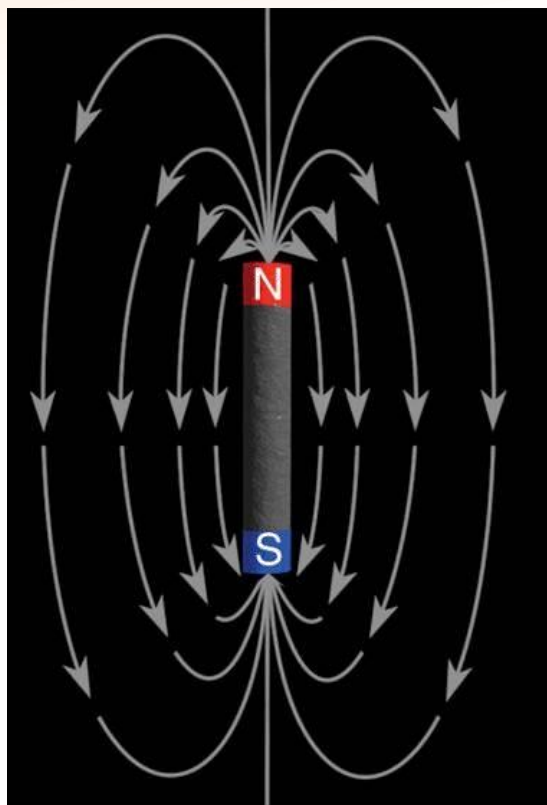
Proudění v zemském jádře

- Rychlosti proudění ve vnějším jádře Země jsou řádově kilometry za rok.
- Cirkulující proudy hmot jsou usměrňovány působením Coriolisovy síly.

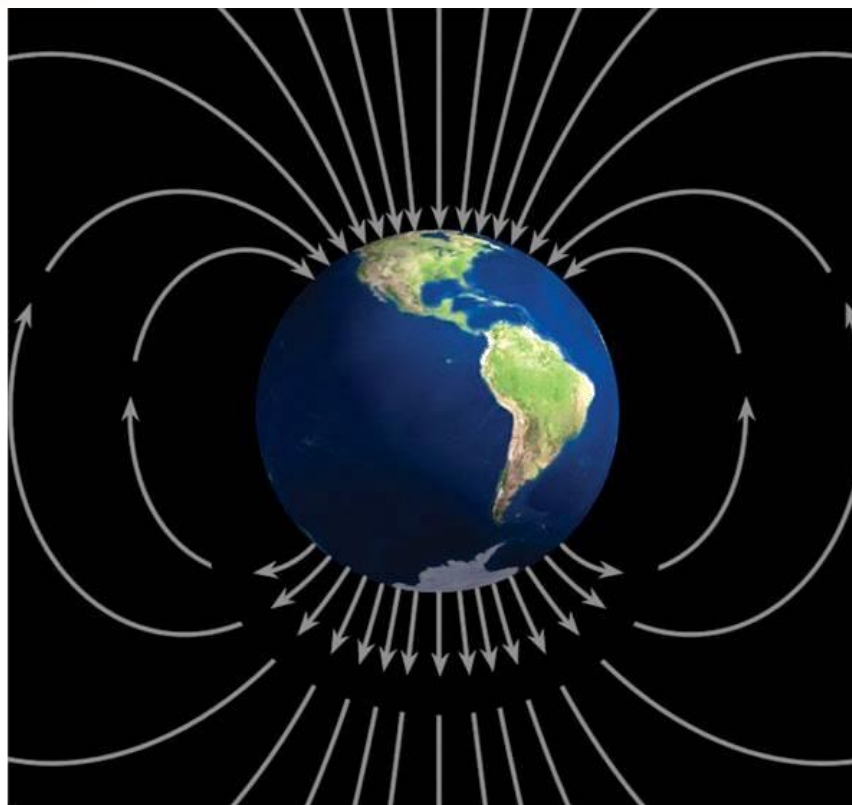


★ Geomagnetické pole

- William Gilbert roku 1600 vyslovil myšlenku: Země je magnet.



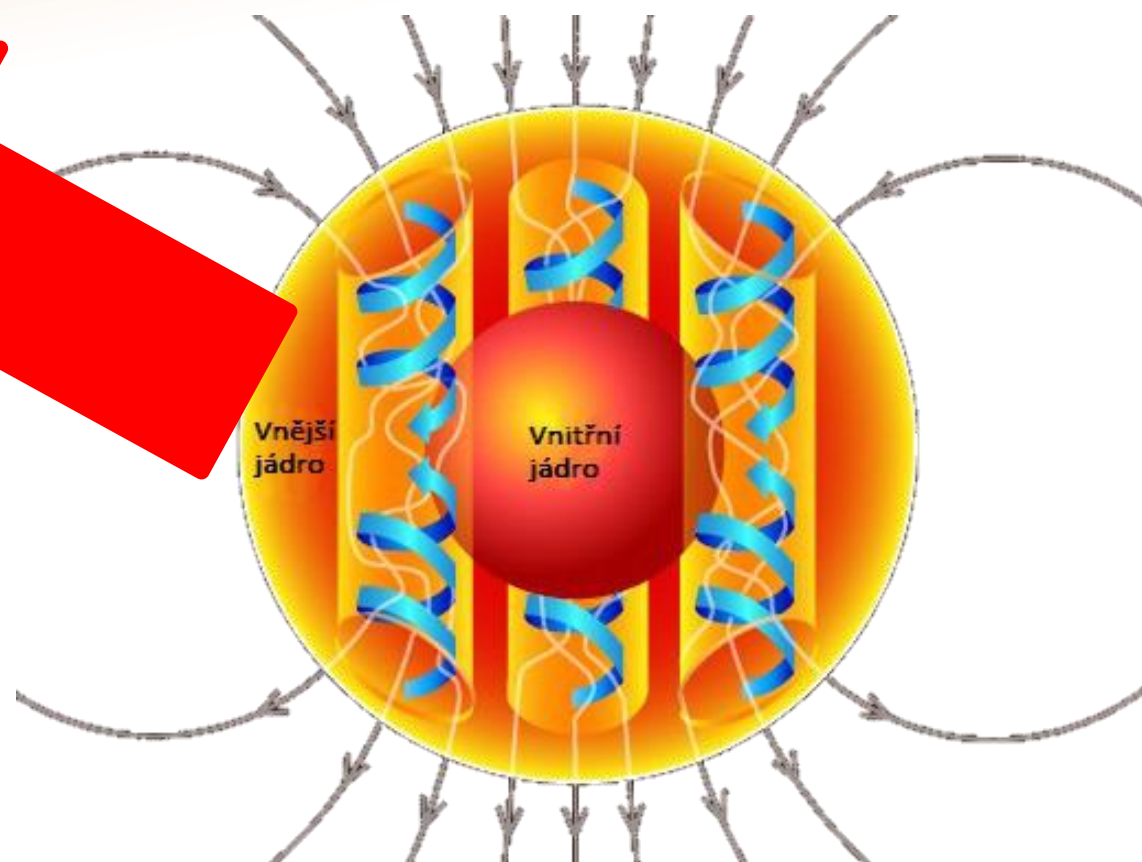
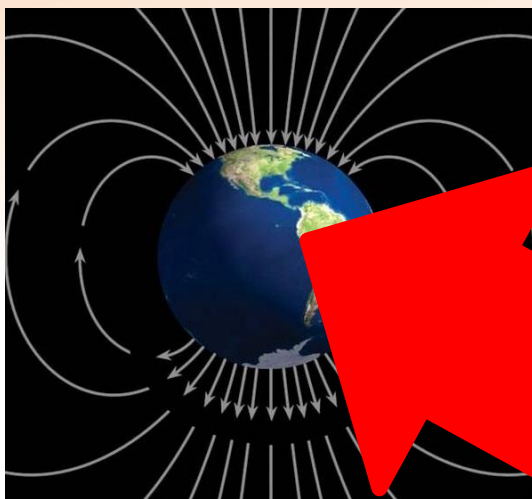
Magnetické pole tyčového magnetu



Geomagnetické pole

Zobrazení geomagnetického pole [zdroj - www.usgs.gov]

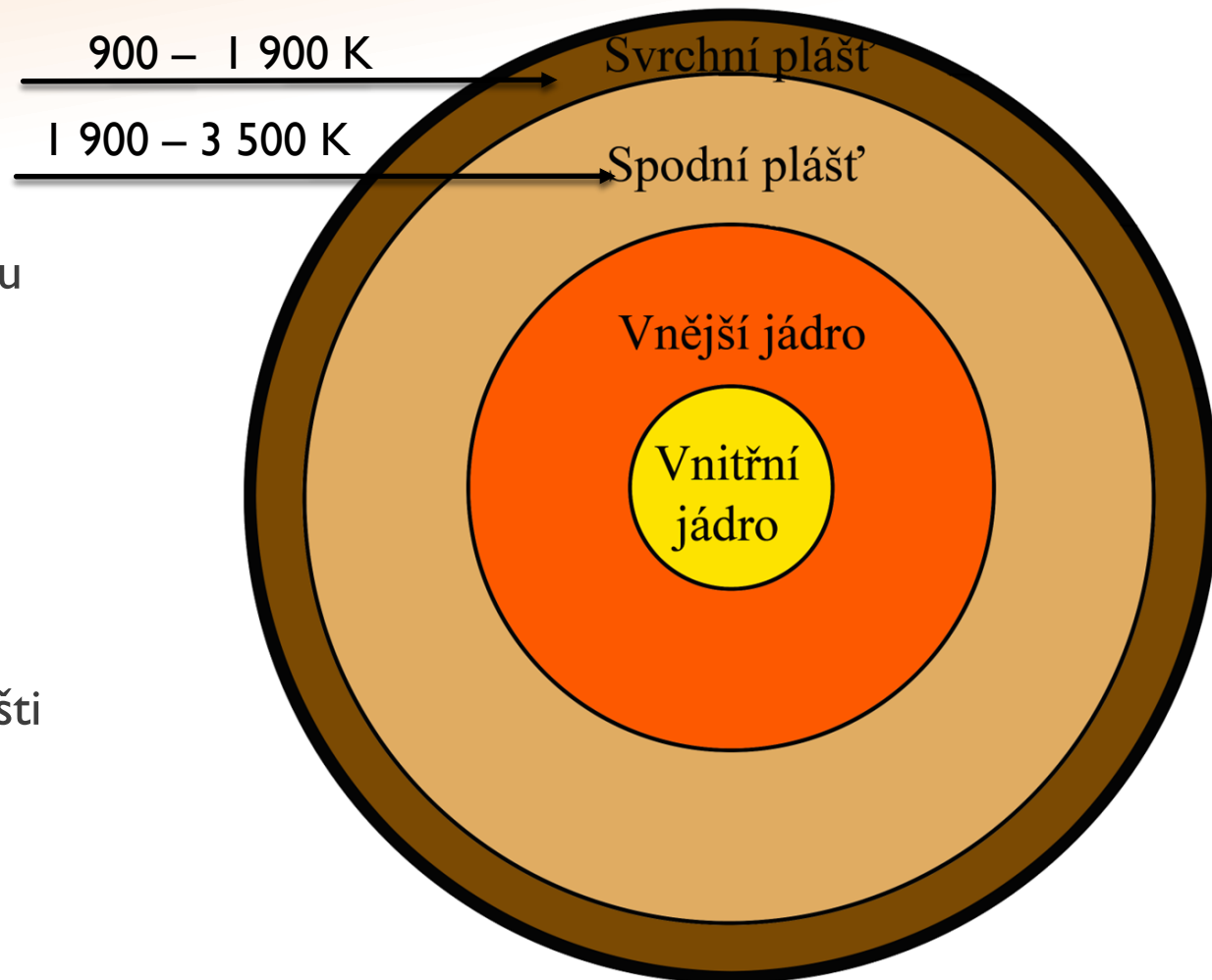
★ Geomagnetické pole



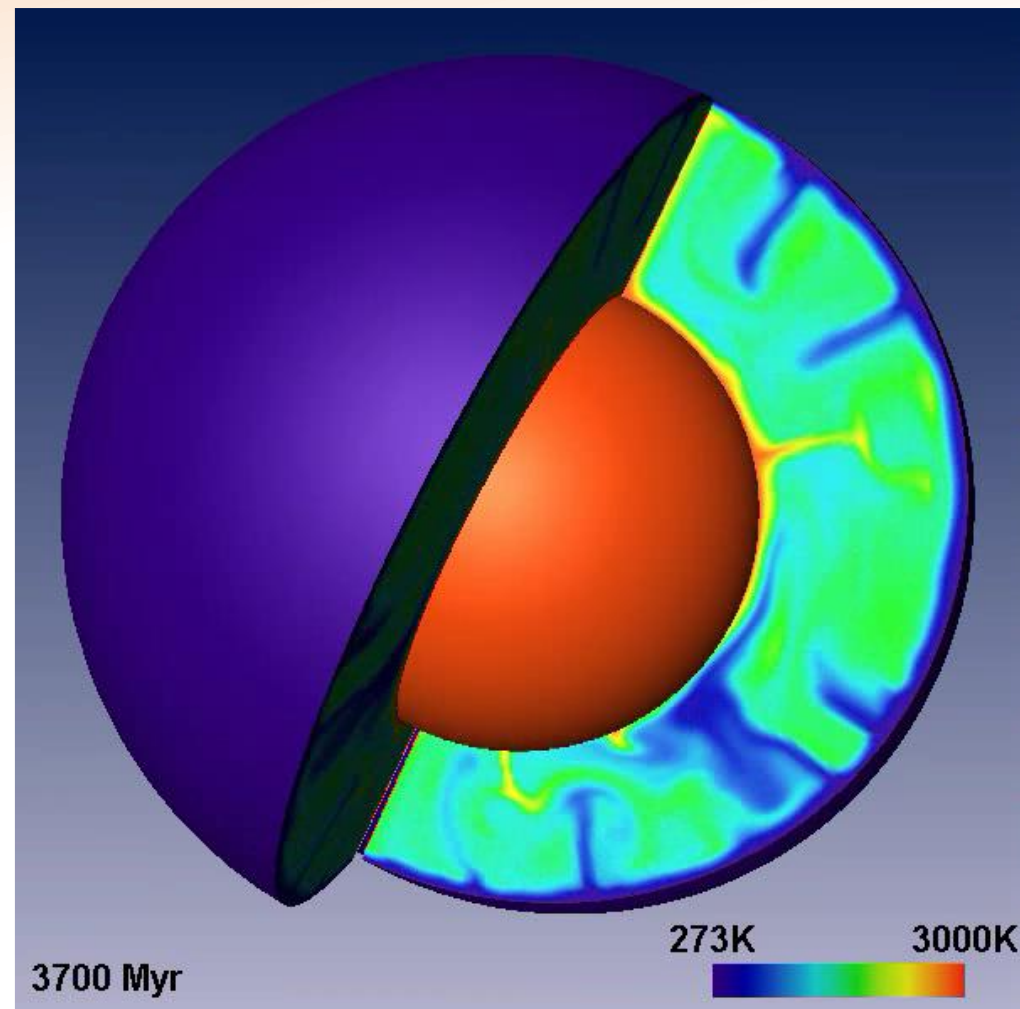
Grafické zobrazení siločar vnitřního geomagnetického pole [zdroj - www.usgs.gov]

Proudění v zemském plášti

- Vlivem změny hustoty látky při změně teploty dochází k pomalému proudění látek i v pevném skupenství.
- Zemský plášť se chová jako velice viskózní kapalina, ve které se teplo přenáší k povrchu.
- Rychlosti proudění v zemském plášti jsou řádově centimetry za rok.



Model proudění v zemském plášti



Model proudění v zemském plášti [1]

Proudění v zemském plášti

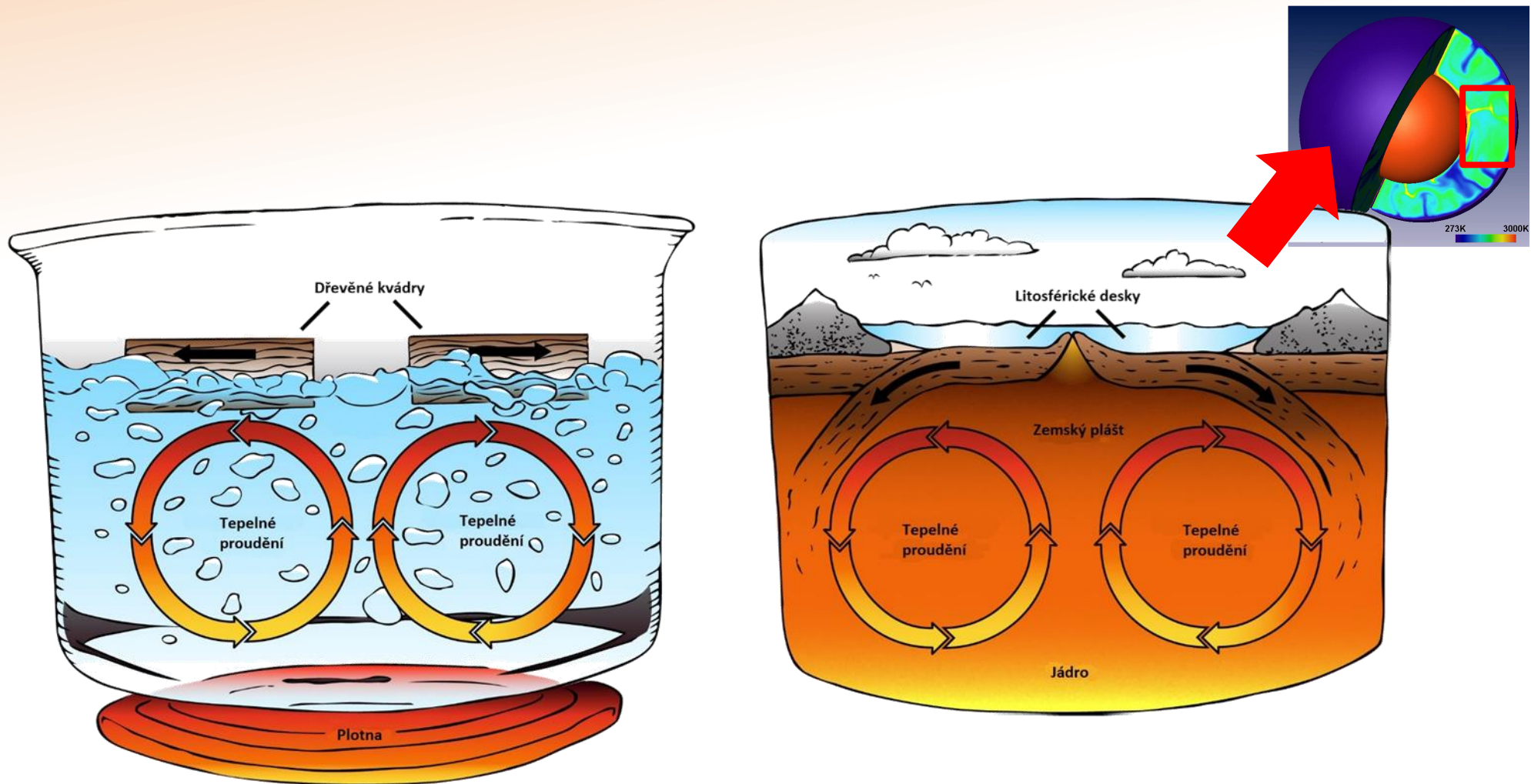
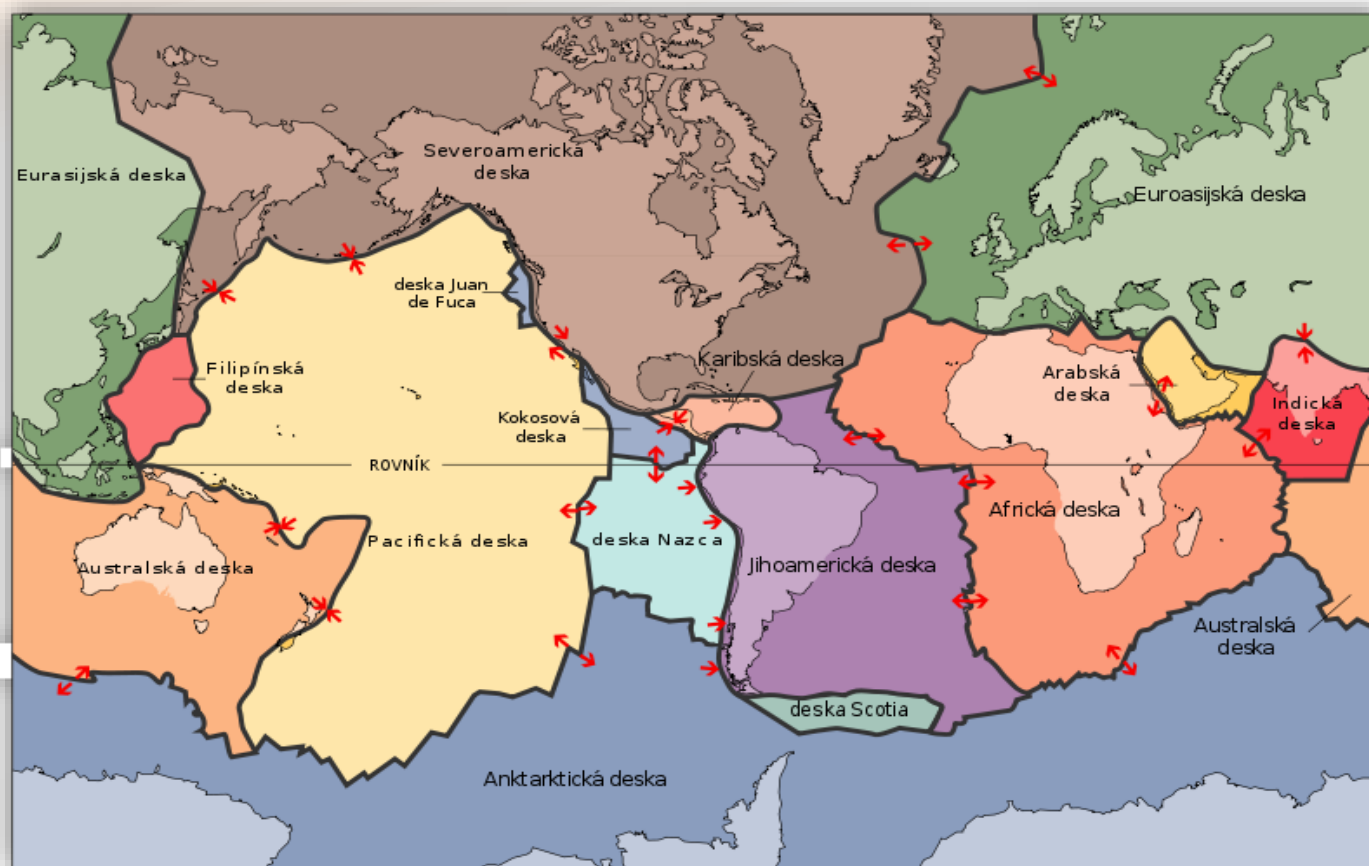


Schéma proudění hmot uvnitř zemského pláště [zdroj - www.usgs.gov]

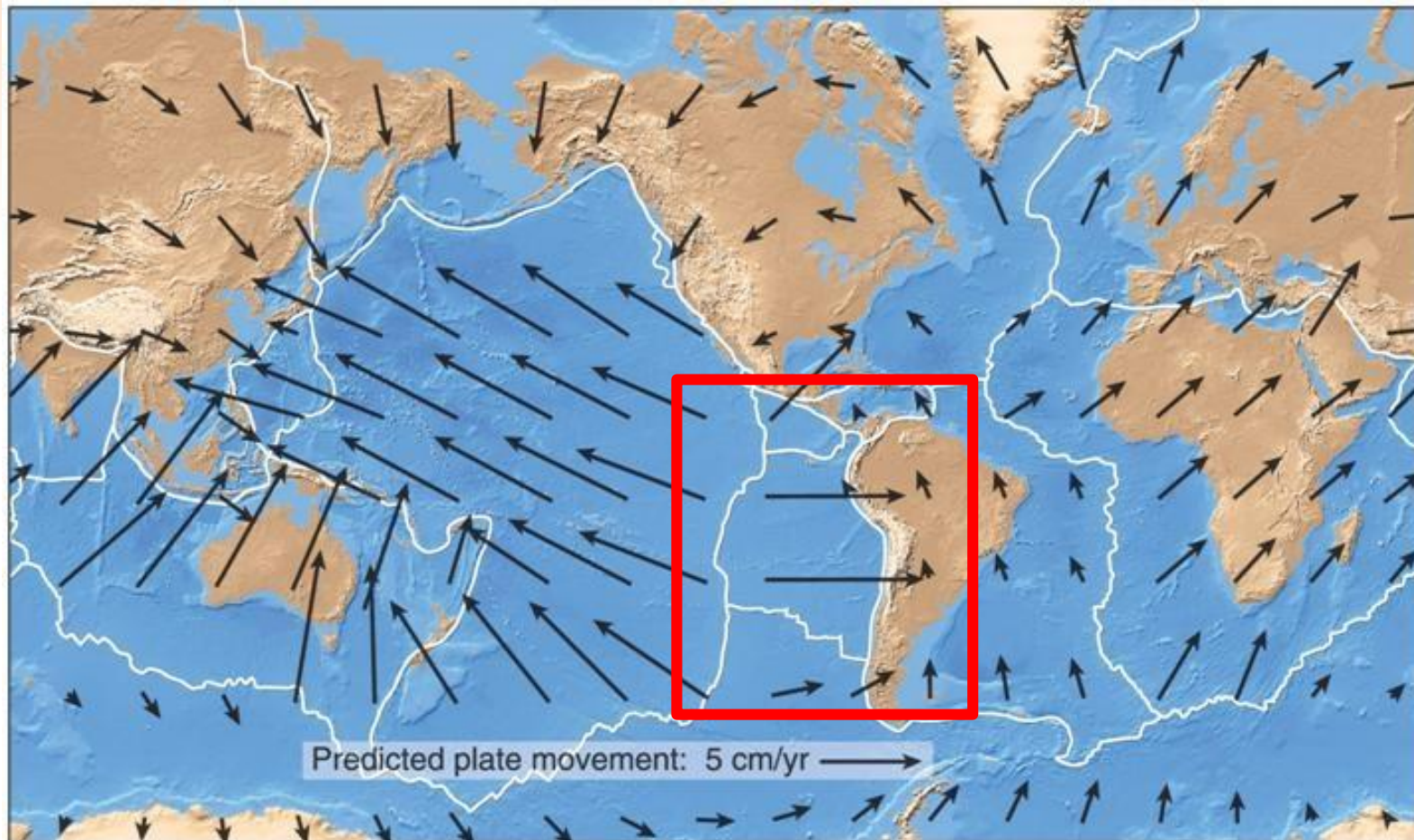
✦ Litosférické desky

- Litosféru tvoří 19 desek



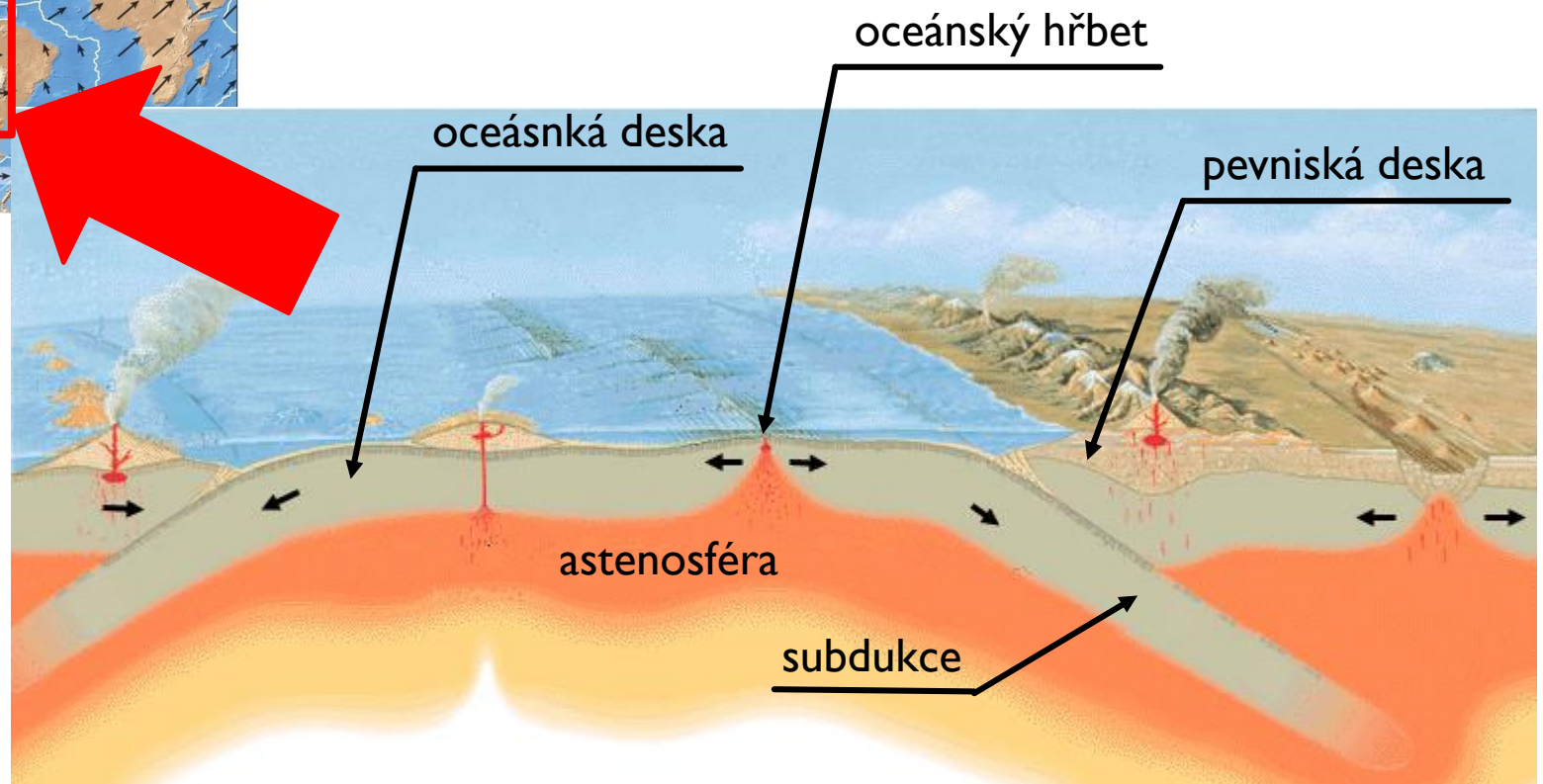
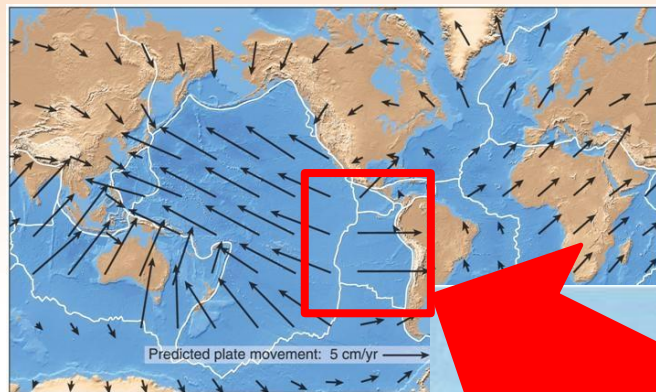
Rozmístění litosférických desek na Zemi [zdroj - www.usgs.gov]

Pohyb litosférických desek



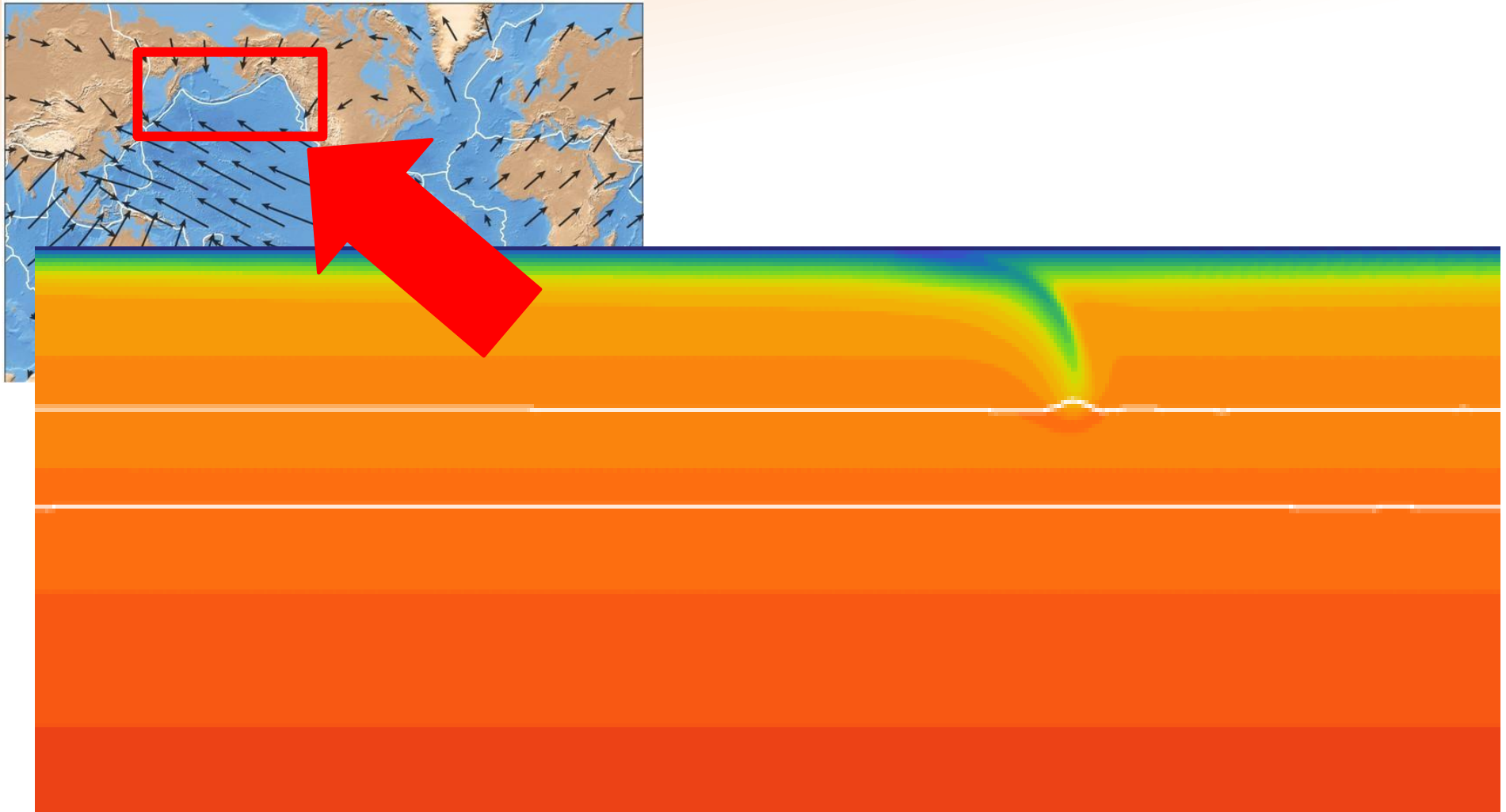
Znázornění pohybu litosférických desek [zdroj - Pearson Prentice Hall 2006]

Pohyb litosférických desek



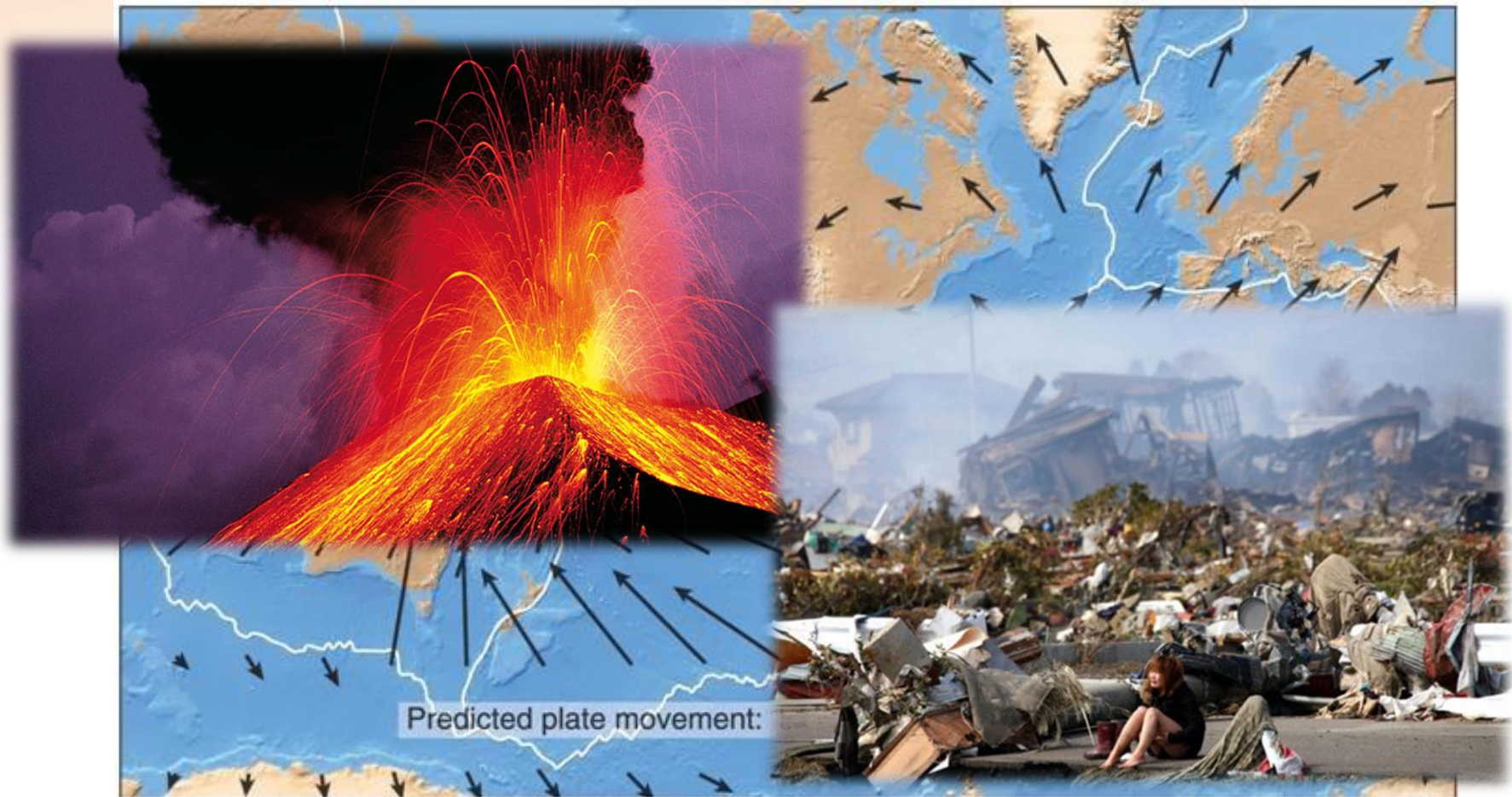
Konvergentní a divergentní rozhraní [zdroj - www.usgs.gov]

Simulace subdukce litosférické desky

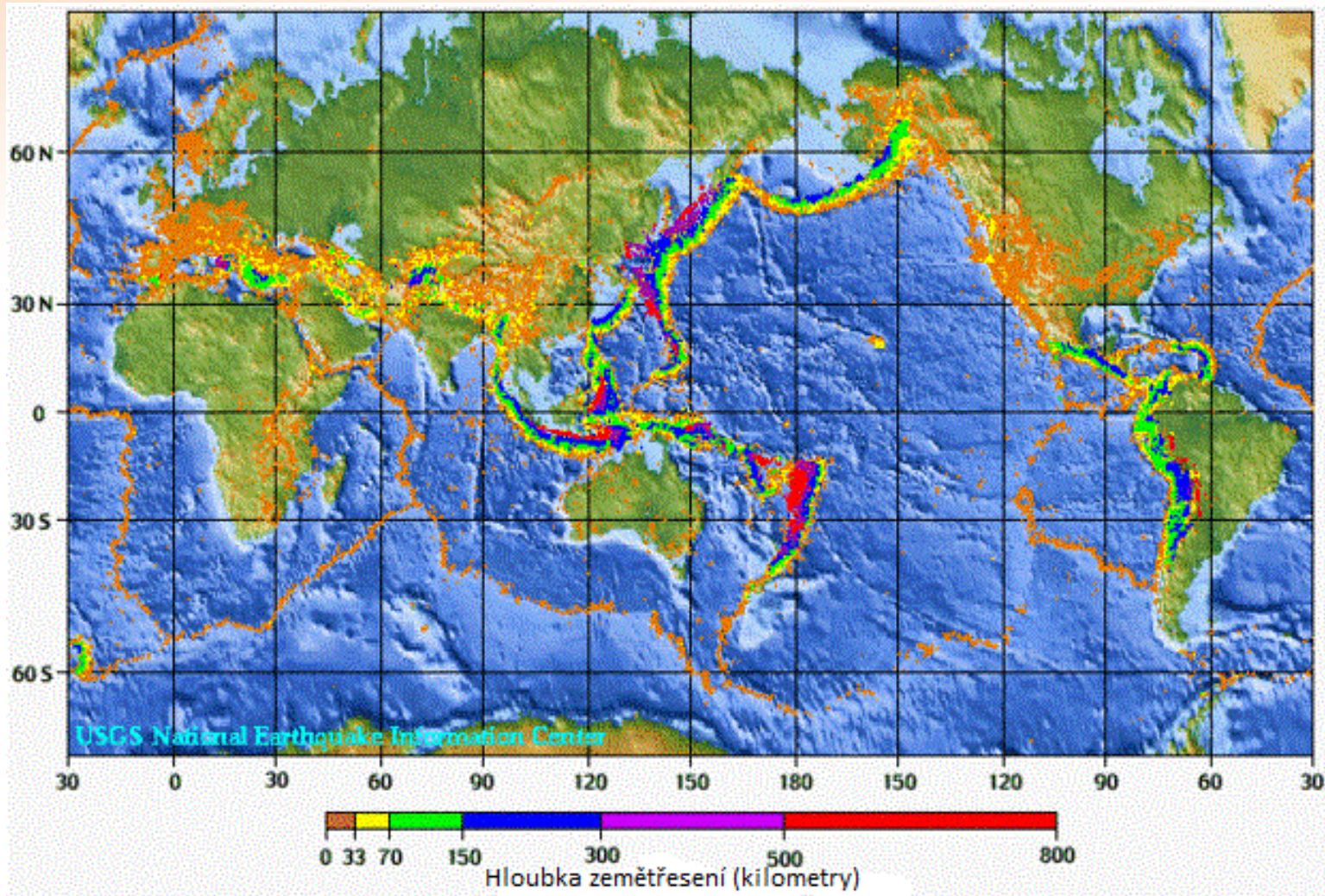


Model subdukce litosférické desky [2]

Pohyb litosférických desek



Zemětřesení



Zaznamenaná zemětřesení v letech 1990–2006 [zdroj - www.usgs.gov]

Tektonická zemětřesení

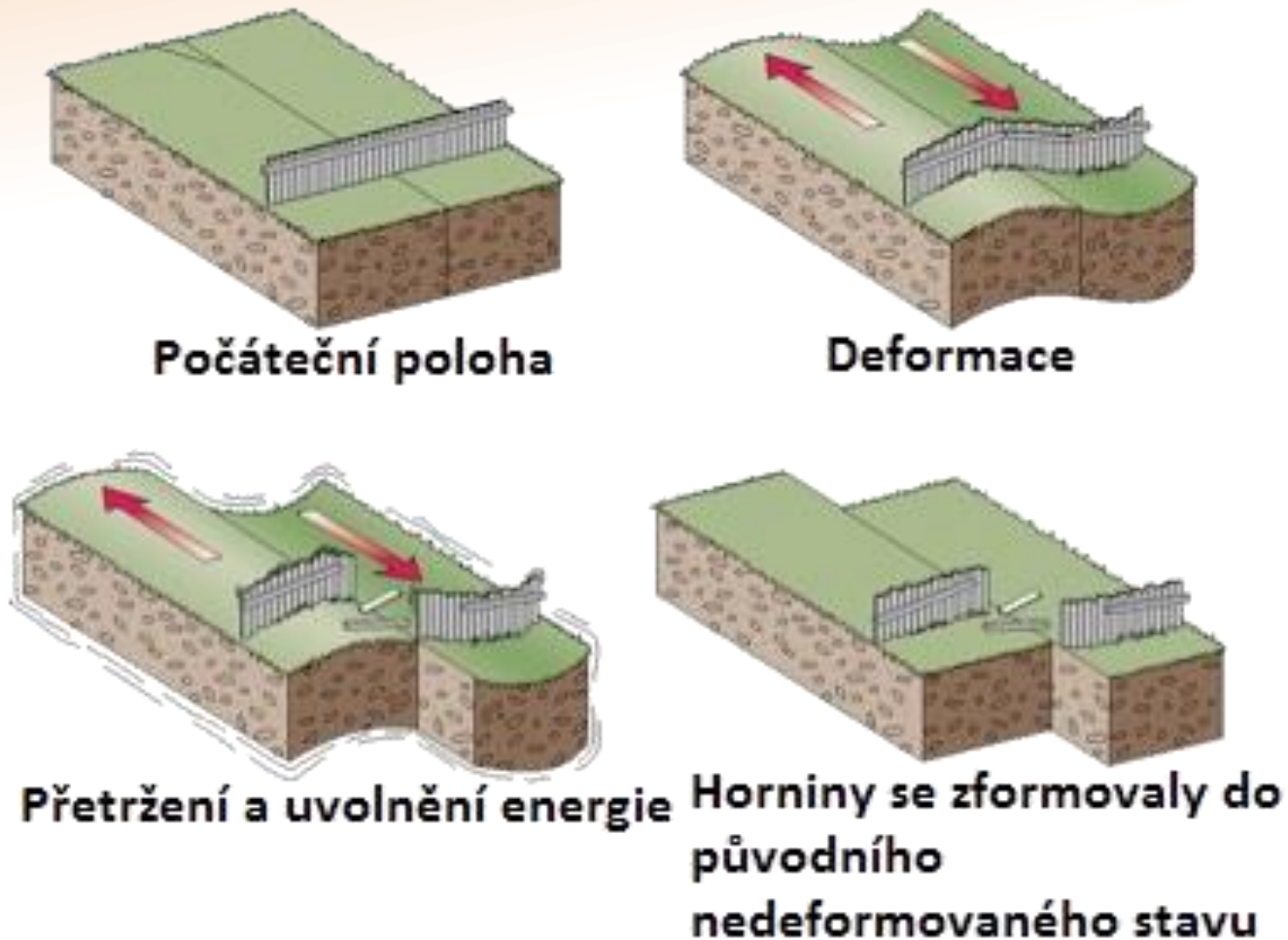
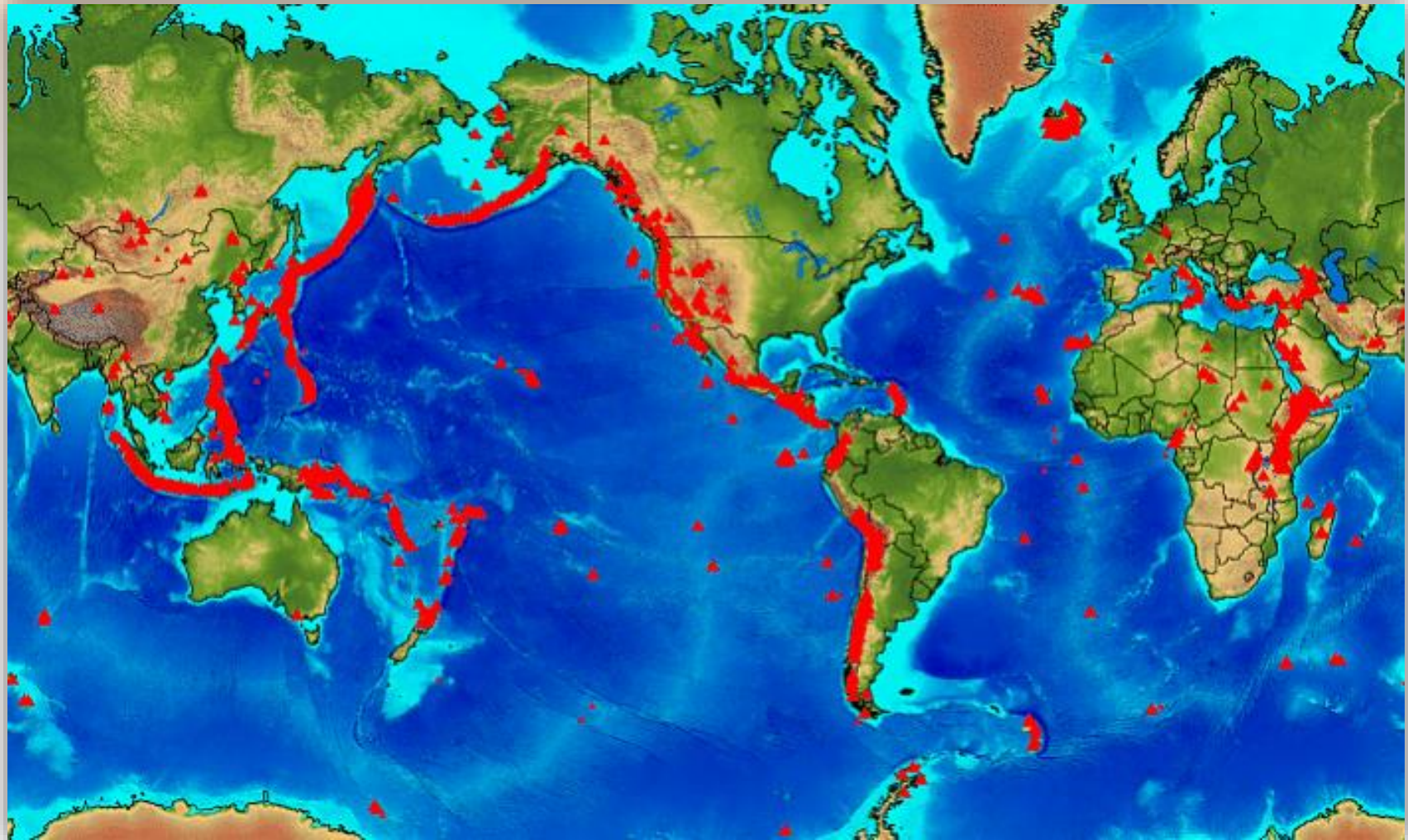


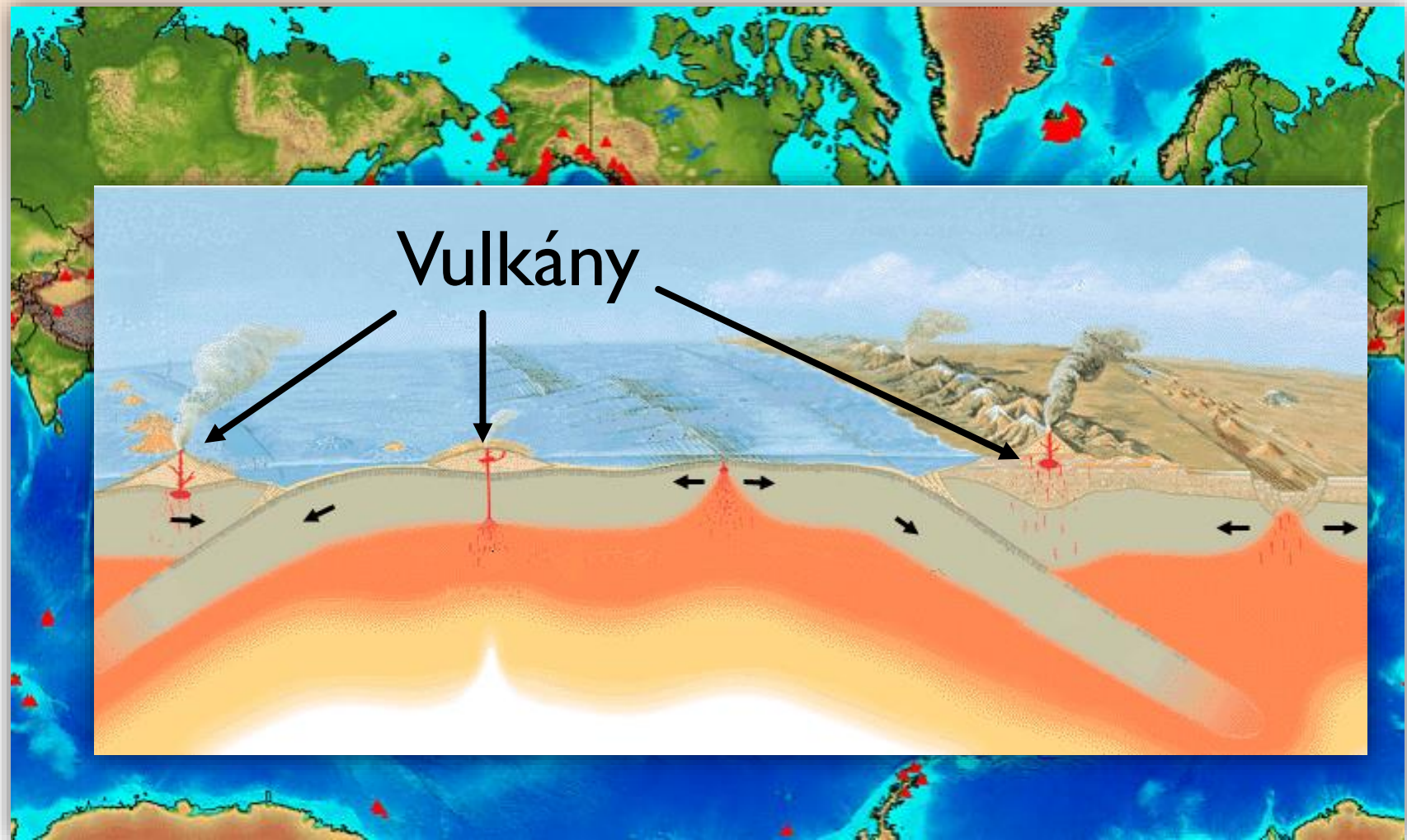
Schéma vzniku tektonického zemětřesení [zdroj - www.usgs.gov]

Vulkanismus

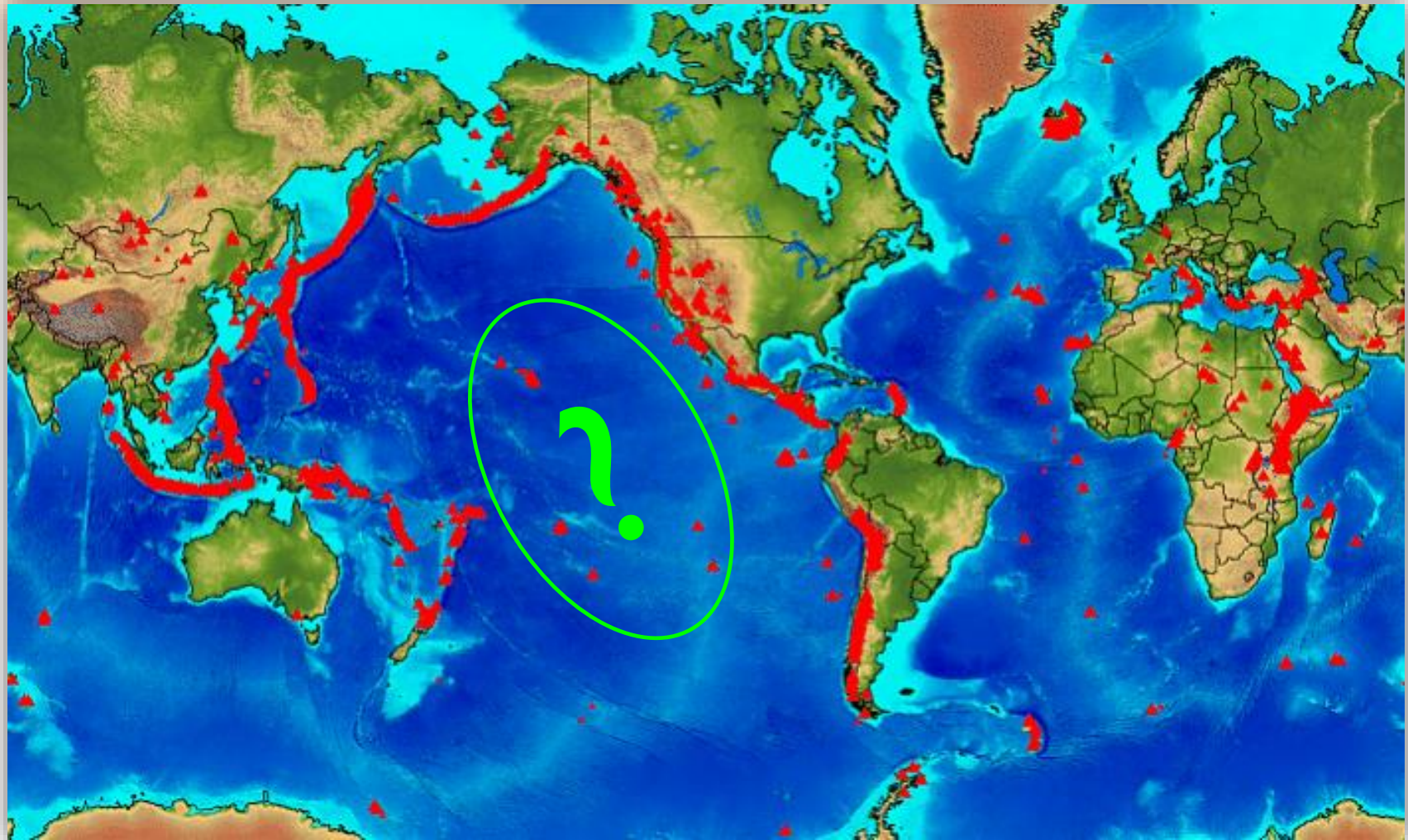


Rozmístění vulkánů na povrchu Země [zdroj - www.usgs.gov]

Vulkanismus



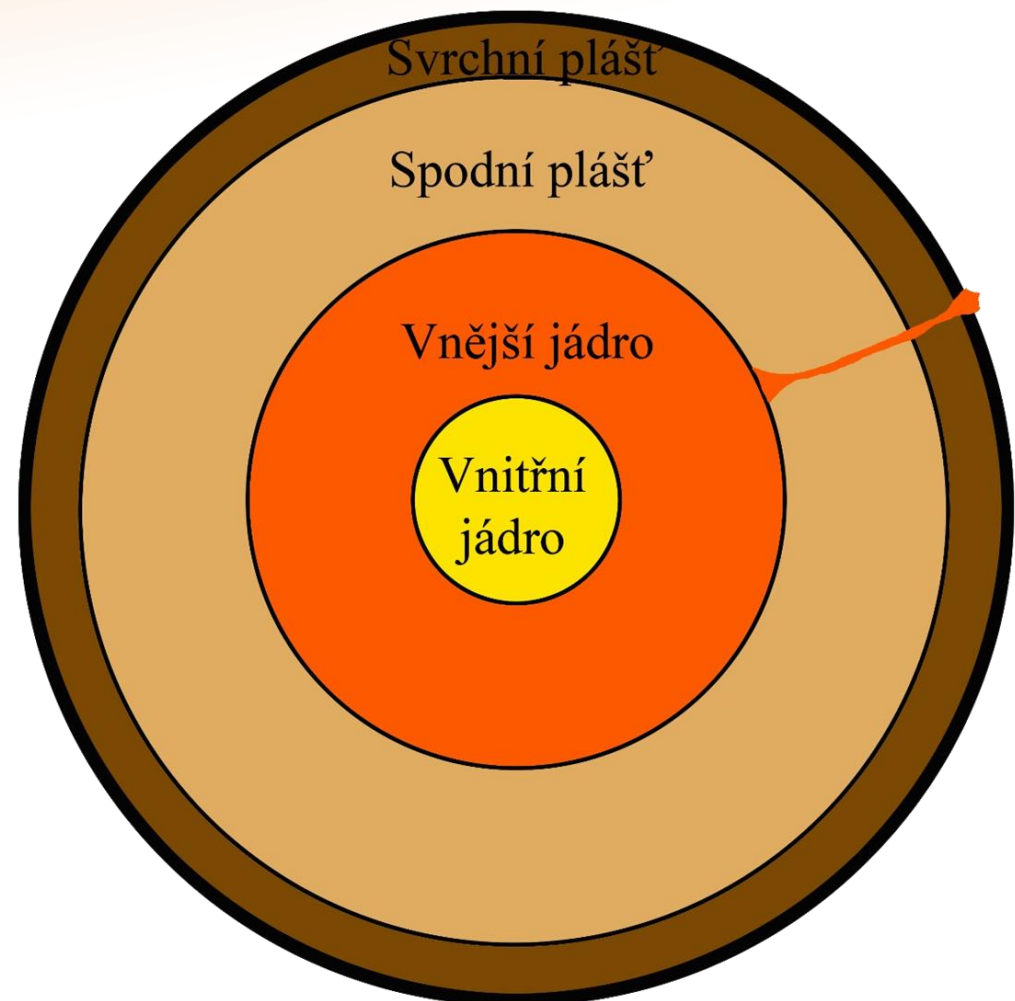
Vulkanismus



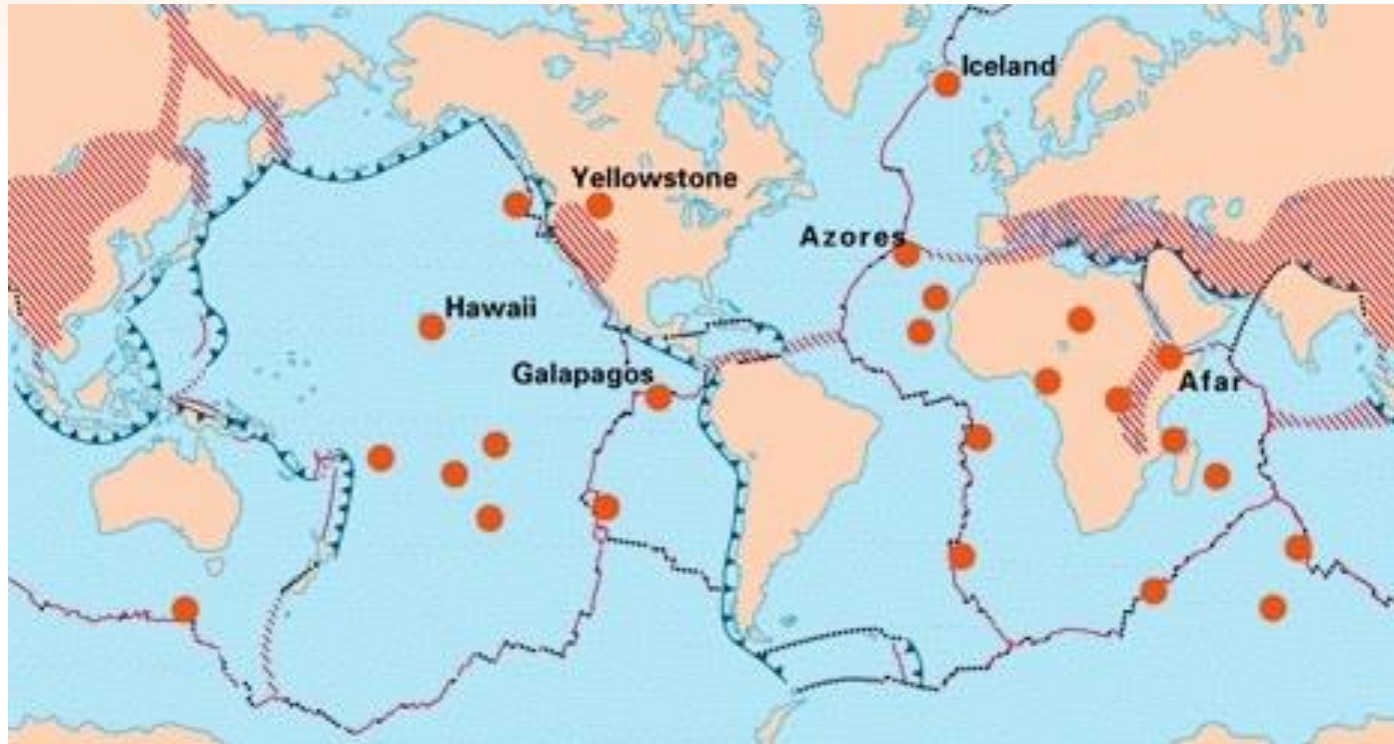
Rozmístění vulkánů na povrchu Země [zdroj - www.usgs.gov]

Horké skvrny

- Jde o oblasti, ve kterých vystupují na povrch proudy plášťového materiálu, vzniklé nad rozhraním vnější jádro – plášť.
- Vzájemná poloha horkých skvrn se s časem nemění.

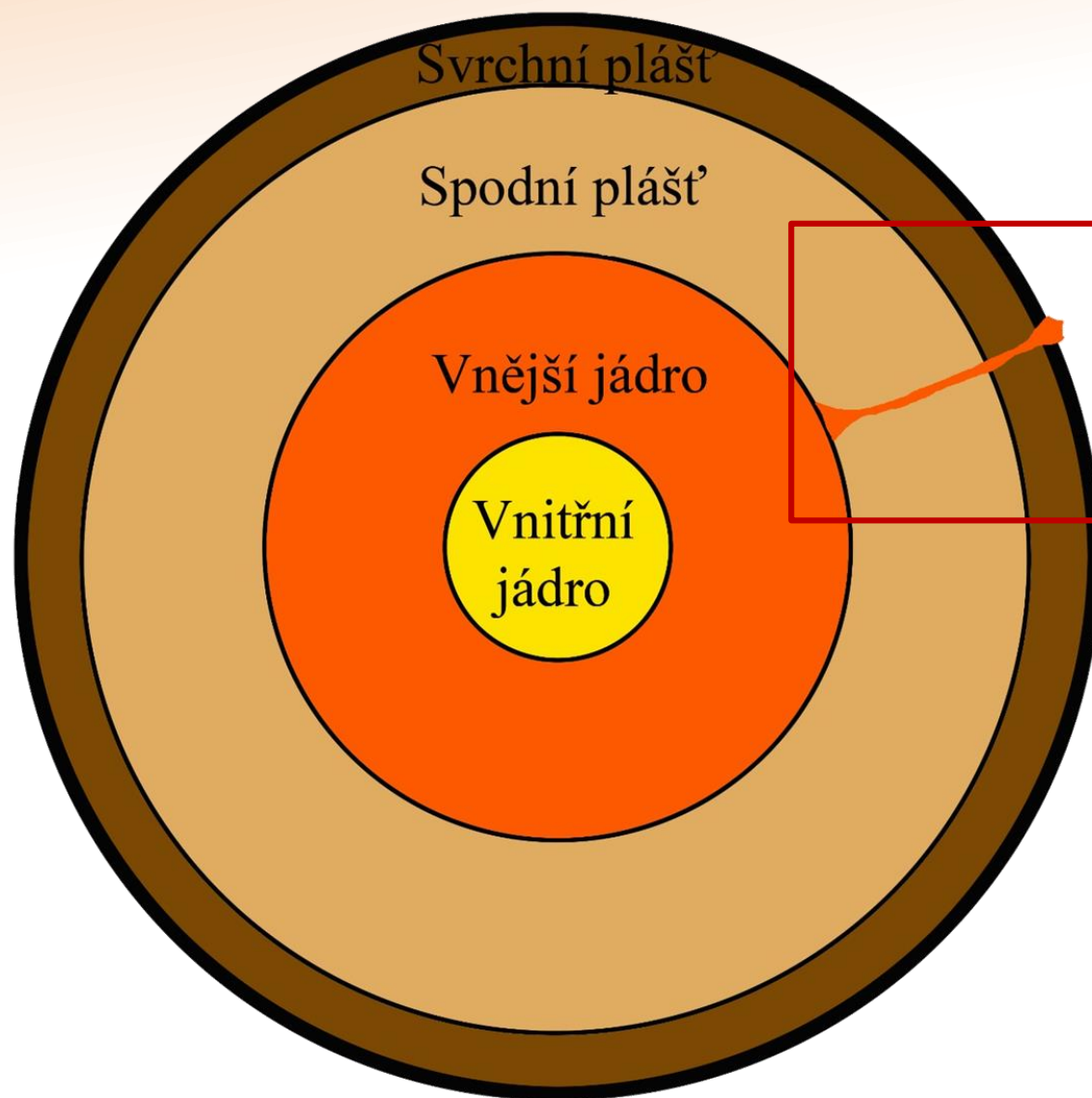


Horké skvrny

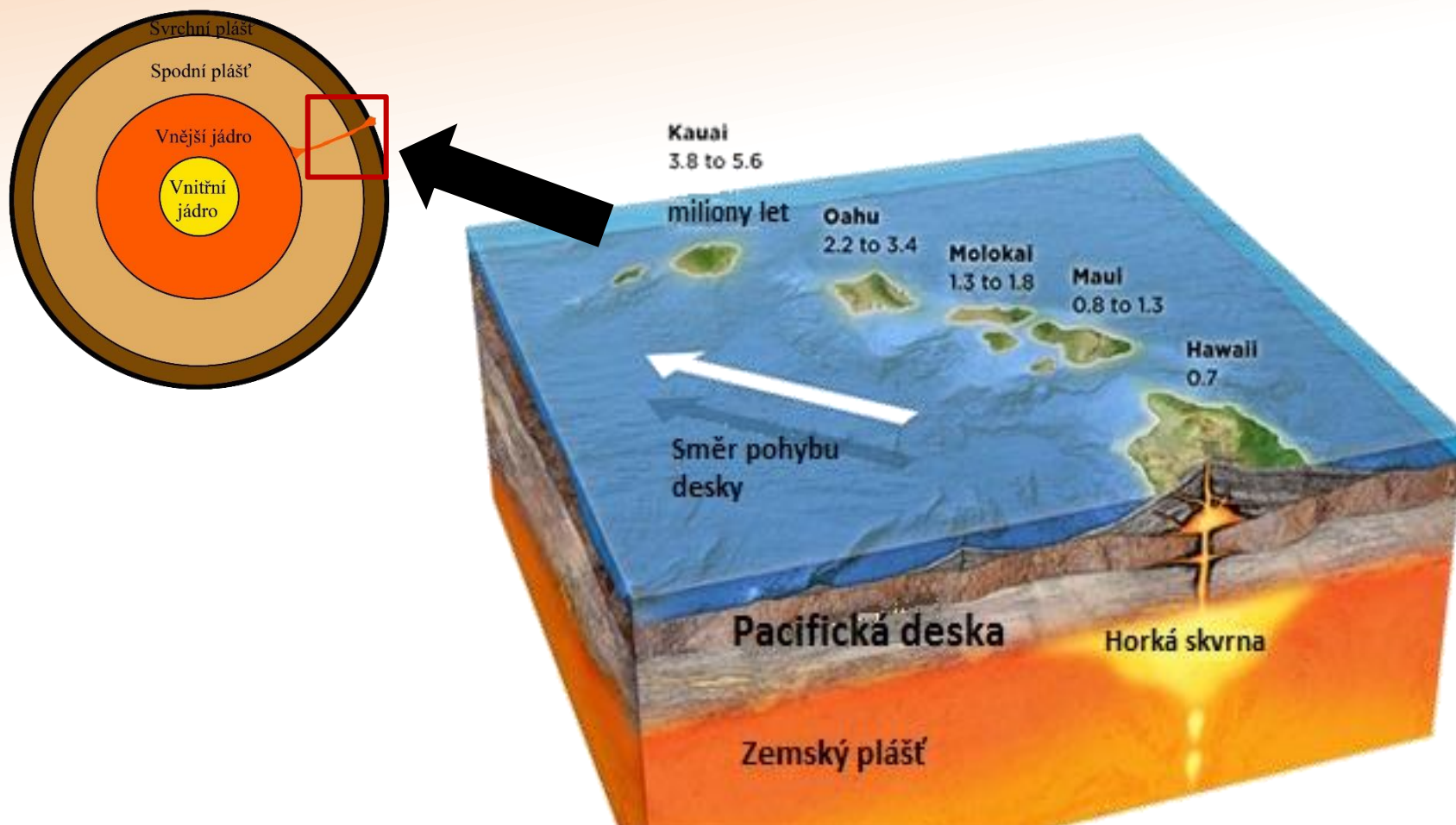


Mapa rozmístění významných horkých skvrn na Zemi [zdroj - www.usgs.gov]

★ Vznik Havajských ostrovů



★ Vznik Havajských ostrovů

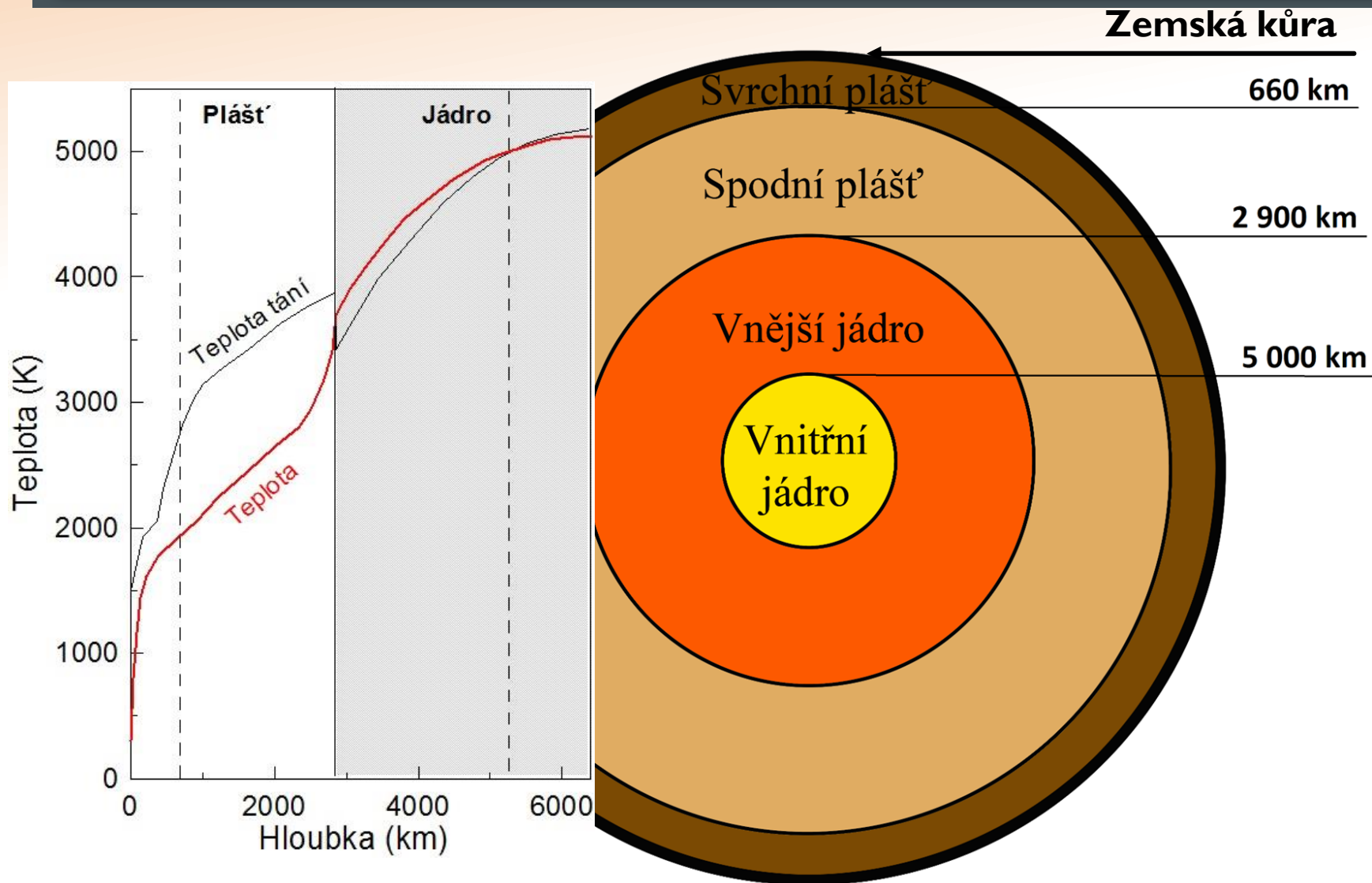


Vznik havajských ostrovů [zdroj - www.usgs.gov]

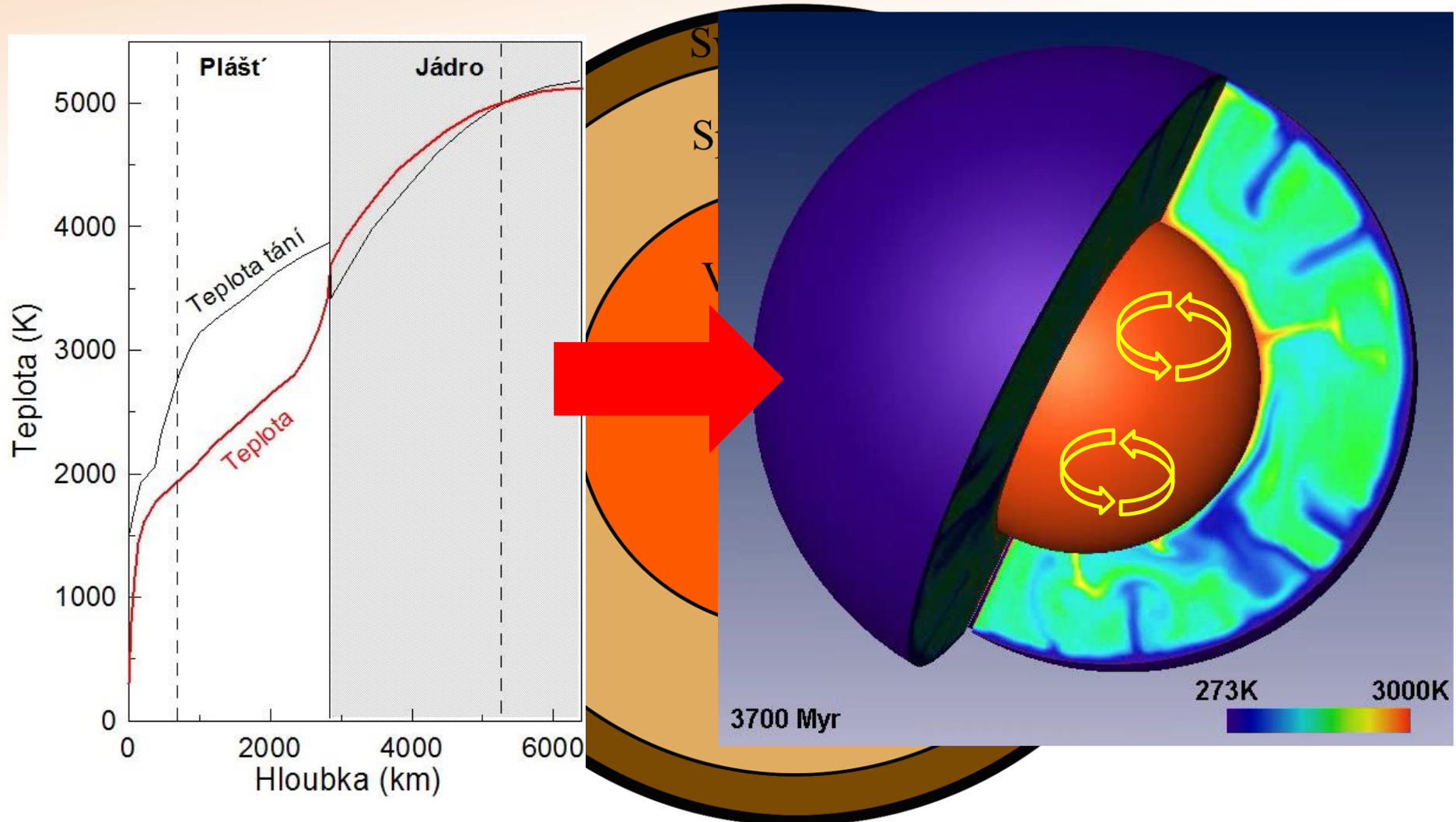


SHRNUTÍ NA ZÁVĚR

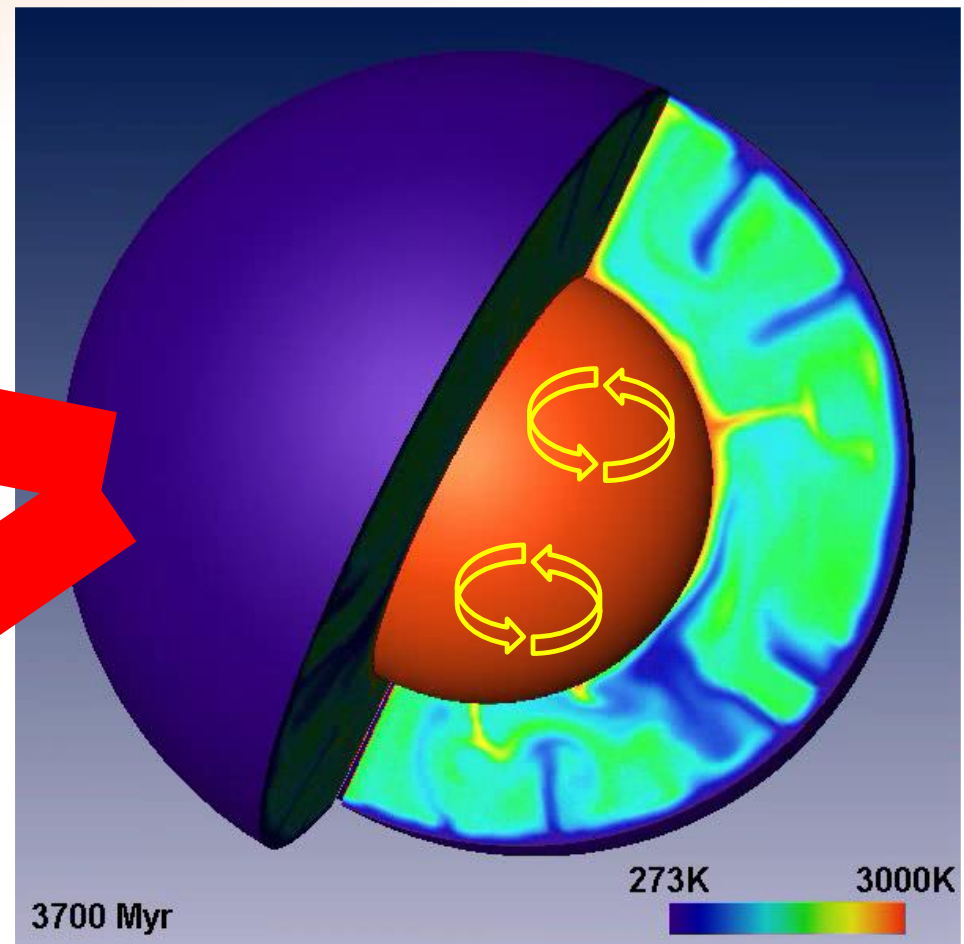
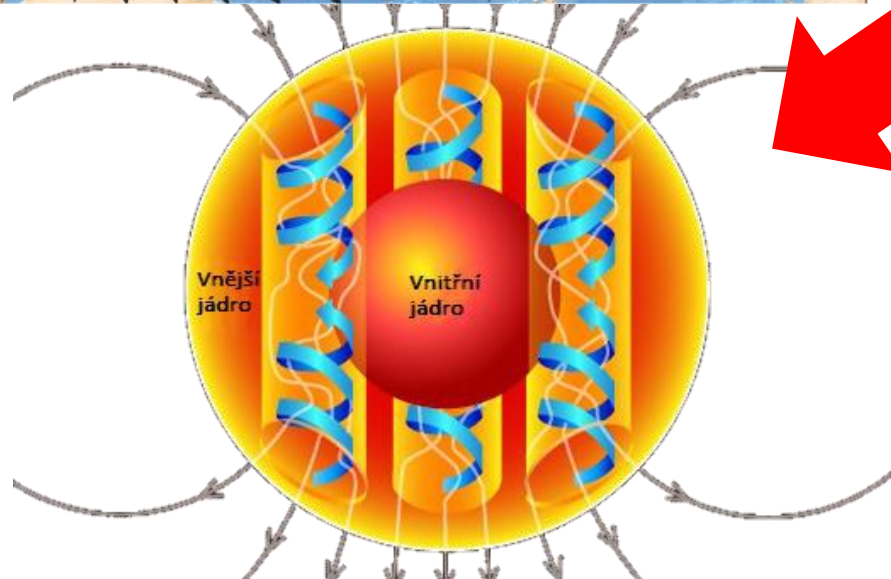
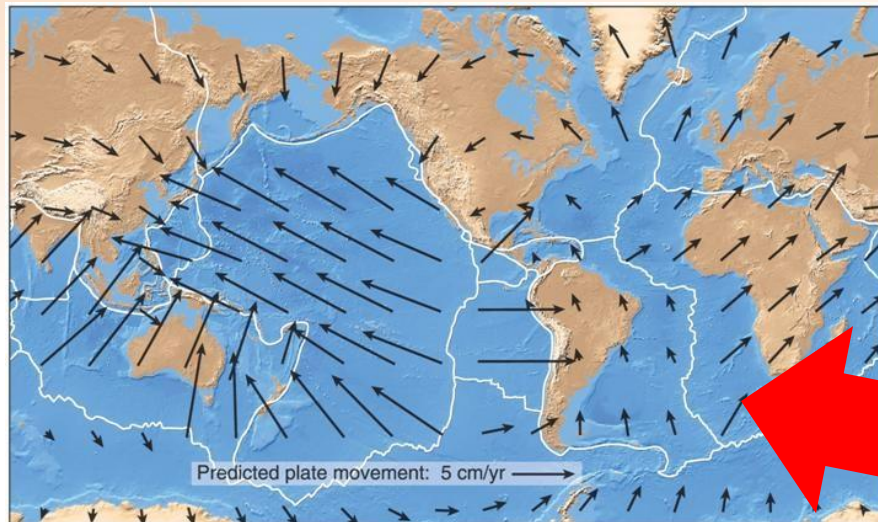
Země je tepelně nestabilní



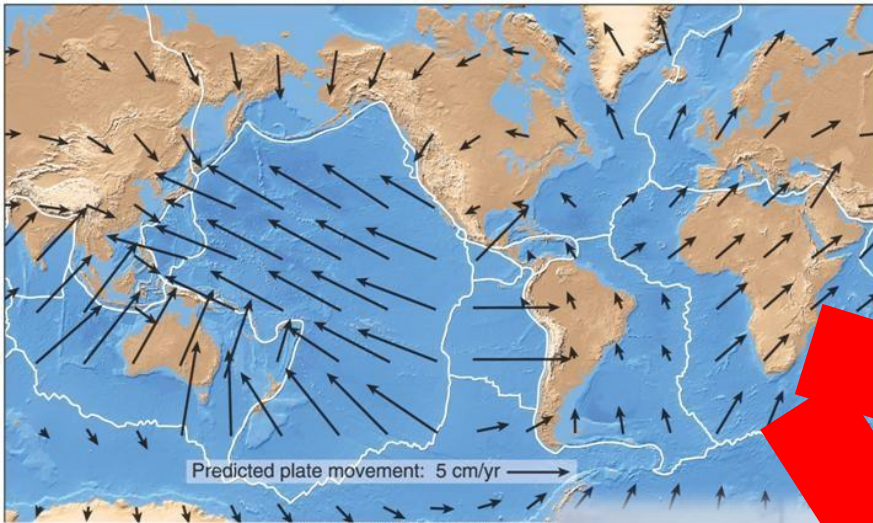
V důsledku tepelné nestability v Zemi vznikají tepelné proudy



Pohyb litosférických desek a vznik geomagnetického pole je důsledkem tepelného proudění v Zemi



Zemětřesení a vulkanismus jsou nejčastěji projevem pohybu litosférických desek

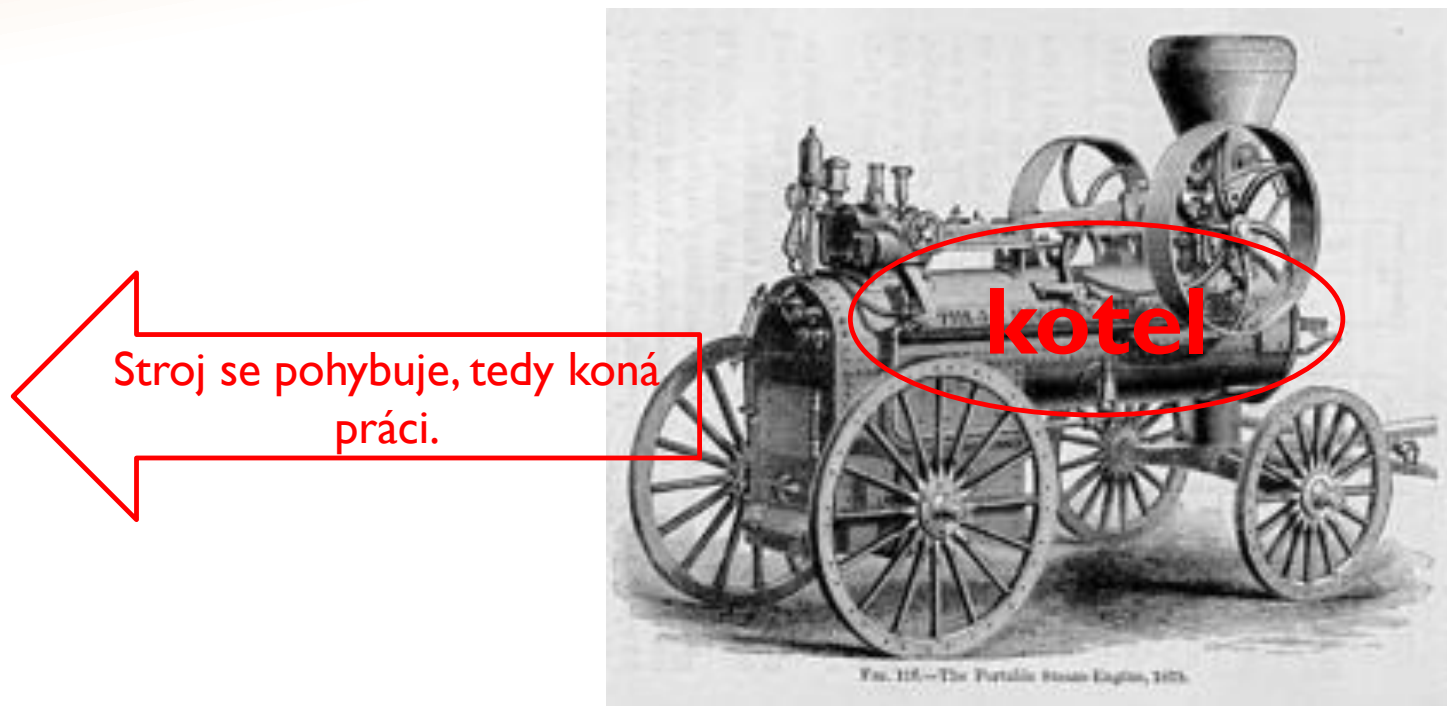




Chová se Země jako tepelný stroj?

Tepelný stroj

- Tepelný stroj je stroj, který přeměňuje teplo na práci.



Historická fotografie parního stroje [zdroj - www.wikipedia.org]

LITERATURA

1. Čížková, H., Matyska, C., Layered convection with an interface at a depth of 1000 km: stability and generation of slab-like downwellings, *Phys. Earth Planet. Int.*, 141, 269-279, 2004
2. Čížková, H., Bina, C.R., Effects of mantle and subduction-interface rheologies on slab stagnation and trench rollback, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 379, 95-103, 2013
3. Dziewonski, A.M., Anderson, D.L., *Preliminary reference Earth model*, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 25, 297-356, 1981.
4. Fowler, C.M.R. *The Solid Earth. Introduction to Global Geophysics*, Cambridge University Press, 1990. Cambridge
5. Lowrie W., *Fundamentals of Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge, 2007
6. Van der Valk, T., *The Dynamic Earth*, University of Utrecht, Netherlands, 2007
7. Gerald Schubert, *Mantle Convection in the Earth and Planets*, Cambridge University Press 2004



Děkuji za pozornost