

Dinamična Zemlja



Zemlja v Vesolju (1)

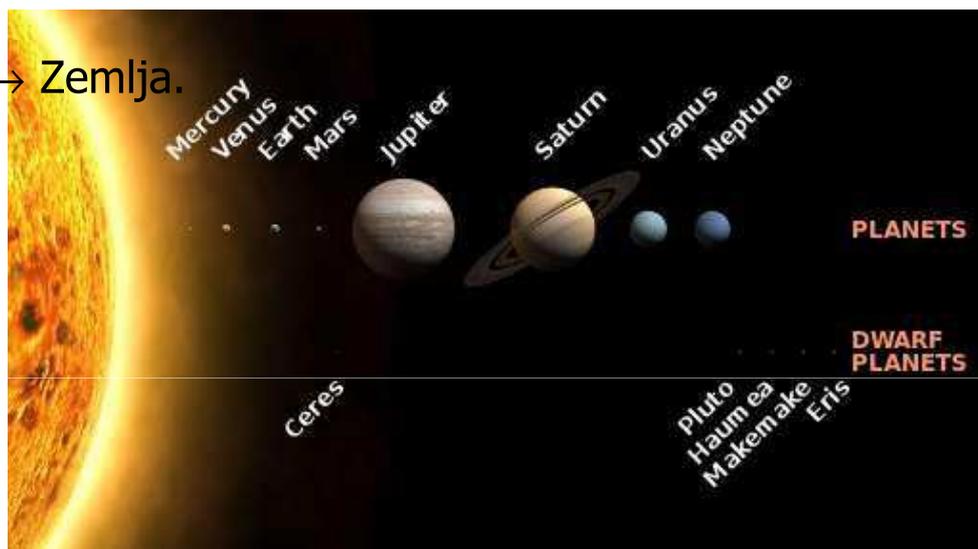
□ Položaj v Vesolju

- Devica - supergalaksijska kopica
- → Rimska cesta (druga največja galaksija) "Milky way" → notranji obroč Orionovega kraka →
- → Rimska cesta: premer 100 000 sv. let
Sonce oddaljeno od središča 26 000 sv. let.



Zemlja v Vesolju (1)

□ → Osončje → Zemlja.



□ Zemlja:

- tretji planet od Sonca in peti po velikosti,
- stara približno 4,5-4,6 mrd. let

Zemlja – osnovne lastnosti

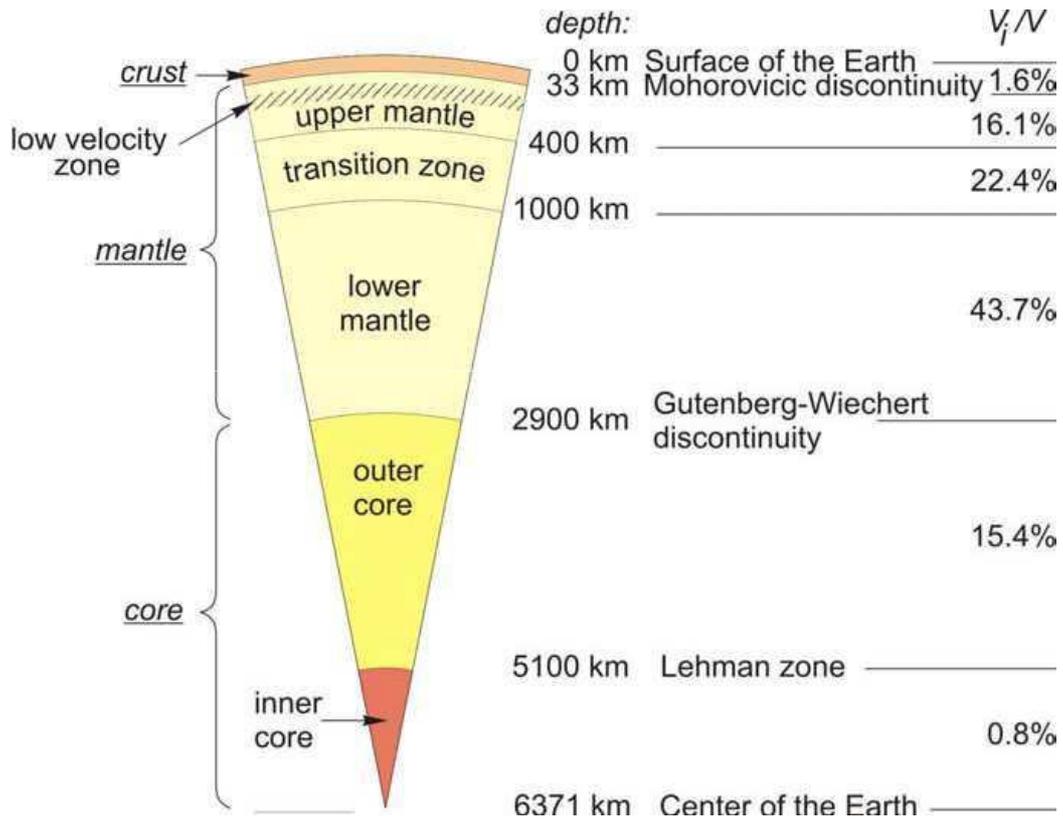
Bulk parameters

Mass (10^{24} kg)	5.9736
Volume (10^{10} km ³)	108.321
Equatorial radius (km)	6378.1
Polar radius (km)	6356.8
Volumetric mean radius (km)	6371.0
Core radius (km)	3485
Ellipticity (Flattening)	0.00335
Mean density (kg/m ³)	5515
Surface gravity (m/s ²)	9.798
Surface acceleration (m/s ²)	9.780
Escape velocity (km/s)	11.186
GM ($\times 10^6$ km ³ /s ²)	0.3986
Bond albedo	0.306
Visual geometric albedo	0.367
Visual magnitude V(1,0)	-3.86
Solar irradiance (W/m ²)	1367.6
Black-body temperature (K)	254.3
Topographic range (km)	20
Moment of inertia (I/MR ²)	0.3308
J ₂ ($\times 10^{-6}$)	1082.63
Number of natural satellites	1
Planetary ring system	No

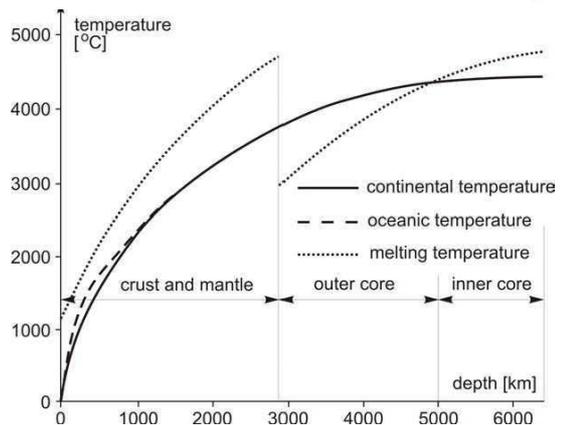
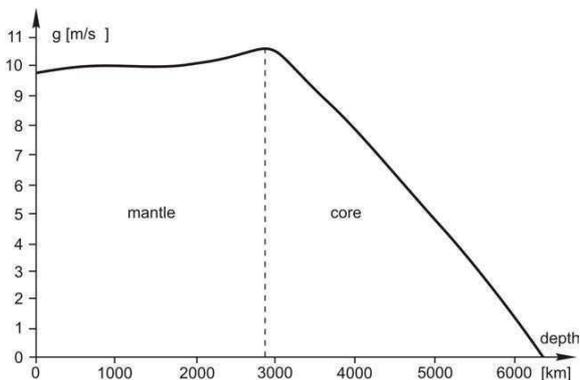
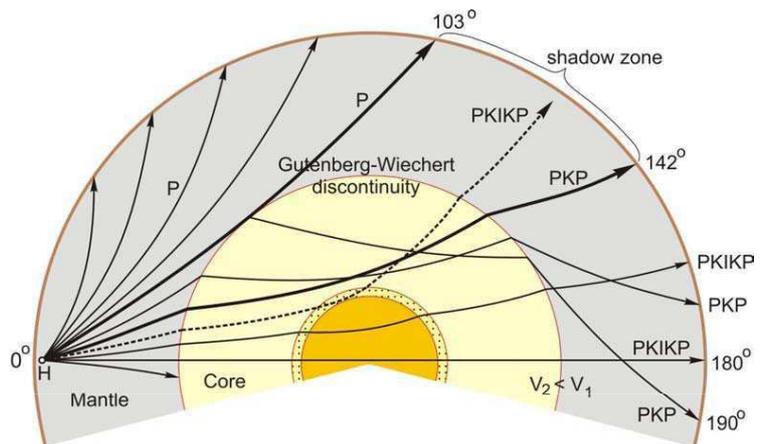
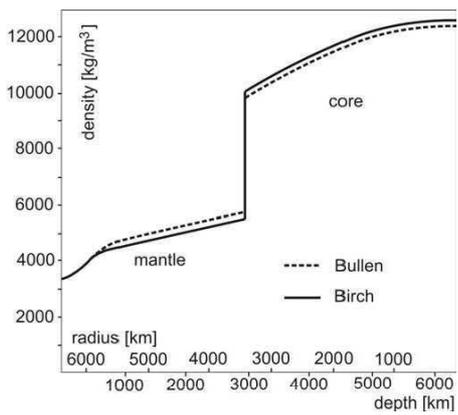
Orbital parameters

Semimajor axis (10^6 km)	149.60
Sidereal orbit period (days)	365.256
Tropical orbit period (days)	365.242
Perihelion (10^6 km)	147.09
Aphelion (10^6 km)	152.10
Mean orbital velocity (km/s)	29.78
Max. orbital velocity (km/s)	30.29
Min. orbital velocity (km/s)	29.29
Orbit inclination (deg)	0.000
Orbit eccentricity	0.0167
Sidereal rotation period (hrs)	23.9345
Length of day (hrs)	24.0000
Obliquity to orbit (deg)	23.45

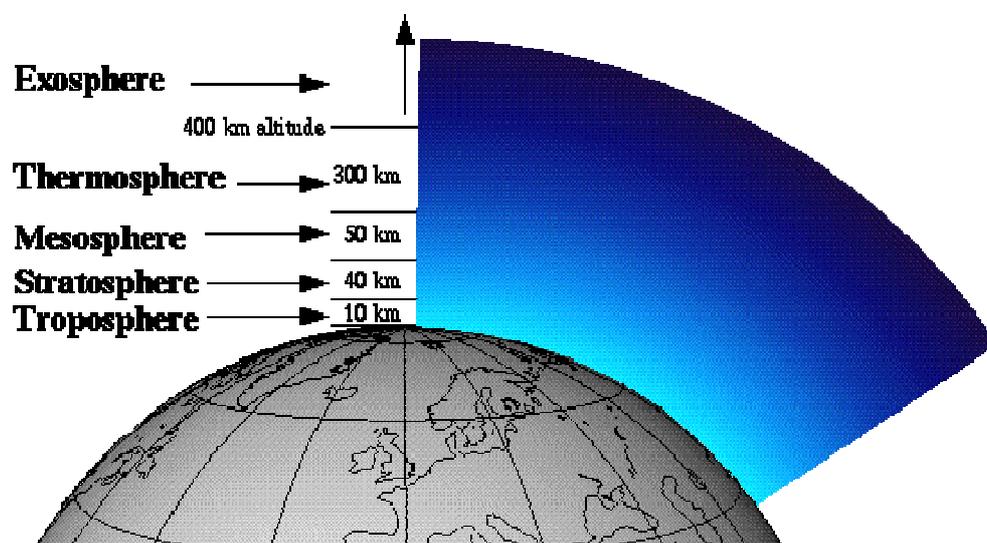
Zemlja - sestav



Zemlja – sprememba lastnosti v notranjosti



Atmosfera- plasti



Dinamična Zemlja – ploščna tektonika

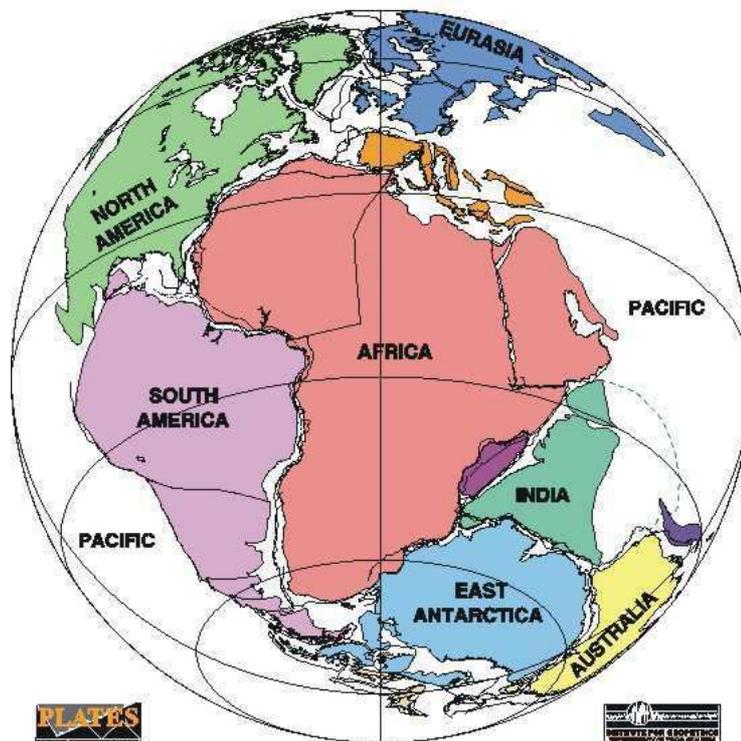
- Litosfera razdeljena na kakšnih 25 večjih in manjših segmentov, ki sestavljajo mozaiku podobno strukturo → tektonske plošče.
- Teorijo "premikov kontinentov" je predlagal A. Wegener leta 1915. Takrat ni bila sprejeta med geofiziki; kaj je vzrok za gibanje?
- V šestdesetih letih teorija obujena z imenom "tektonika plošč".
- Teorija ni popolna, vendar v veliki meri pojasnjuje lastnosti trdne Zemlje.

Pangea (1)

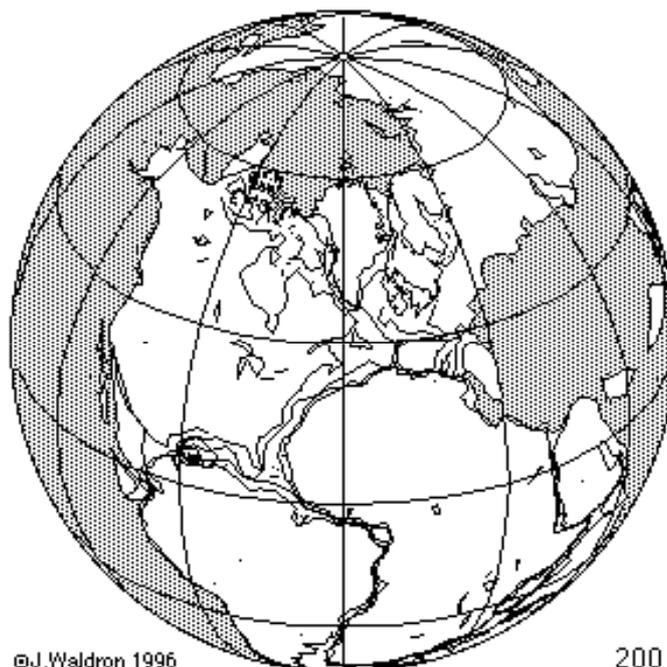
PANGEA

- Wegenerjeva teorija pravi: vse celine so nastale iz enega prakontinenta "Pangea".

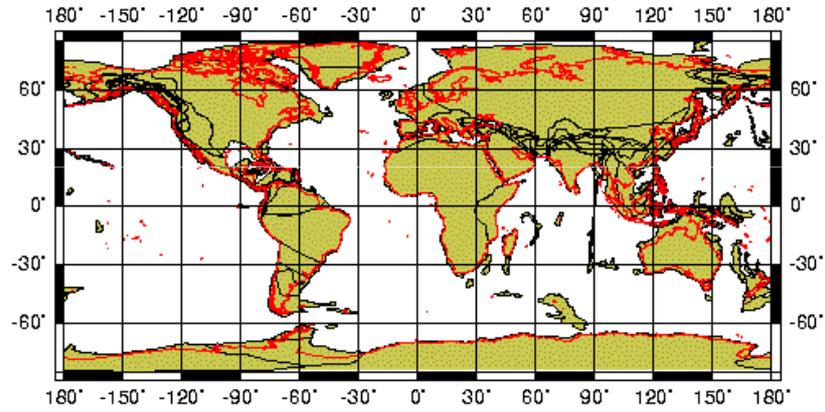
- Kako pojasniti teorijo in obnašanje same Zemlje?



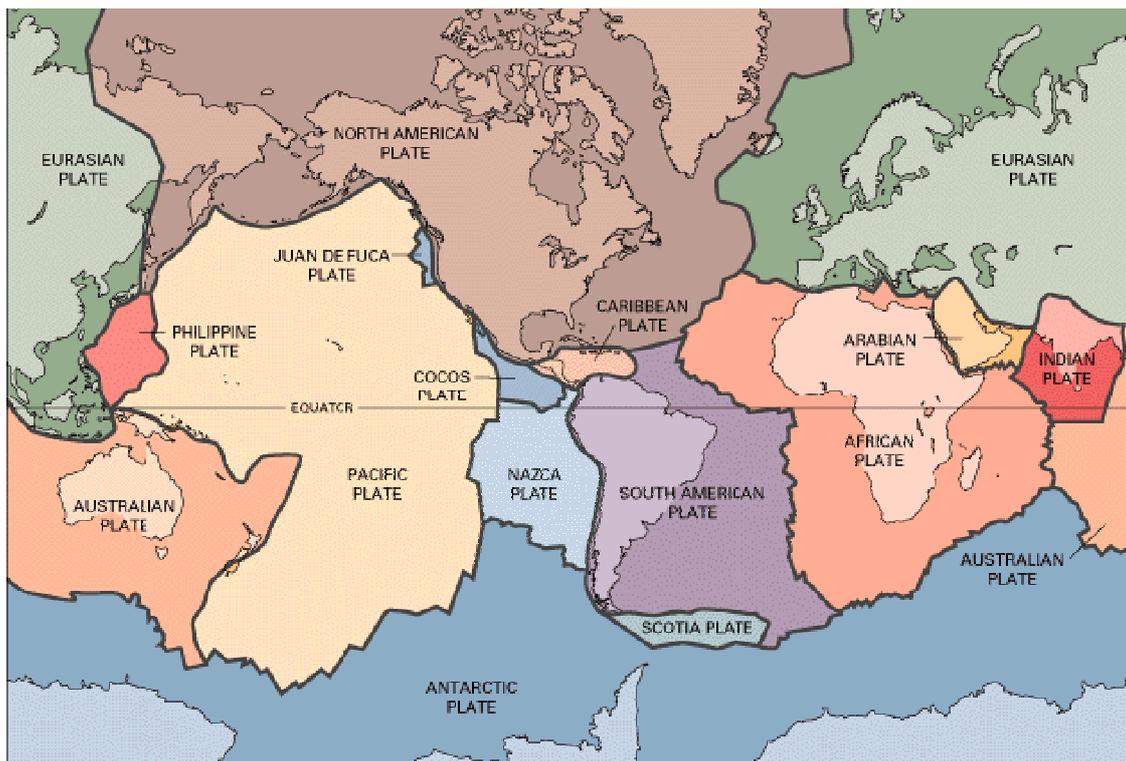
Pangea (2)

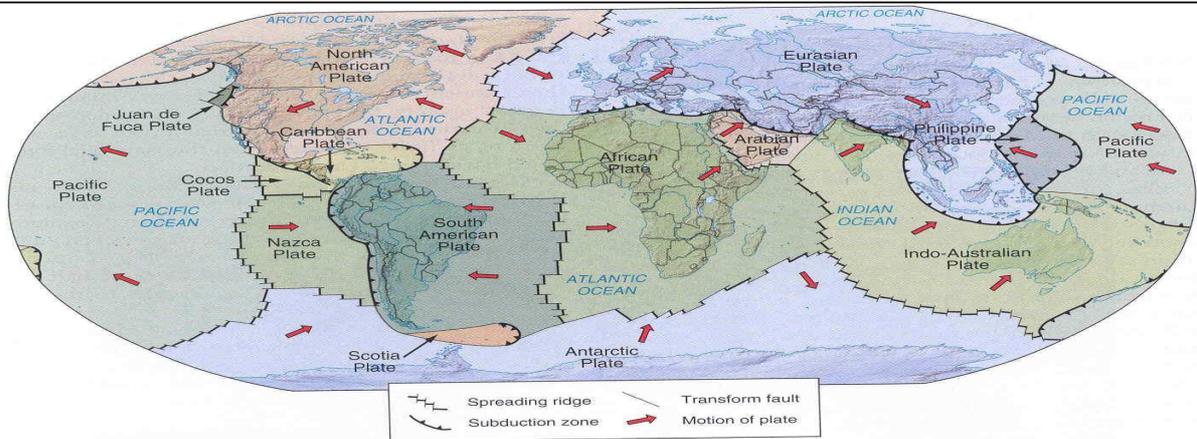


Razvoj skozi čas

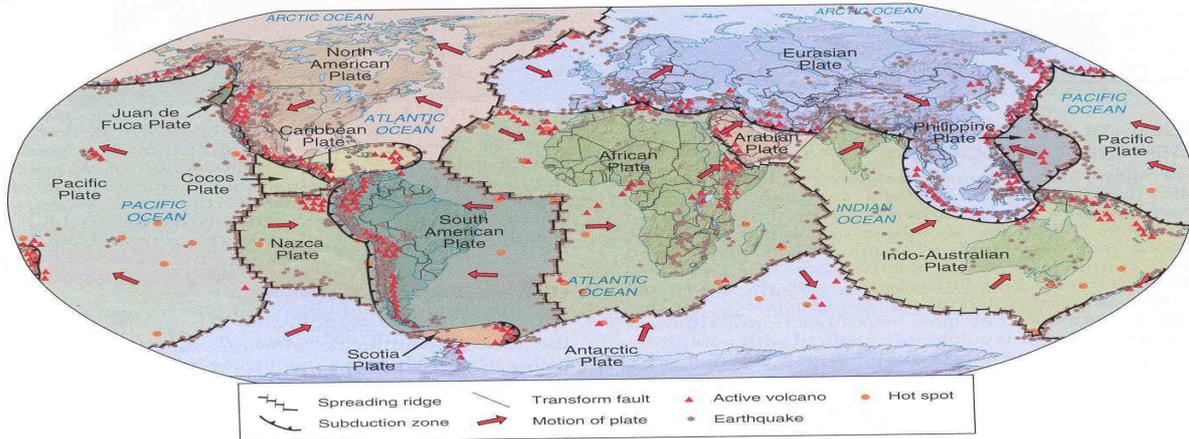


Osnovne tektonske plošče





(a)

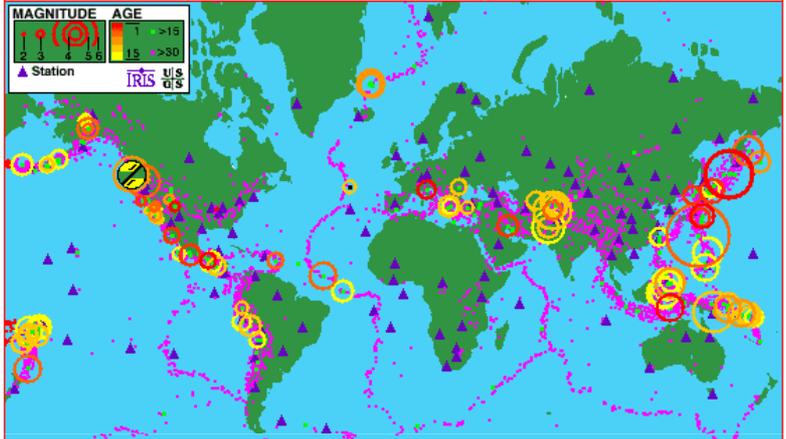


(b)

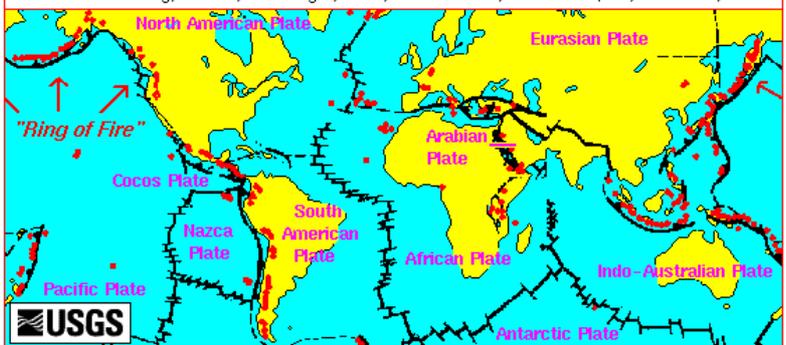
FIGURE 6.1 (a) A world map of the lithosphere plates. The boundaries are defined by subduction zones, by spreading ridges, or by transform faults. (b) The same map showing hot spots, active volcanoes, and areas of abundant seismic activity. (Submarine volcanoes are not shown here.)

Osnovne značilnosti dinamične Zemlje

Earthquakes, Active Volcanoes, and Plate Tectonics



TOP: World-wide earthquakes on July 7, 1999, and past 5 years, demonstrating how earthquakes define boundaries of tectonic plates. Data from NEIC. Chart from IRIS Consortium, USGS, U.Colorado, Reel Illusions, Inc., and U.Washington. Chart modified for web use. Purple triangles are seismic stations, green/yellow "ball" is 5.1 event of July 3, 1999. **BOTTOM:** World-wide active volcanoes (red circles), tectonic plates, and the "Ring of Fire". Chart modified from Tilling, Heliker, and Wright, 1987, and Hamilton, 1976. -- Topinka, USGS/ICVD, 1999

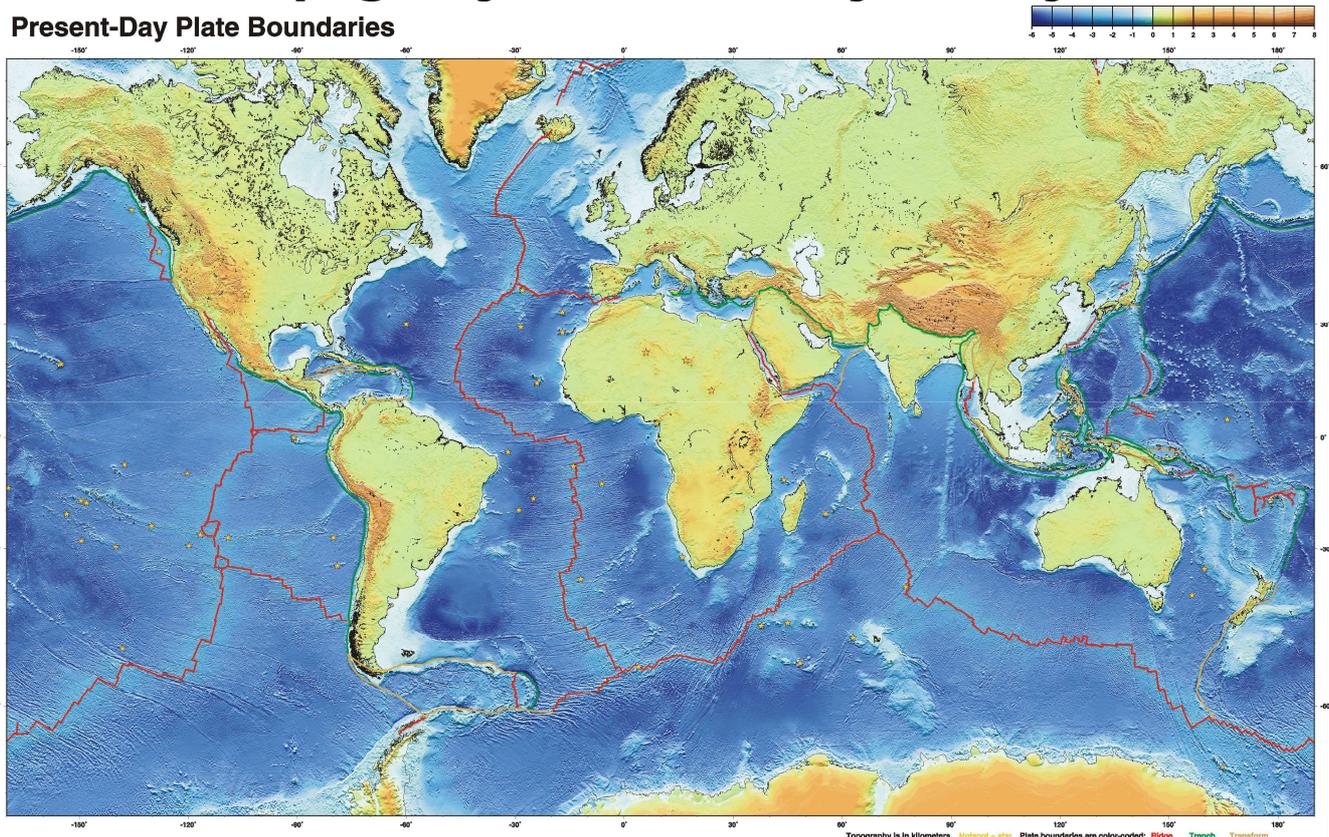


Osnovne značilnosti dinamične Zemlje (2)

- Opazovanja – značilnosti, ki kažejo na tektoniko plošč:
- Topografija:
 - gore, ravnice, oceani;
- Mešanica starih in mladih kamnin (fosili).
- Aktivni dinamični procesi na Zemlji: potresi, vulkani (več kot 500 aktivnih vulkanov, ki so izbruhnili enkrat v času pisane zgodovine).

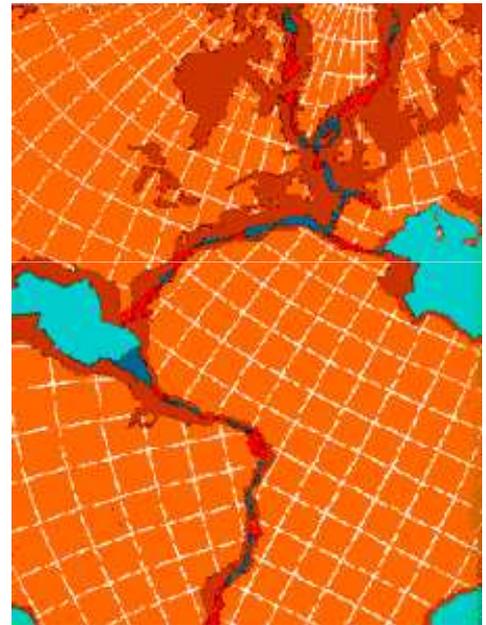
Topografija in batimetrija Zemlje

Present-Day Plate Boundaries

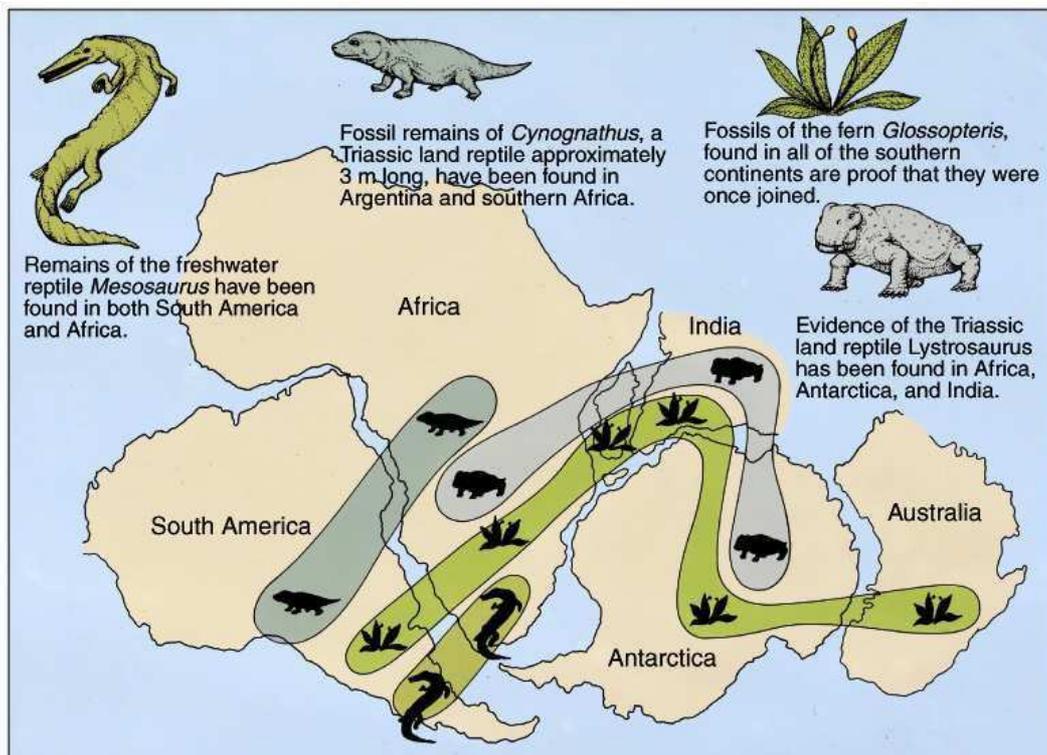


Ploščna tektonika – dokazi (1)

- Geometrijska skladnost obal zahodne Afrike in Južne Amerike.

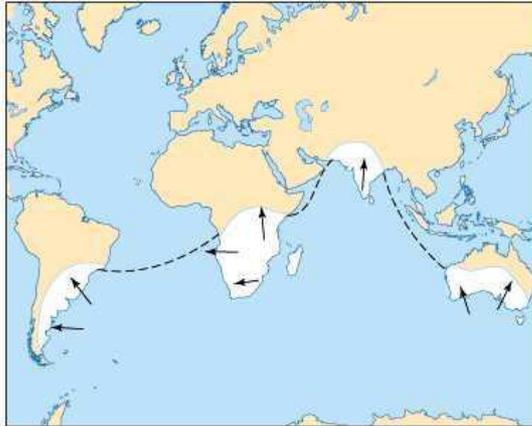


Ploščna tektonika – dokazi (2)



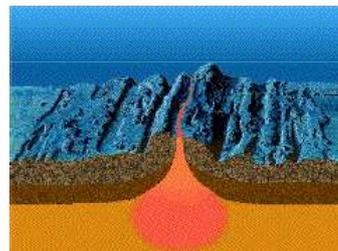
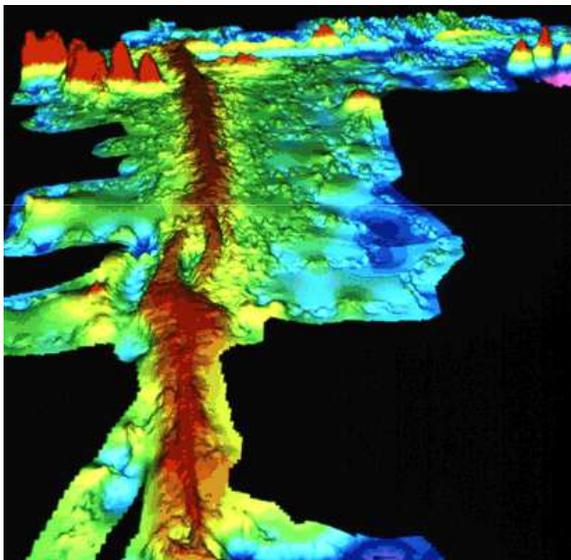
Ploščna tektonika – dokazi (3)

- Kraji, ki so sedaj v toplim pasu, kažejo ostanke poledenitve v preteklosti.



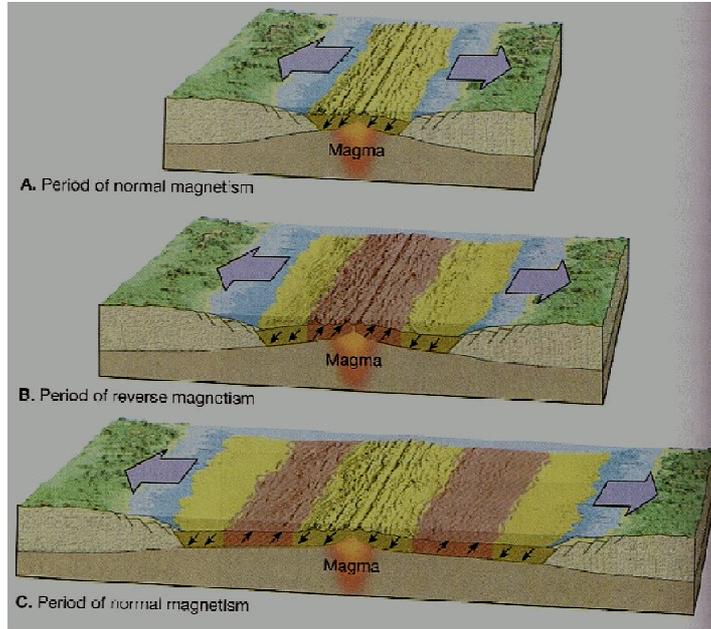
Ploščna tektonika – dokazi (4)

- Srednjeoceanski atlantski hrbet → razširjanje morskega dna ("seafloor spreading").



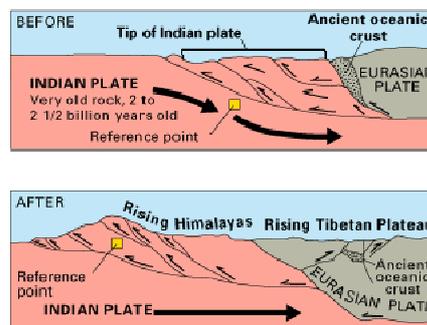
Ploščna tektonika – dokazi (5)

- Zemljin magnetizem - v zgodovini je večkrat prihajalo do obračanja Zemljinih magnetnih polov. V kamninah se je obdržala takratna polariteta. Pri magnetnih meritvah se pojav odraža v obliki magnetnih trakov ("magnetic stripes") → izmenične plasti s severno in južno polariteto.

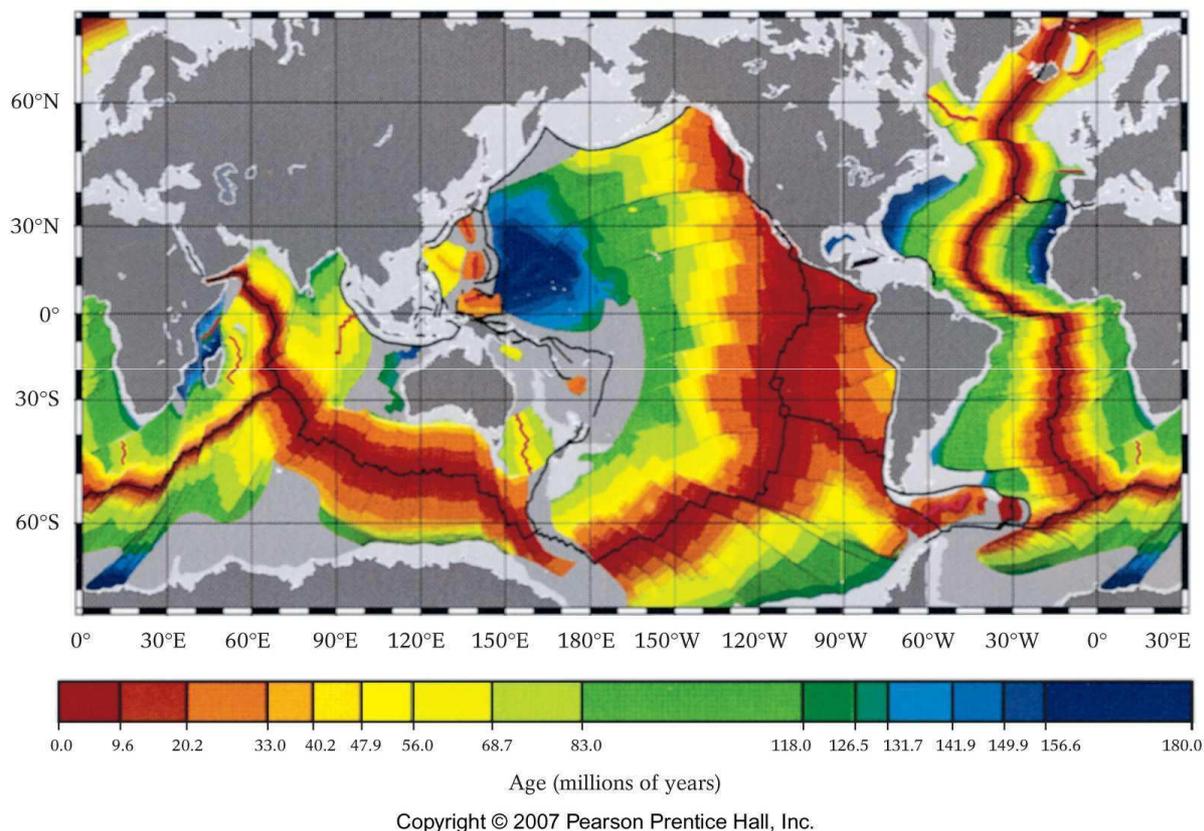


Ploščna tektonika – dokazi (6)

- Procesi na meji med ploščami.

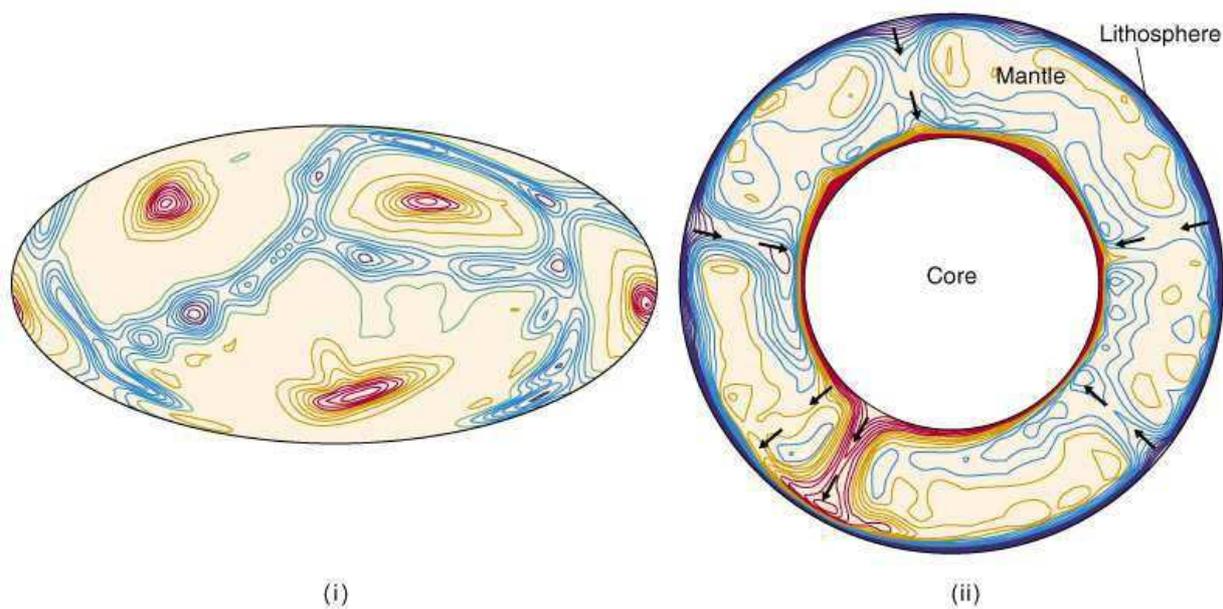


Starost oceanskega dna



Zakaj se plošče premikajo?

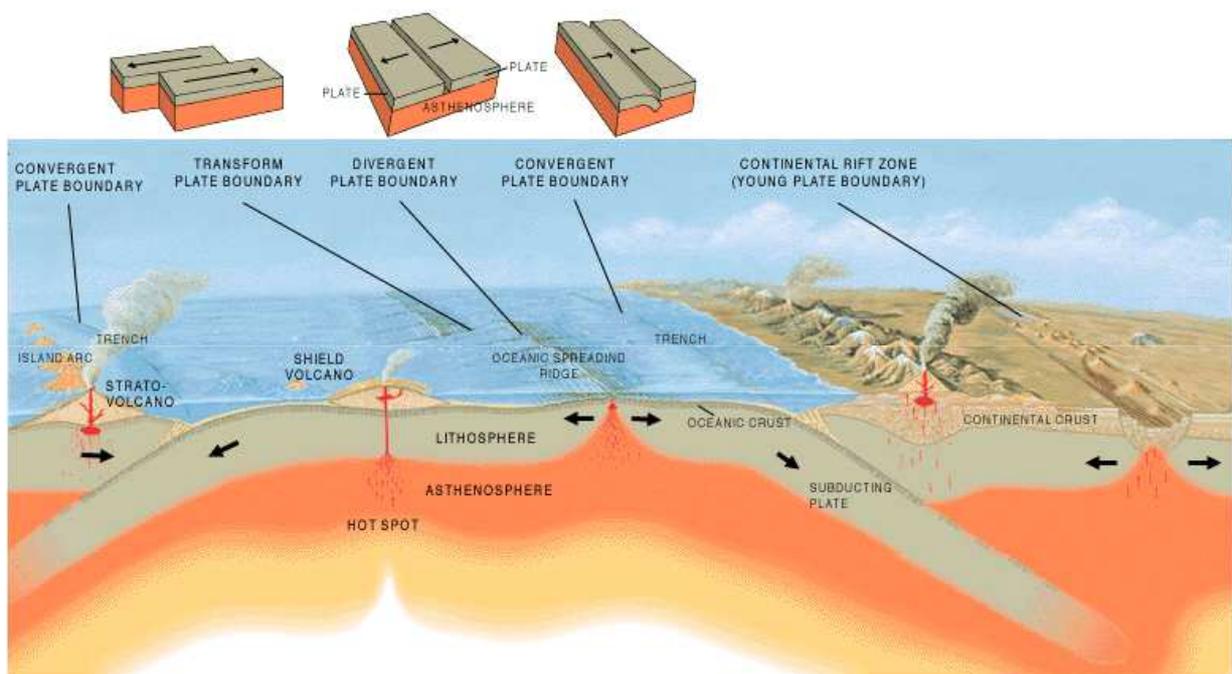
- Konvekcija (prenašanje toplote) med plastmi znotraj plašča.



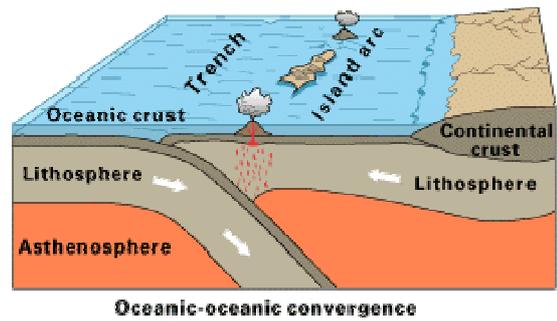
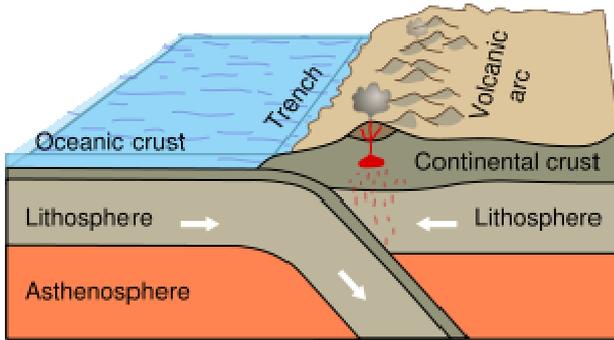
Meje (stiki) med ploščami

- Plošče se medsebojno premikajo mirno in zvezno. Tri vrste mej med ploščami:
 - divergentne (srednjeadlantski hrbet. Islandija, Kalifornijski zaliv, vzhodno afriška razpoka)
 - transformne (prelom Sv. Andreja, Mrtvo morje, Turčija),
 - konvergentne (Aljaska/Aleuti, Japonska, Mehika)
- Plošče se stikajo na različne načine:
 - robovi priraščanja, **akrecije**; tam se plošče razmikajo (večinoma po sredini oceanov).
 - kolizija – stik dveh premikajočih se plošč. Več tipov kolizije:
 - subdukcija (ena izmed plošč se uviha in potone pod drugo).

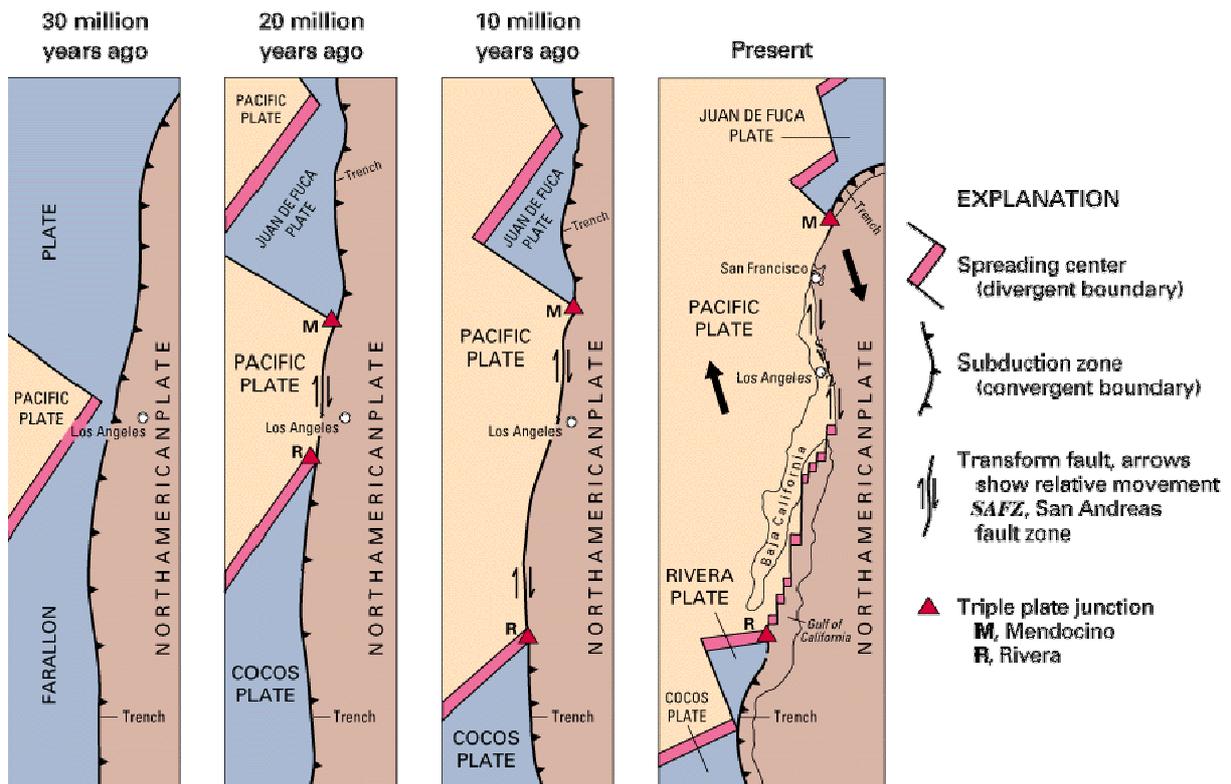
Meje med ploščami



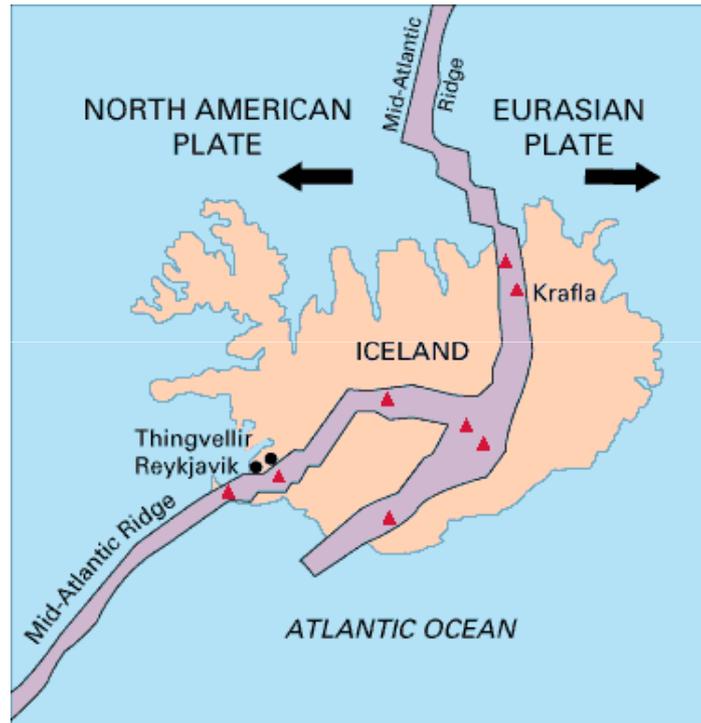
Meje med ploščami



Primer meje med ploščami (1)



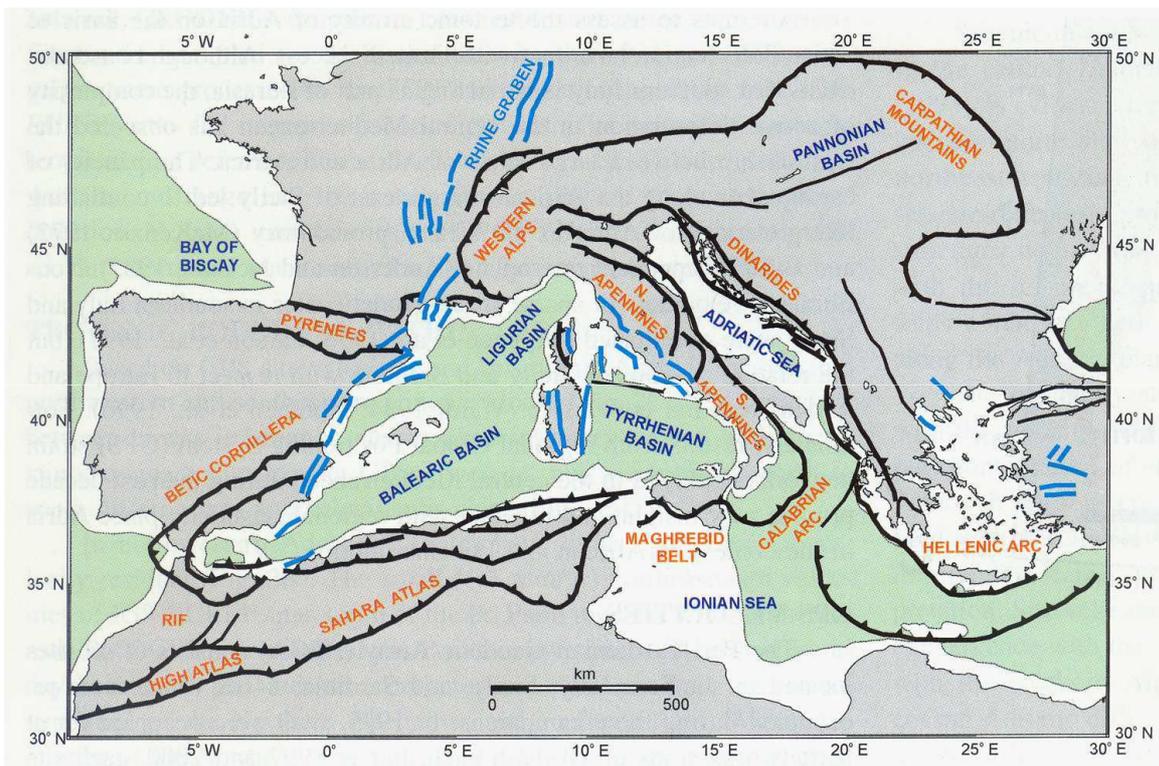
Primer meje med ploščami (2)



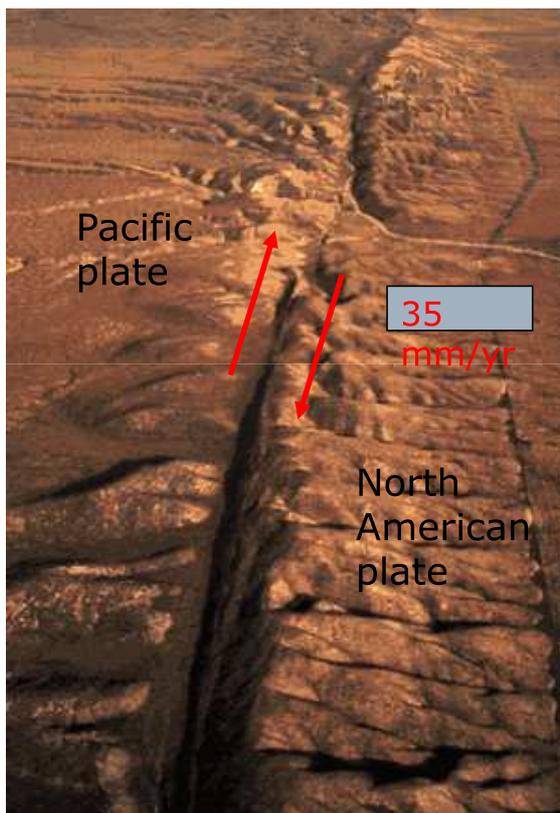
Primer meje med ploščami (2)



Regionalna tektonika Mediterana



Medsebojno gibanje plošč



Islandija

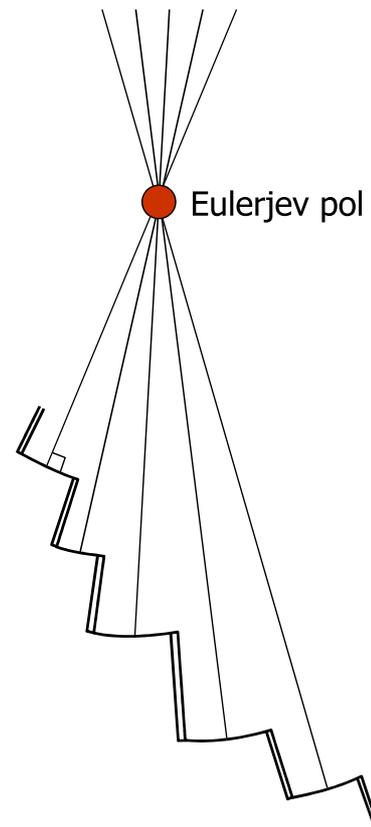
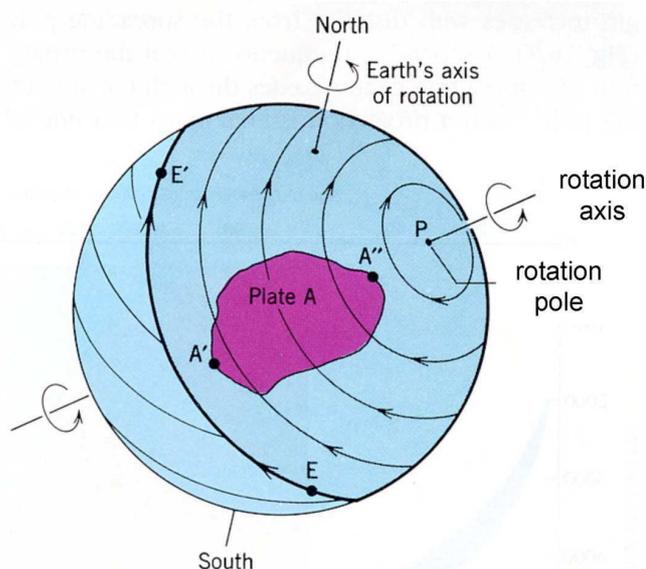
Prelom Sv. Andreja

Medsebojno gibanje plošč - Eulerjev teorem

- Plošče se nahajajo v stalnem medsebojnem gibanju. Relativno medsebojno gibanje med dvema (trdnima) ploščama na Zemlji-krogli lahko opišemo s pomočjo **Eulerjevega teorema**:
 - Poljubna rotacija (ali zaporedje rotacij) okrog neke točke je ekvivalentna eni sami rotaciji okrog neke osi skozi to točko.
 - Rotacija ene plošče glede na drugo se dogaja okoli "geocentrične" osi, ki prebada Zemljo v točki, ki jo imenujemo Eulerjev pol.

Eulerjevo gibanje na krogli

- P – Eulerjev pol



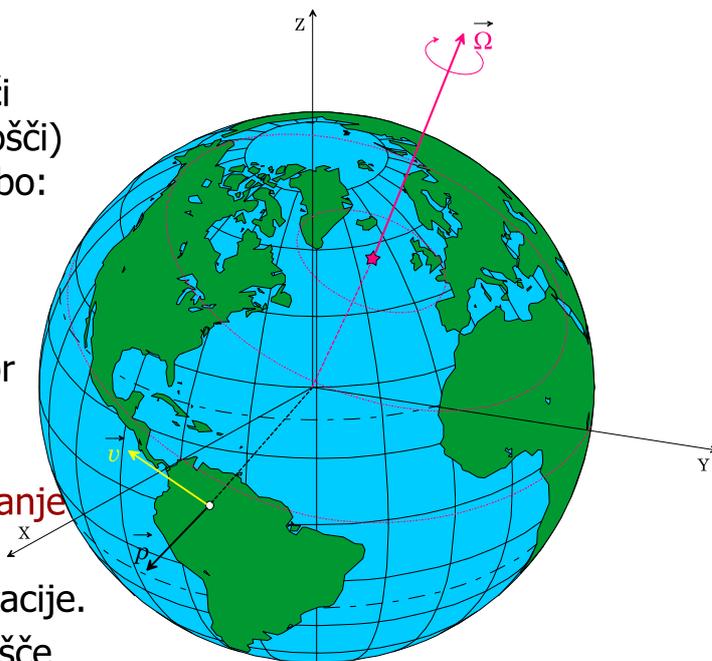
Relativno gibanje med dvema ploščama (1)

- Relativno gibanje točke na plošči glede na pol (določen za dve plošči) lahko opišemo z naslednjo enačbo:

$$\vec{v} = \vec{\Omega} \times \vec{p}$$

kjer so: \vec{p} krajevni vektor točke na gibajoči se plošči, \vec{v} je vektor obodne hitrosti gibanja točke, in $\vec{\Omega}$ (Eulerjev) vektor kotne hitrosti, ki definira Eulerjevo gibanje plošče.

- Velikost vektorja Ω je hitrost rotacije.
- Vedno je podana hitrost ene plošče glede na drugo.
- Hitrost Ω je običajno podana v [$^{\circ}$ /mio. let].



Relativno gibanje med dvema ploščama (2)

- Točka na gibajoči se plošči je podana z geografskimi (elipsoidnimi) koordinatami $P(\phi, \lambda)$. Pol ima koordinate $E(\Phi, \Lambda)$.

- Vektorski produkt iz prejšnje prosojnice rešujemo v pravokotnih koordinatah.

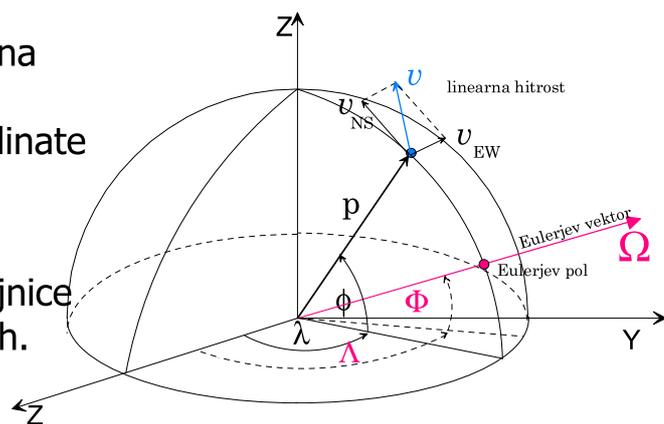
- Položaj E. pola v kart. koordinatah:

$$(\omega, \Phi, \Lambda) \rightarrow (\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z)$$

- Ker je gibanje v ravnini, razstavimo obodno hitrost v , na komponento v smeri sever-jug (NS) in komponento v smeri vzhod-zahod (EW).

- Gre za transformacijo iz geocentričnega koord. sistema v lokalni geodetski (LG \rightarrow G) ($X, Y, Z \rightarrow N, E, U$), pri čemer je "up" komponenta usmerjena navzdol (-h).

- ! Vaje! komponente obodne hitrosti: $v_\phi = v_N = v_{NS}$, $v_\lambda = v_E = v_{EW}$.

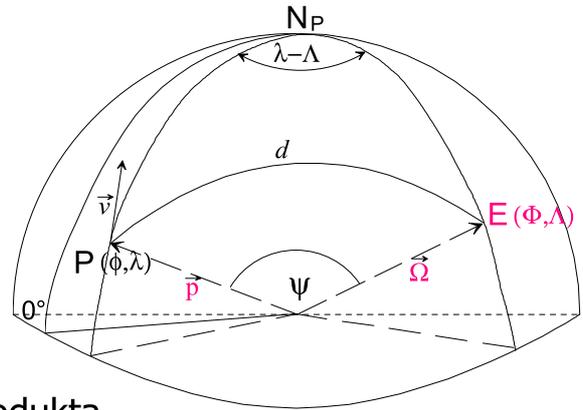


Relativno gibanje med dvema ploščama (3)

- To istega rezultata pridemo če obodno hitrost točke izračunamo po enačbi:

$$v = R\omega \sin \psi$$

- pri čemer so:
 ω - hitrost rotacije,
 R – polmer Zemlje (krogle),
 ψ - sferna razdalja med E-polom i točko izračuna, v [°]



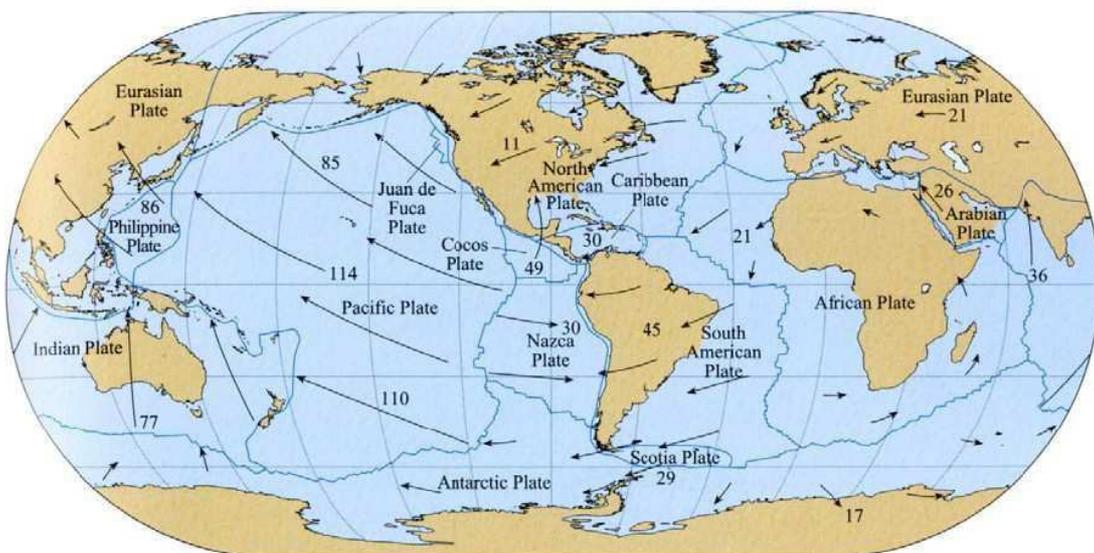
- Op.: enačba je rezultat vektorskega produkta vektorjev Ω in p :

$$\vec{v} = \vec{\Omega} \times \vec{p} = |\vec{\Omega}| \cdot |\vec{p}| \sin \psi$$

$$|\vec{\Omega}| = \omega$$

$$|\vec{p}| = 1$$

Globalno relativno gibanje plošč



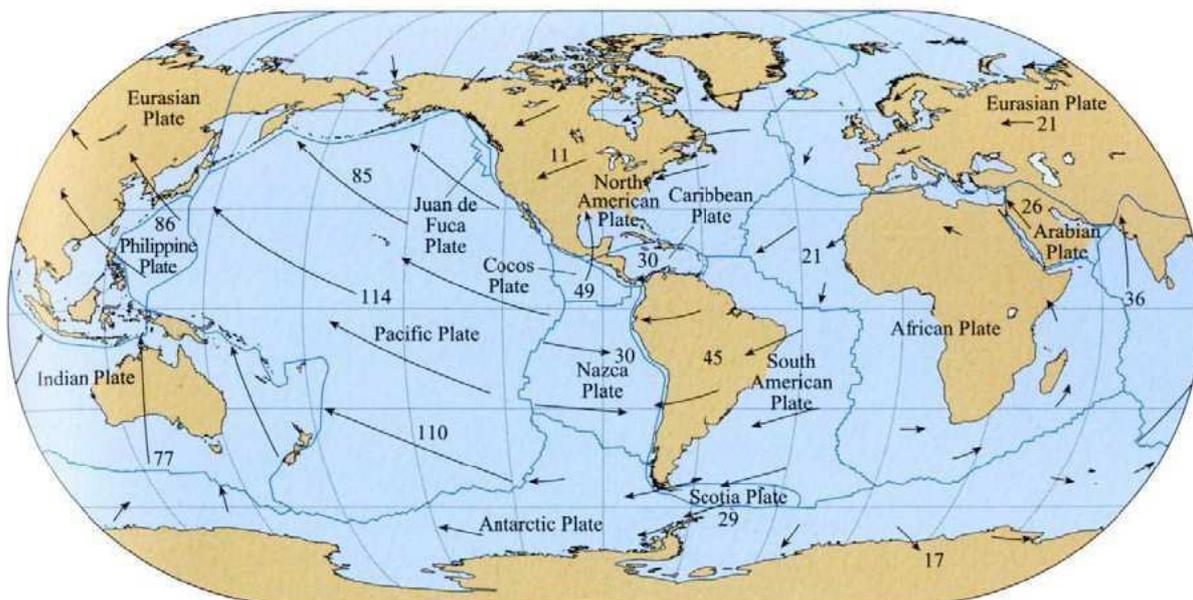
[mm/leto]

Rotacija Severnoameriške plošče okoli Eulerjevega pola



Absolutno gibanje plošč

- Absolutno gibanje plošč se določa glede na Zemljin plašč. Merilo [mm/leto]



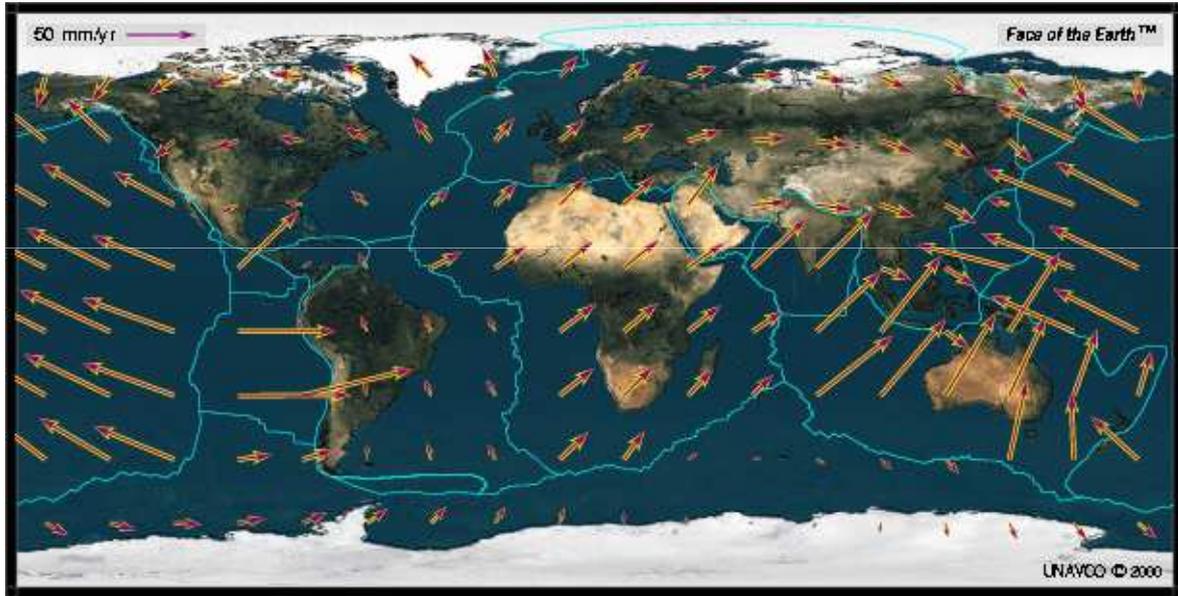
Ploščna tektonika – geodetski prispevek

- Geodetski prispevek ploščni tektoniki je modeliranje časovnih sprememb položaja opazovanih točk. To nam pomaga izboljšati določitev terestričnih referenčnih sestavov oz. referenčnih koordinatnih sistemov in daje vpogled v medsebojen vpliv kinematike plošč in rotacije Zemlje.
- Cilj spremljanja gibanja plošč je določitev Eulerjeva vektorja za različne plošče.

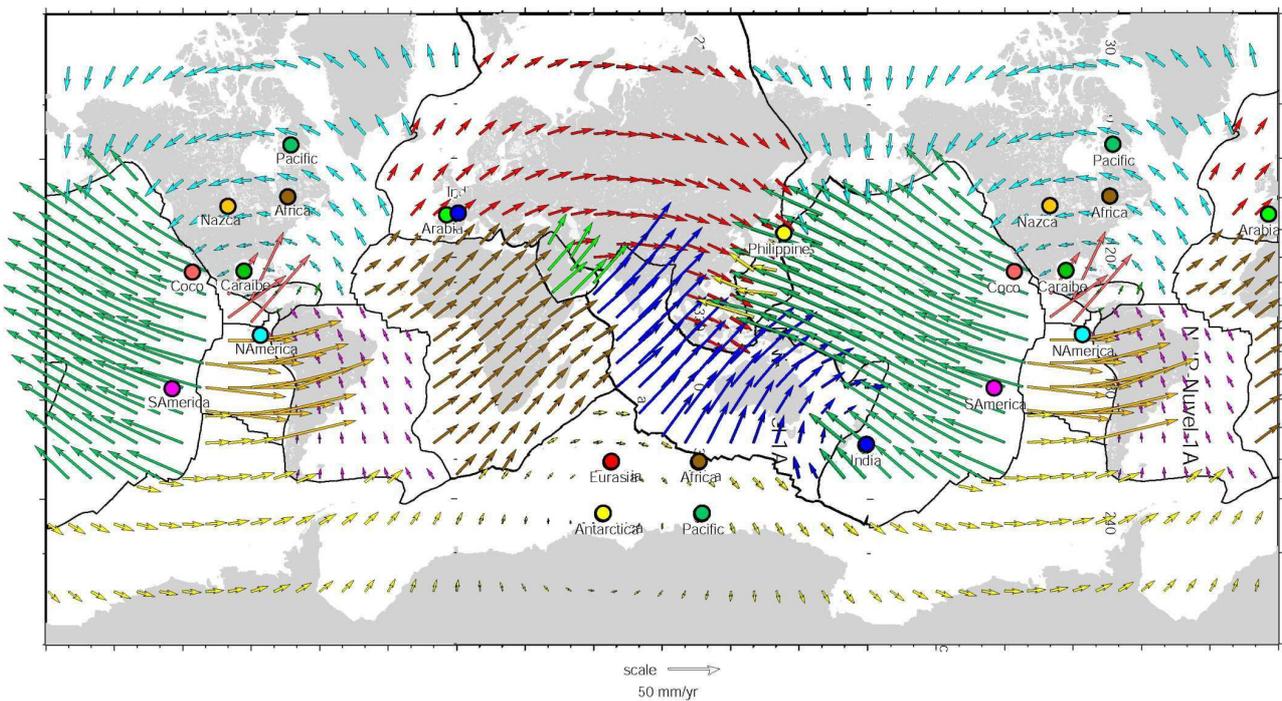
Modeli premikanja plošč

- Geofizikalni modeli (NUVEL-1, NNR-NUVEL-1, MORVEL...) – ki so povprečje gibanja plošč v obdobju milion let in so izvedeni z geofizikalnim modeliranjem premikov oceanskega dna (predvsem podatki paleomagnetizma) in določitve položaja tektonskih prelomnic in azimutov razširjanja potresnih sunkov.
- Geodetski modeli (kinematični, na osnovi rezultatov GPS-opazovanj in drugih tehnik satelitske geodezije:
 - APKIM – "ActualPlateKinematicModel",
 - REVEL – "Recent VELOCITY model",
 - GPSVEL – globalno polje GPS-hitrosti

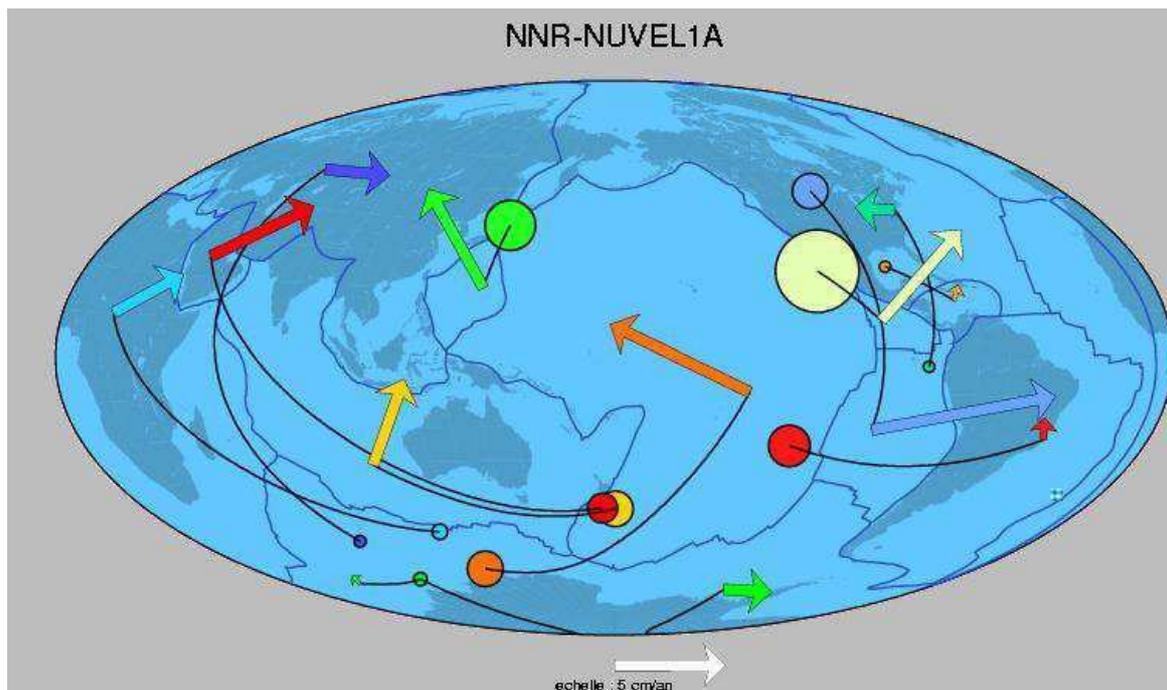
NUVEL 1A



NNR-Nuvel-1A : hitrosti in poli

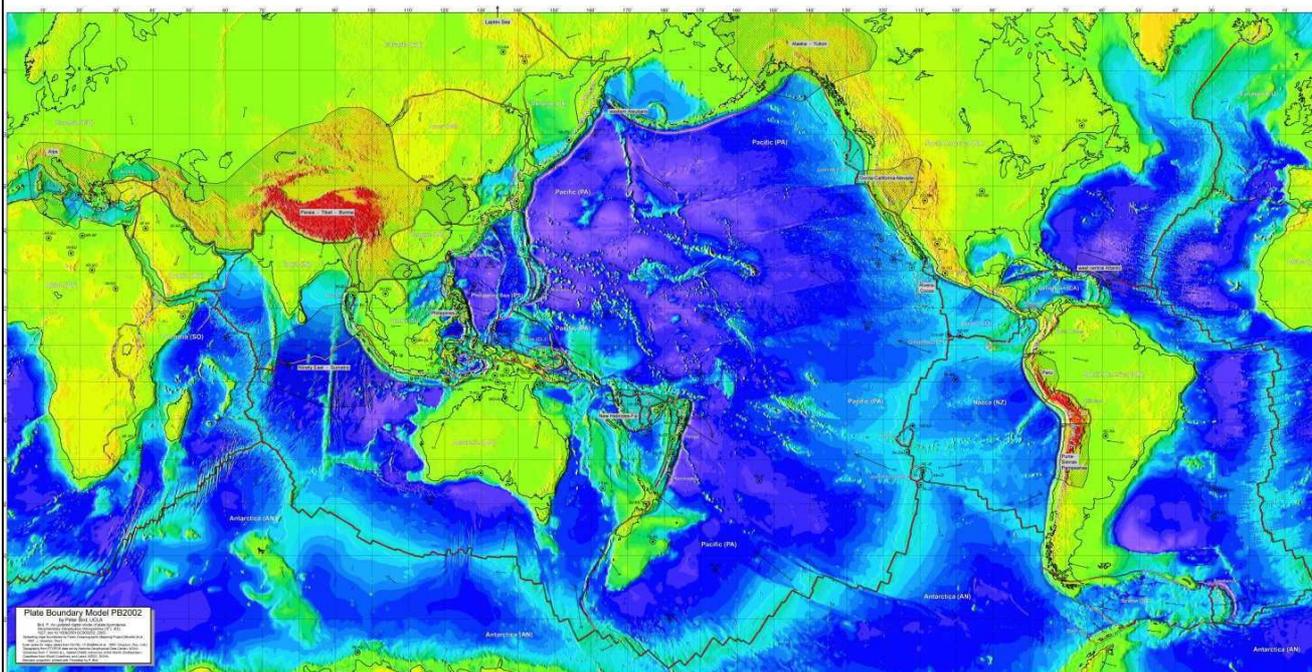


NNR-Nuvel-1A poli: položaji in hitrosti

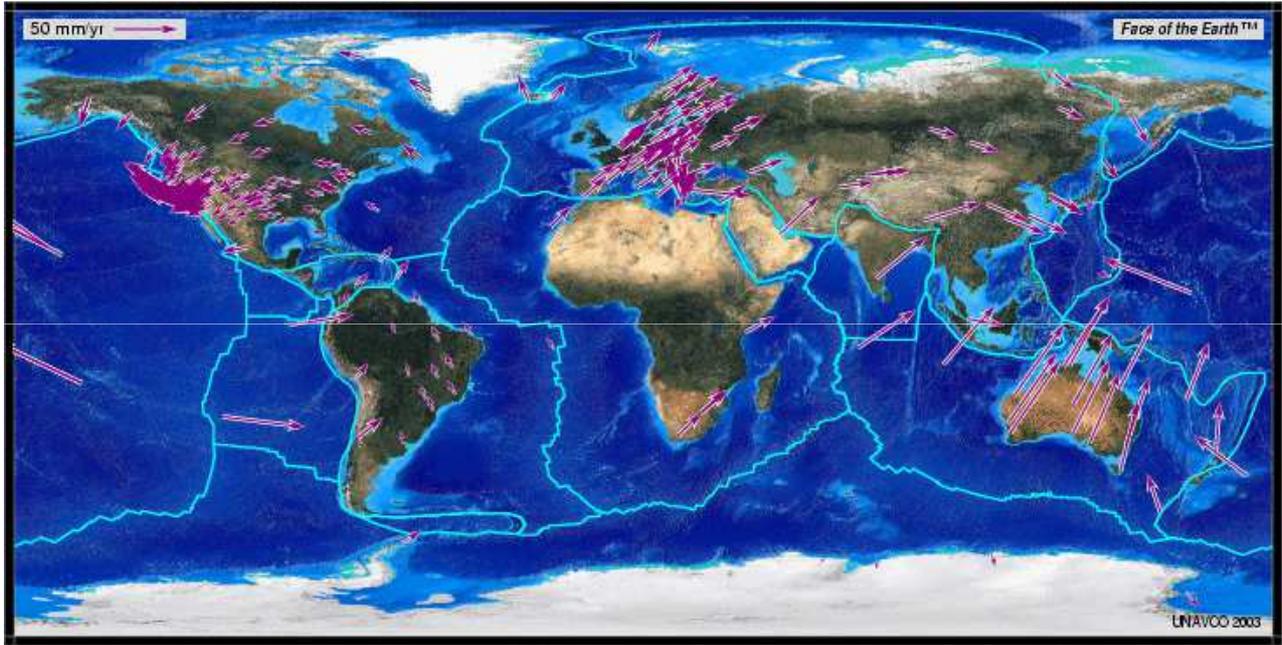


45

PB2002

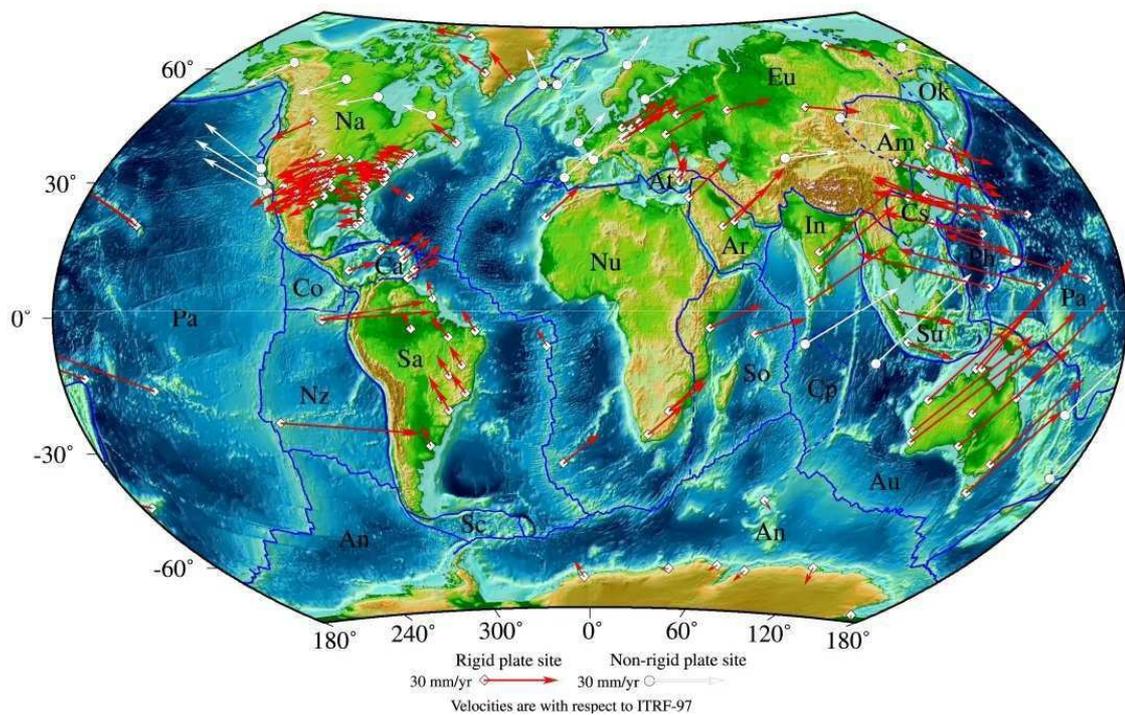


Hitrosti premikov na osnovi GNSS-opazovanj

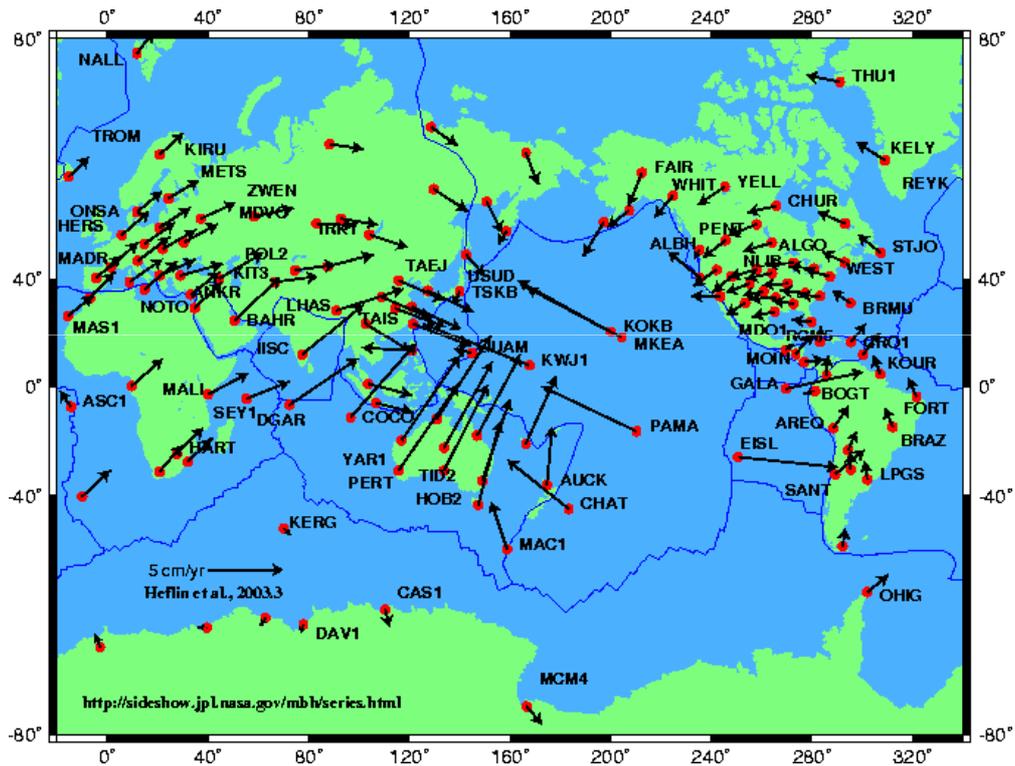


REVEL 2000

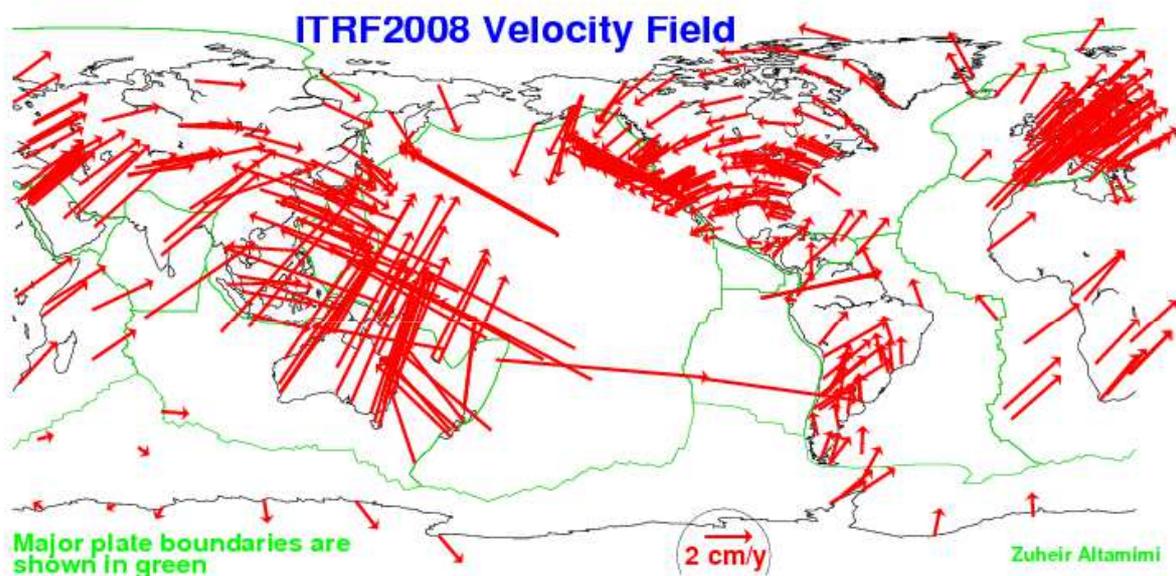
REVEL-2000



Hitrosti premikov na osnovi GPS-opazovanj

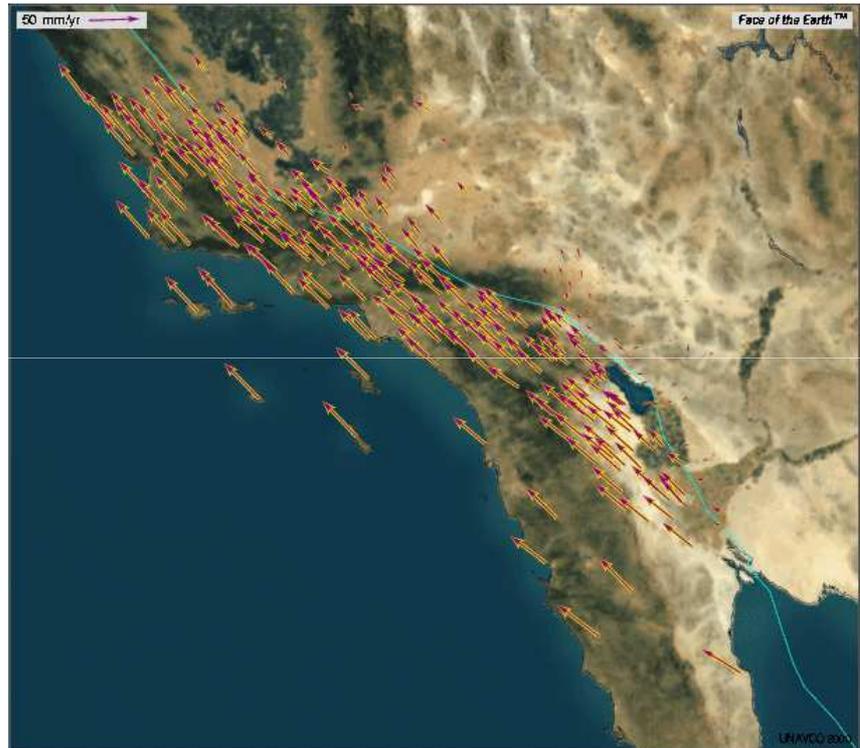


Polje hitrosti ref. sestava ITRF2008



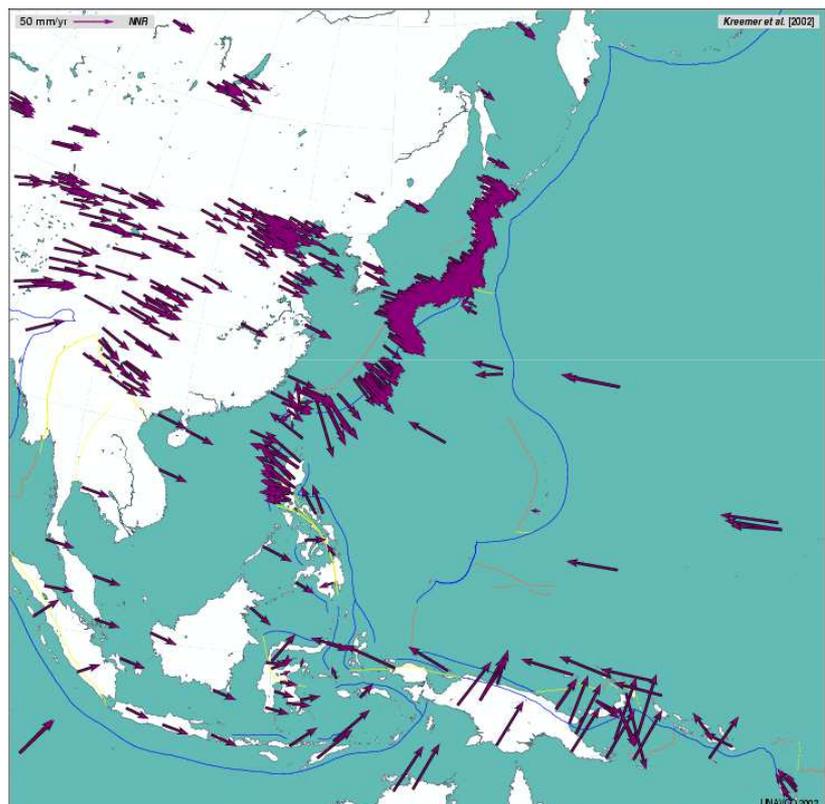
Hitrosti premikov na osnovi GNSS-opazovanj

- Kalifornija



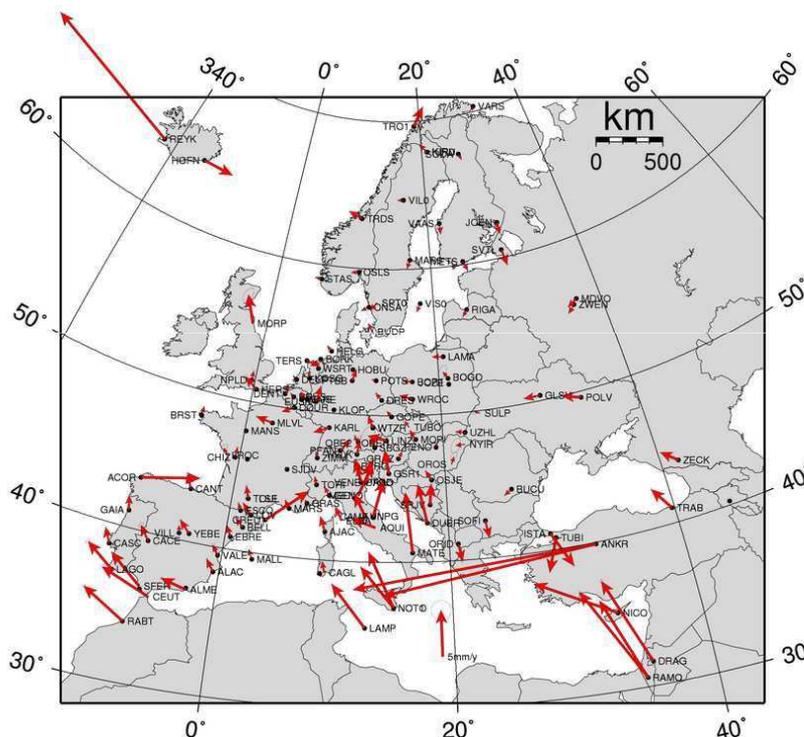
Hitrosti premikov na osnovi GNSS-opazovanj

- Japonska



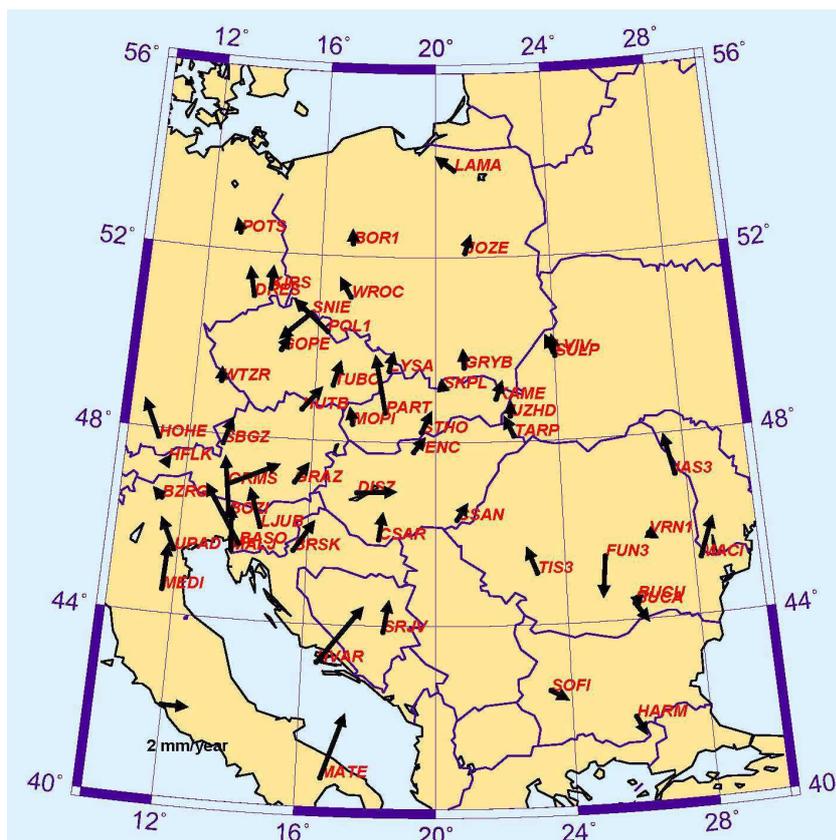
Hitrosti premikov na osnovi GNSS-opazovanj

- Evropa: permanentne GPS-postaje



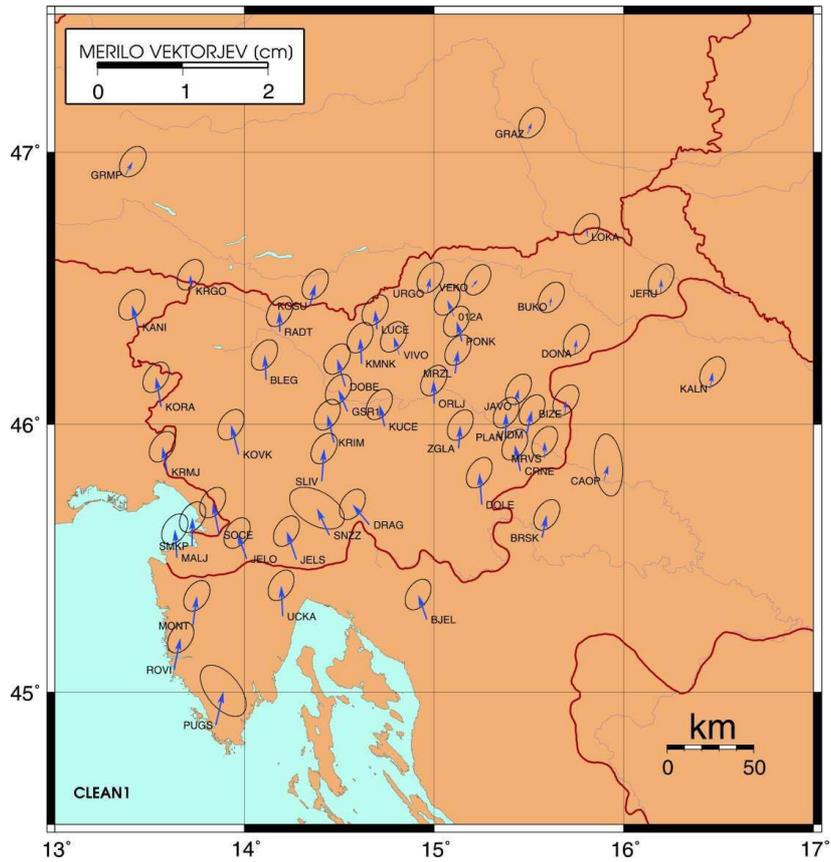
Hitrosti premikov na osnovi GNSS-opazovanj

- Srednja Evropa

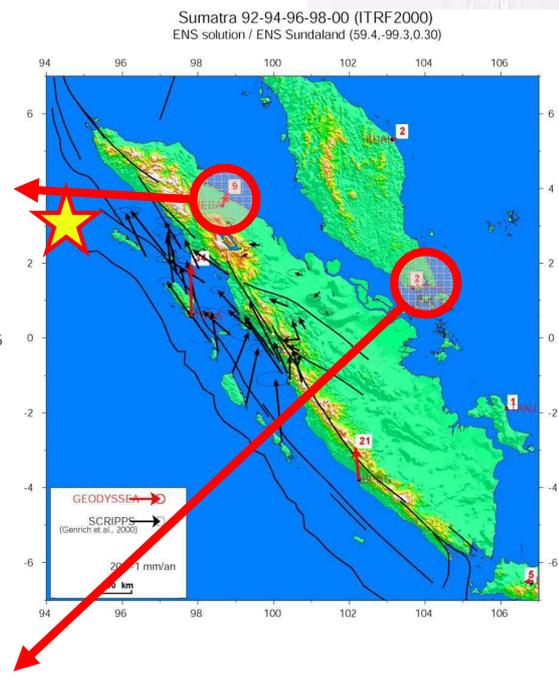
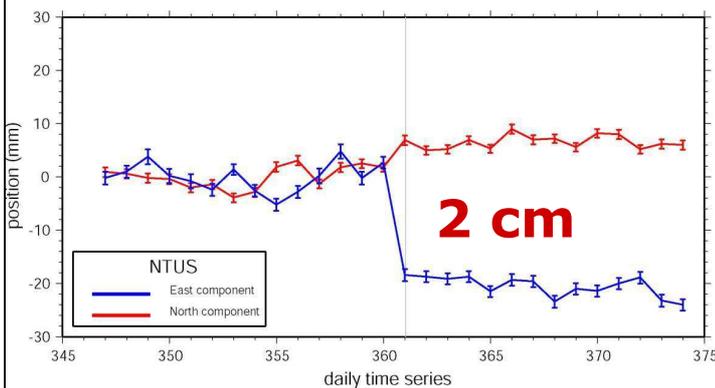
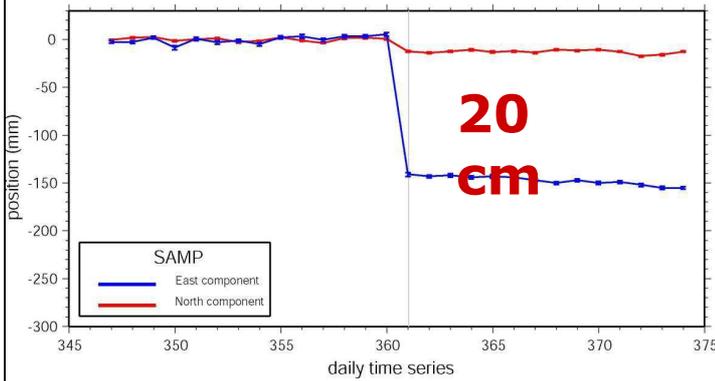


Hitrosti premikov na osnovi GNSS-opazovanj

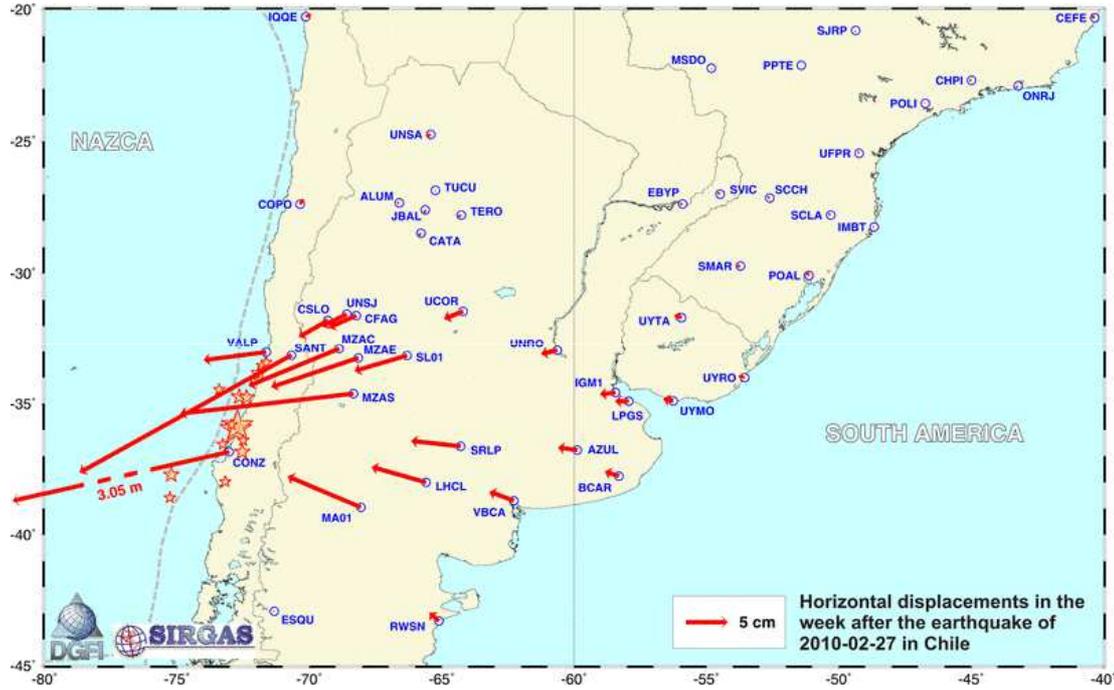
□ Slovenija



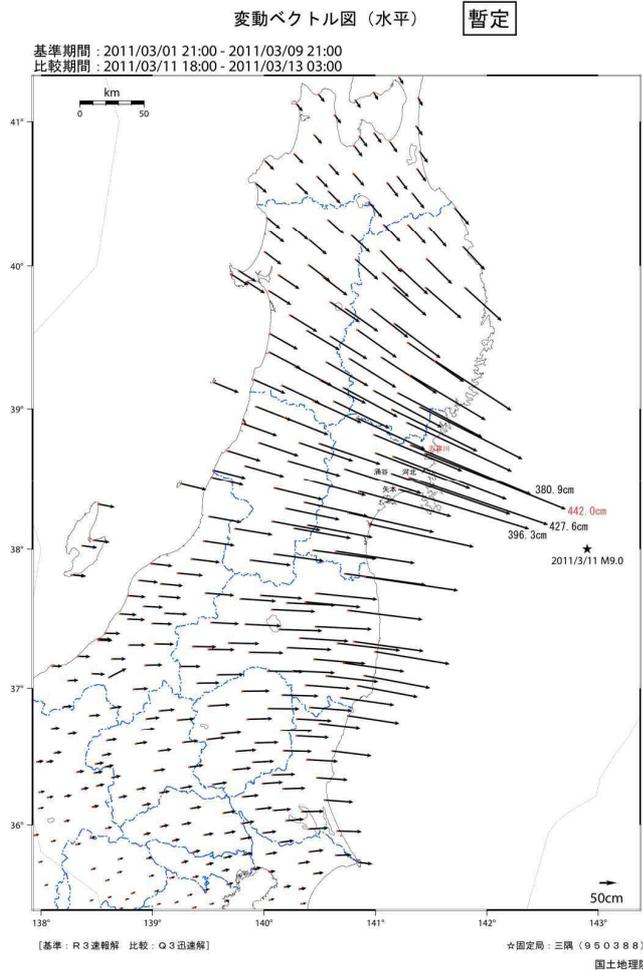
Časovna vrsta ob potresu



Vektorji premika po potresu v Čilu 27.02.2010



Vektorji premika po potresu na Japonskem 2011, hor. komponenta



Vektorji premika po potresu na Japonskem 2011, vert. komponenta

