

Z0026p Fyzická geografie

Zdeněk Máčka

Litosféra a desková tektonika

Vznik sluneční soustavy

VZNIK VESMÍRU: big bang

stáří vesmíru: $13,799 \pm 0,38$ mld. let

ZÁNIK VESMÍRU:

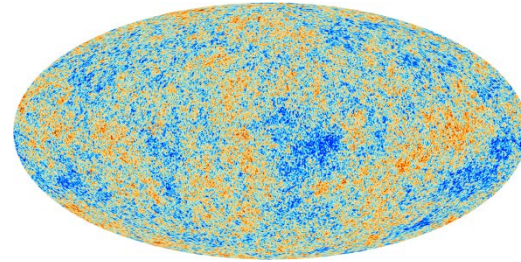
big crunch, heat death (10^{100} let), big rip (už za 2,8 mld. let?)

Vesmír obsahuje:

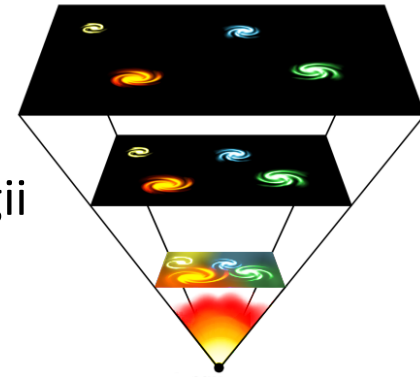
viditelnou hmotu (4,9 %), temnou hmotu (25,9 %), temnou energii (69,2 %)

Vznik prvních hvězd: 550 mil. let po velkém třesku

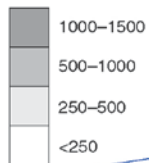
Stáří Země: 4,57 mld. let



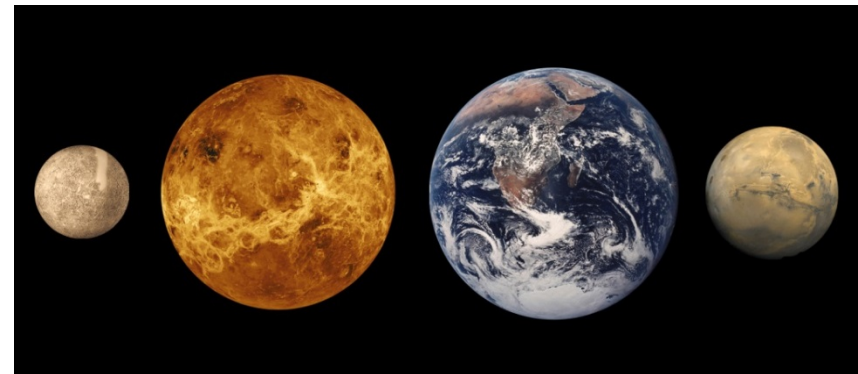
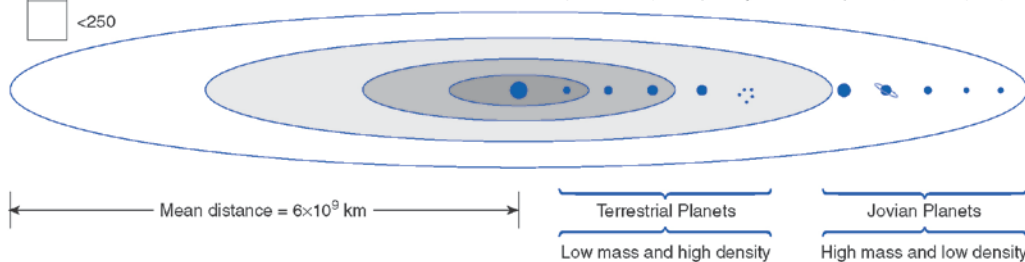
Mapa reliktního záření



Temperature of
Primitive Condensates/Fractionates
°C



Sun Mercury Venus Earth Mars Asteroids Jupiter Saturn Uranus Neptune Pluto



Terestrické planety (zemského typu)

Nejstarší datovaný horninový materiál v zemské kůře

Nejstarší minerál: zirkon (ZrSiO_4 , oxid zirkoničitý)

Lokalita: Jack Hills, Západní Austrálie

Stáří: $4,375 \pm 0,006$ mld. let

Způsob určení stáří: radiometrické (U-Pb)



Nejstarší hornina: tonalitová rula Acasta

Lokalita: NW Territory, Kanada (pojmenování podle řeky Acasta)

Stáří: období metamorfózy 3,58–4,031 mld. let, vznik z granitoidů starých 4,2 mld. let

Způsob určení stáří: radiometrické (U-Pb) datování zirkonů

TVAR

+

VNITŘNÍ STAVBA



ZEMSKÉHO TĚLESA

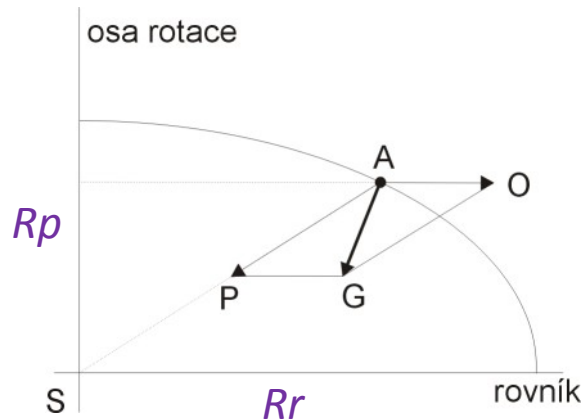
Jaký je tvar Země tvar?

Země je koule. To ví každý 😊



Je tomu skutečně tak?

Země je elipsoid



průměrný poloměr = 6 367 km

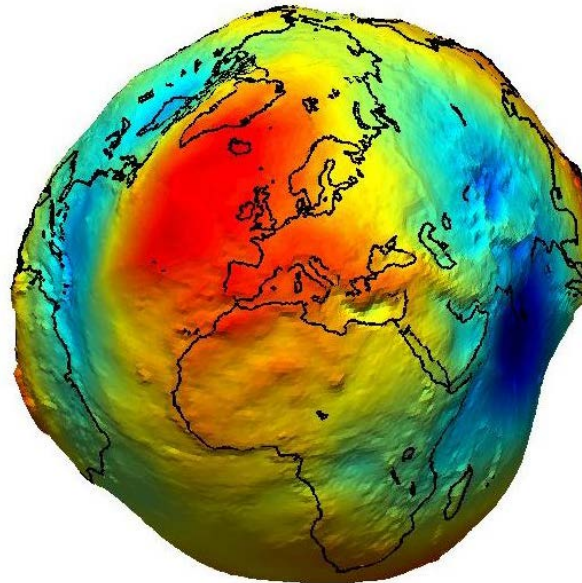
průměr na rovníku o 43 km větší než na pólu

$$Rr/Rp = 1,0033$$

Besselův, Heyfordův, Krasovského, IAG 1967

WGS 84 (revize v r. 2004)

Země je geoid



klidná střední hladina moří, které jsou spojené i pod kontinenty

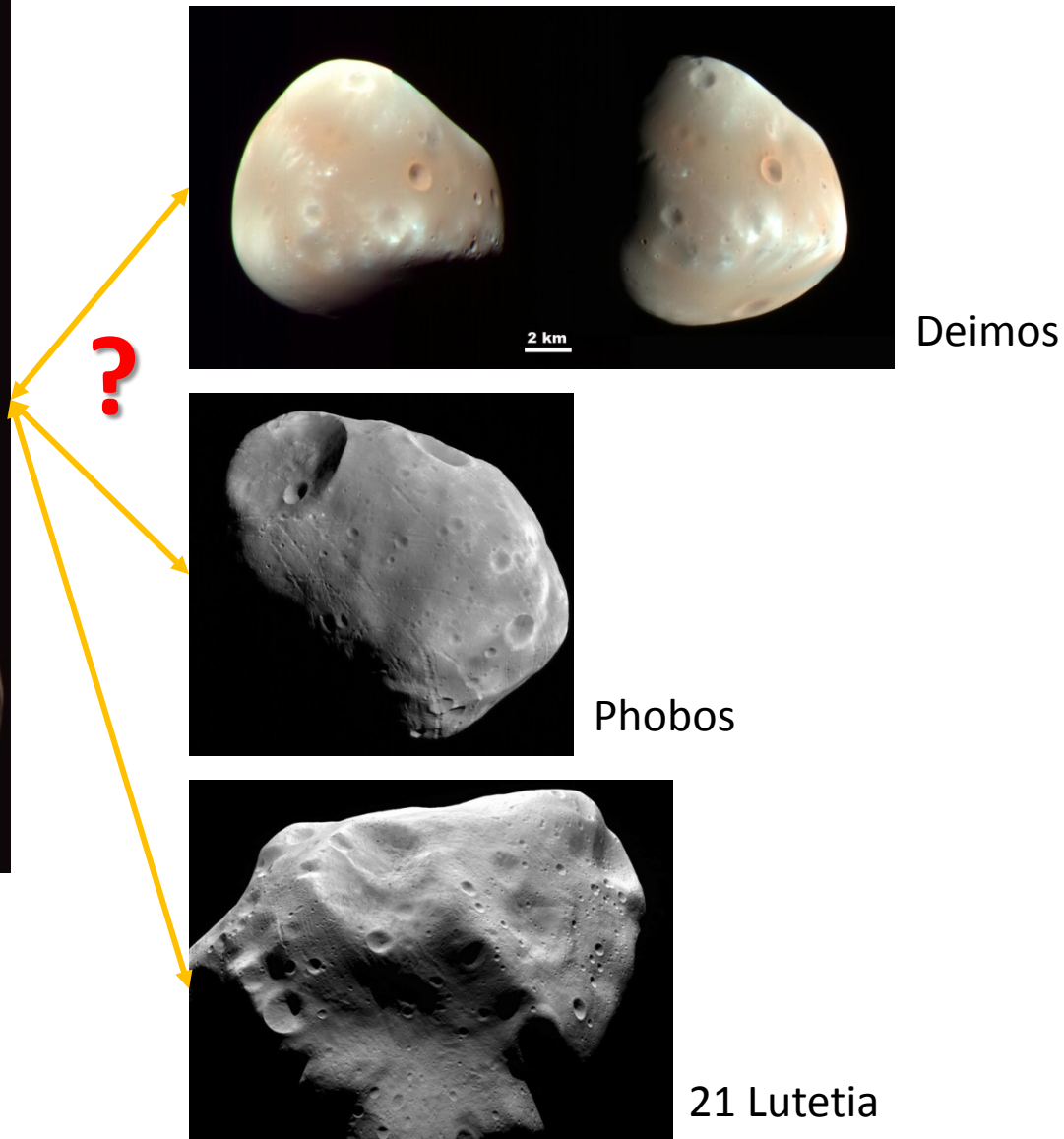
Earth Gravity Model 2008
(EGM 2008)

Proč je vlastně Země kulatá?



Obrázek ukazuje skutečný poměr velikosti Země a Měsíce

Některá tělesa Sluneční soustavy totiž nejsou.



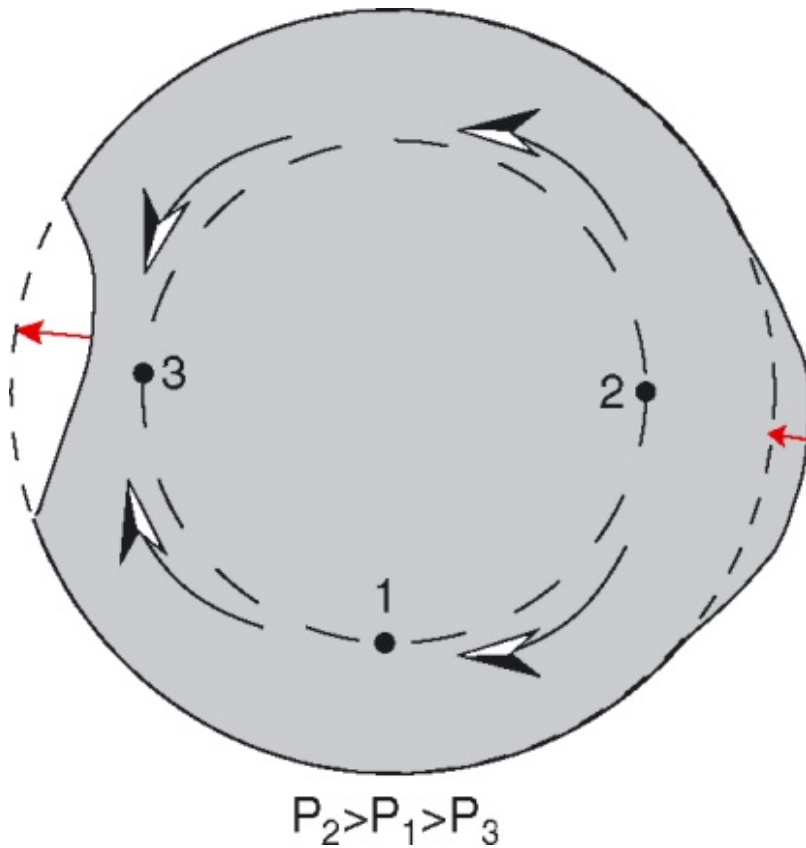
Deimos

Phobos

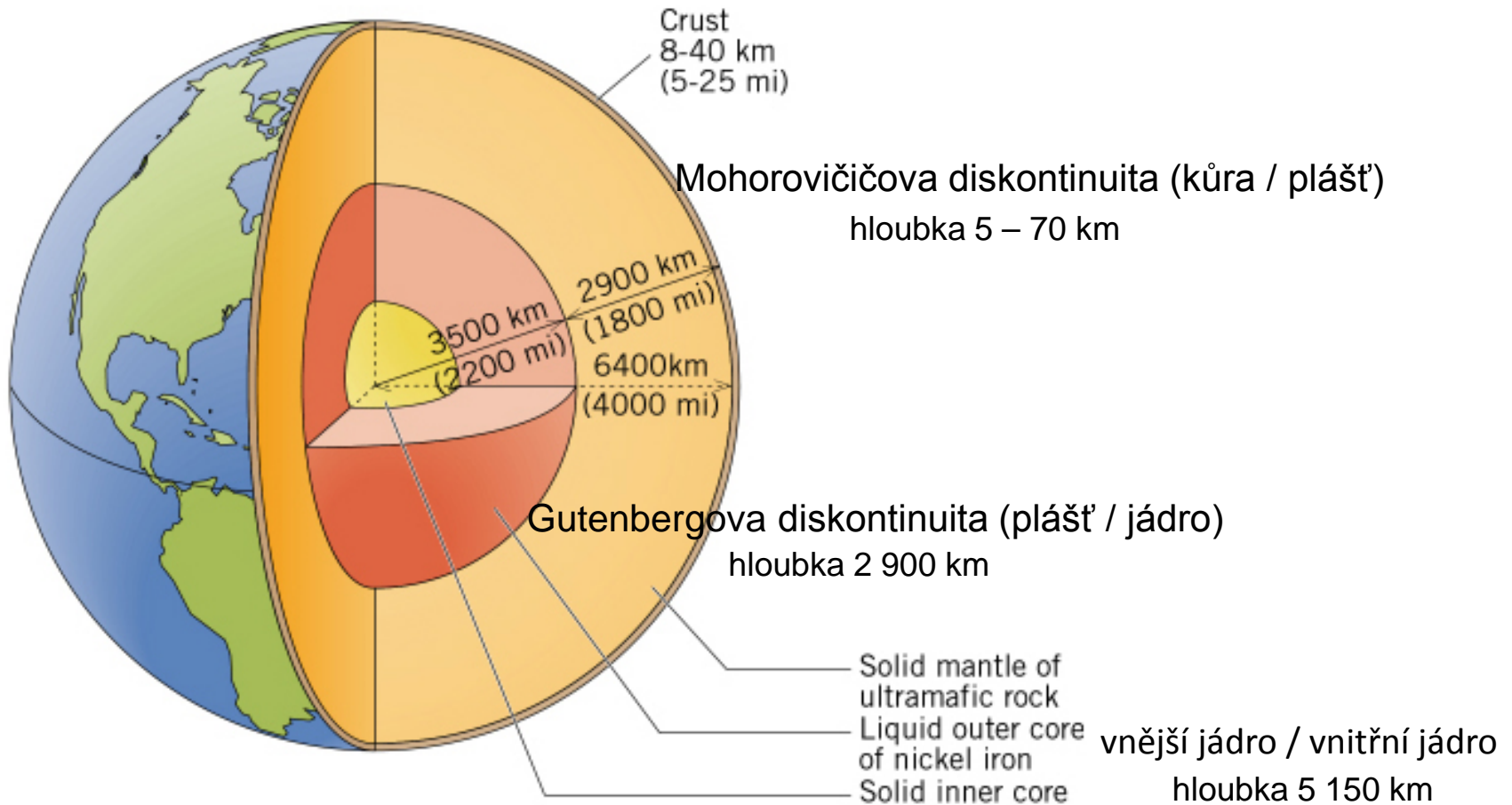
21 Lutetia

Země je kulatá protože ...

... dosáhla stavu hydrostatické rovnováhy



Vnitřní stavba zemského tělesa



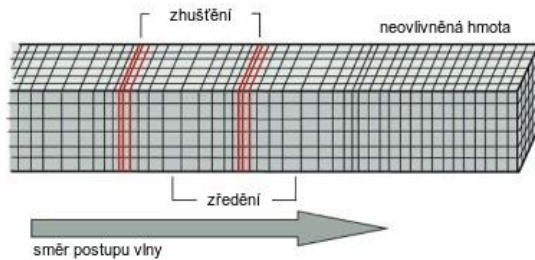
Seismický model vnitřní stavby Země

Seismologie: studuje vznik, chování a rychlost šíření zemětřesných vln

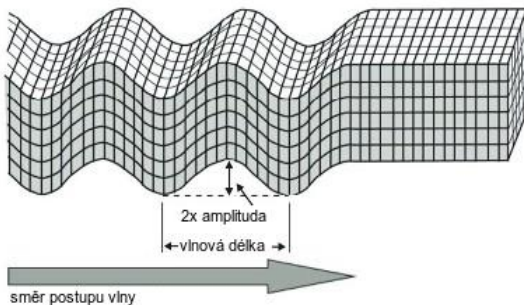
Seismická energie se šíří formou vln:

- P vlny (podélné, primární)
- S vlny (příčné, sekundární)

P-vlna



S-vlna



Jádro /core/

Složení: Fe + Ni

Teplota: 2800 – 3100 °C

Vnější jádro: polotekuté

Vnitřní jádro (jadérko): pevné

Plášť /mantle/

Složení: tmavé minerály podobné olivínu (silikát Mg a Fe)

Složení lze zkoumat pomocí vývěřů magmatu a xenolitů

Teplota: 1800 – 2800 °C

Tvoří 84 % objemu a 69 % hmotnosti Země

SVRCHNÍ PLÁŠŤ: hloubka Moho – 650 km

složení: minerály olivín, pyroxen, granát, spinel; hornina olivínovec (peridotit)

Astenosféra: hloubka 60/150 – 250 km

plastická

SPODNÍ PLÁŠŤ: hloubka 650 – 2900 km

složení: silikátové horniny bohaté na Co, Al a Ti



Zemská kůra /Earth crust/

Mocnost: 8 – 40 km (min. 5 km, max. 70 km)

Složení: převážně vyvřelé horniny společně s metamorfity a sedimenty

✓ Kontinentální kůra

Průměrná hustota 2700 kg.m^{-3}

Průměrná mocnost 35 km

svrchní felsická vrstva (dříve granitová)

Conradova diskontinuita (může zcela chybět)

spodní mafická vrstva (dříve čedičová)

Mocnost kůry v ČESKÉM MASIVU: 35 km

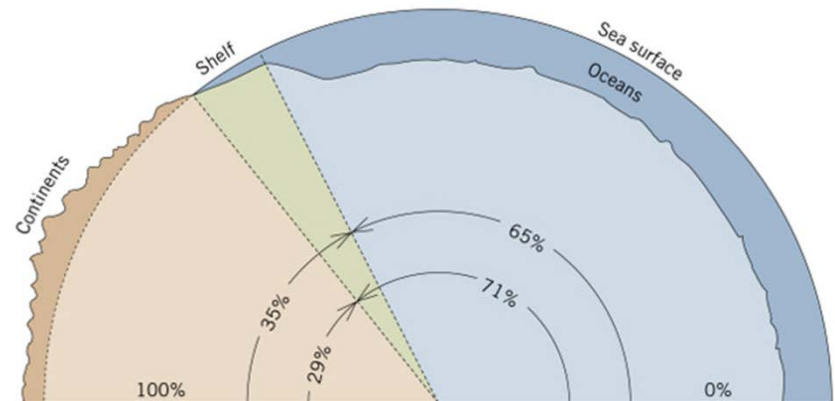


✓ Přečhodná

✓ Oceánská kůra

Průměrná hustota 3000 kg.m^{-3}

Průměrná mocnost 7 km



Stavba kontinentální kůry

KRATONY: stabilní jádra kontinentů

Stavební části kratonů:

- fundament
- pokryv

Třídění kratonů podle stáří:

- staré – prekambrium (> 541 mil. let)
 - štít – starý kraton bez pokryvu
 - tabule – starý kraton s vyvinutými pokryvnými útvary
- mladé – fanerozoikum

OROGÉNY

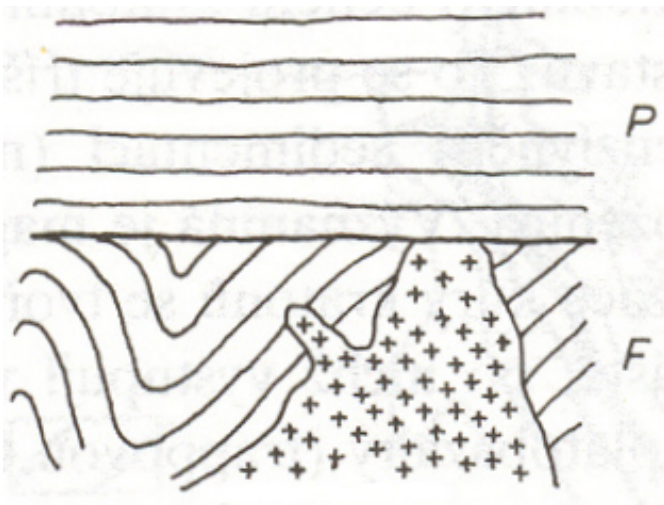
Rychlost zdvihu 10-20 mm.rok⁻¹

Stáří aktivních orogenních pásem – kenozoikum (65 mil. let), zejména mladý terciér, kvartér

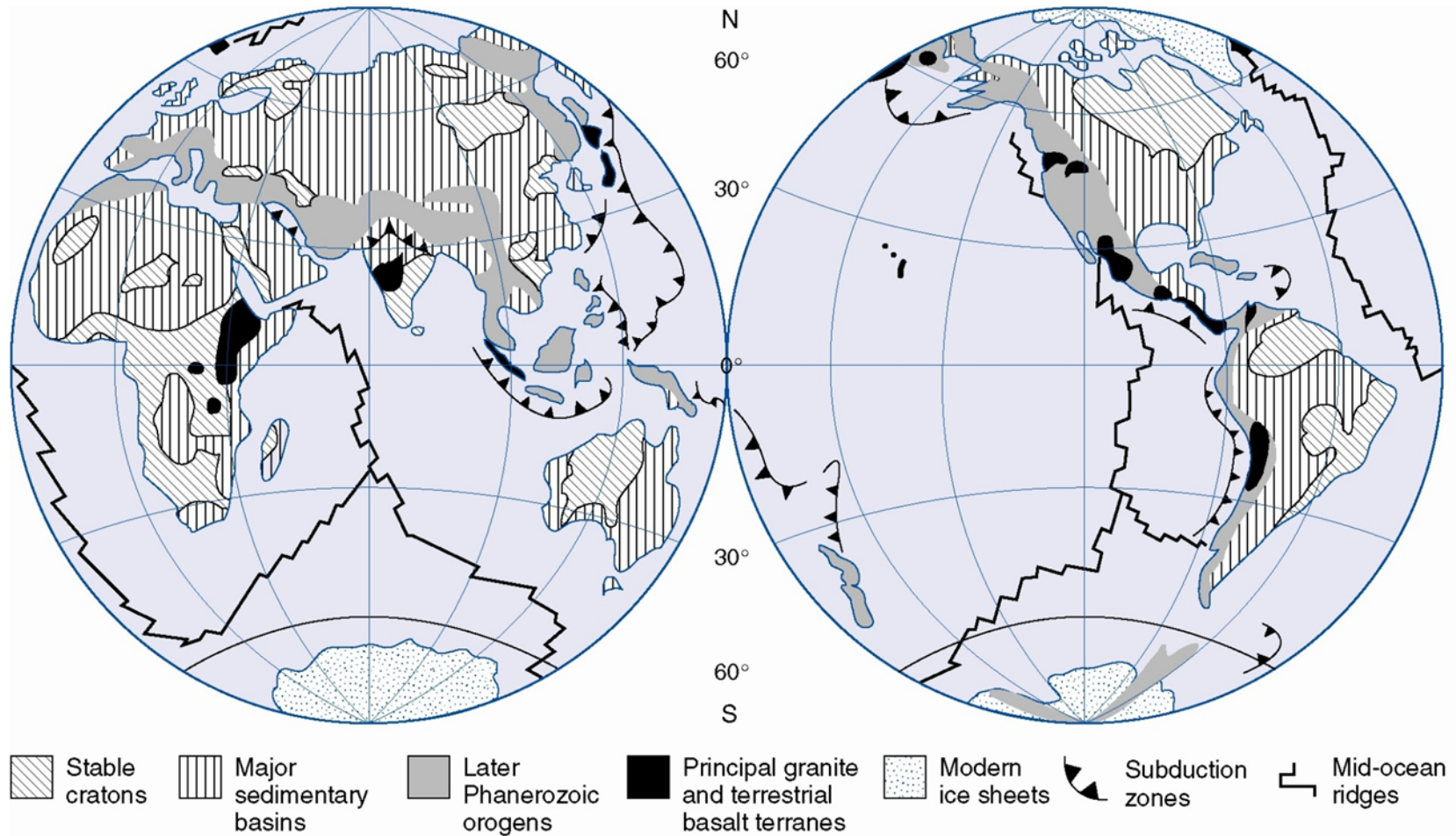
Orogenní zóny Země:

alpsko-himálajská

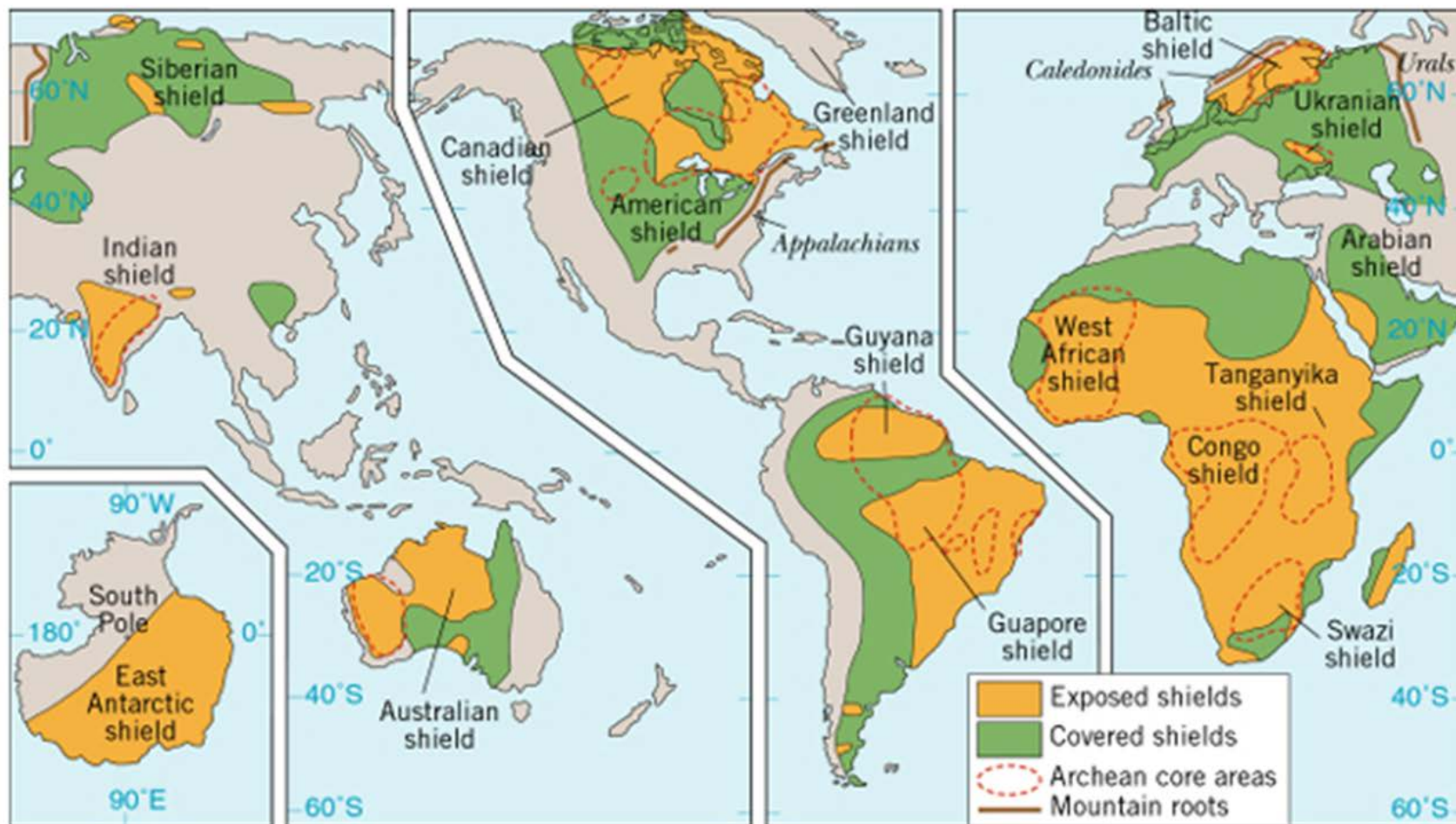
cirkum-pacifická (ring of fire)



Stavba kontinentální kůry



Kratonní oblasti



Jak víme, co je uvnitř kůry?

POVRCHOVÉ DOLY

- Bingham Canyon Mine (Utah, USA)
měď, 1,2 km, šířka jámy 4 km

HLUBINNÉ DOLY

- Savuka Mine (JAR)
zlato, 3 774 m
- Příbram – Březové hory
polymetalické rudy, důl Vojtěch (jáma č. 16), 1 838 m
V r. 1875 dosaženo vůbec poprvé na světě hloubky 1 000 m
- Zbýšov
černé uhlí, důl Jindřich II, 1 485 m

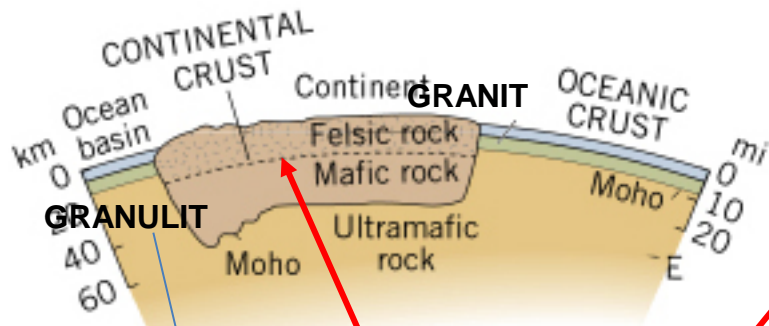
VRTY

- poloostrov Kola (město Zapolarnyj, Rusko), vrt SG3, hloubka 12 262 m (r. 1992)
- ČR (vrt Jablůnka 1)
hloubka 6 506 m (r. 1982)

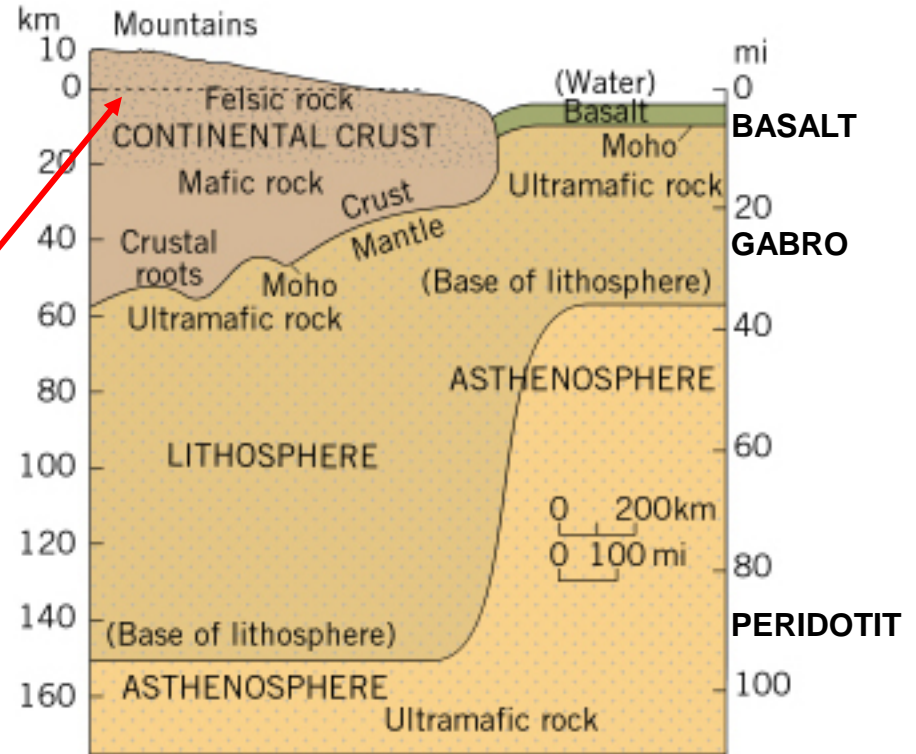


Litosféra

Svislý řez litosférou



Conradova diskontinuita



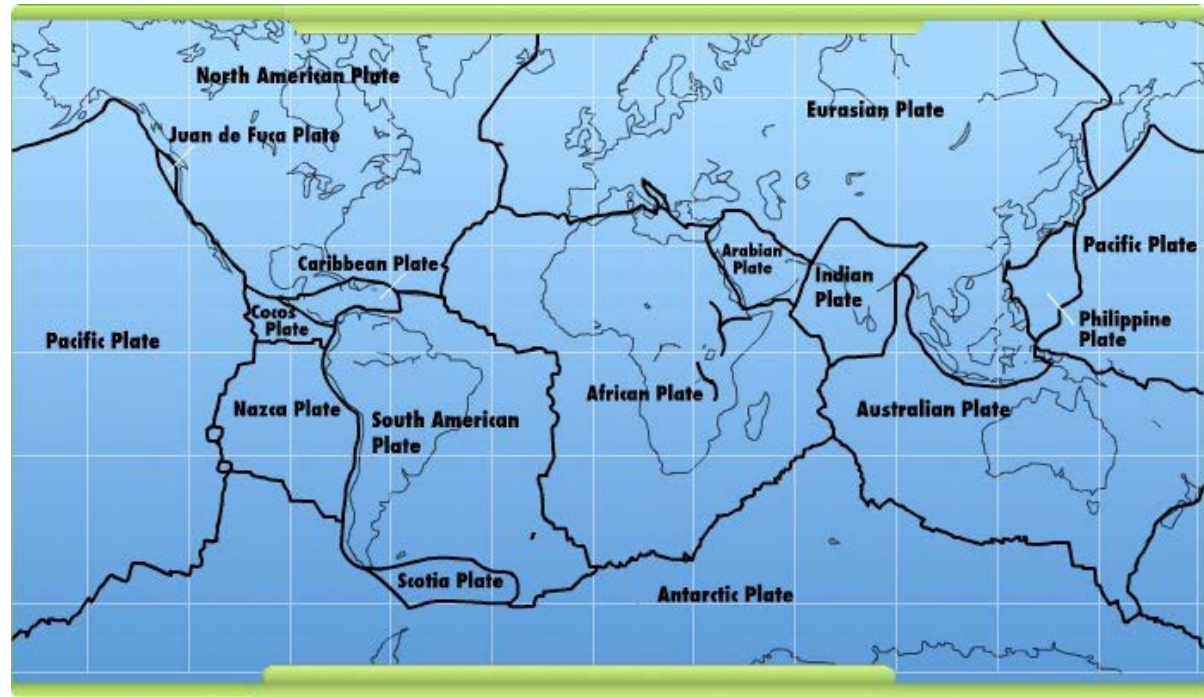
Litosféra

Členění litosféry do desek

Velké desky: 8

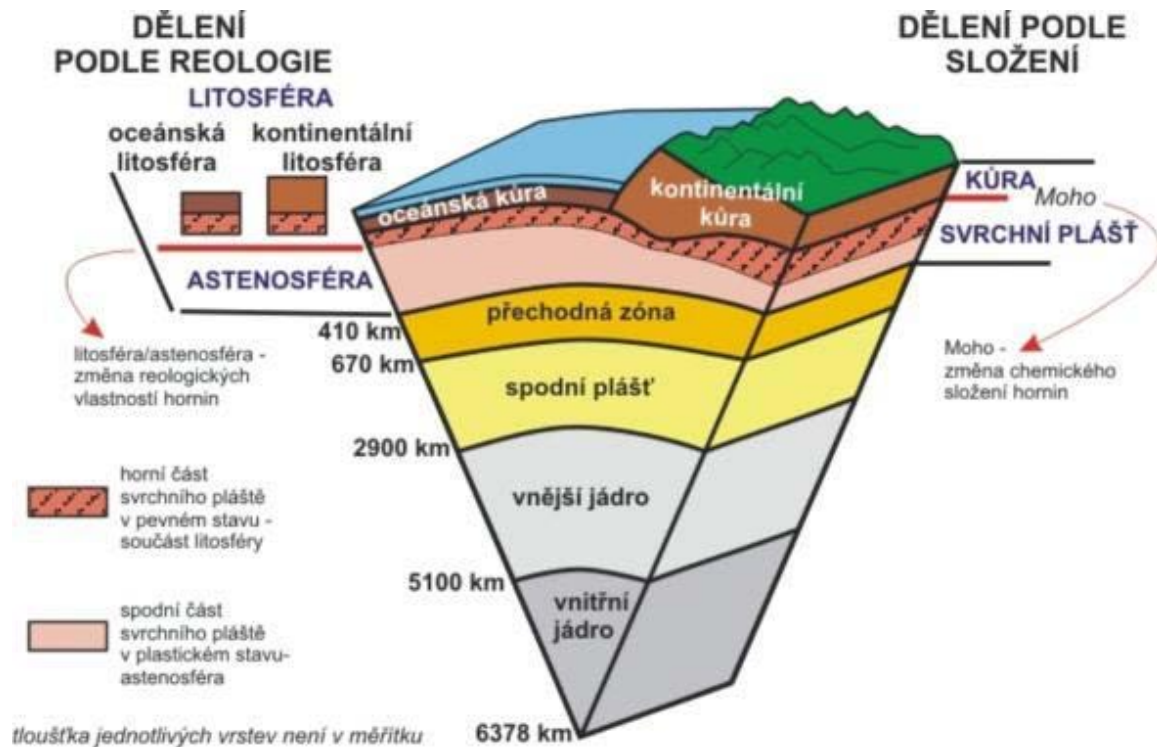
Malé desky: 15

VELKÉ DESKY	VYBRANÉ MALÉ DESKY
Eurasijská	Nazca
Africká	Kokosová
Indická	Filipínská
Australská	Arabská
Pacifická	Juan de Fuca
Severoamerická	Karibská
Jihoamerická	Scotia
Antarktická	



Rekapitulace – koncentrická stavba zemského tělesa

	Hloubka (km)	Hustota (g/cm ³)	Teplota (°C)
Kůra	0 - 35	2,7 / 3,0	
Litosféra	0 - 60		
Astenosféra	100 - 700		1 400
Plášť	35 – 2 900	3,4 – 5,6	1 800 – 2 800
Vnější jádro	2 900 - 5150	9,9 – 12,2	2 800 – 3 100
Vnitřní jádro	5 150 – 6 400	12,8 – 13,1	



DĚJE PROBÍHAJÍCÍ V LITOSFÉŘE

Příčiny pohybu litosférických desek

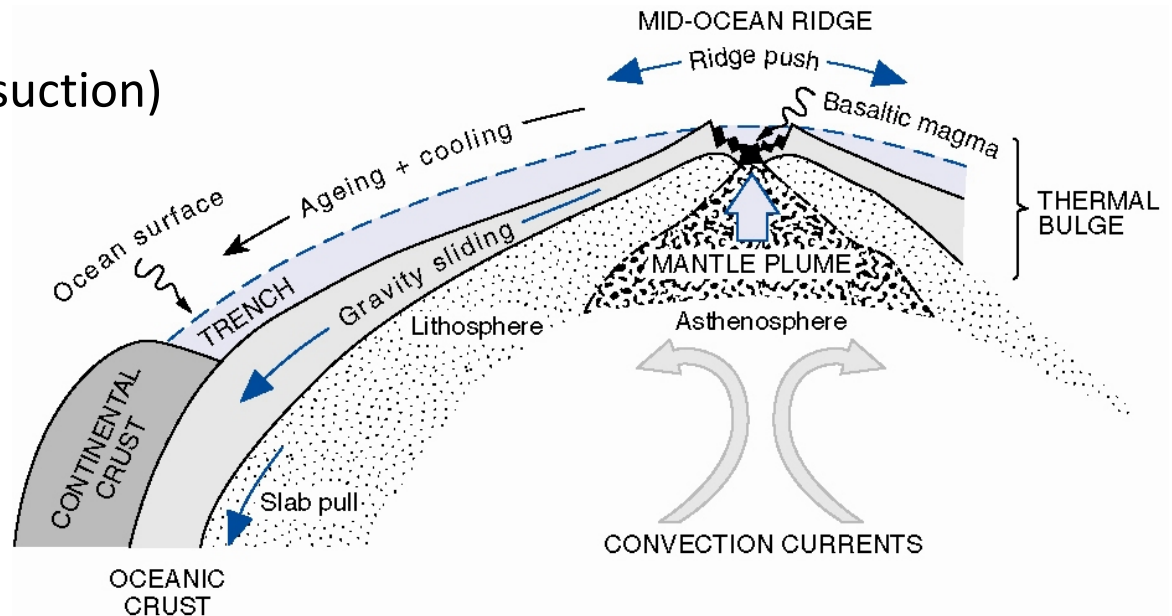
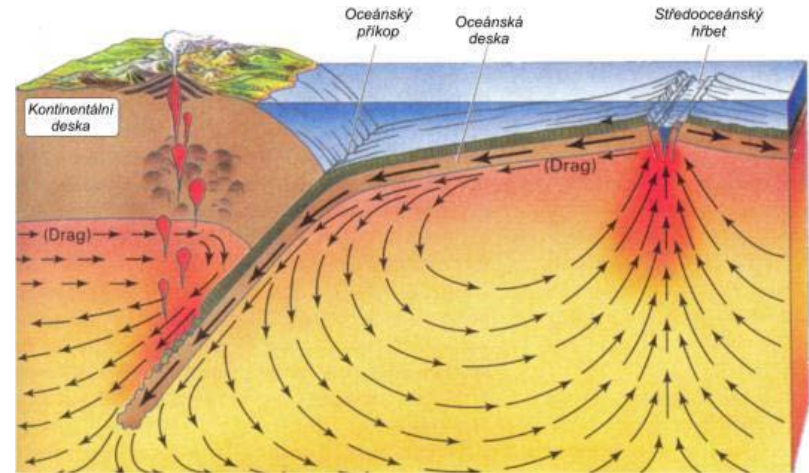
Plášťová konvekce

Radiogenní teplo vznikající rozpadem radioaktivních izotopů

^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K

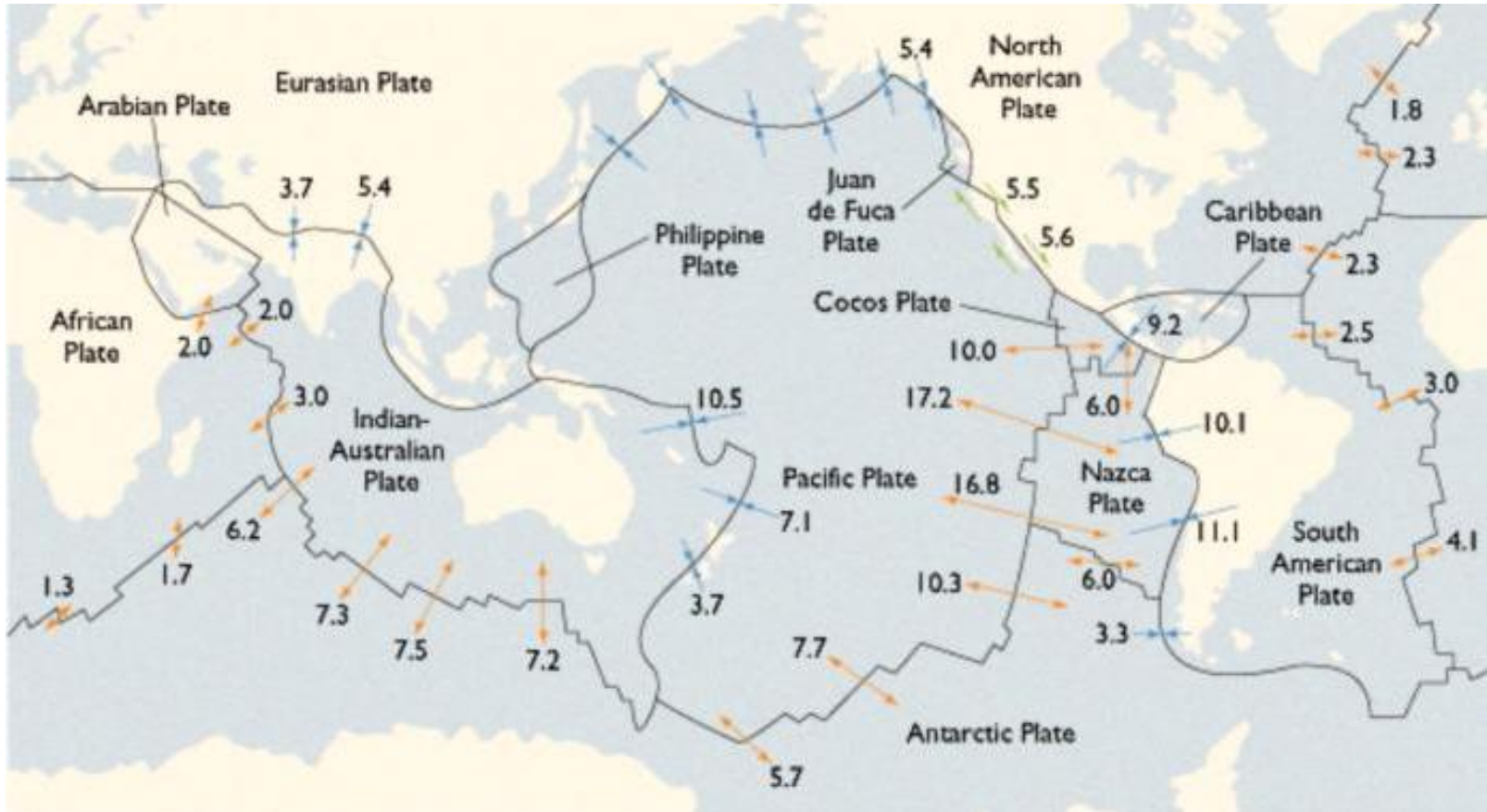
Mechanismy pohybu desek:

- bazální tření
- gravitační skluz (sliding)
- ridge push
- nasávání desky (trench suction)



Rychlost pohybu litosférických desek

Průměrná rychlost pohybu desek = 10 cm.rok⁻¹

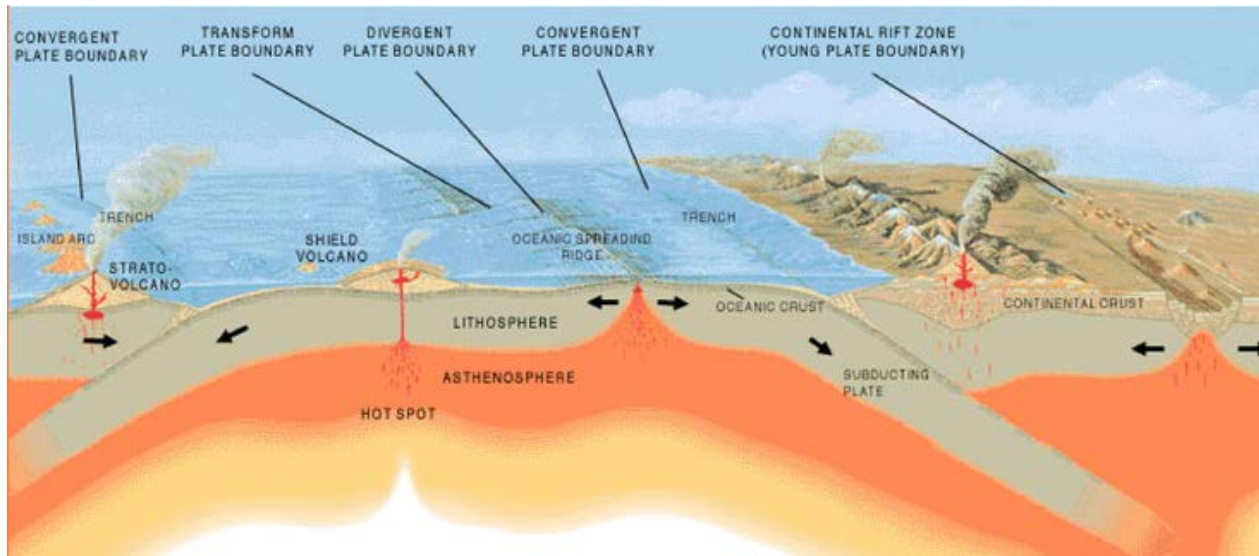
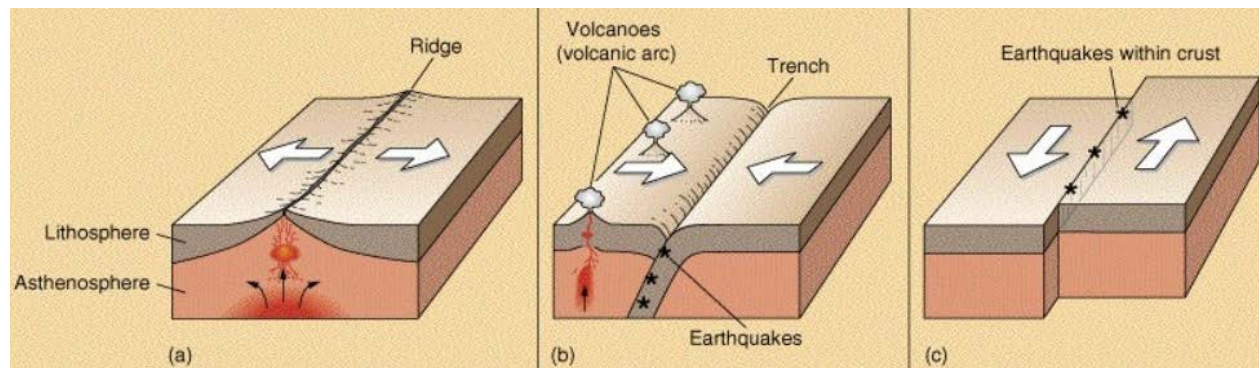


Typy deskových rozhraní

Konvergentní: desky se přibližují

Divergentní: desky se vzdalují

Transformní: desky se pohybují podél sebe



KONVERGENTNÍ ROZHRAŇÍ

- ***podsování*** (subdukce)
 - oceánské kůry pod kontinentální → vznik pásemného pohoří při okraji kontinentu (např. subdukce desky Nazca pod Jihoamerickou desku, Andy)
 - oceánské kůry pod oceánskou → vznik ostrovního oblouku (např. subdukce pacifické desky pod Filipínskou, souostroví Mariany)
- ***kolize***
 - střet dvou desek s kontinentální kůrou (nedochází k podsování) → vznik pásemného pohoří (např. kolize Africké a Eurasijské desky, Alpy; kolize Indické a Eurasijské desky, Himálaj)

typy SUBDUKCE a KOLIZE

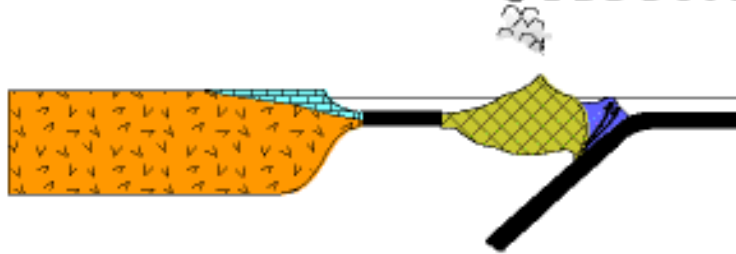
SUBDUKCE:

oceánská kůra pod oceánskou
oceánská kůra pod kontinentální

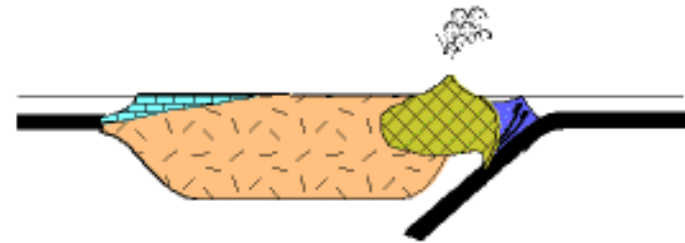
KOLIZE:

kontinent s ostrovním obloukem
kontinent s kontinentem

SUBDUCTION OROGENIES

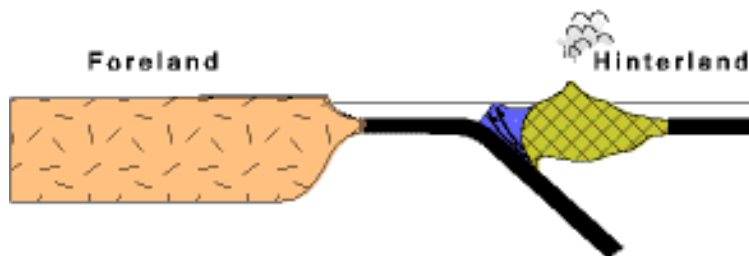


Island Arc Type

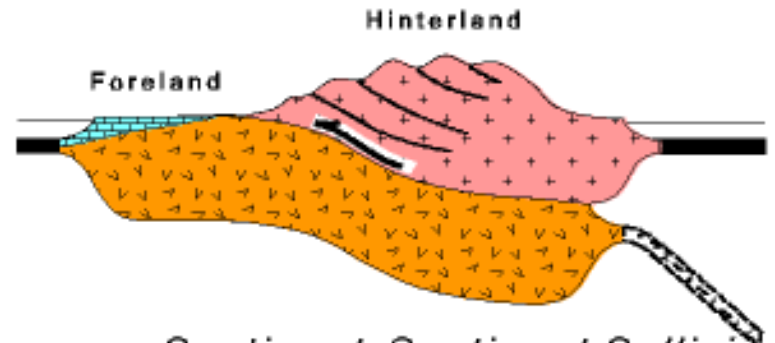


Cordilleran Type

COLLISION OROGENIES

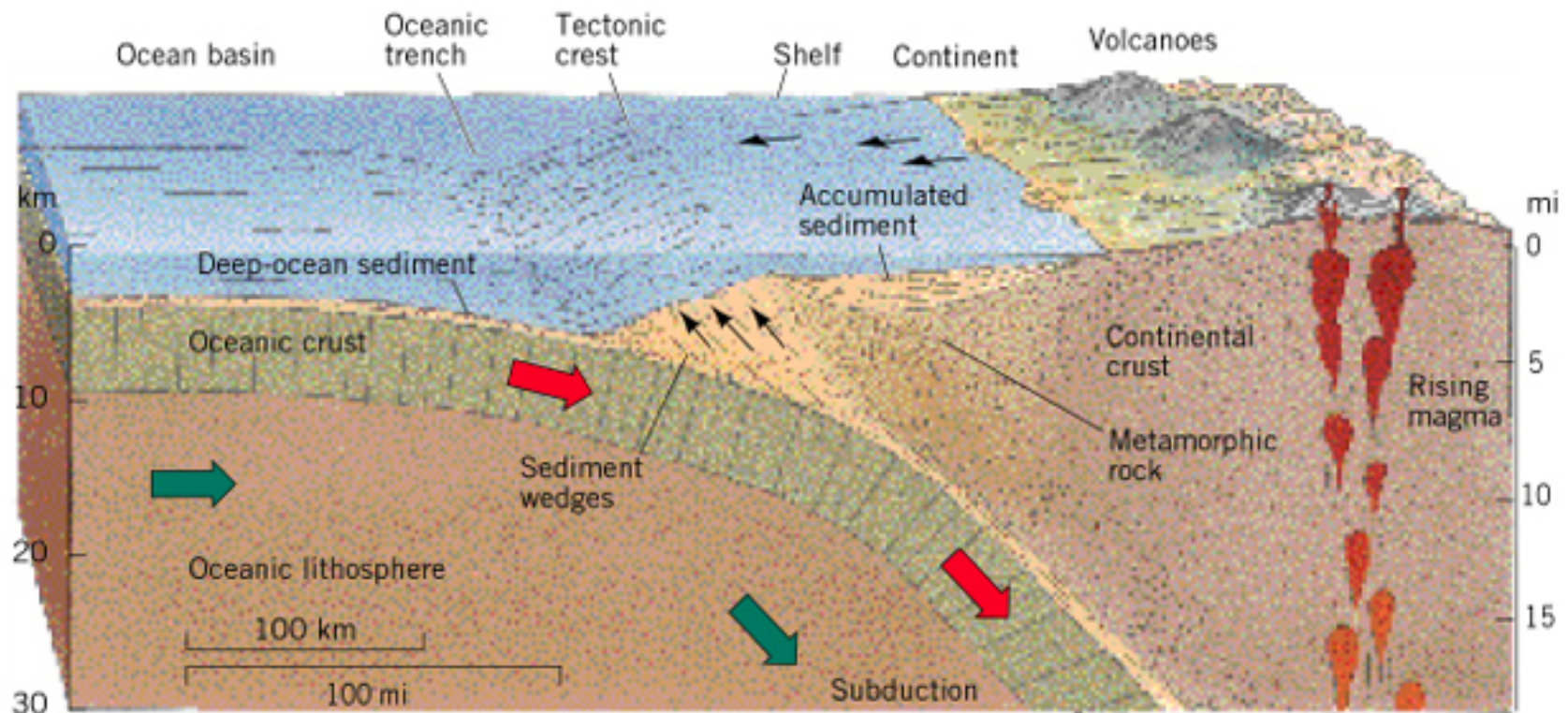


Continent-Island Arc Collision



Continent-Continent Collision

Subdukce oceánské kůry pod kontinentální

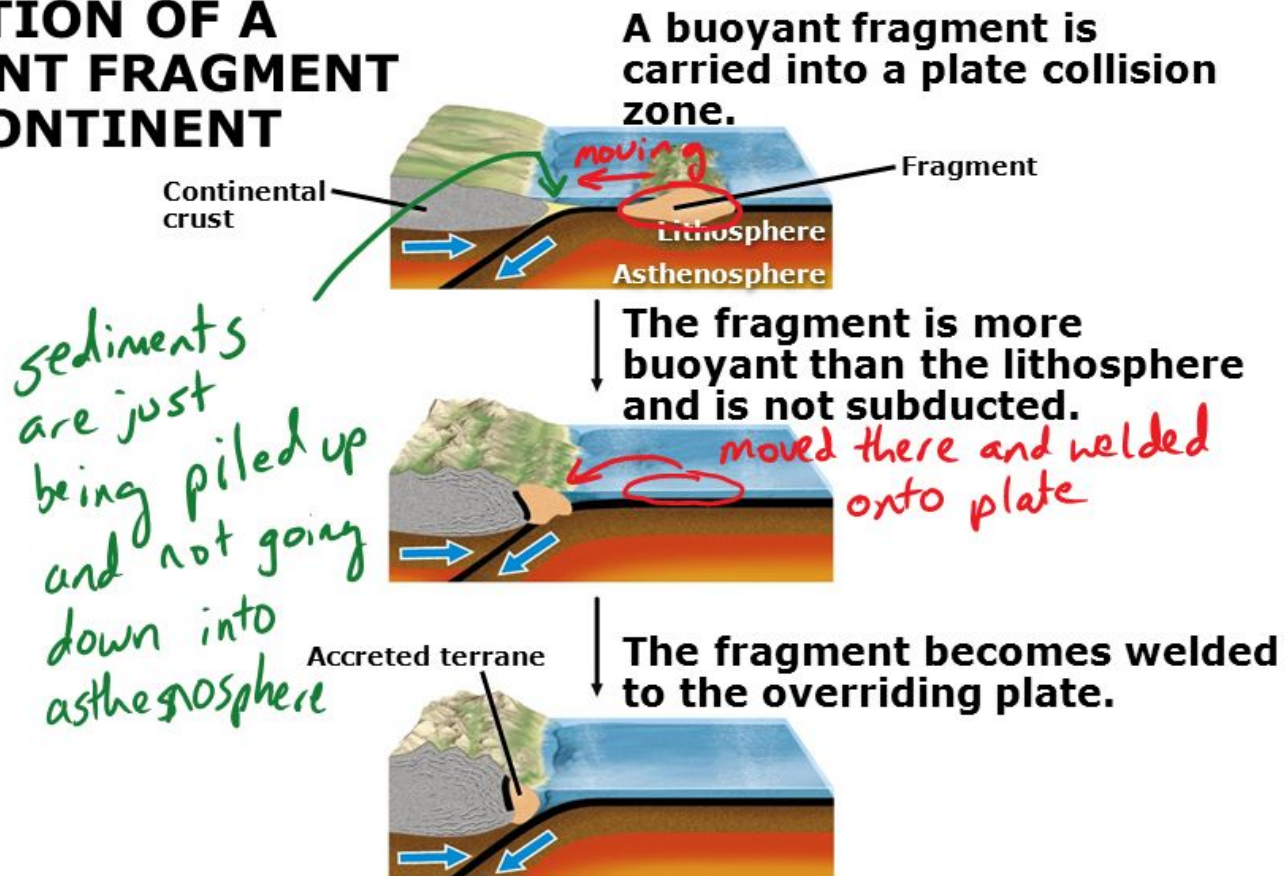


Terány /terranes/

Terán = geologická jednotka s příbuznými horninami a společným vývojem, horizontálně přesunutá do svojí současné pozice

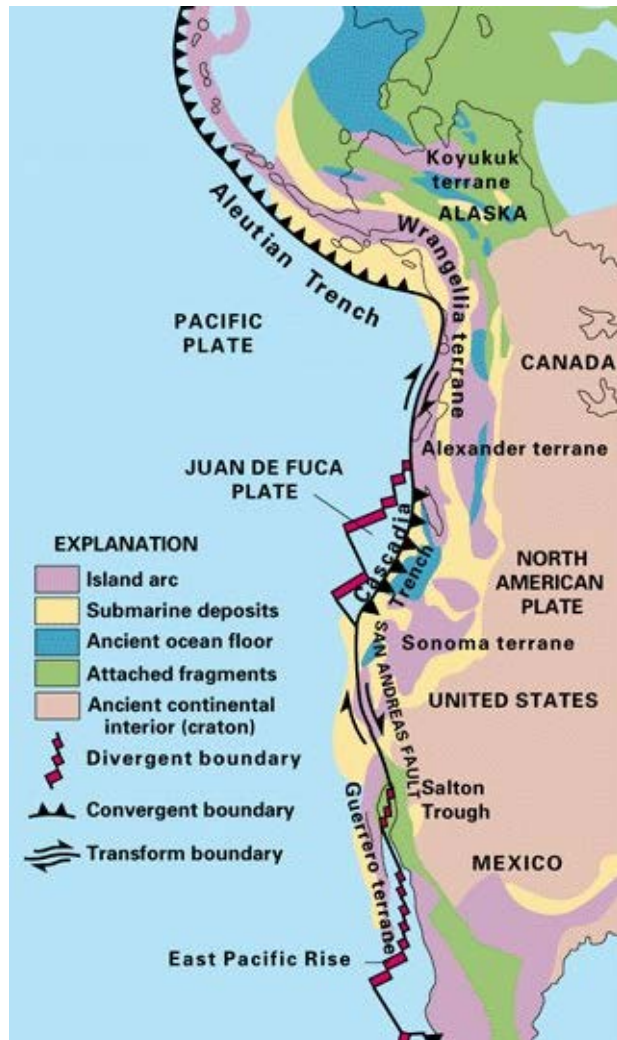
Terány jsou součástí kontinentální nebo přechodné kůry

ACCRETION OF A BUOYANT FRAGMENT TO A CONTINENT



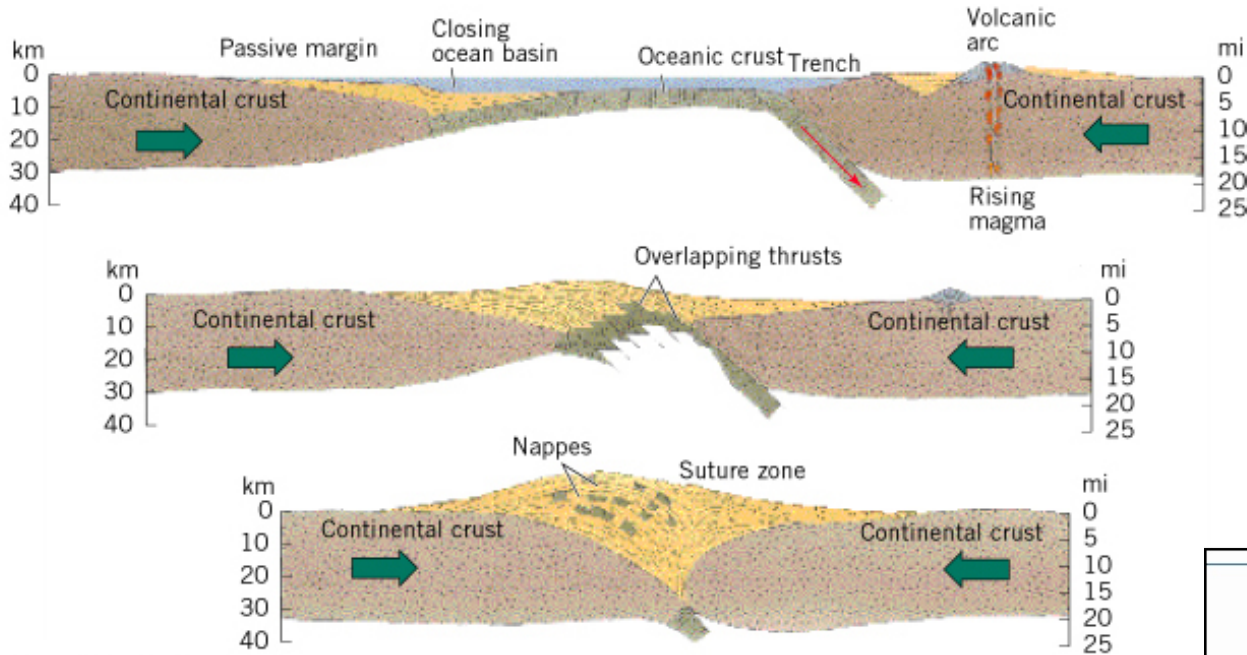
PŘÍKLAD:

Terány – západní pobřeží S. Ameriky



Složení teránů z. pobřeží S. Ameriky:
ostrovní oblouky
sedimenty mořského dna
útržky oceánské kůry
+
kratonní horniny

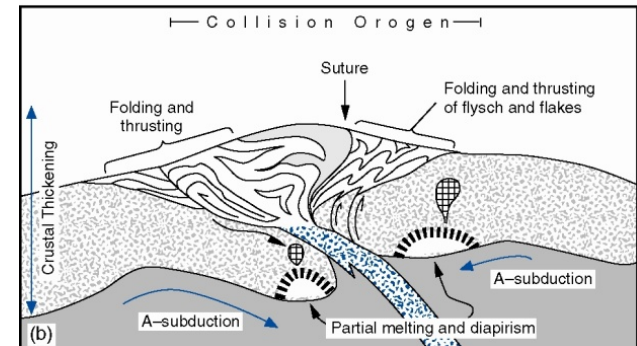
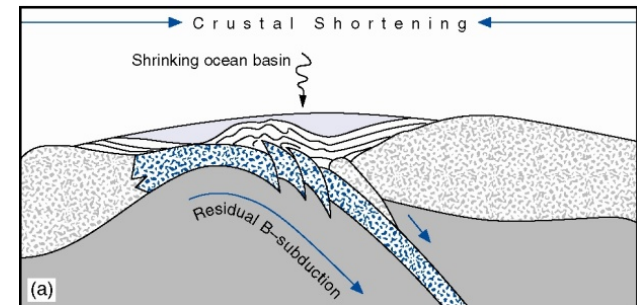
Kolize dvou desek s kontinentální kůrou



Copyright © John Wiley & Sons, Inc.

B (Benioff) subdukce: tisíce km oceánské kůry;
podsouvání hustších hornin

A (Ampferer) subdukce: několik málo stovek
km; podsouvání nebo přesunování méně
hustých hornin

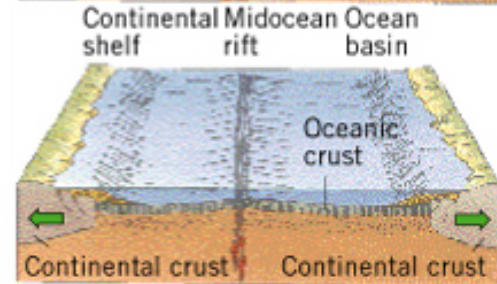
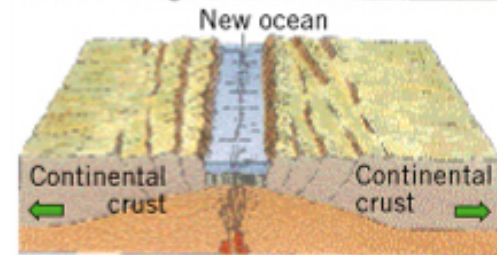
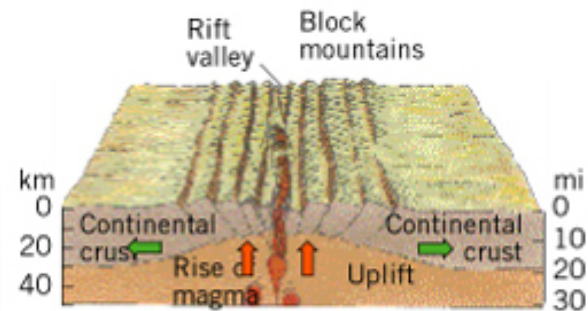
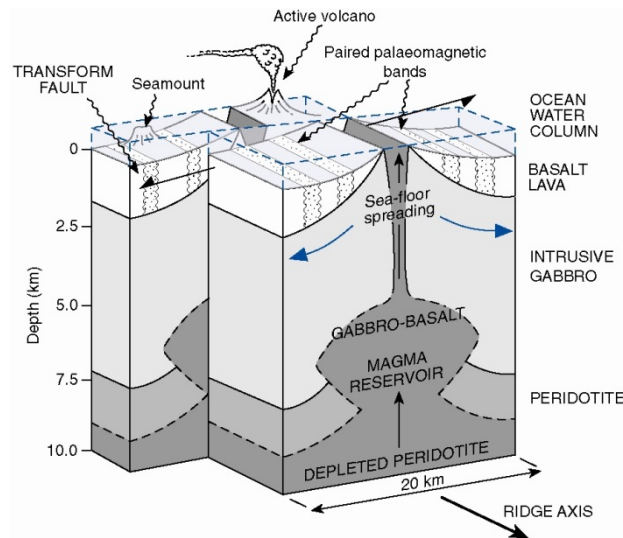


DIVERGENTNÍ ROZHRANÍ

Rozdělení
pevninské kůry



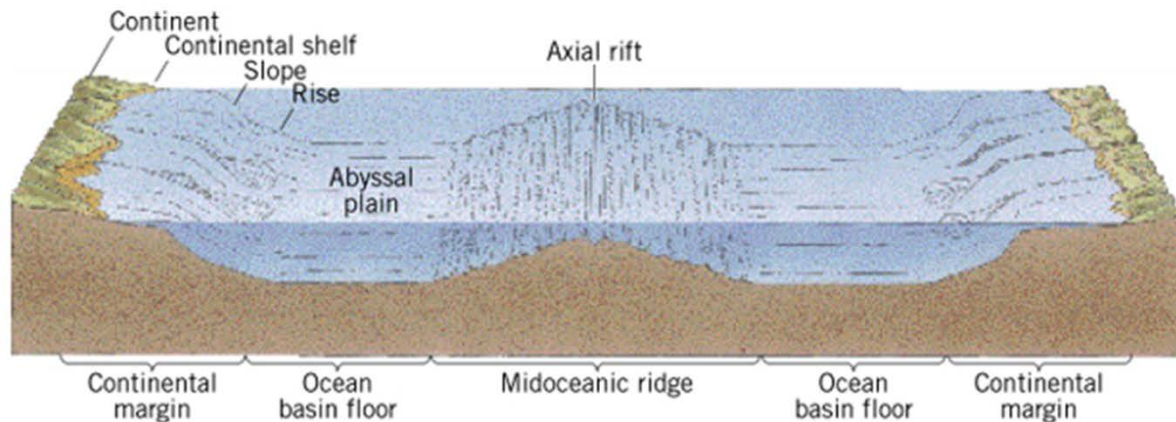
Vznik nového
oceánu



Copyright © John Wiley & Sons, Inc.

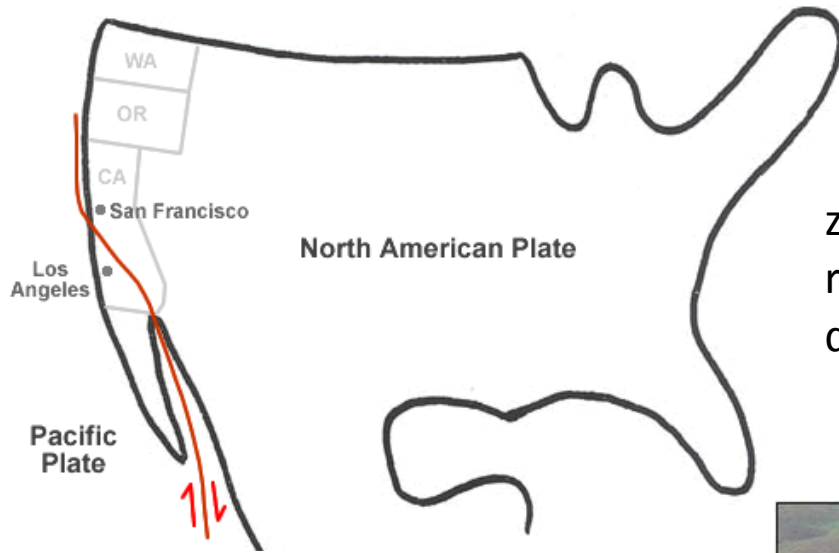
rift (středoocéánský hřbet)
oceánské pánve (abysální roviny,
hloubka ± 5000 m)

pevnina → šelf → svah → úpatí



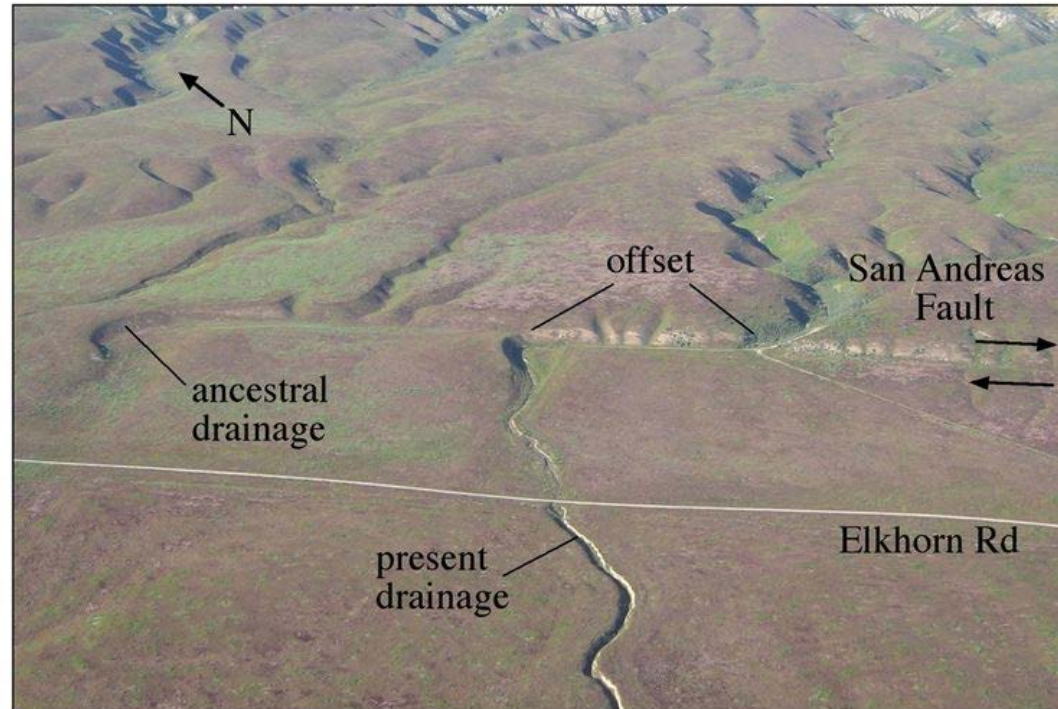
Copyright © John Wiley & Sons, Inc.

TRANSFORMNÍ ROZHRANÍ



zlom San Andreas
rozhraní Pacifické a Severoamerické
desky

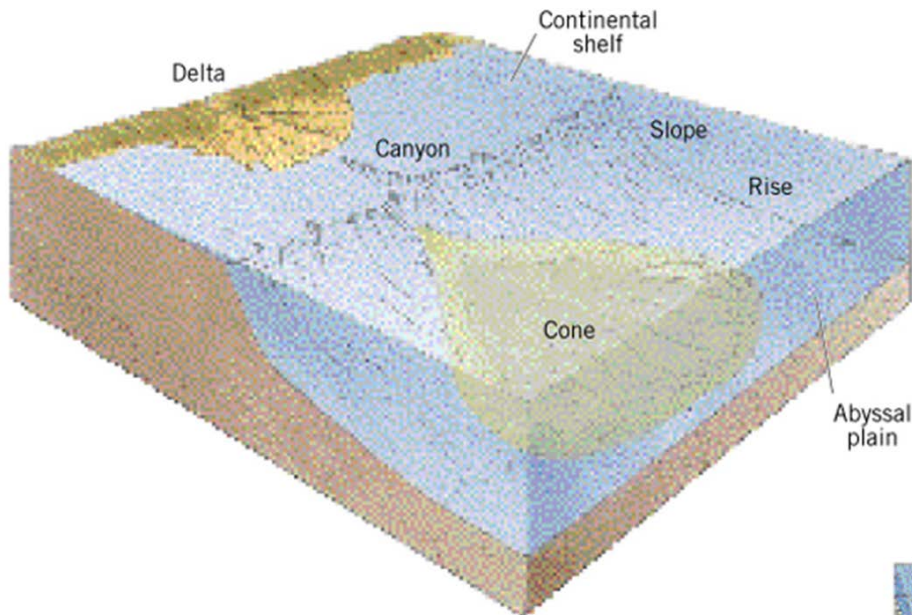
Posun desek podél
transformního zlomu může
vyvolat odsunutí vodních toků
(offset drainage)



Typy kontinentálních okrajů

Pasivní kontinentální okraje

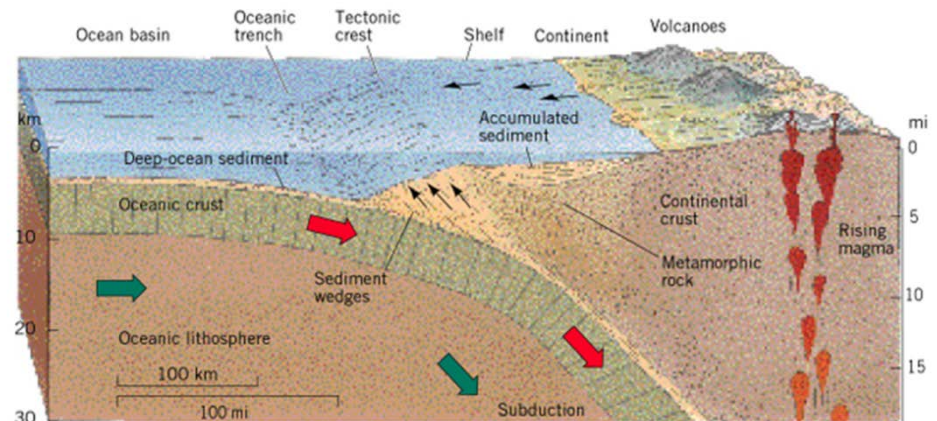
Od počátku mesozoika tektonicky a vulkanicky neaktivní



Copyright © John Wiley & Sons, Inc.

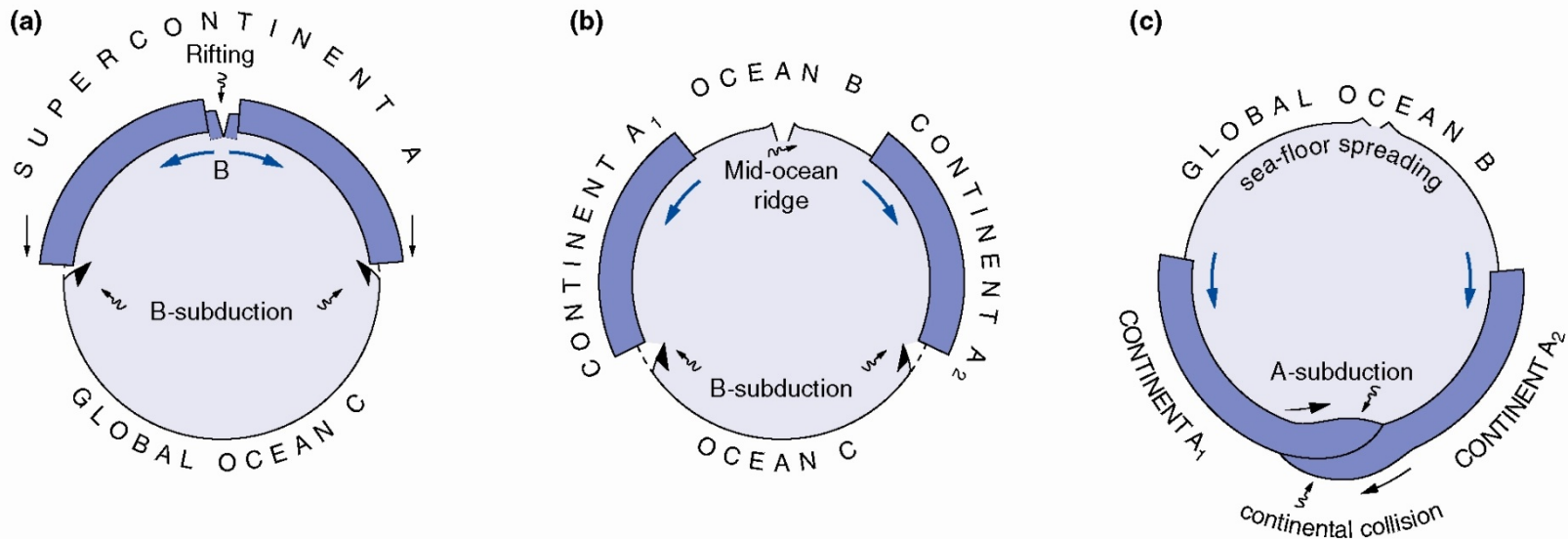
Aktivní kontinentální okraje

Od mesozoika intenzivní tektonická a vulkanická aktivita, orogeneze



Copyright © John Wiley & Sons, Inc.

Wilsonův cyklus



Průměrná rychlost pohybu desek = 10 cm.rok^{-1} → délka trvání cyklu = cca 500 mil. let

8 až 10 cyklů během historie Země

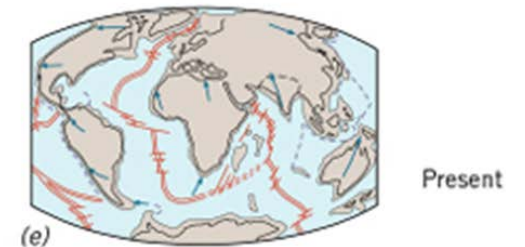
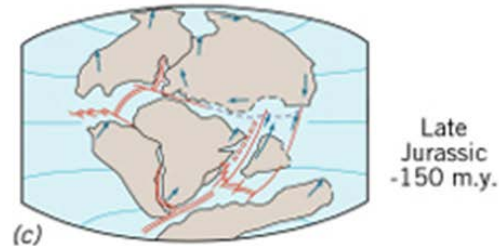
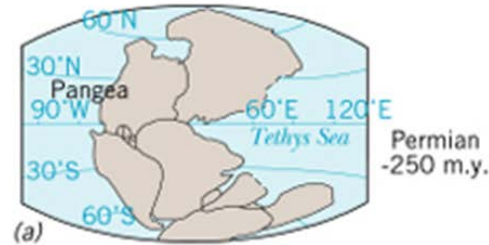
Současnost: $\frac{1}{2}$ cyklu – počátek rozpadu superkontinentu *Pangea* před 200 mil. lety

Rekonstrukce uspořádání kontinentů

před 825–750 mil. lety
rozpad kontinentu
RODINIA

před 608 mil. lety z části
fragmetů Rodinie vzniká
GONDWANA

před 336 mil. lety vzniká
PANGEA kolizí
kontinentů Gondwana,
Laurasia a Siberia



Copyright © John Wiley & Sons, Inc.

Počátek rozpadu superkontinentu
Pangea před 215 mil. lety