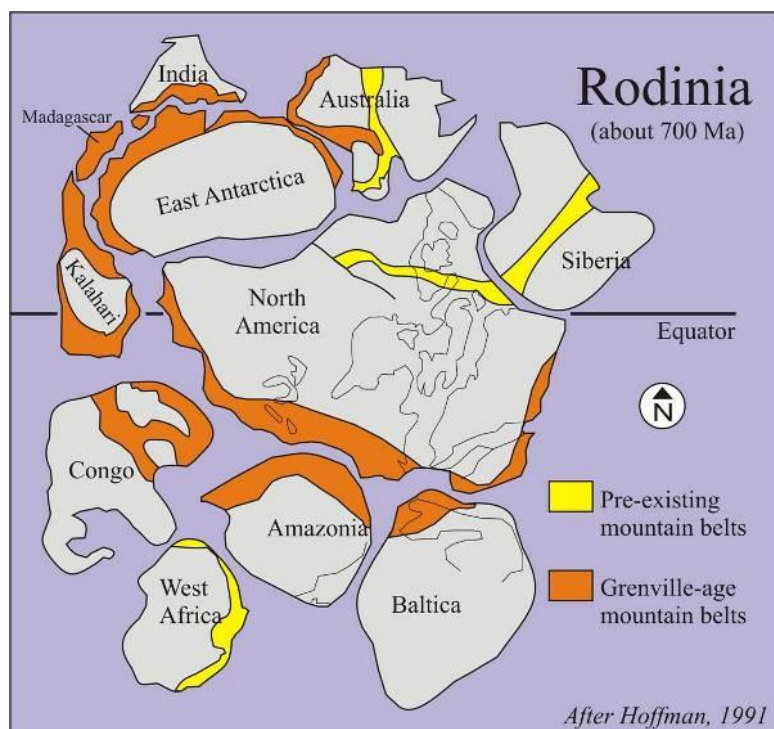


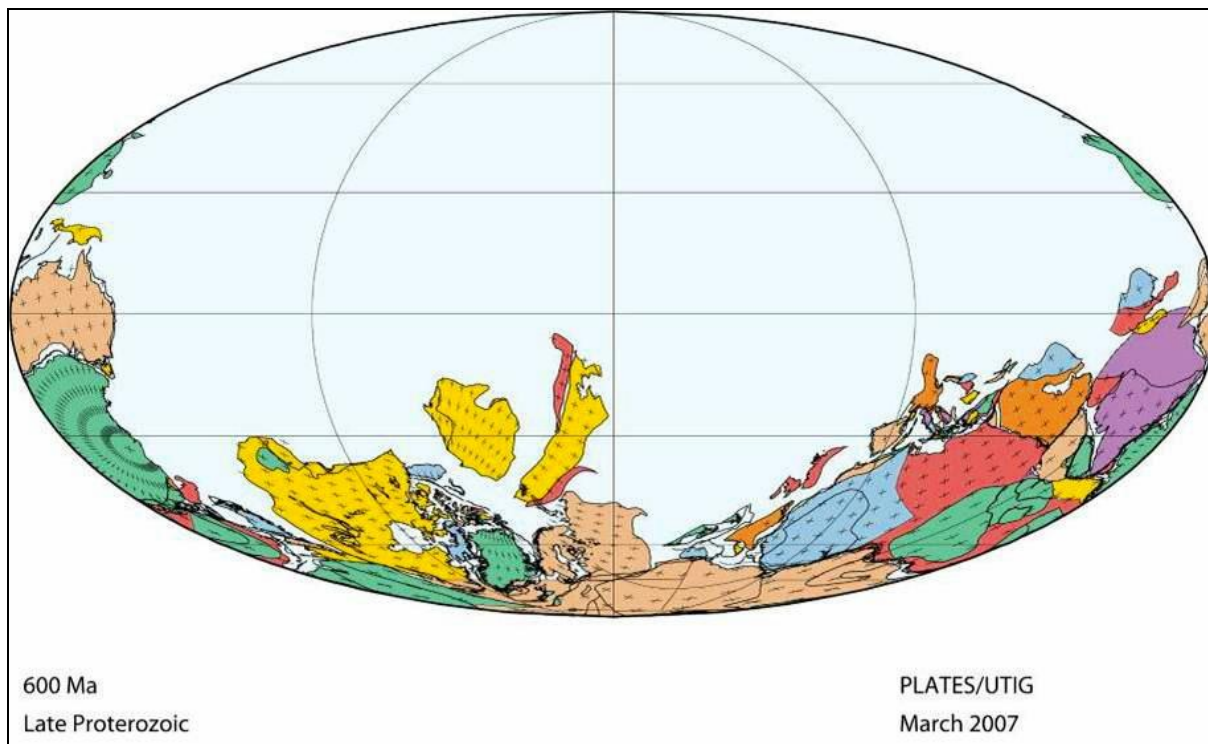
## Globální tektonika

Vývoj Austrálie vzhledem k jejímu stáří byl dlouhý, komplikovaný a v nejstarších obdobích je obtížně rekonstruovatelný. V archaiku (3,8 – 2,5 mld. l. BP) byly zárodky Austrálie součástí malých a rychle se vyvíjejících kontinentů. Ve starším a středním proterozoiku (2,5 – 1,0 mld. l. BP) zřejmě vznikaly již rozsáhlé kontinenty. Relevantní pro účely této učebnice je až konec středního proterozoika (1,2-1,0 mld. l. BP), kdy došlo ke sjednocení dosavadních kontinentů v superkontinent **Rodinia** (označována též jako Pangea I pro odlišení od Pangey II z období prvohor). Rodinia trvala velmi dlouho, asi 250 - 350 mil. let. Zárodky Austrálie se tehdy nácházely na severní polokouli. Viz obr. Geo\_1.



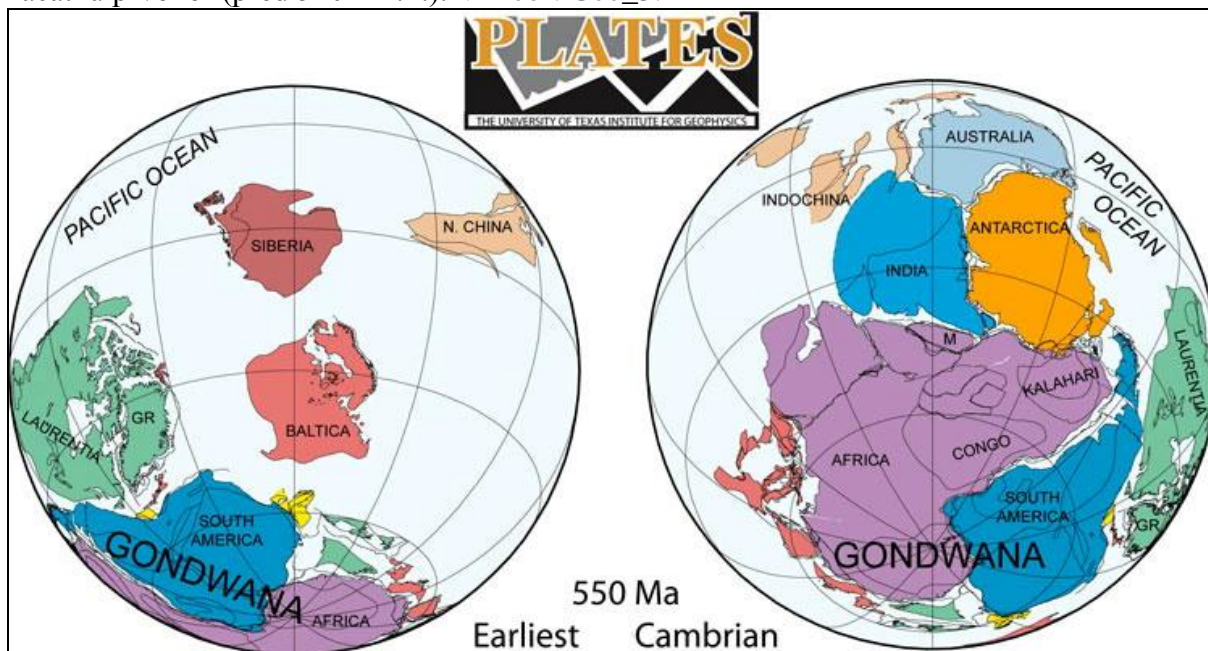
Obr. Geo\_1 Přibližně sestavený model kontinentu Rodinia. Žluté pásy jsou starší pásemná pohoří, oranžové pásy jsou pohoří vyvrásněná před cca 700 mil. lety při sražení všech dosavadních kontinentů dohromady. Šedé oblasti jsou staré kratony (nejstarší žulové masívy, kolem nich se dále vyvíjela kontinentální kůra a vznikaly kontinenty. Všimněte si ještě „nehotového“ tvaru Austrálie, V. třetina kontinentu – Tasmanidy budou přivrásněny až následně v prvohorách. Doba, ke které je obrázek datován je asi 50 mil. l. po rozpadu Rodinie.

V následujícím mladém proterozoiku následoval opětovný rozpad Rodinie, který byl dokončen 0,76 mld. l. BP. Vznikly kontinenty Proto-Laurasia na severu, Proto-Gondwana na jihu a samostatný kraton Kongo. Vzájemnými pohyby došlo k sevření Konga mezi uvedené proto-kontinenty. Před 600 mil.l. ke konci proterozoika tak vznikl další, teprve v r. 1997 popsáný superkontinent - **Pannotia**. Měl tvar rozvěšeného V, ležel na j. polokouli kolem pólu, což muselo vést k největšímu zalednění v geologické historii Země. Viz obr. Geo\_2.



Obr. Geo\_2. Začátek rozpadání Pannotie. Austrálie je vlevo v oblasti rovníku. Východní třetina Austrálie však v té době ještě neexistovala, je uvedena jen pro lepší rozpoznání kontinentu. Zeleně zbarvený kontinent j. od Austrálie je Východní Antarktida. Zdroj: Univ. of Texas, Institute for Geophysics.

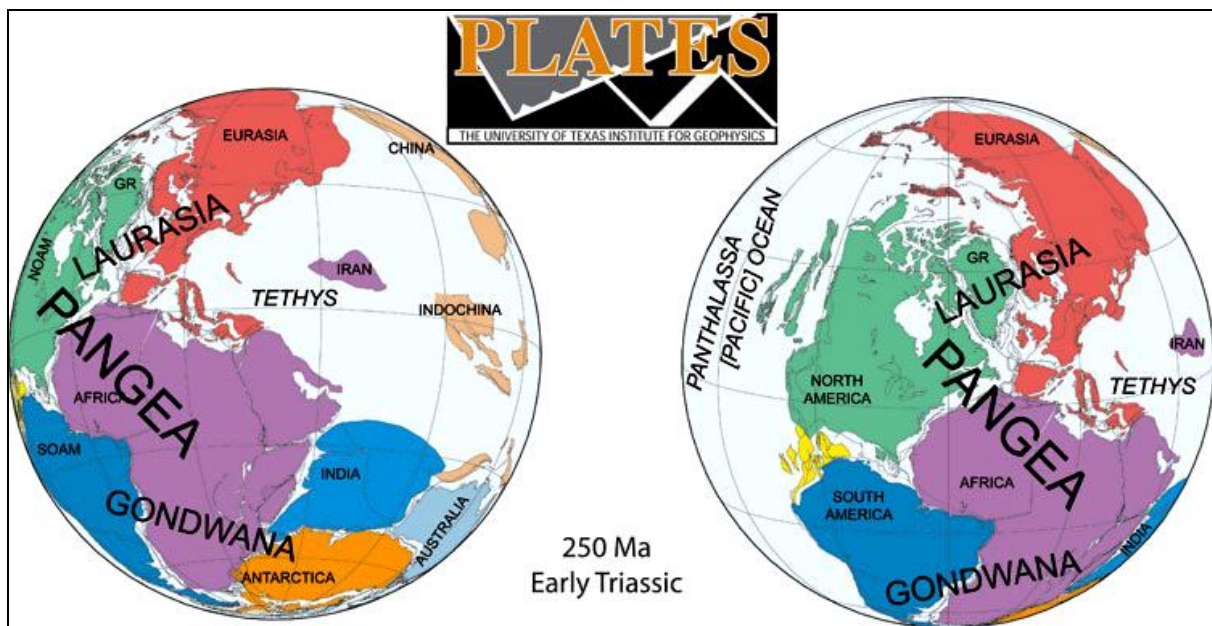
Existence Pannotie byla však krátká, dílčí kontinenty se stále pohybovaly a vznikaly v nich systémy trhlin s poklesy povrchu (rifts). Rozpadla se rychle asi po 60 mil. l. na samém začátku prvohor (před 540 mil. l.). Viz obr. Geo\_3.



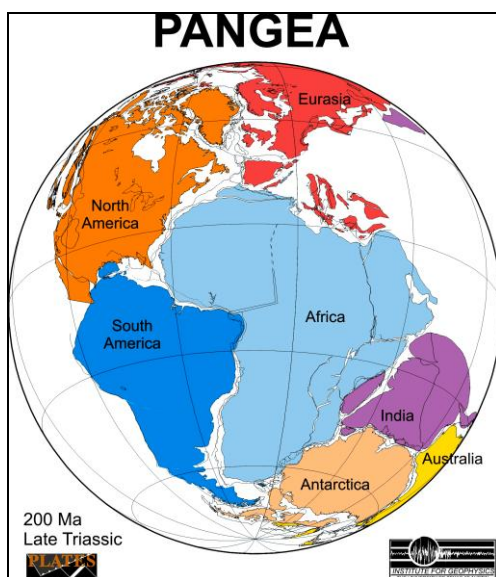
Obr. Geo\_3. Pokročilé rozpadání Pannotie na konci proterozoika. Východní třetina Austrálie ovšem i v této době ještě chyběla. Všimněte si i zcela převrácené polohy Jižní Ameriky.

Rozpadem Pannotie vznikly kontinenty Laurentie, Baltica, Siberie a Gondwana (prvotní). Zároveň došlo k masivní transgresi – rozsáhlé mořské záplavě, která vrcholila uprostřed

kambria (510 mil.l. BP). Postihla především severní oblasti (Laurentii), jižní kontinent (Gondwana) byl většinou vynořený. Ovšem rozsáhlé části Austrálie byly zaplaveny a vznikaly zde sedimenty. Uvedené kontinenty pak prodělaly vývoj přivrásněním dalších částí. Ve druhé polovině kambria (510 – 490 mil. l. BP) a dále v ordoviku až do počátku siluru došlo k silnému ochlazení klimatu, Gondwana navíc v té době ležela u již. pólu, takže došlo opět (a nikoliv naposled) k velkému zalednění i dnešní Austrálie. Z těchto dob jsou známy ledovcové sedimenty, ukryté často v kilometrových hloubkách. Po roztátí ledovců na Gondwaně byla ve středním siluru (425 mil. l. BP) dosažena nejvyšší hladina moří v historii Země, došlo k velké transgresi a uložení rozsáhlých formací sedimentů. Většina kontinentů se v této době nacházela na j. polokouli, kde docházelo k jejich opětovnému spojování. V karbonu (359 – 299 mil. l. BP) se prvotní Gondwana a Laurusie (vyvinula se z Laurentie) začínají přibližovat. V permu (299 – 251 mil. l. BP) dochází k jejich kolisi a po kolizi se Sibiří ke konsolidaci zatím posledního superkontinentu – **Pangey(II)**. Viz obr. Geo\_4a, 4b.

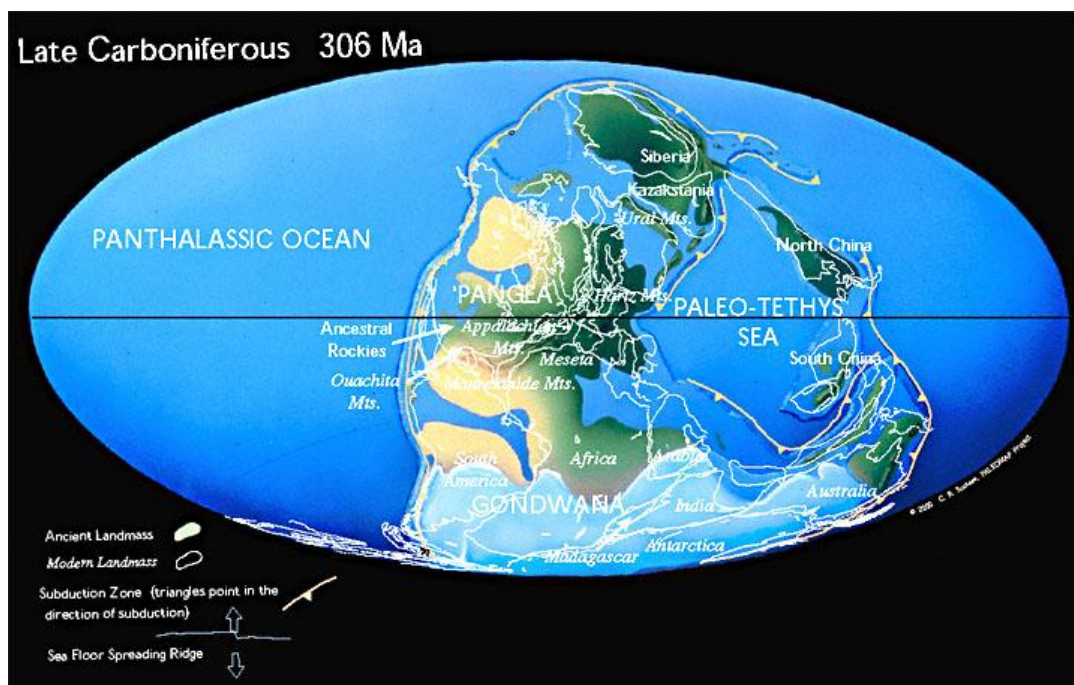


Obr. Geo\_4a. Schéma Pangey. Oblast Sev. Ameriky a Eurasie po rozpadu vytvořily Laurasii, zbývající kontinenty a jejich části Gondwanu. Dle Texas university, Institute for Geophysics.



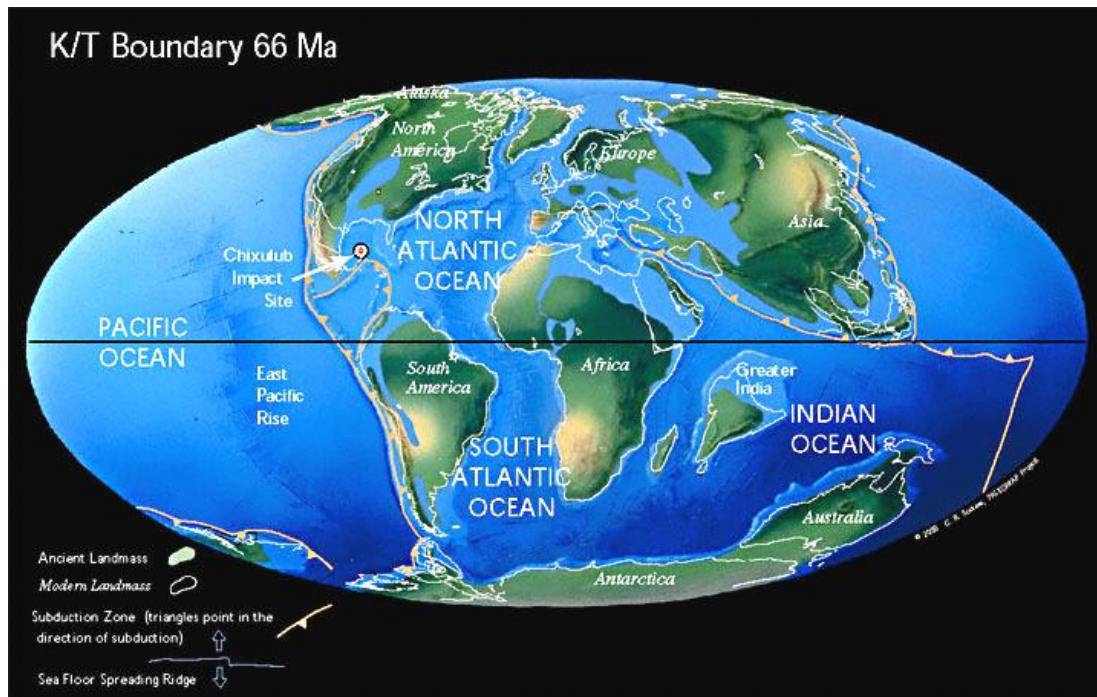
Obr. Geo\_4b. Pangea. Zdroj: University of Texas, Institute for Geophysics.

Přitom došlo k opětovnému a zatím poslednímu rozsáhlému zalednění (jižní) Austrálie. Zalednění trvalo v Antarktidě 90 mil. l., ale Austrálie ležela přece jen v teplejší oblasti dále na sever, takže zde trvalo dobu kratší, asi 55 mil. l. (280 – 225 mil. l.). Skončilo až ve druhohorách v polovině triasu. Při srovnání s dosavadní délkou zalednění (v Antarktidě 20 mil. l.) je zřejmé, o jak významnou událost se jednalo. Viz obr. Geo\_5.



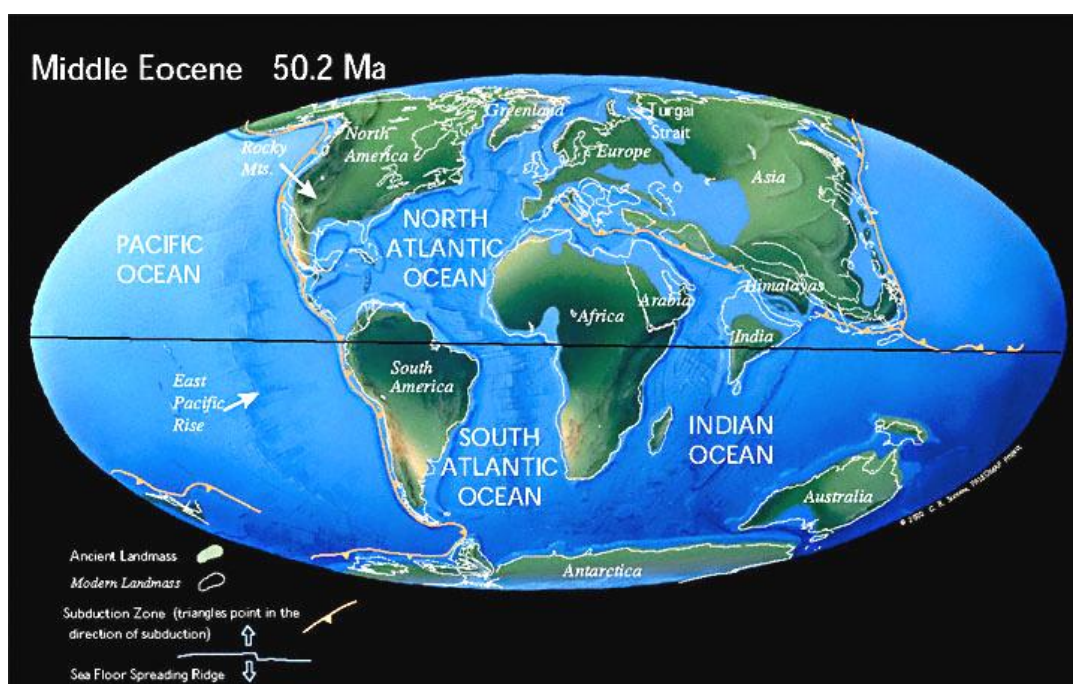
Obr. Geo\_5. Zalednění Gondwany před 306 mil. lety. Gondwanská biota se musela stáhnout daleko na sever k rovníku, mj. i do severní Austrálie. Mapa: <http://www.scotese.com/>

Během jury, asi před 235 mil. lety začínají uvnitř superkontinentu vznikat rozsáhlé prolomy, **Pangea** se začíná trhat. Začal rozpad Pangey na **Laurasii** a **Gondwanu** (následnou, poslední). Před 220 mil. l. se již otevírá se oceán **Tethys** mezi Baltikou a Gondwanou. Dochází též ke stoupání moře. Laurasie od té doby ležela na severní polokouli (a dále se trhala), Gondwana převážně na jižní, ale přesahovala přes rovník i na severní. Během křídý (146 – 65 mil. let BP) se Gondwana rozpadá v kontinenty, které známe dnes. Afrika a Indie s Madagaskarem se odtrhly před 130 mil. lety, následně se odtrhla Jižní Amerika a všechny části putovaly k S. Pouze Austrálie byla stále spojena s Antarktidou, která stále tvořila jádro Gondwany. Viz obr. Geo\_6.



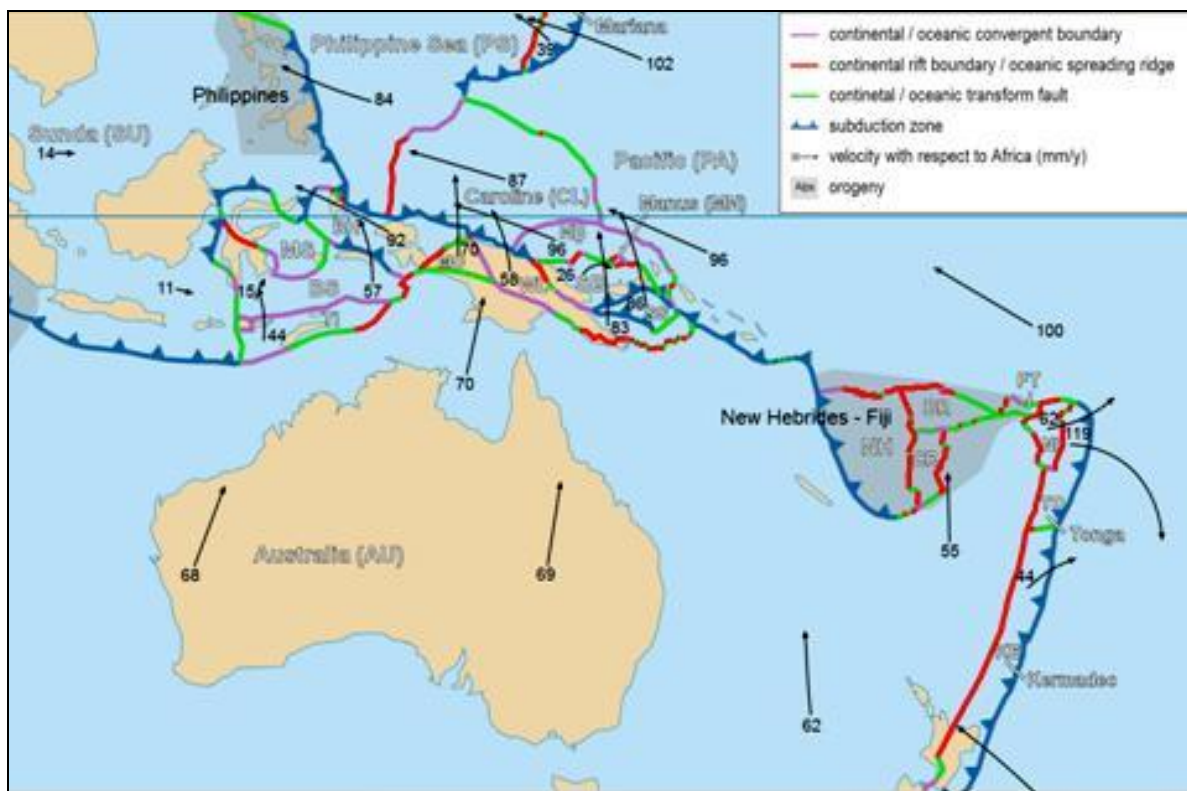
Obr. Geo\_6 dle <http://www.scotese.com/>. Jižní Amerika, Afrika i Indie s Madagaskarem se již dávno odtrhly od Antarktidy, probíhá vrásnění Alp i Karpat, Anatólie i oblasti Iránu, ale Austrálie stále zůstává spojena s Antarktidou, ale i ona se již byla vytažena k severu.

Před 60 – 80 mil. lety se odtrhl i Nový Zéland. Postupně však vznikaly a rozšiřovaly se trhliny i mezi Antarktidou a Austrálií, proces to však byl, jak se na Austrálii patří, náležitě zpožděný a pomalý. Teprve ve starších třetihorách (počátkem eocénu), když Indie v rámci společné Indicko-australské tektonické desky narazila do Asie, začaly vznikat Himaláje a pohyb Indie k S se zpomalil, začíná se více pohybovat Austrálie. Před 53 mil. lety se Austrálie definitivně odtrhla a mířila k SSV (viz obr. Geo\_7). Zpočátku to byl pohyb pomalý, ale postupně nabýval na rychlosti. Austrálie s sebou „odvážela“ do teplých krajín už vyvinutou gondwanskou květenu i zvířenu, tu, která na vlastní Antarktidě za několik desítek milionů let vyhyne pod ledovým příkrovem.



Obr. Geo\_7. Poloha kontinentů ve středním eocénu před 50,2 mil.l. Afrika a Indie už narazily do Euroasijského kontinentu a vyvolaly vrásnění hor od Alp přes Karpaty až po Himaláje. Austrálie se teprve nedávno odtrhla od Antarktidy. Vrásněním na čele pohybující se desky vede k vyvrásnění pohoří na dnešní N. Guinei. Obr. dle <http://www.scotese.com/>.

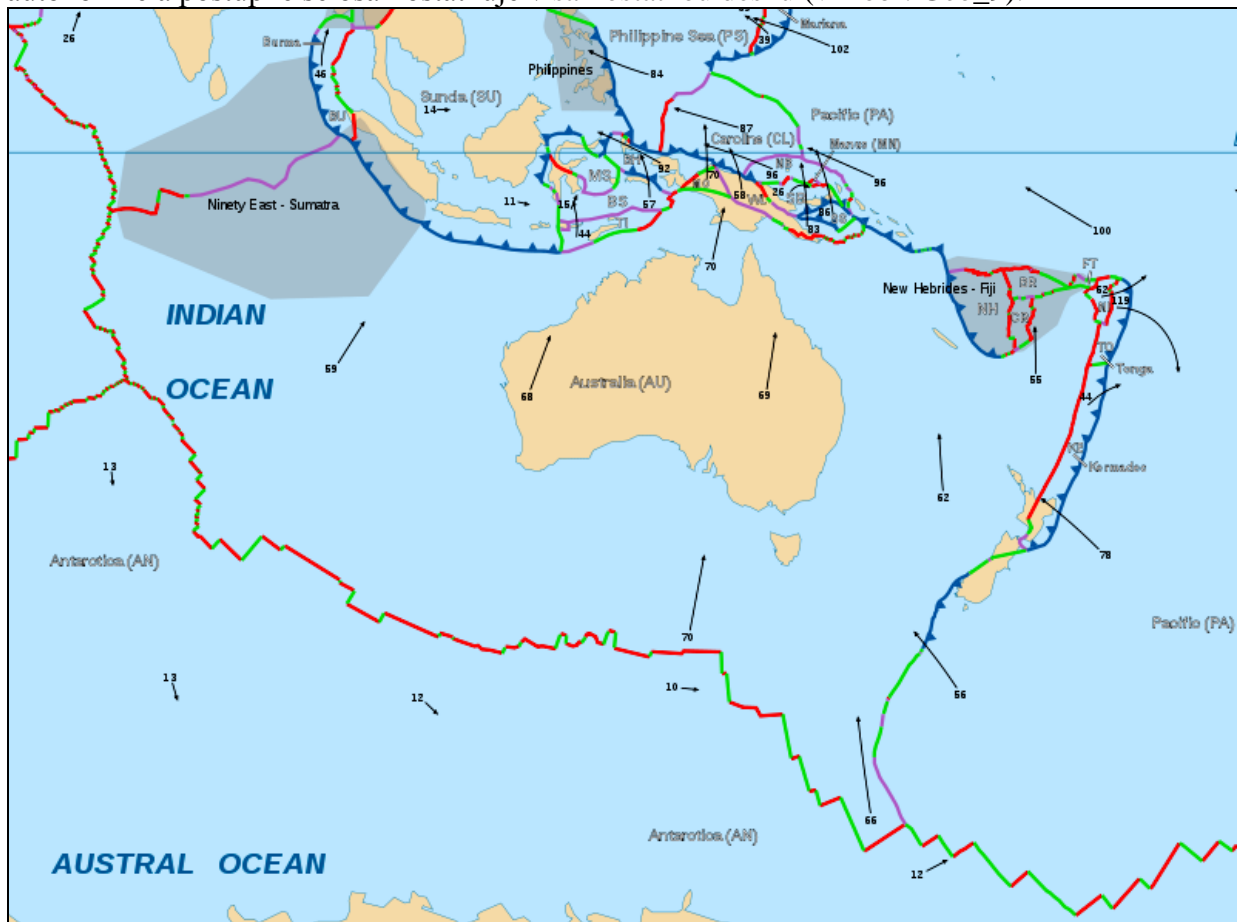
Následující desítky milionů let si Austrálie „plula“ k SSV izolována v rozsáhlém oceánu. Tehdy se vytvořila specifika její bioty a zakonzervovala se. Otázka časování následné kolize Austrálie s Asií nemá jednoznačnou odpověď. Útržky severní Austrálie byly unášeny na S již před 130 mil. lety a před 90 mil. lety dosáhly jv. okraje desky dnešní Asie. Vlastní Indicko-australská deska se začala podsouvat pod Pacifickou před 45 mil. lety. Zároveň vnikaly na jv. okraji asijské desky ostrovní oblouky, s nimiž kolidovala kontinentální Austrálie před 25 mil. l. v oblasti dnešní N. Guineje. Posléze se zasouvaly do sebe (Indicko-) australská deska a Asijská, přičemž Australská dnes sahá západně od N. Guineje až do východní poloviny Sulawesi (Celebesu). Teprve před 3 mil. lety kolidoval australský kontinent s oblastí Sundy v místech dnešního ostrova Timor. Okraje desek se rozpadly do řady mikrodesek, a tak dnešní severní tektonický kontakt Austrálie s Euroasijskou deskou i Pacifickou deskou je extrémně komplikovaný. Daří se ho interpretovat teprve v poslední době (viz obr. Geo\_8).



Obr. Geo\_8. Kolize Indicko-Australské desky s Pacifickou a Euroasijskou vedla rozbití okrajů desek a vzniku velmi komplikované tektonické stavby rozhraní s řadou mikrodesek. Šipky ukazují rychlost pohybu v mm/rok ve vztahu k Africké desce, která je pro tento model považována za nehybnou. Adresa obrázku: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Tectonic\\_plates\\_boundaries\\_detailed-en.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Tectonic_plates_boundaries_detailed-en.svg)

Již koncem miocénu před cca 6 mil. l. díky vázání vody v antarktických ledovcích klesla hladina moří o cca 40 m. Předpokládá se, že výměna biot mezi Austrálií a Asií u pohyblivějších organismů nastala asi před 15 mil. l. a méně pohyblivých před 5 – 3 mil. l. – tedy velmi, velmi nedávno. To umožnilo přežití starobylé australské bioty dodnes, jen s menším ovlivněním z Asie, především na tropickém severu. Náraz Indie do Asie a zpomalení jejího pohybu, zatímco pohyb Austrálie k S v té době nebyl významněji brzděn, vedlo k nárůstu Indicko-australské tektonické desky přibližně na poledníku 90° v.d. Od té

doby geologové předpokládají, že se australská část desky začíná chovat do určité míry autonomně a postupně se osamostatňuje v samostatnou desku (viz obr. Geo\_9).



Obr. Geo\_9. Indicko-australská tektonická deska bývá nově rozdělována na dvě desky oddělené jižně od Indie linií Ninety East-Sumatra - většinou charakteru konvergence (fialová), v Z části divergence. Dochází tedy k rotaci Australské desky proti směru hodinových ručiček, což je důsledek rychleji se pohybující východně ležící Austrálie. Zdroj: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Tectonic\\_plates\\_boundaries\\_detailed-en.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Tectonic_plates_boundaries_detailed-en.svg)

Animace pohybů tektonických desek vč. Austrálie je např. zde:

[http://earthguide.ucsd.edu/eoc/teachers/t\\_tectonics/p\\_plate\\_reconstruction\\_blakey.html](http://earthguide.ucsd.edu/eoc/teachers/t_tectonics/p_plate_reconstruction_blakey.html)

nebo zde: odkaz na powerpoint od texasanů:

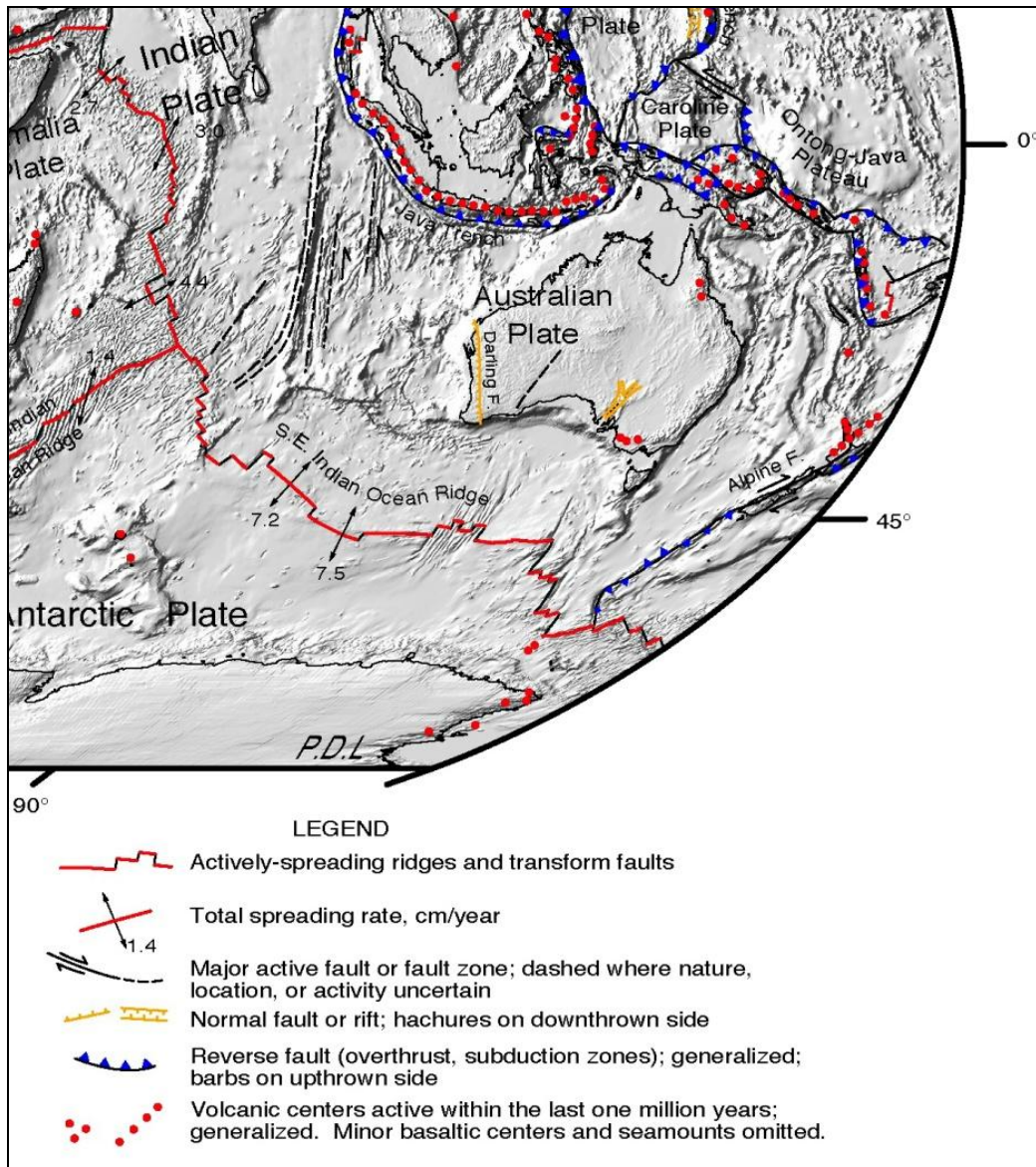
Během dob ledových (glaciálů) ve starších čtvrtohorách klesala hladina moře proti současnosti o 120 - 140 m. Pokles hladiny vedl i přes mírný pokles povrchu v oblastech Torresova a Bassova průlivu k suchozemskému spojení od N. Guineje přes Austrálii až na Tasmánii. To rozšířilo možnosti migrace bioty i lidí mezi ostrovy i na Austrálii. Opětovný zdvih hladiny moře v interglaciálech však zřejmě vedl k velkým konfliktům mezi domorodými kmeny, když kmeny vytlačené z šelfu vtáhly na území jiných kmenů v dnešní severní Austrálii. Zdají se tomu nasvědčovat i drastické skalní malby v sev. Austrálii.

Současná poloha Austrálie na desce a oblasti sopečné činnosti jsou na obr. Geo\_10, zemětřesení na obr. Geo\_12. Nyní se Austrálie stále velmi rychle pohybuje k SSV (viz obr. Geo\_11). Tím se stále aktivizuje výrazná kolizní zóna v oblasti N. Guineje, přičemž Pacifická i Euroasijská deska vykonávají mírný protitlak. Jihovýchodní Indický oceánský hřbet jižně od Austrálie však stále produkuje oceanickou kůru Australské desky, tlačí tedy na kontinentální Austrálii od jihu. Od východu tlačí na Australskou desku subdukující deska Pacifická. Další

mírný tlak od V působí slabě se rozpinající Hřbet Lorda Howea, bývalý středoocéánský hřbet. Austrálie se tak ocitá pod tlakem ze tří stran, což se projevuje pro Austrálii neobvykle četnými zemětřeseními, nedávnou a zřejmě ještě neukončenou sopečnou činností, výzdvihy jednotlivých dílčích ker kontinentu, místy naopak poklesy (východní pobřeží a celá Tasmánie).

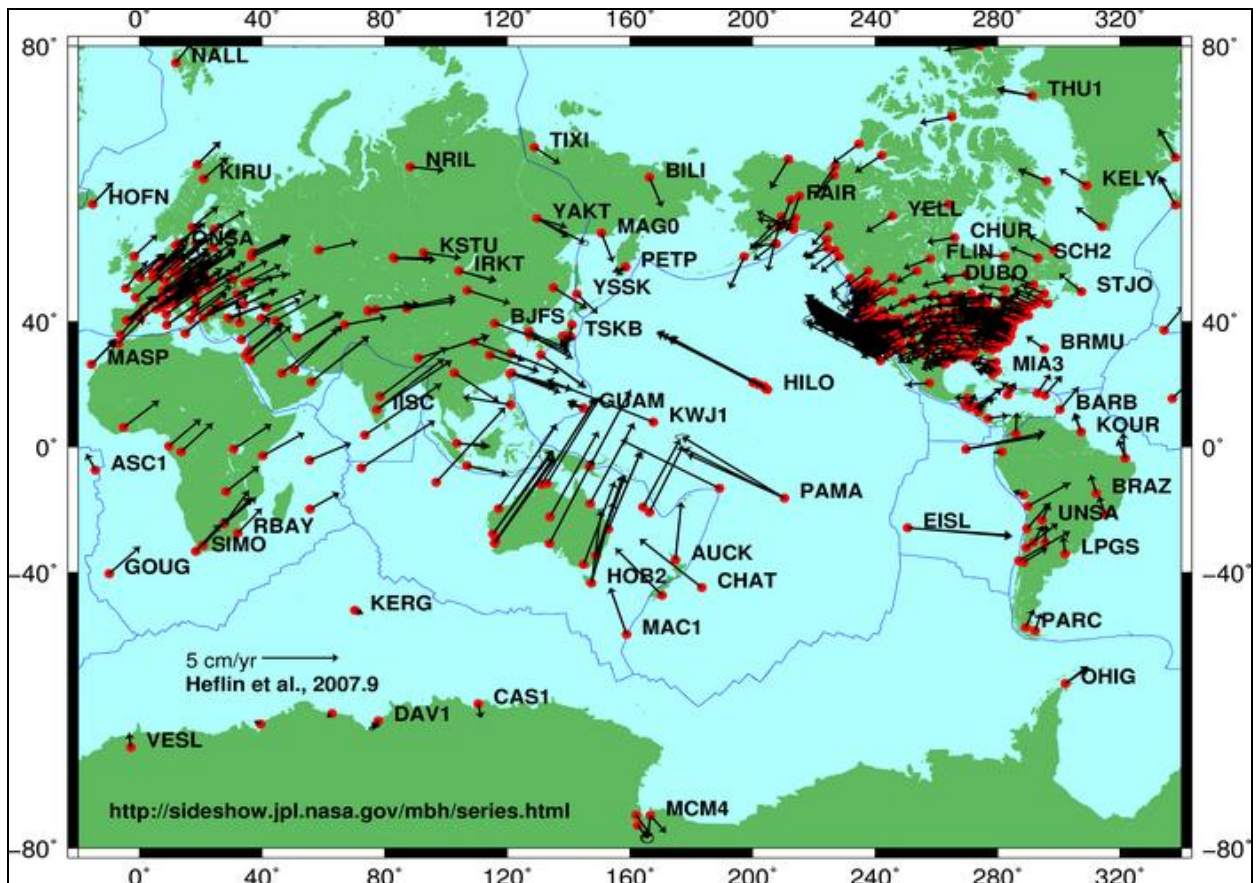
Podrobnosti a závěry odborníků o těchto tlakových polích, deformacích Australského kontinentu a jejich důsledcích včetně horotvorných jsou zde (pdf v angličtině):

<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/08120090802546977>

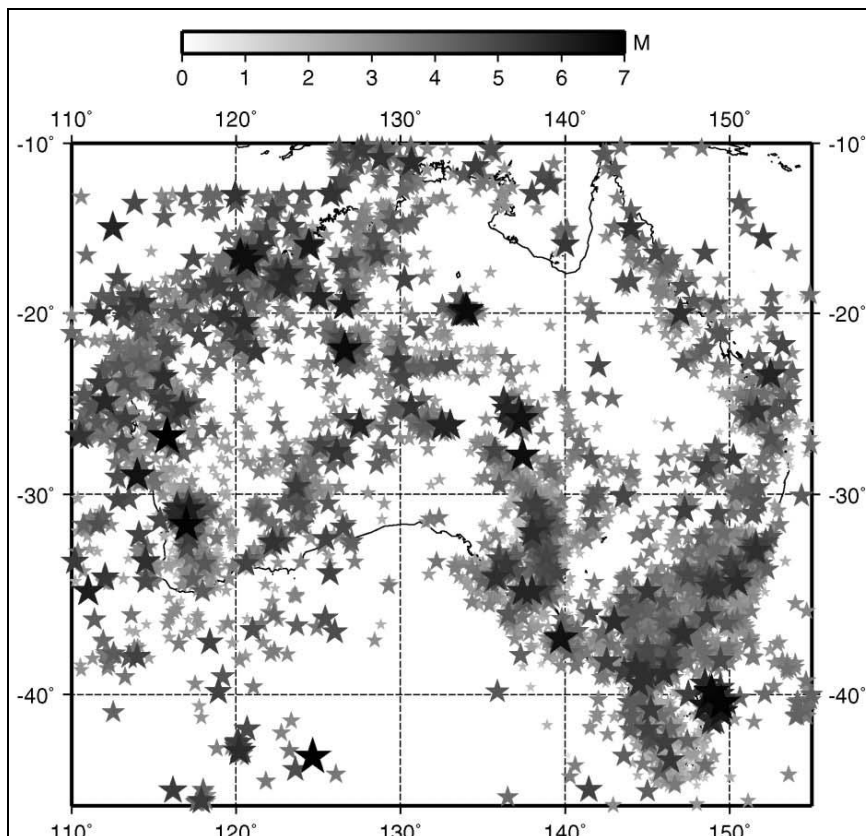


Obr. Geo\_10. Poloha Austrálie na Australské desce, společně se zaznamenaným výskytem riftů, významných zlomů, subdukčních zón a holocénního vulkanismu. Obrázek vychází z prací NASA.





Obr. Geo\_11. Současné pohyby kontinentů na Zemi dle NASA. Délka šipky značí rychlost pohybu, červené body měřící stanoviště se zkratkami názvu. Pohyb bodů byl sledován pomocí GPS a satelitního měření. Jediný kontinent, který se téměř nepohybuje (a to už desítky milionů let) je Antarktida. Austrálie se v současnosti rychle pohybuje k SSV, čímž se dostává do intenzivní kolize s jihovýchodní výběžkem Euroasijské desky (oblast Sunda) a oceanickou Pacifickou deskou. Tlak o VJV zvyšuje i mírně se rozepínající hřbet Lorda Howea, ležící v. od Austrálie. Obrázek vychází z prací NASA: <http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html>



Obr. Geo\_12. Výskyt zemětřesení v Austrálii od r. 1950 do r. 2005. Čím bylo zemětřesení silnější, tím je hvězdička tmavší a větší. Škála nahoře ukazuje magnituda zemětřesení v Richterově stupnici. Většina nejsilnějších zemětřesení se nacházela při pobřeží nebo na šelfu. Povšimněte si linie častějších a silnějších zemětřesení protínající Austrálii od SZ k JV. Má svou geologickou (viz box v další kapitole) i geomorfologickou interpretaci.

Obrázek pochází z tohoto článku:

<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/08120090802546977>

Předpokládá se, že v následujících 50 mil letech se Austrálie bude otáčet proti směru hodinových ručiček kolem oblasti Sundy (tj. přibližně dnešní Indonésie), postupně překoná rovník a někdy za 100 mil l. se dorazí na asijskou pevninu v oblasti Japonska a Číny, jiná verze počítá s dalším pohybem Austrálie (vč. Nové Guineje) k S na severní polokouli k Beringově úžině. Za 250 mil. let má na Zemi opět vzniknout superkontinent, propojující všechny současné kontinenty. Jedna z verzí je zde: <http://www.scotese.com/futanima.htm>.