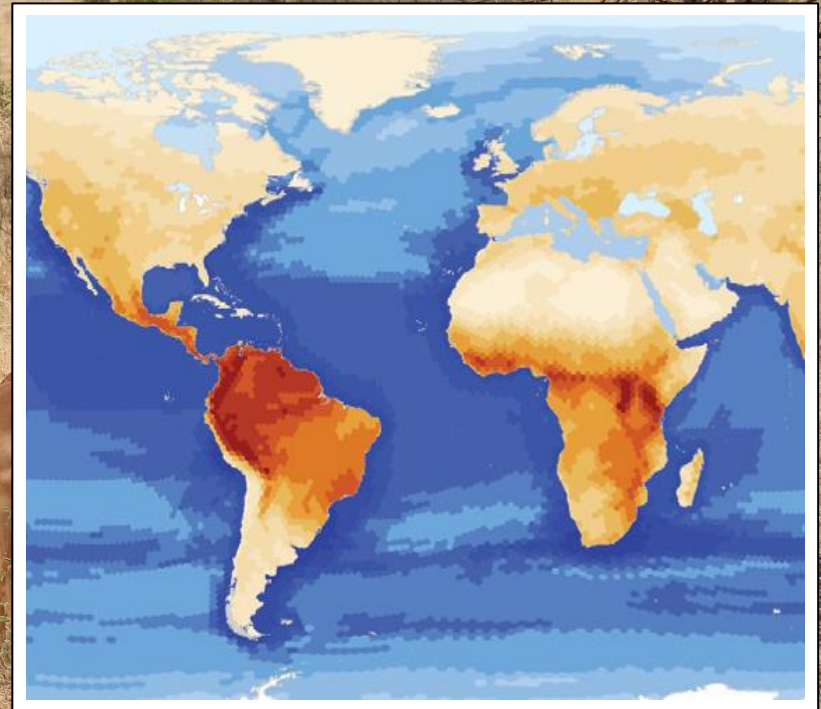
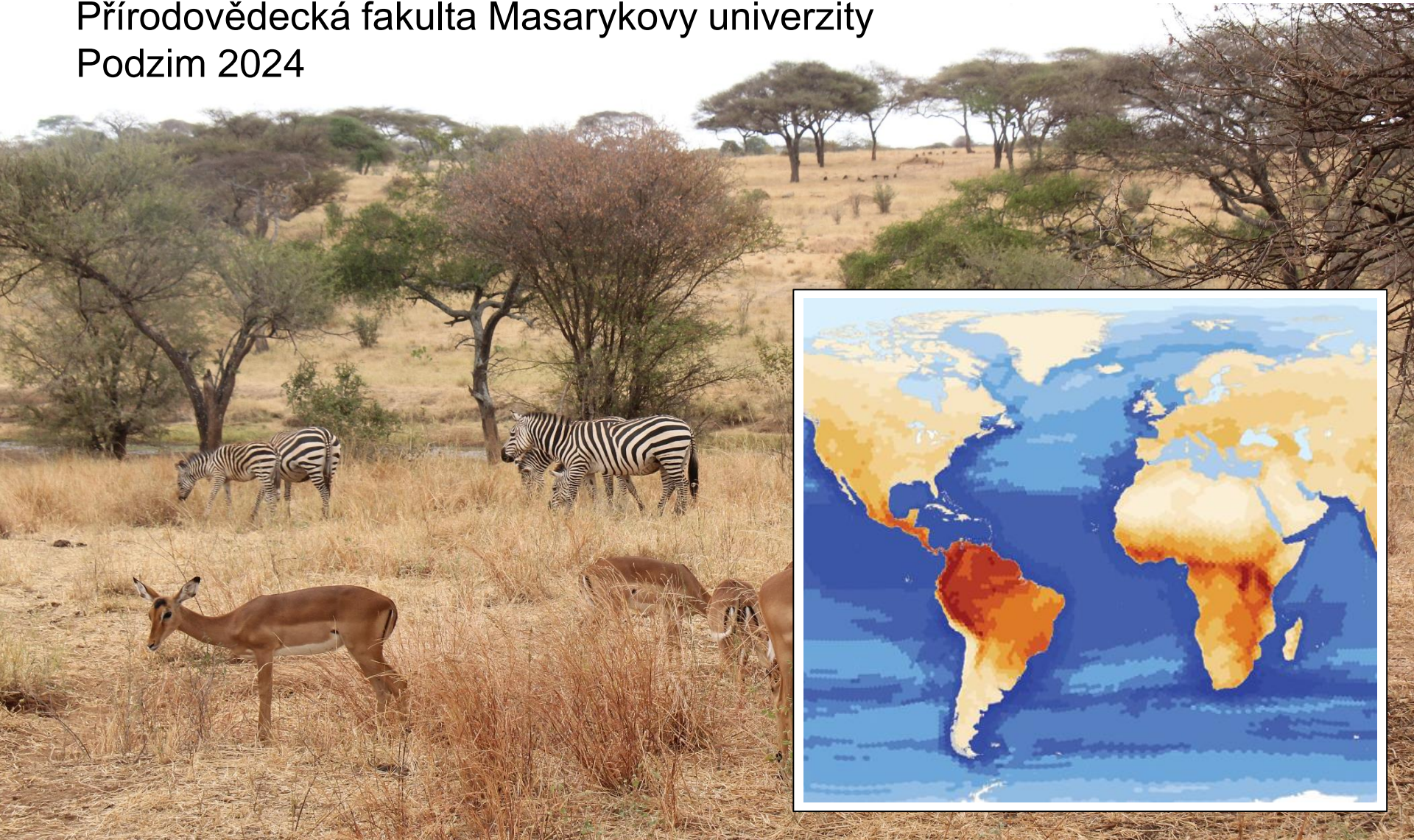


Ekologie společenstev a makroekologie

9. Latitudinální gradient biodiverzity



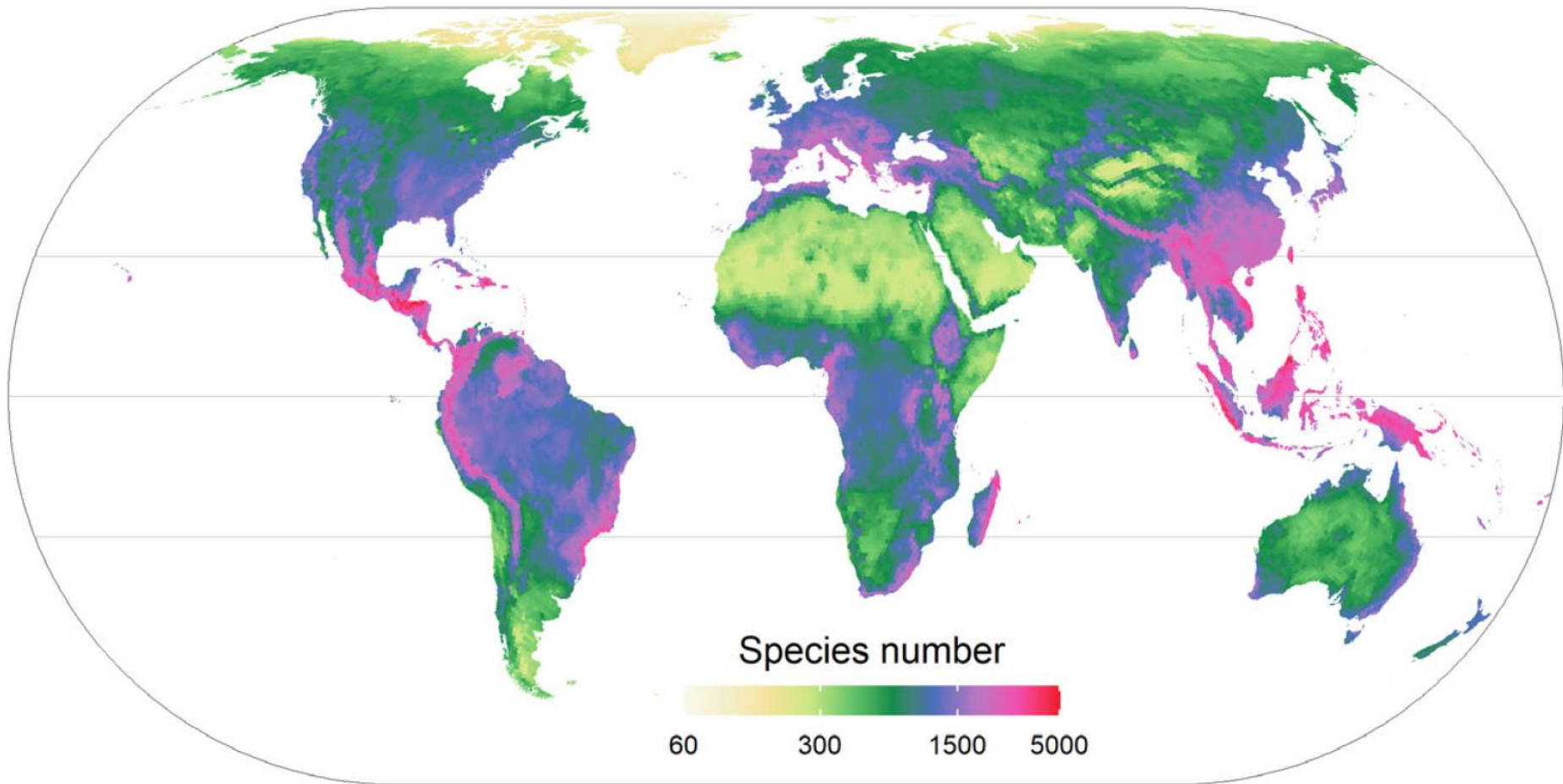
Přednáší: Milan Chytrý, Ústav botaniky a zoologie,
Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity
Podzim 2024



Latitudinální gradient biodiversity

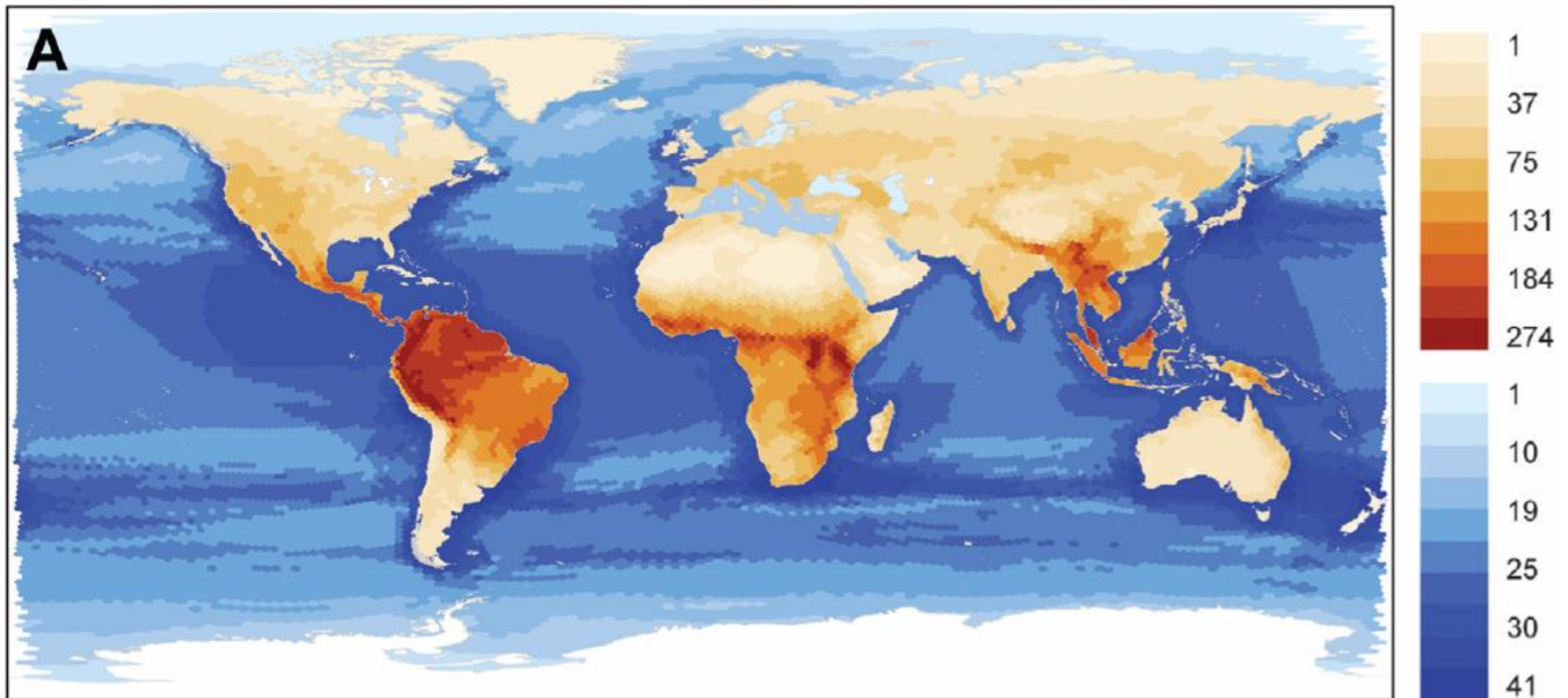
Latitudinální gradient diverzity

Počet druhů cévnatých rostlin v hexagonech 7774 km²



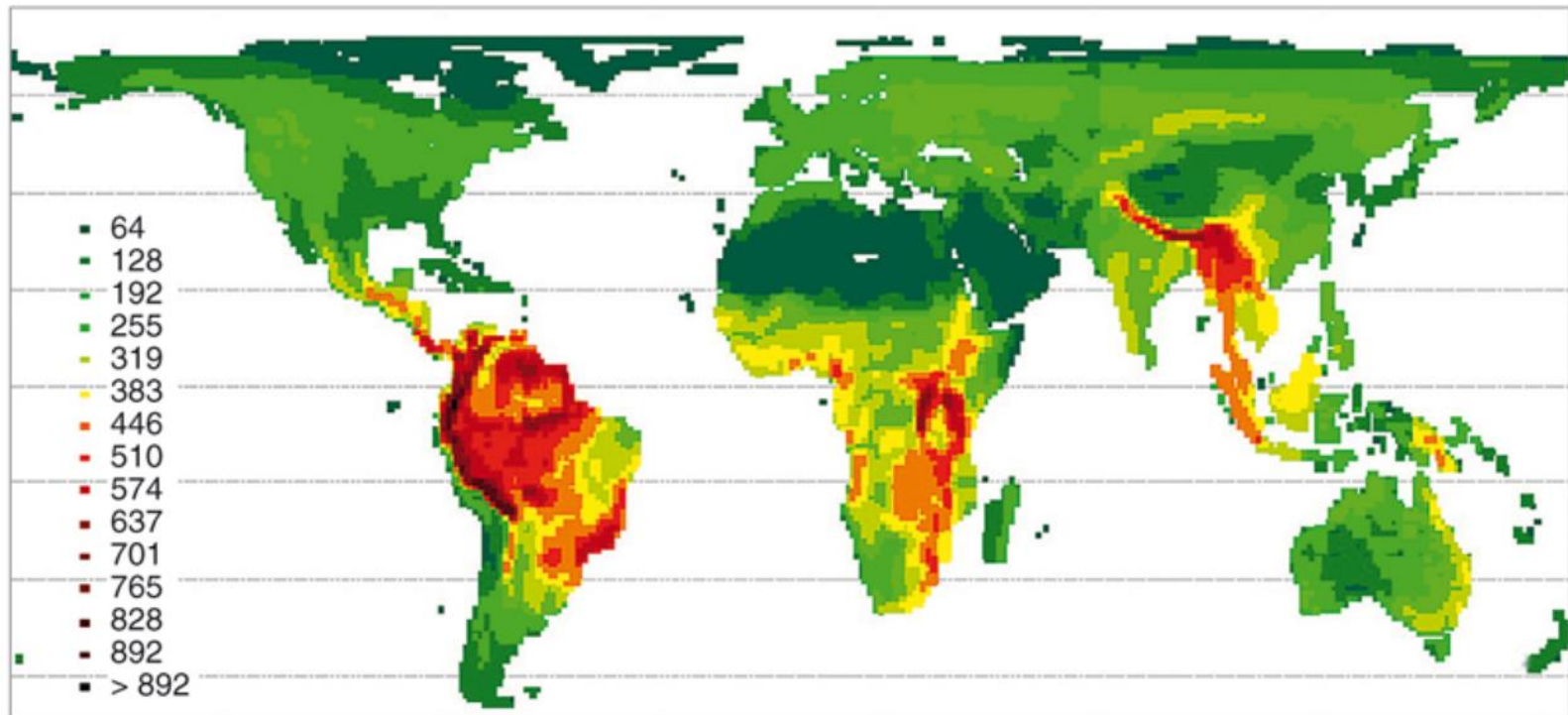
Latitudinální gradient diverzity

Počet druhů terestrických a mořských savců



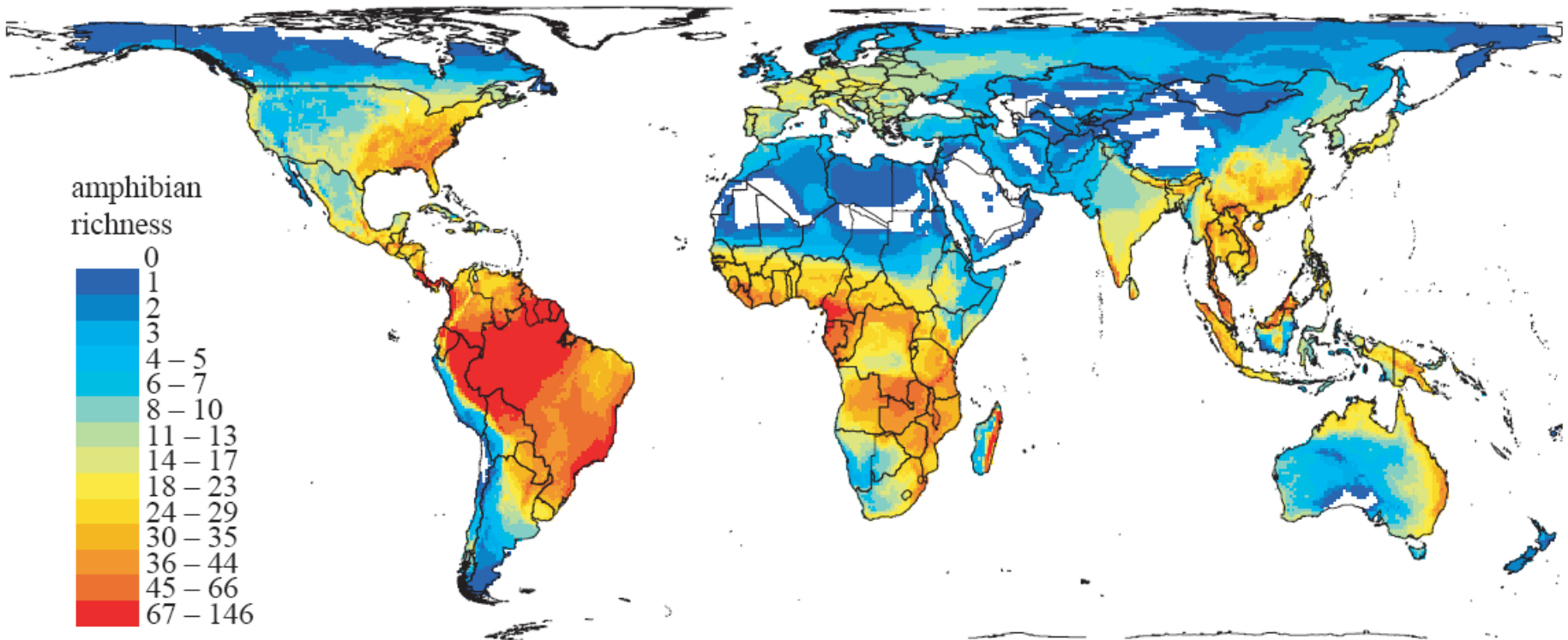
Latitudinální gradient diverzity

Počet druhů ptáků



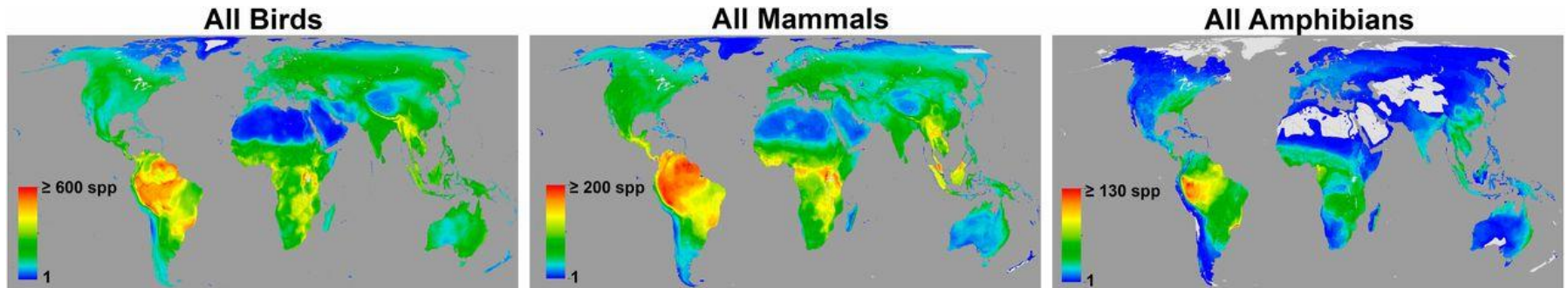
Latitudinální gradient diverzity

Počet druhů obojživelníků



Latitudinální gradient diverzity

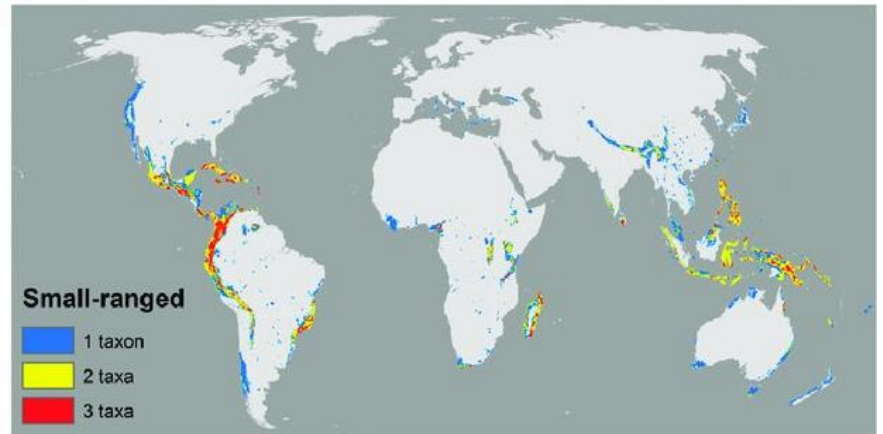
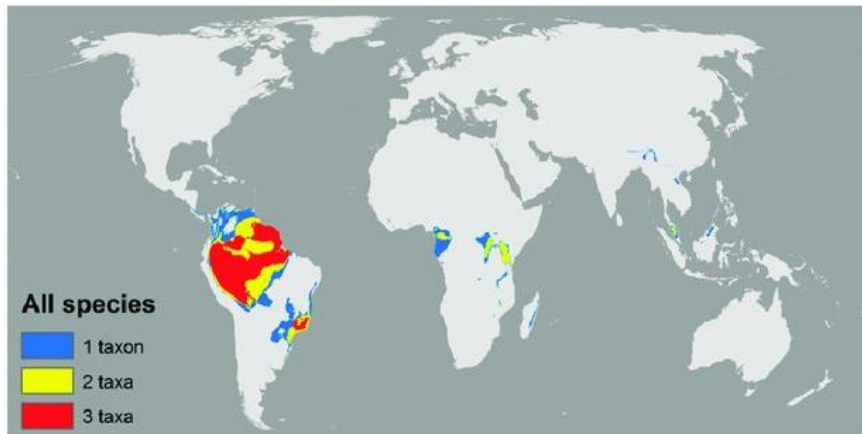
Srovnání počtu druhů mezi třídami obratlovců



Překryv území, která jsou mezi 5 % nejbohatších

Všechny druhy

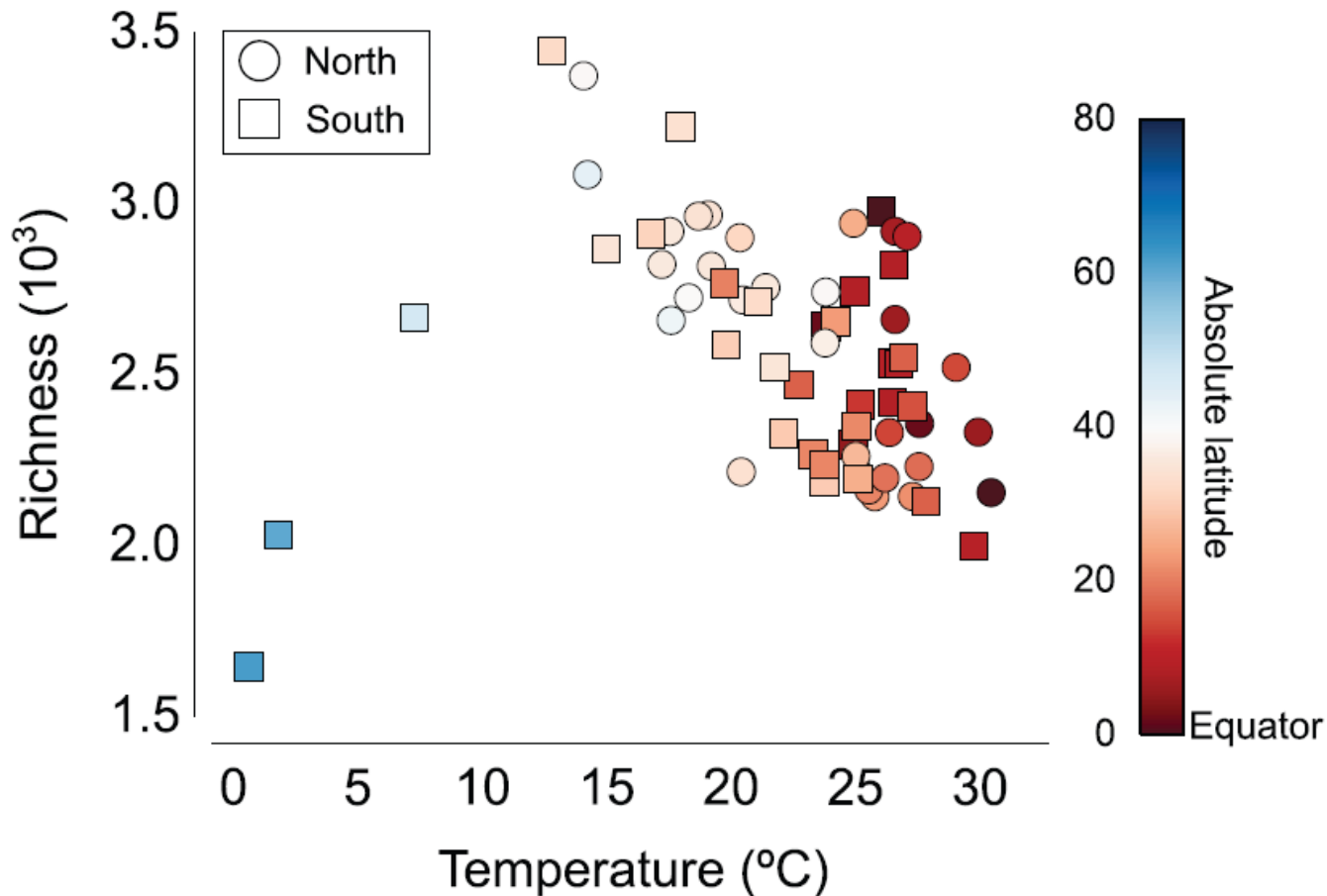
Druhy s malými areály



Latitudinální gradient diverzity

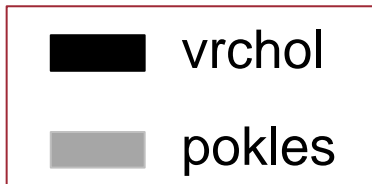
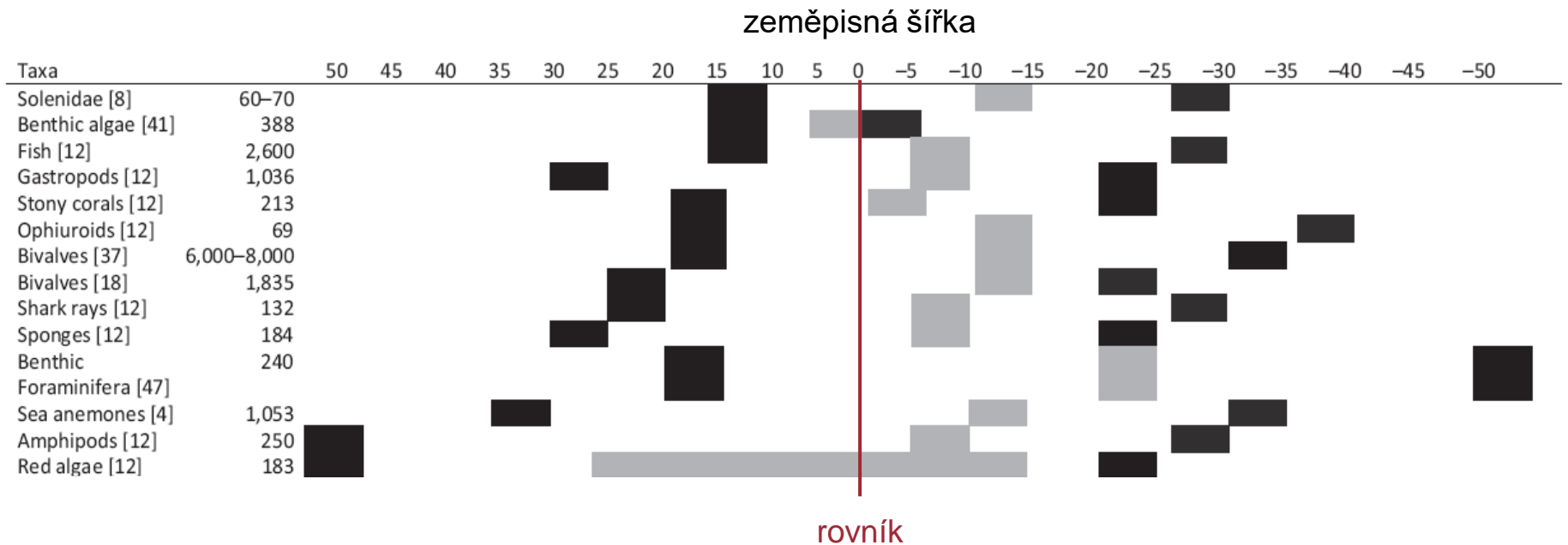
Mořské planktonní mikroorganismy

(data z Tara Oceans Expeditions)



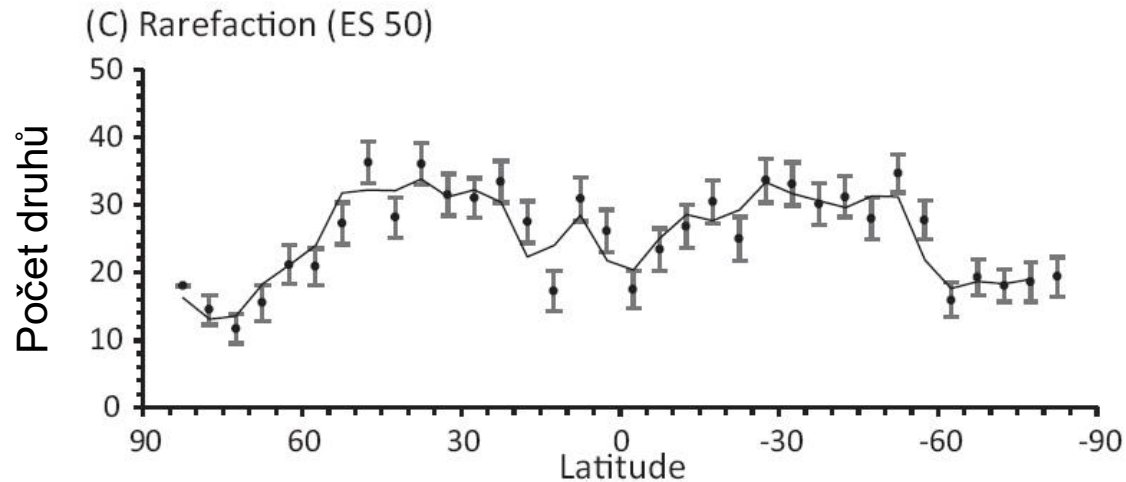
Latitudinální gradient diverzity

Relativní bohatství druhů v oceánech

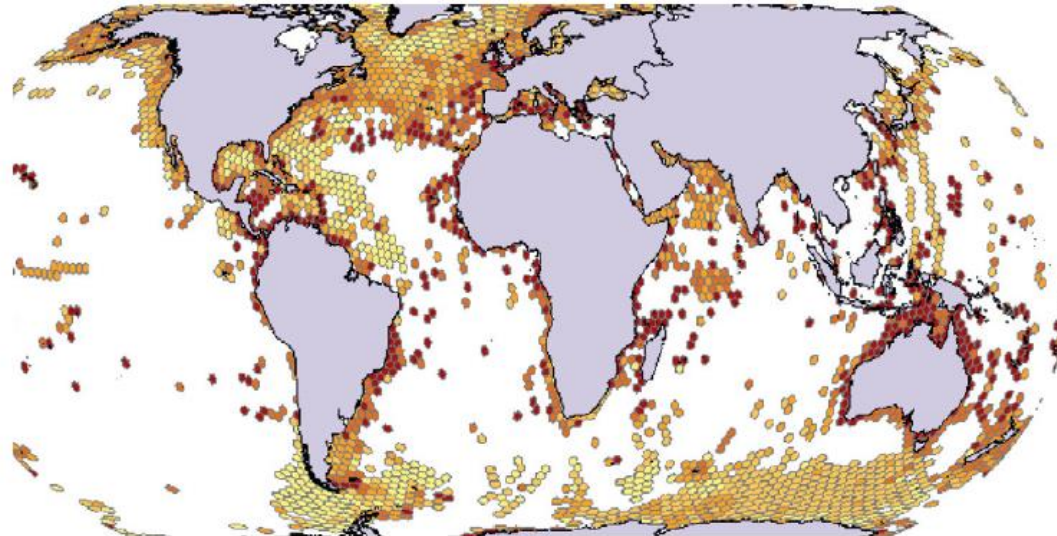


Latitudinální gradient diverzity

Relativní bohatství druhů v oceánech

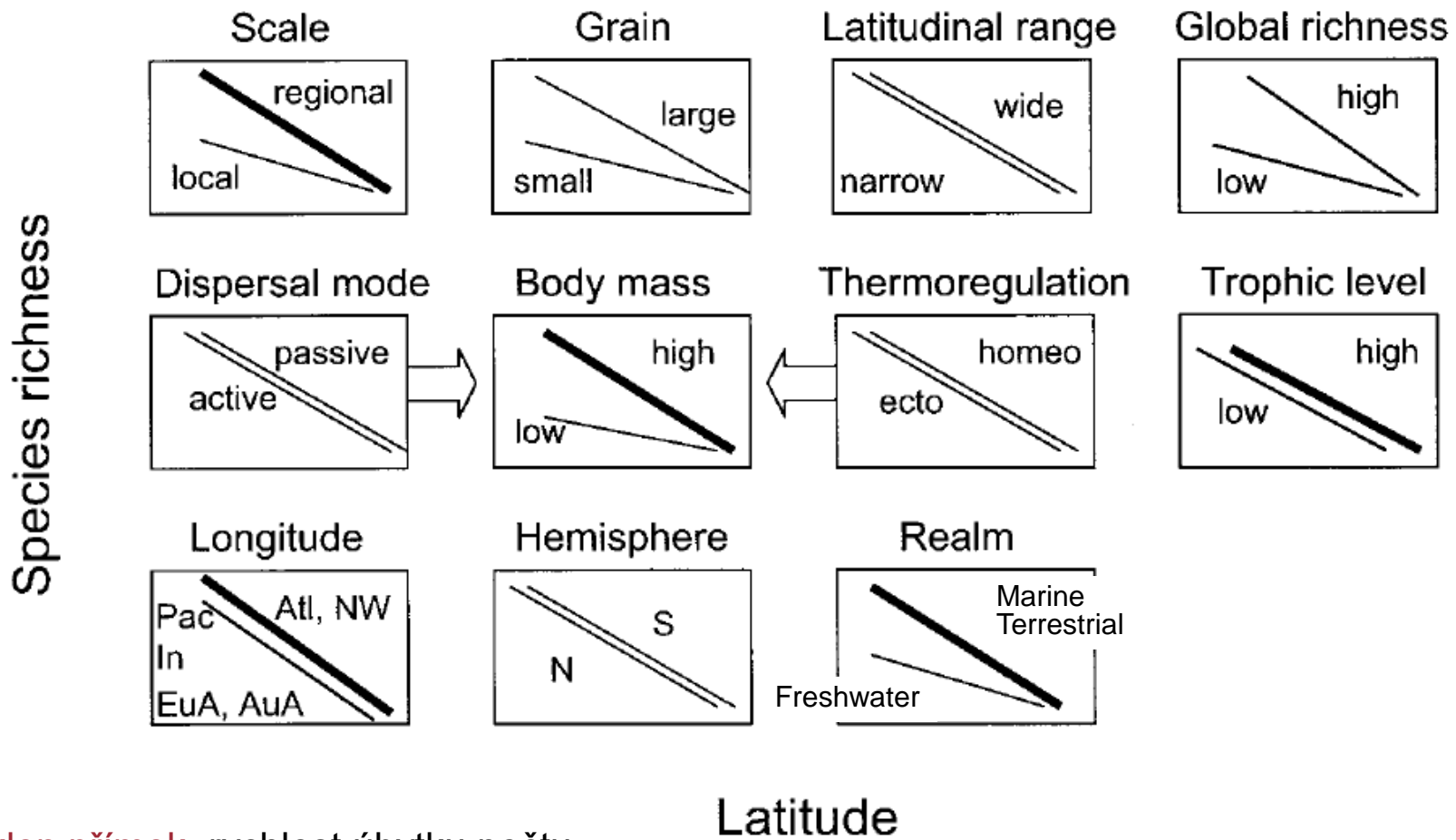


(D) Rarefaction (ES50)



Latitudinální gradient diverzity

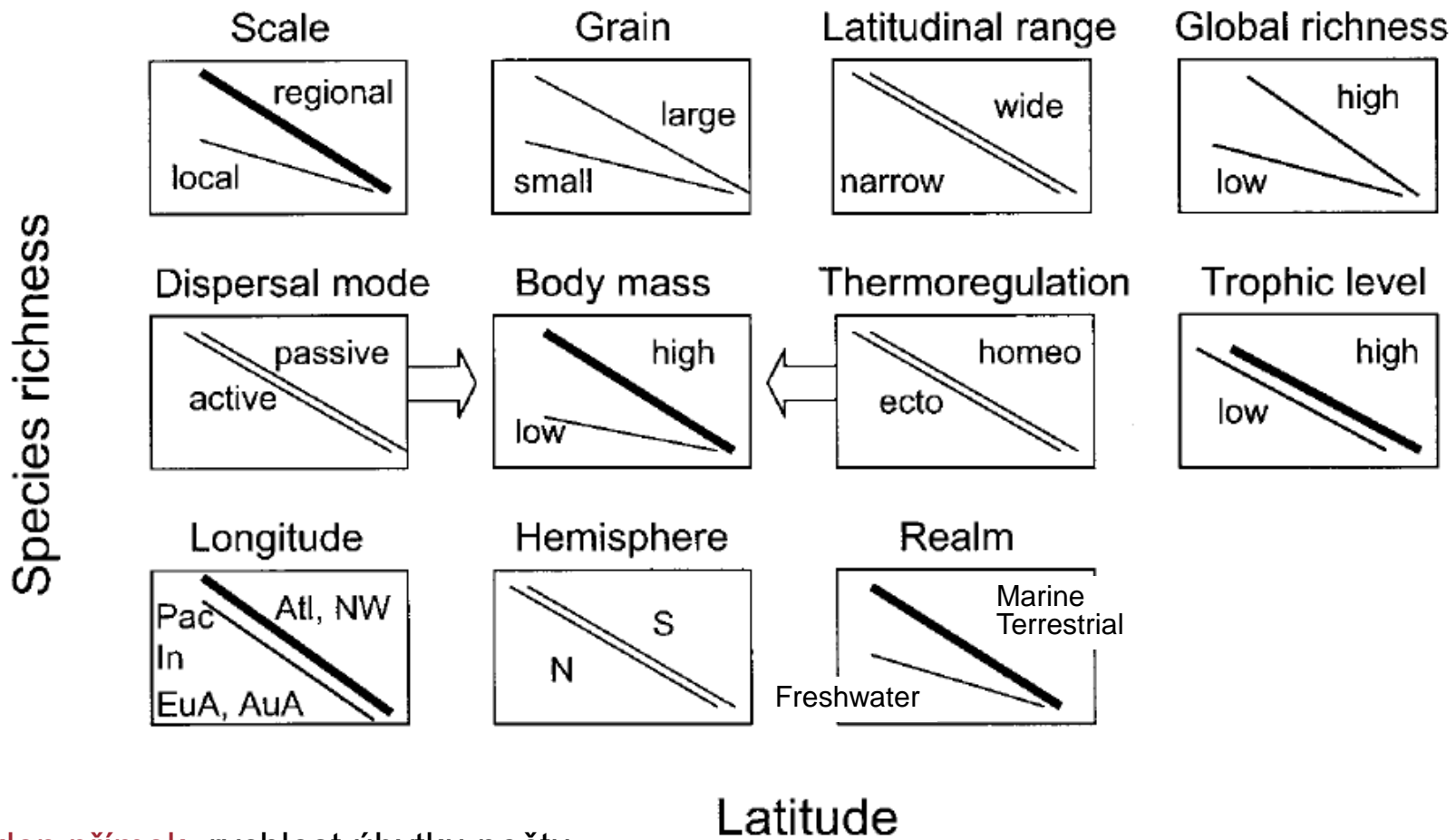
Faktory korelované s latitudinálním gradientem



sklon přímek: rychlost úbytku počtu
druhů se zeměpisnou šířkou
tloušťka přímek: síla vztahu

Latitudinální gradient diverzity

Faktory korelované s latitudinálním gradientem



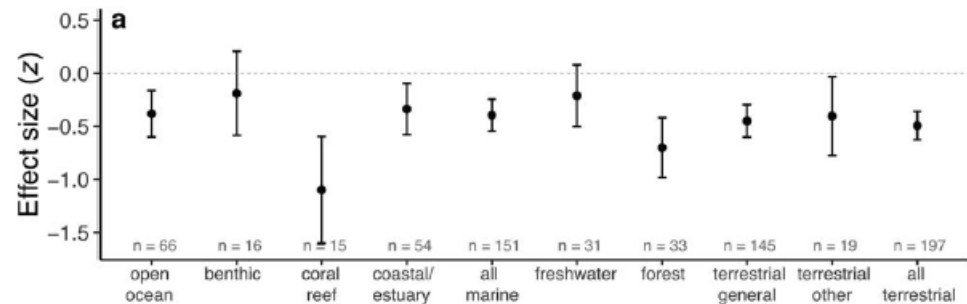
sklon přímek: rychlost úbytku počtu
druhů se zeměpisnou šířkou
tloušťka přímek: síla vztahu

Latitudinální gradient diverzity

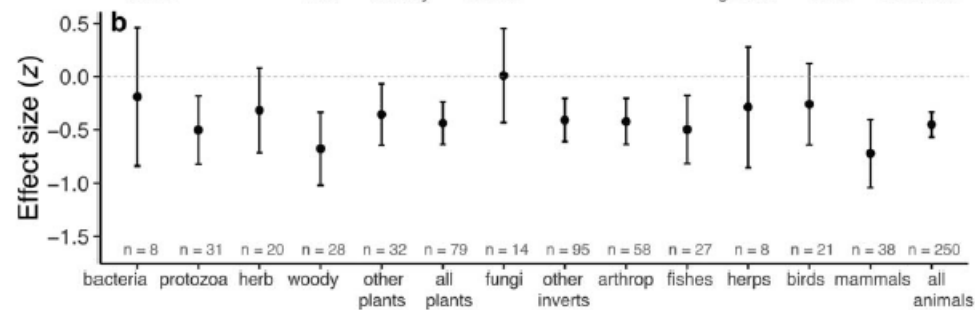
Faktory korelované s latitudinálním gradientem

(nová data po Hillebrandově studii,
standardizovaný sklon regrese počtu druhů na zeměpisnou šířku s 95% konfidenčními intervaly)

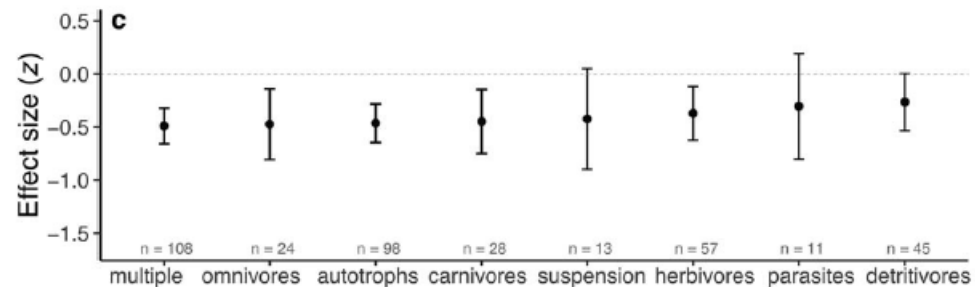
Biotopy



Taxonomické nebo funkční skupiny



Trofické úrovně



**Příčiny
latitudinálního gradientu
biodiverzity**

Příčiny latitudinálního gradientu

Skupina hypotéz 1

Silnější biotické interakce v tropech



Příčiny latitudinálního gradientu

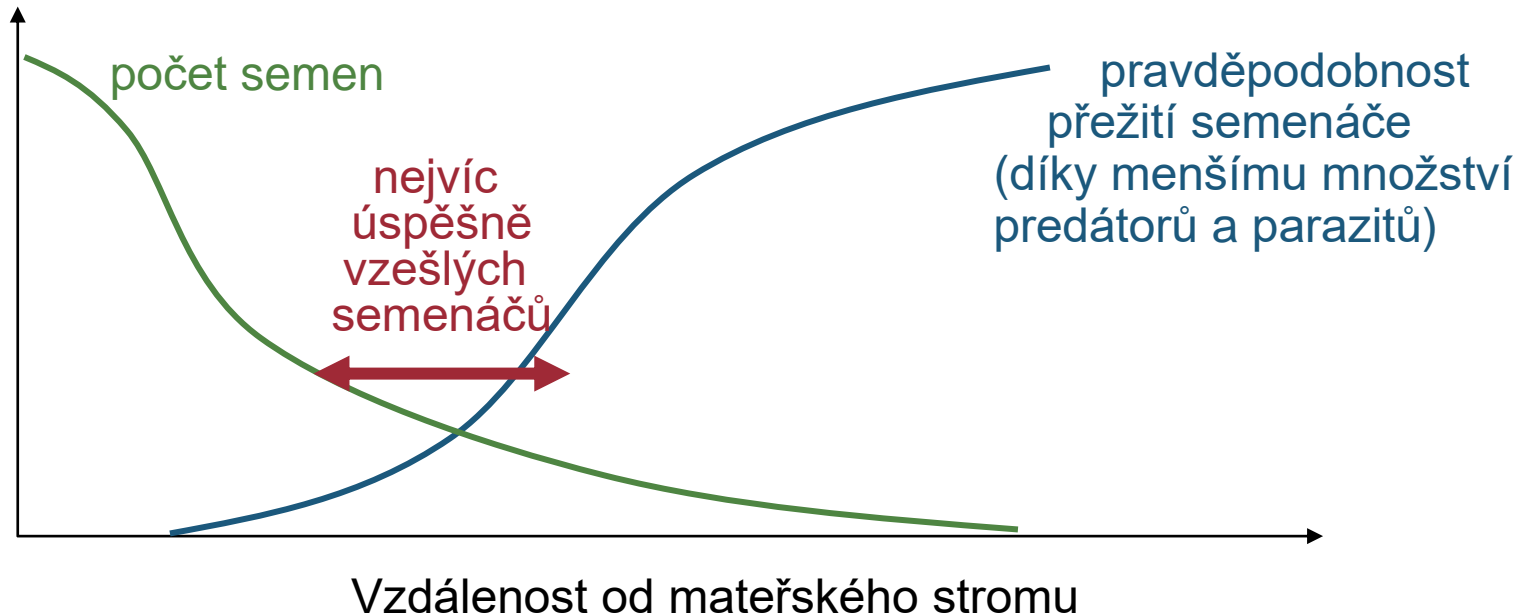
Hypotéza 1.1 – Větší specializace herbivorů a rostlinných patogenů v tropech (Janzen-Connellovy efekty)



Příčiny latitudinálního gradientu

Hypotéza 1.1 – Větší specializace herbivorů a rostlinných patogenů v tropech (Janzen-Connellovy efekty)

Specializovaní přirození nepřátelé (hmyzí herbivoři, houbové patogeny) udržují velkou druhovou diverzitu tropických stromů zvýšením mortality, když se zvětší denzita populace nějakého druhu stromu (negative density-dependence)



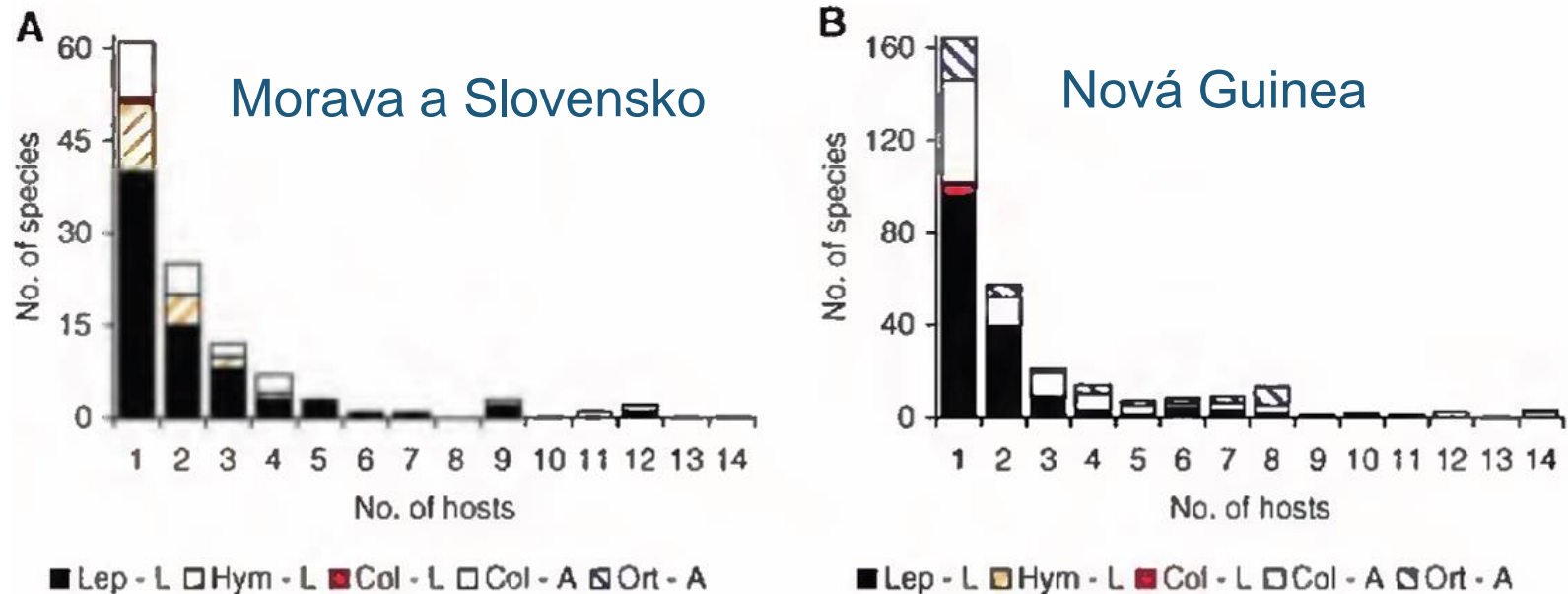
Problémy

- Proč by tyto mechanismy zvyšovaly diverzitu v tropech a ne mimo tropy?
- Proč jsou tropické druhy více specializované než mimotropické?

Příčiny latitudinálního gradientu

Hypotéza 1.1 – Větší specializace herbivorů a rostlinných patogenů v tropech (Janzen-Connelovy efekty)

Počet hostitelských druhů stromů pro různé druhy hmyzu



- Hmyz tropického lesa není v průměru více specializován na hostitelské stromy než hmyz temperátního lesa.
- Větší diverzita tropického hmyzu může odrážet větší počet hostitelských rostlin v tropech.

Příčiny latitudinálního gradientu

Skupina hypotéz 2

Velikost území a areálů druhů



Příčiny latitudinálního gradientu

Hypotéza 2.1 – Tropy zaujímají velkou plochu

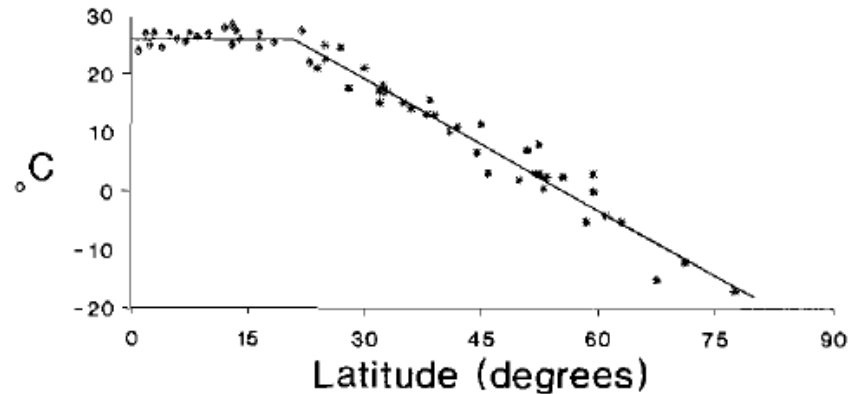
Větší plocha zvyšuje pravděpodobnost:

- rozdělení populací a následné alopatické speciace
- oddělení menších populací na kraji areálů a následné peripatické speciace

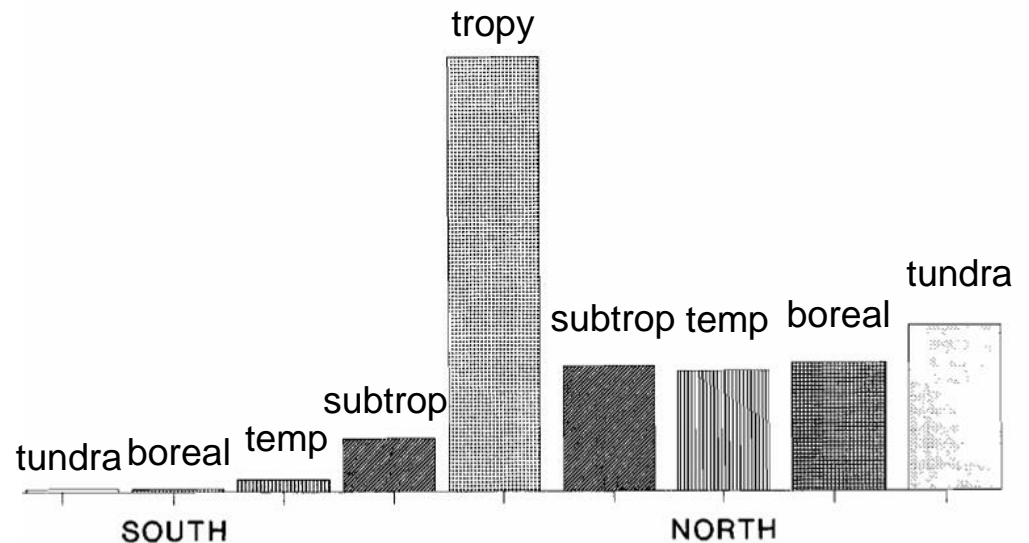
Problémy

- Důležitá není plocha celých tropů, ale jednotlivých tropických biotů (lesy, savany aj.), a ty nejsou největší
- Většina tropických druhů má malý areál (Rapoportovo pravidlo)

Průměrná roční teplota



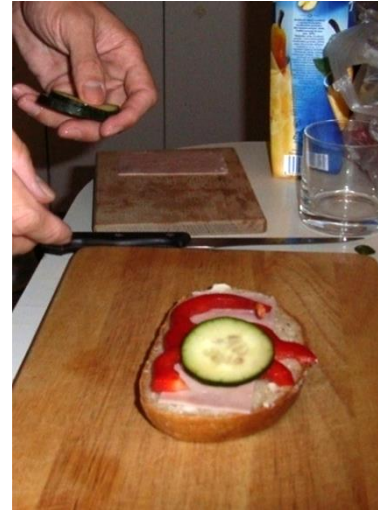
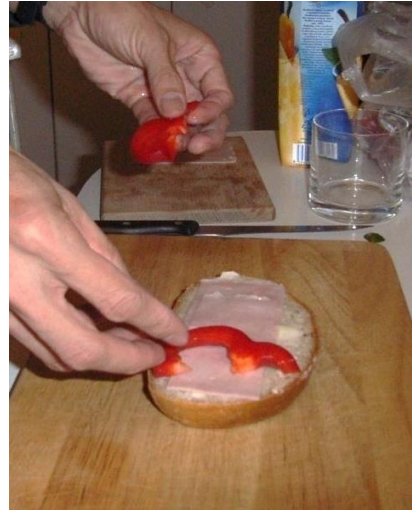
Relativní plocha terestrických biotů



Příčiny latitudinálního gradientu

Hypotéza 2.2 – Efekt středu domény (*mid-domain effect*)

Efekt středu domény podle Woodyho (© Ching-Feng Li)



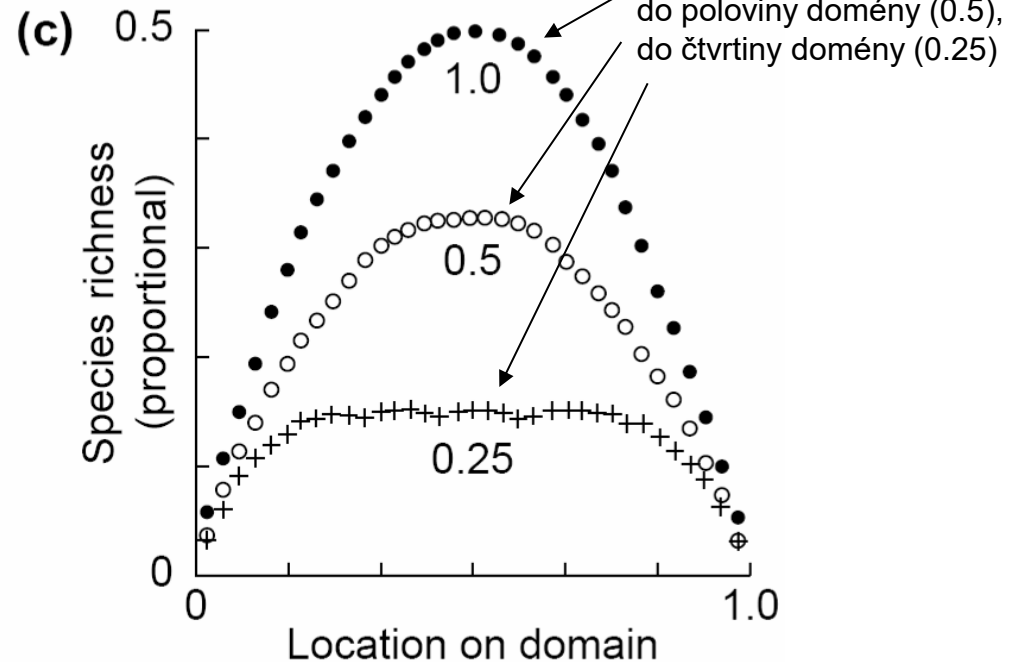
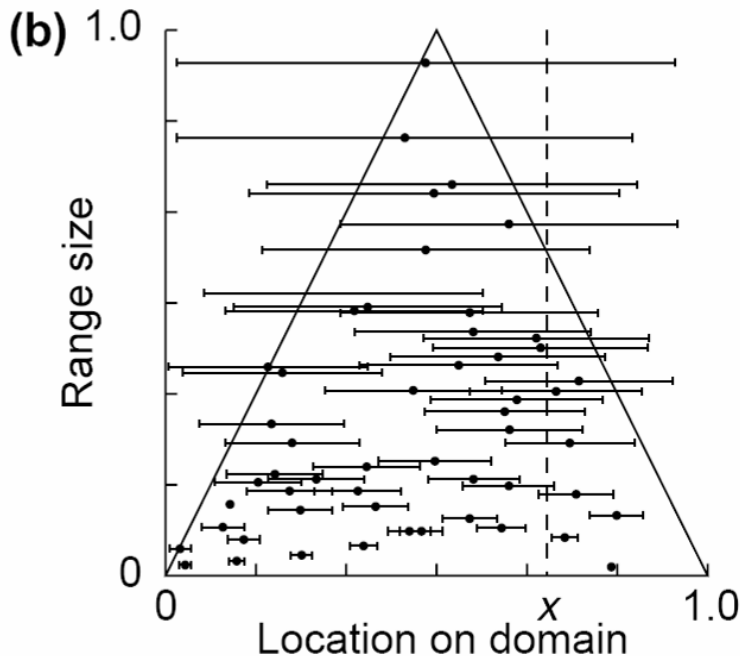
počet
druhů



Příčiny latitudinálního gradientu

Hypotéza 2.2 – Efekt středu domény (*mid-domain effect*)

- Geometrické (nebiologické) vysvětlení
- Při náhodném rozmístění areálů druhů na Zemi podél osy sever-jih se jich nejvíc překrývá uprostřed (v tropech)



Problémy

- Domény jsou spíše kontinenty, ne celá Země, a ani na nich není většinou největší diverzita uprostřed
- Tropickou diverzitu tvoří hlavně druhy s malými areály

Colwell & Hurtt 1994,
American Naturalist
Colwell & Lees 2000,
Trends in Ecology and Evolution

Příčiny latitudinálního gradientu

Skupina hypotéz 3

Evoluční a biogeografická historie

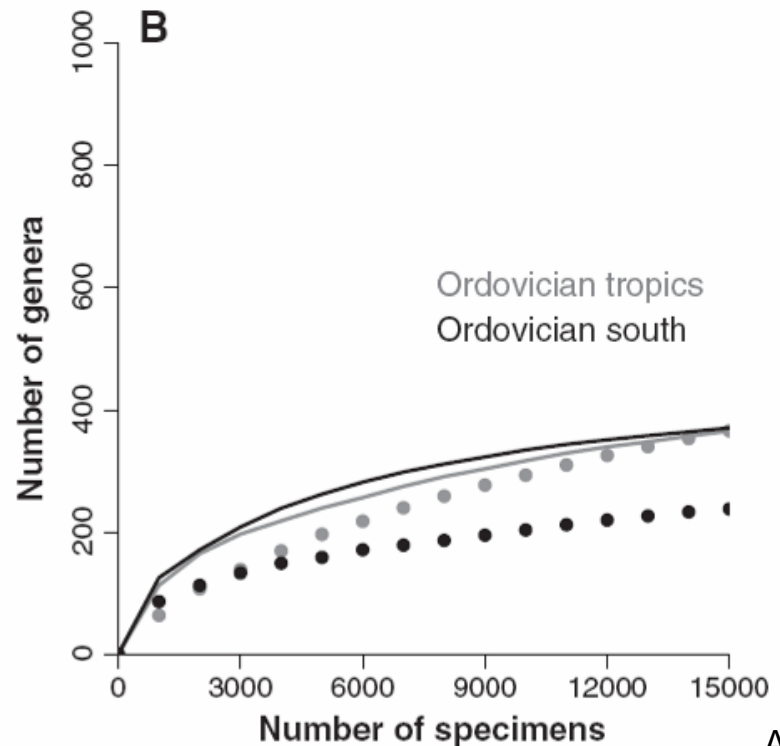
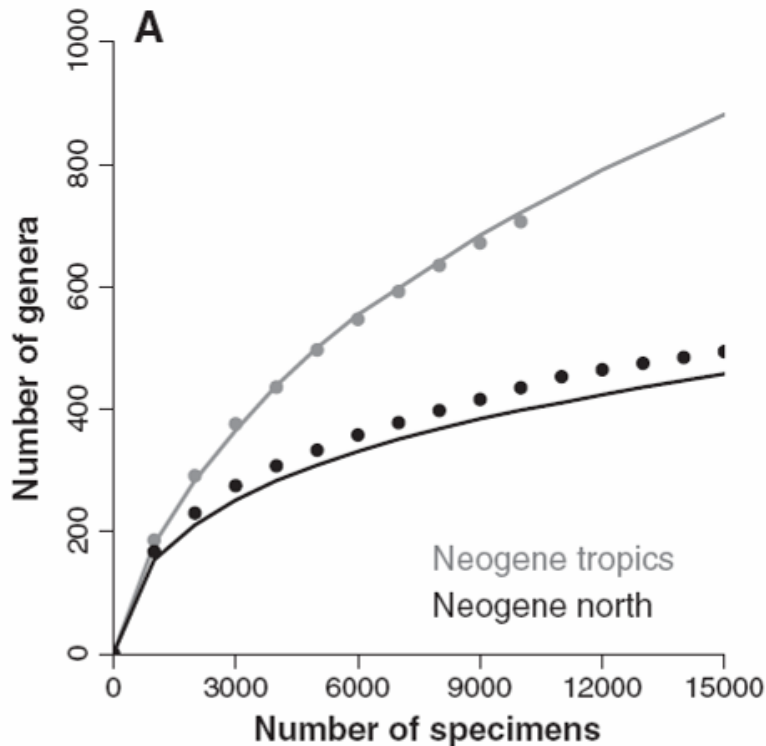


Příčiny latitudinálního gradientu

Hypotéza 3.1 – Tropy jsou dlouhodobě stabilní, zatímco vyšší zeměpisné šířky byly postiženy vymíráním v glaciálech

(Wallace 1878)

Mořští bezobratlí (Metazoa)



Alroy et al.
2008, *Science*

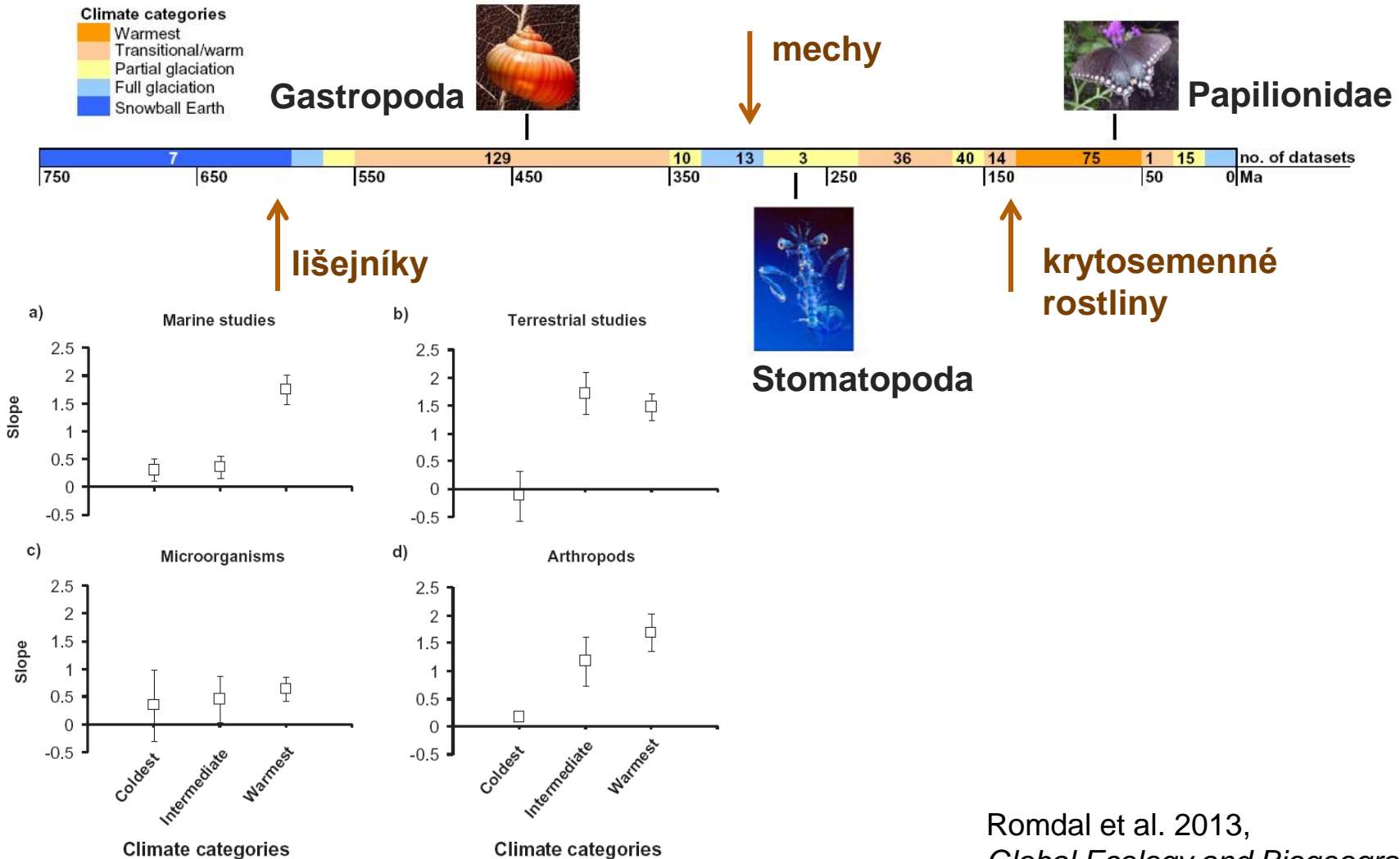
Problém

- Latitudinální gradient existoval před dobou ledovou, dokonce už v prvohorách

Příčiny latitudinálního gradientu

Hypotéza 3.2 – Konzervatismus nik druhů na historicky tropické planetě

sklon latitudinálního gradientu



Příčiny latitudinálního gradientu

Skupina hypotéz 4

Větší přísun energie v tropech



Příčiny latitudinálního gradientu

Vztah mezi počtem druhů a přísunem energie (species-energy hypothesis)

Míry energie

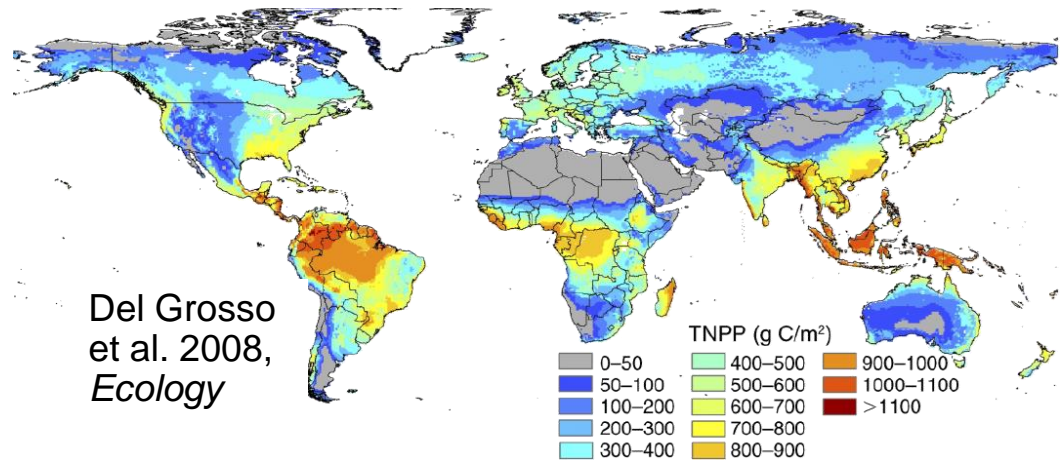
Primární produktivita

– potenciál tvorby biomasy zelenými rostlinami

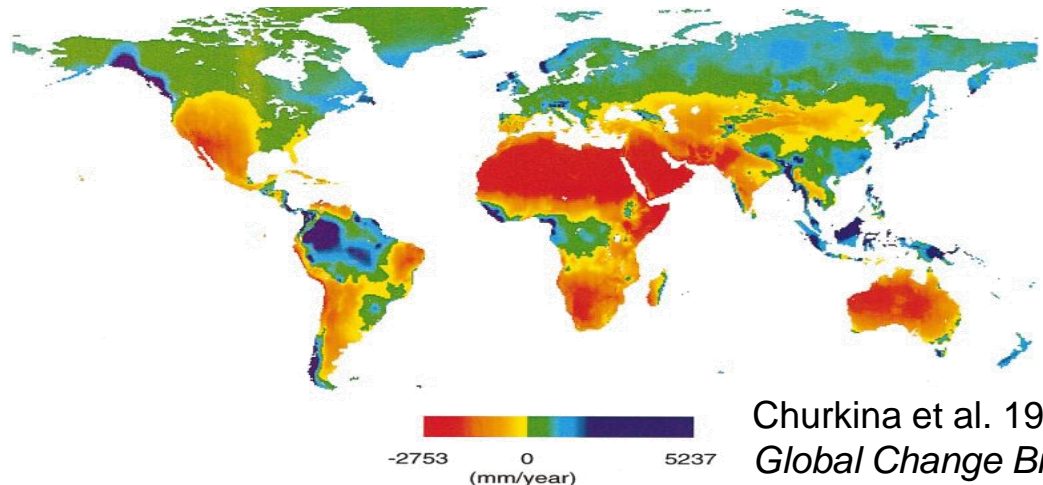
PET – potenciální evapotranspirace (kolik by se vypařilo vody, bez ohledu na její dostupnost)

AET – skutečná evapotranspirace (kolik se vody skutečně vypaří)

Primární produktivita světové souše



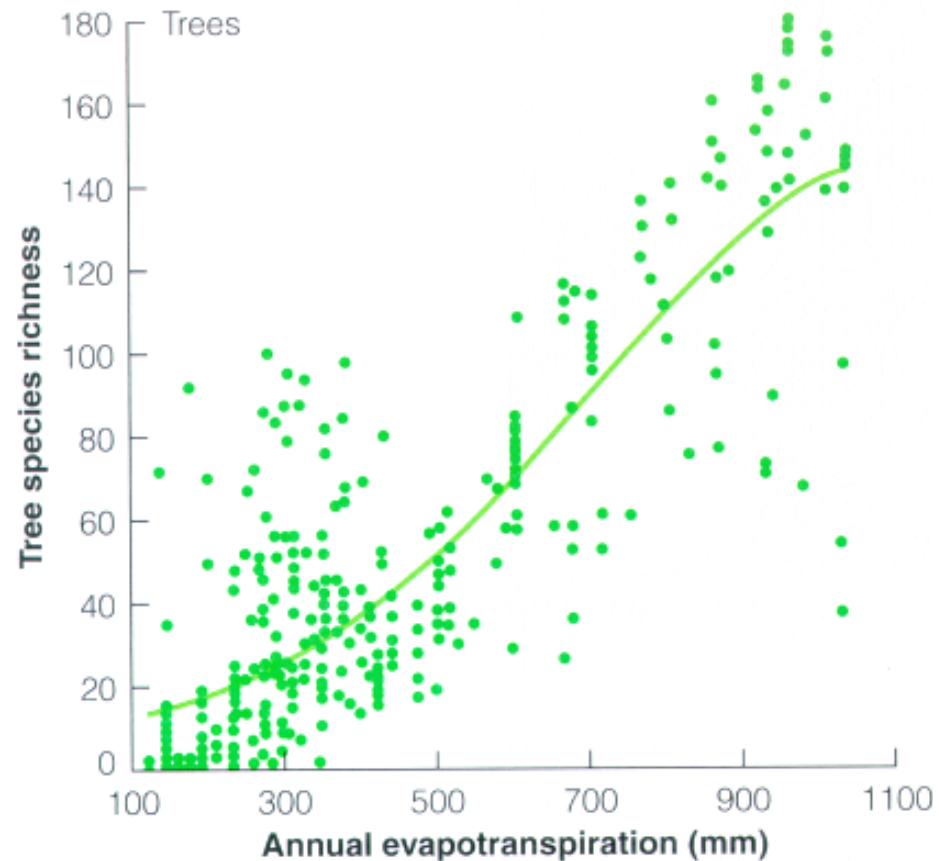
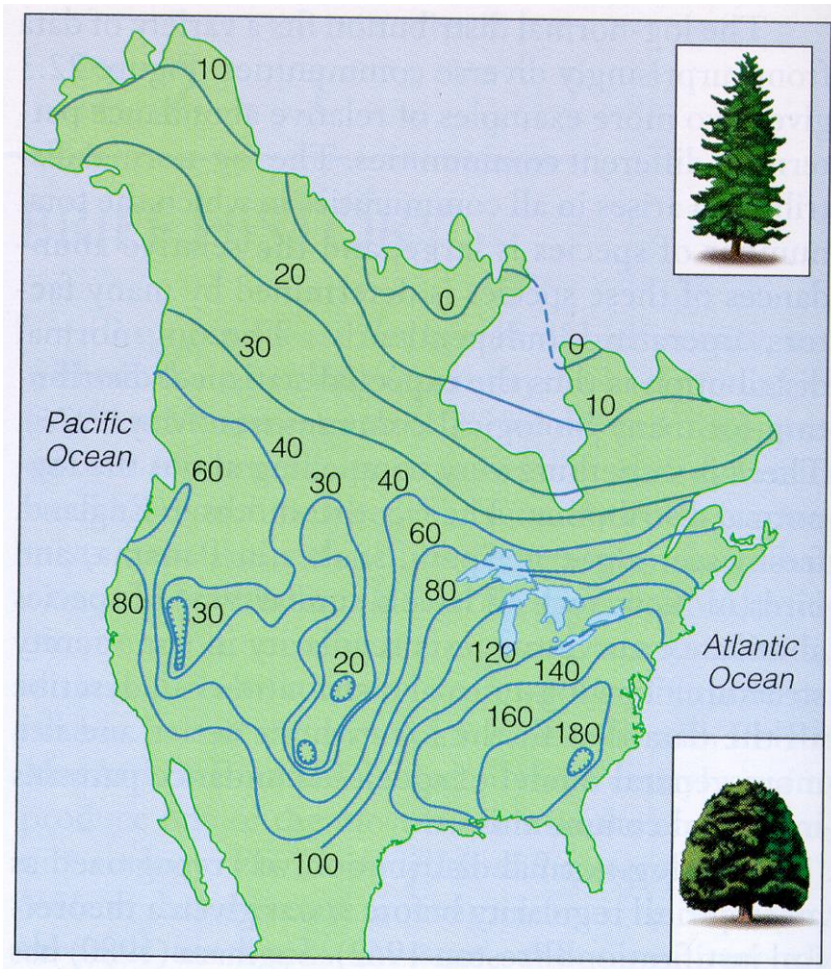
Roční srážky minus roční PET



Příčiny latitudinálního gradientu

Vztah mezi počtem druhů a přísunem energie (species-energy hypothesis)

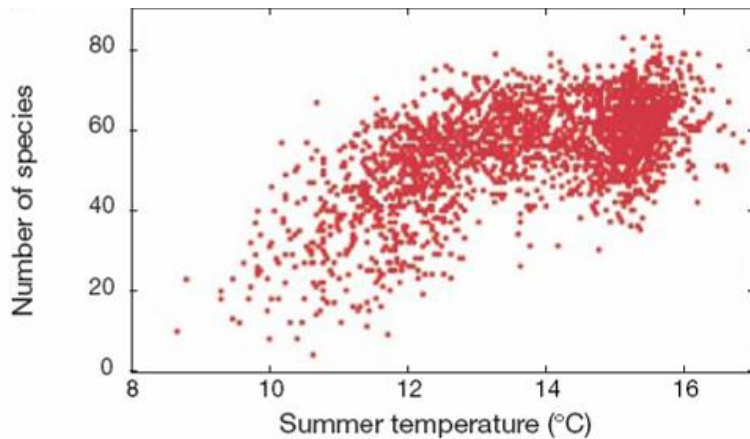
Počet druhů stromů v Severní Americe



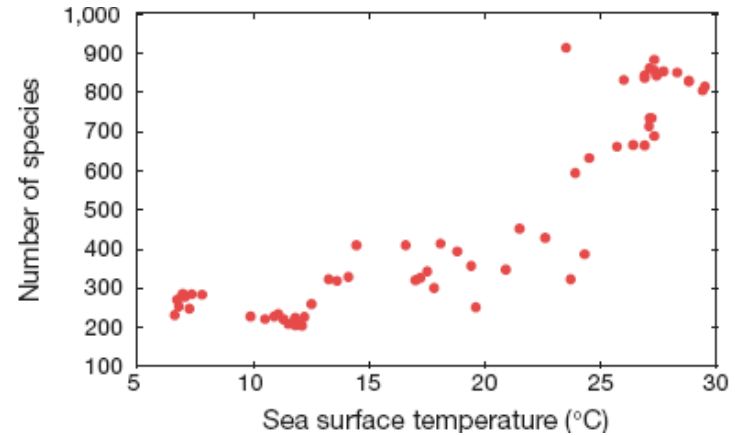
Příčiny latitudinálního gradientu

Vztah mezi počtem druhů a přísunem energie (species-energy hypothesis)

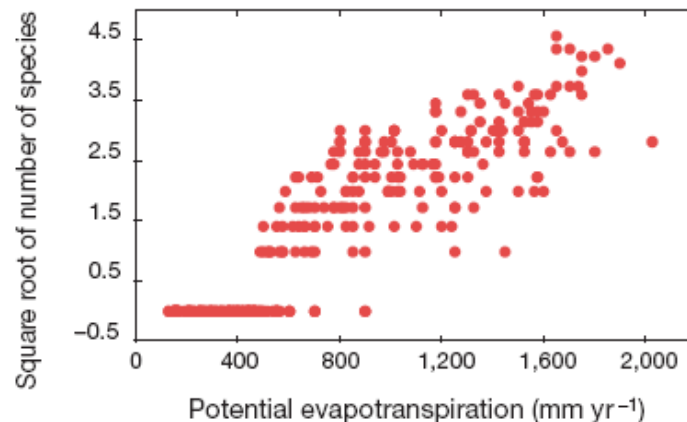
Hnízdící ptáci v Británii
(čtverce 10 x 10 km)



Mořští plži v Tichém oceánu
(pásky 1° zeměpisné šířky)



Brouci Meloidae v Severní Americe (kvadráty 2,5 x 2,5°)



Příčiny latitudinálního gradientu

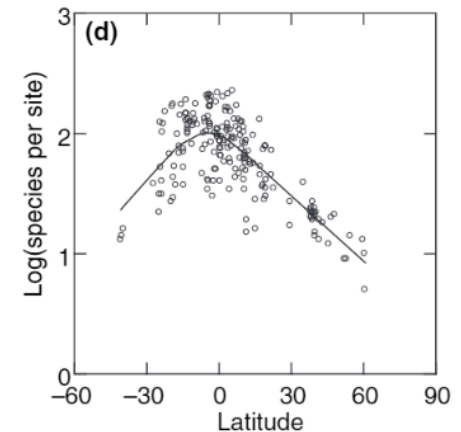
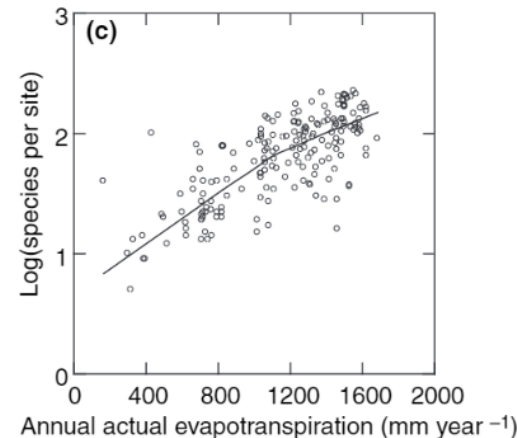
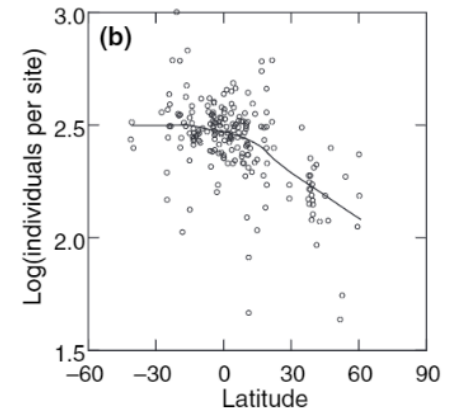
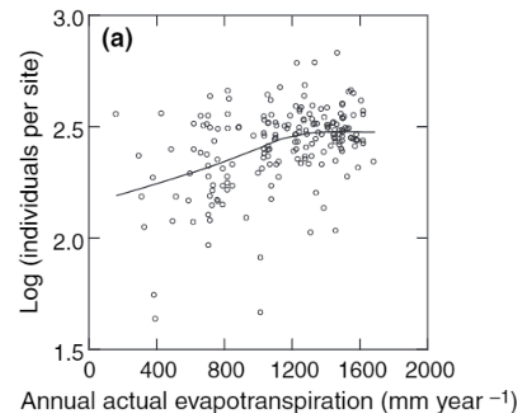
Hypotéza 4.1 – More-individuals hypothesis

- čím víc energie, tím víc zdrojů
- čím víc zdrojů, tím víc jedinců (větší populace)
- čím větší populace, tím menší pravděpodobnost vymření druhů

Problémy

- korelace mezi počtem jedinců a klimatem/energií je obvykle slabší než korelace mezi počtem druhů a klimatem/energií
- korelace mezi počtem druhů a počtem jedinců je zpravidla slabá

Počty jedinců a druhů stromů
v závislosti na AET a zeměpisné šířce



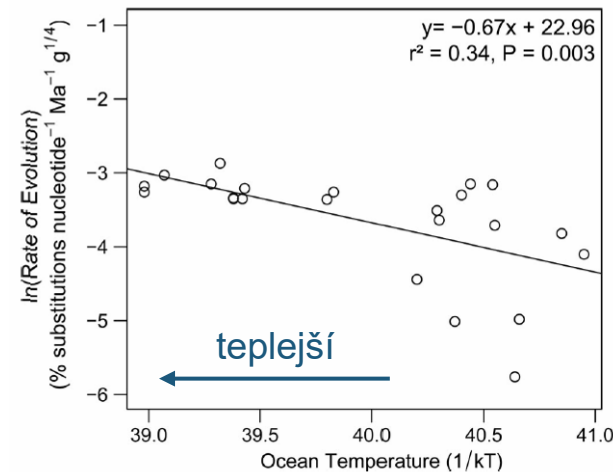
Příčiny latitudinálního gradientu

Hypotéza 4.2 – Rychlejší evoluce v teplejších oblastech

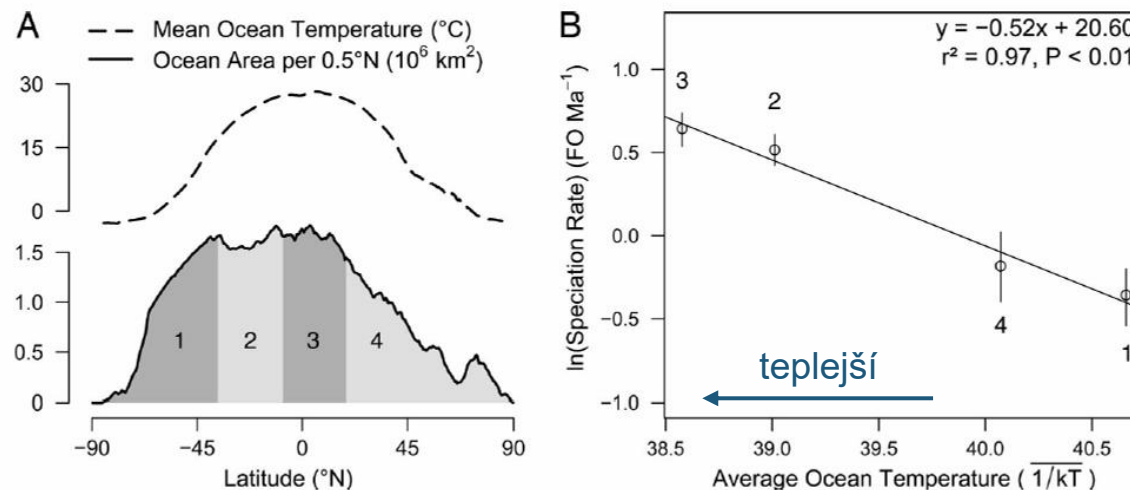
(Rohde 1992, *Oikos*)

- Dírkonosci (Foraminifera; bentičtí a planktonní prvoci s vápnitými schránkami)
- 10^{13} J energie na 1 g biomasy způsobí substituci jednoho nukleotidu
- 10^{23} J energie v populaci vede ke vzniku nového druhu

Rychlost evoluce rDNA u současných dírkonosců



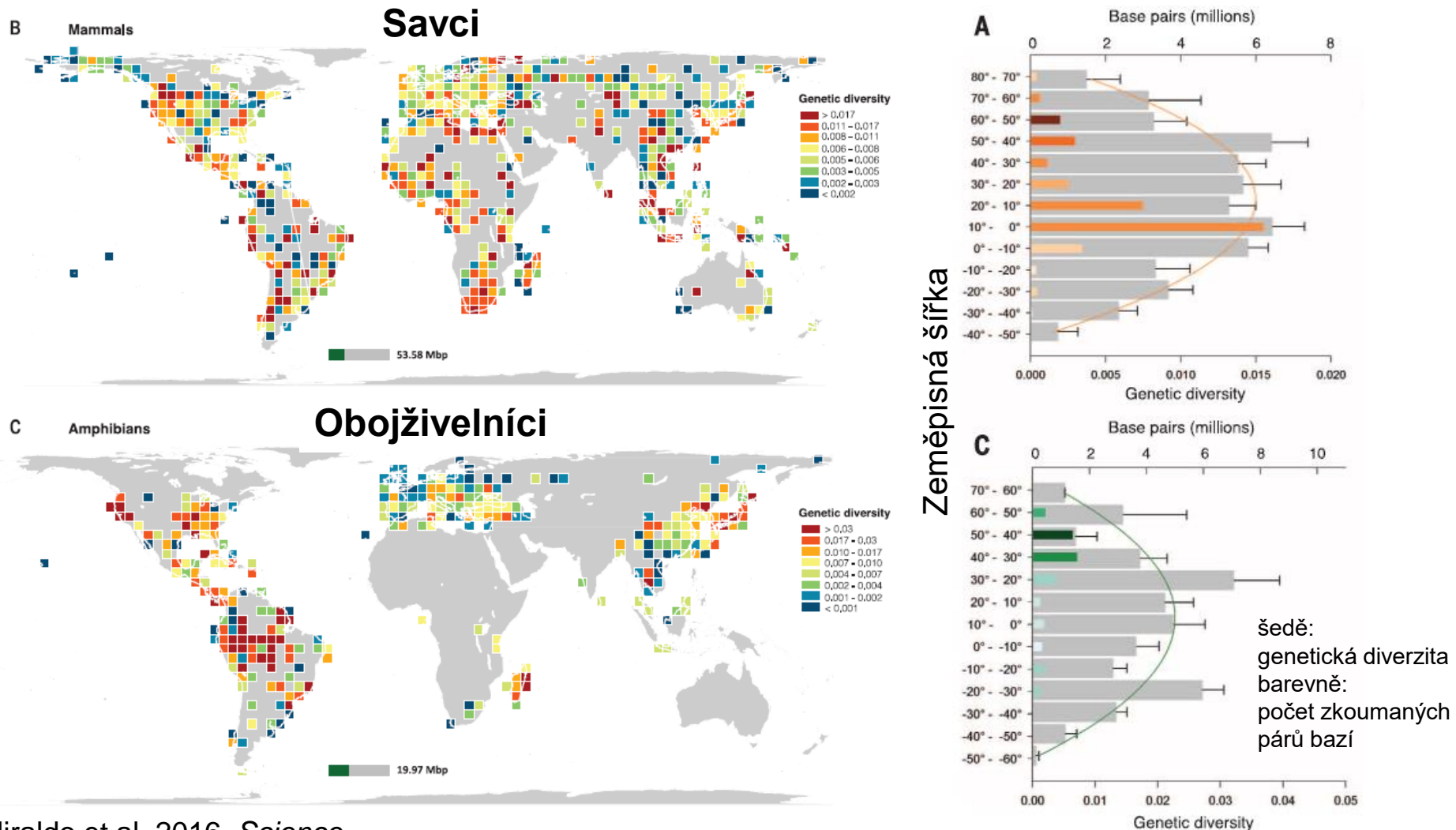
Rychlost speciace dírkonosců ve fosilním záznamu za posledních 30 mil. let



Příčiny latitudinálního gradientu

Hypotéza 4.2 – Rychlejší evoluce v teplejších oblastech

Genetická diverzita (počet mutací na pár bází jednoho mitochondriálního genu)

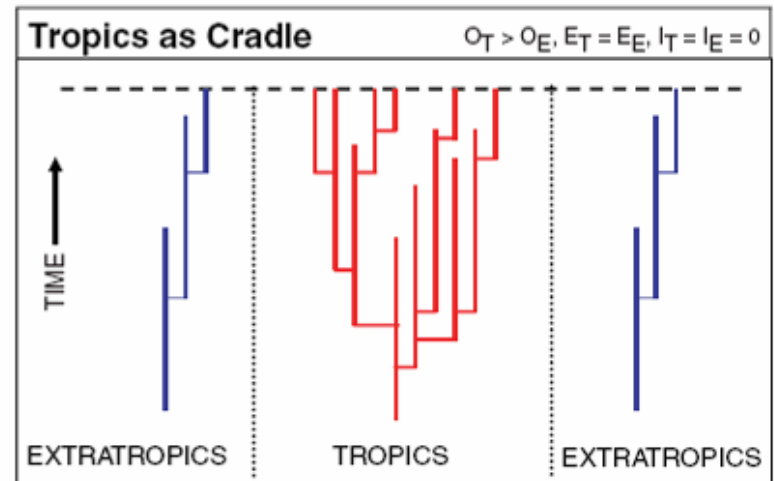


Příčiny latitudinálního gradientu

Tropy jako kolébka *versus* muzeum

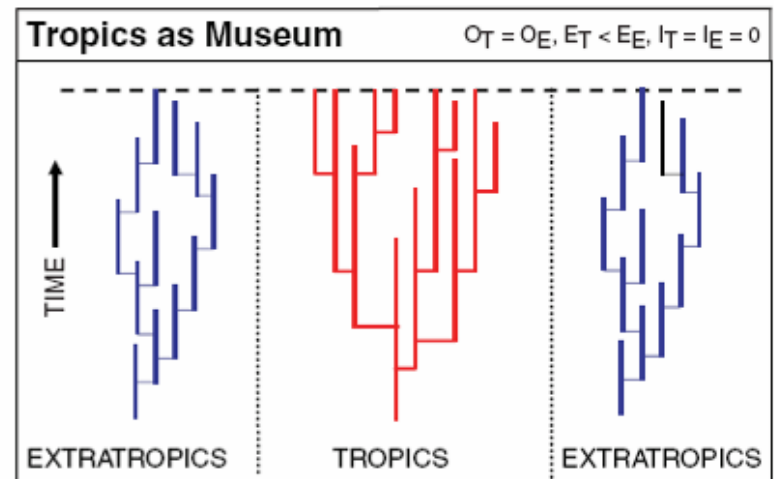
Tropy jako kolébka (Tropics as Cradle)

V tropech je rychlejší evoluce,
víc druhů tam vzniká.



Tropy jako muzeum (Tropics as Museum)

V tropech druhy méně vymírají,
víc druhů tam přežívá.

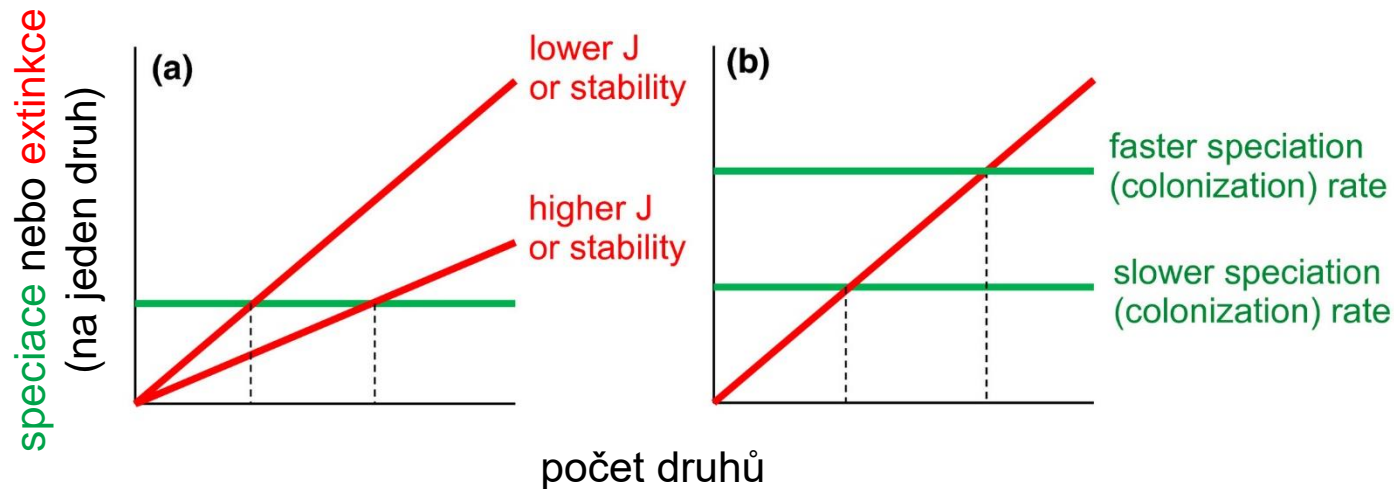


Příčiny latitudinálního gradientu

Pokus o syntézu: rovnovážná dynamika diverzity

Existují regionálně specifické limity pro maximální počty druhů (rovnovážné stavy biodiverzity), které závisí na

- rychlosti speciace (případně imigrace)
- množství energie a zdrojů (J = počet jedinců)
- stabilitě prostředí



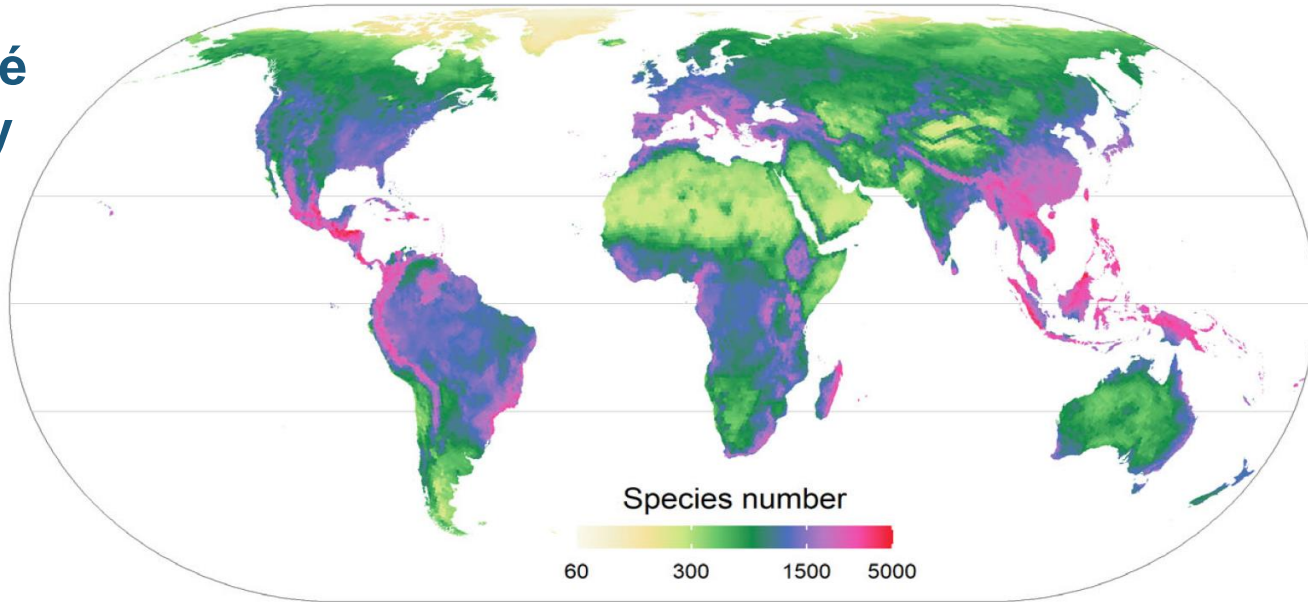
Zelená čára může také

- růst, pokud druhy lépe vznikají v malých populacích
- klesat, pokud druhy lépe vznikají ve velkých populacích s větší pravděpodobností vzniku mutací

**Druhové bohatství
horských oblastí
a altitudinální
gradient biodiversity**

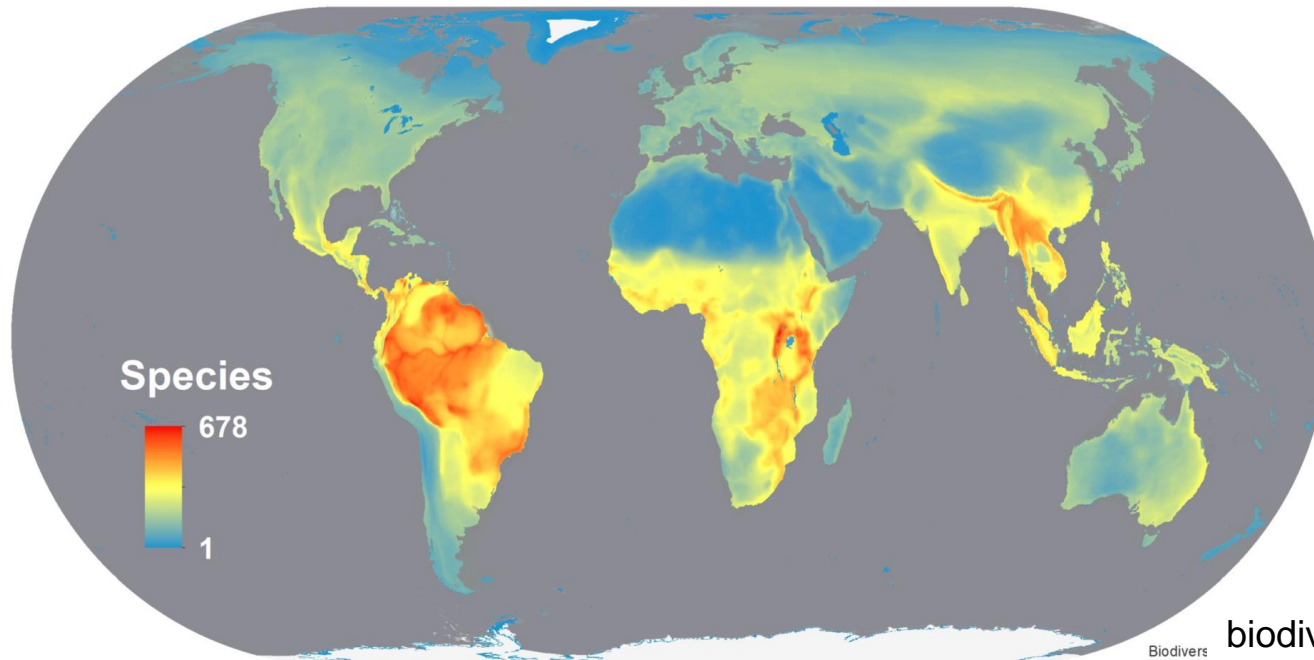
Druhové bohatství horských oblastí

Cévnaté
rostliny



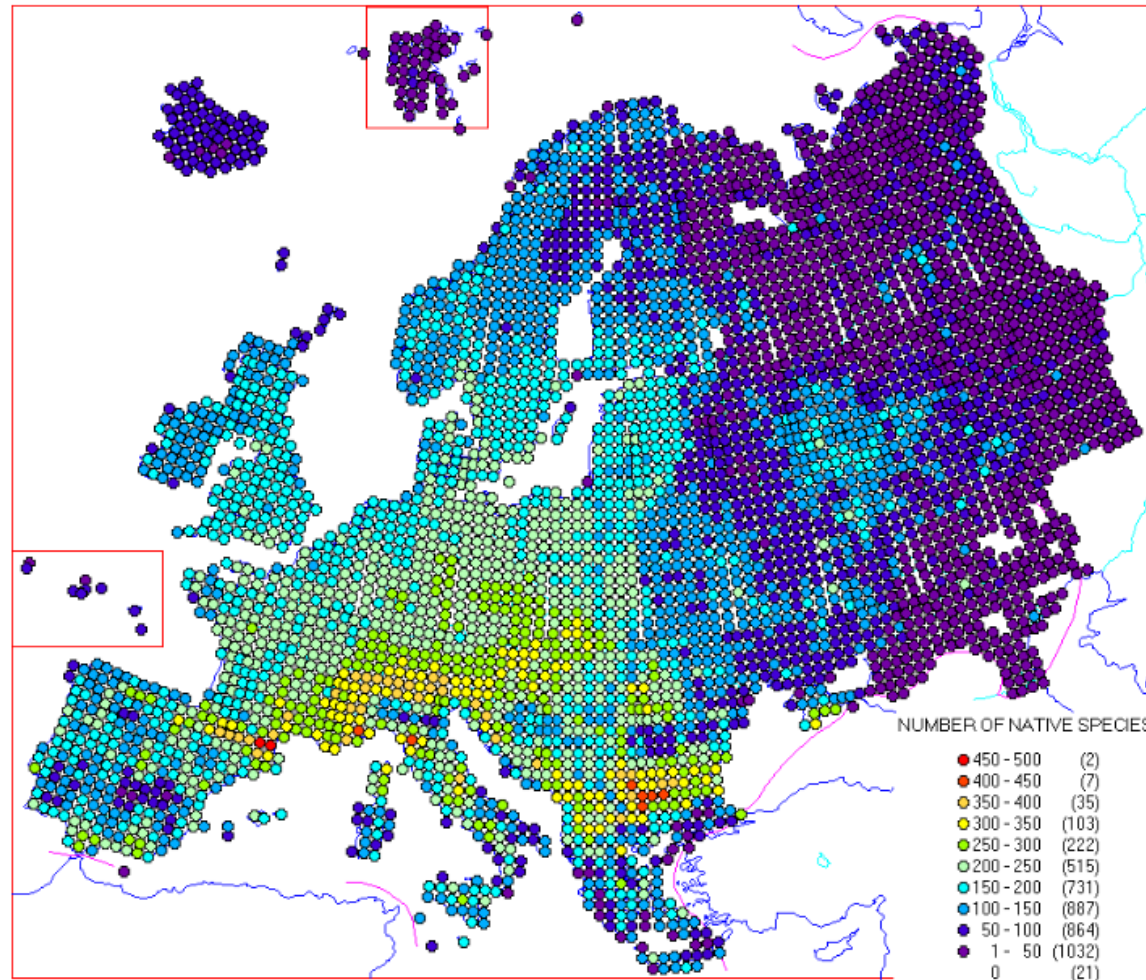
Cai et al. 2023,
New Phytologist

Ptáci



Druhové bohatství horských oblastí

Počet druhů cévnatých rostlin v síti 50 km x 50 km



Druhové bohatství horských oblastí

Příčiny větších počtů druhů v horských oblastech

Kolébka

- hory tvoří geografické bariéry (izolovaná údolí a hřbety), čímž napomáhají alopatické speciaci

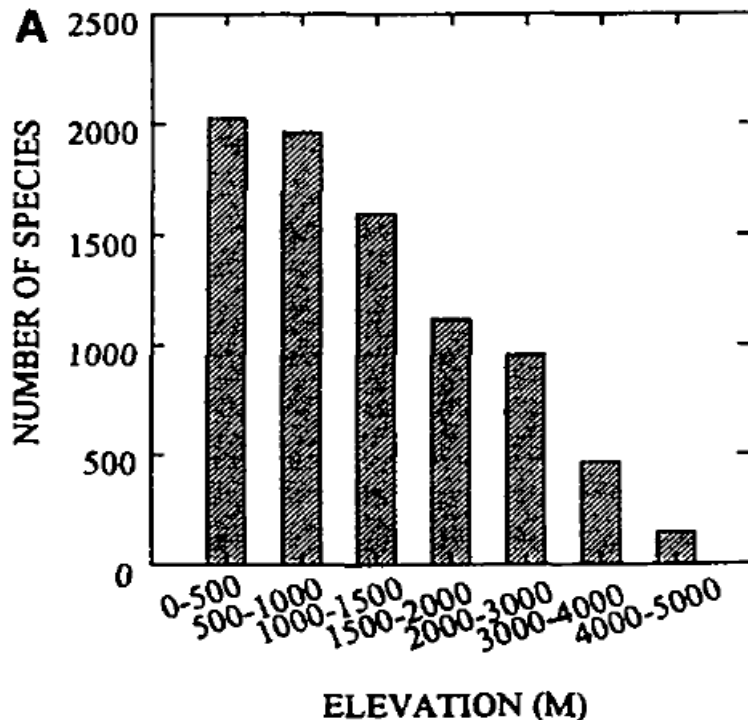
Muzeum

- členitý reliéf tvoří refugium v dobách klimatických změn: migrací na krátké vzdálenosti (do jiné nadmořské výšky nebo na svah jiné orientace) se druhy snadno dostanou do prostředí s vyhovujícím klimatem
- hory zachycují déšť, proto tvořily refugia v suchém glaciálu

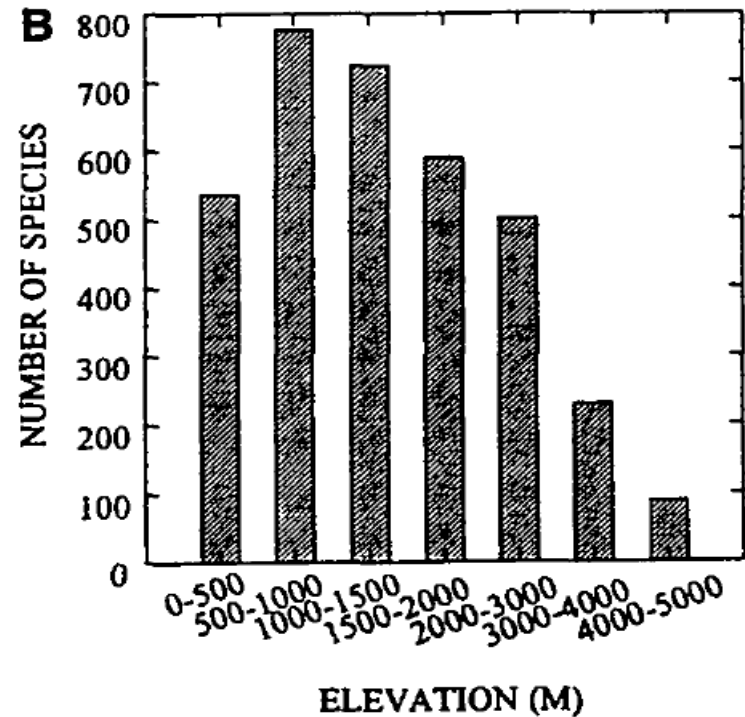
Altitudinální gradient diverzity

Jihoameričtí tropičtí ptáci

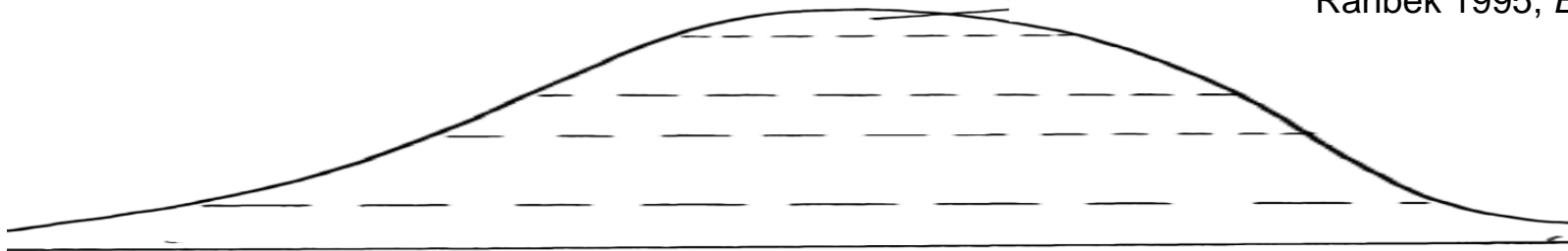
Nestandardizovaná data



Standardizace na plochu 50 tis. km²
(log S / log A transformace)

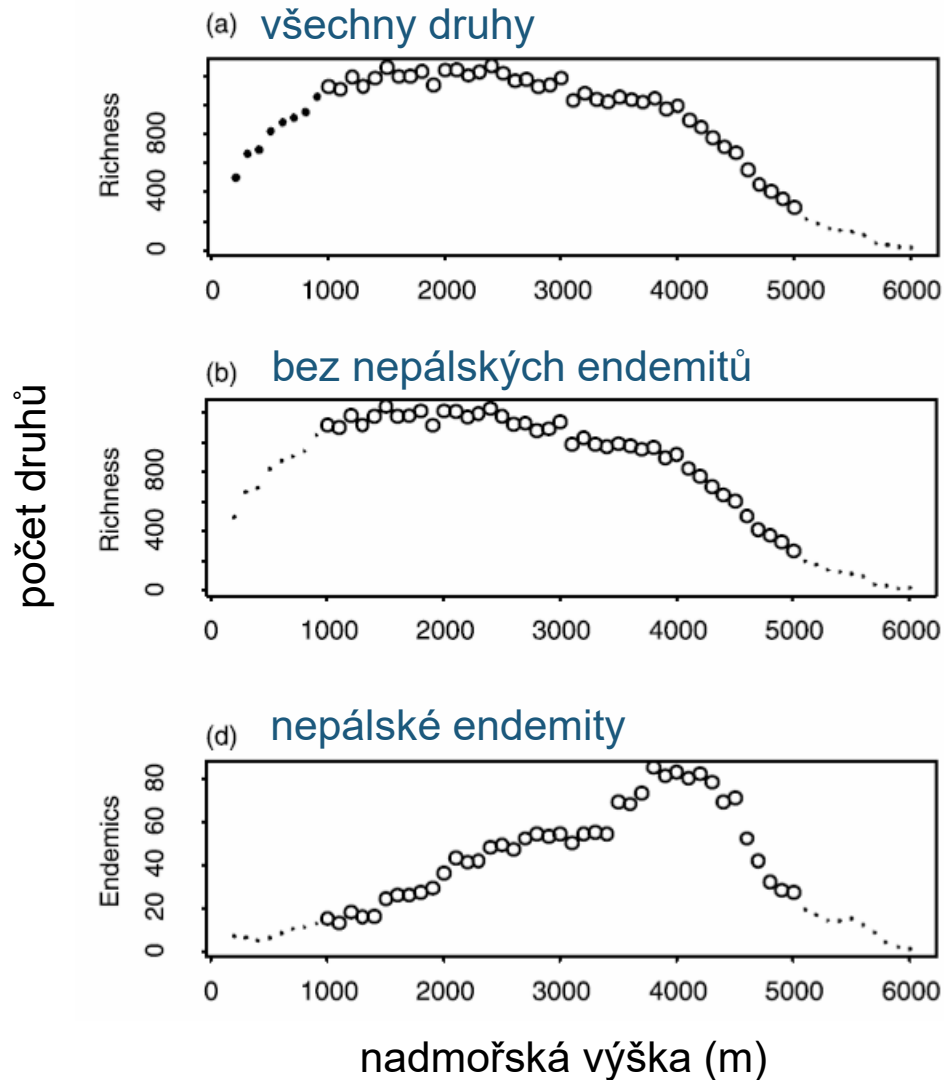


Rahbek 1995, *Ecography*



Altitudinální gradient diverzity

Cévnaté rostliny v nepálských Himálajích



Vetaas & Grytnes 2002,
*Global Ecology and
Biogeography*

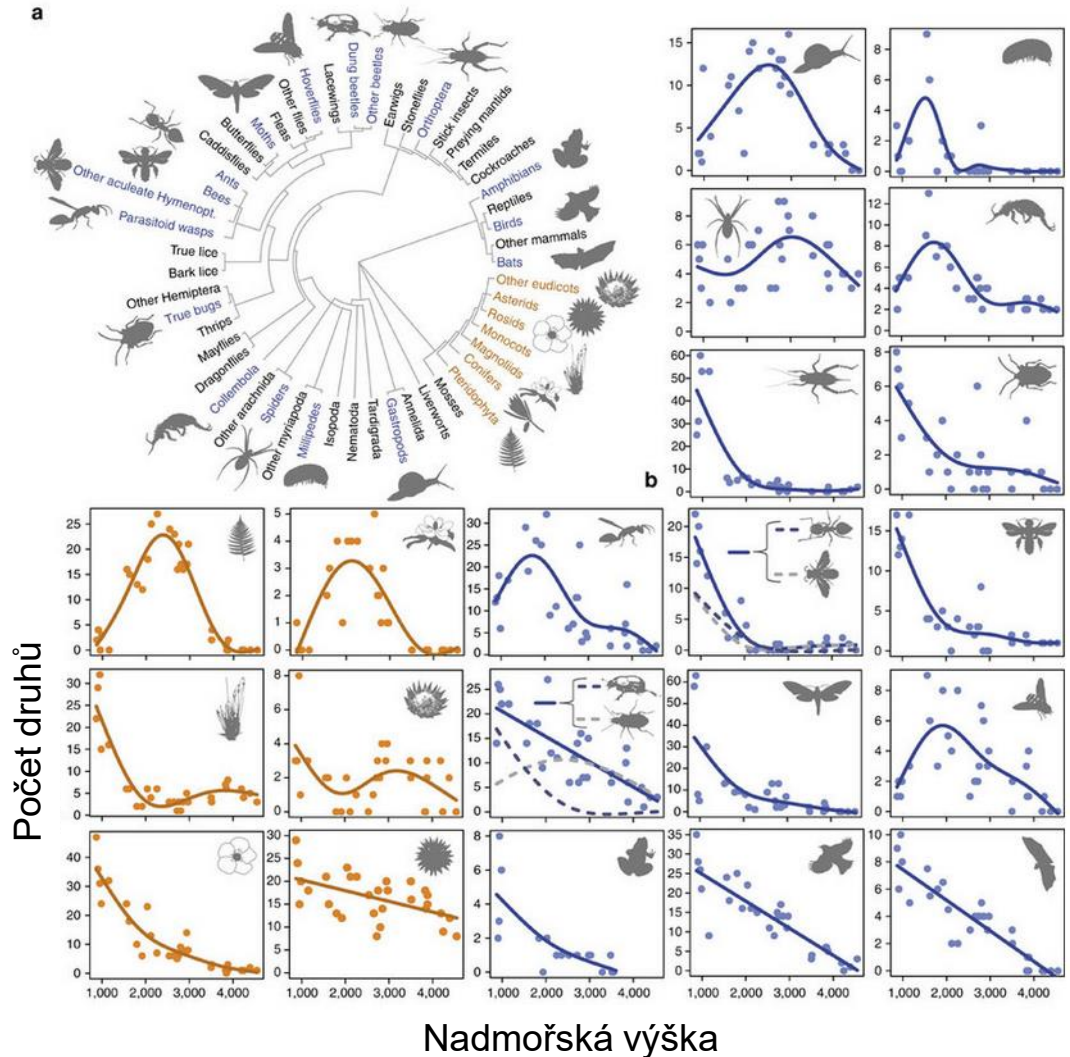
Altitudinální gradient diverzity

Počty druhů různých taxonů na Kilimandžáru (5895 m n. m.)



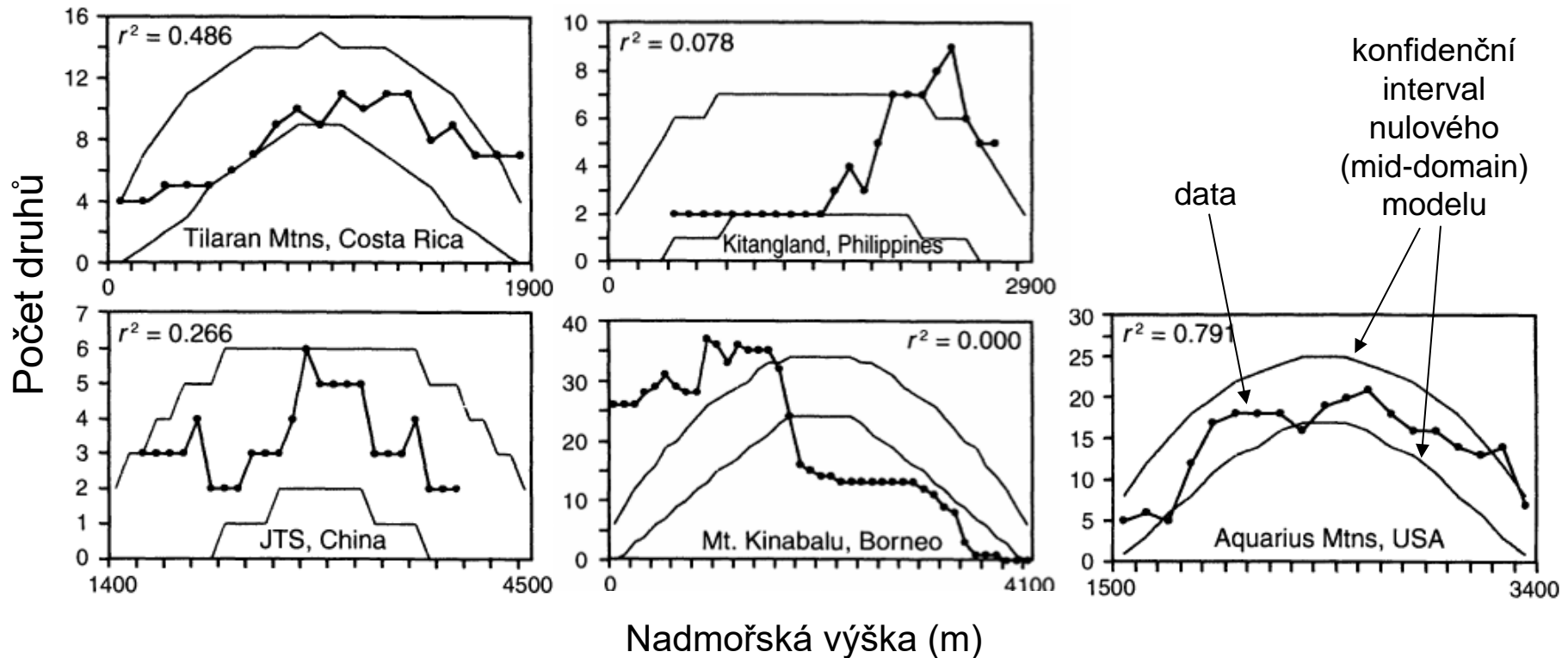
Počet druhů s nadmořskou výškou

- **klesá** (drsné podmínky na vrcholech hor, ostrovní charakter horských vrcholů)
- **napřed roste, potom klesá** (ve středních výškách společný výskyt horských a nížinných druhů a největší heterogenita prostředí)



Altitudinální gradient diverzity

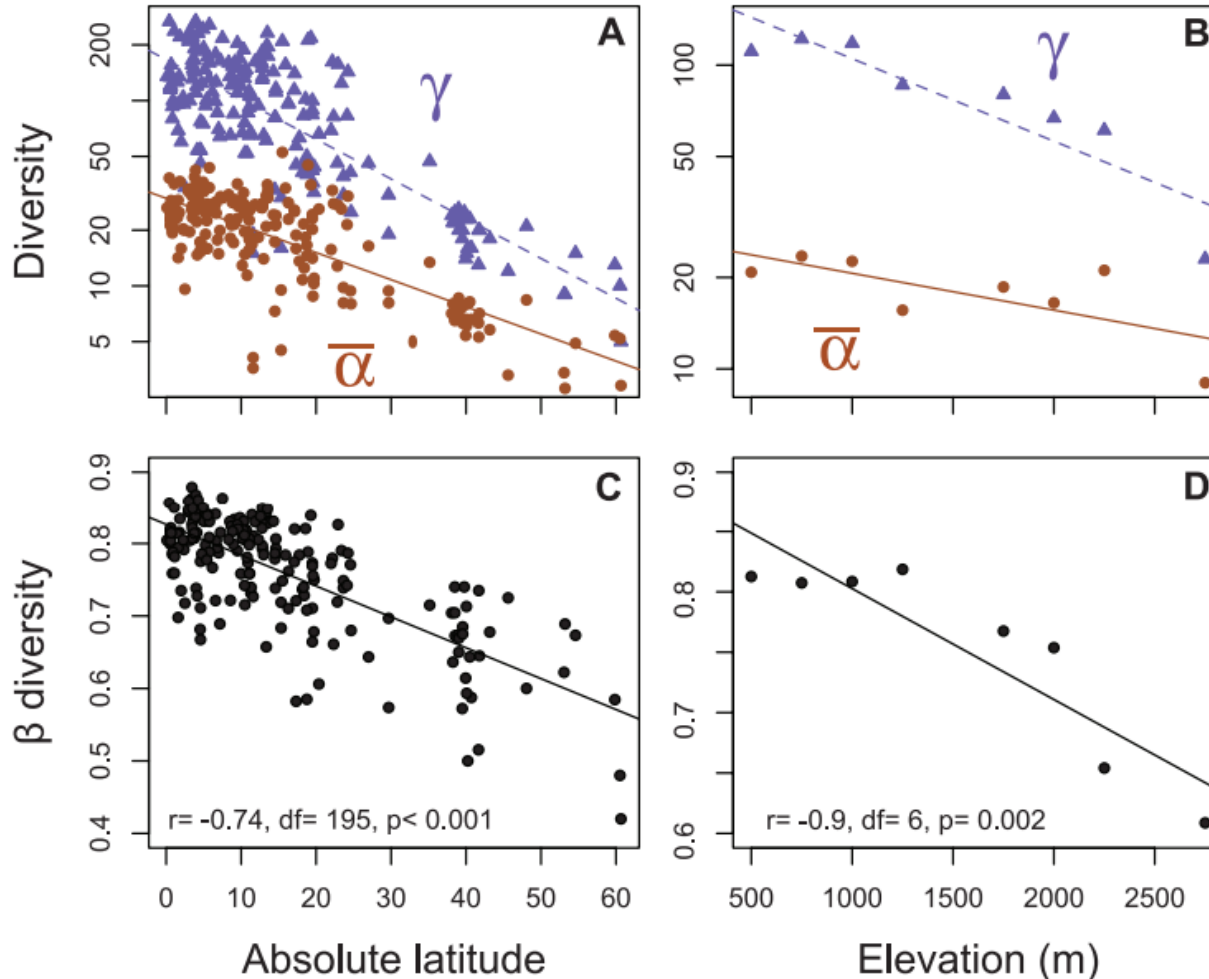
Drobní nelétaví savci (srovnání s efektem středu domény)



Latitudinální a altitudinální pokles beta diverzity

Latitudinální a altitudinální pokles beta diverzity

Beta diverzita dřevin na malých plochách v Americe



Gama = počet druhů ve všech plochách dané zeměpisné šířky / nadmořské výšky
Alfa = průměrný počet druhů v těchto plochách

Beta diverzita klesá, protože gama klesá rychleji než alfa

