

Biodiverzita mechů a lišejníků z lesů severního Saskatchewanu v Kanadě, plodů stromového patra pralesa Barro Colorado Island v Panamě a korálového útesu



Co je to biodiverzita a jak ji chápeme ?

Biologická diverzita

Biologická diverzita

Proč studovat biologickou diverzitu ?

- 1) Biologická diverzita je jedním z ústředních témat ekologie.
- 2) Biologická diverzita je často indikátorem stavu („zdraví“) ekosystému.
- 3) Stále existuje diskuse o tom jak měřit diverzitu.



Biologická diverzita = biodiverzita

Co je to biodiverzita ?

Biodiverzita (druhová rozmanitost) = strukturně kvantitativní vlastnost každého společenstva a znamená poměr počtu druhů k počtu jedinců. K vyjádření tohoto poměru se používá různých indexů (např. Shannonův index).

Biodiverzitu lze chápat na několika úrovních:

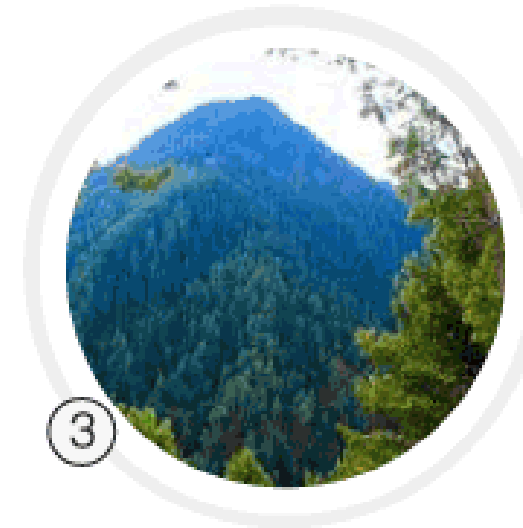
Různé úrovně diverzity

Biodiverzitu lze chápat na několika úrovních:

- druhov^á diverzita (*species diversity*) = počet druhů v daném prostředí
- genetická diverzita (*genetic diversity*) = genetická diverzita uvnitř daného druhu
- ekologická diverzita (*ecological diversity*) = počet různých ekosystémů v daném prostředí

Původně 3 typy diverzity

BIODIVERSITY AND ITS TYPES



1 Genetic diversity

2 Species diversity

3 Ecological diversity

Typy diversity - definice

Genetic Diversity

It is basically the variety of species expressed at the genetic level by each individual in a species. No two individuals belonging to the same species are exactly similar. For example, in the species of human beings, each human shows a lot of diversity in comparison to another human. People living in different regions show a great level of variation.

Species Diversity

It is the biodiversity observed within a community. It stands for the number and distribution of species. The number of species in a region varies widely depending upon the varied environmental conditions. For example, it is usually observed that civilizations residing beside water bodies show more species than the one compared to the areas away from water bodies.



Fig. 2 Plant species from the Andes Mountains, East Africa, Madagascar, and Malaysia.

(A) *Chuquiraga jussieui* at the base of volcano Chimborazo, Ecuador. Photo credit: Flora of The World. (B) *Vachellia tortilis* (*Acacia tortilis*), grazed by giraffes at the foot of Mt. Kilimanjaro. Photo credit: David C. Western. (C) *Alluaudia procera* spiny thicket, Berenty, Madagascar. The family Didieriaceae is highly characteristic of Madagascar. *Moringa drouhardii* on the left, and noxious introduced *Opuntia stricta* in the foreground. Photo credit: Flora of the World. (D) *Rafflesia cantleyi*, a unique parasitic plant, northern Malaysia rainforest. Photo credit: Charles Davis.

Ecological diversity

It defines the diversity observed among the ecosystems in a particular region. Different ecosystems like mangroves, rainforests, deserts, etc., show a great variety of life forms residing in them.

Elementy biodiverzity

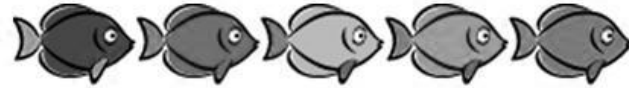
Co jsou elementy biodiverzity ?

Elementy biodiverzity (podle Heywood a Baste, 1995)

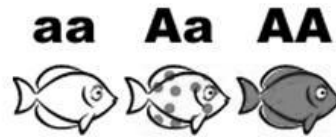
Ekologická diverzita	Genetická diverzita	Diverzita organismů
Biomy		Říše
Bioregiony		Kmeny
Krajina		Čeledě
Ekosystémy		Rody
Habitaty		Druhy
Niky		Podruhy
Populace	Populace	Populace
	Jedinci	Jedinci
	Chromosomy	
	Geny	
	Nukleotidy	

Různé pohledy na diverzitu !

Taxonomická diverzita – výskyt a četnost jedinců druhů nebo jiných taxonomických jednotek



Genetická – výskyt různých kombinací alel v populacích organismů



Ekologická/funkční – funkce, kterou organismy vykonávají v rámci společenstva (predátor, parazit, dekompozitor, sesilní mobilní organismy atd.)



Fyziologická/biochemická diverzita – způsoby a biochemické dráhy používané organismy k zpracování substrátu



- n_i - je abundance i-tého druhu,
- N - celkový počet jedinců
- s - počet druhů

Shannon – Weaverův index (1949)

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \quad \frac{n_i}{N} = p_i$$

H_{\max} = maximální (teoretická hodnota diverzity)

$H_{\max} = \log_2 s$ nebo $H_{\max} = \ln s$

s - počet druhů



$$FD = \sum_{i=1}^{S-1} \sum_{j=i+1}^S q_{i,j} p_i p_j$$

- Funkční diverzita FD
- $q_{i,j}$ - nepodobnost
- p_i - relativní zastoupení druhu
- když je nepodobnost 1 pro kteroukoliv dvojici druhů, dostanu Simpsonovu diverzitu, tj. 1-Simpsonova dominance

Dnes 4 typy diverzity !

TYPES OF BIODIVERSITY



GENETIC DIVERSITY



SPECIES DIVERSITY



ECOSYSTEM DIVERSITY



FUNCTIONAL DIVERSITY

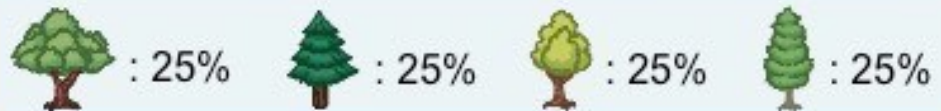
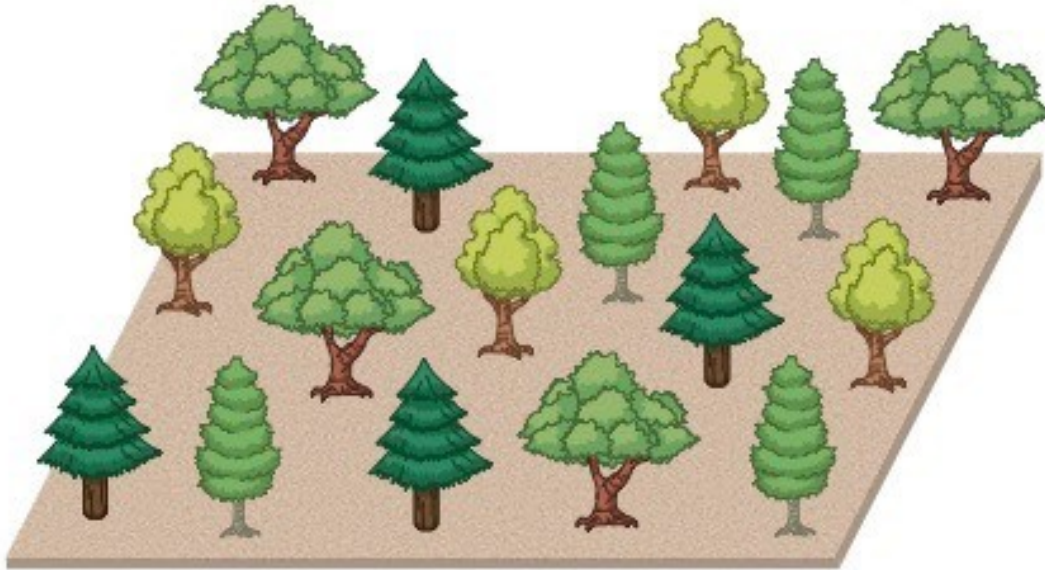
Jak definujeme pojem „Biodiverzita“ ?

Biodiverzita je obecně používaný termín, kterým nahrazujeme jasně definovaný a dříve ustanovený pojem **species diversity** a **species richness**. Biologové nejčastěji definují biodiverzitu jako **souhrn všech genů, druhů a ekosystémů daného regionu**. Výhodou této definice je to, že vyjadřuje sjednocený pohled na tradiční biologické variety dříve definovaných pojmů:

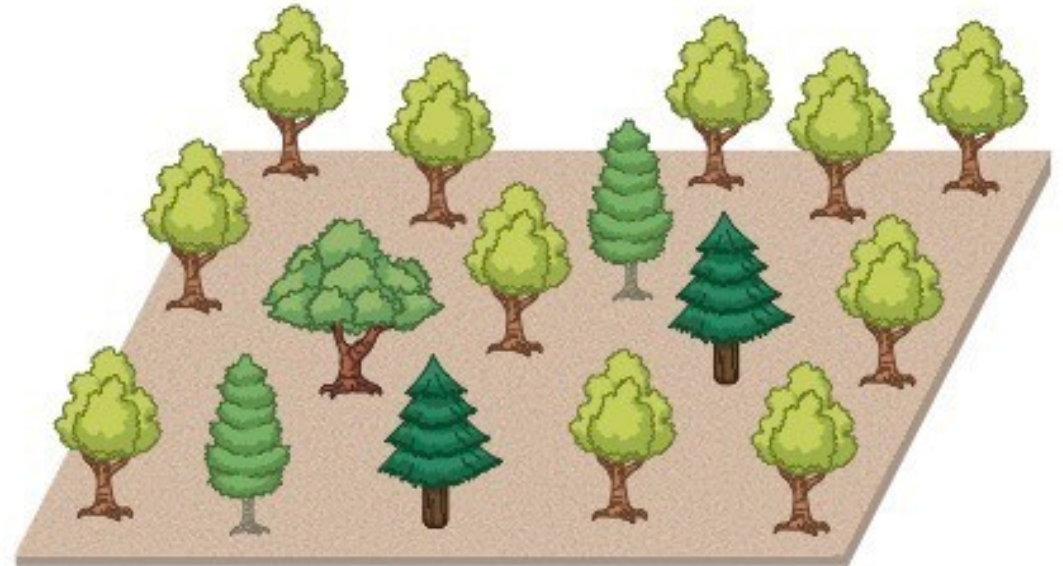
- **taxonomická (druhová) diverzita** (obvykle se stanovuje jako úroveň druhové diverzity)
- **ekologická diverzita** (často se vyjadřuje jako diverzitu různých ekosystémů)
- **morfologická diverzita** (která se odvozuje od genetické a molekulární diverzity)
- **funkční diverzita** (která se měří jako počet funkčně odlišných druhů ve společenstvu, např. mající různé potravní strategie, různou motilitu, interakce predátor vs. kořist, parazit atd.)

Kolik je na lokalitě druhů ? Jak se tato lokalita liší od jiné ?

Community 1



Community 2



Community 1 and Community 2 have the *same* **species richness**, but they have *different* **species evenness**

Regionální spektrum druhů: vysoké *versus* nízké

Příklad tzv. funkční biodiverzity

Regional Species Pool with
High Functional Diversity –
Organisms differ



High β -Diversity
Community composition *differs*
greatly among stream segments



Regional Species Pool with
Low Functional Diversity –
Organisms are similar



Low β -Diversity
Community composition is *similar*
among stream segments



Kategorie diverzity

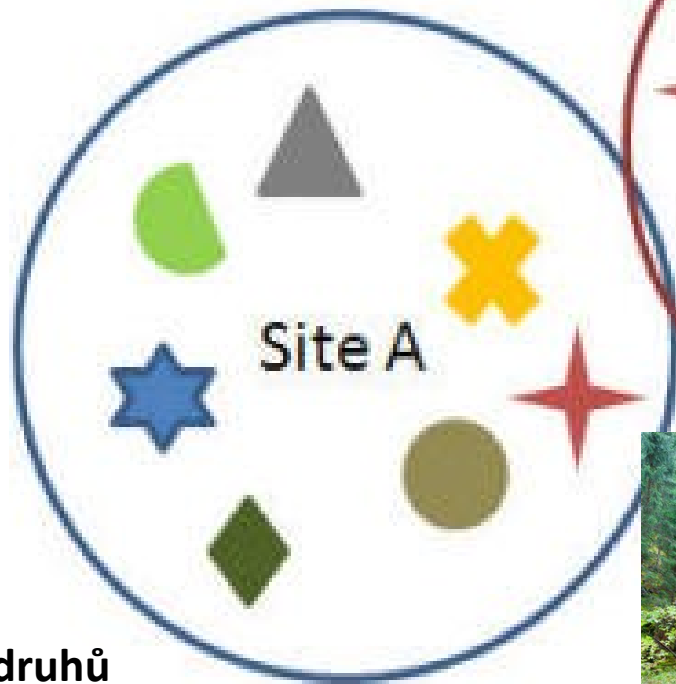
Samotný pojem druhové diverzity vymezil Whittaker (1972) pomocí následujících tří kategorií:

- α -diverzita = počet druhů ve společenstvu, nebo vymezené části habitatu
- β -diverzita = je chápána jako způsob změny diverzity mezi jednotlivými habitaty
- γ -diverzita = celkový počet druhů v regionu, neboli kombinace mezi α a β diverzitou

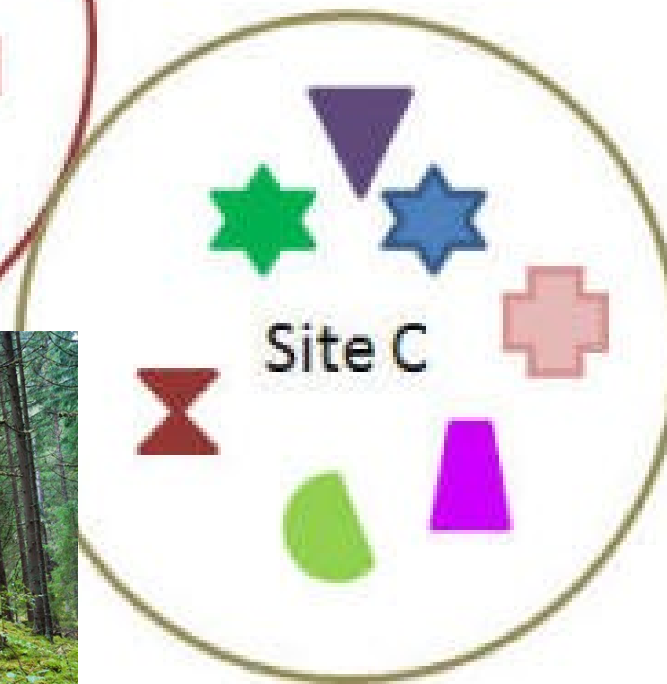
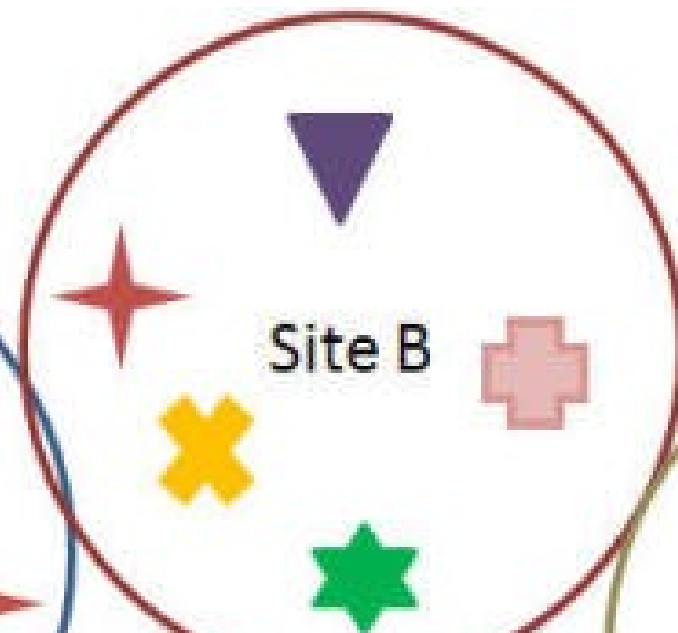
Biodiverzita na třech různých lokalitách



(Barevné symboly = jednotlivé druhy)
Celkem je zde 12 druhů !



7 druhů



6 druhů

Diverzita a druhová bohatost

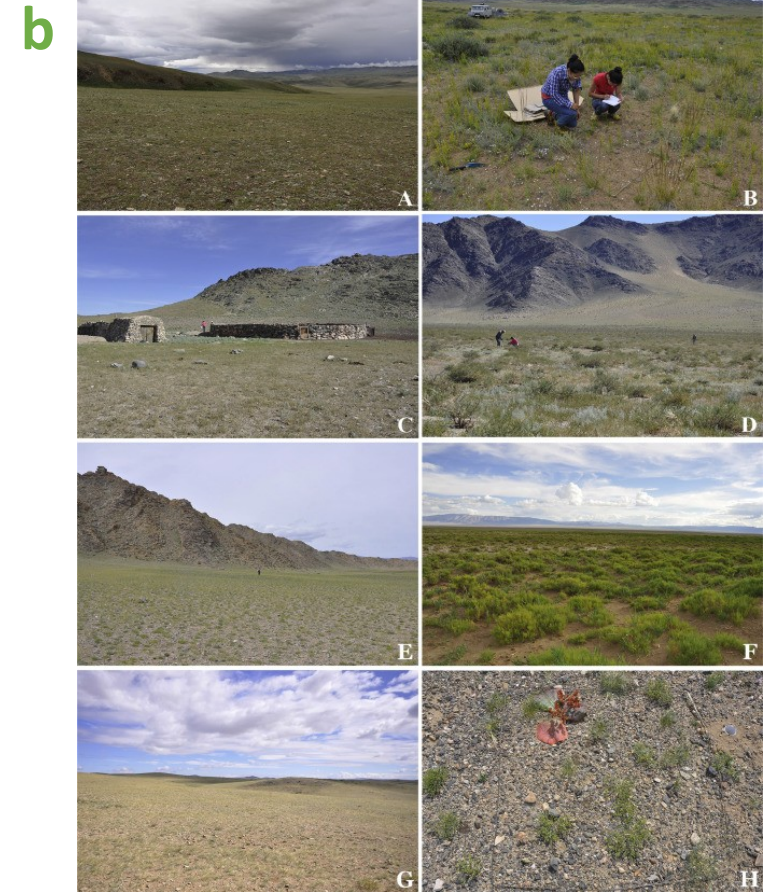
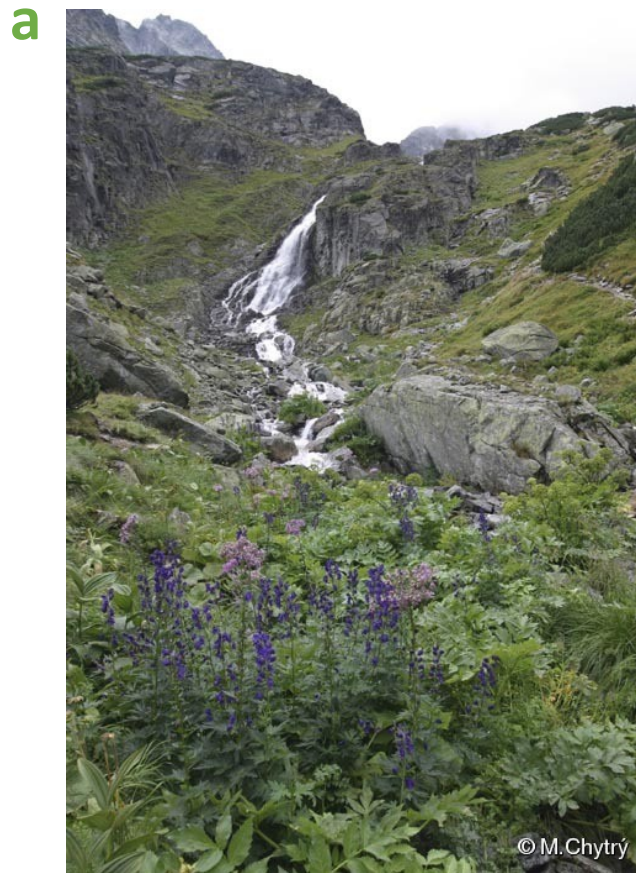
Druhová bohatost je počet druhů ve společenstvu

Indexy druhové diverzity (Shannonův index, Simpsonův index, **vyrovnanost = evenness**) berou v úvahu i vyrovnanost v rozložení jedinců mezi druhy společenstva.

Alfa diverzita je diverzita (druhová bohatost) určitého konkrétního biotopu (místa) – např. počet druhů ve fytocenologickém snímku. Jedná se o druhovou bohatost na malém prostorovém měřítku.



Pojem **beta diverzita** označuje diverzitu na větším prostorovém měřítku, buď (a) změnu druhového složení mezi jednotlivými společenstvy (množství a vyhraněnost společenstev v určitém území), nebo (b) počet druhů celkem zjištěných v určitém opakujícím se společenstvu na určitém území. Obecně se tedy jedná o druhovou bohatost na větším prostorovém měřítku.

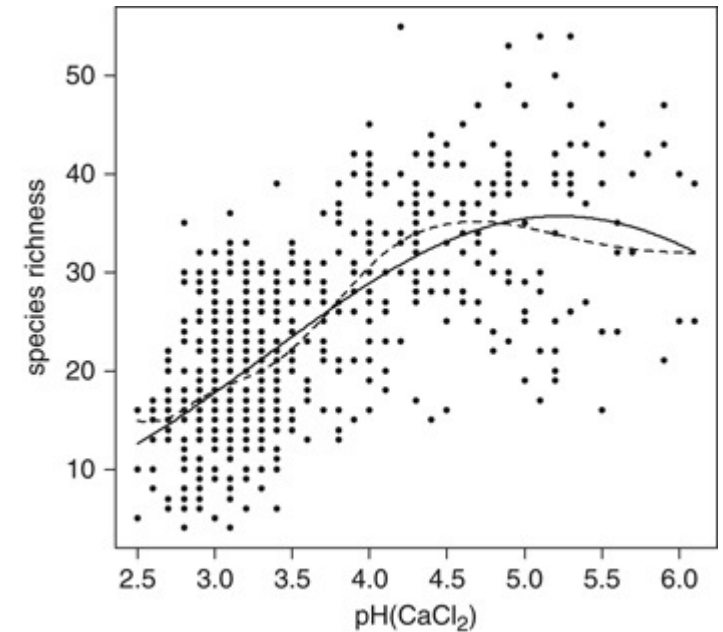
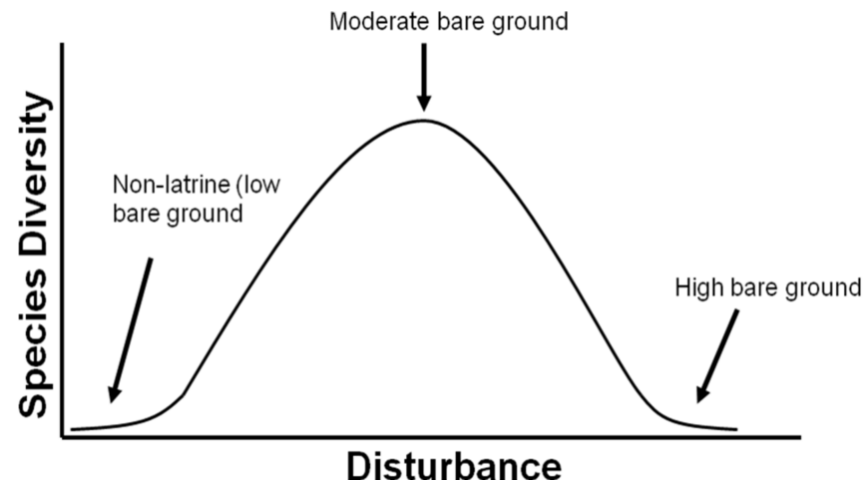
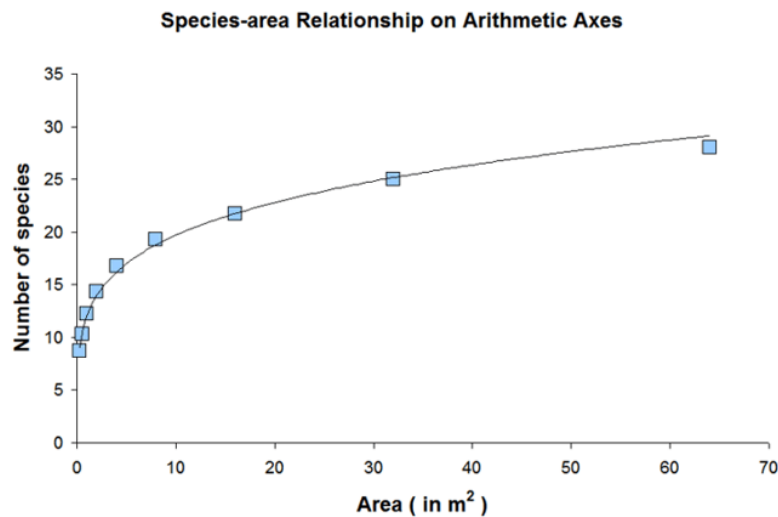


<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2287884X17300742>

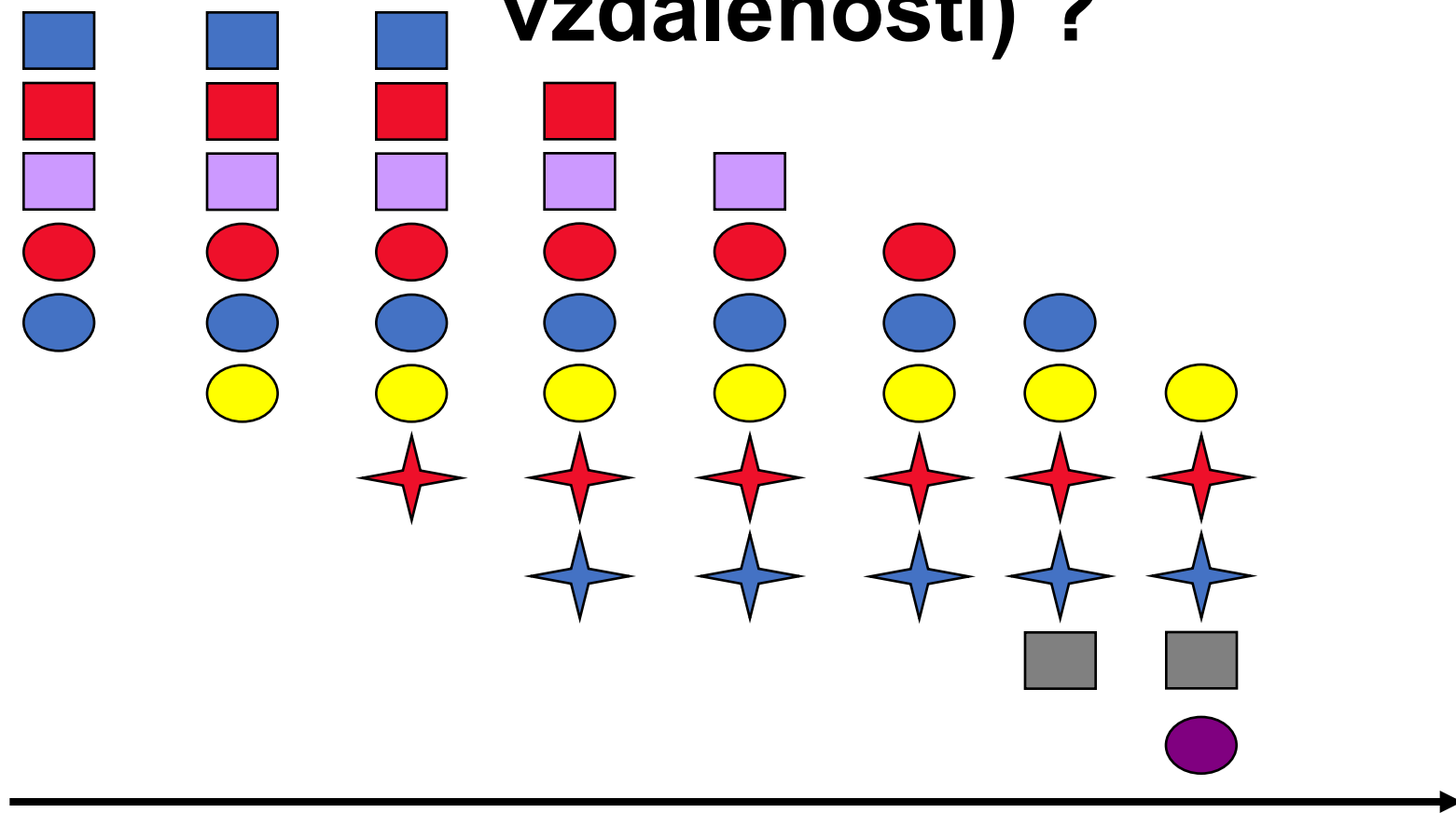
Gama diverzita je celkový počet druhů v určitém území, například ve střední Evropě (když jde o jeden typ prostředí, používá se často pojem **zásobník druhů**; *species pool*), kombinuje alfa a beta diverzitu.

Počet druhů ve společenstvu závisí na:

- velikosti zkoumané plochy (*species-area curves*)
- makroklimatu a evolučním stáří biotopu (extrémně vysoká diverzita v tropických deštných lesích, směrem k pólům se diverzita snižuje) – gradient zeměpisné šířky; souvisí i s produktivitou
- na historické četnosti biotopu v krajině a s tím související velikosti zásobníku druhů (*species pool*)
- produktivitě stanoviště (viz příští přednáška) ve vztahu k typu živinové limitace
- pH půdy (vody) – platí zejména na severní polokouli a souvisí s četností stanoviště během glaciálních cyklů
- heterogenitě společenstva (plošky s disturbancí, diverzita povrchu, vertikální struktura – živočichové): otázka škály
- sukcesním stadiu a narušováním (roste, v klimaxu pak klesá; **hypotéza střední disturbance**)
- interakcích mezi druhy (kompetice versus facilitace)
- evolučních zvláštěnostech (větší diverzifikace některých rodů, vývojová centra)
- migraci a extinkci / imigraci (teorie ostrovní biogeografie)



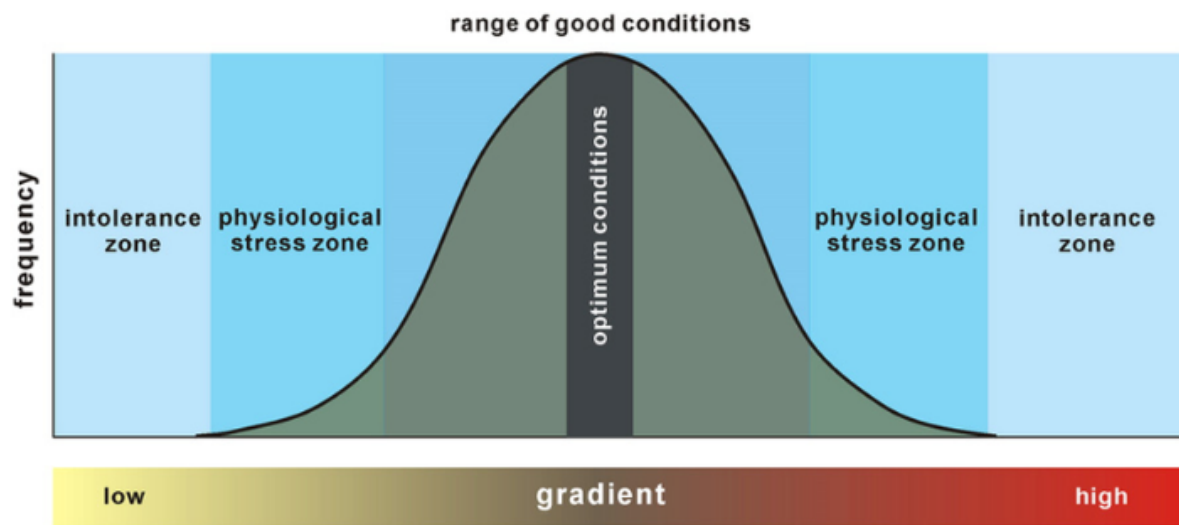
Jak měřit podobnost společenstev v čase (sukcese) a prostoru (s rostoucí vzdáleností) ?



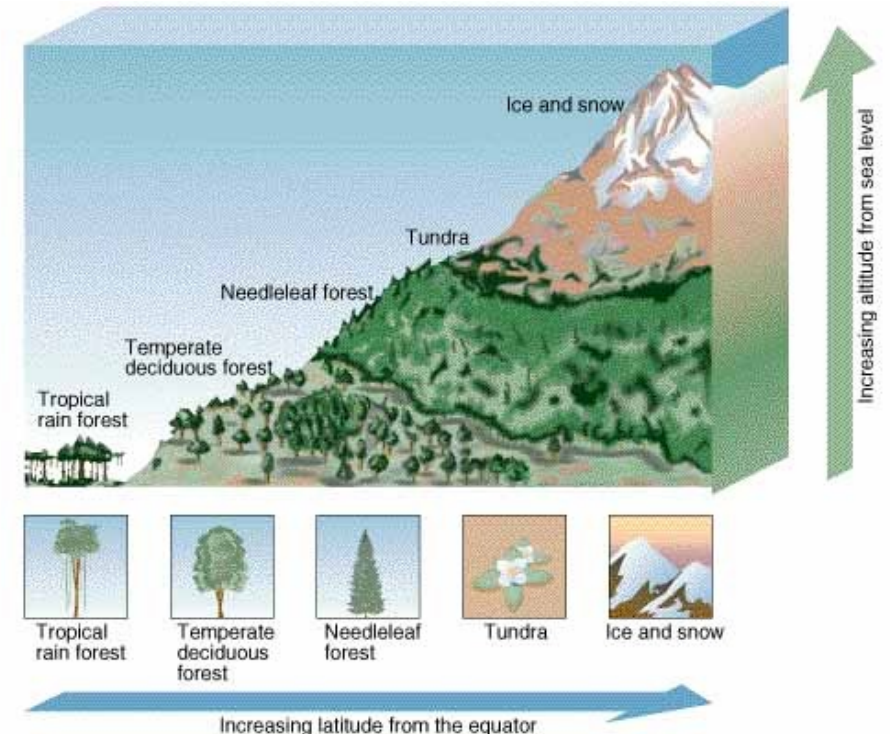
Geografická vzdálenost
Klimatický nebo environmentální gradient
Druhově specifická disperse

Co je to Environmentální gradient ?

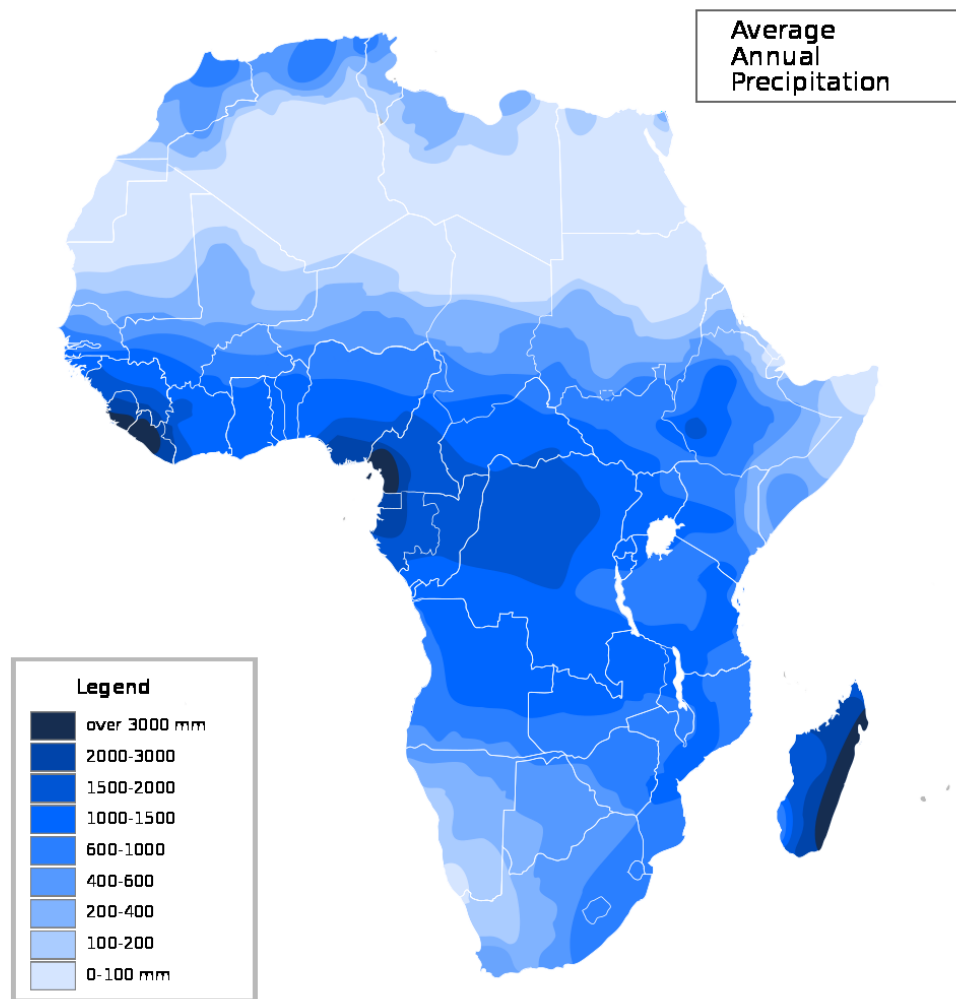
- Environmentální gradient neboli klimatický **gradient** je změna **abiotických** (neživých) faktorů v průběhu prostoru (nebo času). Environmentální gradienty mohou souviset s faktory, jako je **nadmořská výška, hloubka, teplota, vlhkost půdy a srážky**. Často je s těmito gradienty úzce spojeno množství **biotických** (živých) faktorů; V důsledku změny gradientu prostředí mohou být ovlivněny faktory, jako je **početnost druhů (SR), populační hustota, morfologie, primární produktivita, predace a místní adaptace**.



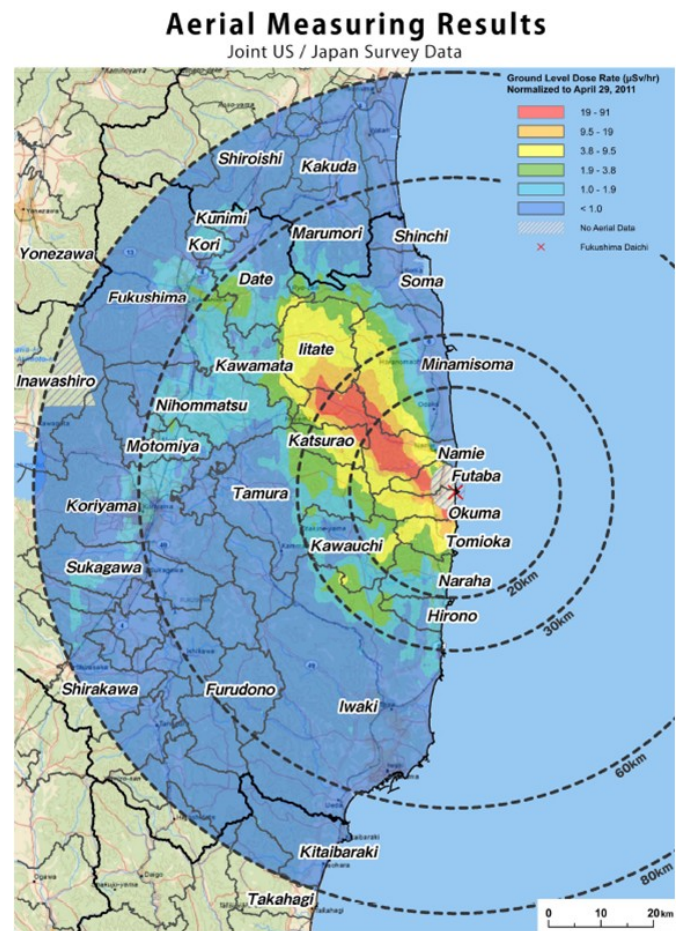
Frequency distribution of a species along an environmental gradient.



Příklady: enviromenální gradient

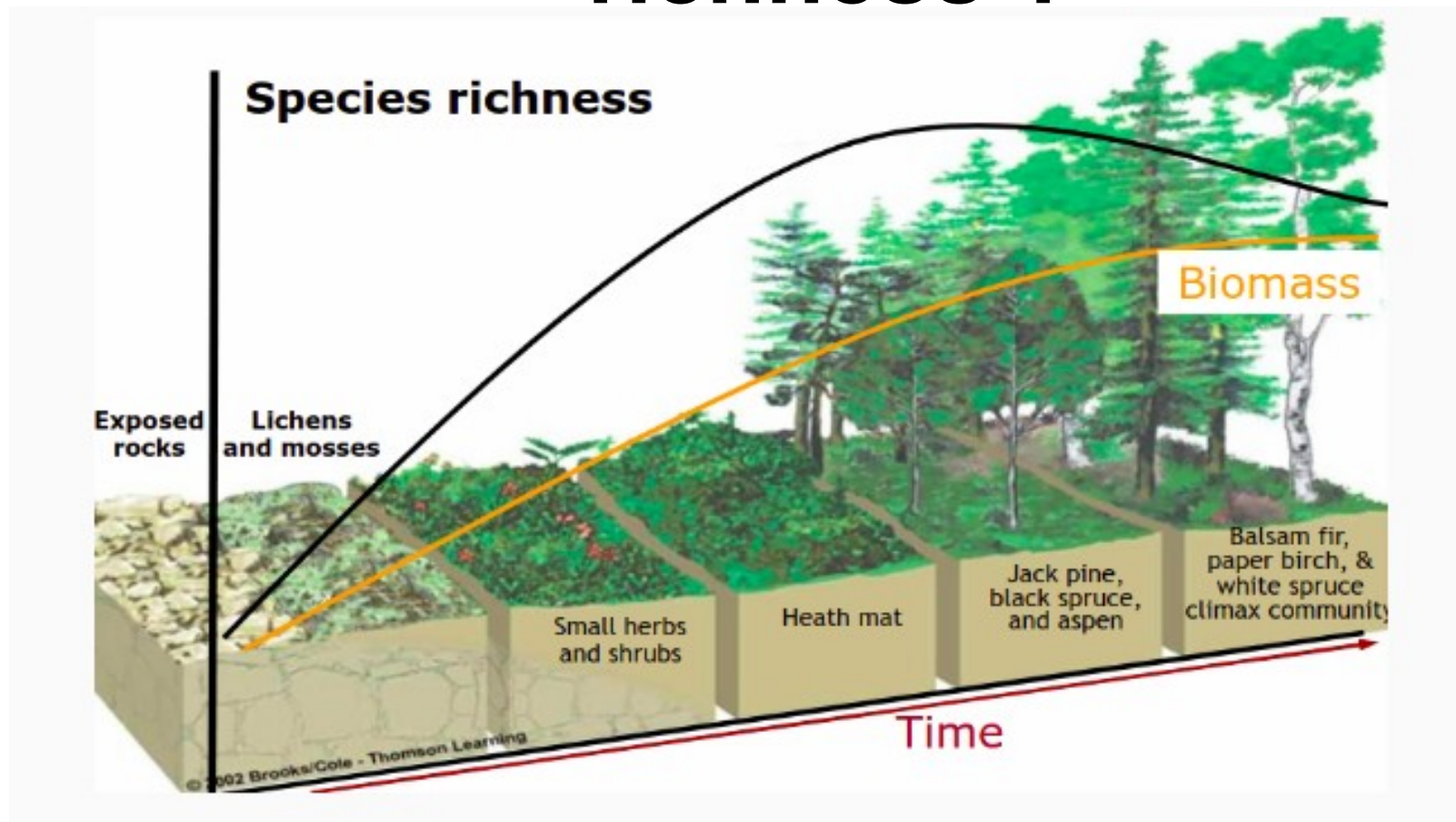


Kolísání průměrných ročních srážek v definovaném rozsahu (zde Afrika) může představovat **environmentální gradient**.



Rozložení záření šířícího se ven z místa jaderné katastrofy v jaderné elektrárně Fukušima Daiichi vytvořilo uměle vytvořený **gradient** prostředí na japonském ostrově Honšú.

Kolik je na lokalitě druhů – species richness ?

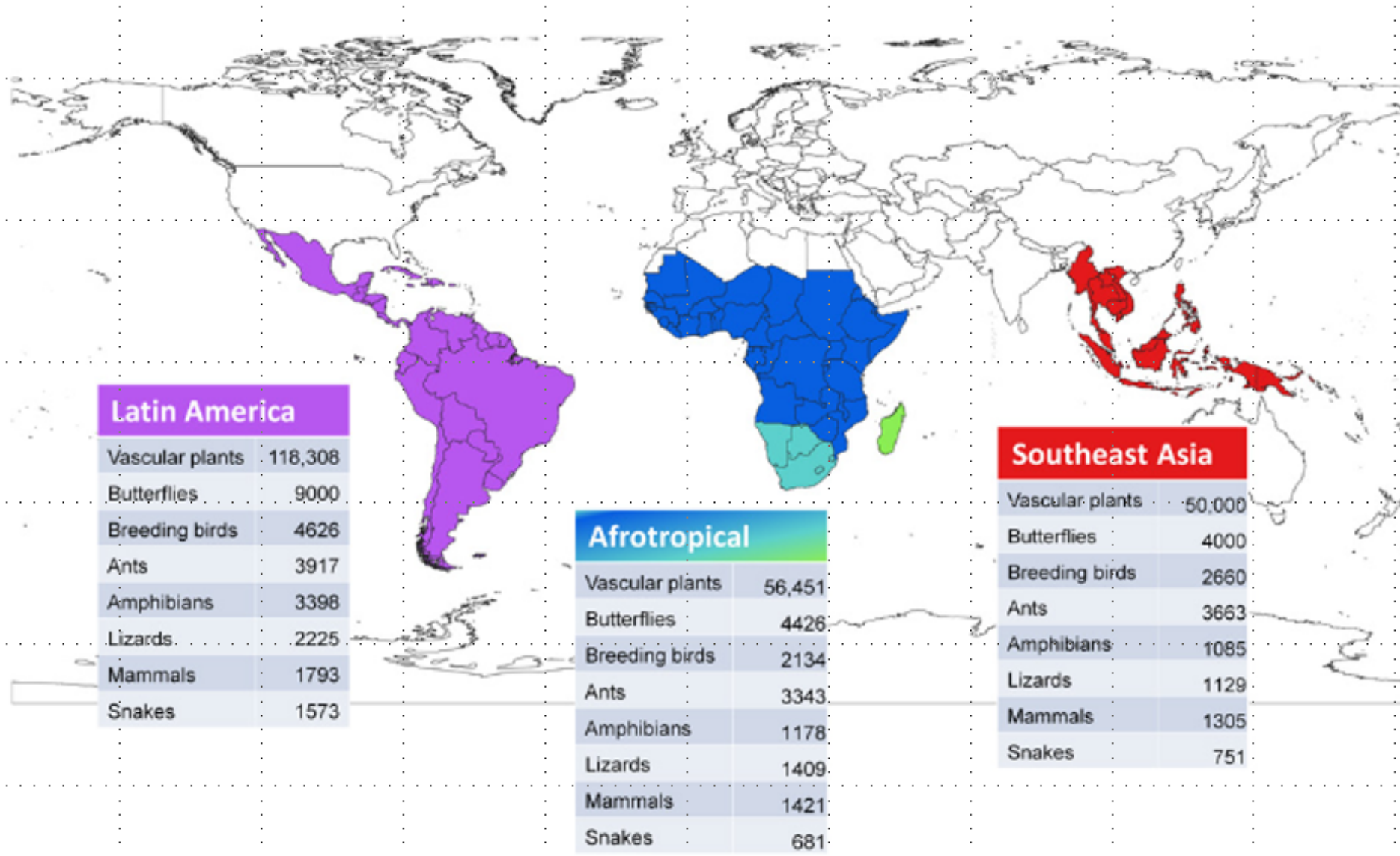


Během ekologické sukcese na dané lokalitě se jako **první usadí lišejníky, řasy, mechy**. Tyto druhy jsou známé jako **pionýrské druhy**. Hrají poměrně důležitou roli při zvyšování úrodnosti půdy. Jak se půda stává úrodnou, **proniká do ní více druhů**. **Druhová bohatost se tak v průběhu dalších etap neustále zvyšuje**. Přechodná sukcesní stadia se nazývají přechodná nebo sériová stadia. **Klimaxová společenstva** druhů se nazývají **lesy, které nakonec stabilizují celý ekosystém** a mají maximální druhovou bohatost.

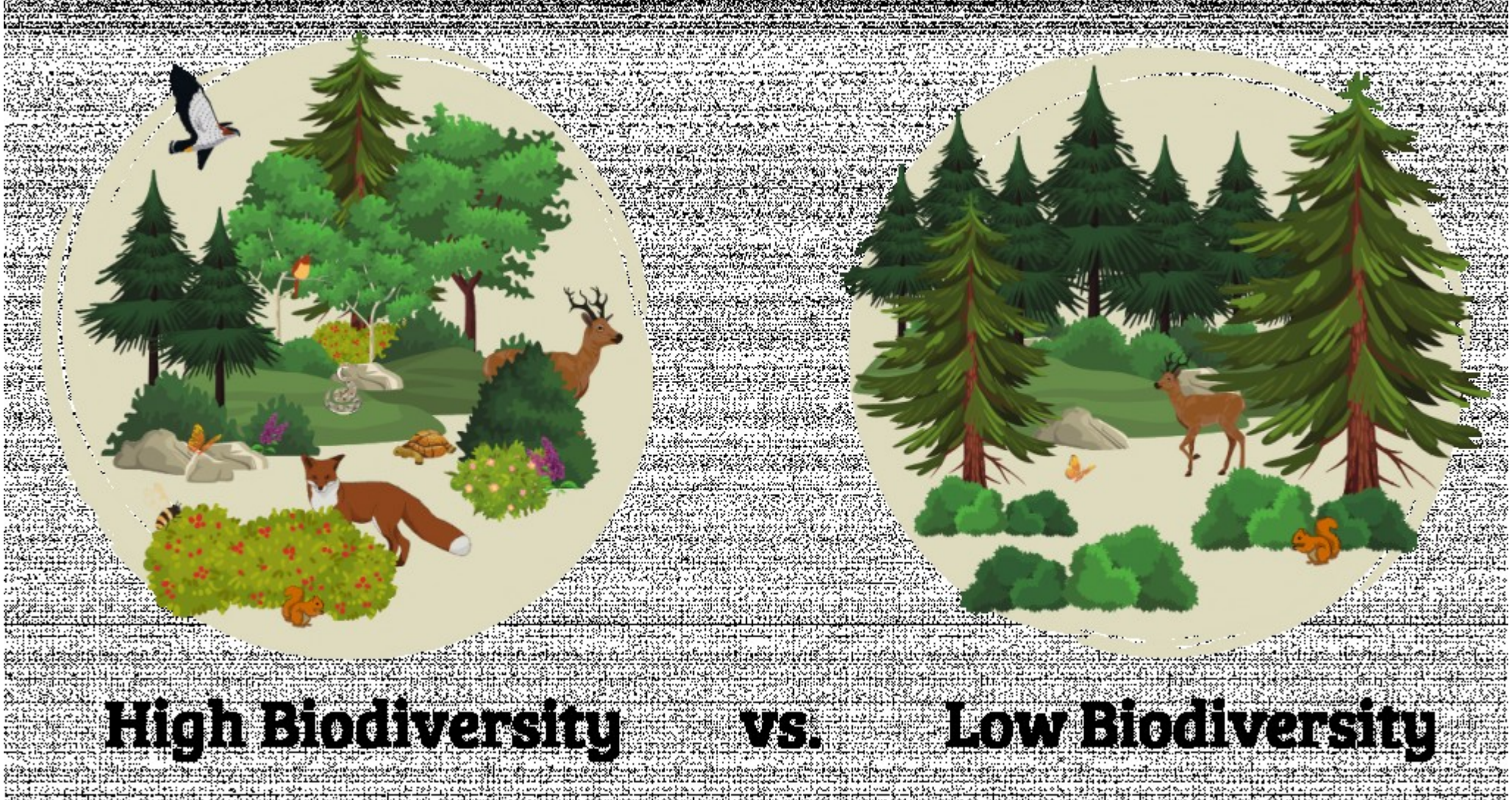
Biodiverzita *versus* Species richness

	Biodiverzita	Species richness
Definice	Biodiverzita se týká dané oblasti na Zemi	Species richness se týká počtu různých druhů přítomných v různých ekologických společenstvech, krajinách a regionech
Význam pojmu	Pokrývá širší oblast než je species richness	Pouze zaměřeno na počet druhů
Daná oblast	Týká se významu určitých druhů ve smyslu taxonomickém, ekologickém a ekonomickém	Týká se pouze počtu druhů
Využitelnost	Lze aplikovat na veškerou biologickou rozmanitost, počínaje úrovní genetickou, přes jednotlivé druhy, ekosystémy a celou planetu	Týká se pouze počtu druhů
Význam	Jedná se o to kdo, co, kdy, jak a kolik biologických forem je přítomno	Týká se pouze počtu druhů

Biodiverzita (species richness) ve třech tropických oblastech světa a třech regionech jižní Afriky



Vysoká *versus* nízká biodiverzita ? Co to znamená ? Jak porovnat dvě lokality ?



Koeficienty podobnosti

Asymetrické binárne koeficienty

JACCARDOV KOEFICIENT (Jaccard 1900, 1901, 1908)

$$S(x_1, x_2) = \frac{a}{a+b+c}$$

všetky členy majú rovnakú váhu

SØRENSENŮV KOEFICIENT (Sørensen, 1948; Dice, 1945)

$$S(x_1, x_2) = \frac{2a}{2a+b+c}$$

prezencia druhu je viac informatívna ako absencia tj. dvojnásobná váha dvojitým prezenciám

$$S(x_1, x_2) = \frac{3a}{3a+b+c}$$

trojnásobná váha dvojitým prezenciám

Asymetrické kvantitatívne koeficienty

KVANTITATIVNÍ SØRENSENŮV KOEFICIENT (Bray and Curtis, 1957)

	Species abundance					aN	bN	jN
Site X ₁	7	3	0	5	0	1	16	
Site X ₂	2	4	7	6	0	3		22
Minimum	2	3	0	5	0	1		11

$$S(x_1, x_2) = \frac{2jN}{(aN + bN)}$$

aN a bN sú celkové počty jedincov na lokalite A alebo B a jN je suma vždy nižšej z abundancií druhov nájdených na lokalitách

Kvantitativní indexy podobnosti

Symetrické kvantitativne koeficienty

	Decriptors										
Object X ₁	9	3	7	3	4	9	5	4	0	6	
Object X ₂	2	3	2	1	2	9	3	2	0	6	
Agreements	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	4

$$S_1(X_1, X_2) = \text{agreements}/p = 4/10 = 0.4$$

MORISITA-HORN INDEX (Wolda, 1981)

$$S(x_1, x_2) = \frac{2 \sum (a_n b_n)}{(d_a + d_b) aN \cdot bN}$$

aN je celkový počet jedinců na lokalitě A, a_n je počet jedinců druhu i

na lokalitě A a $d_a = \frac{\sum a_n^2}{aN^2}$, obdobně pro lokalitu B.

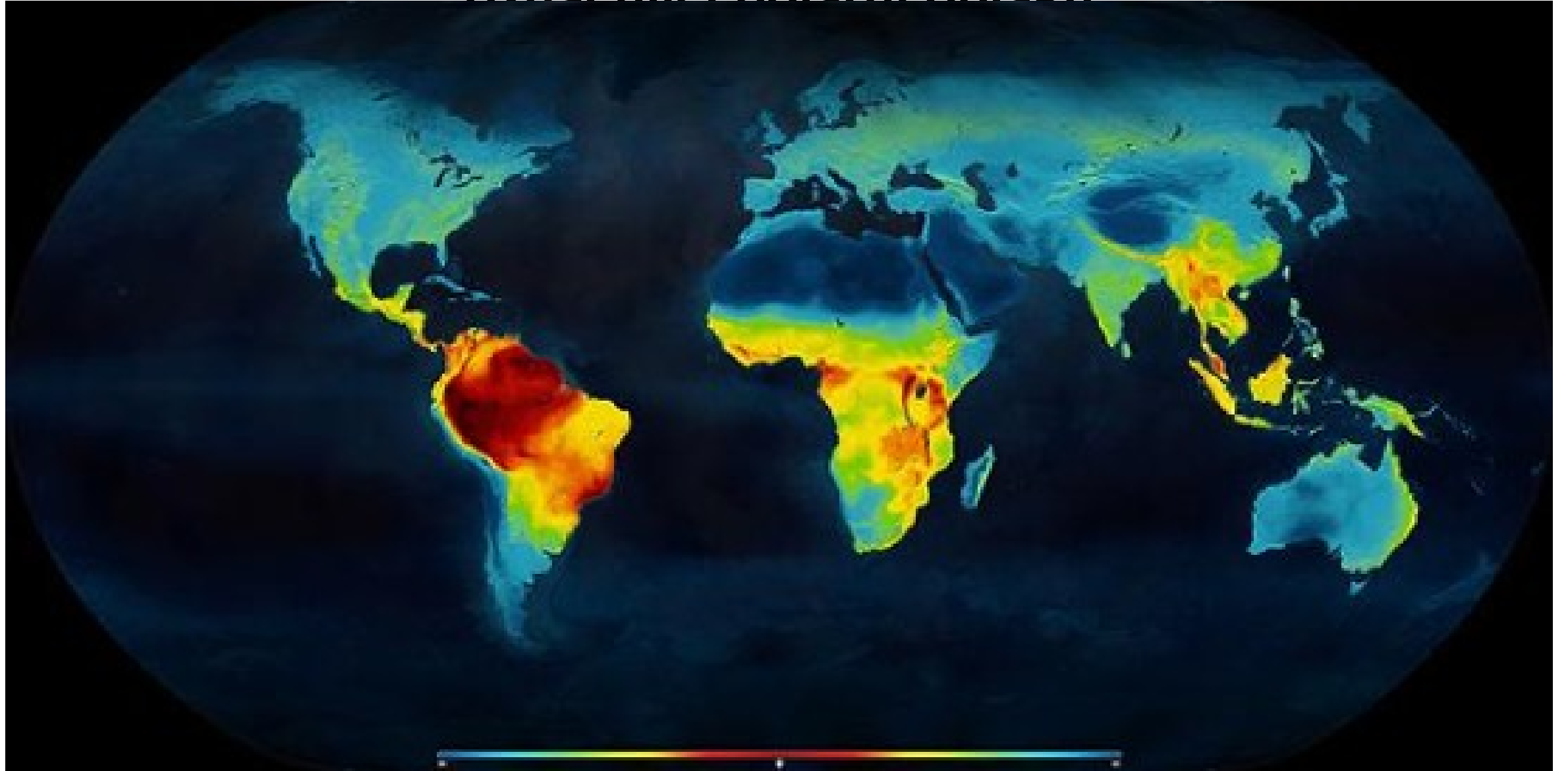
**Jak chápeme biologickou diverzitu
?**

Jak s ní v ekologii pracujeme ?

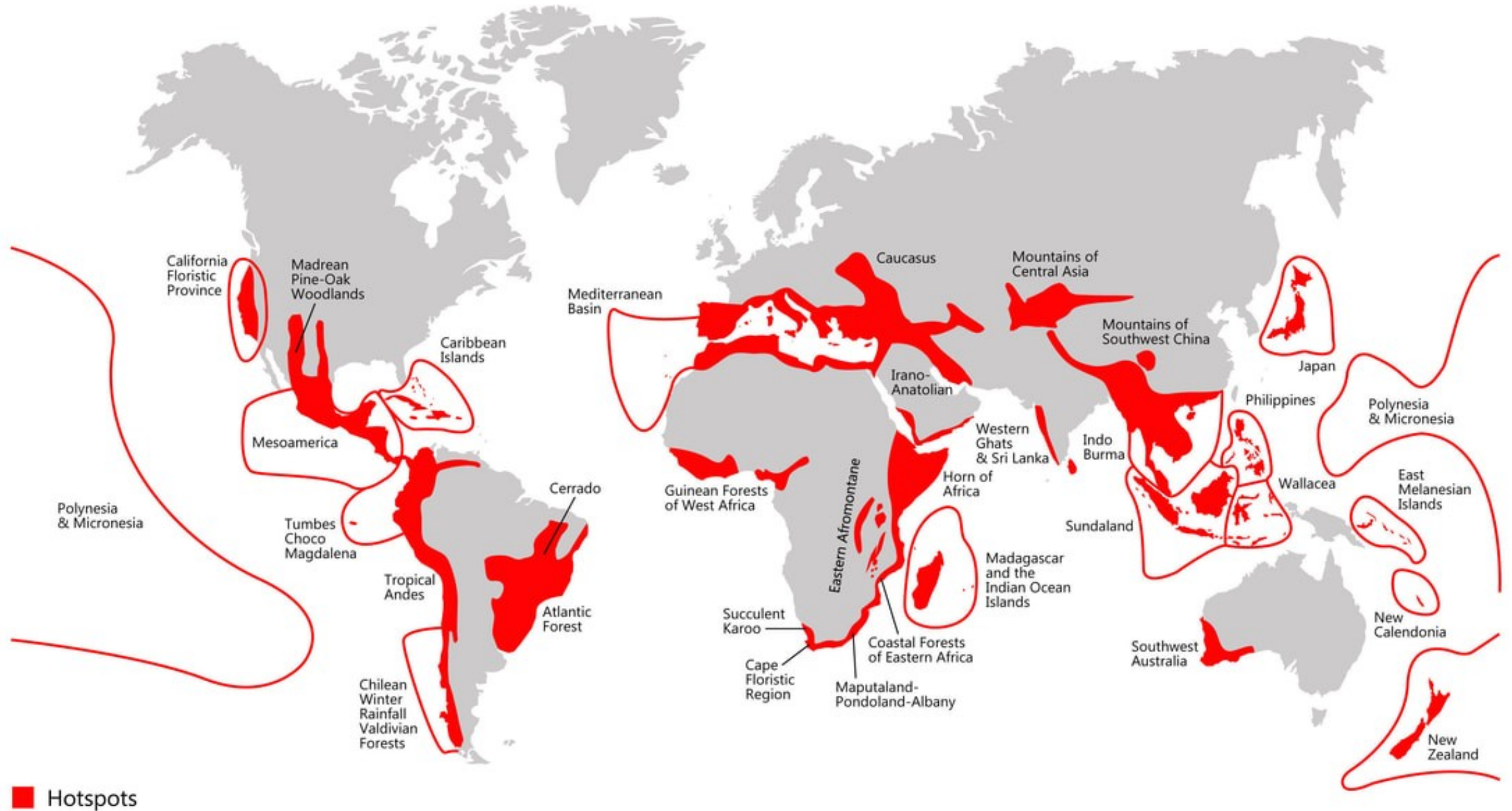
Jak měříme biodiverzitu ?

Jaký z toho máme užitek ?

Rozmístění zjištěných terestrických obrátlovců podle koncentrace diverzity – viz. **červená barva** v rovníkových oblastech; pokles směrem k pólům vyjadřuje spektrum končící **modrou barvou** označující polární oblasti



Hotspots biologické rozmanitosti



A jak se ničí biodiverzita ! ?



Ztráty biodiverzity v historicky krátkém čase!

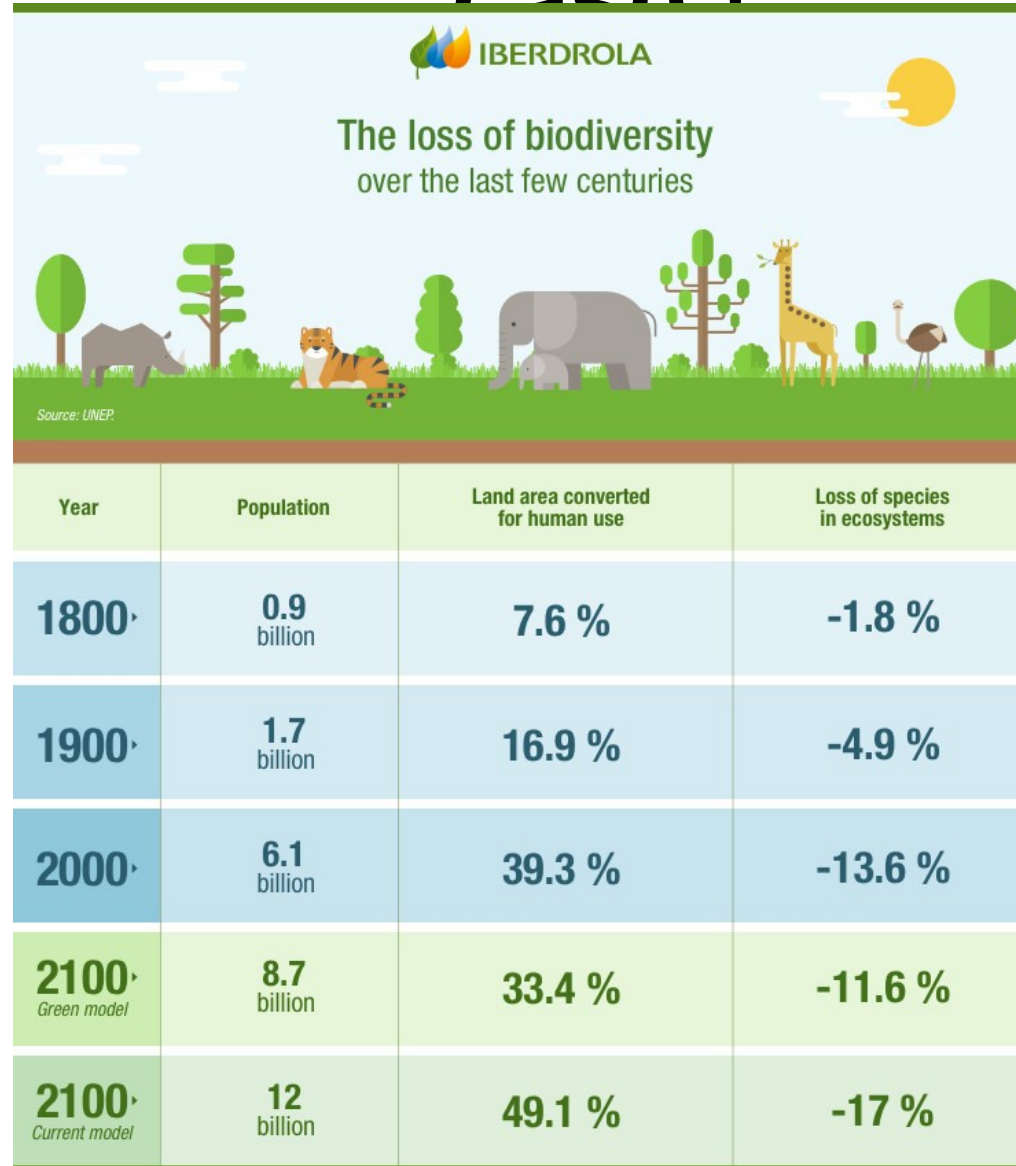


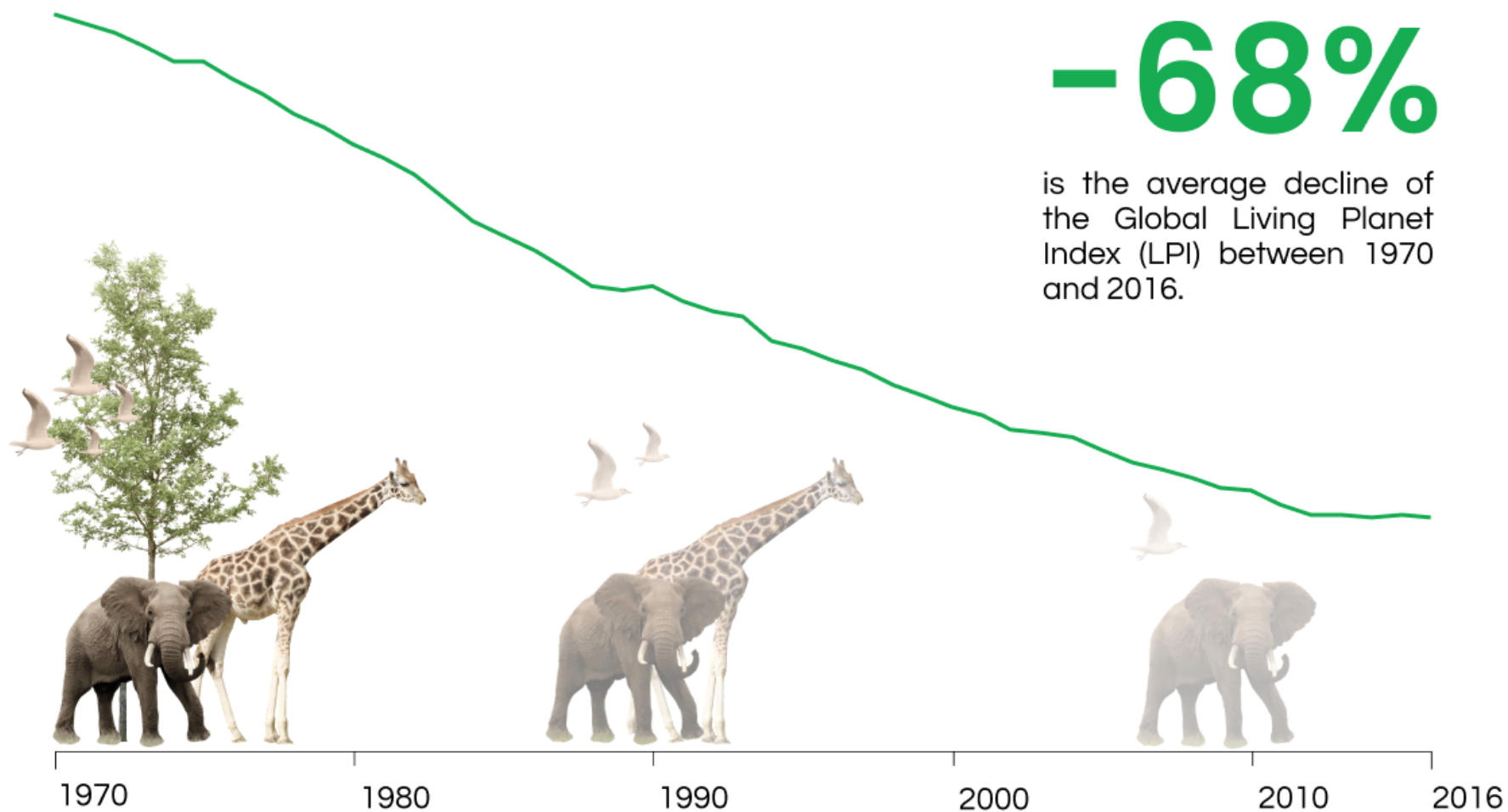
Figure 1. Living Planet Index, World

Source: World Wildlife Fund (WWF) and Zoological Society of London.

Mezi lety 1970 až 2016
došlo k -68% LPI

-68%

is the average decline of
the Global Living Planet
Index (LPI) between 1970
and 2016.



ZPRÁVA O ŽIVÉ PLANETĚ 2018 - 31. října 2018

Podle zprávy Living Planet 2018, kterou vydal Světový fond na ochranu přírody (WWF)

The Living Planet Report, vlajková loď WWF, publikace vydávaná každé dva roky. Zpráva Living Planet Report 2018 je dvanáctým vydáním této zprávy.

Jedná se o komplexní studii trendů v globální biodiverzitě a zdraví planety.

- **Shrnutí zprávy:**

- Prožíváme **Velkou akceleraci** – jedinečnou událost ve 4,5 miliardy let dlouhé historii naší planety – s explodující lidskou populací a ekonomickým růstem, který vede k bezprecedentním planetárním změnám prostřednictvím **zvýšené poptávky po energii, půdě a vodě**.
- **Hlavními příčinami úbytku biologické rozmanitosti zůstávají** nadměrné využívání a zemědělství. Ze všech druhů rostlin, obojživelníků, plazů, ptáků a savců, které vyhynuly od roku 1500 n. l., bylo 75 % poškozeno nadměrným využíváním nebo zemědělskou činností nebo obojím.
- **Nadměrná těžba a stále se rozšiřující zemědělství** jsou poháněny spirálovitě rostoucí lidskou spotřebou. Za posledních 50 let se naše ekologická stopa – jedno z měřítek naší spotřeby přírodních zdrojů – zvýšila přibližně o 190 %.
- Změna ve využívání půdy v důsledku **intenzifikace zemědělství a expanze měst** je jednou z mnoha klíčových příčin **úbytku opylovačů**. Naše produkce potravin je na těchto opylovačích silně závislá.
- **Index živé planety (LPI), který poskytuje Londýnská zoologická společnost (ZSL)**, ukazuje celkový pokles velikosti populace obratlovců o 60 % mezi lety 1970 a 2014 – jinými slovy průměrný pokles o více než polovinu za méně než 50 let.
- **Existuje naléhavá potřeba nové globální dohody** pro přírodu a lidi s jasnými, ambiciózními cíli, úkoly a metrikami, aby se zvrátil ničivý trend ztráty biologické rozmanitosti, který v současné době ovlivňuje jedinou planetu, kterou všichni nazýváme domovem.
- Indie spolu s Pákistánem, Čínou, několika zeměmi v Africe a Evropě a většinou Severní Ameriky patří k zemím, jejichž **biologická rozmanitost půdy čelí nejvyšší úrovni rizika**.
- Populace ryb, ptáků, savců, obojživelníků a plazů se od roku 60 do roku 1970 zmenšila v průměru o 14 % a sladkovodní druhy se ve stejném období snížily o 83 %.
- Od roku 1960 se celosvětová ekologická stopa zvýšila o více než 190 %. Odhaduje se, že v celosvětovém měřítku se rozsah mokřadů od roku 1970 snížil o 87 %.

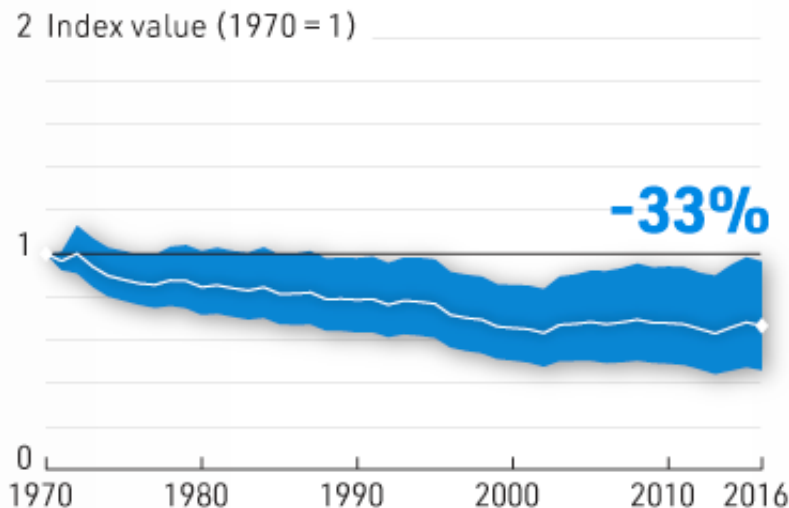
VISUALIZING THE REGIONAL DECLINE OF EARTH'S BIODIVERSITY

Source: Living Planet Report 2020

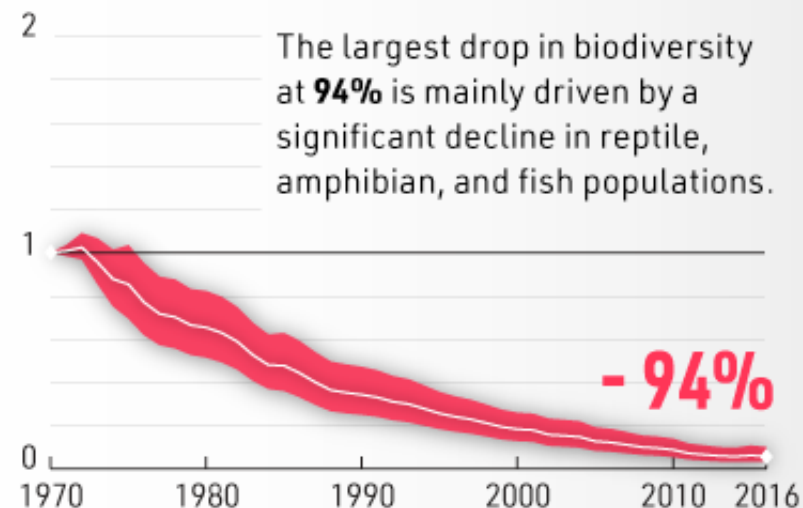
The Living Planet Index (LPI) tracks the abundance of mammals, birds, fish, reptiles, and amphibians across the globe.



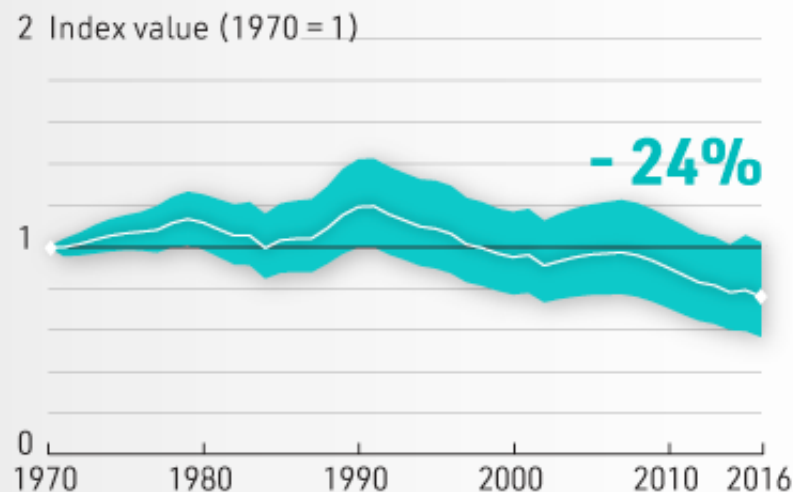
NORTH AMERICA



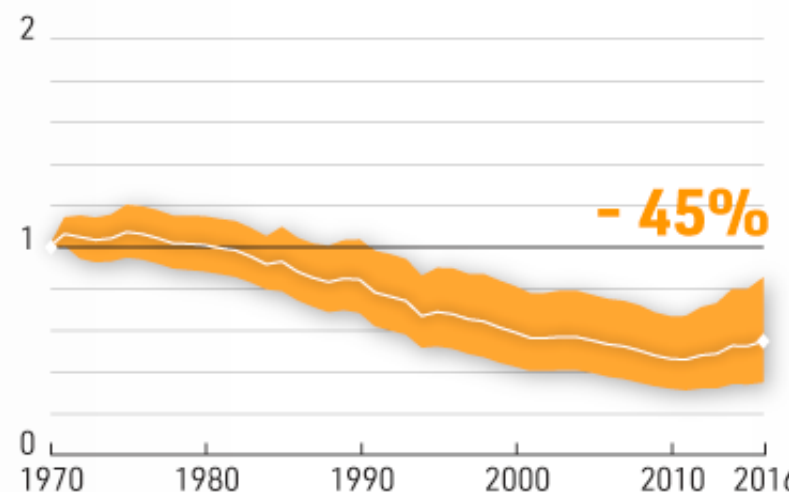
LATIN AMERICA & CARIBBEAN



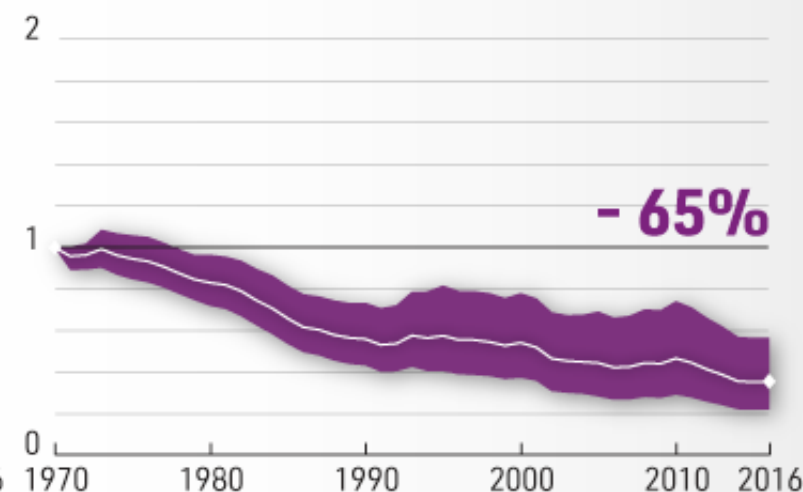
EUROPE



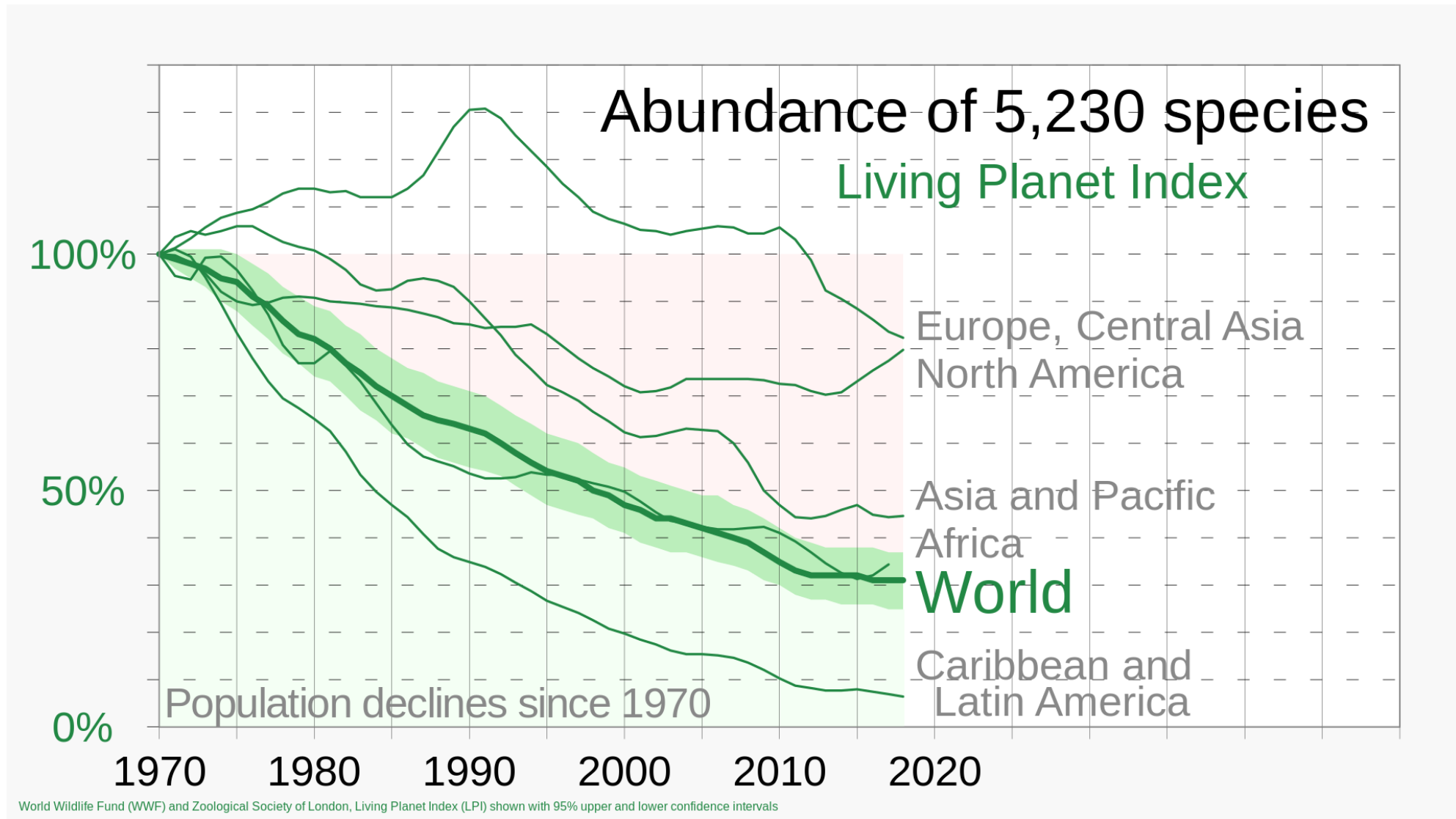
ASIA



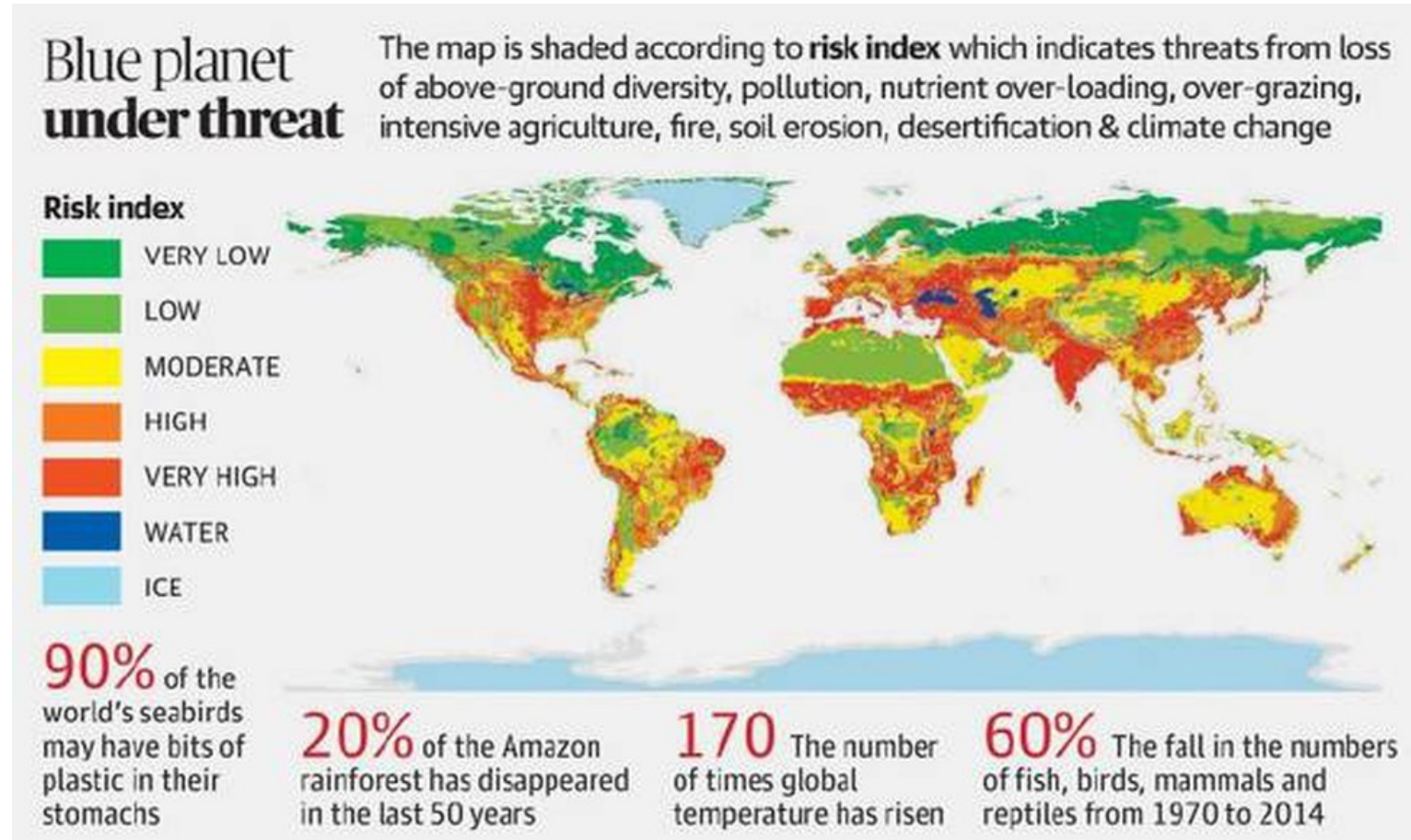
AFRICA



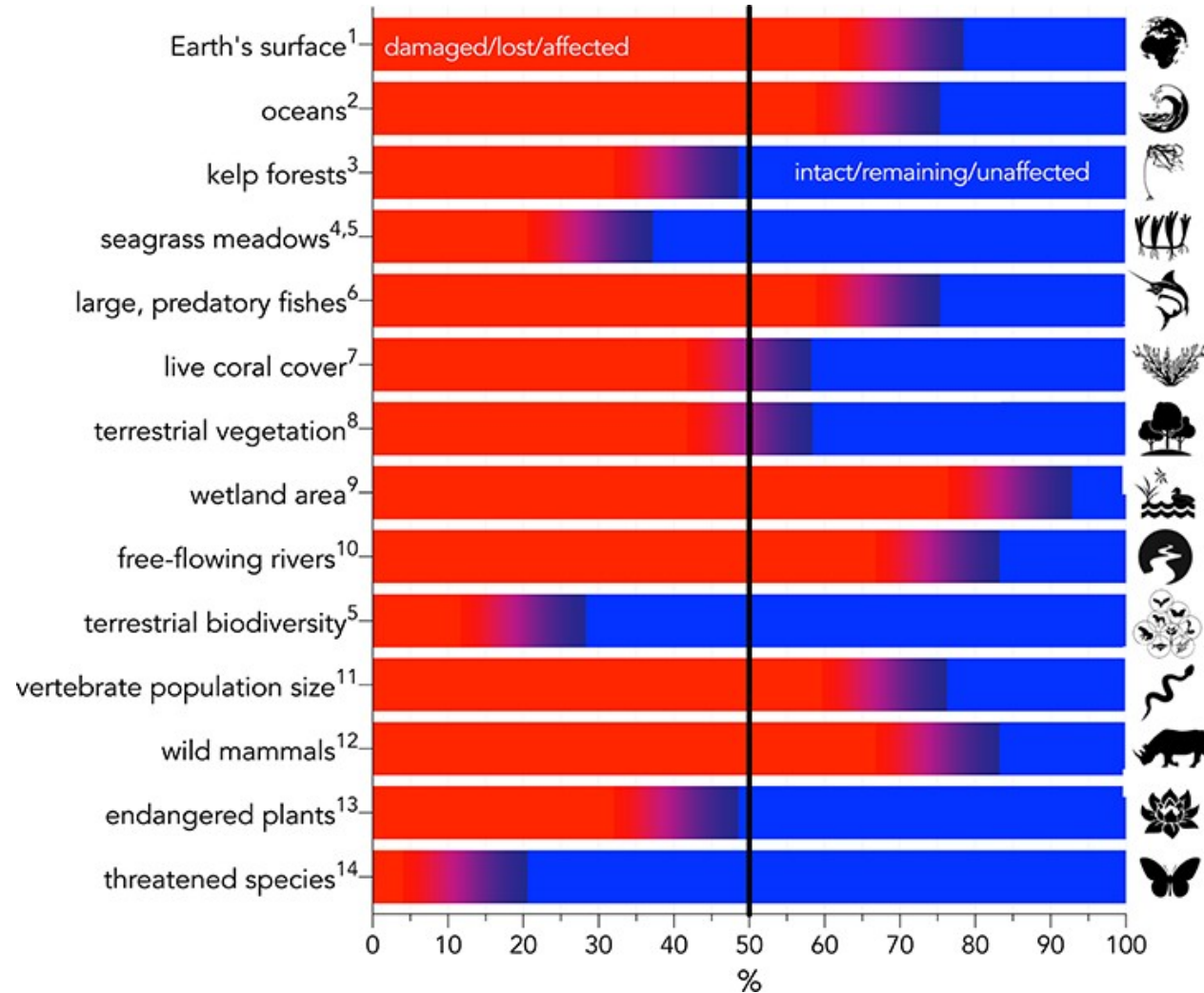
Pokles abundance populací 5 230 druhů na planetě Země od roku 1970.



Znázornění tzv. rizikového indexu (risk index) indikujícího úbytek biodiverzity na Zemi



Souhrn biodiverzity ve vztahu ke kategoriím změn prostředí jako procento člověkem působené (červená) k původnímu stavu základu (modrá)



Příčiny poklesu biodiverzity



BIODIVERSITY LOSS CAUSES



sucho



kácení



orba



pastva



rozvoj
měst



znečištění



pytláctví



stavba
přehrad



lov



rybolov



lov pro
kůže



obchod s
akvarijními
rybami



změna
klimatu



auto
nehody



obchod
se zvířaty



obchod
s ptáky

Pět hlavních příčin devastujících biodiverzitu !

The Five Main Drivers of Wildlife Decline



Habitat Destruction

As land is transformed by human development -- such as mining, agriculture, and urban expansion -- wildlife habitats are fragmented, and in many cases, destroyed.



Pollution

Continued use of fossil fuels and synthetic fertilizers releases potent amounts of chemicals such as Phosphorous and Nitrogen into the environment, which can wreak havoc on many species.



Climate Change

The quickly warming climate is shifting the conditions of various species' habitats, requiring many to migrate great distances in order to avoid extinction.



Invasive Species

Nonnative wildlife that are introduced into a new habitat can outcompete native wildlife for resources and cause cascading negative effects throughout entire ecosystems.



Wildlife Trade

Overexploitation of animals through activities such as overfishing and wildlife trafficking can lead to sharp decreases in population numbers.

**Destrukce
habitatů**

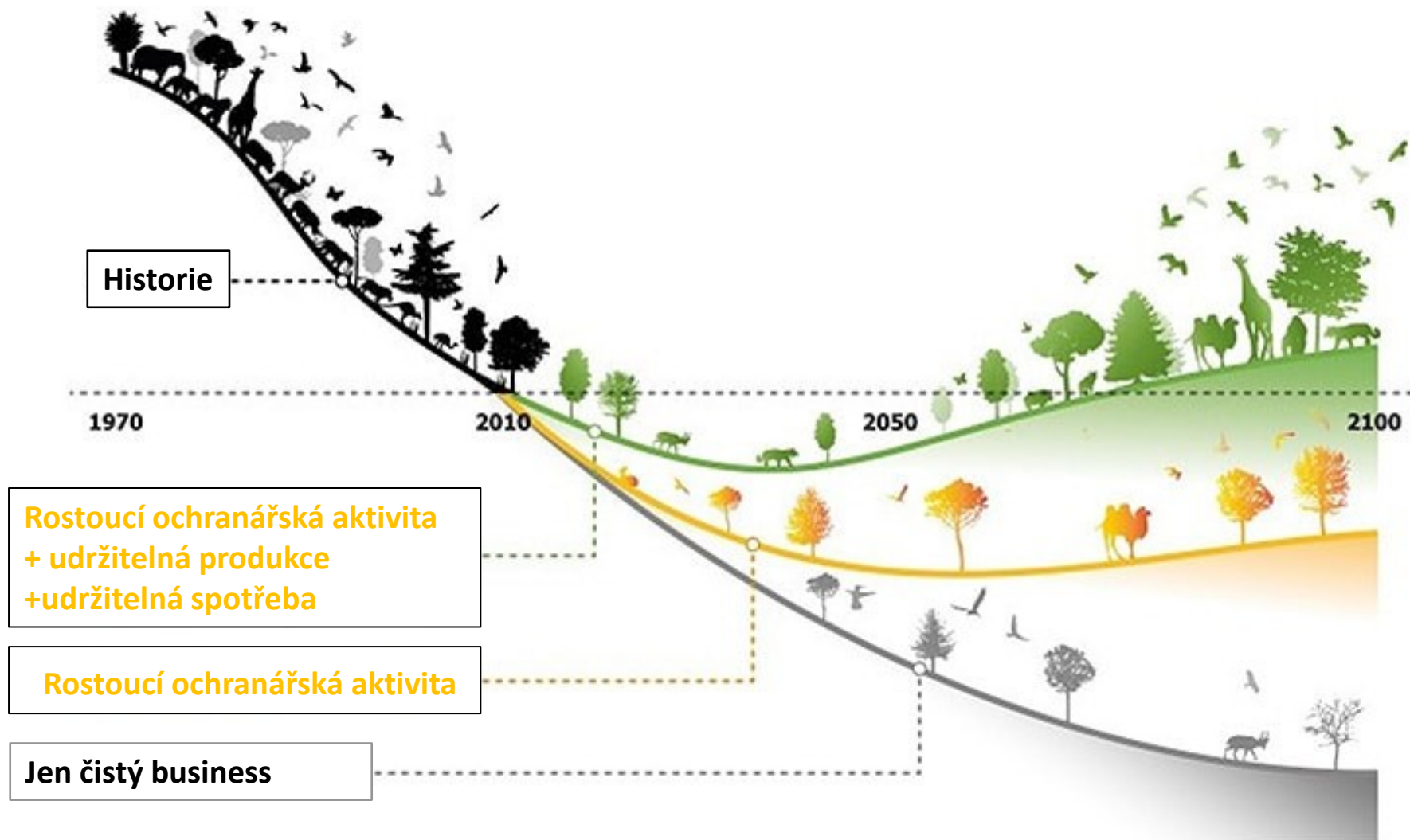
**Znečištění
prostředí**

**Změna
klimatu**

**Invazní
druhy**

**Exploatace
přírody**

Tři modely poklesu biodiverzity !



This artwork illustrates the main findings of the article, but does not intend to accurately represent its results (<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2705-y>)

Ústup ledovce Aletsch ve švýcarských Alpách (situace v roce 1979, 1991 a 2002), působené globálním oteplením



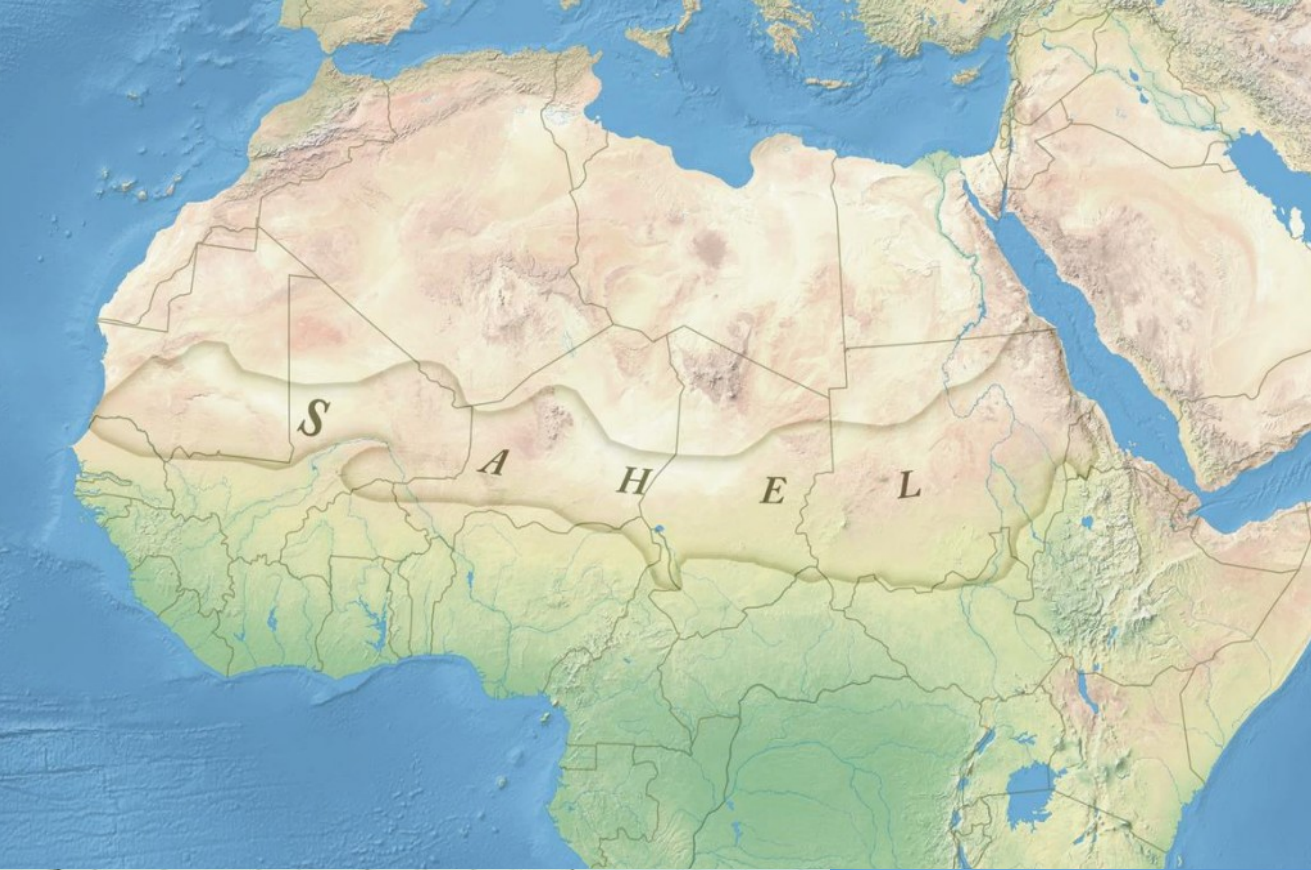
Oblasti na Zemi nejvíce ohrožené klimatickou změnou

Afrika (sucho)



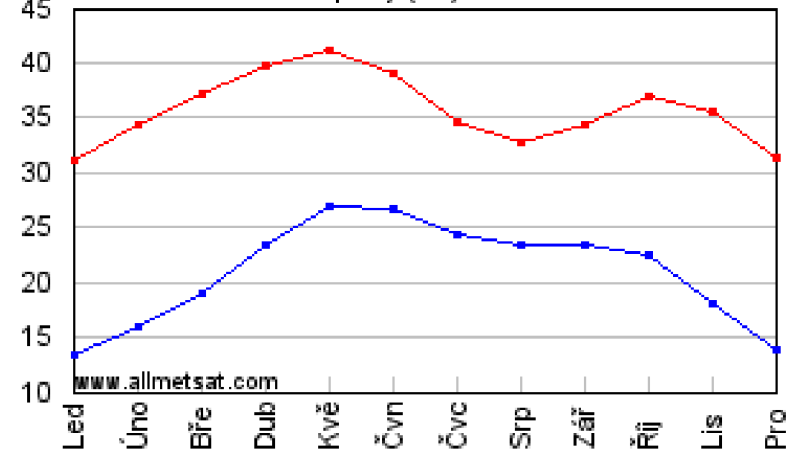
Polární oblasti (odlednění)



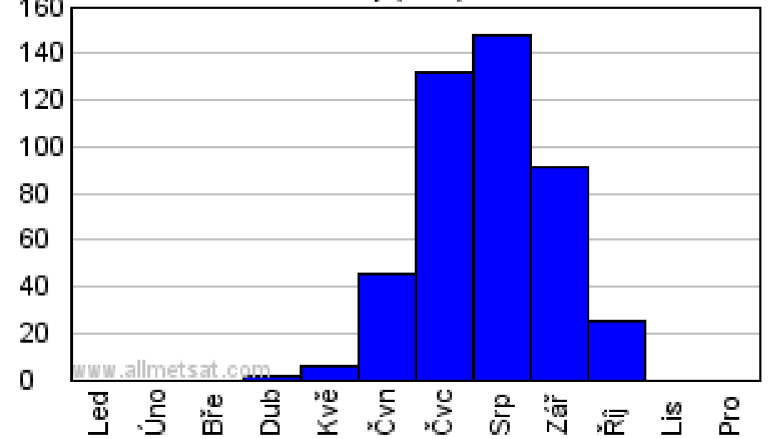


SAHEL

Nioro du Sahel : teploty (°C)



Nioro du Sahel : srážky (mm)



Druhová bohatost v tropech – ztráty 52% (od 1970)

Tropical Richness



75%
of plants



66%
of saltwater
fish



79%
of ants



81%
of freshwater
fish



83%
of amphibians



91%
of birds



77%
of land mammals

Since 1970, we've lost **52%** of the
Earth's bird, mammal, fish, reptile
and amphibian populations:



39%

for land-based
species



39%

for marine
species



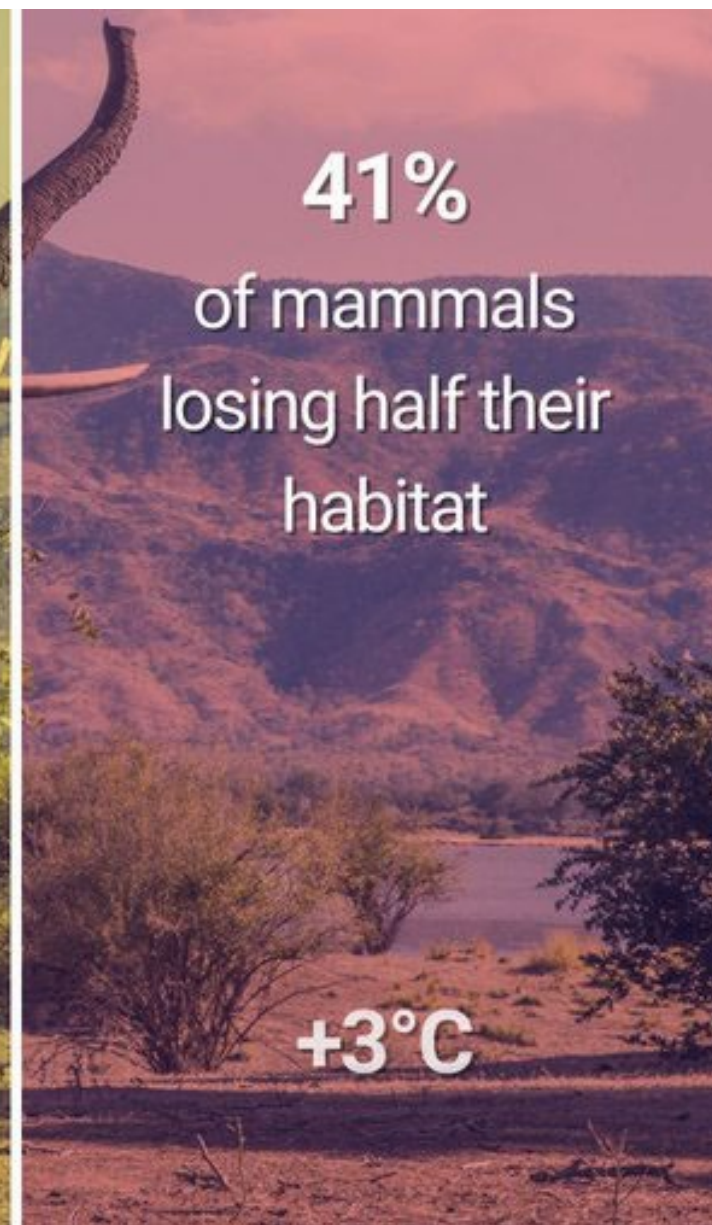
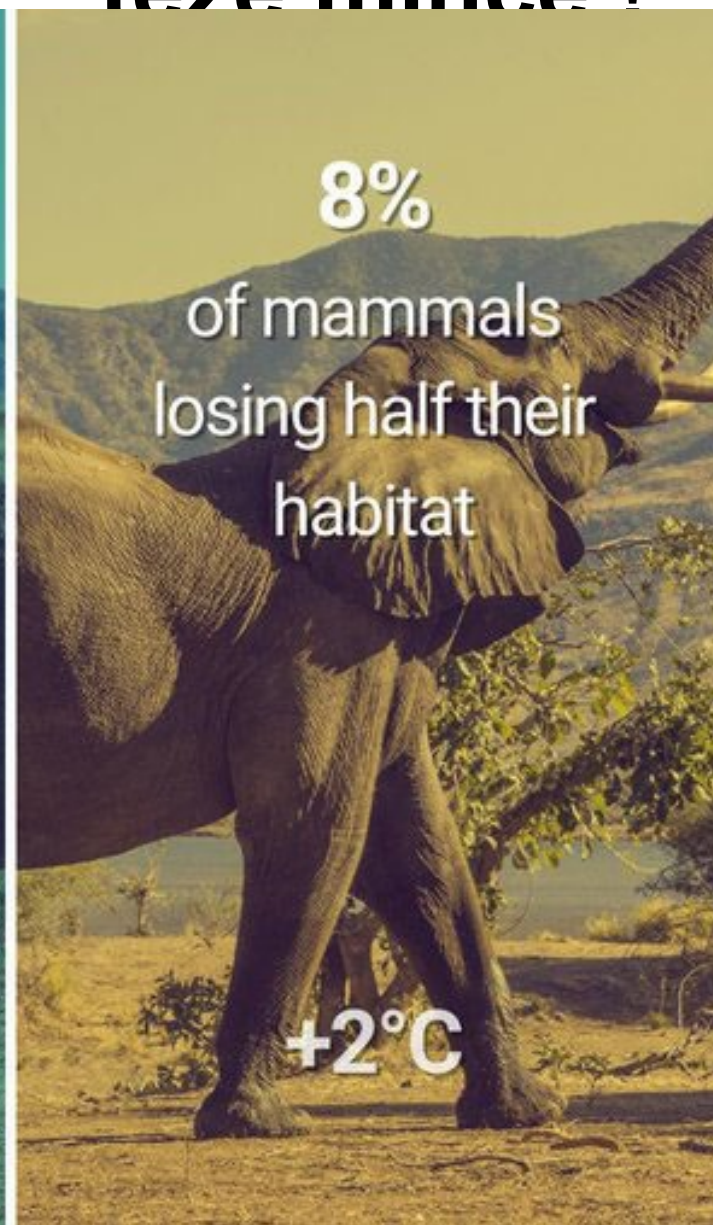
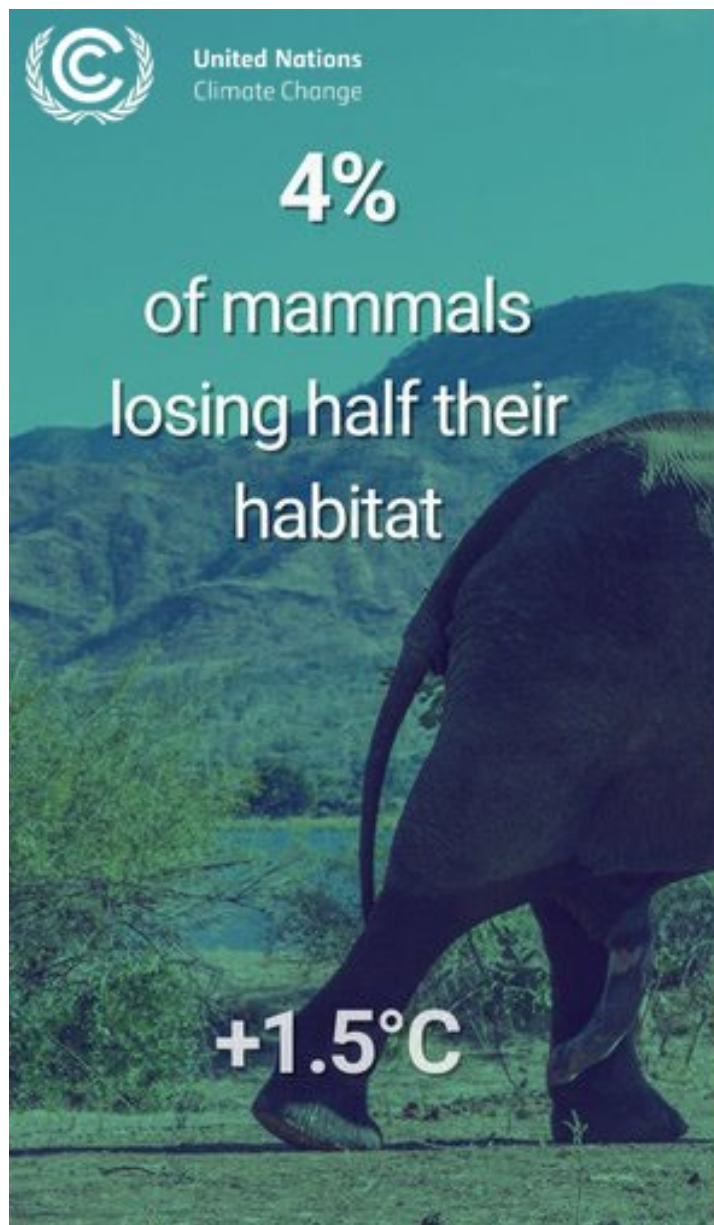
76%

for freshwater
species

SOURCE: World Wildlife Fund

USA TODAY

Oteplování a úbytek biodiverzity jsou dvě strany téže mince !



Posledních 15 let ledu v polárních oblastech ?



Lední medvědi vyhynou před rokem 2100 díky klimatické krizi



Význam biodiverzity

The Importance of Biodiversity

- Tvorba a formování půdy
- Potravní zdroje pro lidstvo
- Zdraví a pohoda všeho živého
- Ochrana přírodních zdrojů



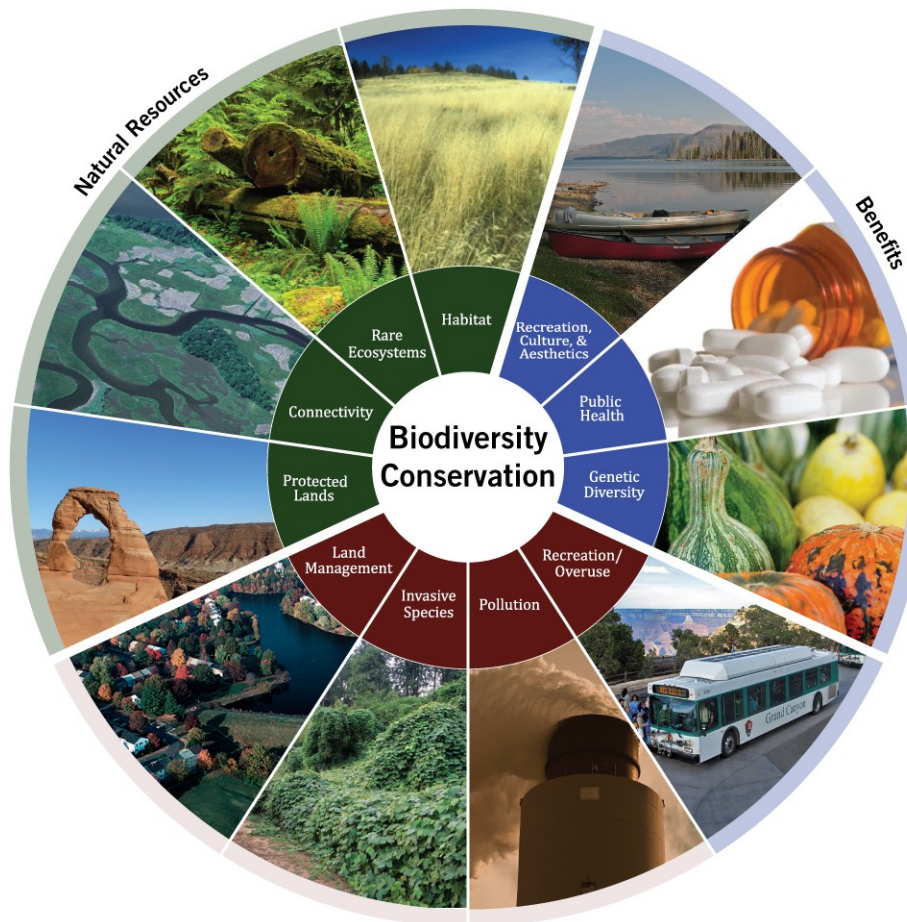
- Rychlá obnova po přírodních katastrofách
- Udržování potravních řetězců
- Udržování genetické rozmanitosti
- Udržování rovnováhy ekosystému

- Celková udržitelnost a růst

Důležitost ochrany biodiverzity

PŘÍRODNÍ ZDROJE

- Různé habitaty
- Vzácné ekosystémy
- Vzájemná propojenost
- Národní parky a rezervace



Drivers of change

BENEFITY

- Rekrece, kultura, estetika
- Zdraví populace člověka
- Genetická rozmanitost

- Špatný krajinný management
- Invazní druhy

PŘÍČINY ZMĚNY

- Znečištění prostředí
- Nadměrná rekreace a využívání

Benefits biodiversity

Ochrana biodiverzity zachovává tzv. služby ekosystému a přímo poskytuje hodnoty pro náš život:

- Potrava, palivo
- Úkryty a stavební materiály
- Čištění vzduchu a vody
- Rozklad odpadů
- Stabilizace a zmírňování vlivu klimatu
- Koloběh živin
- Plodnost půdy
- Opylování
- Kontrola škůdců
- Genetické zdroje

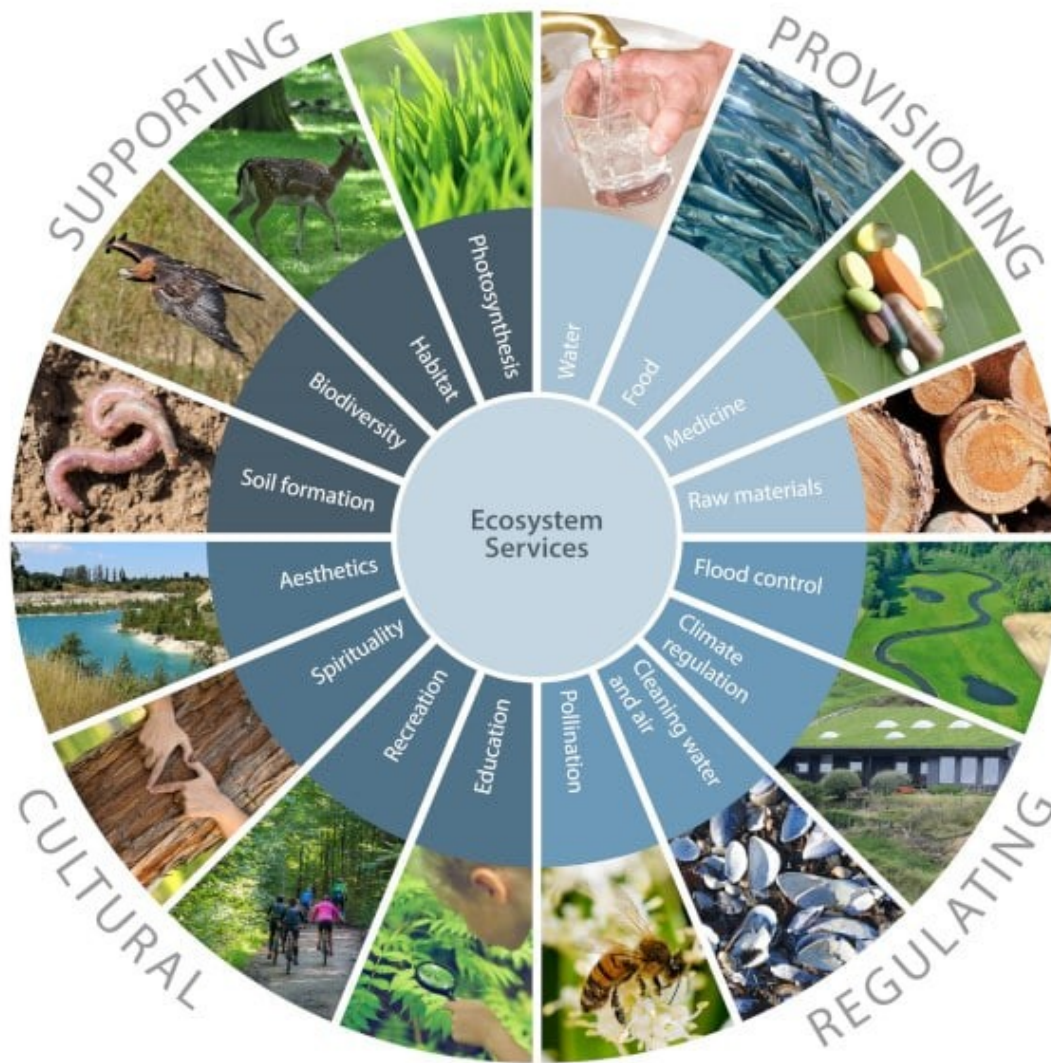
Jak biodiverzita ovlivňuje lidstvo ?

PODPORUJÍCÍ:

- Fotosyntéza
- Habitat
- Biodiverzita
- Tvorba půdy

KULTURNÍ:

- Estetika
- Spiritualita
- Recreace
- Vzdělání



PODPORUJÍCÍ

- Fotosyntéza
- Habitat
- Biodiverzita
- Tvorba půdy

REGULUJÍCÍ

- Kontrola povodní
- Vliv klimatu
- Čištění vody vzduchu
- Opylování

Stanovení biodiversity



Species richness

Number of different species
in the habitat

- Qualitative measurement

Species evenness

•Relative abundance of
individual species

- Quantitative measurement

Biodiverzita má dvě složky: **druhovou bohatost – species richness**, tj. počet druhů ve společenství, a rovnoměrnost (**Eveness - neboli tvar distribuce abundance druhů, SAD**), tj. skutečnost, že některé druhy ve společenství jsou běžné (reprezentované mnoha jedinci nebo vysokou biomasou). a další jsou vzácné (málo jedinců nebo nízká biomasa). Biodiverzita proto má tzv. **dualistický charakter**.

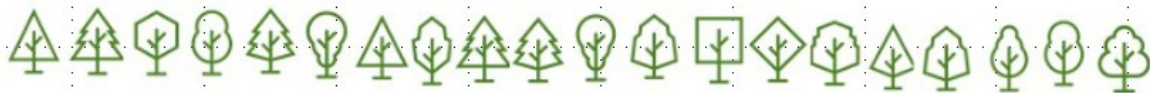
Jak chápat biodiverzitu ?

Abychom pochopili, proč jsou rozdíly v abundanci mezi druhy důležité pro biodiverzitu – rozmanitost, pojďme se projít dvěma lesy (příklad: upraveno z Gotelli & Chao 2013).

Obě společenstva mají stejnou druhovou bohatost 20 různých dřevin. Všimněte si, že zde bohatost odkazuje na **počet druhů v celé komunitě** a my **zkoumáme komunitu vzorkováním omezeného počtu jedinců** (je nepravděpodobné, že bychom byli schopni prozkoumat celou komunitu, tedy všechny jedince v ní). **První les (společenstvo A)** je dokonale **vyrovnané (evenness)**, to znamená, že **každý druh je zastoupen stejným počtem jedinců**. **Druhý les (společenství B)** je velmi **nerovnoměrný**, tj. **jeden nebo několik druhů je dominantních, ostatní jsou vzácné** (v tomto případě první druh představuje **81 %** všech jedinců ve společenství a **každý z 19 dalších druhů představuje 1 %** každý). Každým lesem absolvujeme dvě procházky a při každé procházce zkontrolujeme 20 stromů.

Community A – 20 species, abundances even

Sample #1 – 20 individuals, 15 species observed, 5 unseen



Sample #2 – 20 individuals, 13 species observed, 7 unseen



Community B – 20 species, abundances highly uneven

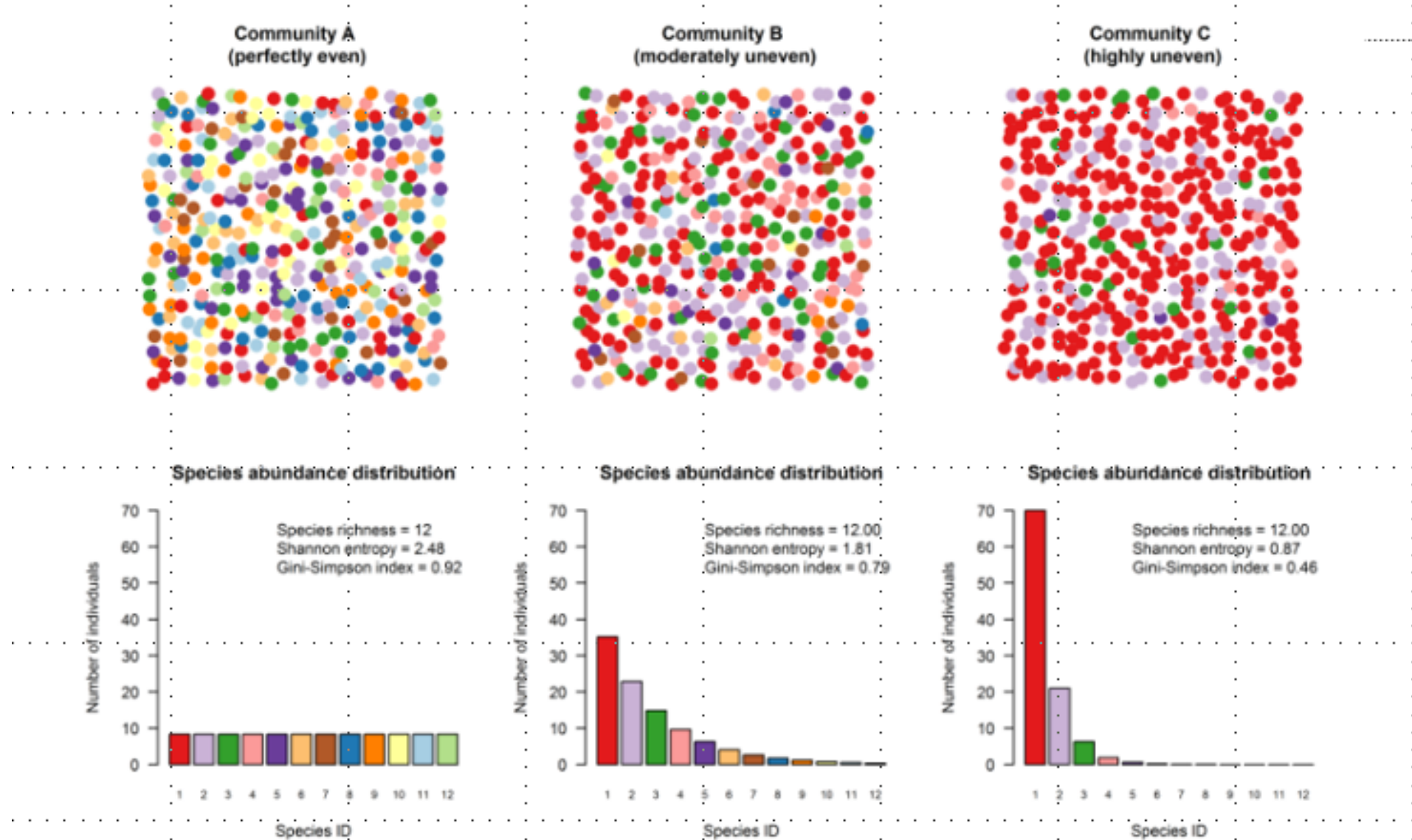
Sample #1 – 20 individuals, 3 species observed, 17 unseen



Sample #2 – 20 individuals, 4 species observed, 16 unseen



Příklad tří společenstev o stejné (SR=12) ale různé eveness, A – dokonale vyrovnané, B- slabě nevyrovnané a C – vysoce nevyrovnané



Analýza diverzity – α diverzita

α diverzita

- 2 prístupy, založené empiricky (s biologickou interpretáciou) alebo matematicky

1. **indexy diverzity** – počet druhov, dominancia, vyrovnanosť spoločenstva
2. **species abundance modely** – popis teoretických rozložení abundancií druhov v spoločenstve

Jak měříme rozmanitost - diverzitu společnosti ?

Indexy diverzity (Magurran, 1983)

1. založené na počtu druhů, závislé na počtu druhů ve vzorku
2. založené na poměru početnosti druhů (počet a početnost druhů)
3. Q statistika – tvar křivky abundancie kumulativního počtu druhů

1. Indexy založené na počtu druhů

1.1 počet druhov v spoločenstve „species richness“

1.2 MARGALEFOV INDEX (Cliphord & Stephenson, 1975)

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

S – počet zaznamenaných druhov

N – celkový počet jedincov

1.3 MENHINICKOV INDEX (Whittaker, 1977)

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

2. Indexy založené na poměru početnosti druhů

- neparametrické indexy – nemajú predpoklad o modelovej četnosti druhov

2. 1 indexy vychádzajúce z informačnej teórie (Shannonov a Brillouinov index)

2. 2 indexy dominancie

Indexy pro náhodné vzorkování

2. 1. 1 SHANNONOV INDEX (Pielou, 1975)

- náhodný výber jedincov z teoreticky neobmedzeného množstva a prítomnosť všetkých druhov spoločenstva vo vzorku
- popisuje známu aj nevzorkovanú časť spoločenstva
- hodnoty 1.5-4.5

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

$$H' = -\sum p_i \ln p_i - \frac{S-1}{N} + \frac{1 - \sum p_i^{-1}}{12N^2} + \frac{\sum (p_i^{-1} - p_i^{-2})}{12N^3}$$

S – celkový počet druhov

n_i – počet jedincov i -tého druhu

N – celkový počet jedincov

Variabilita Shannonovho indexu

$$VarH' = \frac{\sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2}{N} + \frac{S-1}{2N^2}$$

Evenness Shannonovho indexu – vyrovnanosť (ekvitabilita)

- pomerná hodnota diverzity vyčerpaná daným spoločenstvom k spoločenstvu so zhodnou početnosťou druhov

$$E = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{H'}{\ln S}$$

Indexy pro nenáhodné vzorkování

2. 1. 2 BRILLOUIN INDEX (Pielou, 1969, 1975)

- nie je možné zistiť náhodnosť vzorkovania
- popisuje iba vzorkovanú časť spoločenstva

$$HB = \frac{\ln N! - \sum \ln n_i!}{N}$$

n_i – počet jedincov i -tého druhu

N – celkový počet jedincov

Indexy dominance

Nejdůležitější ukazatel: početnost nejběžnějšího druhu

2.2.1 SIMPSONOV INDEX (Simpson, 1949)

- silně závislý na nejpočetnějším druhu, méně citlivý k vzácným druhům

$E = 1 - D$

$$D = \sum \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$$

n_i – počet jedinců i -tého druhu

N – celkový počet jedinců

2.2.2 BERGER-PARKEROV INDEX (Berger & Parker, 1970, May, 1975)

- nezávislý na počtu druhů, ovlivněný velikostí vzorku

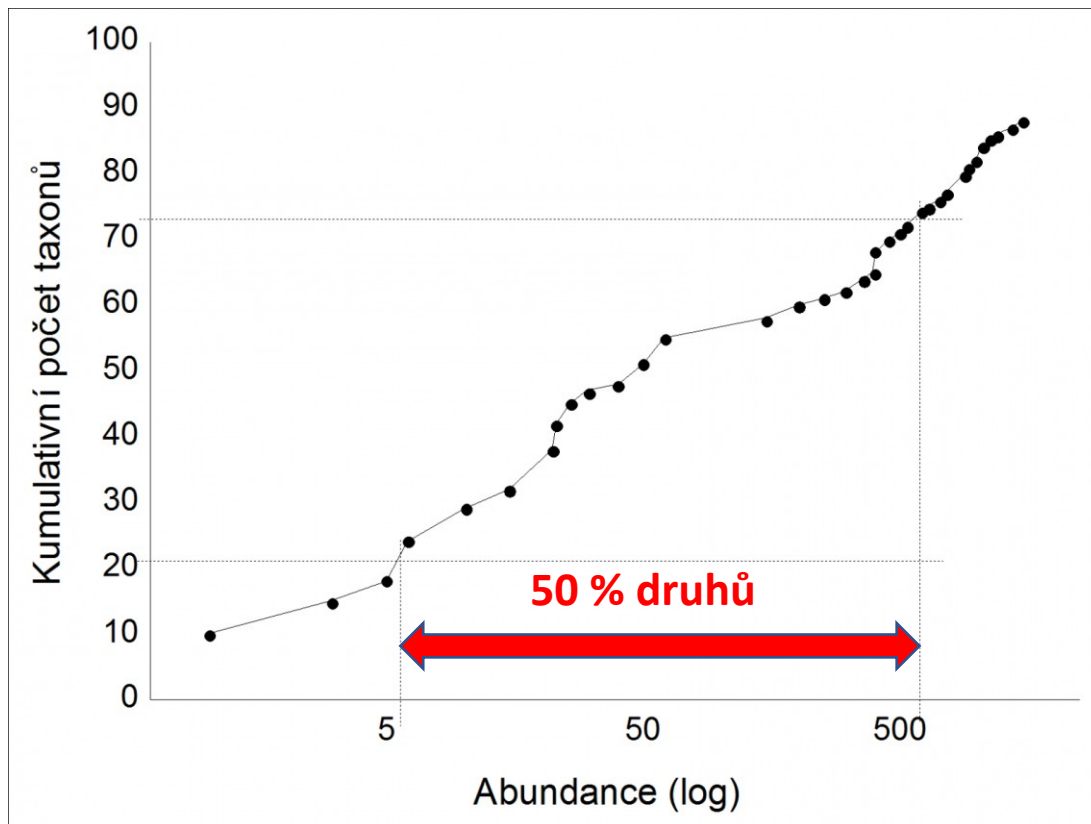
$$d = \frac{N_{\max}}{N}$$

N_{\max} - počet jedinců nejpočetnějšího druhu

N – celkový počet jedinců

3. Q statistika

Q statistika je index diverzity založený na **měření sklonu křivky abundancí kumulativního počtu druhů** (viz obr.) Může být ovlivněna **malou velikostí vzorku**, ale pokud je ve vzorku obsaženo **více než 50% druhů, je toto ovlivnění jen malé**. V původní podobě je Q statistika měření mezikvartilového úseku křivky početnosti kumulativního počtu druhů, které poskytuje měření diverzity společenstva, při kterém **nejsou uvažovány ani velmi četné ani velmi vzácné druhy**. V novější formě je v podstatě **využito simulace všech možných podspolečenstev daného společenstva** k vytvoření rozložení možných Q pro dané společenstvo. Výsledkem tedy není jediná hodnota, ale rozložení hodnot, které lze jednoduše statisticky srovnávat mezi různými společenstvy.



- meranie krivky abundancie kumulatívneho počtu druhov
- vo vzorku > 50% druhov → malý vplyv veľkosti vzorku
- **Q statistic interquartil** -pôvodná forma: meranie medzikvartilového úseku krivky početnosti kumulatívneho počtu druhov (Kempton and Tailor, 1976, 1978)

Σn_r – celkový počet druhov medzi kvartilmi

S – celkový počet druhov vo vzorku

R1 a R2 – 25% a 75% kvartil

n_{R1} – počet druhov v triede, do ktorej spadá dolný kvartil

n_{R2} – počet druhov v triede, do ktorej spadá horný kvartil

R1 – počet jedincov v triede, do ktorej spadá dolný kvartil

R2 – počet jedincov v triede, do ktorej spadá horný kvartil

Q statistika

$$Q = \frac{\frac{1}{2}n_{R1} + \sum_{R1+1}^{R2-1} n_r + \frac{1}{2}n_{R2}}{\log\left(\frac{R2}{R1}\right)}$$

Výpočet kvartilov

$$\sum_1^{R2-1} n_r < \frac{3}{4}S \leq \sum_1^{R2} n_r$$

$$\sum_1^{R1-1} n_r < \frac{1}{4}S \leq \sum_1^{R1} n_r$$

Q statistic stochastická - nová forma: simulácia všetkých možných podspoločenstiev daného spoločenstva (Dušek et al. 1998)

Pre všetky páry S_j a $S_{j'}$ a N_j a $N_{j'}$ ($j > j'$, $j=1,2, \dots, r$)

S – kumulatívny počet druhov

N – počet jedincov v triede

r – počet tried

($i=1,2, \dots, r(r-1)/2$)

$$X_i = \frac{S_j - S_{j'}}{\log\left(\frac{N_j}{N_{j'}}\right)}$$

Deterministické a stochastické modely

2.1 pre deterministické modely:

- χ^2 test dobrej zhody – pre veľké spoločenstvá
- Kolgomorov Smirnov test – menšia použiteľnosť, malé spoločenstvá,
- Hellingerova vzdialenosť $D_{ab}^2 = \sum [\sqrt{P_a(i)} - \sqrt{P_b(i)}]^2$ - kde $P_a(i)$ a $P_b(i)$ sú abundancie triedy i vo vzorku a (pozorovanie) a b (teória) (napr. u geometrickej rady, log-normálneho rozloženia, broken stick modelu)

2.2 pre stochastické modely

- Test podľa Tokeshiho (1990) – porovnáva simulovaného hodnoty s pozorovaným priemerom (pre triedu s najvyššou abundanciou až triedu s najnižšou abundanciou, kde S počet druhov)
- Monte Carlo metóda (Manly 1990) – vygeneruje teoretické rozloženie priemerov a odchýliek pre každú triedu daného modelu

Species abundance models

Matematické modely

- velká přesně nedefinovaná společenstva
- matematicky definovaná rozložení abundancí – deterministické modely
- jednoduše testovatelné

Biologické modely

Orientované na niku

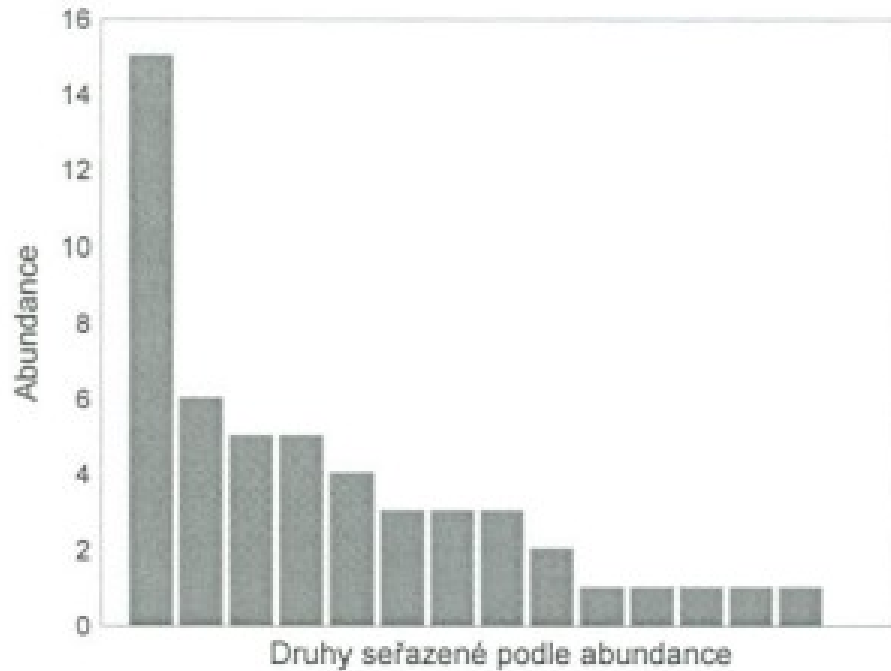
- malá společenstva
- stochastické (pravděpodobnostní) modely
- obtížné testování
- není přesné matematické vyjádření (pouze některé)

Ostatní

- např. modely založené na rychlosti kolonizace, rozmnožování a úhynu organismů

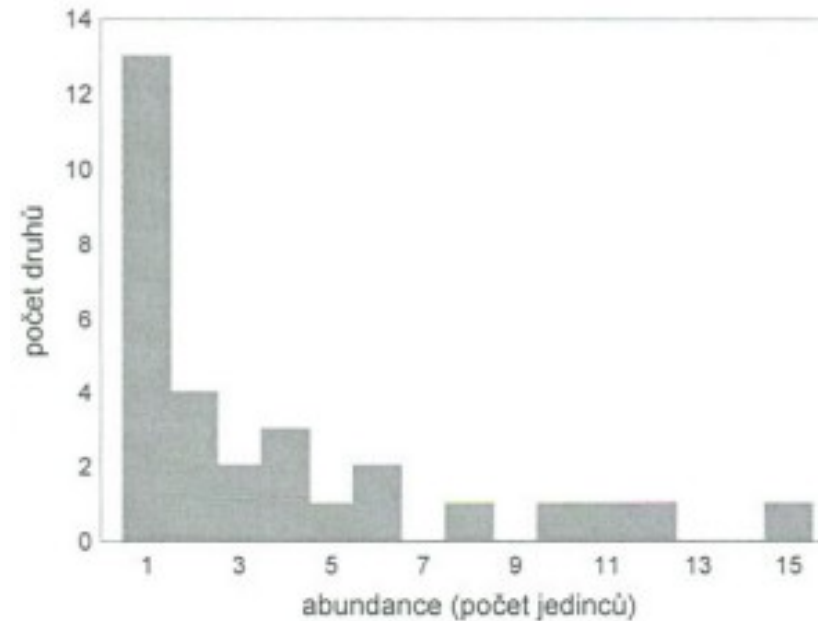
Rank abundance plot - řazení druhů podle četnosti

Rank abundance plot



Abundancia taxónov zoradená podľa ich početnosti

Graf abundancie druhov



Počet druhov príslušiacich danej hodnote abundancie

Matematické modely

Zipf-Mandelbrotove modely (Mandelbrot, 1982)

Zipov zákon – poradie slov podľa frekvencie ich výskytu

V ekológii – proces sukcesie, v ktorom pozdní kolonizátori majú viac špecifické požiadavky a sú vzácnejší než druhy, ktoré obsadili priestor prvé

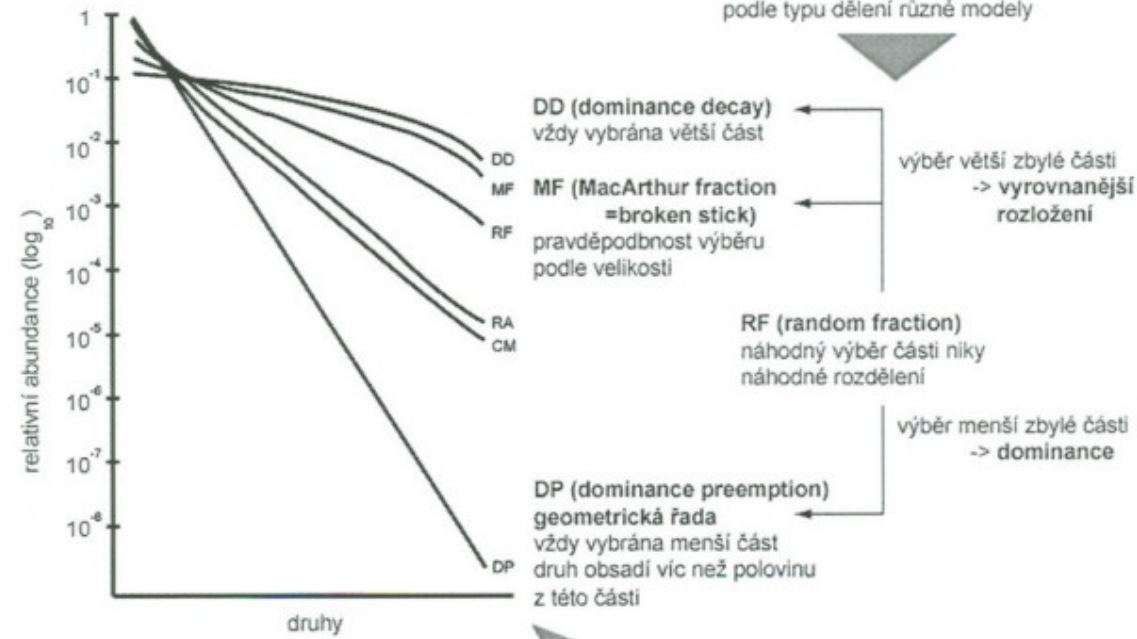
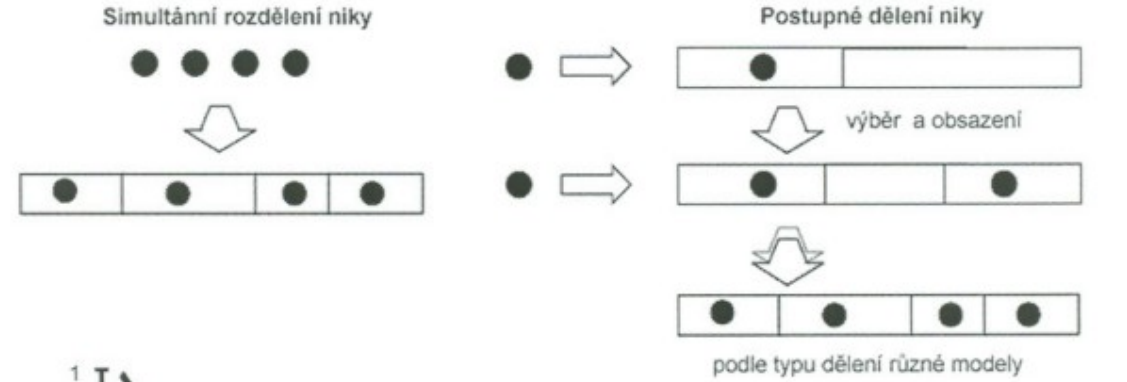
Markovove reťazce

- zložitejší prístup pri hodnotení spoločenstiev
- popisujú systémy, ktoré sú definované svojimi stavmi, ktoré nastávajú v rôznom čase ($a_1, a_2 \dots a_n$), medzi stavmi existuje pravdepodobnosť prechodu
- modelovanie stavu spoločenstiev

$$P = \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{matrix} \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{pmatrix}$$

$P_{m,n}$ je pravdepodobnosť prechodu ze stavu a_m do stavu a_n v jednom časovom kroku systému

Modely orientované na niku

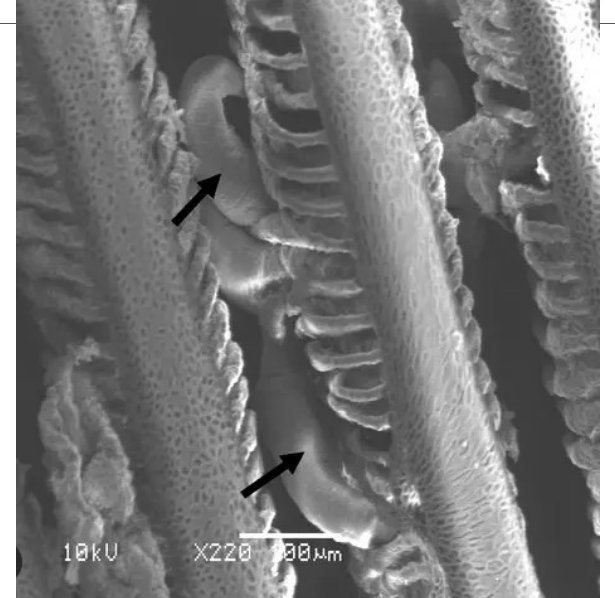
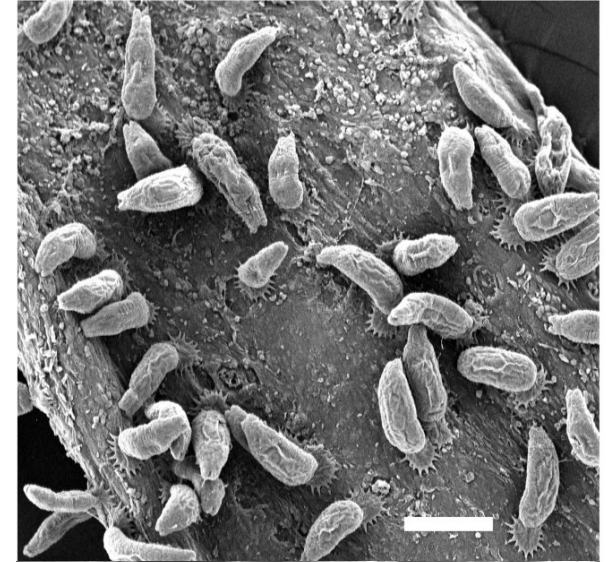
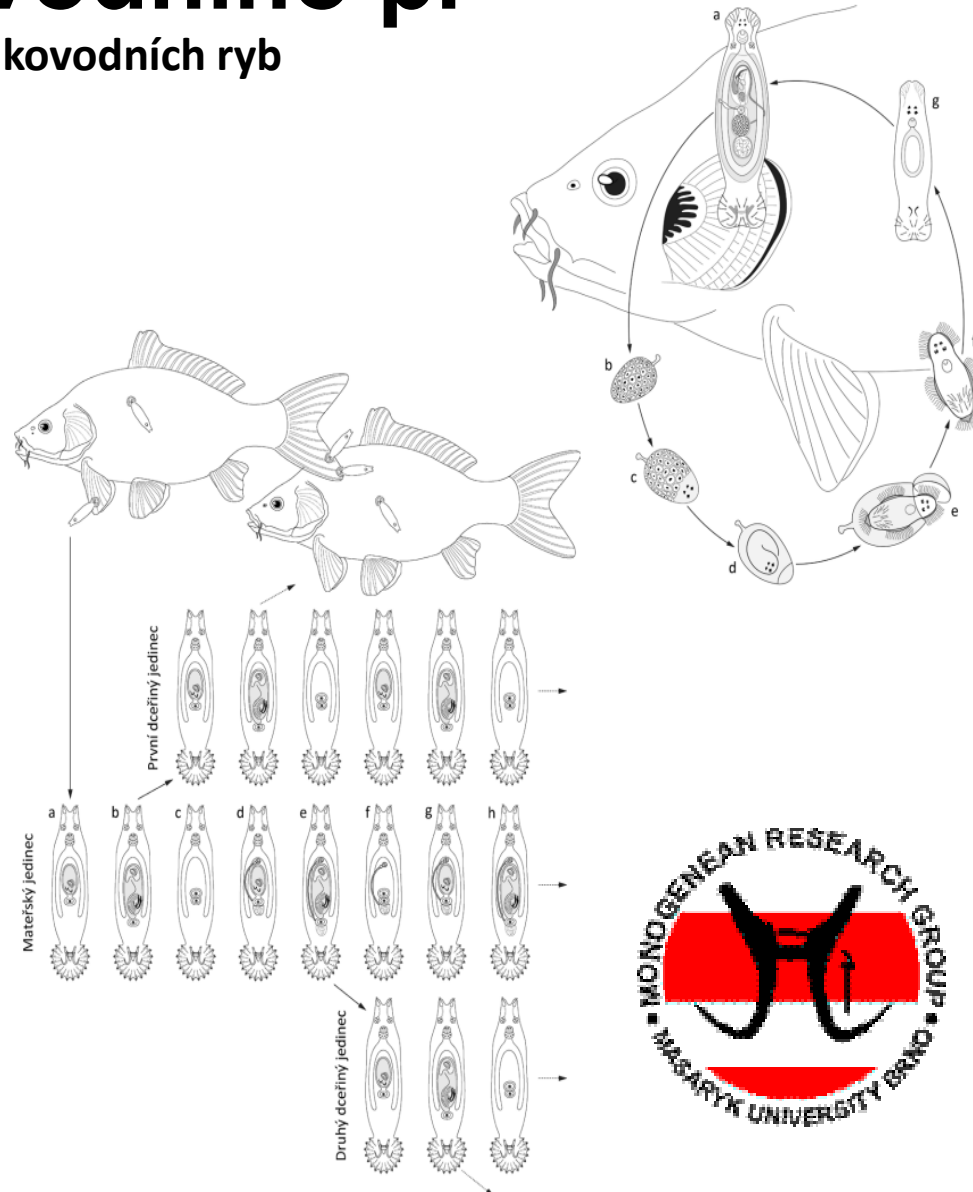
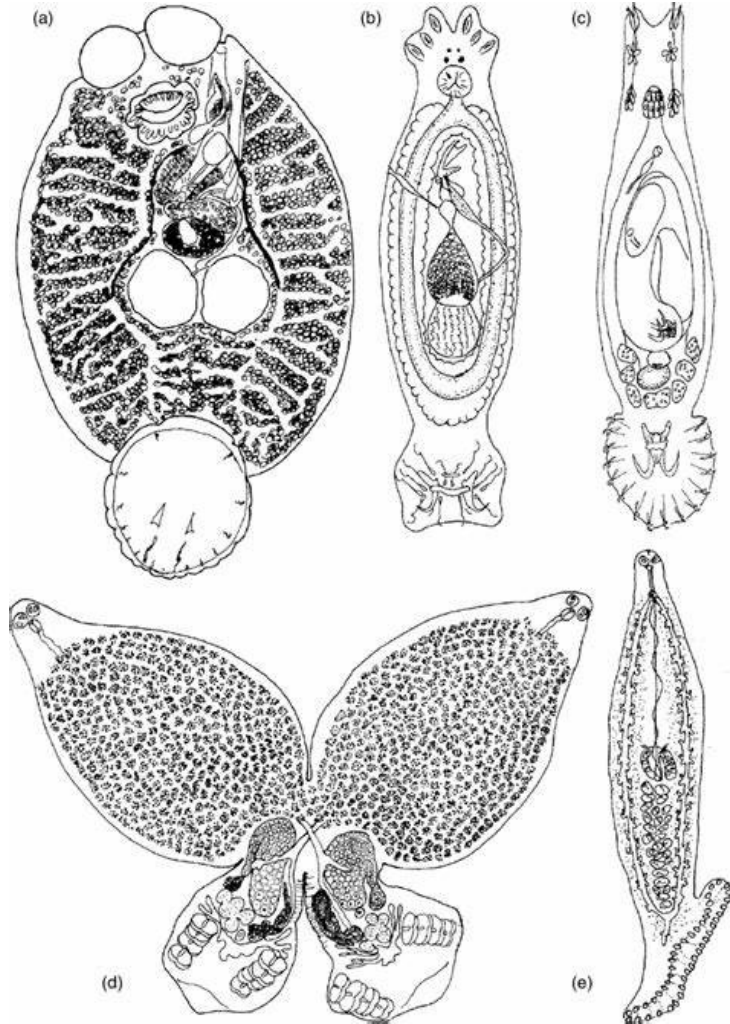


CM (composite model) = DD, MF, RF, DP pro nejdominantnější druhy + RS pro zbytek

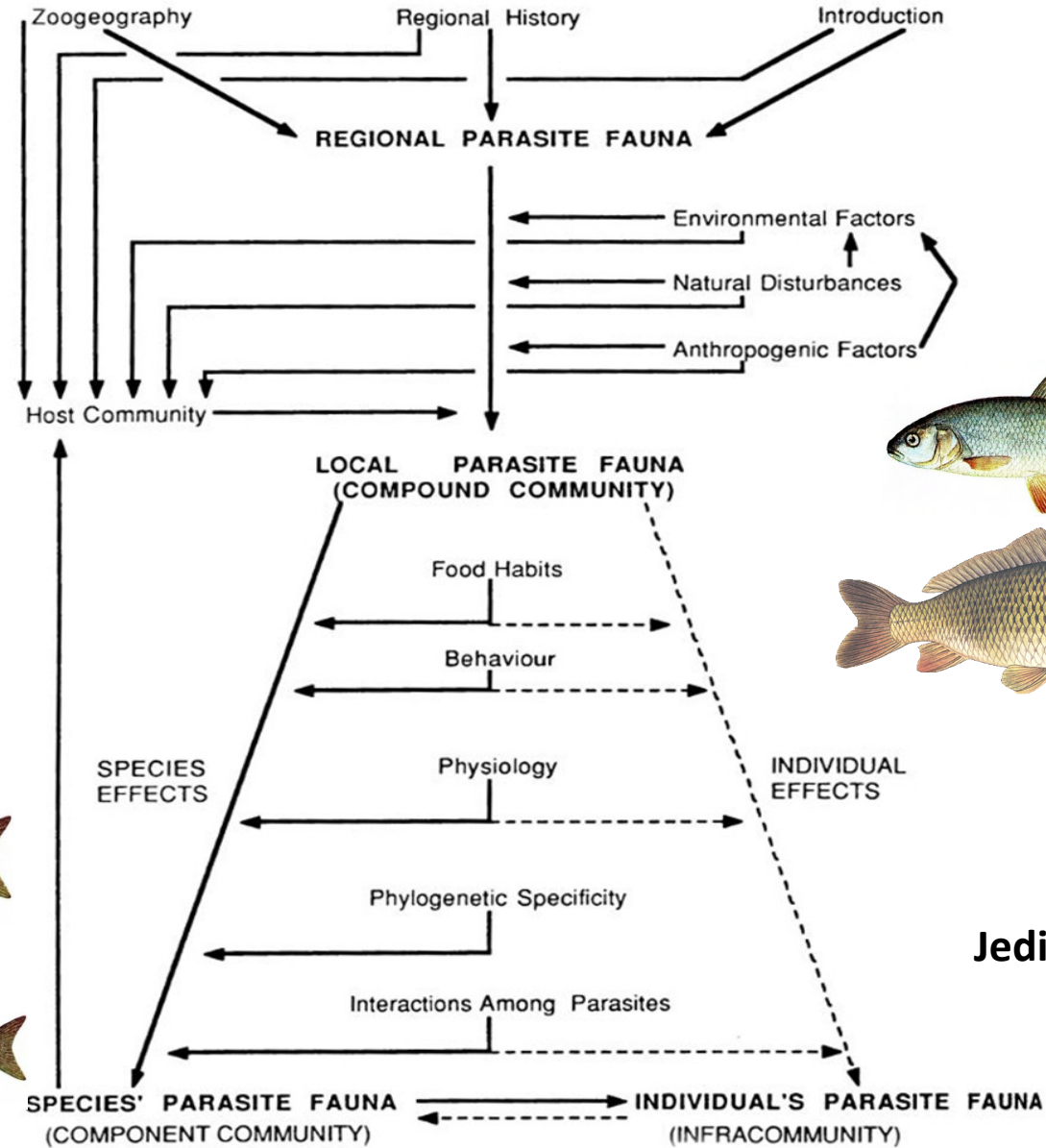
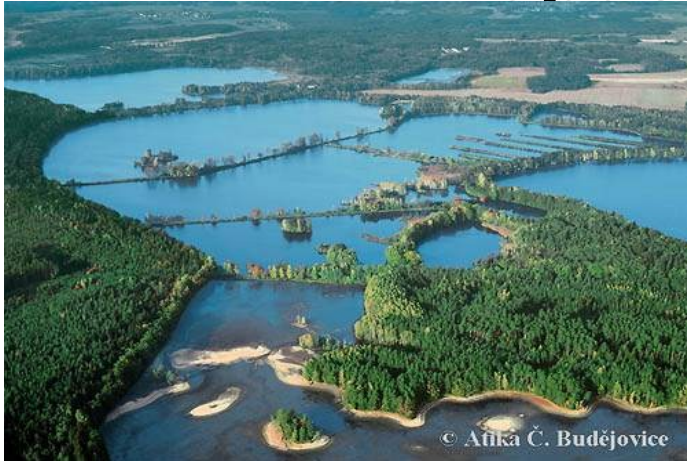
RS (random assortment) náhodné rozdělení niky v dynamických společenstvech, kdy jsou na sobě abundance jednotlivých druhů nezávislé

Příklad: Paraziti jako indikátoři znečištění vodního prostředí

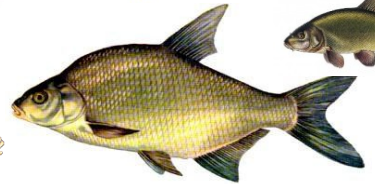
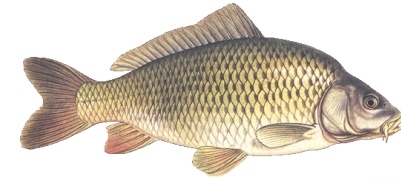
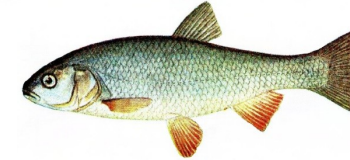
Monogenea – ektoparaziti sladkovodních ryb



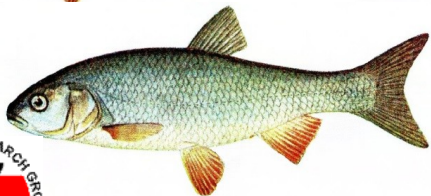
Determinanty struktury společenstev cizopasníků



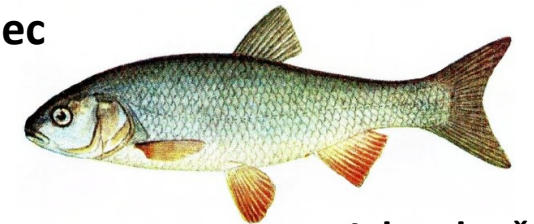
Společenstvo



Populace



Jedinec

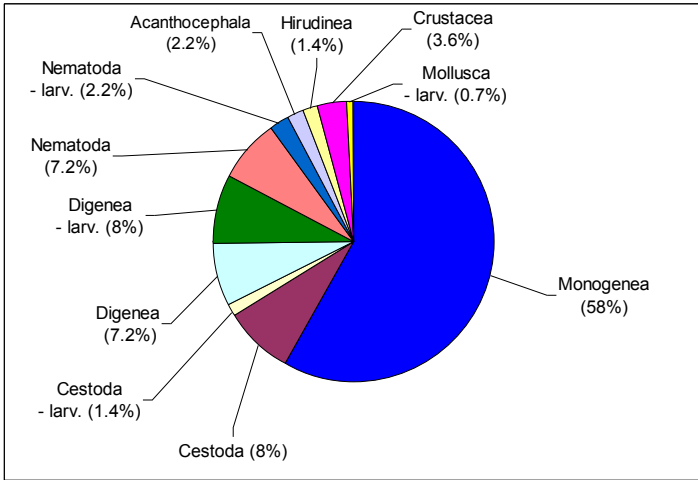


Jelec tloušť

Jelec tloušť

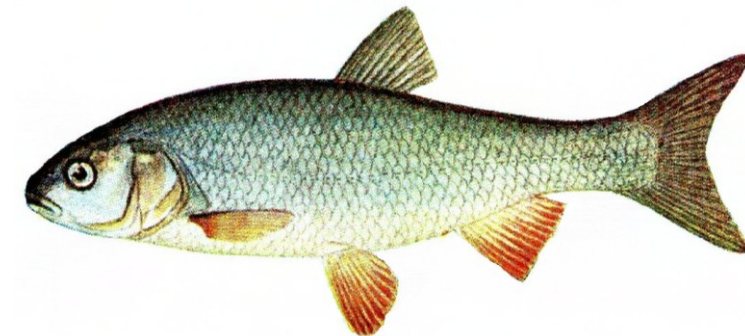
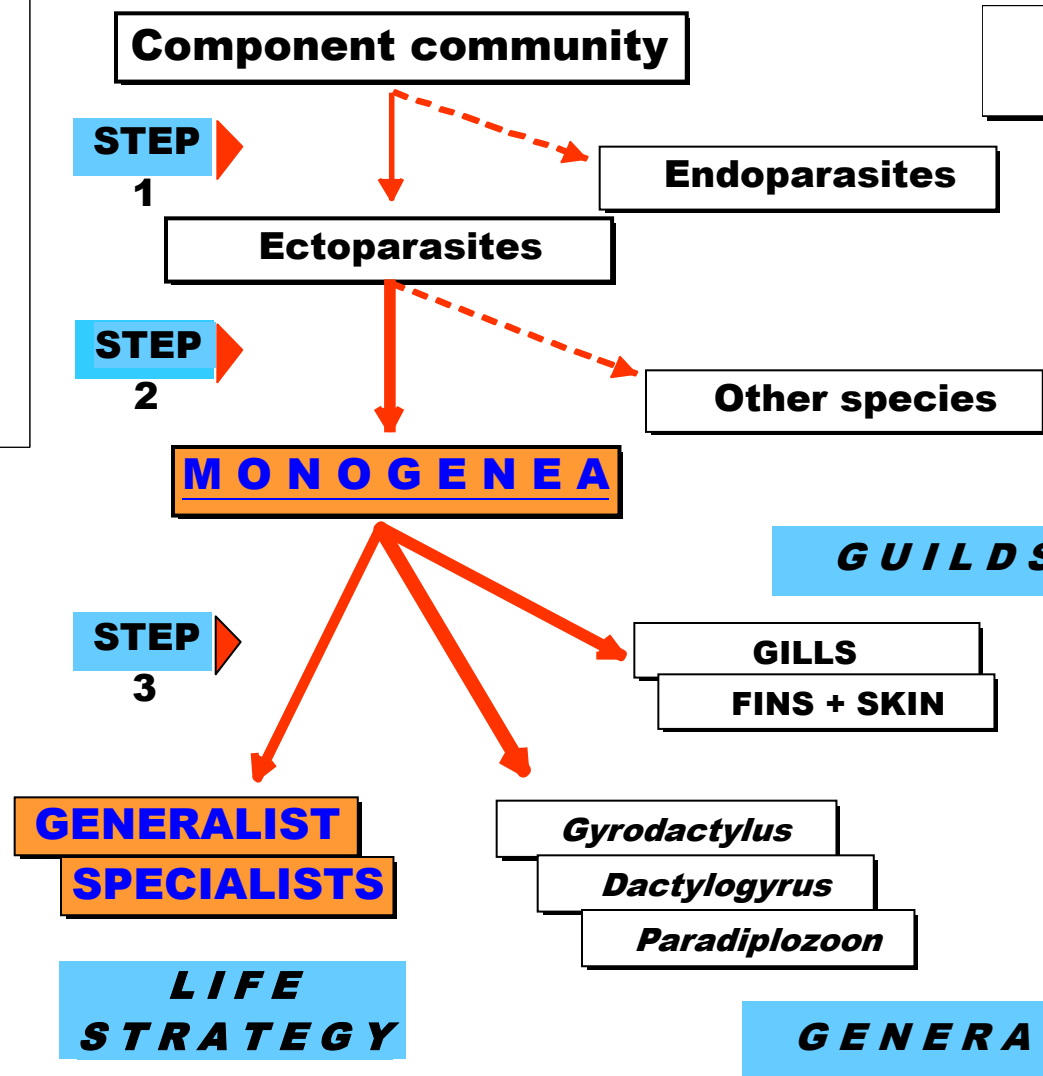


Příklad: Frakcionace společenstva parazitů



Společenstvo cizopasníků

Gehretal, 1997
Dšeketal, 1998



Jelec tloušť

Příklad: Srovnání různě zatížených lokalit A – B

MONOGENEA

Gills, Fins Skin

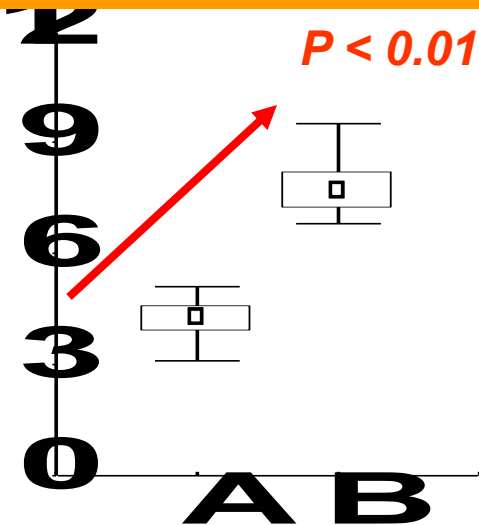
$p = 0.785$

Gyrodactylus
Dactylogyrus
Paradiplozoon

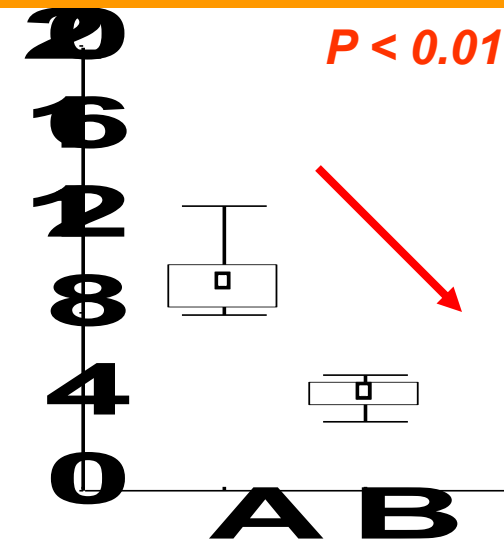
$p = 0.412$

Life strategy (generalist vs. specialist): Q

Generalists

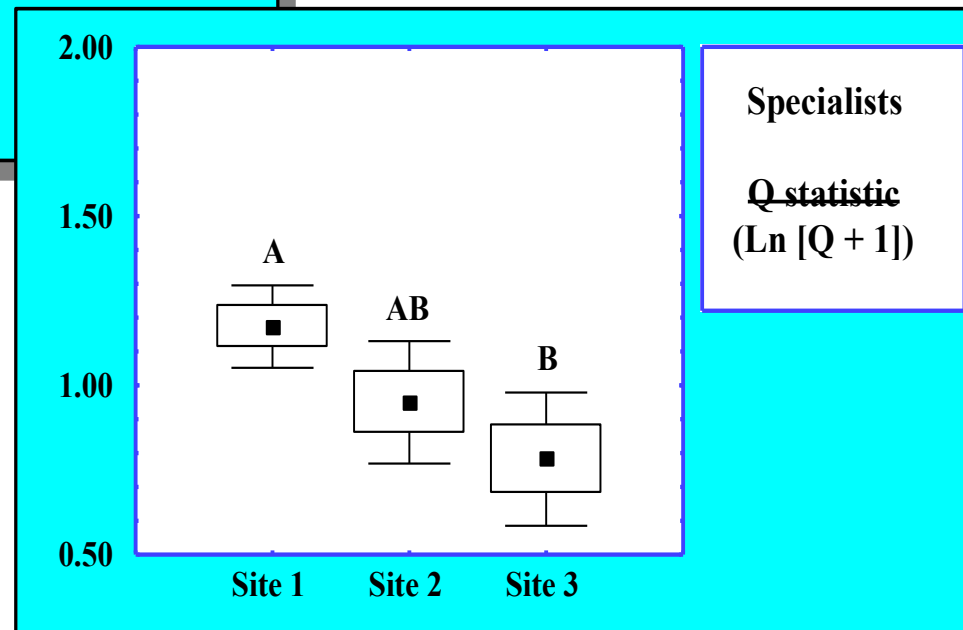
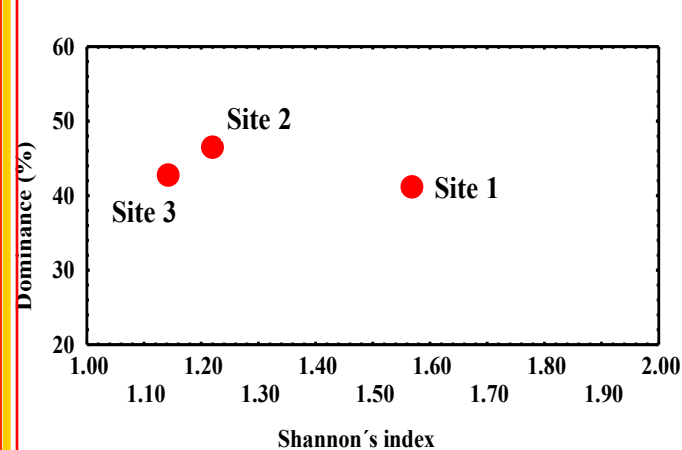
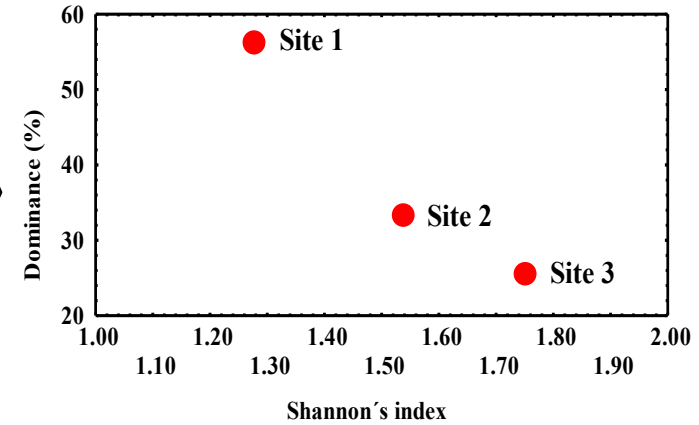
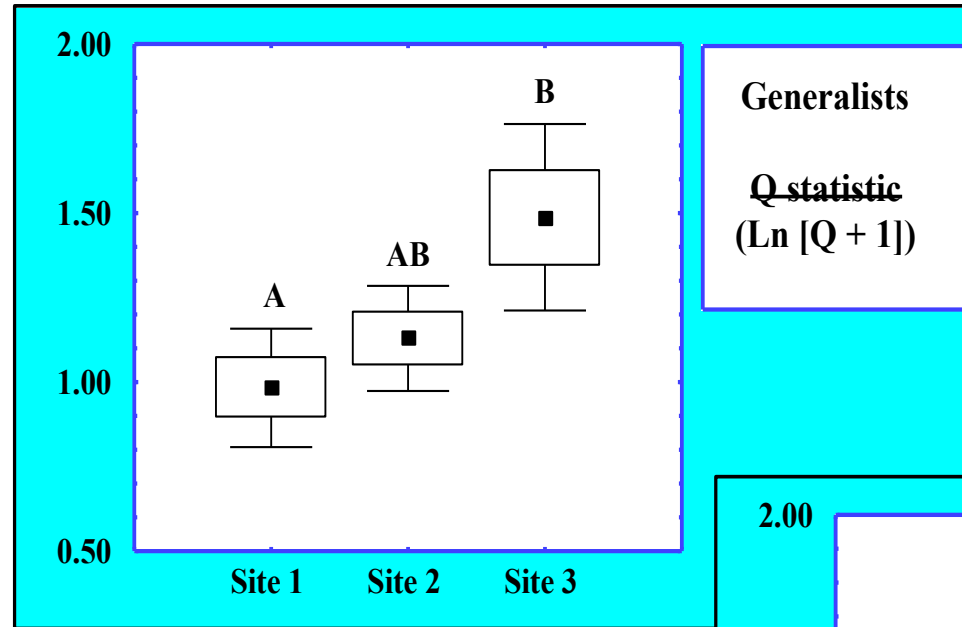


Specialists



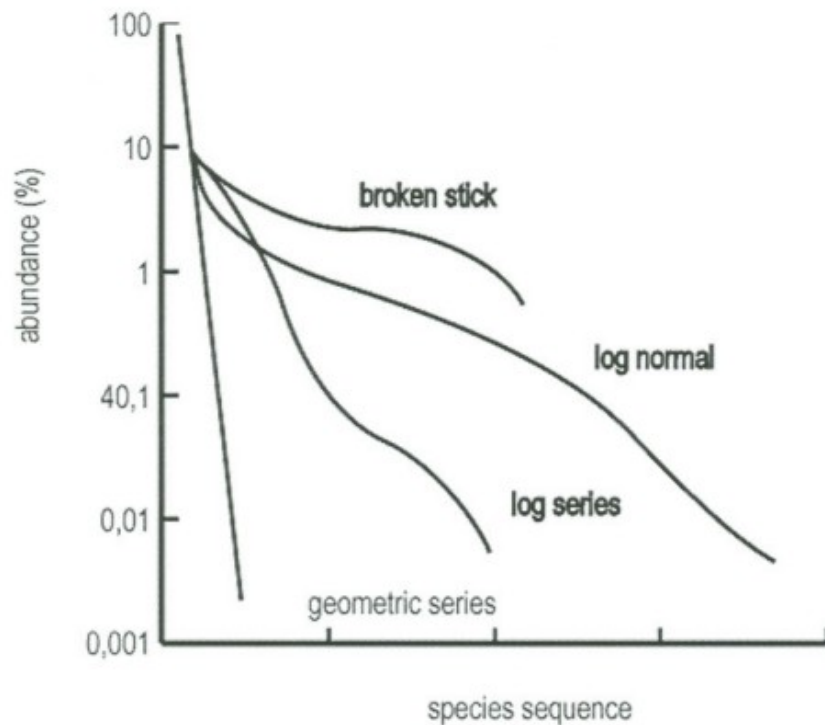
Q statistic, Shannon's diversity (H') and dominance (D)

Monogenea: specialists vs. generalists



Matematické modely

- odvodené od obecných matematických rozložení, existuje pre ne postup výpočtu parametrov rozloženia
- veľké spoločenstvá a obecné zákonitosti
- sú spojené s interakciami, ale ich platnosť není všeobecne prijímaná



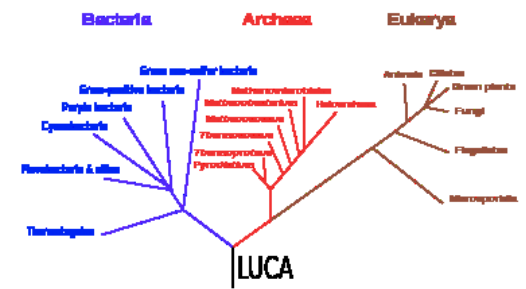
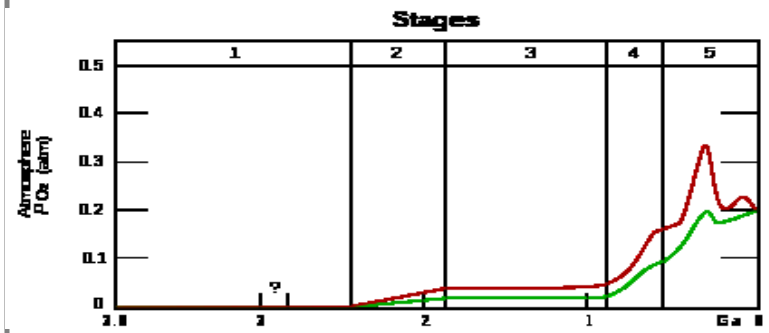
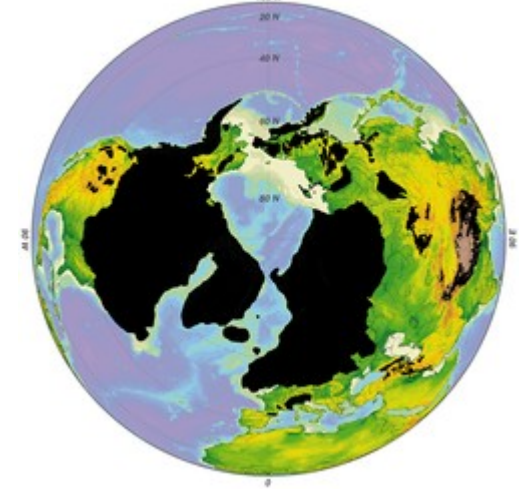
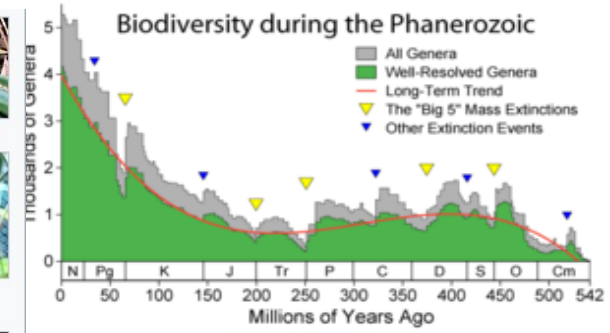
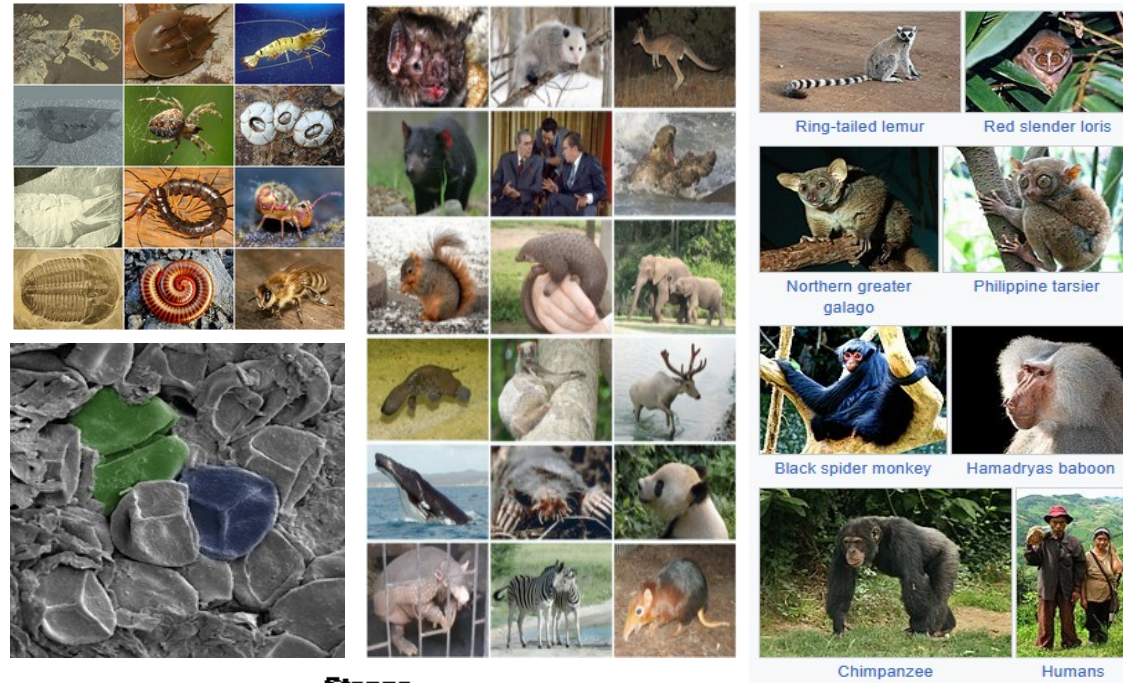
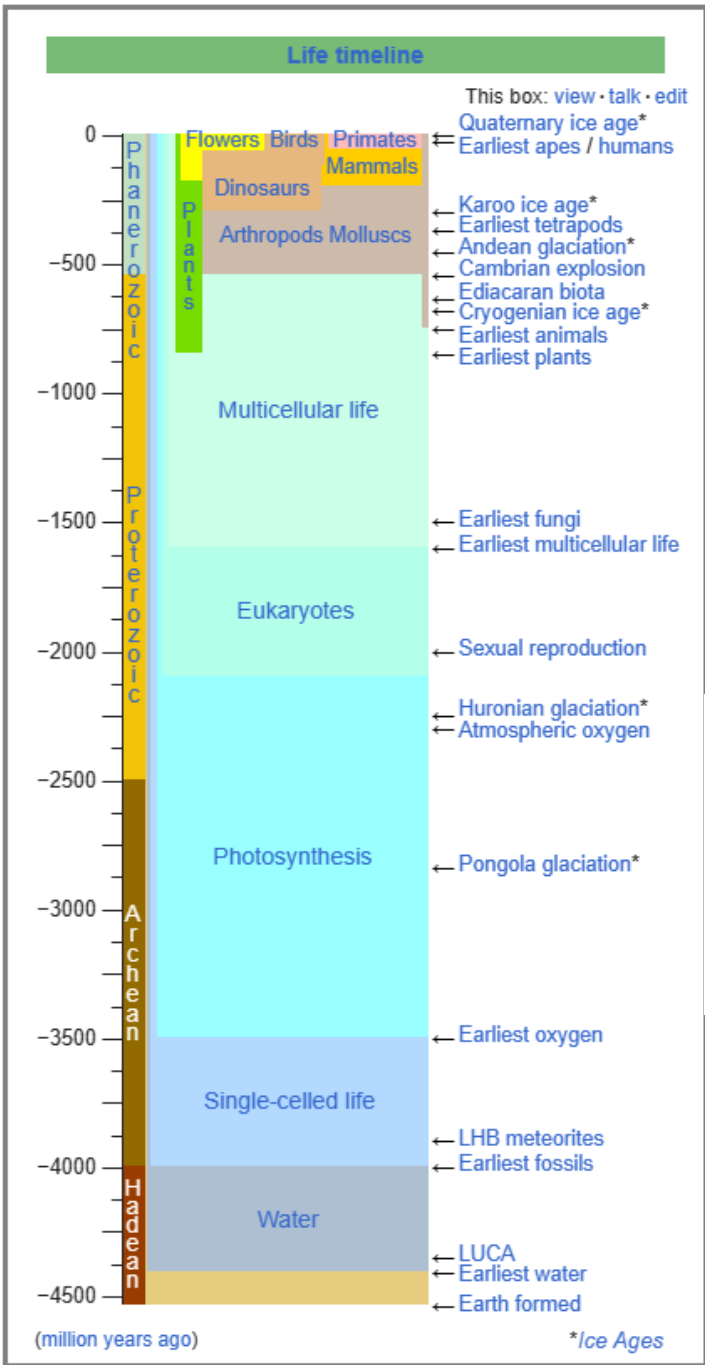
Geometrická rada – zhodný s na niku orientovaným modelom
geometrickej rady

Logaritimická rada – pokles abundancie medzi jednotlivými druhmi
pomalejší ako u geometrickej rady

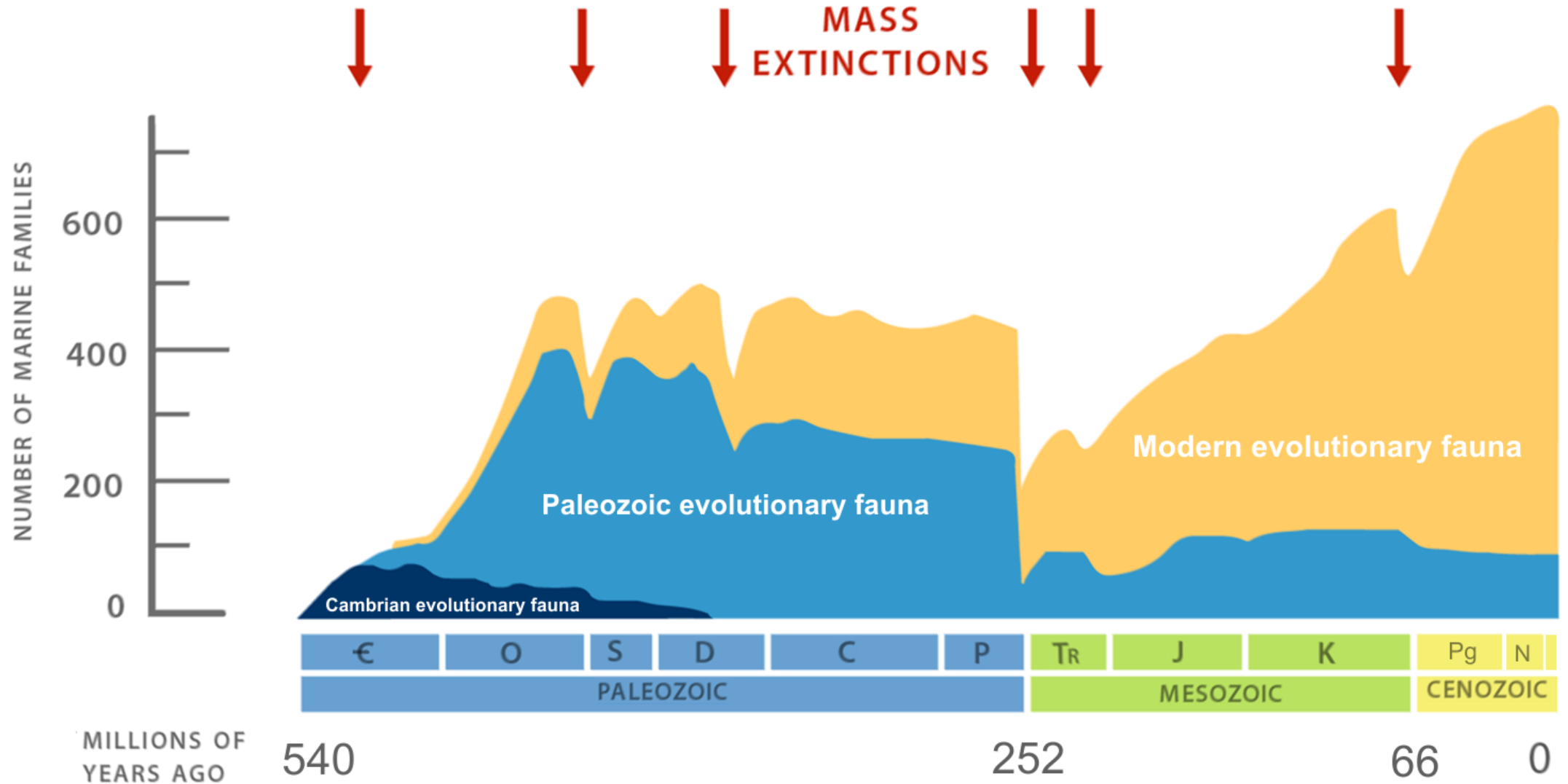
Log – normálne rozloženie – častý jav v biológii, vzniká v dôsledku
pôsobenia veľkého počtu faktorov na premennú (abundanciu taxónov)

Broken – stick - zhodný s na niku orientovaným modelom

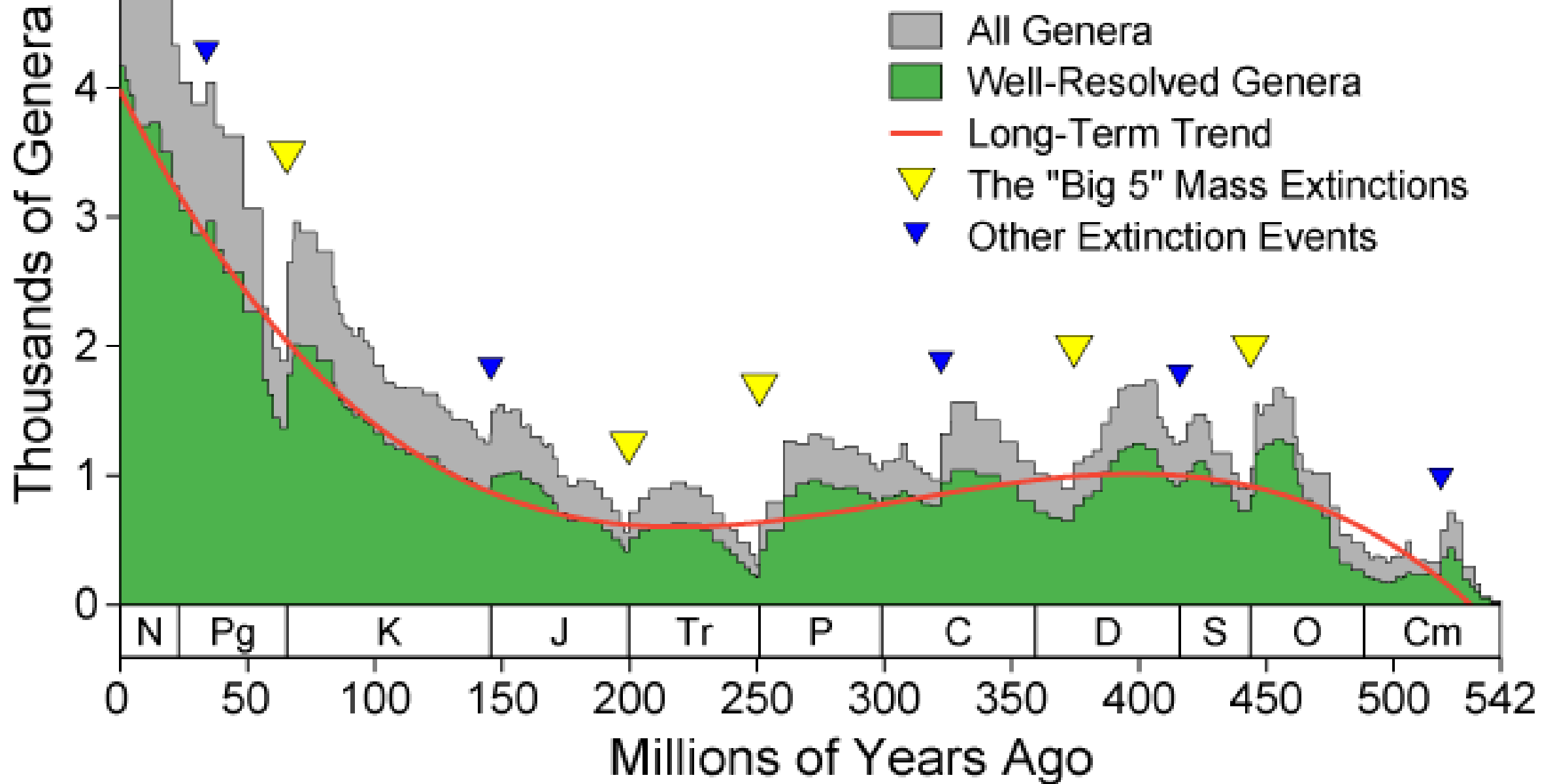
Biodiverzita v čase a v prostoru



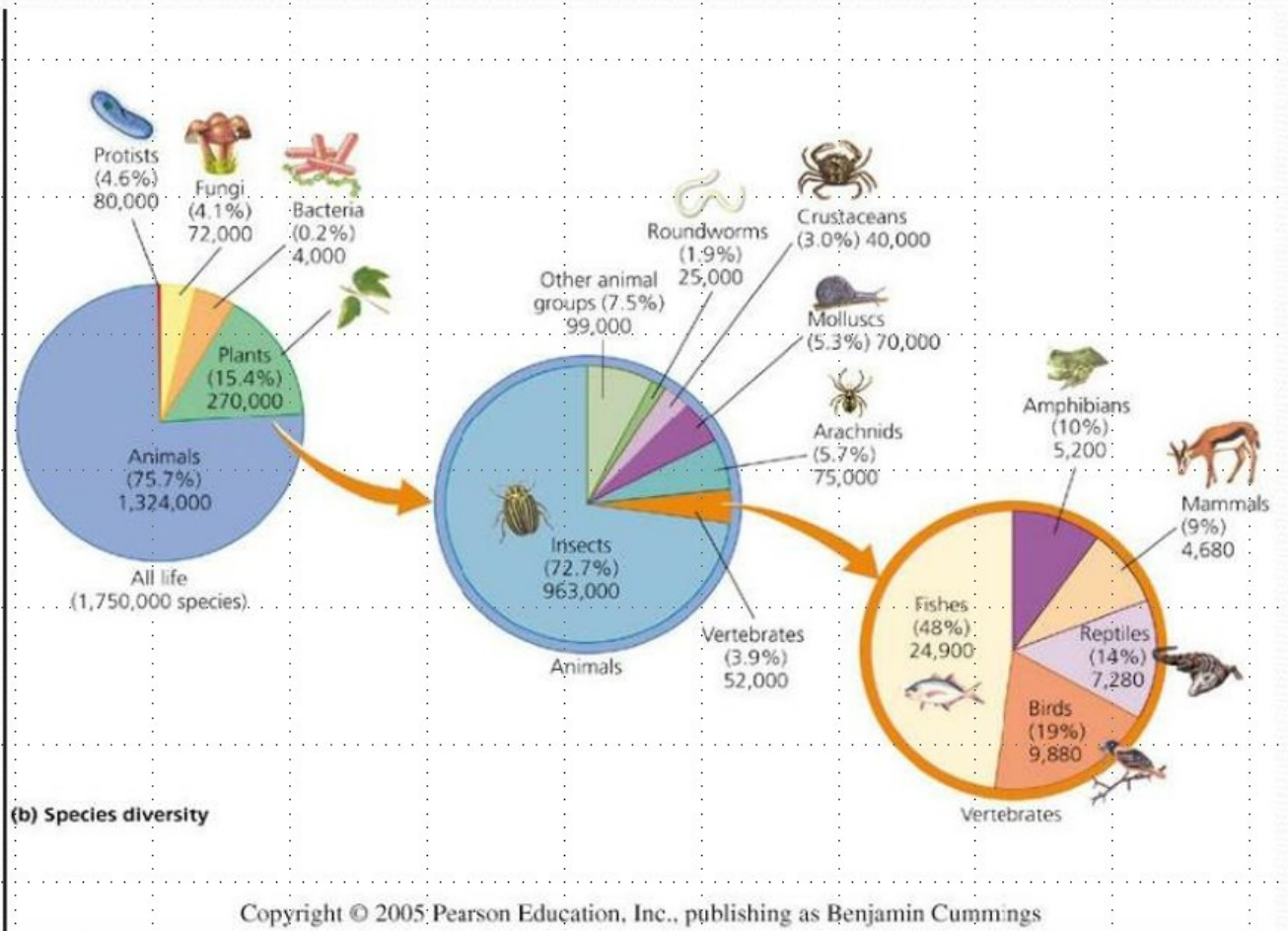
Masové extinkce biodiverzity během historie Země



Biodiversity during the Phanerozoic



Počty popsáných druhů organismů

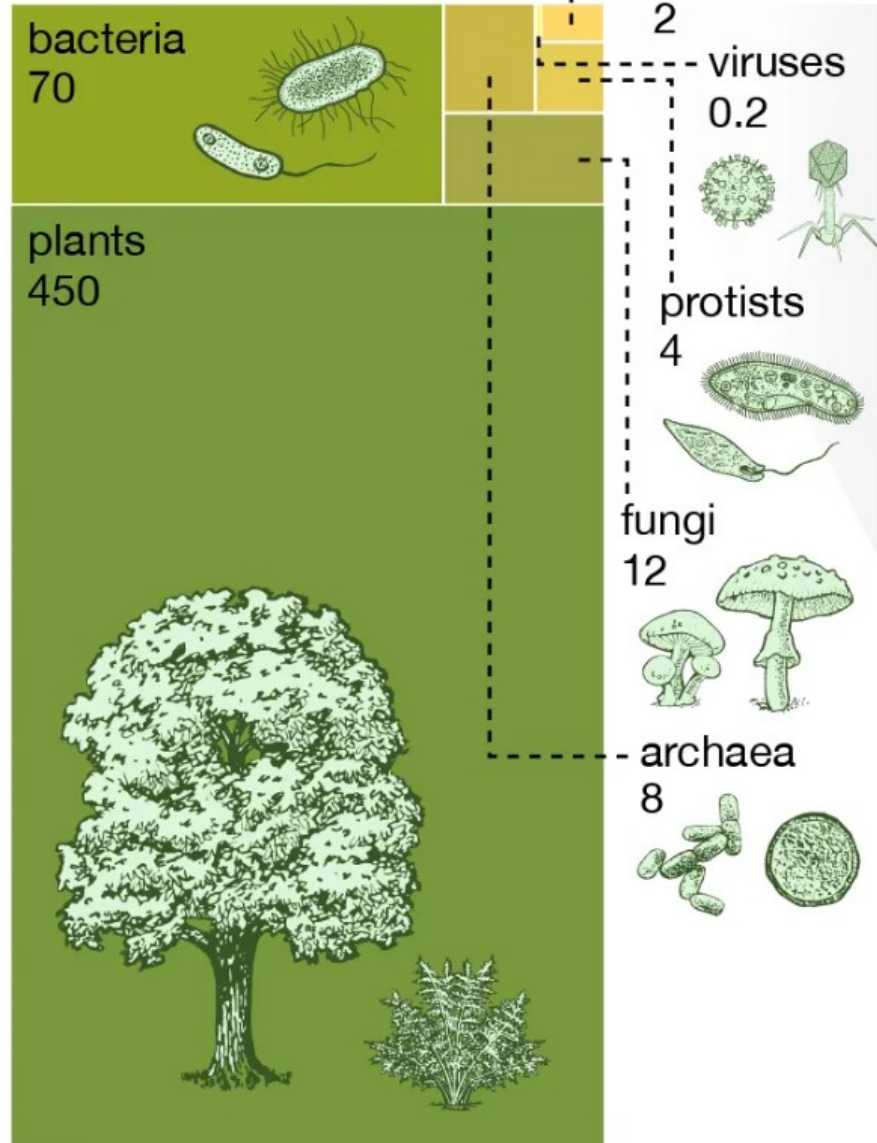


Přibližné počty popsáných druhů (v tisících)

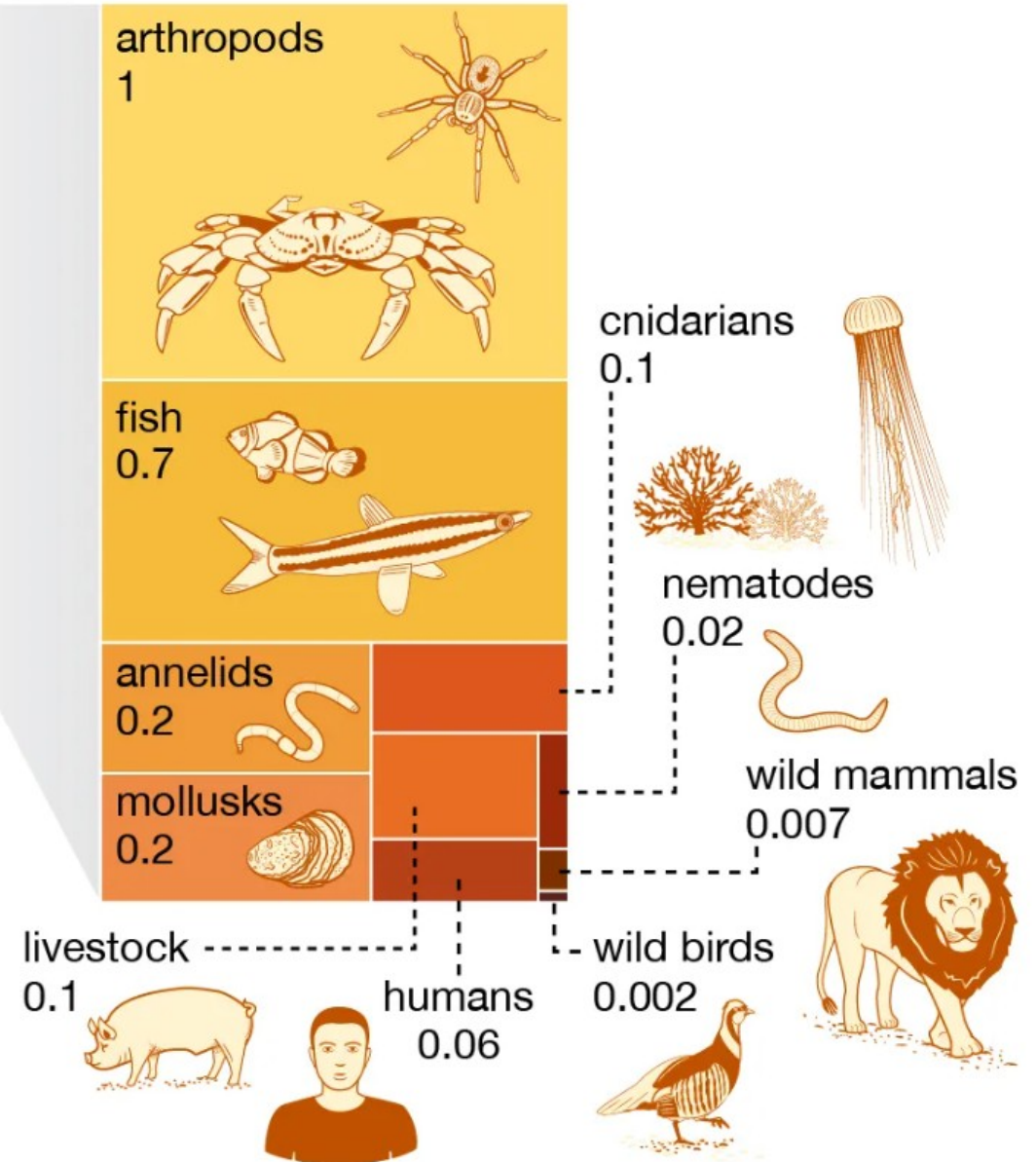
	Σ druhů	odhadovaný počet druhů			znalost
		vysoký	nízký	skutečný	
Viry	4	1000	50	400	velmi malá
Bakterie	4	3000	50	1000	velmi malá
Houby	72	2700	200	1500	střední
Prvoci	40	200	60	200	velmi malá
Řasy	40	1000	150	400	velmi malá
Rostliny	270	500	300	320	dobrá
Nematodi	25	1000	100	400	malá
Crustacea	40	200	75	150	střední
Arachnida	75	1000	300	750	střední
Insecta	950	100 000	2000	8000	střední
Mollusca	70	200	100	200	střední
Chordata	45	55	50	50	dobrá
Ostatní	115	800	200	250	střední
Celkem	1750	111 655	3655	13 650	velmi malá

Relativní biomasa (%) uhlíku (C) v gigatunách (GT)

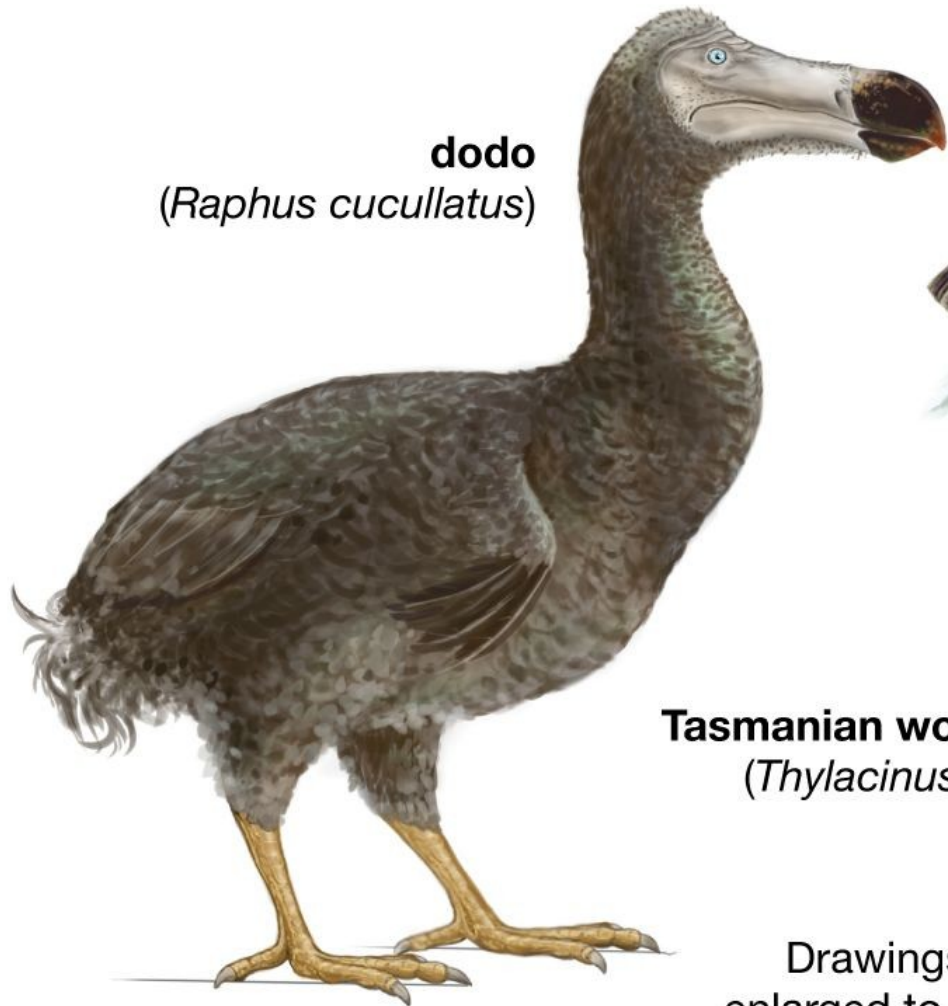
Kingdoms of life



Animals



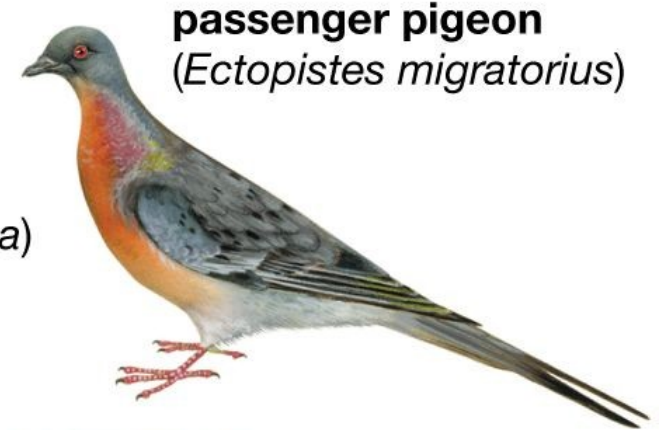
Příklady vyhynulých živočichů



dodo
(*Raphus cucullatus*)



mamo
(*Drepanis pacifica*)



passenger pigeon
(*Ectopistes migratorius*)



Tasmanian wolf, or thylacine
(*Thylacinus cynocephalus*)

Drawings of birds
enlarged to show detail.

Co je to ostrovní biogeografie ?



Biodiverzita v prostoru

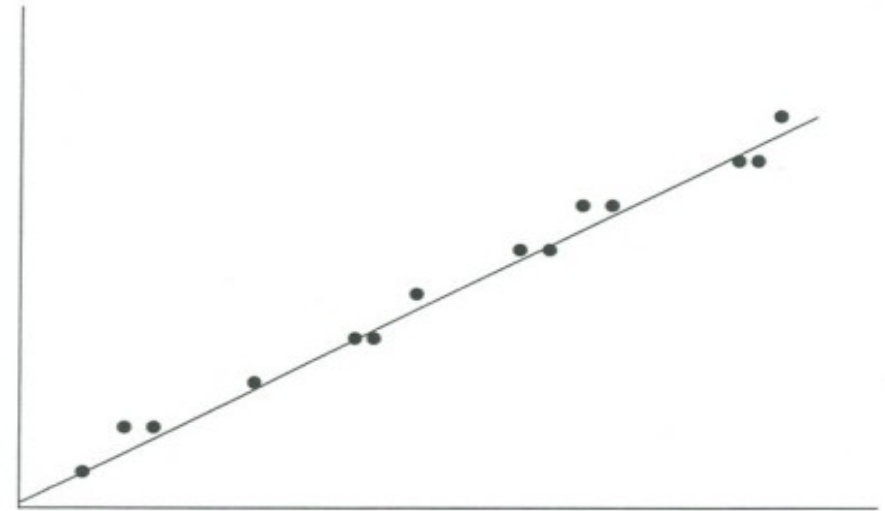
Vztah počet druhů – plocha ⇒ koncepce biogeografie ostrovů

Co je to ostrov ?

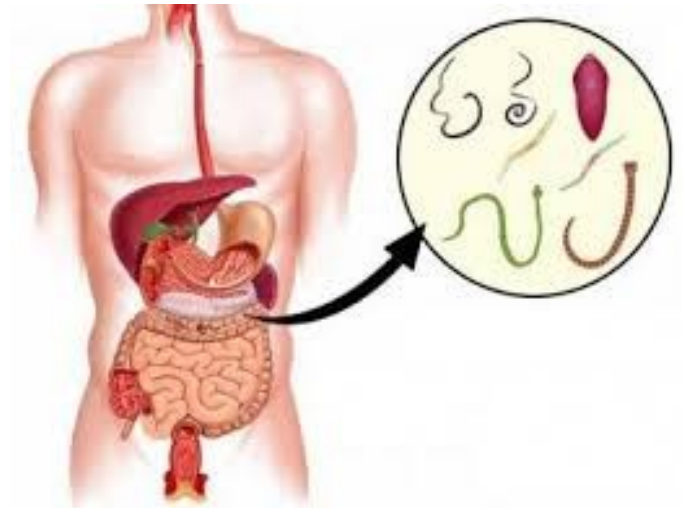
Je známo, že na ostrovech se vyskytuje méně druhů než na srovnatelně velkých územích na pevnině. Proč ?

Počet druhů rychle klesá se zmenšováním velikost ostrova. Proč ?

S (počet druhů)



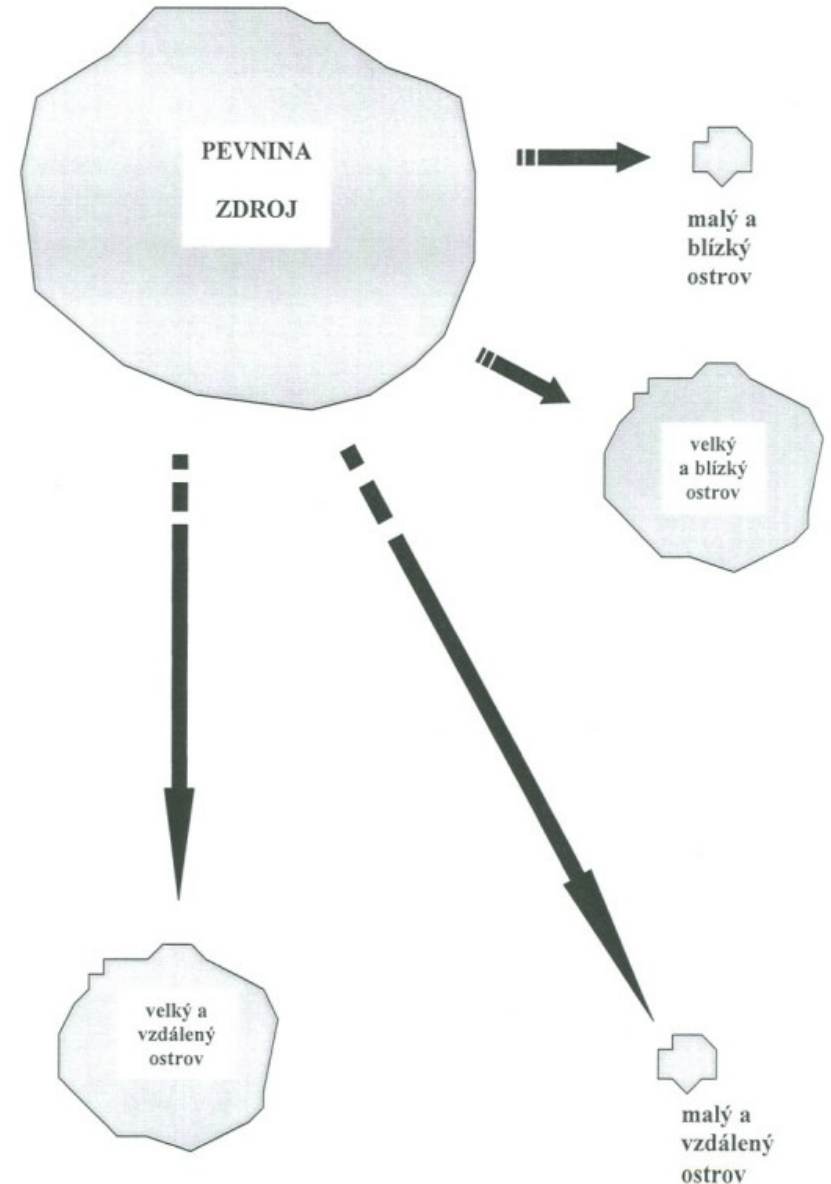
velikost plochy (km²)



Biodiverzita v prostoru

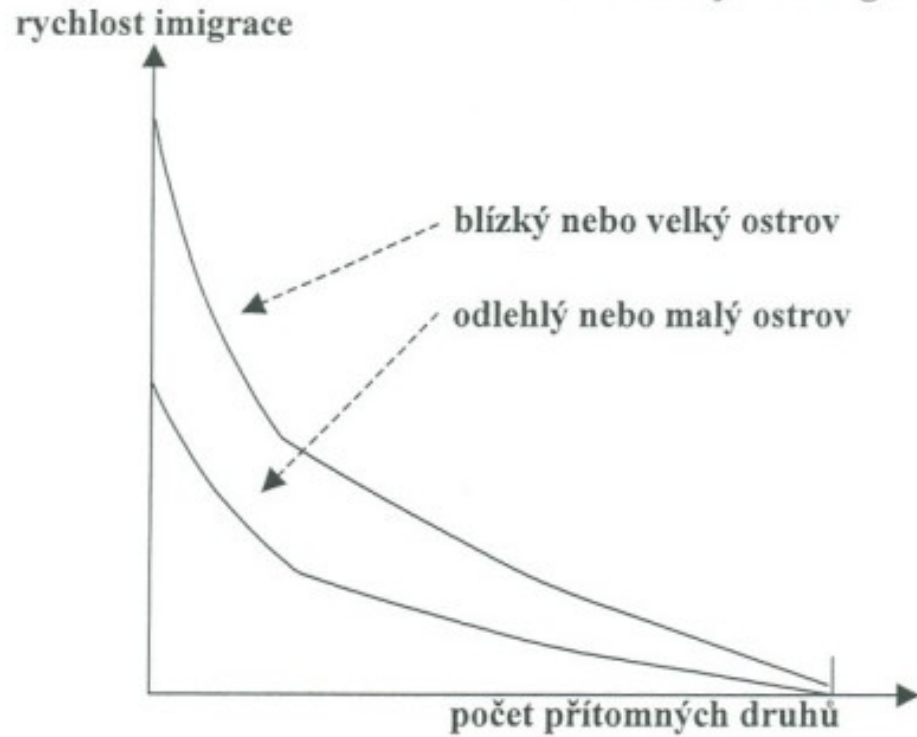
Co vše může být ostrovem ?

- ostrov suché země v moři vody
- jezero - ostrov vody v „moři země“
- vrchol hory = ostrov výšky v oceánu nízké nadmořské výšky
- oblast geologického, půdního, vegetačního typu
- organismus hostitele pro parazita
- rezervace obklopena zemědělskou či průmyslovou krajinou

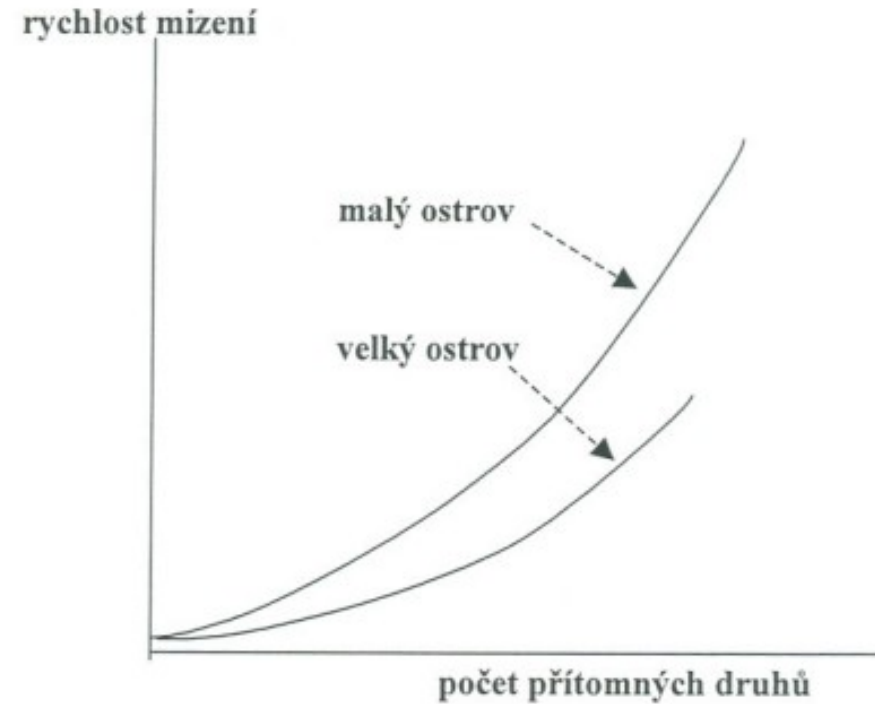


Mac Arthurova a Wilsonova teorie rovnovážného stavu

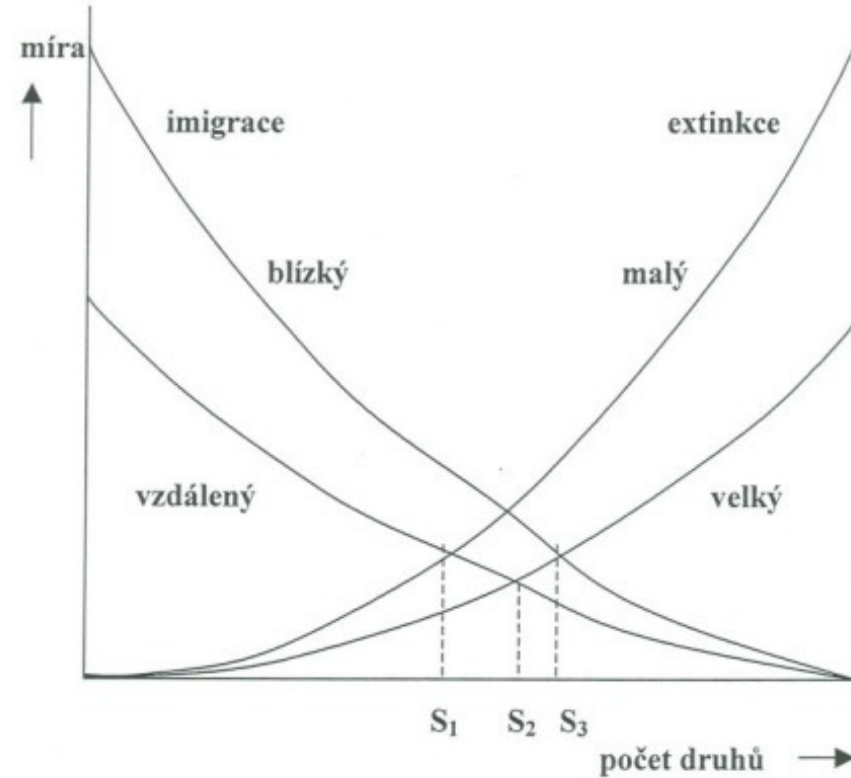
Křivky imigrace



Křivky vymírání

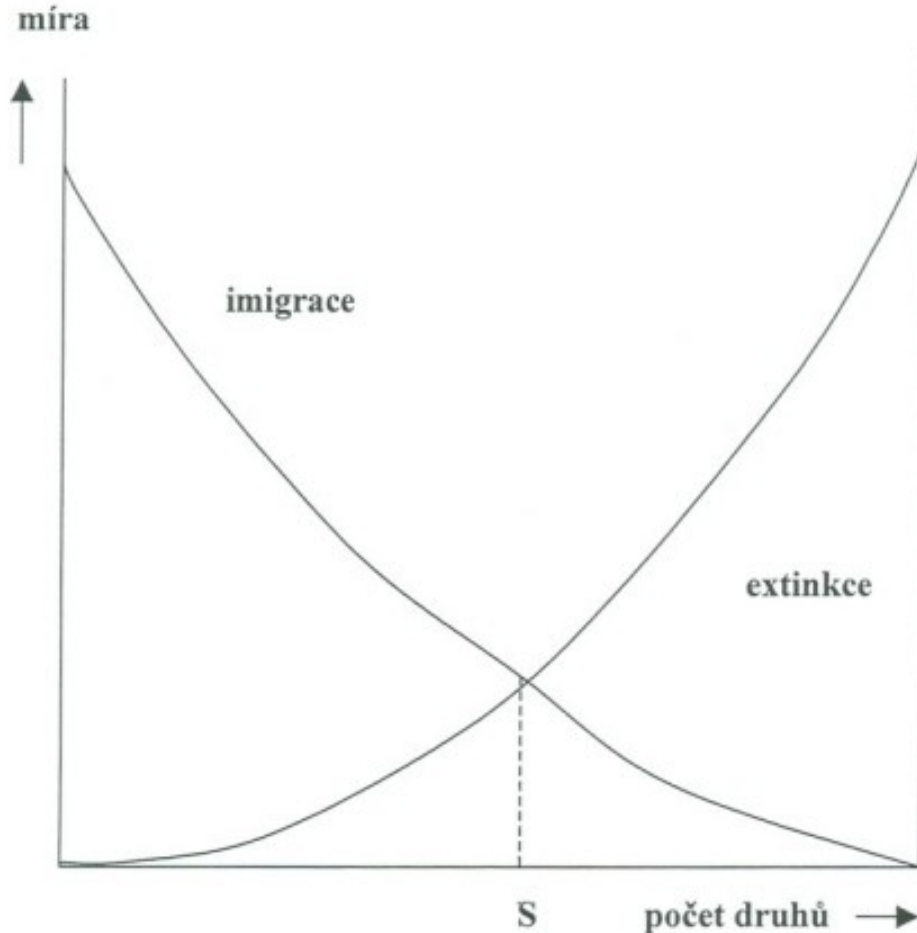


Mac Arthurova a Wilsonova teorie rovnovážného stavu



Malý a vzdálený ostrov (S_1) bude mít méně druhů než ostrov velký a blízký (S_3)

Mac Arthurova a Wilsonova teorie rovnovážného stavu



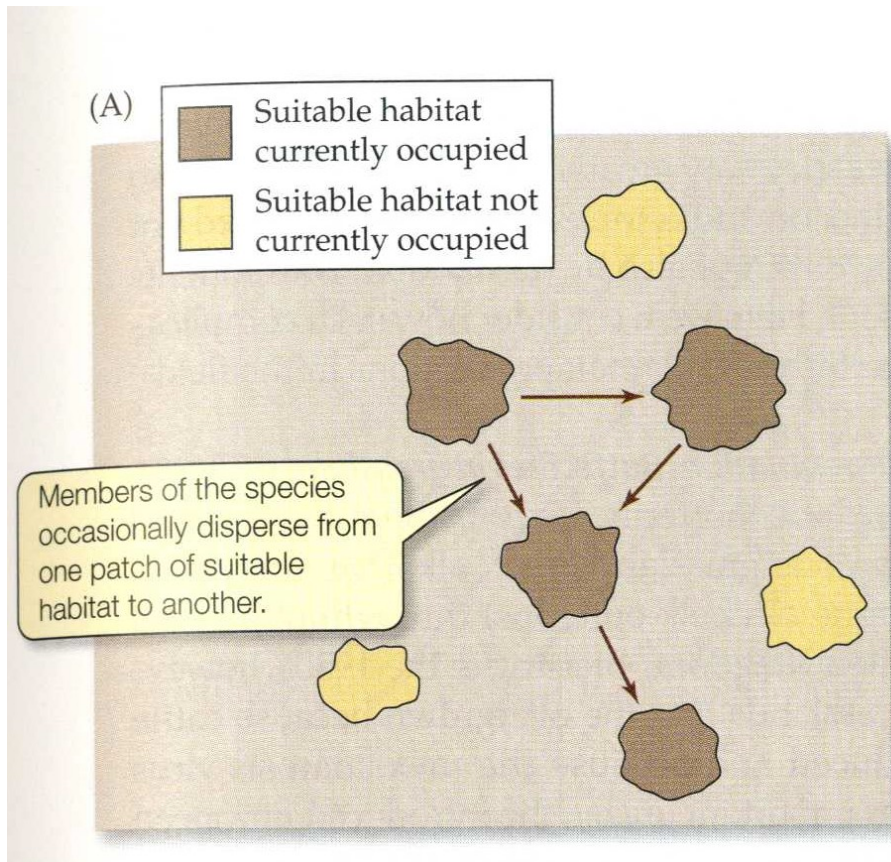
Počet druhů na „ostrově“ je determinován dynamickou rovnováhou mezi procesem imigrace nových kolonizátorů a extinkce již přítomných druhů. Jak se počet kolonizujících druhů zvyšuje, počet imigrantů, kteří dosáhnou „ostrova“ klesá.

Na druhé straně, s růstem kompetice mezi druhy poroste míra extinkce. Bod na kterém se počet druhů ustálí je dán rovnováhou mezi mírou imigrace a extinkce.

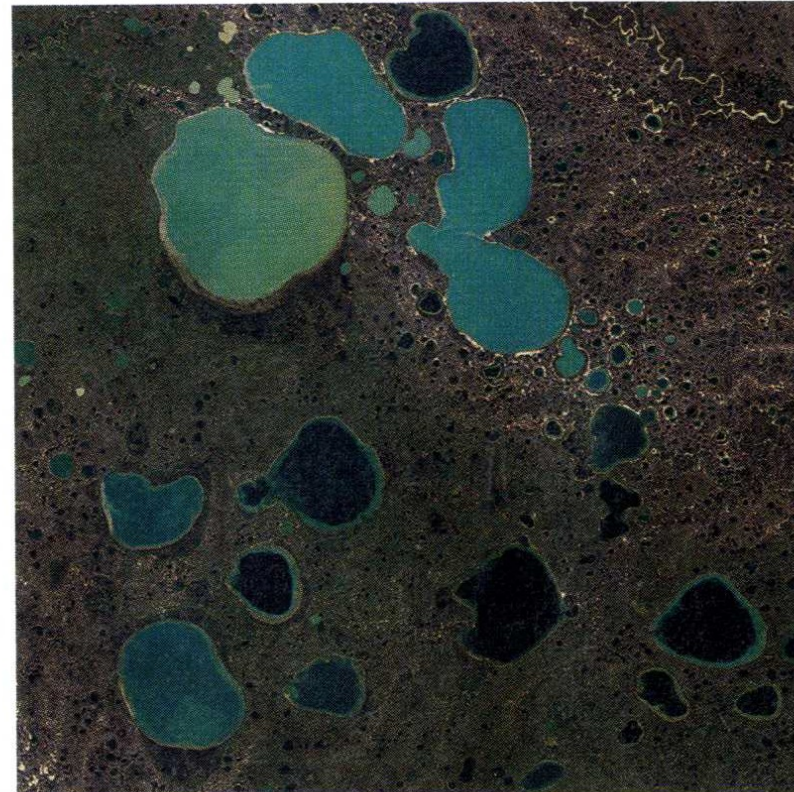
Tento model dobře vysvětluje chování populací (metapopulací) živočichů na „ostrovech“ fragmentovaných habitatů jakými jsou například rezervace, tvořící mozaiku v krajině změněné činností člověka.

Nutnost zachování migračních cest = biokoridorů !

Fragmentované habitaty - metapopulace



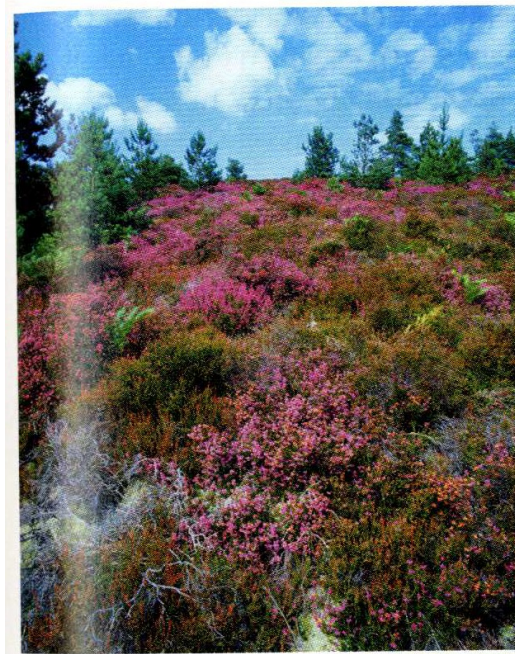
(B)



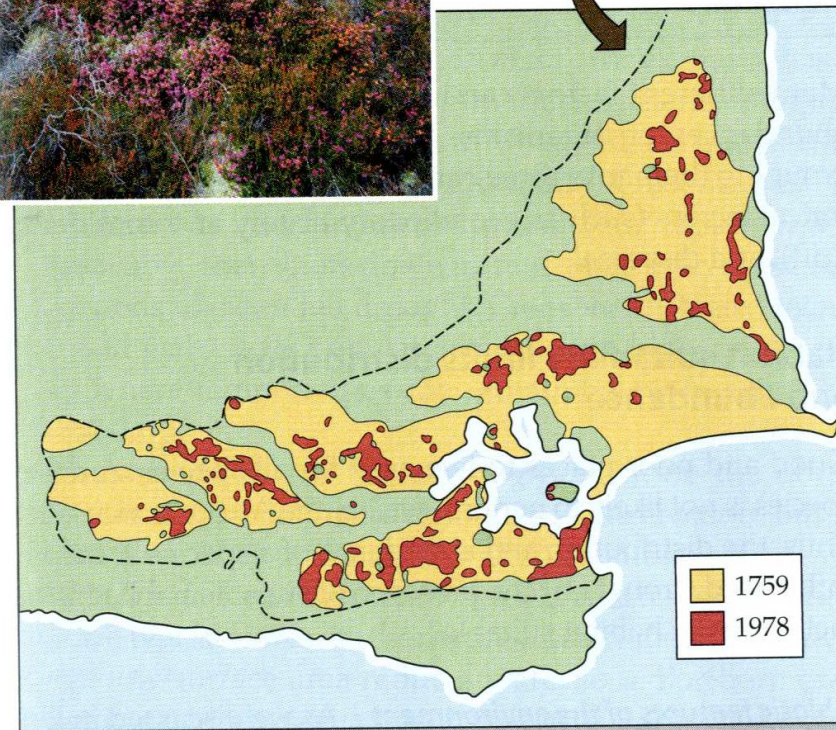
Fragmentace vrchovišť v Dorsetu (UK)

3 hlavní závěry TOG pro Species Richness:

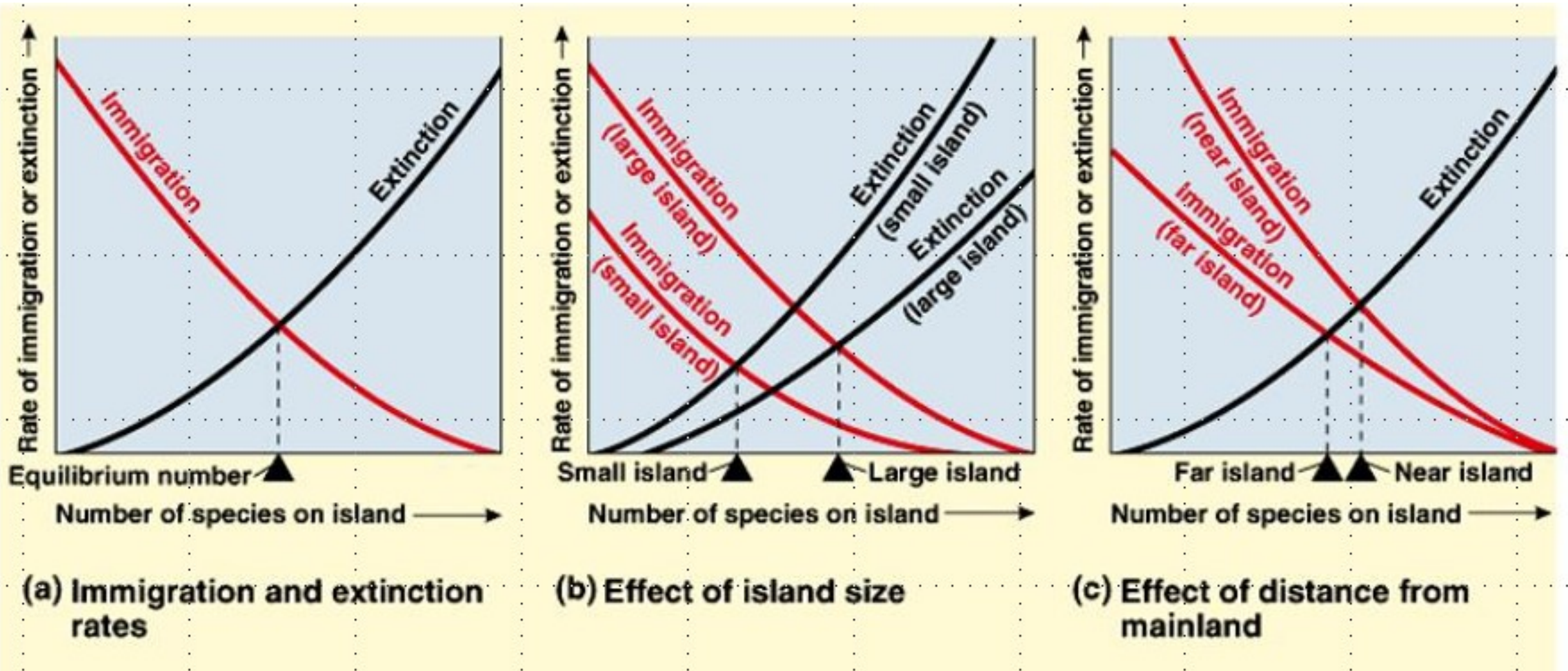
- 1) Rovnováha mezi Imigrací a Extinkcí
- 2) Vliv velikosti „ostrova“
- 3) Vliv vzdálenosti „ostrova“ od mateřské pevniny



Srovnání stavu z roku
1759 a z roku 1978

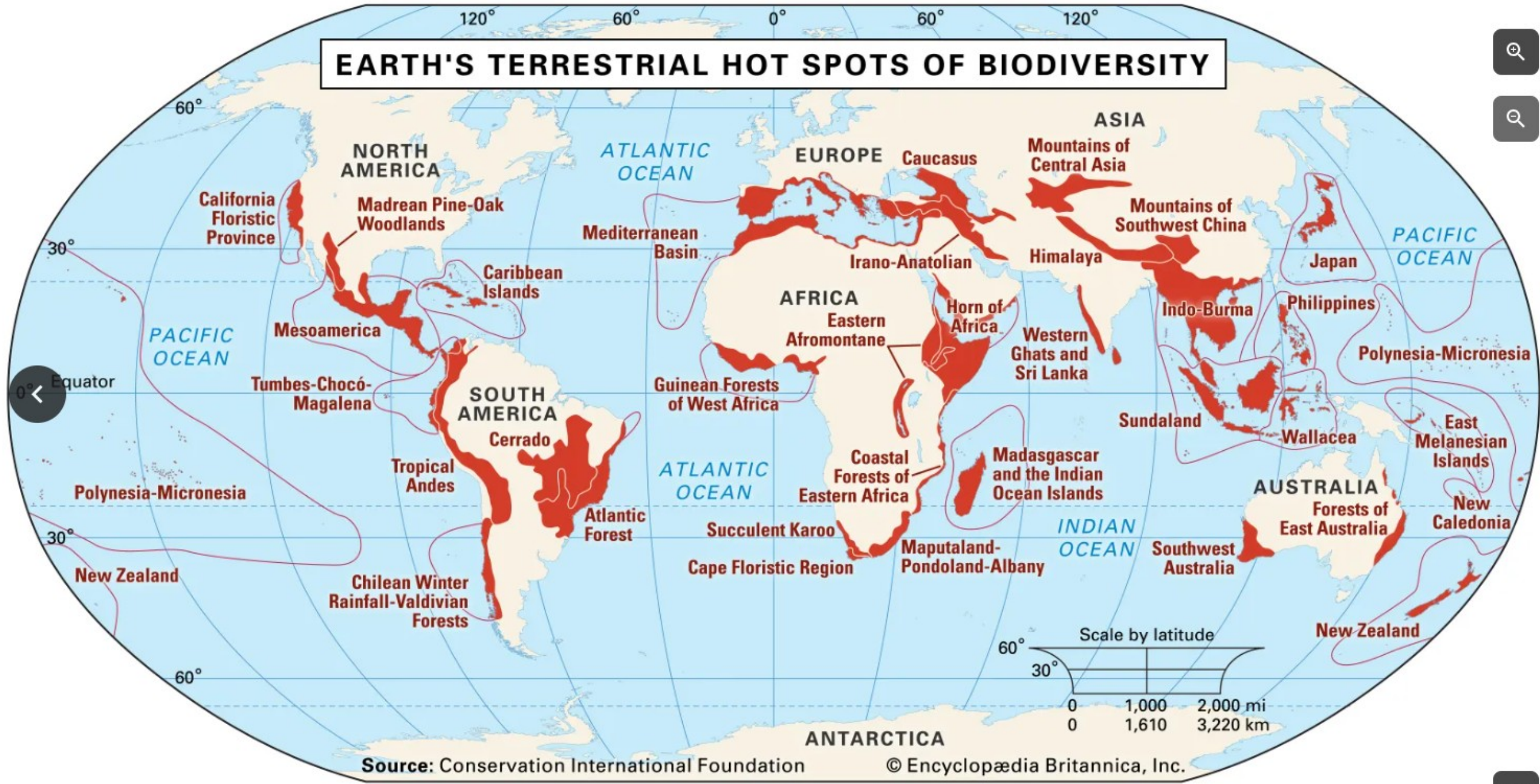


Teorie ostrovní geografie



Děkuji za pozornost

EARTH'S TERRESTRIAL HOT SPOTS OF BIODIVERSITY



Source: Conservation International Foundation

© Encyclopædia Britannica, Inc.

Příčiny ztráty biodiverzity

LOSS OF BIODIVERSITY

Causes of Biodiversity Loss

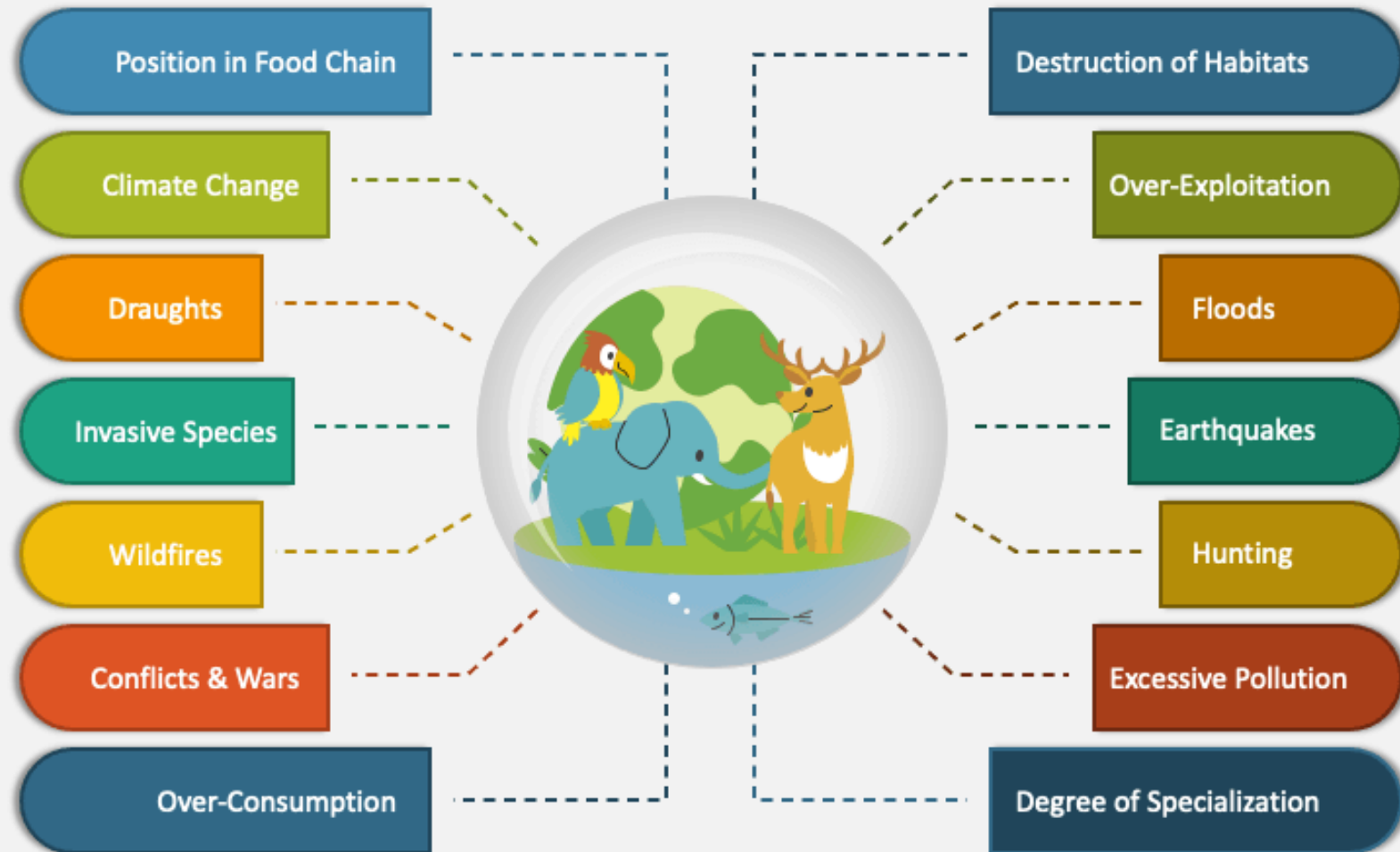
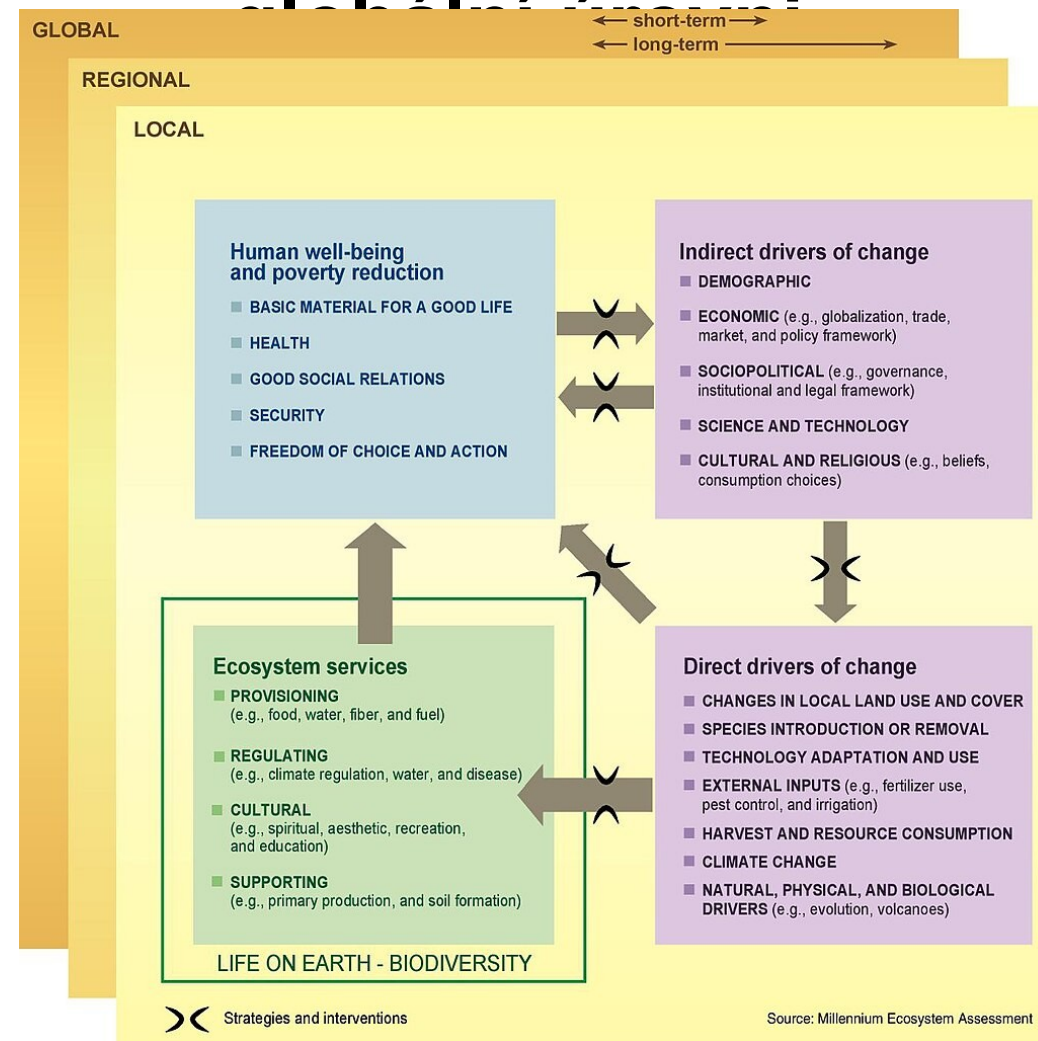
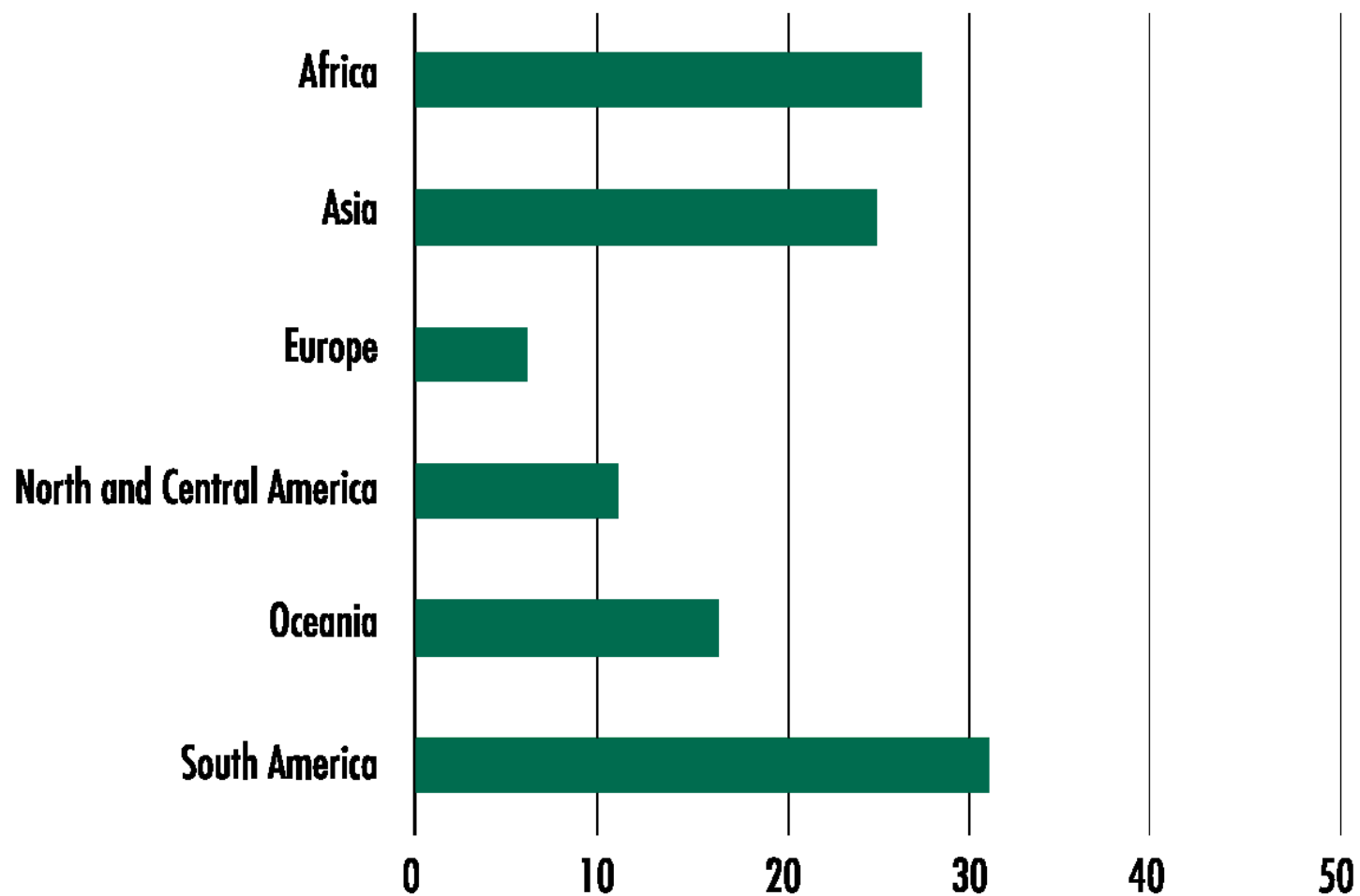


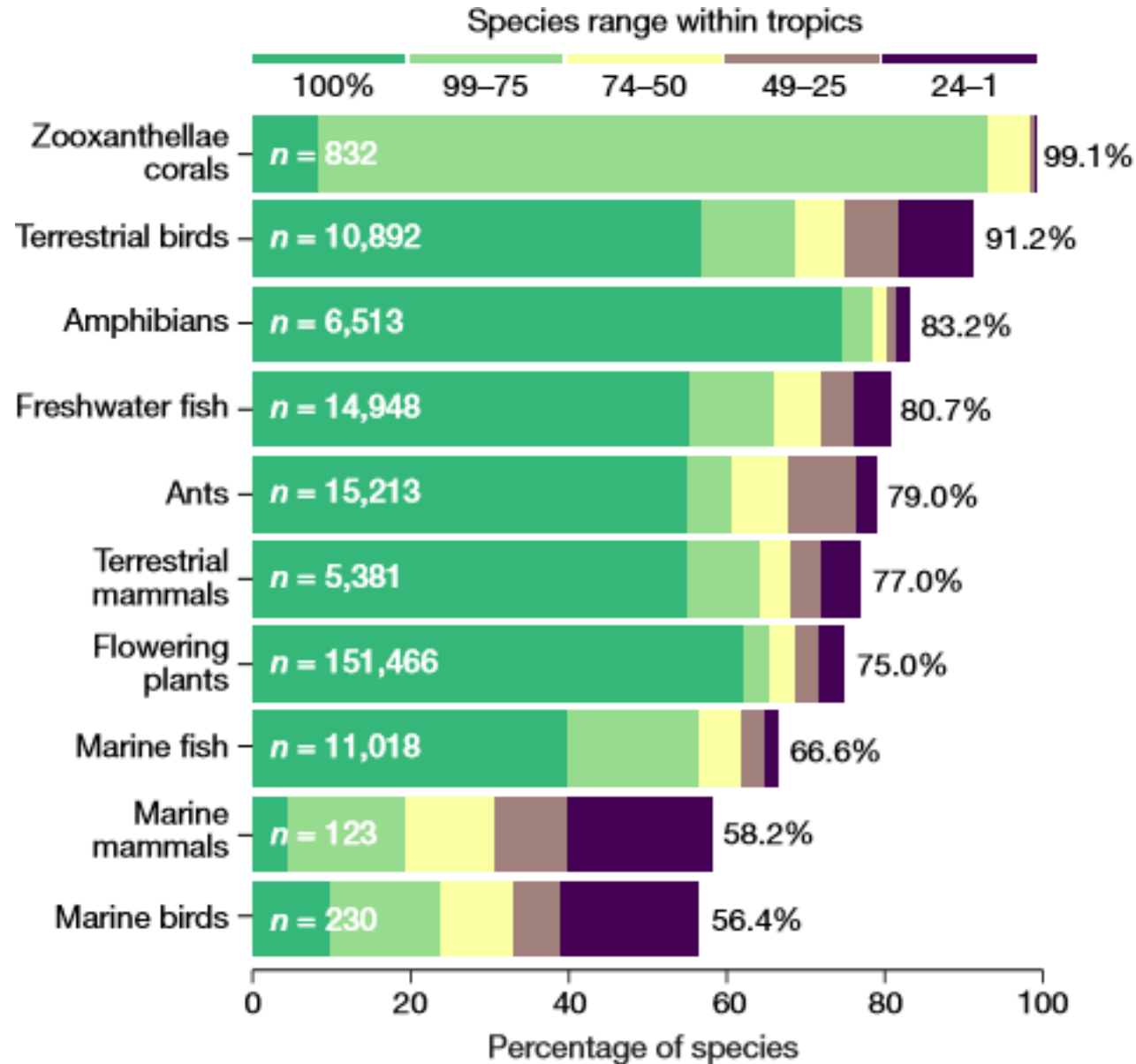
Schéma zobrazující vztahy mezi biodiverzitou, ekosystémovými službami, well-being lidstva a chudobou. Schéma ukazuje jak cílená strategie ochrany přírody ovlivňuje krizi biodiverzity na lokální, regionální a globální úrovni.



PROCENTO OFICIÁLNĚ CHRÁNĚNÝCH LESŮ V ROCE 2020.



Proč je v tropech taková diverzita ?



Asociační analýza

Asociačná matica medzi objektami – **Q analýza (Q-mode studies)**

Asociačná matica medzi popisnými premennými – **R analýza (R-mode studies)**

Asociácia – obecný termín pre akúkoľvek mieru alebo koeficient, ktorý kvantifikuje podobnosť alebo rozdiel medzi objektami alebo popisnými premennými

R-mode – **koeficienty závislosti** (0 = bez asociácie)

Q-mode – **koeficienty podobnosti** (similarity coefficients)

koeficienty vzdialenosti (distance coefficients)

Similarity coefficients: maximum - 2 objekty identické, minimum – 2 objekty sú úplne odlišné

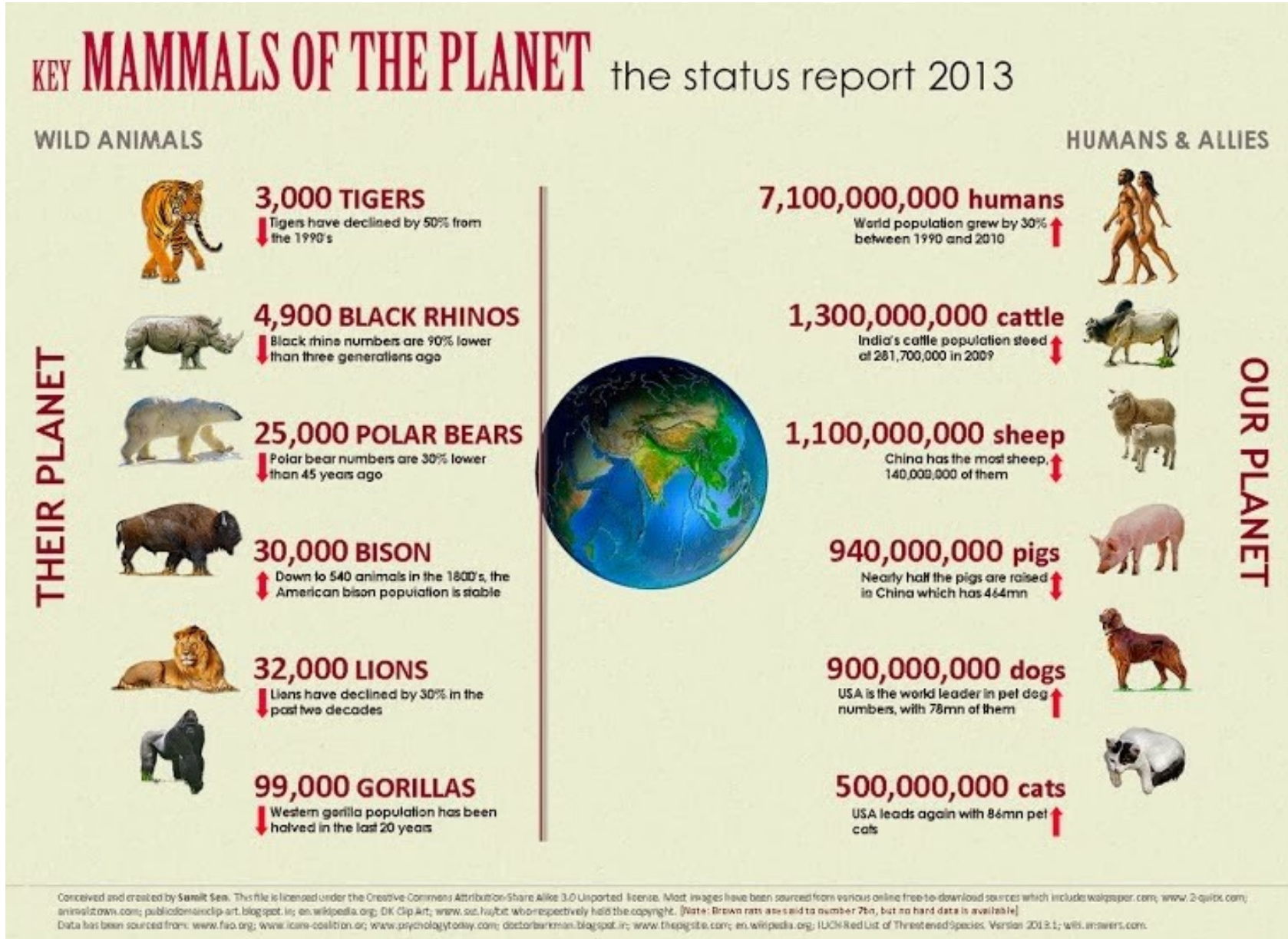
Distance coefficients: opačný vzťah

Koeficienty – **prezencia-absencia data**

- **abundancia**



Kolik je nás (savců) na planetě (2013) ?



Koeficienty podobnosti

Asymetrické koeficienty – hodnotia nulové hodnoty ináč ako iné hodnoty

Symetrické koeficienty – nulové hodnoty pre dva objekty sú hodnotené rovnako ako aj iné hodnoty pre páry objektov

Oba môžu byť binárne alebo kvantitavíne

Pravdepodobnostné koeficienty – založené na štatistickom odhade významnosti vzťahu medzi objektami

Binární koeficienty podobnosti

Binárne koeficienty podobnosti

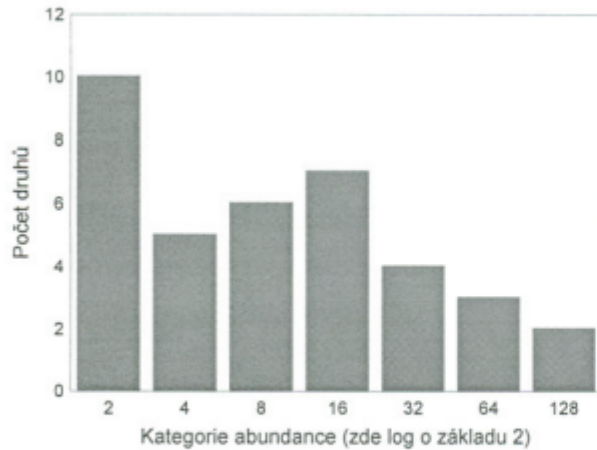
		Objekt x_2		
		1	0	
Objekt x_1	1	a	b	$a+b$
	0	c	d	$c+d$
		$a+c$	$b+d$	

a - počet deskriptorov, ktoré nadobúdajú pre oba objekty hodnoty 1, d je počet deskriptorov, ktoré pre oba objekty nadobúdajú hodnoty 0, b a c jsou skupiny deskriptorov, pre ktoré nadobúdajú zhodné deskriptory rozdielne hodnoty, p je celkový počet objektov.

- z týchto parametrov sú počítané binárne indexy podobnosti

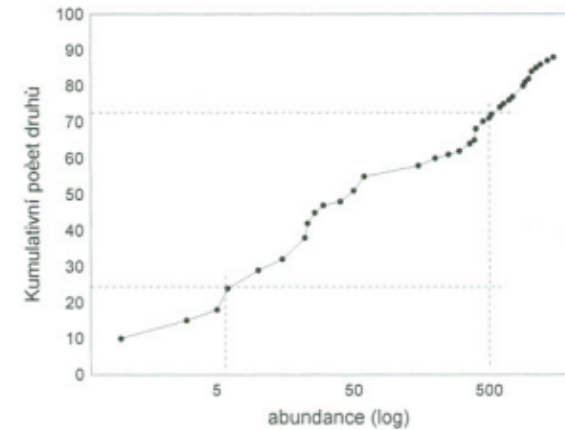
Abundance a kumulativní počet druhů

Graf kategorií abundancie



v prípade veľkého rozsahu hodnot abundancií je možné logaritmovať osu x alebo agregovať abundanciu do tried

Graf kumulatívneho počtu druhov



kumulatívny počet druhov proti ose ich zlogaritmovanej abundancie