

Community Ecology



Gary G. Mittelbach

Ekologie společenstev

Peter J. Morin

Community Ecology

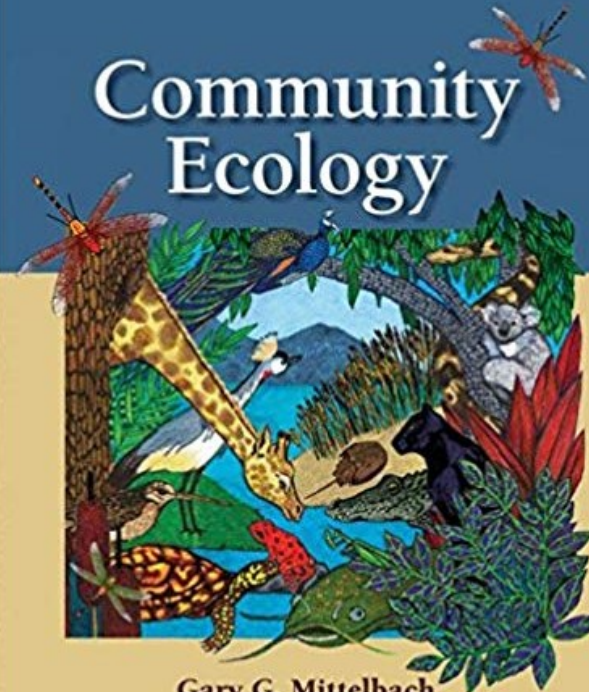
Second Edition

WILEY-BLACKWELL

Marine Community Ecology

Edited by
Mark D. Bertness
Steven D. Gaines
Mark E. Hay

Community Ecology

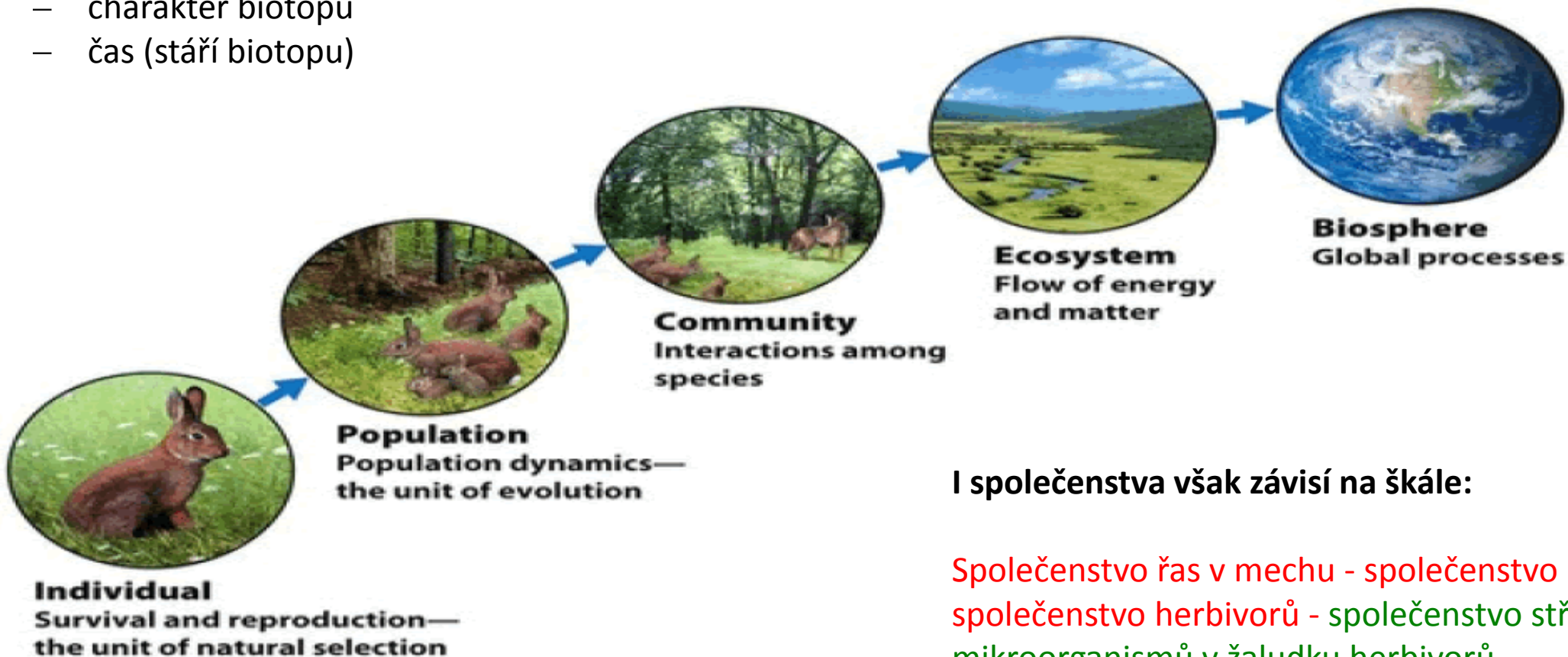


Gary G. Mittelbach

Žádný druh se na Zemi nevyskytuje jen zcela náhodně a kdekoliv, každý je rozšířen podle své tolerance k faktorům prostředí. Druhy s podobnými tolerancemi a nároky tvoří společenstva.

O druhové skladbě společenstva rozhodují:

- zásobník druhů (flóra a fauna dané oblasti schopná žít v příslušných podmínkách) – **species pool**
- ekologická konstituce jednotlivých populací (geneticky zakotvená)
- charakter biotopu
- čas (stáří biotopu)

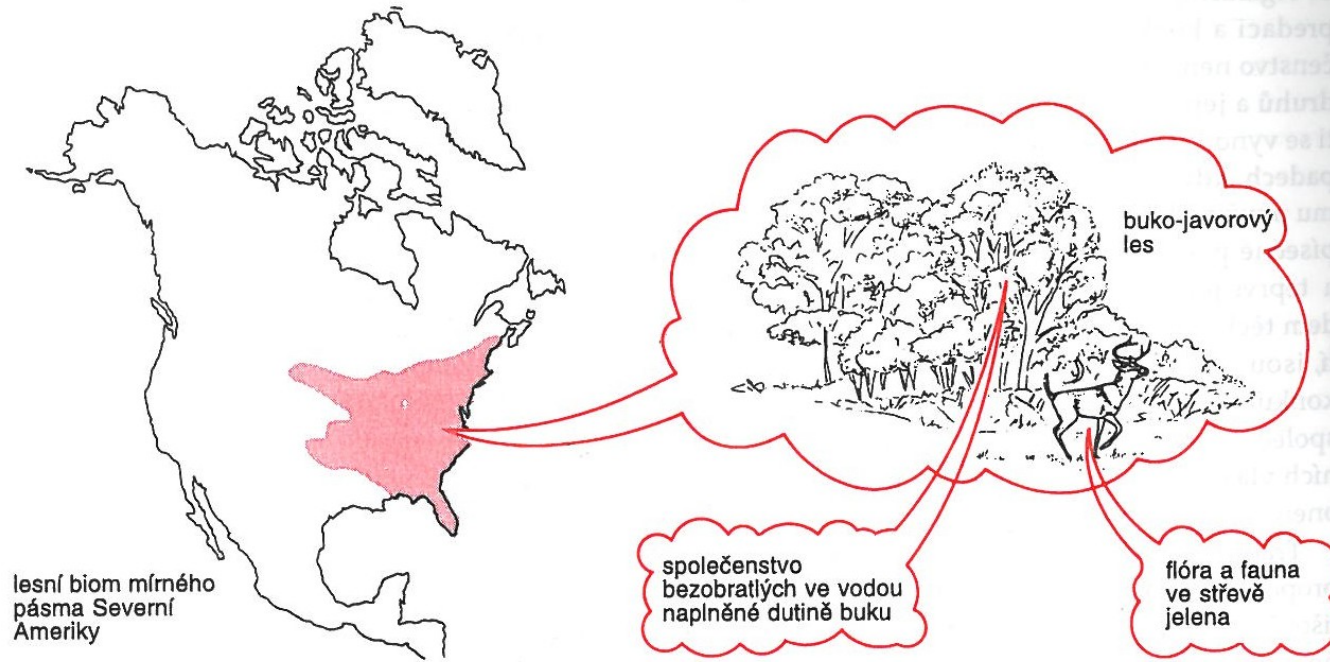


I společenstva však závisí na škále:

Společenstvo řas v mechu - společenstvo mechů - spol. rostlin -
společenstvo herbivorů - společenstvo střevních
mikroorganismů v žaludku herbivorů

I společenstva však závisí na škále:

Begon et al.



Obrázek 17.1. Hierarchii stanovišť můžeme určit tak, že vřazujeme jedno stanoviště do druhého: lesní biom mírného pásma v severní Americe; buko-javorový les v New Jersey; vodou zaplněné dutiny stromů nebo zažívací trakt savce. Ekolog si může vybrat ke studiu společenstvo na kterékoli z těchto úrovní.

Společenstvo vířníků na rašeliníku



Co je to společenstvo?

Společenstvo je souborem populací různých druhů, které se společně vyskytují v prostoru a čase. Předpokládá se, že jedinci a populace ve společenstvu jsou ovlivňovány prostředím, ovlivňují se navzájem a modifikují své vlastní prostředí. Proces utváření společenstev (například vztahy mezi druhy) se řídí tzv. sdružovacími pravidly (*assembly rules*).



Zatímco fungováním jednotlivců a jednodruhových populací se zabývají **ekofyziologie, autekologie, etologie** a **populační biologie**, fungováním společenstev a vztahem společenstev k prostředí se zabývá **synekologie**.

Společenstvo: cenóza (fytocenóza, zoocenóza, monocenóza, polycenóza, bryocenóza, taxocenóza, fytocenologie).



SPOLEČENSTVO

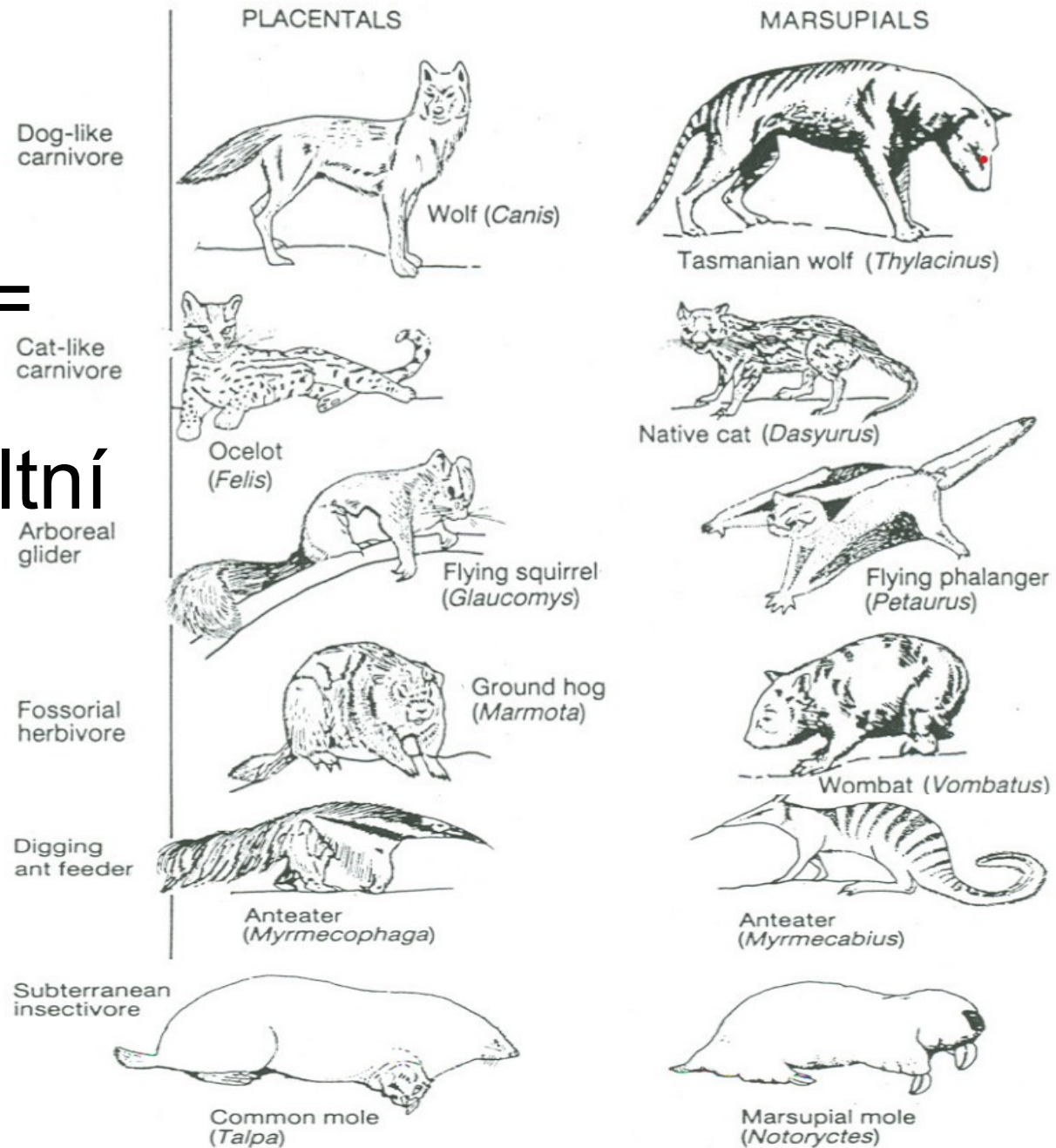
Společenstvo = je heterotypický soubor složený z populací různých druhů mikroorganismů, rostlin a živočichů, který je navzájem spjat složitými vztahy.

- **Každé společenstvo existuje ve reálném prostoru a čase a tvoří biologickou část nějakého ekosystému.**
- **Vlastnosti společenstva vyplývají z povahy interakcí mezi druhy, které jej vytvářejí (např. kompetice, predace, parazitismus, mutualismus).**
- **Na druhé straně budou vlastnosti společenstva záviset na diversitě a distribuci druhů, potravních sítích, toku energie a na interakcích mezi tzv. guildy podobných druhů.**

Podobné ekologické podmínky

Ekologické vikarianty =

= ekologicky ekvivalentní druhy



Interakce ve společenstvu

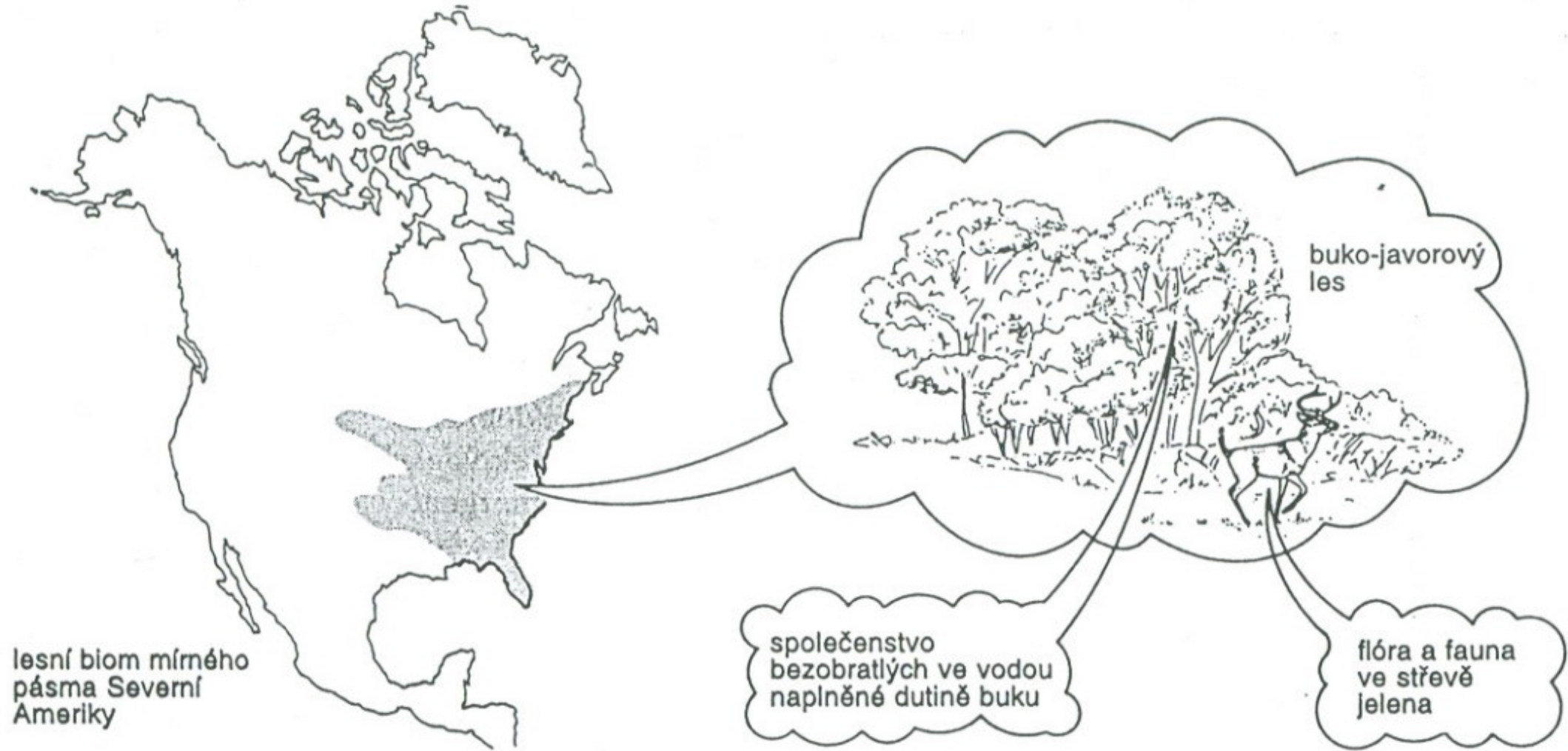


Přímé (*korelace*)

Nepřímé (*interrelace*)

Každá biocenóza je vázána na určitý biotop (cenotop) = abiotické prostředí biocenózy.

Různý prostorový rozsah společenstev



lesní biom mírného pásma Severní Ameriky

buko-javorový les

společenstvo bezobratlých ve vodou naplněné dutině buku

flóra a fauna ve střevě jelena

Biomy

Regiony

Lokality

Mikrohabitaty

Členění společenstev

Dílčí společenstva:

- producenti
- konzumenti
- reducenti

Umělé dělení bioceózy:

- Entomocenóza
- Ornitop~~ac~~enóza
- Ichtyocenóza
- Malakocenóza
- Parazitocenóza

Členění společenstev

Stratifikace společenstva: vertikální *versus* horizontální

Vertikální stratifikace ⇒ patra, etáže, biostrata ⇒ stratocenózy

Příklad: les = stratocenózy: korunové, kmenové, křovinné, bylinné, mechové, hrabankové aj. (viz. obr.)

Horizontální stratifikace ⇒ nehomogenita biotopu ⇒ biochoria, choriotop

Příklad: choriocenózy: mechové polštáře, hromady kamenů, ptačí hnízda, padlé rozkládající se stromy

Příklad: strom v lese = analogické členění = merotopy = merocenózy: (dutiny stromu, květy, listy, kořeny, kmen, plody)

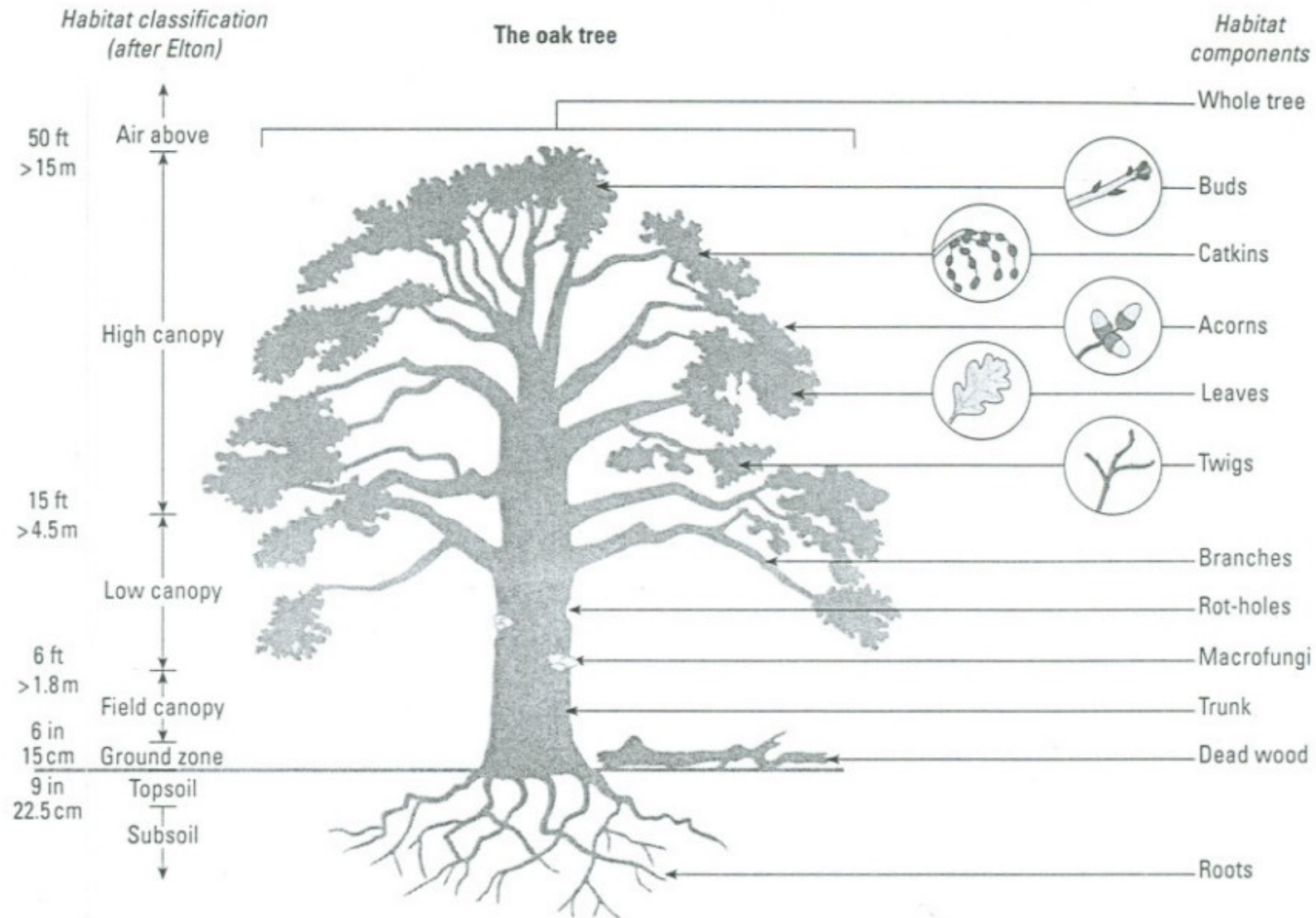
Příklad: Bionenotický konex = jeden strom až 1000 druhů hmyzu

Stratifikace společenstev

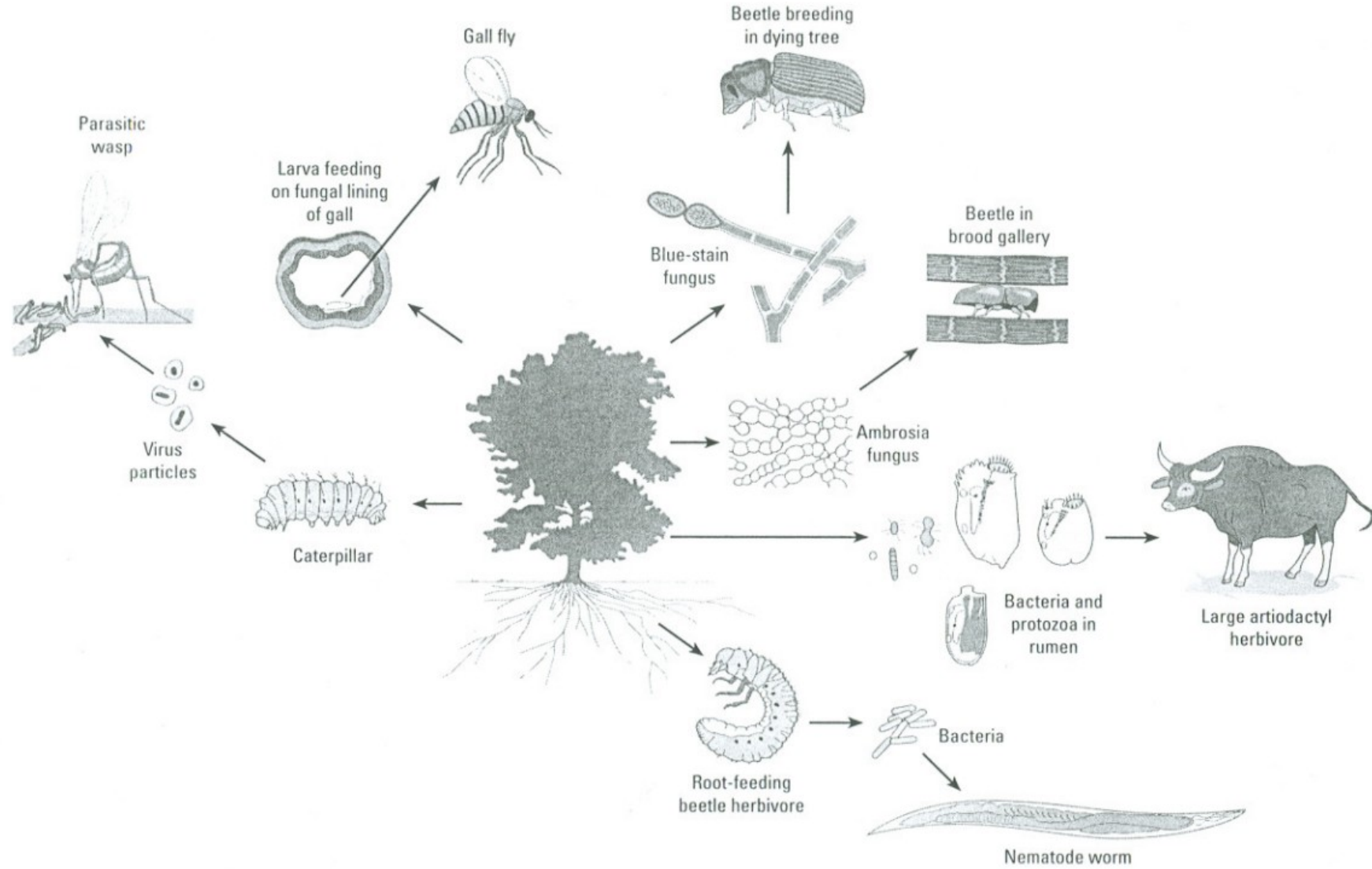
klasifikace habitatu

komponenty

habitatu



Vztahy mezi organismy ve společenstvu



Vlastnosti Biocenóz

1. Znaký četnostní – kvantitativní
2. Znaký skladebné – strukturální
3. vztahové

Hustota druhů = počet druhů zoocenózy na jednotku plochy nebo objemu.

Druhové spektrum (species richness) = soupis druhů zoocenózy

Minimální plocha (objem) = její velikost určíme na základě série odběrů (čtvercových nebo krychlových).

1. znaký četnostní = kvantitativní

- hustota druhů
- abundance (biomasa)
- dominance
- produkce

2. znaký skladebné = strukturální

- presence a absence
- frekvence
- konstance
- faunistická podobnost
- diversita a ekvitabilita

3. znaký vztahové

- fidelita
- koordinace

Znaky četnosti - kvantitativní

A b u n d a n c e

Abundance = počet všech jedinců ve společenstvu, bez ohledu na druhovou příslušnost, vztažených na jednotku plochy nebo objemu.

Přesnost závisí na reprezentativnosti ploch.

Zásada: Větší počet menších vzorků dává lepší výsledek, než menší počet větších vzorků !

Relativní abundanci vyjadřujeme podle různých stupnic odhadu:

- 0 = nepřítomen
- 1 = vzácný
- 2 = chudý
- 3 = početný
- 4 = velmi početný
- 5 = masově početný

B I O M A S A

Biomasa = hmotnost všech jedinců v biocenóze v určitém okamžiku (na jednotku plochy nebo objemu).

Biomasa = čerstvá, fixovaná, v sušině, v proteinech, v biogenních prvcích – C, N)

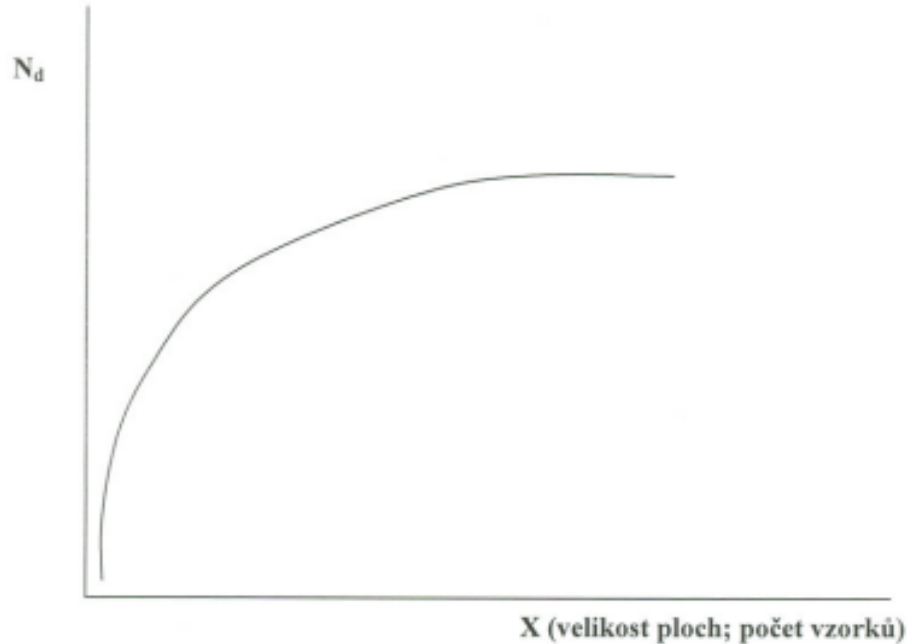
Průměrná hodnota energie vázaná na 1g hmotnosti těla = 22 599 J (5,4 kcal) v sušině

Různé způsoby stanovení:

- 1) obsah tuků, bílkovin a sacharidů
- 2) oxidace dvojchromanu
- 3) měření spalného tepla
- 4) přepočtem podle známých koeficientů

Křivky druhové četnosti

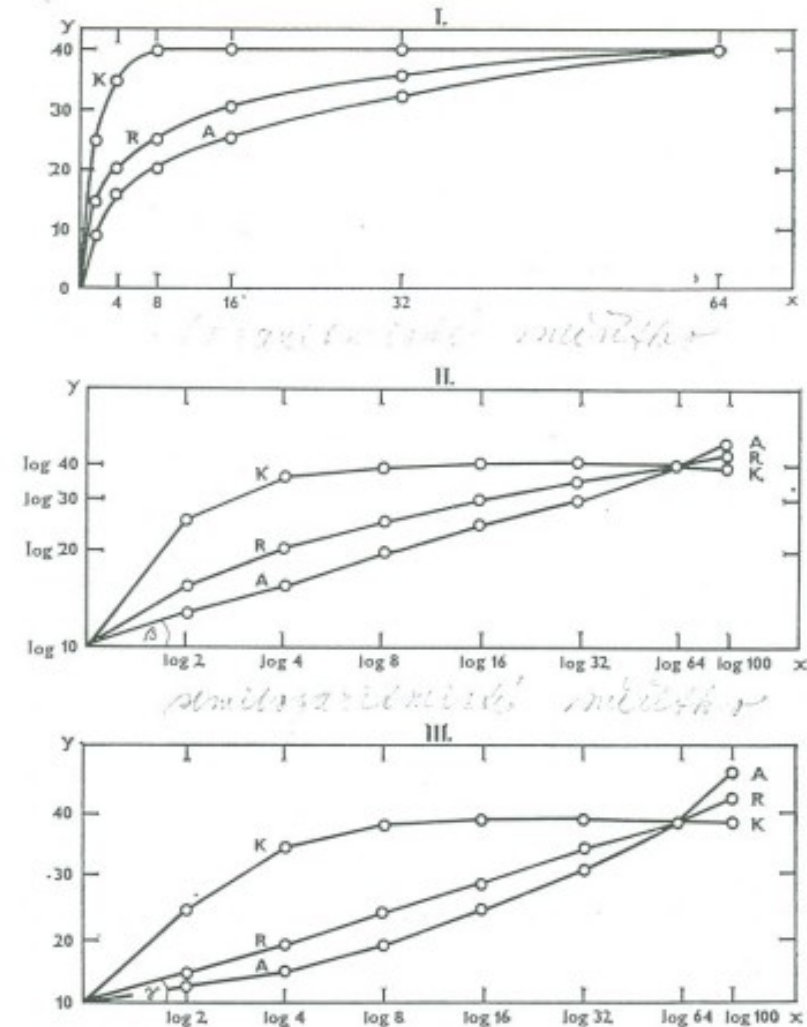
Křivka druhové četnosti



Různé typy křivek: normální, semilogaritmické a logaritmické měřítko

Společenstva: druhově velmi chudá
 chudá
 bohatá
 velmi bohatá

Největší význam mají druhy nejstálejší a tedy nejpočetnější !



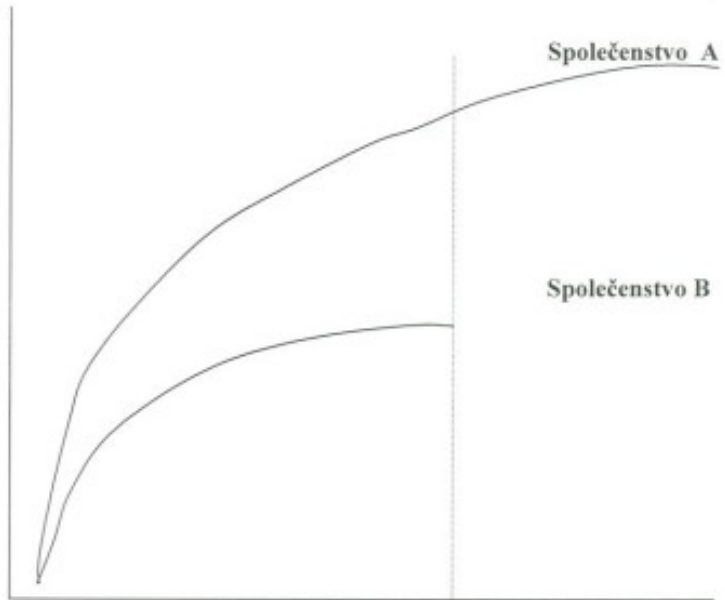
98. Křivky druhové četnosti v normálním (I), logaritmickém (II) a semilogaritmickém (III) měřítku; křivka Arrheniusova (A), Romellova (R) a Kylinova (K); podle FREYE Z BALOGHA

Výpočet rarefakce

Výpočet rarefakce
(rarefaction curve)

podle Hurlbert (1971) a Simberloff (1972)

S = počet druhů (species richness)



N = počet jedinců (sample size) Poznámka:

Výpočet rarefakční křivky umožňuje srovnání počtu druhů, tedy druhové bohatosti, ve vzorcích lišících se svou velikostí.

Tímto způsobem lze snadno eliminovat vliv způsobu vzorkování na výsledek studia species richness daného společenstva.

Výpočet rarefakce
(rarefaction curve)

$$E(S) = \sum_{i=1}^s \left\{ 1 - \frac{(N - N_i)}{N} \right\}$$

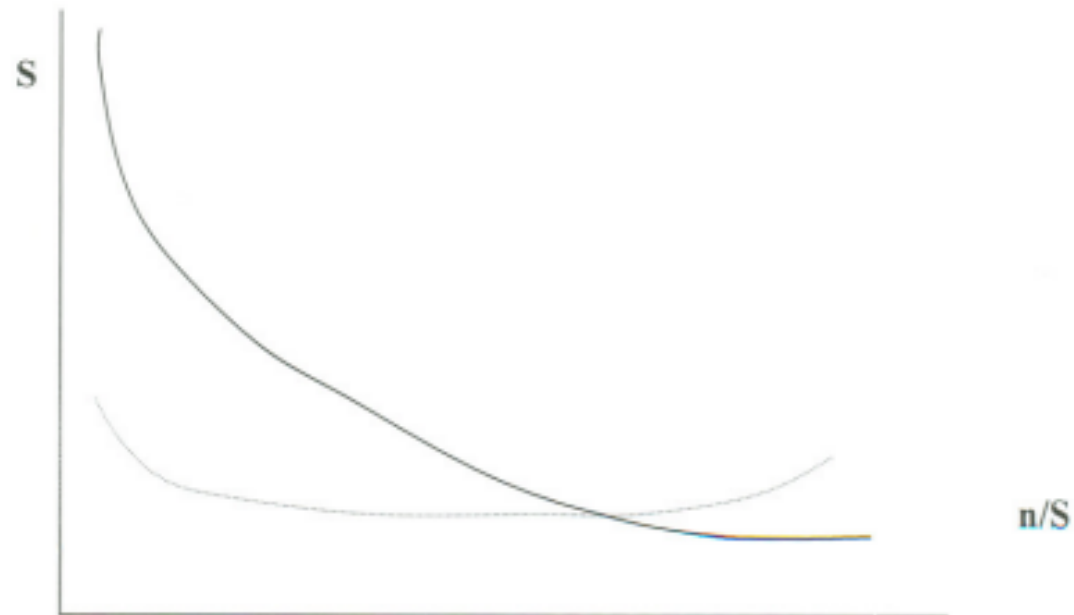
kde: E(S) = očekávaný počet druhů v rarefakčním vzorku
n = standartizovaná velikost vzorku
N = celkový počet jedinců ve vzorku
N_i = počet jedinců druhu i ve vzorku i-tého druhu

vztah $\frac{N!}{n!(N-n)!}$ je matematická kombinace, která se vypočte jako:

$$\frac{N!}{n!(N-n)!}$$

Vztah mezi počtem druhů (S) a počtem jedinců každého druhu (n/S)

Vztah mezi počtem druhů (S) a počtem jedinců každého druhu (n/S)

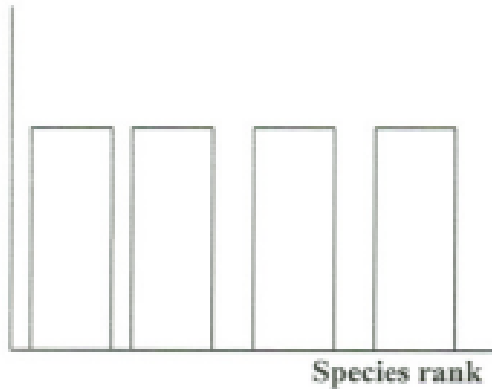


Dominance

DOMINANCE

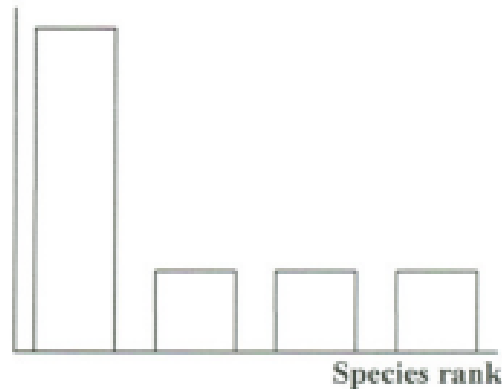
Dominance = procentuální složení biocenózy, často bez ohledu na velikost zkoumané plochy nebo objemu.

Abundance



Nízká dominance

Abundance



Vysoká dominance

Dominance se vypočte z tohoto vztahu:

$$D = \frac{n \cdot 100}{s} (\%)$$

n = počet jedinců určitého druhu

s = celkový počet jedinců biocenózy

Dominanci vyjadřuje ve třídách dominance:

hlavní neboli **dominantní druh:**

více než 10 %

doprovodný neboli **influentní druh:**

tvoří 5 až 10 %

přídavný neboli **akcesorický druh:**

méně než 5 %

Dominance

DOMINANCE

V současné době klasifikace 5 tříd dominance:

eudominantní druh	více než 10 %
dominantní druh	5 až 10 %
subdominantní druh	2 až 5 %
recedentní druh	1 až 2 %
subrecedentní druh	méně než 1 %

Dominanci počítáme obvykle z absolutních nebo relativních hodnot abundance.

Lze počítat také z biomasy, energie, produkce, nebo ji vyčíslit pro různé taxonomicky nebo ekologicky podobných druhů.

Hmotností dominance:

$$D = \frac{w_i}{w_s} \cdot 100$$

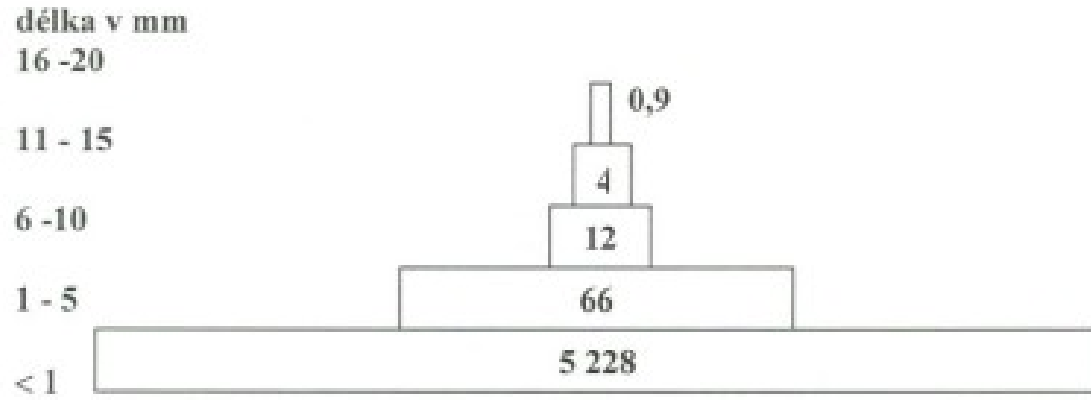
w_i = biomasa všech jedinců daného druhu i
 w_s = biomasa celé biocenózy

Hodnoty dominance početnosti a biomasy jsou k sobe nepřímo úměrné !

Drobné druhy jsou zastoupeny početněji než druhy větší. Tedy s přibývajícím velikostí těla klesá počet jedinců.

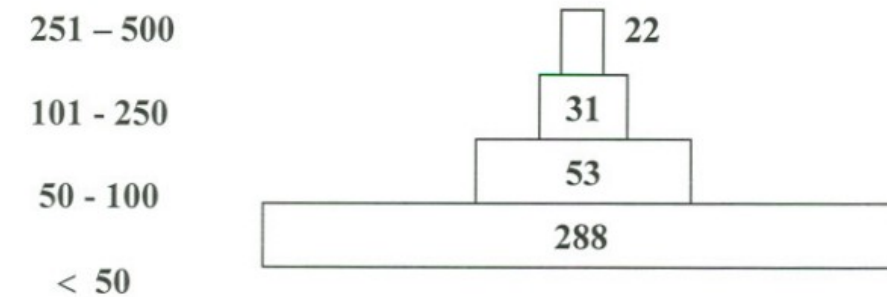
Eltonovy pyramidy - pyramidy biomasy

Početní pyramida velikostních skupin živočichů



Pyramida biomasy ornitocenózy v evropském buko-dubovém lese

hmotnost v g



Produkce

PRODUKCE

Produkce = stanoví se sečtením produkce všech jednotlivých populací.

Metody = produkční biologie

Znaky skladebné – strukturální

Prezence a absence

Slouží k vyjádření přítomnosti (+) a nepřítomnosti (-) druhu v biocenóze bez ohledu na hustotu, četnost nebo pravidelnost výskytu.

Druhová rozmanitost = species richness

Frekvence = četnost výskytu udává jak často se jednotlivé druhy vyskytují v sérii vzorků odebraných z jedné a téže lokality, tzn. jak se často podílejí na druhové struktuře celého společenstva.

Frekvenci počítáme ze vztahu:

$$F = \frac{n_i}{s} \cdot 100$$

kde: n_i = počet vzorků, v nichž se druh i vyskytuje
 s = počet všech odebraných vzorků

Dominantní druhy mají největší frekvenci. Frekvence má pozitivní vztah k abundanci. Závisí však na disperzi jedinců. Při rovnoměrné disperzi jedinců i malé vzorky poskytnou vysoký stupeň frekvence. Naopak při agregované disperzi je stupeň frekvence nízký a roste s velikostí odběrové plochy, případně objemu.

1. Prezence
2. Absence
3. Frekvence
4. Konstace
5. Faunistická podobnost
6. Biologická rozmanitost (biodiverzita)

Konstance

Konstance = vyjadřuje stálost druhového složení určitého typu biocenózy, ať regionálně nebo v závislosti na čase. Zjišťujeme ji tak, že buď z určité zoocenózy odebereme větší počet vzorků v různou dobu, anebo odebereme tyto vzorky ze stejného typu zoocenózy v měřítku regionálním. Zjistíme tak, jakou stálost mají jednotlivé druhy dané zoocenózy v různých místech svého rozšíření.

Konstanci počítáme ze vztahu:

$$K = \frac{n_i}{s} \cdot 100$$

kde: n_i = počet vzorků, v nichž se druh i vyskytuje
 s = počet všech odebraných vzorků

Třídy konstance:

I	druh vzácný	0 – 20 %
II	druh řídce se vyskytující	20 – 40 %
III	druh často se vyskytující	40 – 60 %
IV	druh převážně se vyskytující	60 – 80 %
V	druh téměř vždy přítomný	80 – 100 %

Synechologicky jsou významné druhy se stálostí větší než 50 %.

Faunistická podobnost - identita

Faunistická podobnost = identita

Vyjadřuje shodu druhového složení dvou nebo více srovnávaných zoocenóz.

Jaccardův index:

$$Ja = \frac{s}{s_1 + s_2 - s} \cdot 100$$

kde: s_1 = počet druhů jedné zoocenózy
 s_2 = počet druhů druhé zoocenózy
 s = počet společně se vyskytujících druhů v obou zoocenózách

Sörensenův index:

$$Sö = \frac{2 \cdot s \cdot 100}{s_1 + s_2}$$

Kulczyňského index:

$$Ku = \frac{s/s_1 + s/s_2}{s} \cdot 100$$

STRUKTURÁLNÍ ZNAKY ZOOCENÓZ

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:

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 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

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

Analýza diverzity – α diverzita

α diverzita

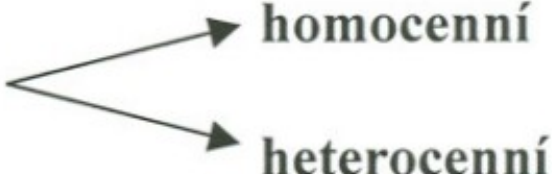
- 2 prístupy, založené empiricky (s biologickou interpretáciou) alebo matematicky

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

Vztahové znaky biocenóz Fidelita

VZTAHOVÉ ZNAKY ZOOCENÓZ

Fidelita = stupeň vázanosti nebo věrnosti druhů k určité zoocenóze.

Každé společenstvo má druhy: **vlastní** = indigenae  **homocenní**
heterocenní

spřízněné (*jsou i jinde*)

cizí = hospites (*potrava, úkryt, nocování*)

protahující = permigrantes (*v době tahu*)

zatoulanci = alieni (*zcela náhodně*)

Kategorie fidelity

Kategorie fidelity:

1. **Eucenní druh** = charakteristický (věrný, vlastní) stenoekní, stenotopní odlišuje zoocenózu od jiných společenstev
cenobiontní druhy = specifické adaptace a úzká valence na daný typ prostředí
cenofilní druhy = méně specializované druhy jsou i jinde
2. **Tychocenní druh** = většinou euryekní, eurytopní, bez těsného vztahu k nějaké zoocenóze
3. **Acenní druh** = nenáročný, všude jako ubikvist
4. **Xenocenní druh** = cizí, vyskytuje se v zoocenóze pouze náhodně

Příslušnost druhu vyjadřujeme koncovkami:

- **biont:** výrazně adaptovaný pro daný typ prostředí
- **fil:** méně přizpůsobený druh, žije v různých prostředích, ale preferuje jedno z nich
- **xen:** cizí druh, nepřizpůsobený prostředí
- **fob:** náhodně zavlečený druh

Vztahové znaky biocenóz

Koordinace – cenologická afinita

Koordinace (cenologická afinita) = udává stupeň společného výskytu dvou nebo více druhů v zoocenóze.

Příčiny = mezidruhové vztahy

Vypočítáme ze vztahu:

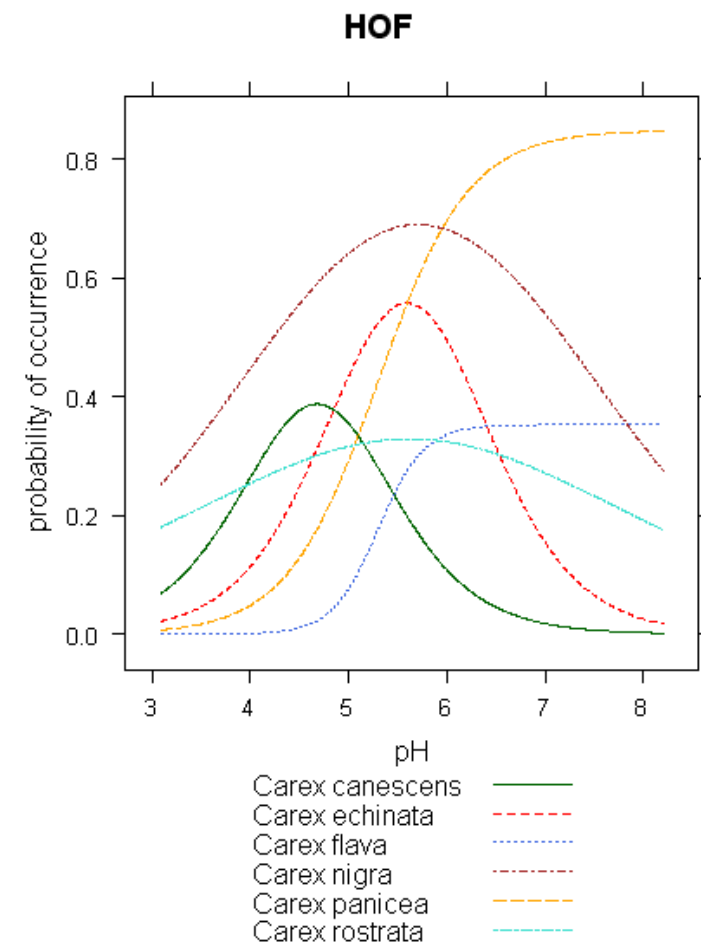
$$Ag = \frac{a \cdot 100}{s}$$

a = počet vzorků, v nichž se společně druhy vyskytují
s = celkový počet všech vzorků

Hranice společenstev kontinuita a diskontinuita společenstev

R. H. Whittaker – zakladatel gradientové analýzy

Kdy je společenstvo odděleno ostře a kdy postupně?
Má smysl klasifikovat společenstva v případě kontinua?



Hranice společenstev

Hranice společenstev

Soubory druhů jsou na určitém místě do značné míry předvídatelné, především díky jejich fyzickým vlastnostem.

Určitý druh se může vyskytovat na jednom místě v jednom předvídatelném spojení, na jiném místě se však může objevit i v některé jiné skupině druhů a za odlišným podmínk.

Nastává to zejména tehdy:

- 1) pokud toleranční meze jedinců zahrnují celou řadu faktorů
- 2) pokud mají různé druhy různá rozmezí tolerance
- 3) pokud se jedinci stejného druhu ekologicky liší
- 4) pokud se samy podmínky mění jako gradienty v prostoru

Ekotony a okrajový efekt v mozaikovitě krajině

- přirozená mozaikovitost a struktura ekotonů



lesostep expoziční



ostrý ekoton

suchá a mezická step



mass effect



zonální lesotundra

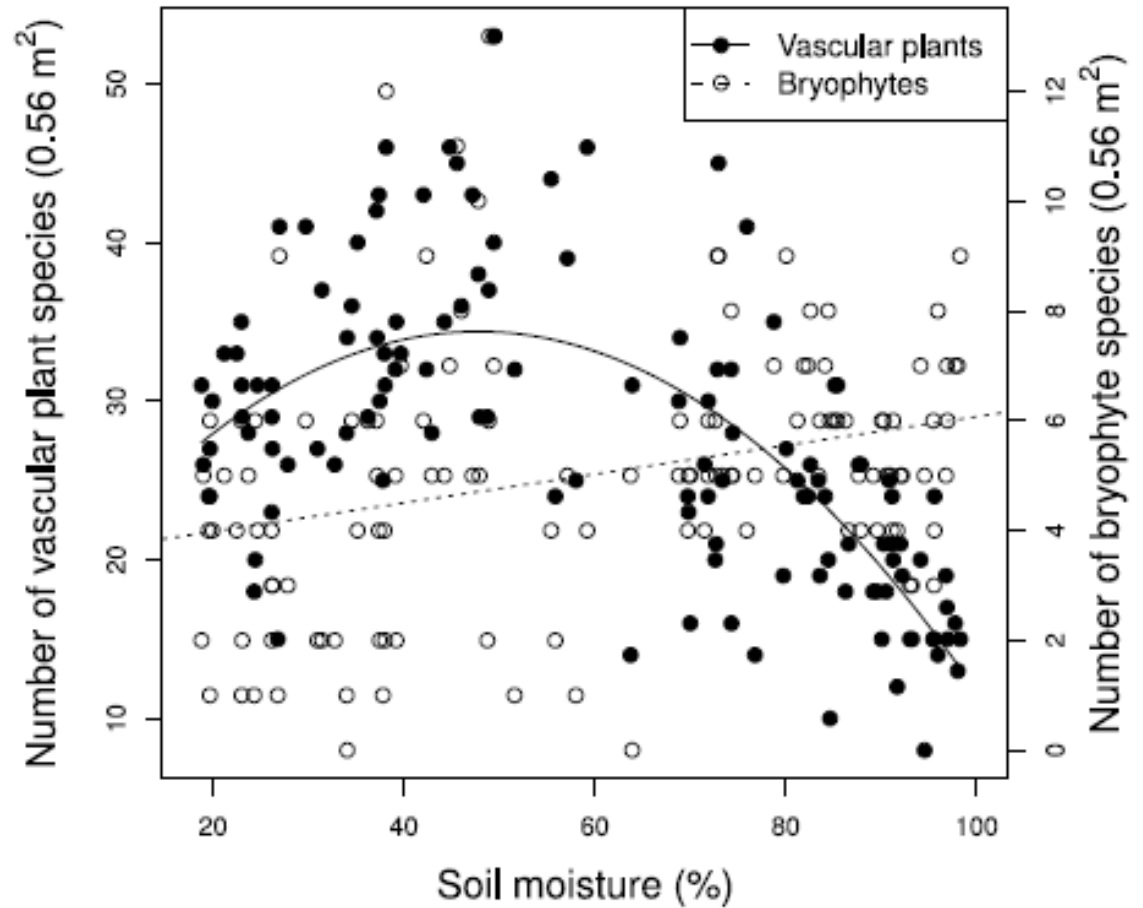


horská lesotundra



stepotundra

Jsou ekotony druhově bohatší, jak tvrdí ekologická teorie?



louka



slatiniště

- antropogenní mozaikovitost a struktura ekotonů v současné střední Evropě supluje přirozenou mozaikovitost na hranici biotů („kulturní lesostep“); váže se na ni velké druhové bohatost a výskyt vzácných („ekotonálních“) druhů



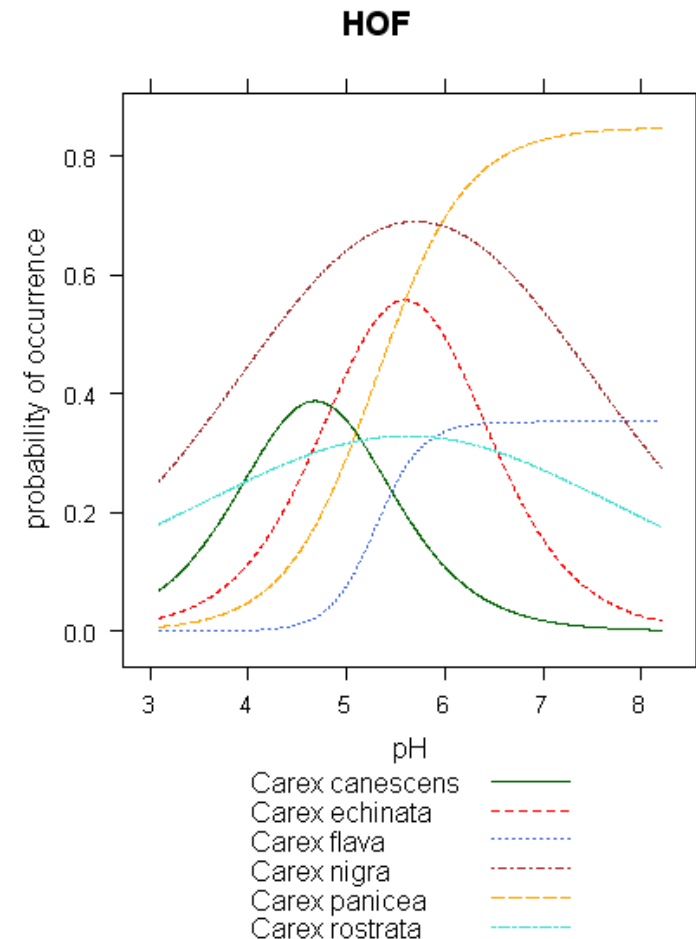
Gradienty prostředí

Rostlinná společenstva jsou v přírodě rozmístěna podél gradientů prostředí.
Co to znamená?

Hlavní gradienty prostředí:

- klima: úhrn teplot a srážek (potenciální evapotranspirace) – např. **biomy**
- půdní vlhkost (*hygrofyty* – *mezofyty* - *xerofyty*)
- půdní reakce (*acidofyty*– *neutrofyty* - *bazifyty*)
- přístupnost živin (gradient produktivity) ...atd....

Indexy podobnosti, indikační druhy, fidelita



← bazifyty

gradient pH a vápníku na rašeliništích

acidofyty

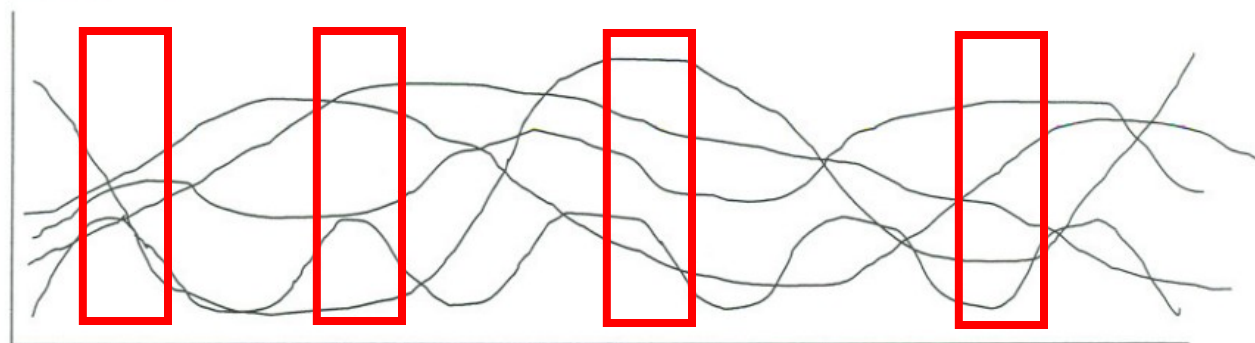


Gradientová analýza

Gradientová analýza

Každý druh má svou jedinečnou distribuci determinovanou gradienty environmentálních charakteristik, výsledkem je například rozšíření v určité zeměpisné šířce. Takto vymezený prostor však druh sdílí s celou řadou dalších druhů, přičemž hranice mezi jednotlivými druhy nejsou ostré, ale mění se velmi pozvolna. Totéž platí pro hranice společenstev.

Abundance druhů



Gradient prostředí

Sukcese – změny biodiverzity v reálném čase

Změny biodiverzity v reálném čase

Tak jako se mění důležitost druhů v prostoru, mění se také jejich struktura v čase.

Druh se na lokalitě vyskytuje za těchto okolností:

- 1) lokalita je pro něj dostupná
- 2) na lokalitě jsou vhodné podmínky a zdroje
- 3) lokalitu předem neučiní neobyvatelnou konkurenti a predátoři

Sukcese = nesezónní, směrované a spojitý proces kolonizace a zániku populací jednotlivých druhů v určitém místě.

Sukcese: Degradační
 Alogenní
 Autogenní

Degradační sukcese = proces rozkladu organické hmoty. Tento typ sukcese končí tím, že zdroj je zcela zmetabolizován, zmineralizován a rozložen.
Je to sukcese na rozložitelném zdroji !

Příklady: mrtvá těla rostlin a živočichů, svlečená kůže hada, fekálie,

Jsou zde čistě heterogenní procesy = heterogenní sukcese.

Tento proces vede ke vzniku humusu.

Typy sukcese

Degradativní (heterotrofní): směřuje k degradaci (rozložení) substrátu, probíhá na malé škále (od jedné jehlice borovice po uhynulé větší zvíře) a účastní se jí zejména heterotrofní organismy (**heterotrofní sukcese**). Jedná se o sled společenstev rozkladačů na odumřelé organické hmotě.



Flemming et al. 2012: Insect succession on pig carrion in north-central Mississippi

Typy sukcese

Autogenní sukcese = sukcese druhů probíhající v čase a v určitém místě řízená procesy probíhajícími uvnitř společenstva

primární sukcese = na místech, která dosud neovlivňovalo žádné společenstvo

Příklad: po ustoupení ledovce, nově vytvořené písčité přesypy, proud lávy

sekundární sukcese = po odstranění vegetace, ale půda je zachována a obsahuje semena a spory

Příklad: v lese po chorobě stromů, po požáru, po těžbě dřeva, i uměle založené společenstvo = antropogenní cenózy = biocenoid, opuštěný sad, pole, louka

Alogenní sukcese = dočasná sukcese druhů na lokalitě navozená vnějšími vlivy, které změnilly podmínky.

Příklad: přechod mezi slanou bažinou a lesním porostem zonace, vliv zanášení bahnem apod.

Možné mechanismy sukcesí:

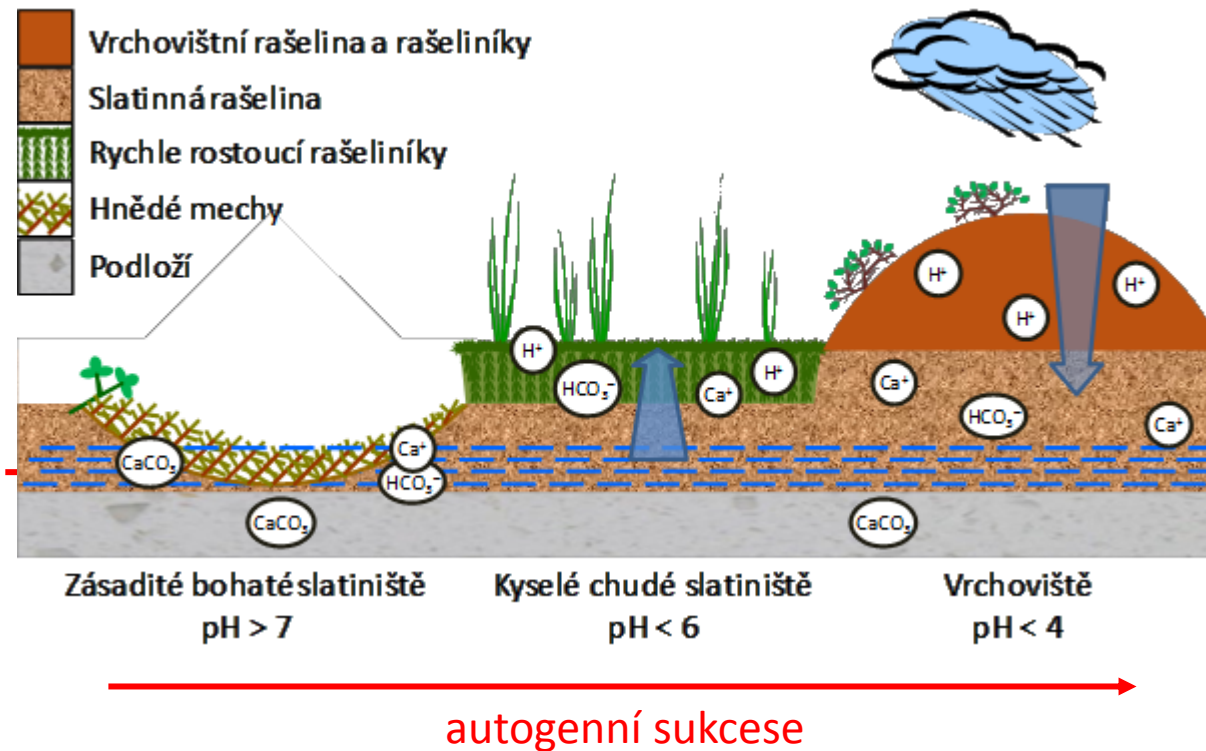
facilitace = raně sukcesní druh umožní imigraci nových druhů, připraví podmínky, stanoviště, zdroje

inhibice = tendence raně sukcesních druhů odolávat invazi pozdějších druhů

tolerance = situace, kdy modifikace prostředí sukcesně ranými druhy má jen malý nebo nulový účinek na následný úspěch pozdě sukcesních druhů

Autogenní sukcese

sukcese společenstev způsobená biologickými procesy probíhajícími uvnitř ekosystému. Příklady: zazemňování vodních nádrží, akumulace rašeliny a okyselování v rašeliništi, změny lesních společenstev přirozeným vývojem (akumulace opadu, změna světelných podmínek apod.).



© T. Hájek

Allogenní sukcese

Sukcese vyvolaná působením vnějších geofyzikálně-chemických sil (např. změna společenstva po naplavení sedimentu, sesuv, přeplavení vodou, lávový proud, polom)



Autor: © Mario Laporta / Reuters

[IPTC](#) Photo Metadata

Jiné dělení sukcese

Primární sukcese

začíná na zcela novém substrátu, bez přítomnosti semenné banky, podzemních orgánů rostlin apod. (např. na lávě, náplavu).



Sekundární sukcese

znovupokrytí disturbovaného stanoviště; diaspory přítomny (např. mýtina).



Mechanismy sukcese

Existují různé mechanismy (představy ekologů) o tom, jakými mechanismy sukcese probíhá:

- **facilitační model:** Raně sukcesní druhy upravují podmínky novým migrantům (**facilitace**). Např. druhy rodu *Dryas* fixují dusík.



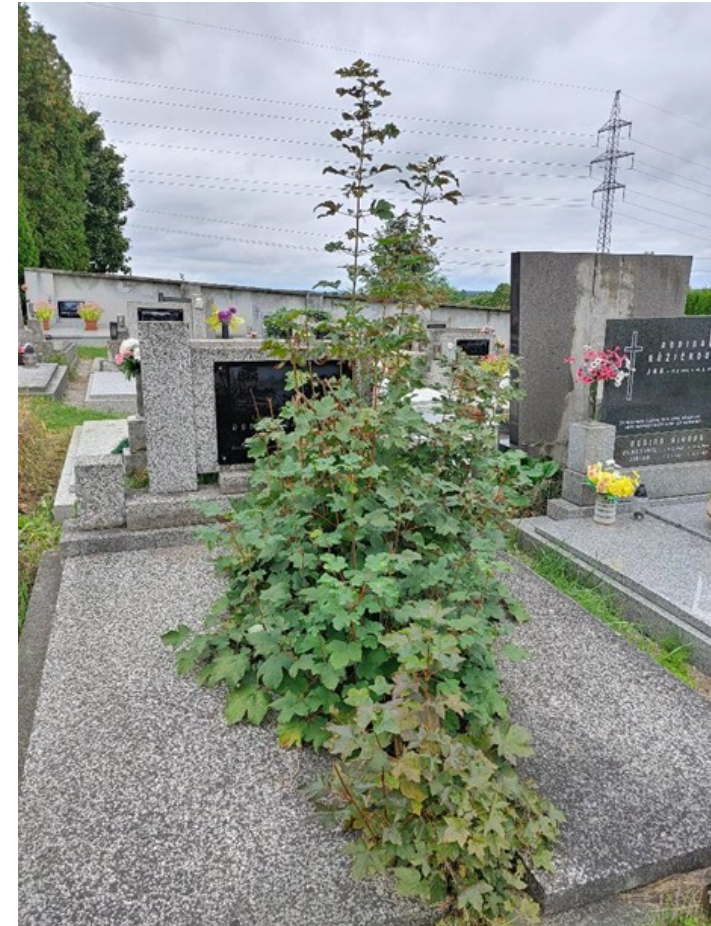
Mechanismy sukcese

- **inhibiční model:** první kolonizátor upraví prostředí tak, že zabrání výskytu dalších druhů (vyhrává ten kdo přijde první).



Mechanismy sukcese

- **model tolerance:** nahrazení druhů je způsobeno tím, že nastupující druh toleruje menší množství zdrojů než druh předcházející. Například při zarůstání živinami bohatých substrátů, kde se živiny postupně odčerpávají. Nebo když se druhu pozdně sukcesních stádií podaří kolonizovat iniciální stádium a vyčerpá živiny ještě než plně doroste.

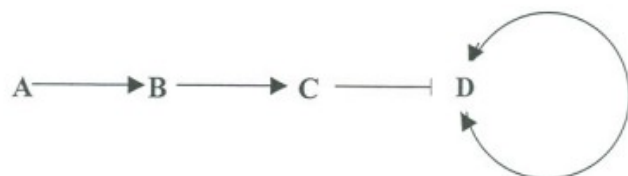


- **náhodná kolonizace**

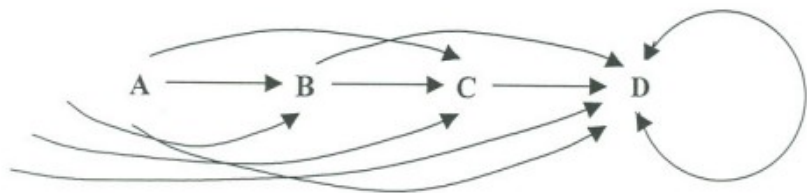
Modely mechanismů sukcese

Facilitace
Inhibice
Tolerance

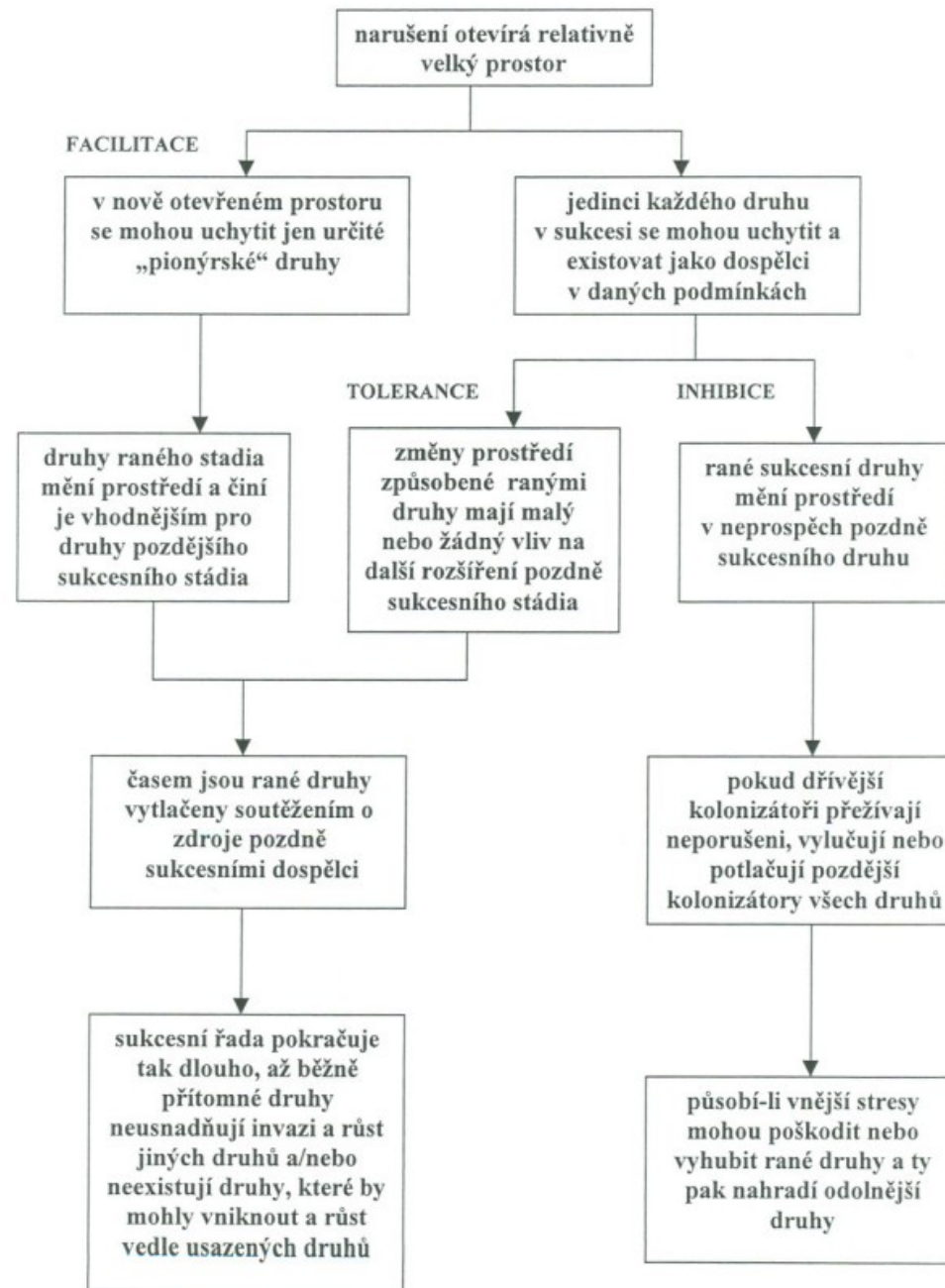
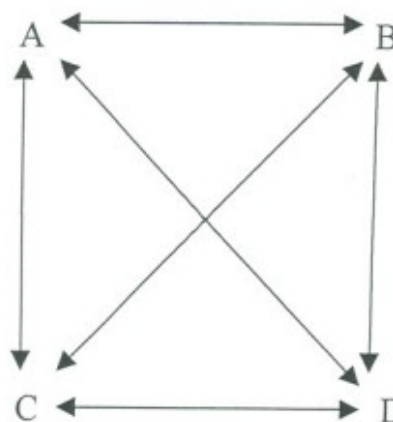
MODEL FACILITACE



MODEL TOLERANCE



MODEL INHIBICE



Strategie druhů v sukcesi

Lze rozlišit 2 základní strategie druhů v sukcesi související s populační ekologií druhu:

- **r-strategie.** Na dosud neobsazeném stanovišti se uplatní populace s vysokou hodnotou r (vnitřní rychlost růstu) v populační růstové rovnici – obsadí co nejrychleji volný prostor. Uplatňuje se v iniciálních stadiích sukcese
- **K-strategie.** Uplatňuje se v pokročilých stadiích sukcese. (K je horní asymptota růstové křivky, tzv. nosná kapacita prostředí). K-strategii mají populace selektované na „konkurenčnost“. Plně využívají nosné kapacity prostředí – jsou to vytrvalé rostliny s pomalou rychlostí růstu.

Toto členění druhů není 100%, existují přechody, proto hovoříme o r-K kontinuu.

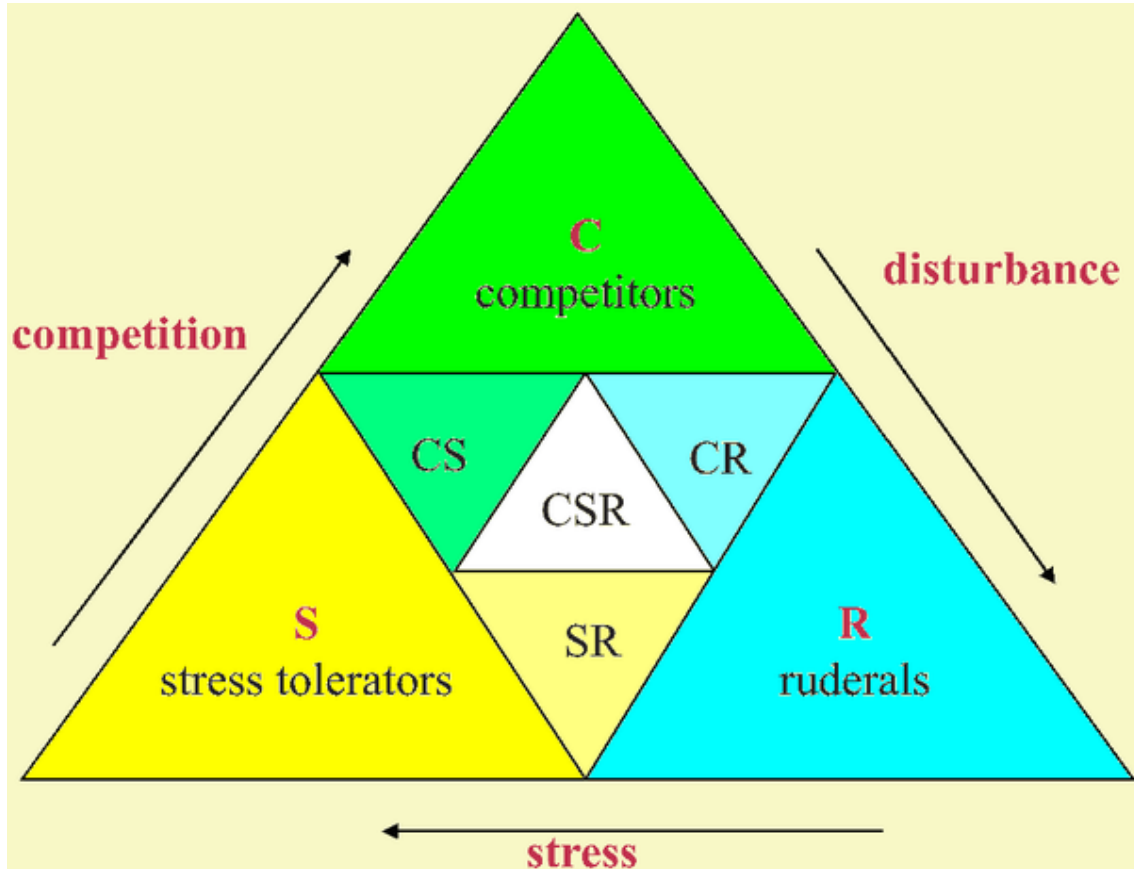
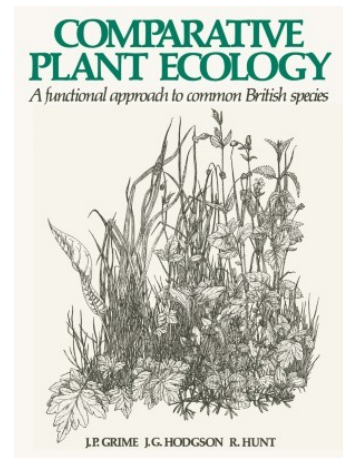


Vztah r-K kontinua ke Grimovým strategiím rostlin:

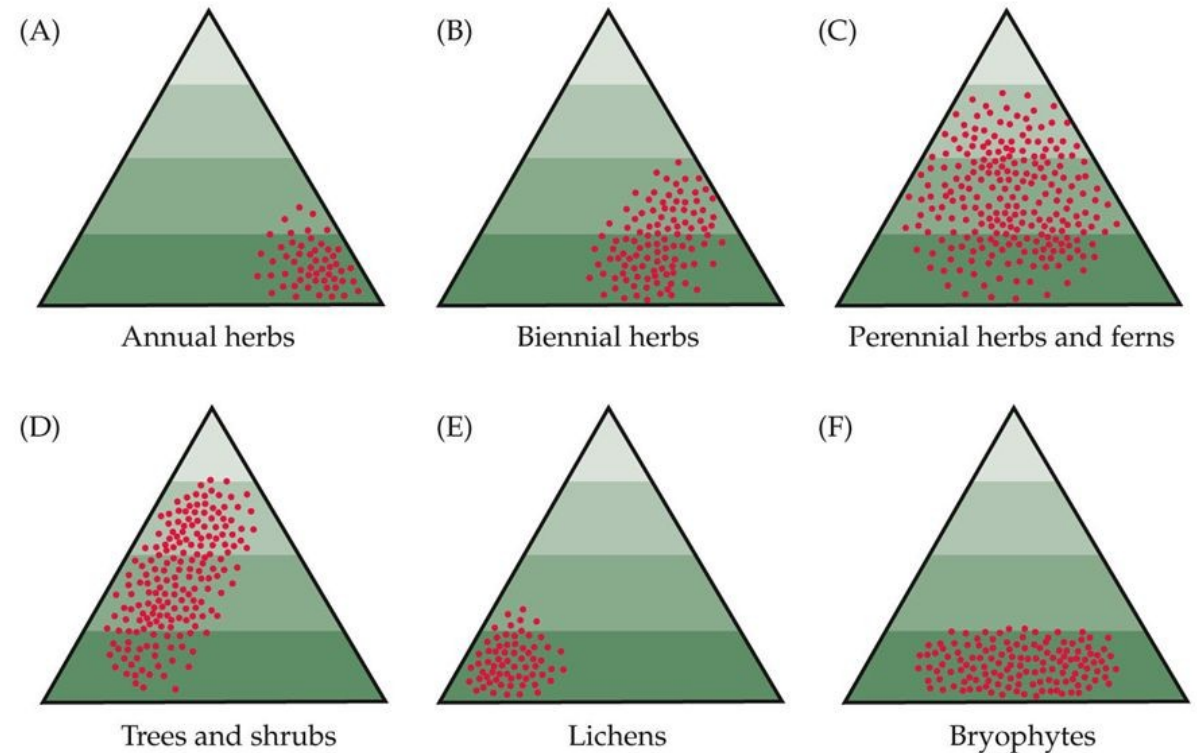
R strategové podle Grimea = r-strategové v sukcesi

C strategové podle Grimea = nejčastěji K-strategové v sukcesi

S strategové podle Grimea = K-strategové v sukcesi



8.8 Grime's characterizations of large groups of plants according to his C-S-R model



Klimax

Sukcesní stádia \Rightarrow sukcesní řada \Rightarrow Klimax

Klimax = předpokládaný konečný bod sukcesní řady; společenstvo, které dosáhlo stabilního stavu
je zde nejvíce mezidruhových vztahů = největší diverzita
je to homeostatický systém

V podmínkách střední Evropy = členitý terén = je zde několik typů klimaxových společenstev, jež se navzájem prolínají = tvoří zákonitý řetězec = **katéna**

Sukcesní série: 1) úplné = vznik klimaxu = lesní společenstva
2) částečné = vliv půdních podmínek = klimax nevzniká (suťový les)

Sukcese ve vodě = hydrosérie
Sukcese na souši = xerosérie

Klimaxová společenstva

- 1) klimatický klimax = rovnováha v podnebí
- 2) edafický klimax = podle půdních poměrů
- 3) antropogenní subklimax = vliv člověka – udržované společenstvo

klimaxová společenstva - makroklima – biogerion - biom:

Příklady: tundra, tajga, listnaté lesy mírného pásma, tropické deštné pralesy

Klimax

Sukcese směřuje od pionýrských společenstev k tzv. **klimaxu**. Klimax je stav, kdy je společenstvo již prakticky neměnné – případné sukcesní změny nejsme schopni po dlouhou dobu zaznamenat.

Takovýto stav může být podmíněn makroklimaticky (zonální biomy: tropický deštný les, opadavý les mírného pásma, tajga): **klimatický klimax**



..... nebo může být podmíněn půdními vlastnostmi: **edafický klimax** (sukcesní stadium blokováno nepříznivými půdními podmínkami).



Sukcesní stadium blokováno antropogenně ale edafickým klimaxem nenazýváme !



Cyklická sukcese

- Řízená interakcemi mezi různými skupinami organismů
- Řízená režimem disturbancí nebo populačními cykly herbivorů (rozpad tajgy)
- Řízená interakcemi mezi vegetací a abiotickými podmínkami (např. hladina vody - cyklický vývoj olšin)

B

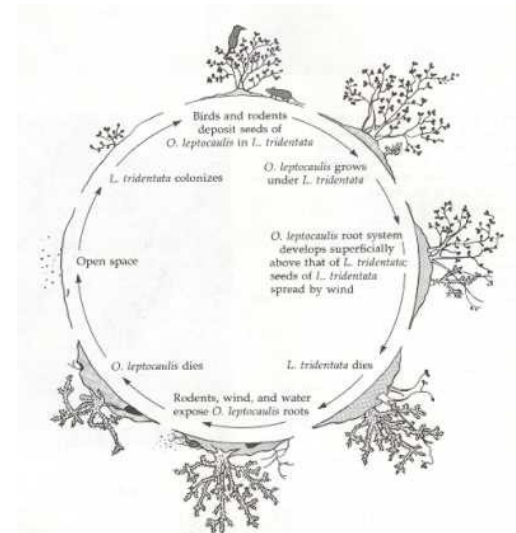
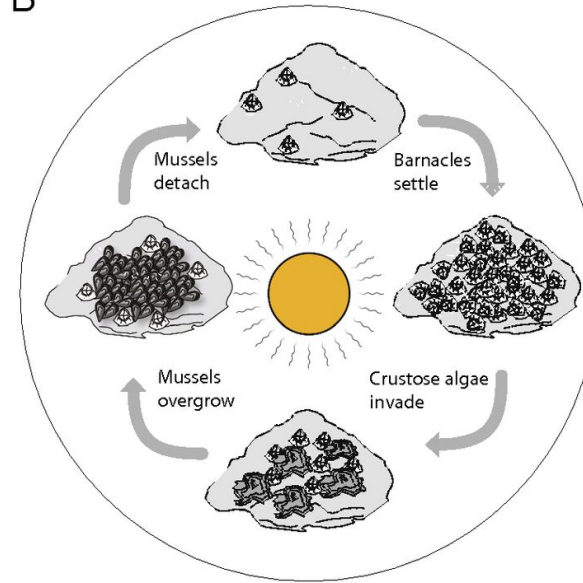


Figure 11-5 Cyclic succession in a desert scrub in Texas (*Opuntia leptocaulis* and *Larrea tridentata*). (From Yeaton 1978. By permission of the British Ecological Society.)



Periodicita

Druhy v biocenóze = cirkadiánní aktivity \Rightarrow sezónní výskyt \Rightarrow vliv na složení společenstva

Fenologie

- různá cirkadiánní aktivita = zabraňuje mezidruhové kompetici
- sezónní výskyt = sezónní periodicita zoocenóz

mírné pásmo = teplota = roční cyklus

tropické pásmo = srážky, vlhkost

vodní prostředí = teplota, salinita

Podle sezónnosti výskytu: **stenochromní** versus **eurychromní**

Sezónní aspekty:

- | | | |
|----|----------------------------|----------------------|
| 1. | zimní = hiemální: | XI. – III. |
| 2. | předjarní = prevernální: | III. – IV. |
| 3. | jarní = vernální: | V. – VI. |
| 4. | letní = estivální: | pol.VI. – pol. VII. |
| 5. | pozdněletní = serotinální: | pol. VII. – pol. IX. |
| 6. | podzimní = autumnální: | IX. – X. |

Teorie jednoho klimaxu předpokládá, že všechna společenstva v jednom území směřují k jednomu klimaxu.

Teorie mnoha klimaxů předpokládá, že jedna makroklimatická oblast může zahrnovat více klimaxů podmíněných edaficky, přístupností živin, vlhkostí, požáry, herbivory apod.

„Teorie žádného klimaxu“ tvrdí, že klimax neexistuje, protože všechna společenstva se neustále vyvíjejí při fluktuujícím klimatu (glaciál-interglaciál) a při neustálé činnosti geofyzikálních pochodů. Příklad: naše „klimaxové“ lesy.

I relativně stabilní společenstva v sobě zahrnují plošky (*patches*) kde dochází k lokální disturbanci a k cyklickým změnám (např. tzv. **gapy** v „klimaxových“ lesích).



Teoreticky by sukcese měla směřovat k rovnovážnému stavu, kdy je vyrovnaný poměr produkce k respiraci, velká a stabilní druhová bohatost, uzavřený koloběh živin, velká stabilita a homoestáze (vnitřní symbióza), složitá struktura, složité potravní řetězce a úzká specializace nik.

Pojem nika (Niche) ve společenstvu



www.britainexpress.com



wikipedia.org



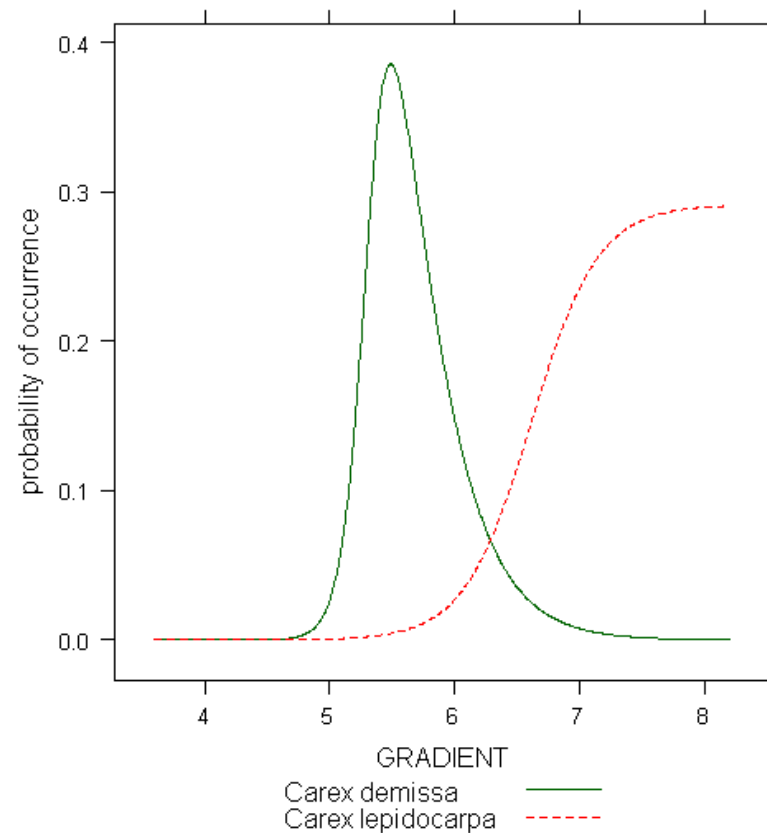
ghanatalksbusiness.com

Nika

Nika je místo druhu v prostředí. Je to jakýsi „výsek“ prostředí (část ekologických gradientů), který obývá jen jeden druh. Lze vyjádřit i číselně jako rozmezí hodnot ekologických faktorů, při nichž se druh vyskytuje. Dva druhy s absolutně identickou nikou by se konkurenčně vyloučily.

Nika **fundamentální** – zjištěna kultivací druhu v různých podmínkách (celkový potenciál druhu)

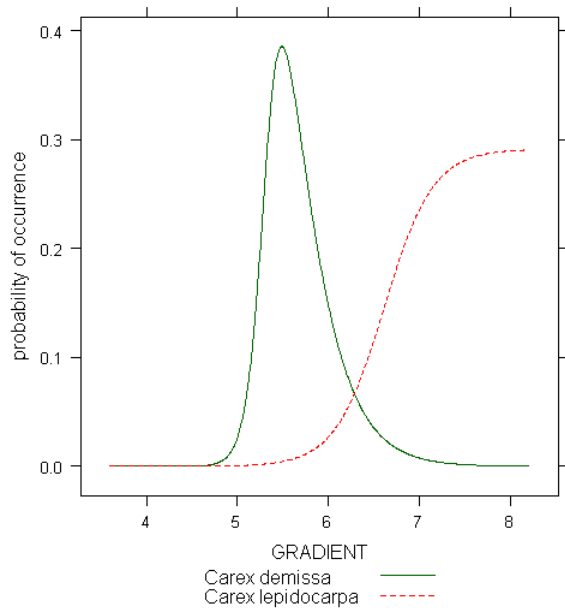
Nika **realizovaná** - zjištěna ve společenstvech (v přítomnosti konkurentů a predátorů).



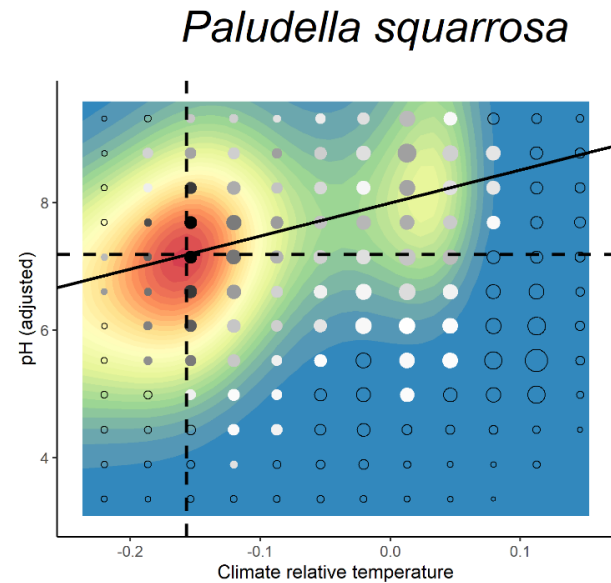


Nika je mnohorozměrná, umíme ji graficky vyjádřit maximálně trojrozměrně, zbytek je na naší představivosti.

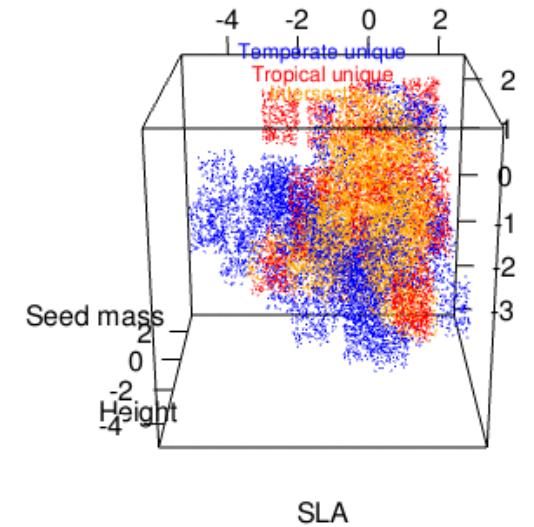
jednorozměrné vyjádření



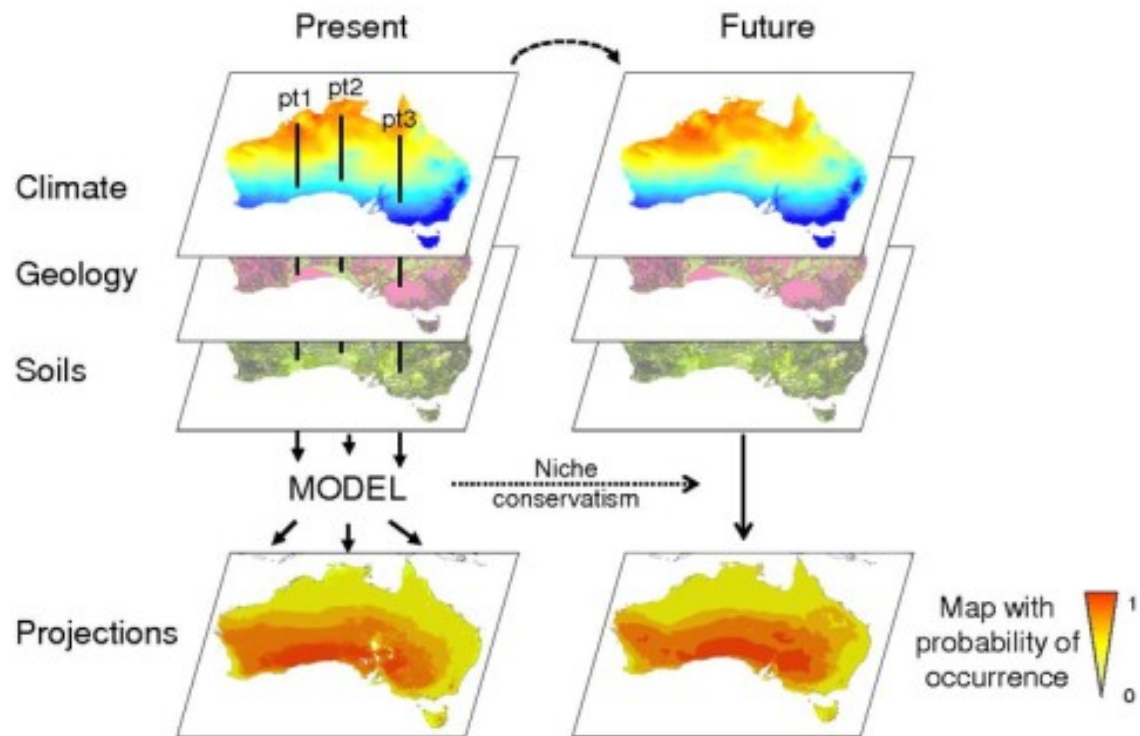
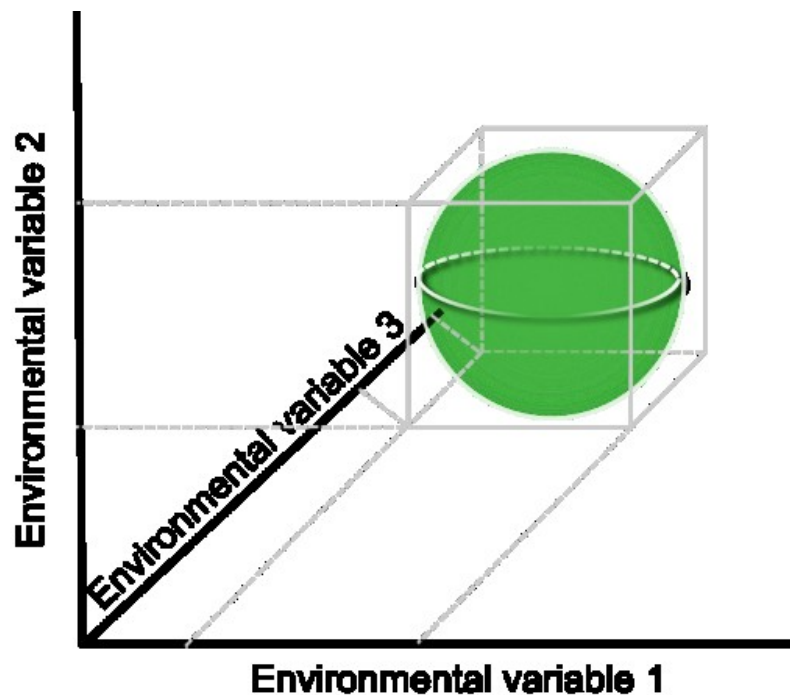
dvourozměrné vyjádření



trojrozměrné vyjádření



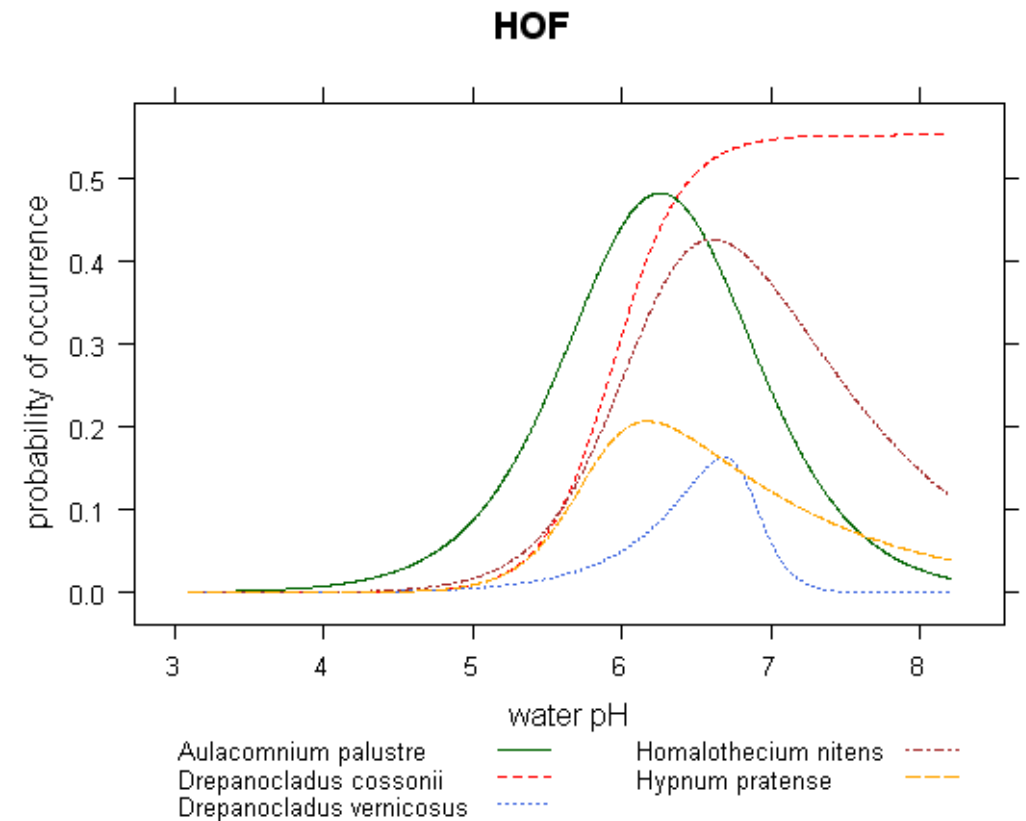
Matematicky ale můžeme modelovat ještě víc rozměrů niky. Například modely rozšíření druhů v geografickém modelování.



Diferenciace nik ve společenstvu

Z teorií populační biologie vyplývá, že pokud by existovali 2 druhy se stejnou nikou, kompetičně se vyloučí. Aby mohly druhy spolu ve společenstvu koexistovat, musejí mít diferencované (diverzifikované) niky. Pro příbuzné druhy byly skutečně nalezeny rozdíly ve vlastnostech prostředí, které osídlují.

Teorie limitující podobnosti říká, že existuje maximální možná míra podobnosti (ve využívání limitujících zdrojů) mezi druhy, která ještě umožňuje jejich koexistenci. Menší limitující podobnost – větší druhová diverzita ve společenstvech.



Druhy ve společenstvu se liší v nárocích na kvalitu zdrojů, jejichž zdrojem je zejména fyzické abiotické prostředí (vlhko, teplo, voda, živiny, vzduch), liší se v toleranci k různým stresujícím faktorům prostředí (extrémní pH, extrémní vodní režim, extrémní teploty), liší se ale i prostorem odkud zdroje čerpají (**prostorová nika** – různé prokořenění, různé růstové formy) nebo dobou kdy zdroje čerpají (**časová nika** – geofyty v listnatém lese).

prostorová nika

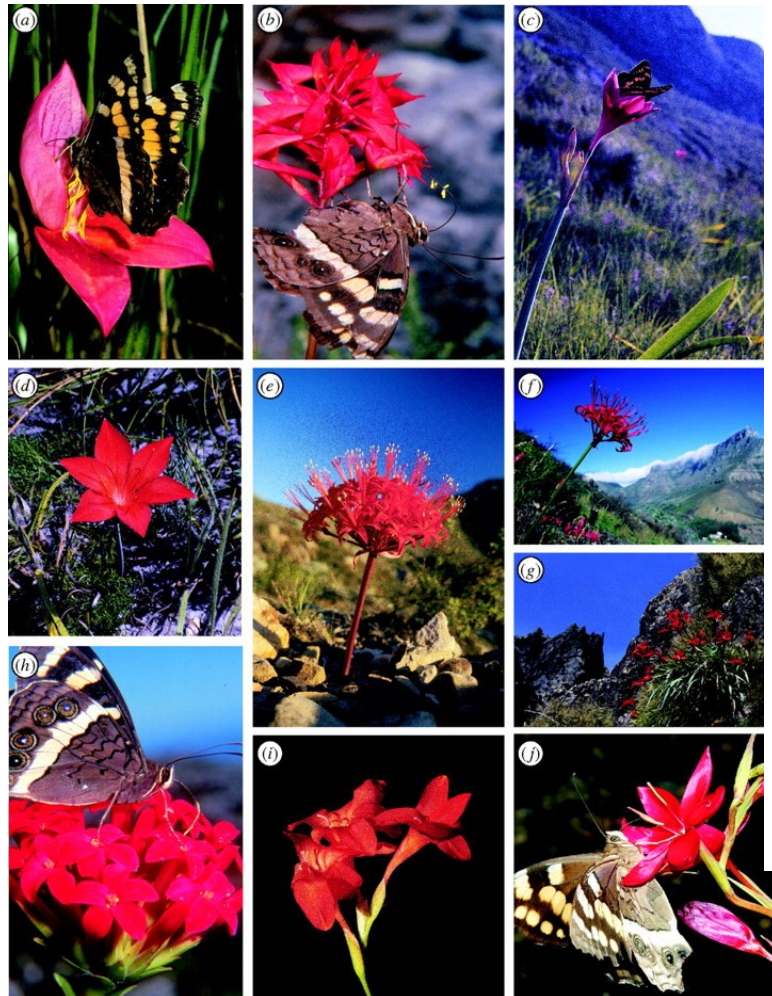


časová nika



Prostředím a speciální nikou pro živočichy mohou být např. rostliny – každý druh rostliny může představovat samostatnou niku – vysoká druhová bohatost hmyzu.

Skupiny druhů, které využívají stejné zdroje prostředí podobným způsobem, a mají jasně (byť jednoduše) diverzifikované niky, se nazývají gilda (**guild**, cech). Jde například o společenstva opylovačů, kteří se liší délkou sosáku.



Koncept alfa a beta niky

Alfa nika – vlastnosti druhu umožňující koexistenci (spoluvýskyt) v lokálních společenstvech

Beta nika - vlastnosti druhu umožňující výskyt druhu na širokých ekologických gradientech

Co vzniklo v evoluci dřív? Zdá se, že alfa nika.

alfa nika

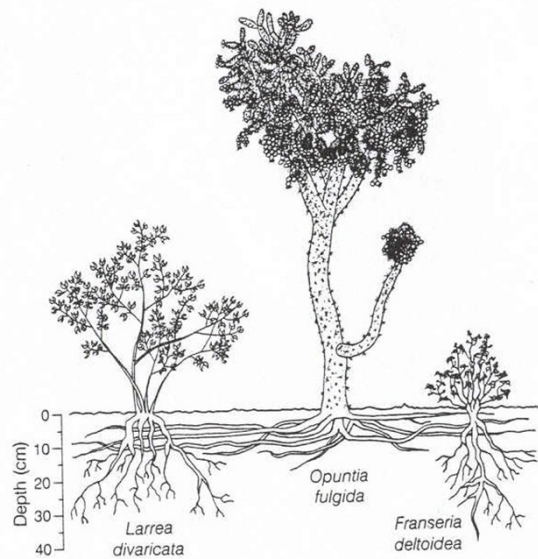
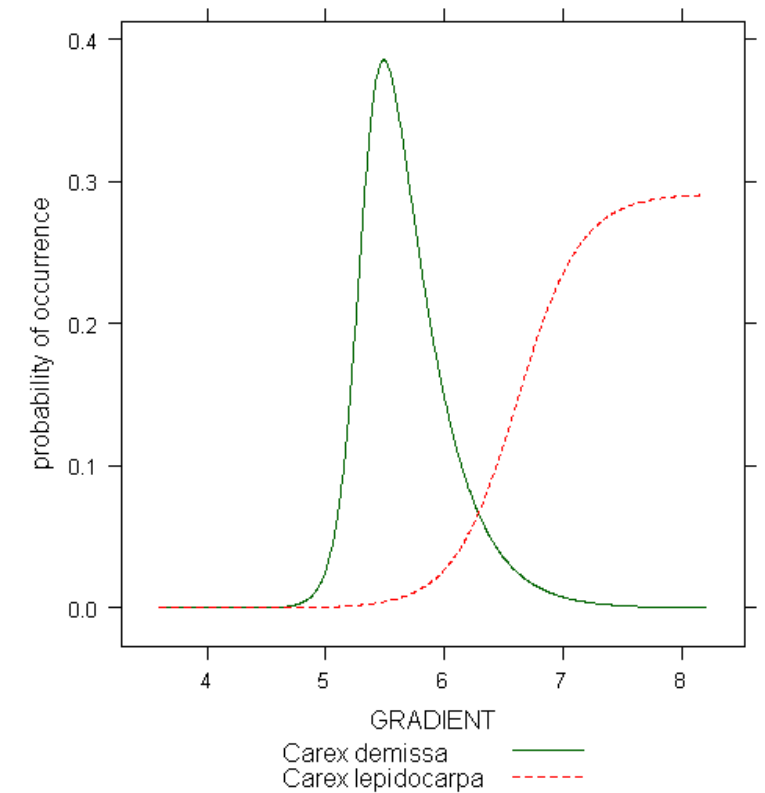


Figure 4.31 Vertical differentiation in the root systems of *Larrea tridentata*, *Franseria deltoidea* and *Opuntia fulgida*. (After Yeaton et al., 1977.) (Reproduced with permission from R. I. Yeaton, J. Travis and E. Gilinsky, Competition and spacing in plant communities: the Arizona upland association, *Journal of Ecology*, 1977, 65, 592.)

X

beta nika



Alfa nika a Raunkiærův systém životních forem rostlin (1934)

Fanerofyty (1) --- obnovovací meristémy více než 30 cm nad zemí (stromy, keře)

Chamaefyty (2,3) --- mají obnovovací pupeny na prýtech a nad povrchem půdy do 30 cm, v nepříznivém období jsou chráněny obaly a sněhem. Nízké a plazivé keříčky.

Hemikryptofyty (4) --- přízemní rostliny, mají obnovovací pupeny těsně při povrchu půdy.

Kryptofyty (5 – 9): --- obnovovací orgány pod povrchem (geofyty – v půdě, helofyty – v bahně, hydrofyty – pod vodou)

Terofyty --- jednoletky, nepříznivé období přetrvávají v semenech nebo ve výtrusech.

Epifyty --- rostoucí na jiných rostlinách



Vliv kompetice na strukturu společenstva

Konkurence (**kompetice**) se tedy projevuje v diferenciaci nik a tím i v diferenciaci morfologických a fyziologických vlastností druhů a jejich životních forem – vzniká charakteristická struktura společenstva.

Dominantní druhy (C-stratégové) jsou druhy s největší biomasou (pokryvností) nebo abundancí ve společenstvu.

Patrovitost rostlinného společenstva je výsledkem kompetice o nadzemní zdroje (světlo, prostor ...).

Rozmístění jedinců ve společenstvu (shlukovité, pravidelné) je dáno kompeticí o půdní zdroje.



**Ještě jednou o biologické diverzitě
?**

**Jak chápeme biologickou diverzitu
?**

Jak s ní v ekologii pracujeme ?

Jak měříme biodiverzitu ?

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.

Diverzita a druhová bohatost

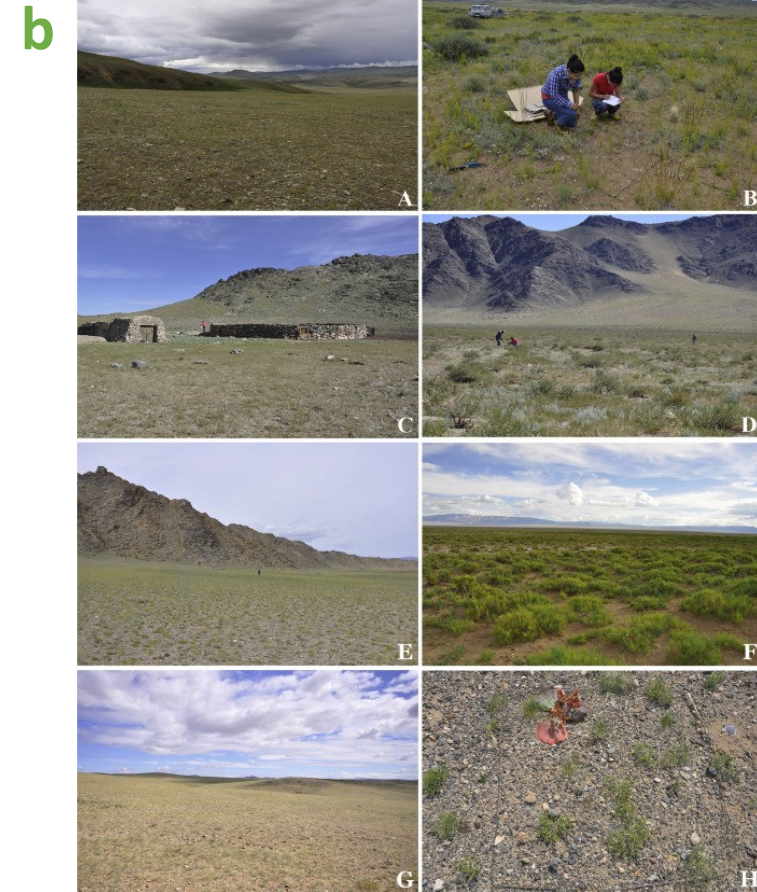
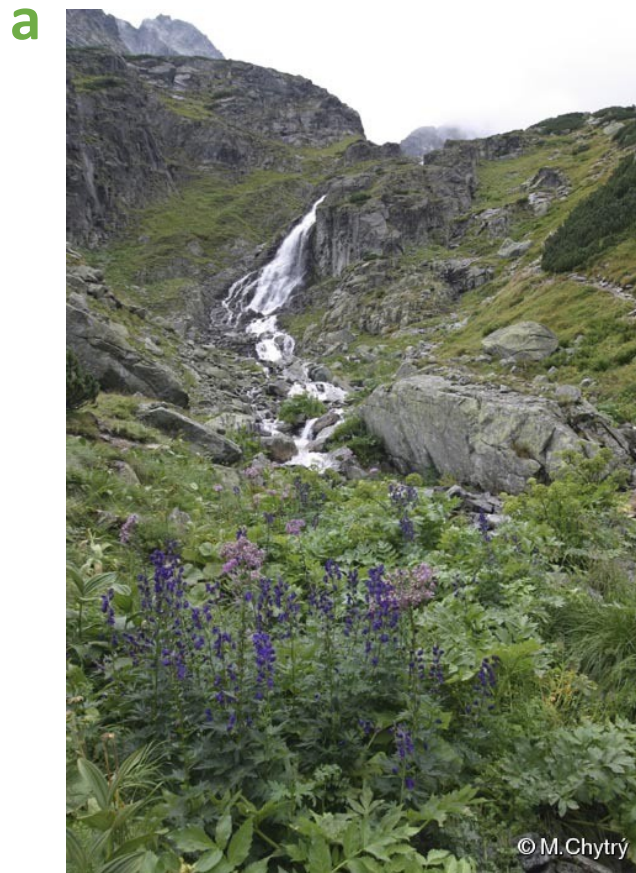
Druhová bohatost je počet druhů ve společenstvu

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 fytoocenologickém 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.

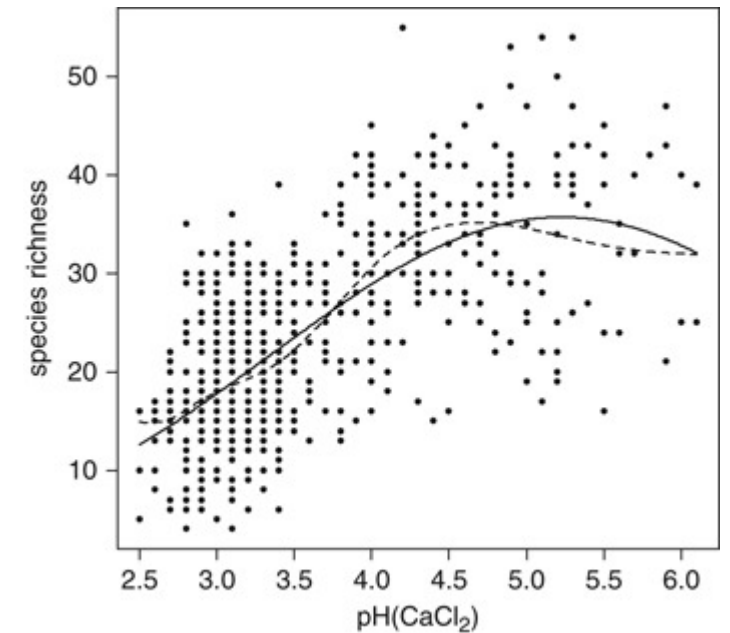
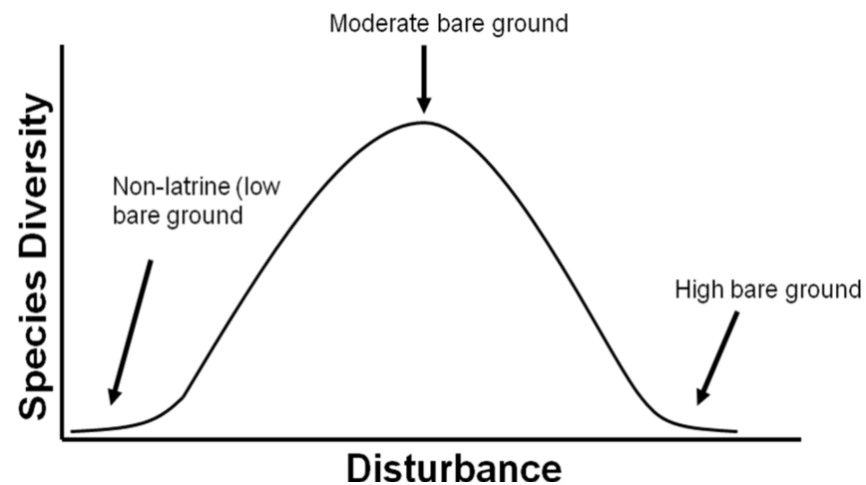
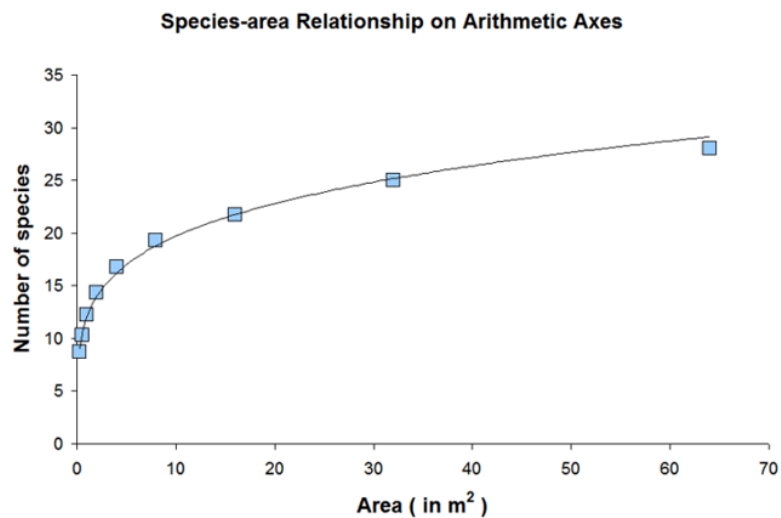


<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2287884X17300742>

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)



Jaké měříme rozmanitost - diverzity společenstva ?

Indexy diverzity (Magurran, 1983)

1. založené na počtu druhov, závislé na počtu druhov vo vzorku
2. založené na pomereu početnosti druhov (počet aj početnosť druhov)
3. Q štatistika – tvar krivky abundancie kumulatívneho počtu druhov

1. Indexy založené na počtu druhov

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 pomereu početnosti druhov

- 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

2. 2 Indexy dominancie

- najdôležitejší ukazateľ: početnosť najbežnejšieho druhu

2.2.1 SIMPSONOV INDEX (Simpson, 1949)

- silne závislý na najpočetnejšom druhu, menej citlivý k vzácnym druhom

$$E = 1-D$$

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

n_i – počet jedincov i -tého druhu

N – celkový počet jedincov

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

- nezávislý na počte druhov, ovplyvnený veľkosťou vzorku

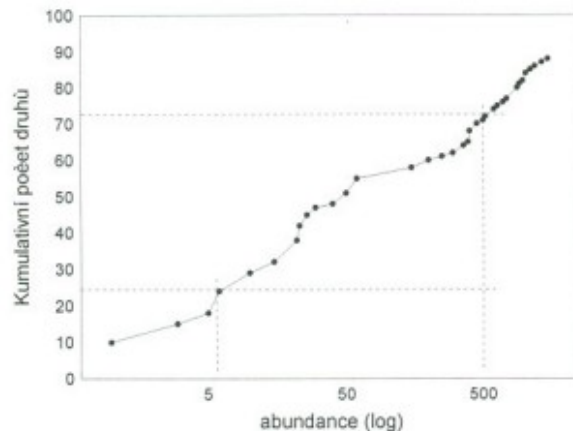
$$d = \frac{N_{\max}}{N}$$

N_{\max} - počet jedincov najpočetnejšieho druhu

N – celkový počet jedincov

Q statistika

- 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:

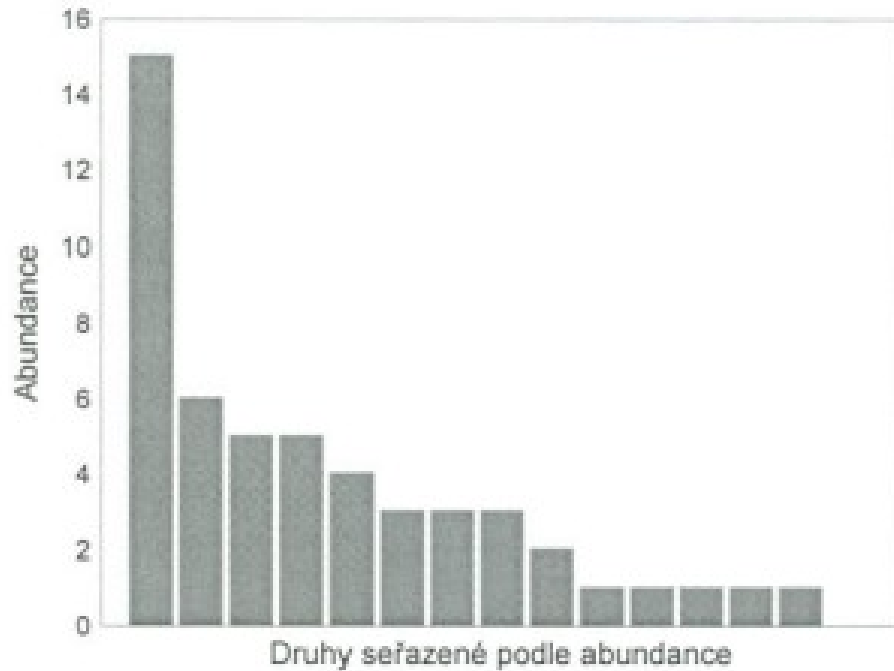
- χ^2 test dobrej zhody – pre veľké spoločenstvá
- Kolgomorov Smirnov test – menšia použiteľnosť, malé spoločenstvá,
- Hellingerova vzdialenosť $D_{ab}^2 = \sum [\sqrt{P_a(i)} - \sqrt{P_b(i)}]^2$ - kde $P_a(i)$ a $P_b(i)$ sú abundancie triedy i vo vzorku a (pozorovanie) a b (teória) (napr. u geometrickej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

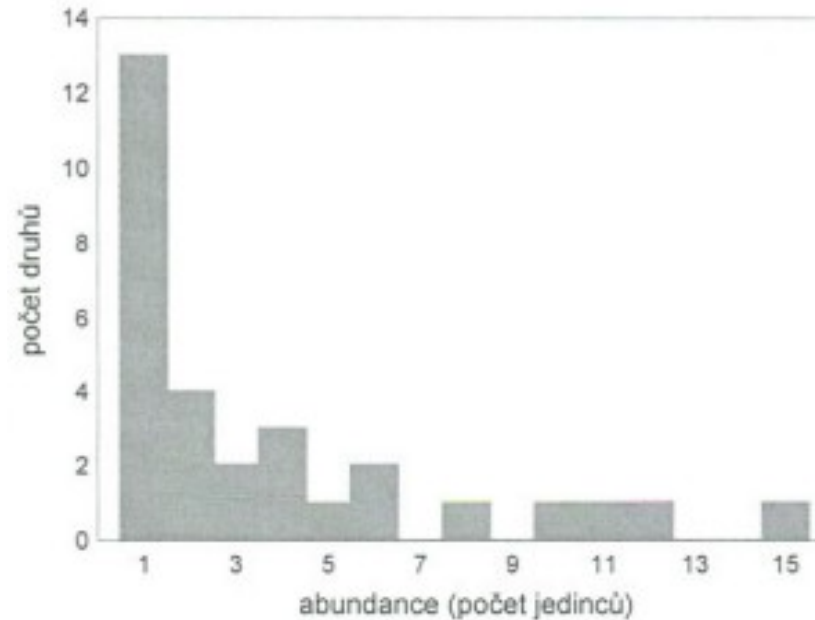
Rank abundance plot - řazení druhů podle četnosti

Rank abundance plot



Abundancia taxónov zoradená podľa ich početnosti

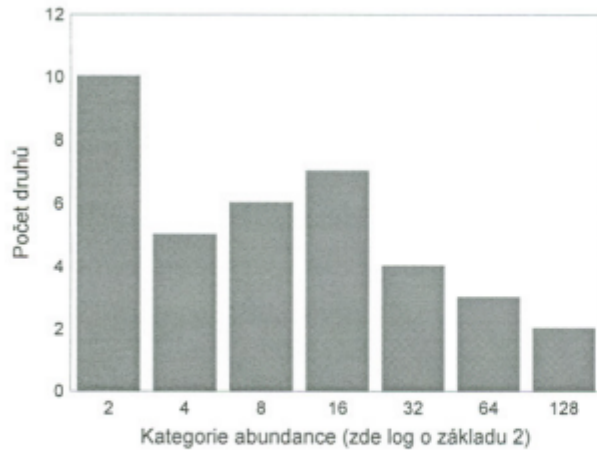
Graf abundancie druhov



Počet druhov príslušiacich danej hodnote abundancie

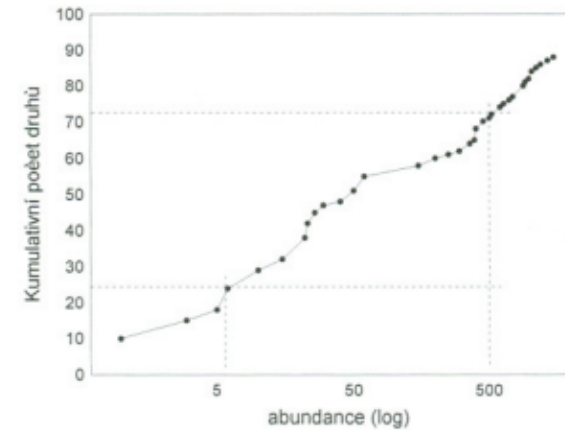
Abundance a kumulativní počet druhů

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

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

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

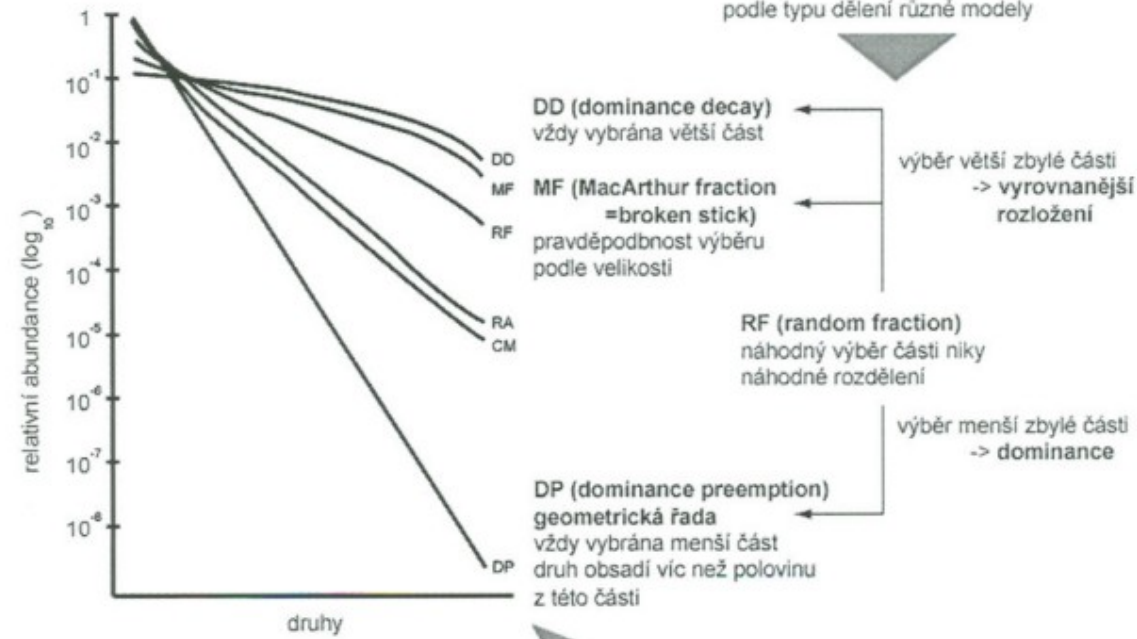
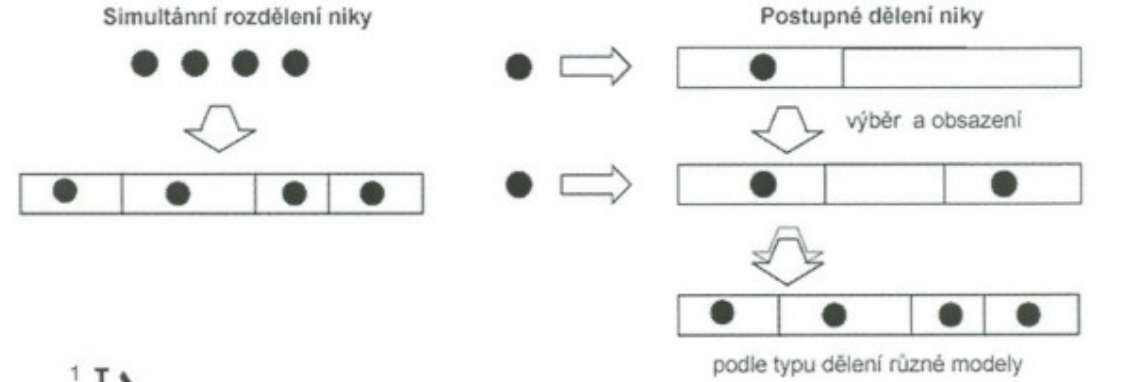
Markovove reťazce

- 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

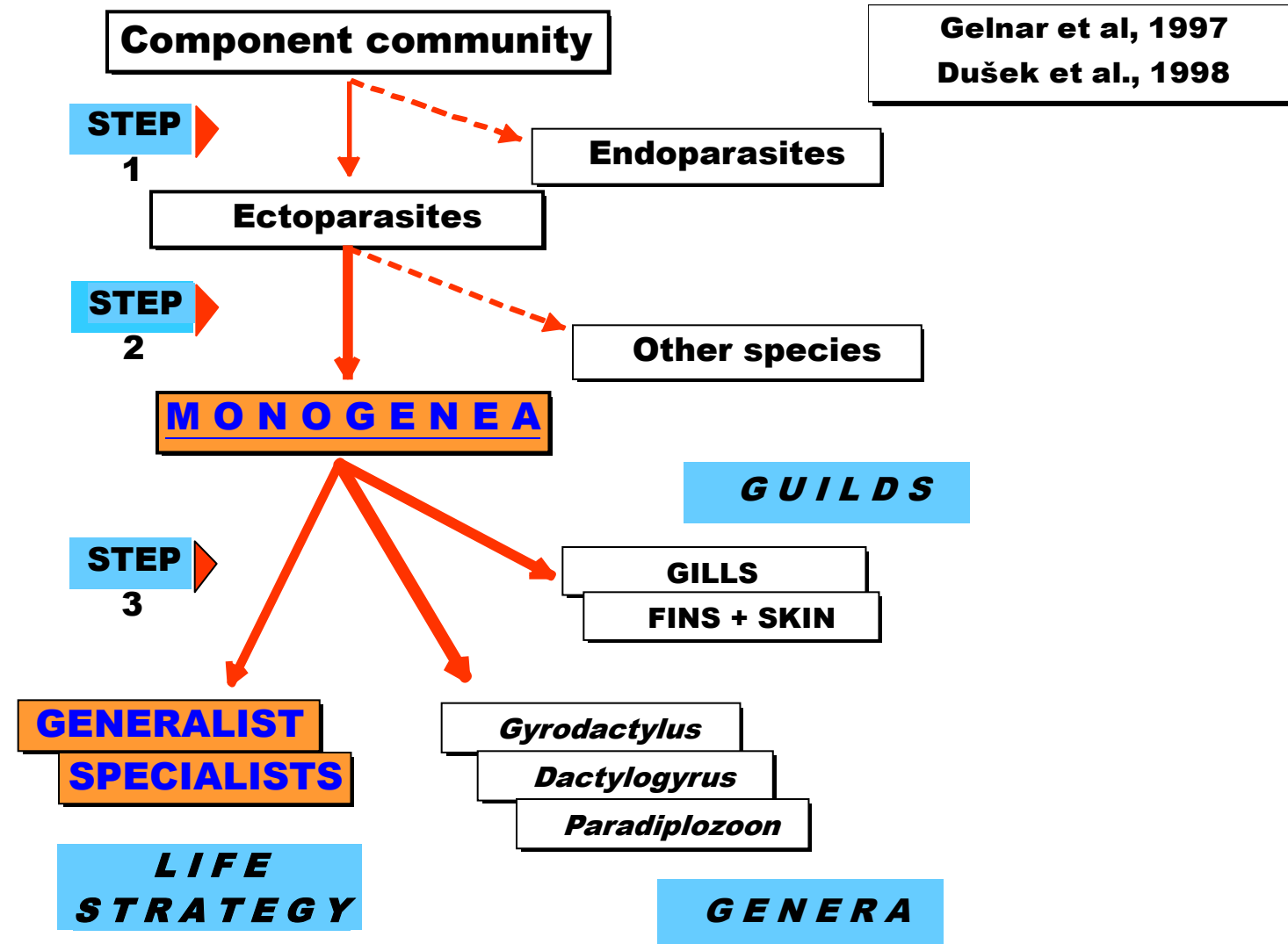
Modely orientované na niku



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: Frakcionace společenstva parazitů



Příklad: Srovnání různě zatížených lokalit A – B

MONOGENEA

Gills, Fins Skin

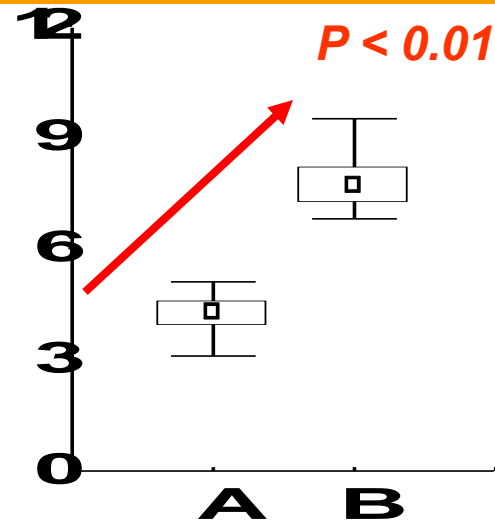
$p = 0.785$

Gyrodactylus
Dactylogyrus
Paradiplozoon

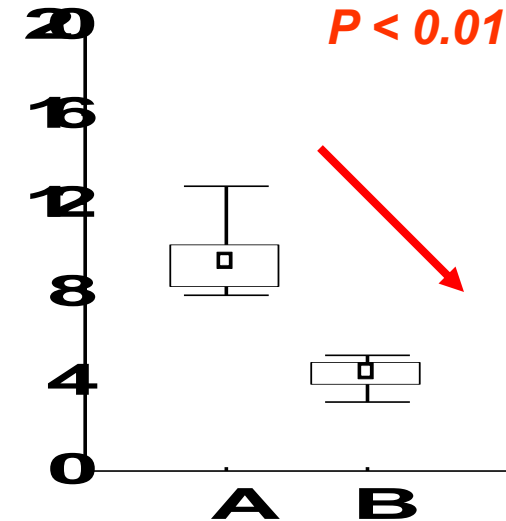
$p = 0.412$

Life strategy (generalist vs. specialist): Q

Generalists

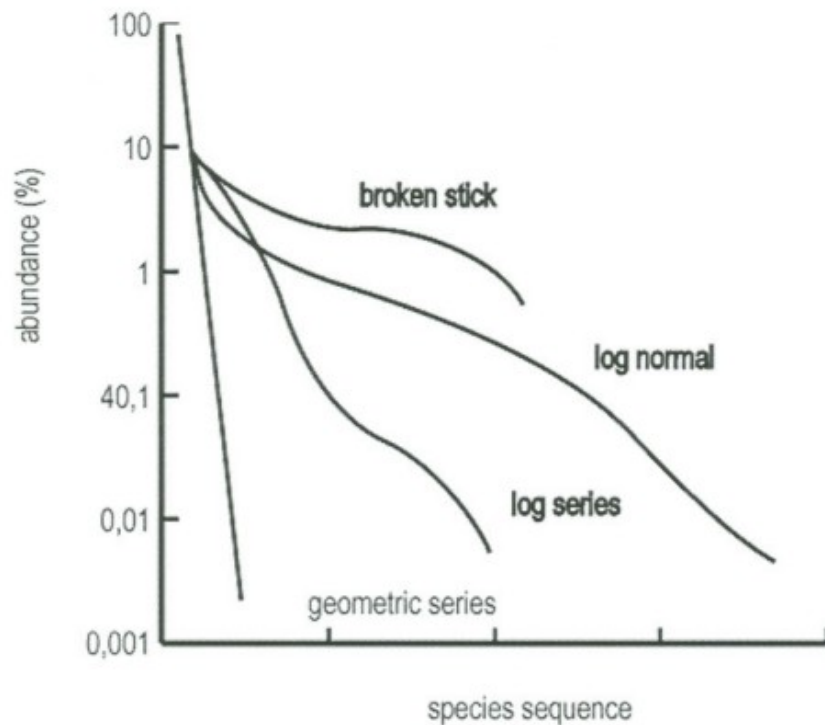


Specialists



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

Logaritmickej 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

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**

Biodiverzita v čase a prostoru

Biodiverzita v čase

Problém měřítka ⇒ *evoluce versus ekologie*

Evoluce – krátká historie biodiversity:

Chronologie hlavních událostí v historii ZEMĚ:

Éra	perioda	čas	hlavní událost
Prekambrium	PE	4500	vznik života, první mnohobuněční
Paleozoikum	Kambrium (E)	550	fosilie všech hlavních kmenů
	Ordovik (O)	500	první obratlovci
	Silur (S)	440	kolonizace země rostlinami a členovci
	Devon (D)	410	diversifikace kostnatých ryb
	Karbon (C)	360	rozsáhlé lesy cévnatých rostlin, vznik plazů, dominují obojživelníci
Mesozoikum	Perm (P)	290	masové vymírání mořských bezobratlých, vznik předchůdců savců a moderního hmyzu
	Trias (T)	250	vznik a diverzifikace plazů, původ savců, dominují gymnospermní rostliny
	Jura (J)	210	dominují plazi a gymnospermní rostliny, původ ptáků
Kenozoikum	Křída (K)	140	původ květnatých rostlin, vyhynutí plazů a mnoha skupin bezobratlých
	Terciér (T)	65	diversifikace savců, ptáků a hmyzu – opylovači, květnaté rostliny; pozdní T/ranný Q = zenit biodiverzity
	Kvartér (Q)	1.8	vznik člověka

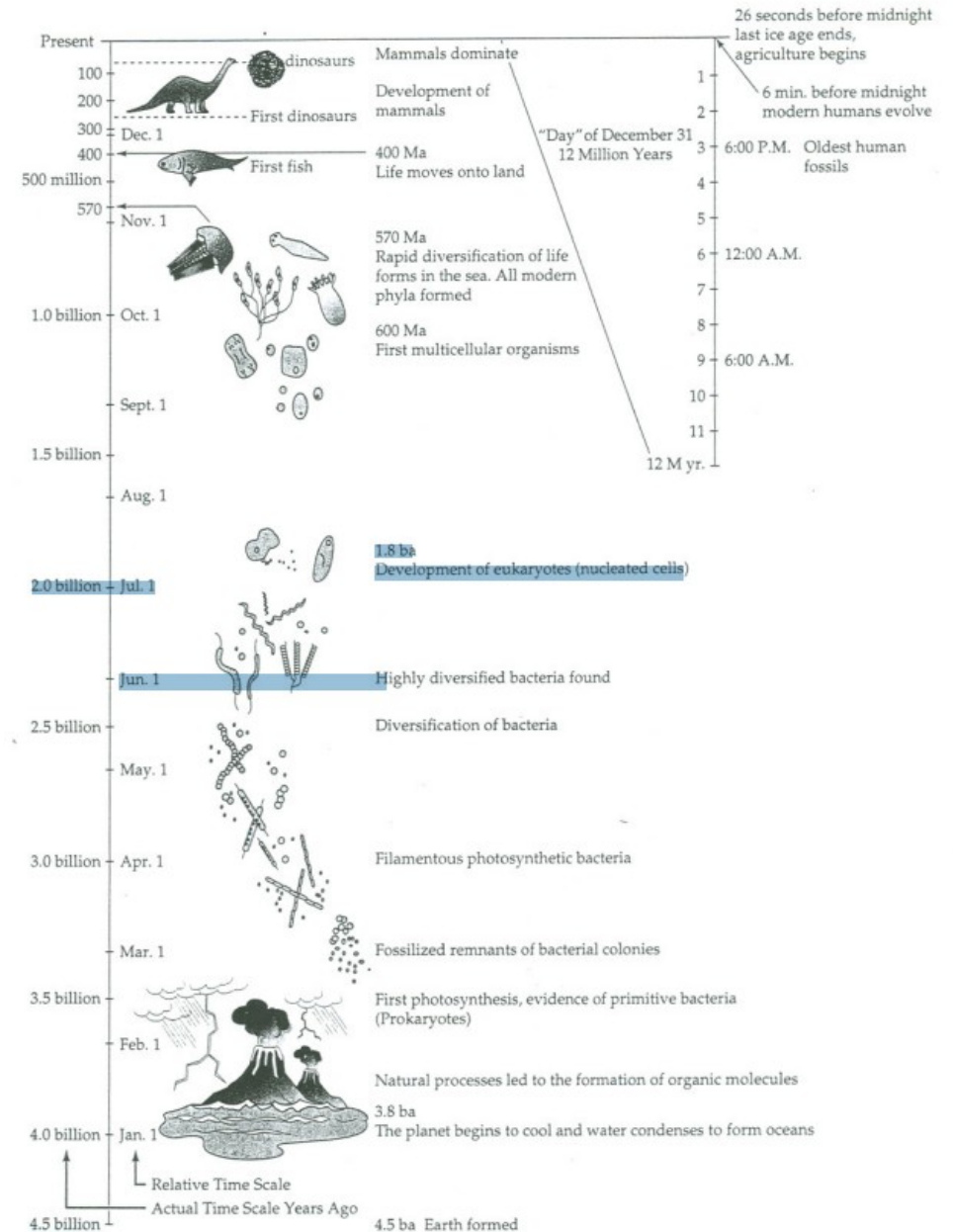


Figure 1.4 A condensed history of the development of life on Earth. The last 12 million years of history are enlarged, and the analogy of a 24-hour period is used to demonstrate the brevity of human history. However disappointing it may be to Hollywood film producers, dinosaurs had died out more than 60 million years before the first human ancestor evolved.

Vybrané evoluční události během posledních 600 milionů let

Problém měřítka ⇒ *evoluce versus* ekologie

Evoluce – krátká historie biodiversity:

Chronologie hlavních událostí v historii ZEMĚ:

Éra	perioda	čas	hlavní událost
Prekambrium	PE	4500	vznik života, první mnohobuněční
Paleozoikum	Kambrium (E)	550	fosilie všech hlavních kmenů
	Ordovik (O)	500	první obratlovci
	Silur (S)	440	kolonizace země rostlinami a členovci
	Devon (D)	410	diversifikace kostnatých ryb
	Karbon (C)	360	rozsáhlé lesy cévnatých rostlin, vznik plazů, dominují obojživelníci
Mesozoikum	Perm (P)	290	masové vymírání mořských bezobratlých, vznik předchůdců savců a moderního hmyzu
	Trias (T)	250	vznik a diverzifikace plazů, původ savců, dominují gymnospermní rostliny
	Jura (J)	210	dominují plazi a gymnospermní rostliny, původ ptáků
	Křída (K)	140	původ květnatých rostlin, vyhynutí plazů a mnoha skupin bezobratlých
Kenozoikum	Terciér (T)	65	diversifikace savců, ptáků a hmyzu – opylovači, květnaté rostliny; pozdní T/ranný Q = zenit biodiverzity
	Kvartér (Q)	1.8	vznik člověka

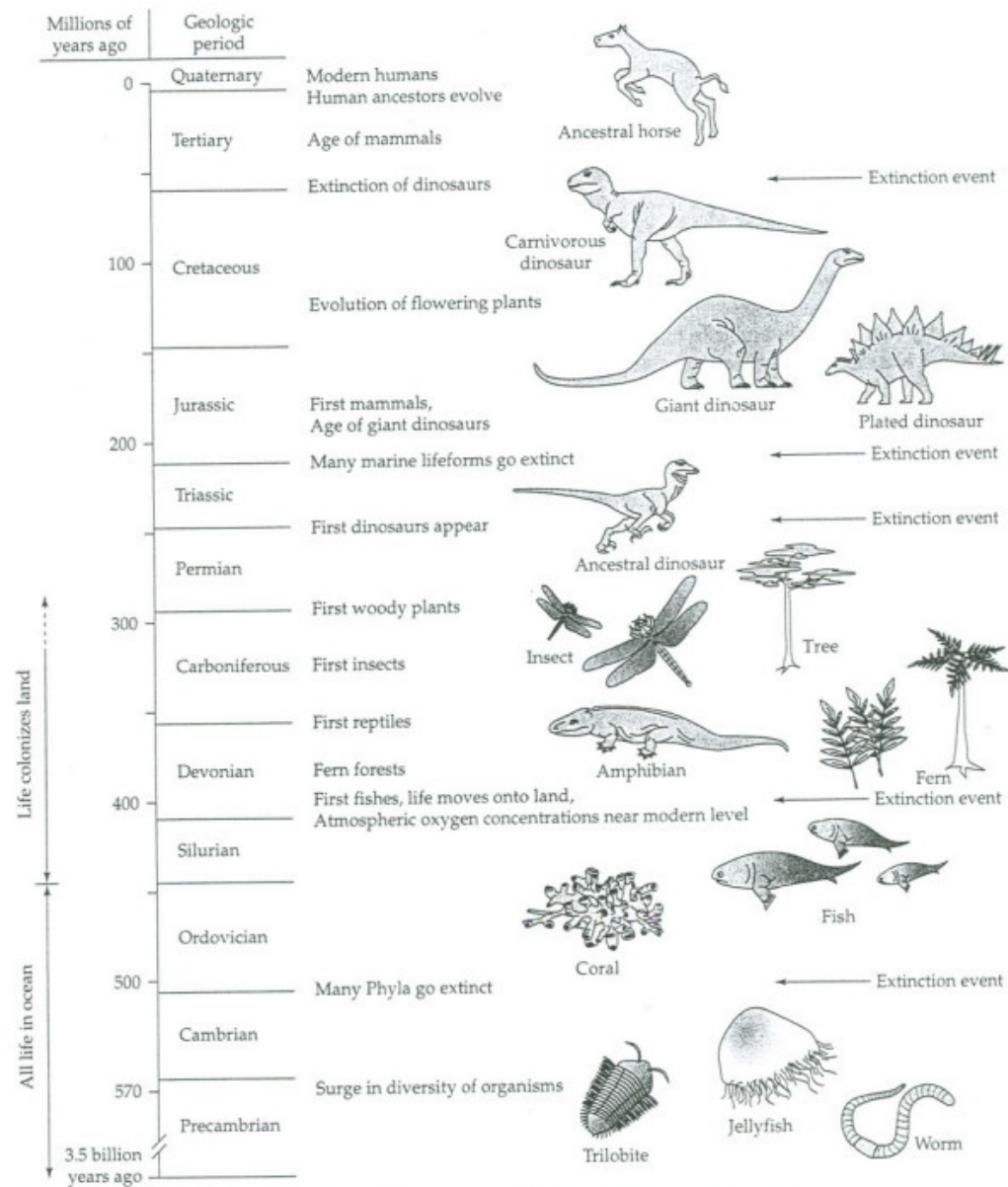
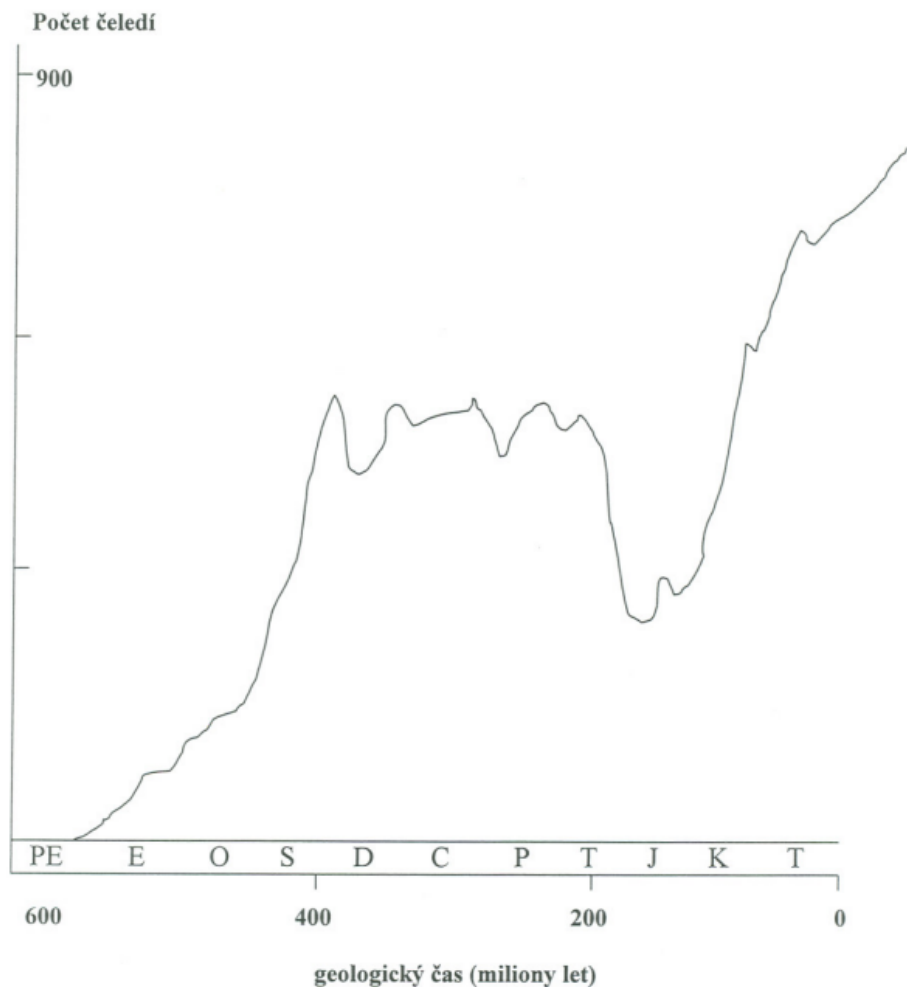


Figure 2.2 Some of the evolutionary events of the last 600 million years.

Biodiverzita v čase

Příklad: Časová dynamika počtu čeledí mořských živočichů



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

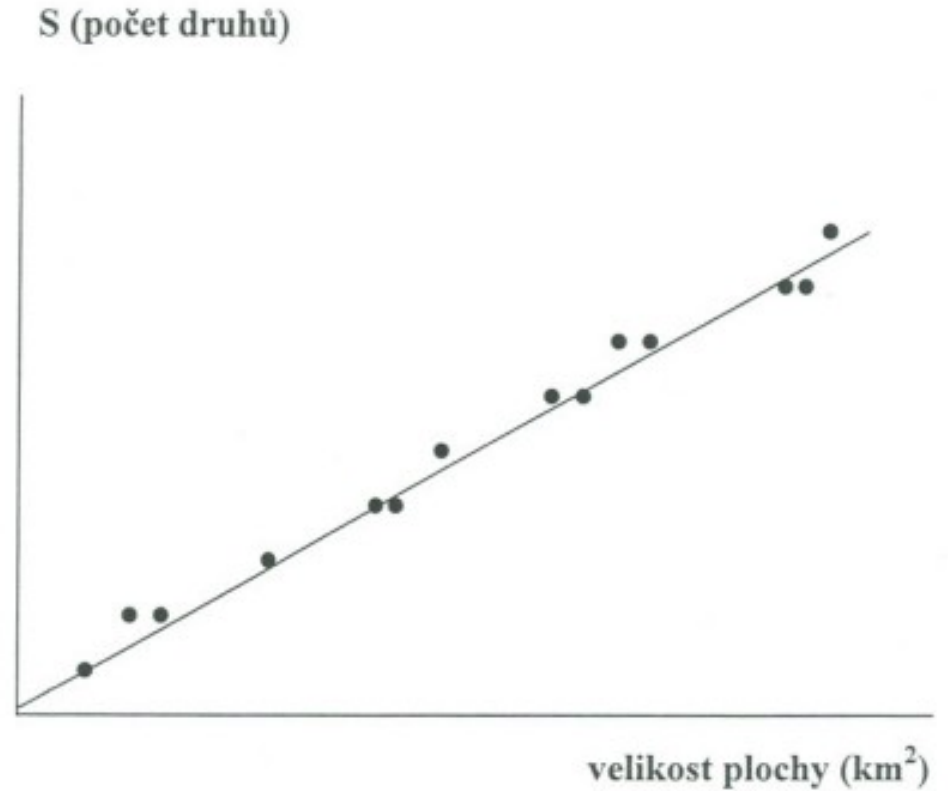
Biodiverzita v prostoru

Vztah počet druhů – plocha \Rightarrow koncepce biogeografie ostrovů

Co je to ostrov ?

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

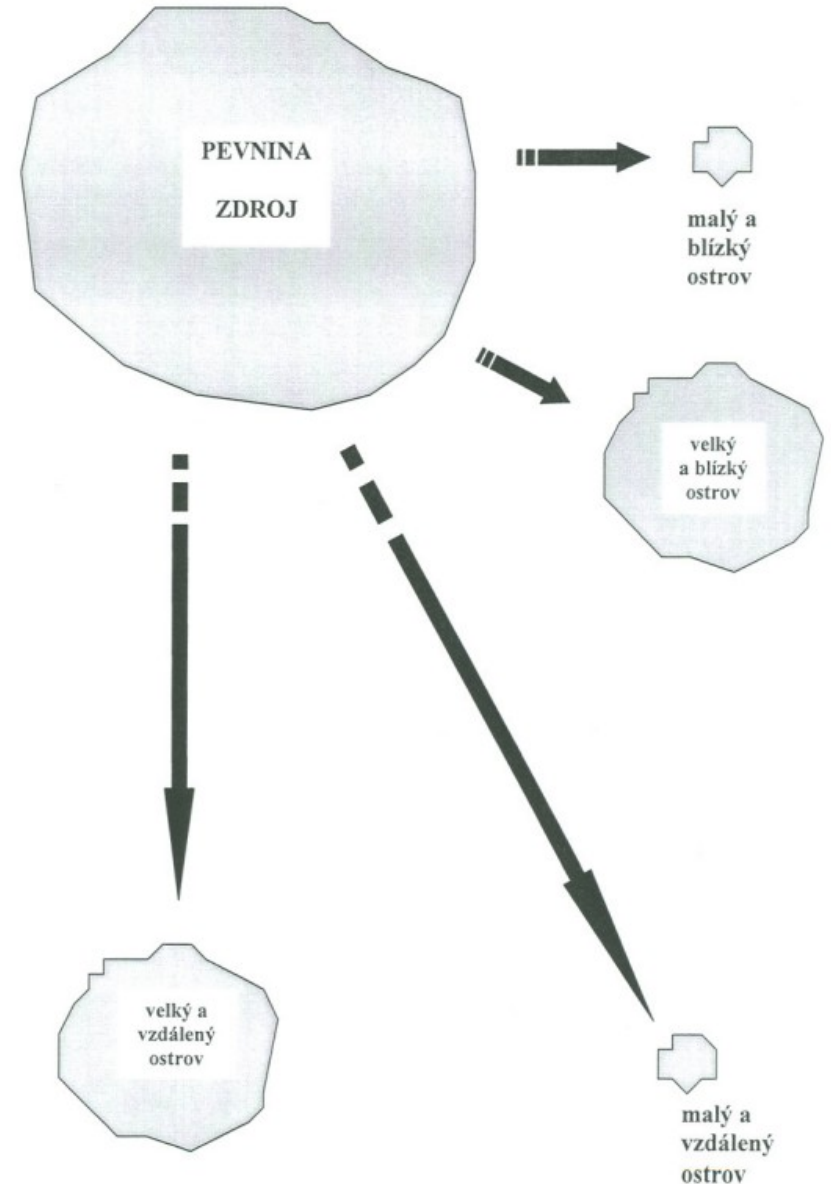
Počet druhů rychle klesá se zmenšováním velikost ostrova. Proč ?



Biodiverzita v prostoru

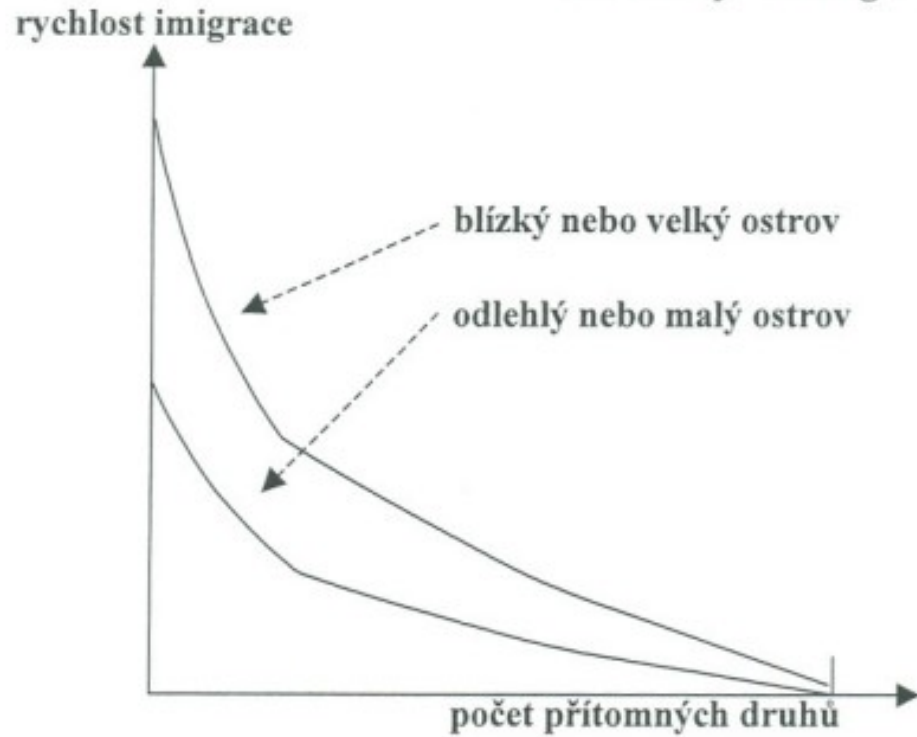
Co vše může být ostrovem ?

- 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

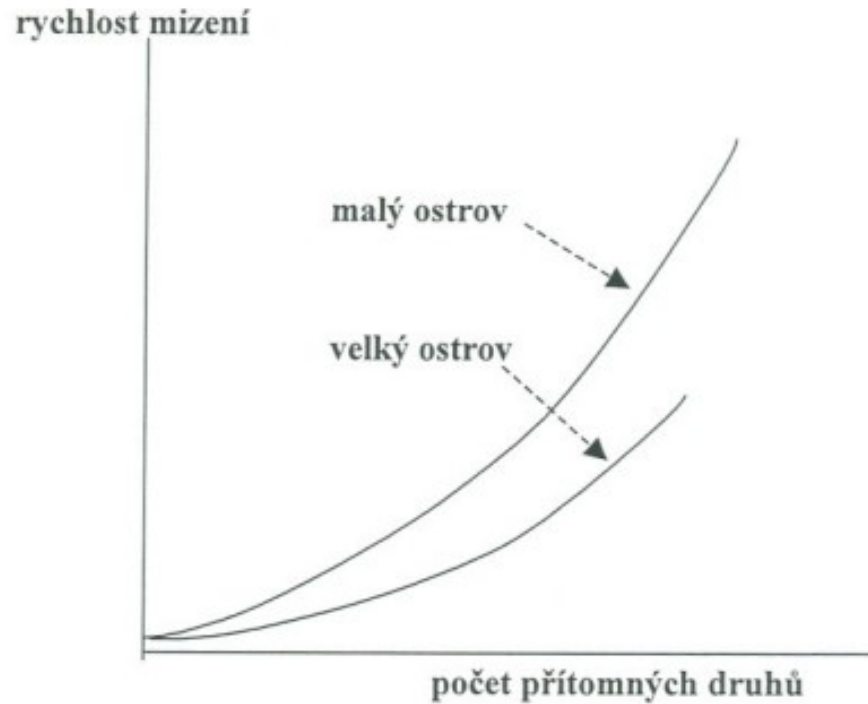


Mac Arthurova a Wilsonova teorie rovnovážného stavu

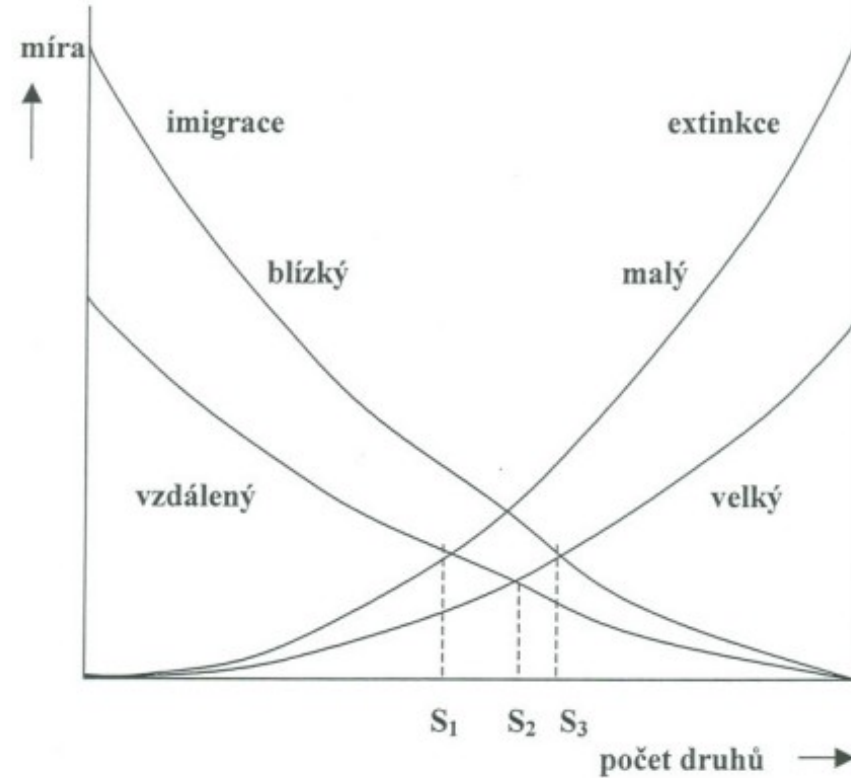
Křivky imigrace



Křivky vymírání

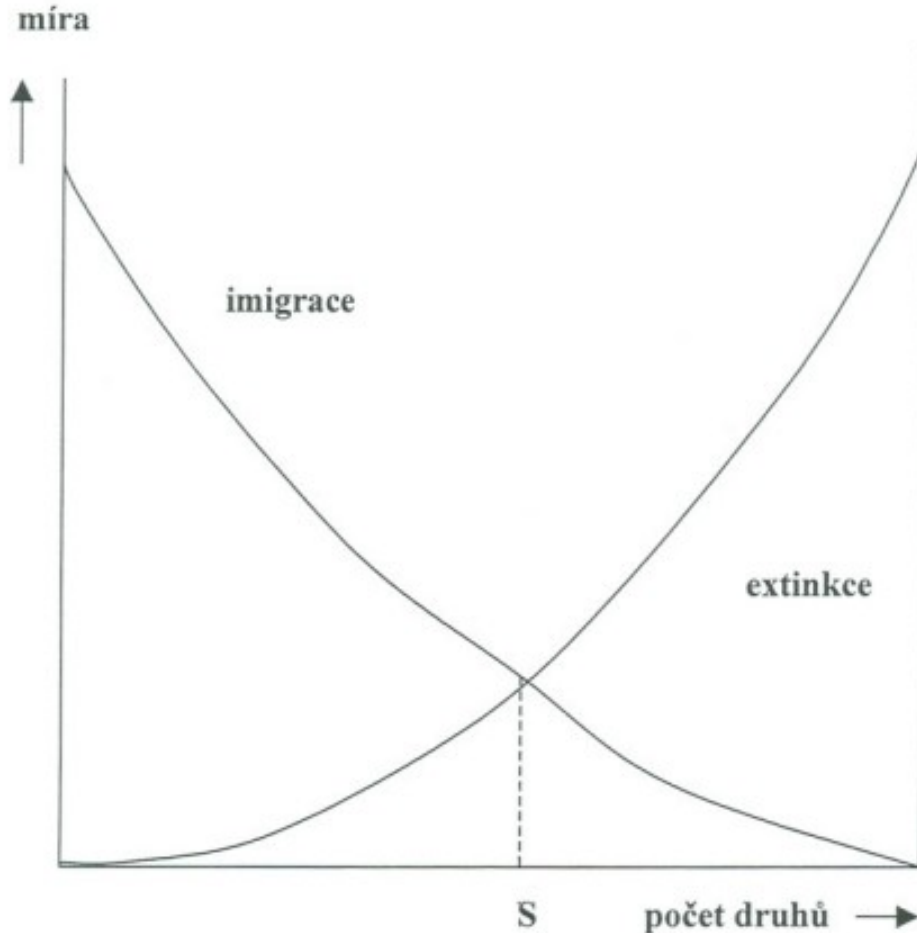


Mac Arthurova a Wilsonova teorie rovnovážného stavu



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 !

Komplexita a stabilita společenstva

Stabilita = zahrnuje dva pojmy = **resilience** a **resistence**

Resilience = schopnost společenstva vrátit se do původního stavu (např. po předchozím narušení společenstva)

Resistence = schopnost společenstva odolávat narušování vedoucí ke změnám ve společenstvu.

Guild = druhy lze kategorizovat do tzv. guildů, což jsou skupiny, což jsou skupiny druhů obsazujících podobnou niku. Tento pojem - ekologický guild - odvozuje svou existenci od stejného zdroje. Tam, kde je silná mezidruhová kompetice je pravděpodobně mezi členy téhož guildu.

Komplexita společenstva = je funkcí počtu vzájemných vztahů mezi elementy společenstva. Komplexita stoupá se zvyšujícím se počtem druhů ve společenstvu. Tyto interakce mohou být **horizontální** mající tedy povahu kompetice mezi druhy téhož trofického stupně nebo **vertikální**. Zde patří především vztahy jako: rostlina- herbivor, dravec- kořist, parazit-hostitel apod. – tedy vztahy zahrnující druhy různých trofických úrovní.

Jak souvisí komplexita společenstva s jeho stabilitou ?

Obecně jsou komplexní společenstva považována za stabilnější. Změna na úrovni jedné populace je kompenzována mnohočetnými interakcemi mezi druhy a nevyvolá změnu společenstva jako celku.

Příklad: hmyz v tropickém pralese *versus* v monokultuře

- Stabilita biomasy je obvykle největší u komplexnějších společenstev.
- Tok energie společenstvem má rovněž vliv na míru jeho resilience. (např. tundra má nejmenší „obrat“ energie a tudíž i nejmenší resilienci)
- Trofická komplexita se zvyšuje s počtem trofických stupňů společenstva a délkou potravinového řetězce.
- Míra resilience společenstva jako celku je dána mírou nejméně resilientního druhu.

Biodiversity hotspots – místa nebo regiony s velkou koncentrací druhů

Biodiversity Hotspots of the World



Na velké prostorové škále (kilometry čtvereční):

- tropické deštné lesy (zejména indomalajské)
- mediteránní oblasti
- vysoké a rozsáhlé hory
- některé savany (cerrado, Kuba)



Bílé Karpaty

Na malé prostorové škále (metry čtvereční):

- trávníky v lesostepní zóně (Bílé Karpaty, Transylvánie, Halič)
- některé horské pastviny (lamí pastviny v Andách)
- světlé lesostepní lesy na jižní Sibiři

Biocenotické principy

1. Biocenotický princip (*Thienemann, 1918, 1920*)

Čím jsou životní podmínky biotopu rozmanitější, tím více druhů je v biocenóze zastoupeno, přičemž hustota druhových populací je poměrně nízká.

Příklad: Entomocenózy tropického deštného pralesa

2. Biocenotický princip (*Thienemann, 1918*)

Čím více se životní podmínky biotopu odchyľují od normálu (optimálního stavu), tím je biocenóza druhově chudší, přitom populace několika málo druhů dosahují vysoké početnosti.

Příklad: Tundra, znečištěné vodní prostředí, slaná jezera, hlubiny nádrží a moří, vysokohorské polohy.

3. Biocenotický princip (*Franz, 1952*)

Čím jsou životní podmínky v biotopu stáľejší, tím je biocenóza druhově bohatší, vyrovnanější a stabilnější.

Příklad: Korálové útesy, tropické deštné pralesy, staré jeskyně

Vliv zeměpisné šířky

Obecně lze říci, že diverzita jak v terestrickém prostředí, tak v prostředí mořském klesá od rovníků k pólům.

Největší diverzita: na souši = tropické deštné pralesy
v mořském prostředí = korálové útesy

Vzestup diverzity směrem k rovníku má dva rysy:

- 1) je to stály rys historického vývoje diverzity
- 2) gradient je kolem rovníku rozložen asymetricky, roste rychle směrem ze severu k rovníku a klesá pomalu směrem na jih

Řada mechanismu vysvětľuje gradienty diverzity: kompetice, mutualismus, predace, členitostí habitatu, stabilita prostředí, prediktabilita prostředí, produktivita, plocha, počet habitatů, ekologický čas, evoluční čas a solární energie

Prostorové gradienty diverzity jsou též důsledkem rozdílné míry původu, imigrace, extinkce a emigrace.

Vliv nadmořské výšky

Obecně platí, že se stoupající nadmořskou výškou klesá diverzita.

Vliv hloubky

Hloubka je ve vodním prostředí analogií nadmořské výšky na souši. U pelagických a bentických společenstev je největší diverzita ve středních hloubkách:

Pelagická společenstva = maximum při hloubce 1000 - 1500m

Bentická společenstva = maximum při hloubce 2000 – 3000 m

Gradienty biodiverzity

Biotické teorie

Teorie prostorové heterogenity: v tropech více rostlin \Rightarrow více býložravců
 \Rightarrow více masožravců

Diverzita rostlin zvyšuje diverzitu herbivorů 2 způsoby:

- 1) více rostlin \Rightarrow více monofágních herbivorů
- 2) více rostlin \Rightarrow větší „architektonická“ diverzita prostředí
 \Rightarrow více nik

Teorie kompetice: v mírných pásmech = extrémní změny podmínek prostředí \Rightarrow většina druhů = r – strategové
v tropech = prostředí stabilní \Rightarrow většina druhů K – strategové \Rightarrow to vede k redukci velikosti nik a to opět k tomu, že zde může koexistovat více druhů

Teorie predáčního tlaku: v tropech je více predátorů a parazitů \Rightarrow populace kořisti a hostitelů jsou potlačovány a není zde silná vnitrodruhová kompetice \Rightarrow to dovoluje koexistenci většího množství druhů

Teorie opylovačů: v tropech jsou méně časté větry \Rightarrow proto je zde mnoho opylovačů – hmyz, ptáci, netopýři – mnozí jsou velmi specifictí \Rightarrow roste reprodukční izolace mezi rostlinami
 \Rightarrow roste míra speciace = více druhů

Abiotické teorie

Teorie ekologického času: diverzita se zvyšuje v čase, mírné oblasti jsou mnohem mladší než tropy \Rightarrow méně druhů
v mírném pásmu = vliv doby ledové = endemiti = jezero Bajkal = 580 druhů bentických bezobratlých; v Kanadě v Great Slave Lake (leží ve stejné zóně) jsou jen 4 druhy

Teorie klimatické stability: v mírném pásmu = změny ekologických faktorů v tropech = klima je stabilní = organismy jsou přizpůsobeny malým změnám faktorů = malým fluktuacím = více specializovaných druhů; podpora také z podmořského prostředí, kde v hlubinách (stabilní prostředí) je větší diverzita bezobratlých, než v mělkých vodách (labilní prostředí).

Teorie produktivity: nazývá se též species-energy hypothesis – větší produkce vede ke větší diverzitě;

Teorie velikosti plochy: větší plocha umožňuje větší izolovanost populací, což podporuje růst speciace; na větší ploše jsou rovněž spíše podmínky pro existenci většího počtu druhů

Děkuji za pozornost

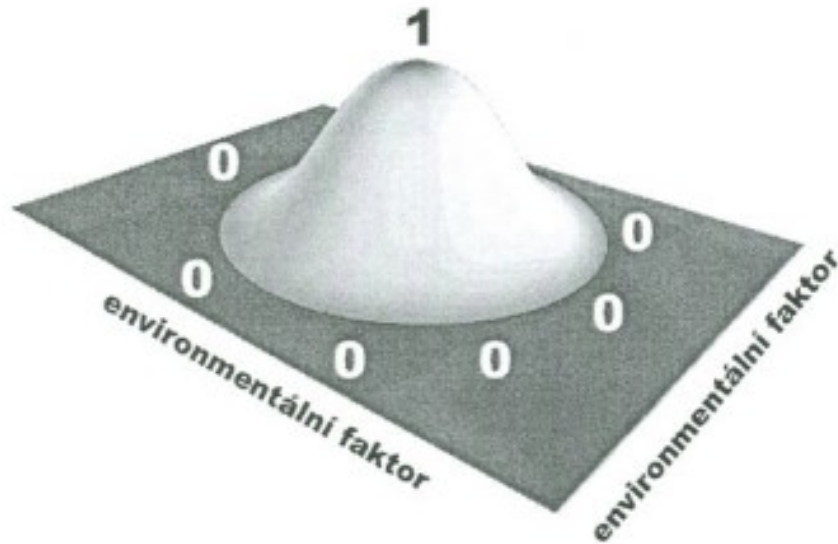
Dále jen informativní doplněk

Problémy s analýzou podobnosti

Teoretické problémy spojené s analýzou podobnosti spoločenstiev

Double – zero problém

V prípade dat prezencia/absencia alebo absencia/abundancia



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

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

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

Kvantitatívni indexy podobnosti

Symetrické kvantitatívne 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

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

Asymetrické kvantitatívne koeficienty

KVANTITATIVNÍ SØRENSENŮV KOEFICIENT (Bray and Curtis, 1957)

	Species					aN	bN	jN
	abundance							
Site X ₁	7	3	0	5	0	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

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.