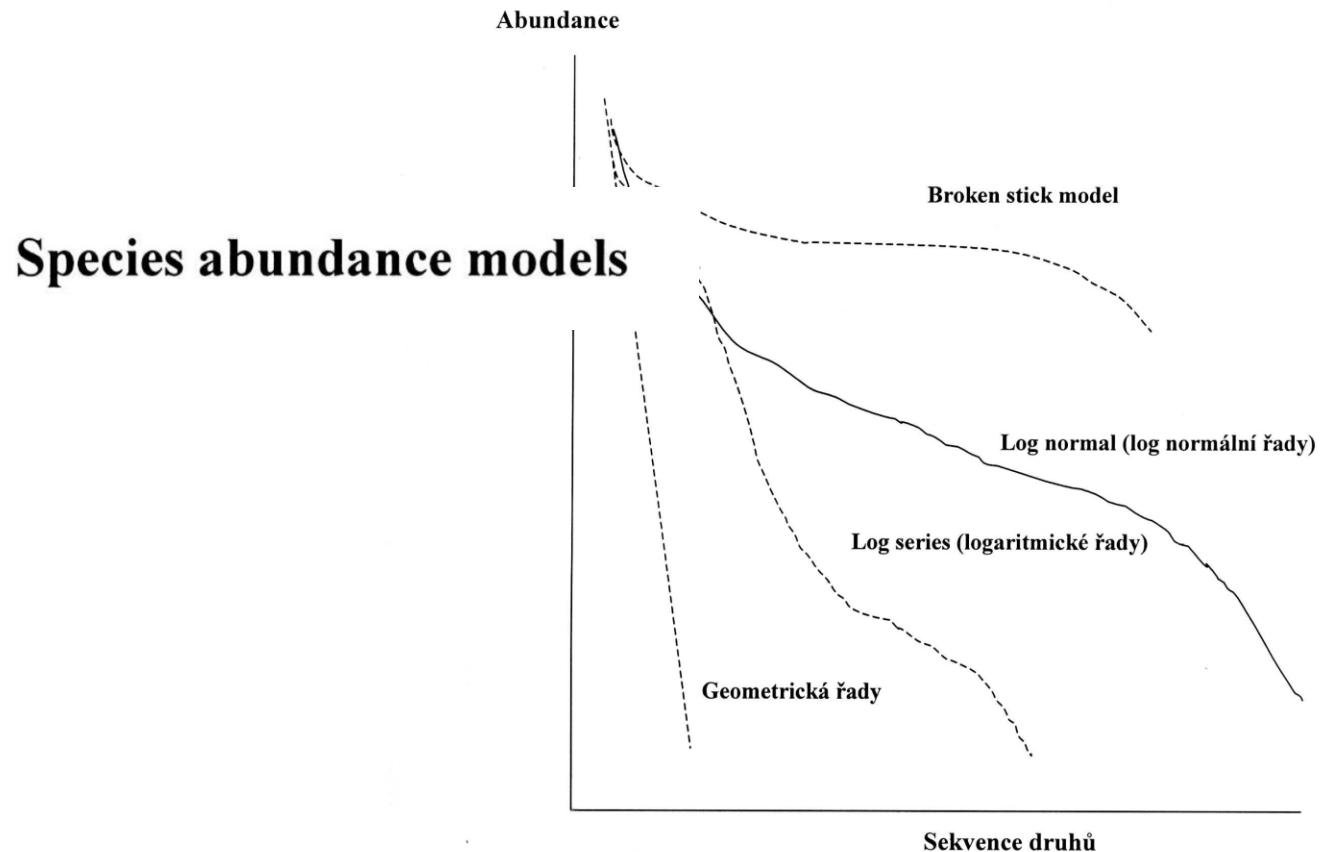


Indexy založené na početnosti druhů ve společenstvu, které popisují jak je početnost druhů ve společenstvu rozložena (**geometrické řady, logaritmické řady, log normální a MacArthurův broken stick model**). Při jejich použití je nejdříve nezbytné vytvořit teoretický model, který je pak porovnáván s reálnými daty např. metodou χ^2 testu dobré shody nebo lineární regresi.



Q statistika

Q statistika je založena na měření mezikvartilového úseku křivky početnosti kumulativního počtu druhů, která poskytuje měření diverzity společenstva, při kterém nejsou uvažovány ani velmi četné ani velmi vzácné druhy. Může být ovlivněna malou velikostí vzorku, ale pokud je ve vzorku obsaženo více než 50% druhů, je toto ovlivnění jen malé.

$$Q = \frac{\frac{R_2 - 1}{R_1 + 1} \left(\frac{1}{2}n_{R_1} + \sum n_r + \frac{1}{2}n_{R_2} \right)}{\log(R_2/R_1)}$$

$\sum n_r$ – celkový počet druhů mezi kvartily

S – celkový počet druhů

R1 a R2 – 25% a 75% kvartil

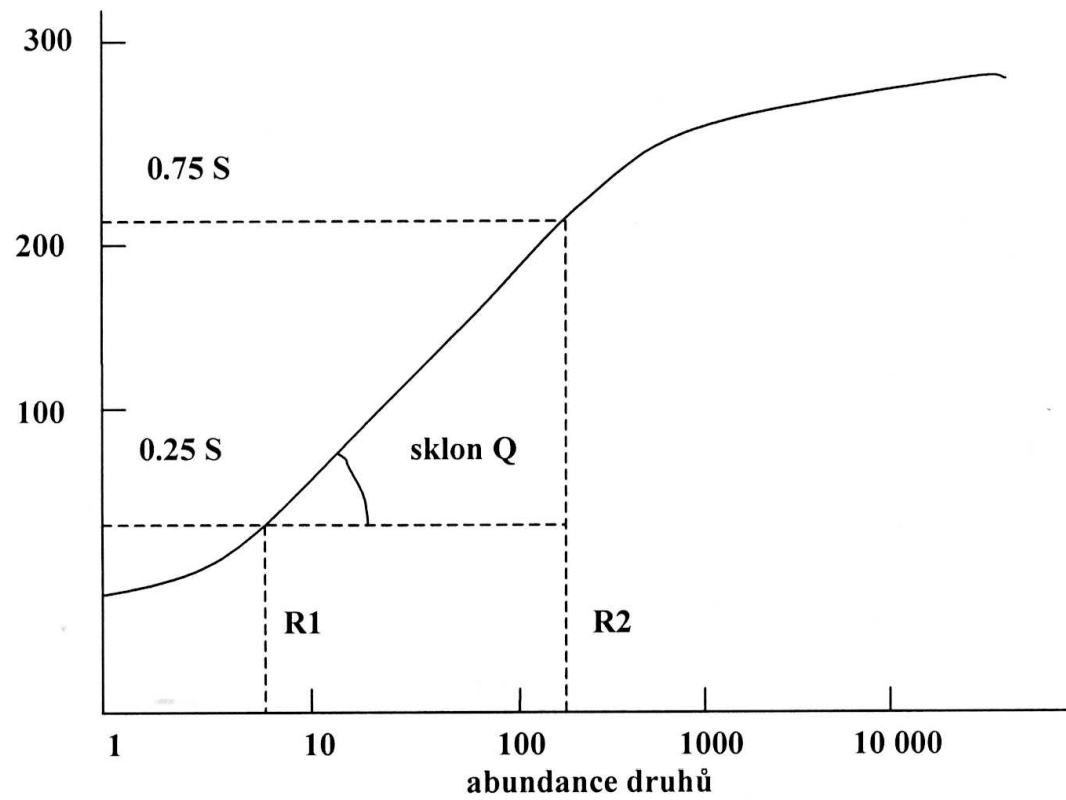
n_{R_1} – počet druhů ve třídě, do níž spadá dolní kvartil

n_{R_2} – počet druhů ve třídě, do níž spadá horní kvartil

R1 – počet jedinců ve třídě, do níž spadá dolní kvartil

R2 – počet jedinců ve třídě, do níž spadá horní kvartil

kumulativní
počet druhů



Indexy založené na proporcionální abundanci jednotlivých druhů

- Indexy založené na poměru počtu druhů společenstva a jejich početnosti počítají jak s evenness, čili s rovnoměrností zastoupení druhů, tak s druhovou rozmanitostí (species richness). Patří sem dvě skupiny indexů:

První vycházejí z informační teorie, druhé jsou indexy dominance. Do první skupiny patří Shannonův index diverzity.

Shannonův index:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

kde: p_i = proporce jedinců i-tého druhu.

Předpoklady jeho použití jsou náhodný výběr jedinců z velkého neurčitého množství a přítomnost všech druhů ve vzorku na daném místě.

Exponenciální hodnota tohoto indexu vyjadřuje kolik stejně početných druhů by bylo potřeba pro hodnotu H' daného vzorku.

Pro H' můžeme lze spočítat rozptyl a provést t test pro porovnání různými vzorky.

Rovněž je možné spočítat poměr naměřené diverzity ku maximální, což je měření evenness.

Shannonův index lze rovněž počítat ze vztahu:

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

kde S = celkový počet druhů

$$p_i = n_i/N$$

n_i – počet jedinců i-tého druhu

N – celkový počet jedinců

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

Shannon evenness

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

Rozlišovací schopnost Shannonova indexu diverzity je střední, stejně jako jeho citlivost vůči velikosti vzorků. Je ovlivněn species richness spíše, než stupněm dominance jednotlivých druhů.

Indexy založené na proporcionální abundanci jednotlivých druhů

Brillouinův index

Pokud není možné garantovat náhodnost vzorkování nebo jsou-li do vzorku zahrnuti všichni jedinci daného společenstva, je doporučováno použití Brillouinova indexu, který popisuje na rozdíl od Shannona jen skutečné známou, tedy do vzorku zahrnutou část společenstva.

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

N = celkový počet jedinců

n_i = počet jedinců i-tého druhu

Tento index se vyznačuje středním stupněm diskriminace, rovněž spíše střední je jeho citlivost vůči velikosti vzorků. Hodnota je ovlivněna především druhovou bohatostí. Doporučit jej však lze všude tam, kde není garantován zcela náhodný sběr vzorků.

Měření dominance

.....

Druhou skupinou této kategorie indexů jsou indexy založené na měření dominance.

Měření dominance

V tomto případě je důležitější početnost nejbídnějšího druhu, než druhová bohatost celého společenstva.

Nejmenštějším z těchto indexů je Simpsonův index.

Simpsonův index:

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

n_i = počet jedinců i-tého druhu
 N = celkový počet jedinců

Hodnota tohoto indexu je silně závislá na nejpočetnějším druhu a proto je často používán jako jeho převrácená hodnota nebo se odečítá od 1. Jak jeho hodnota stoupá, klesá diverzita celého společenstva. Tento index je silně závislý na nejpočetnějším druhu a mění seřívky ke druhům vzácnějším.

$$E = \frac{1}{N - U/\sqrt{S}}$$

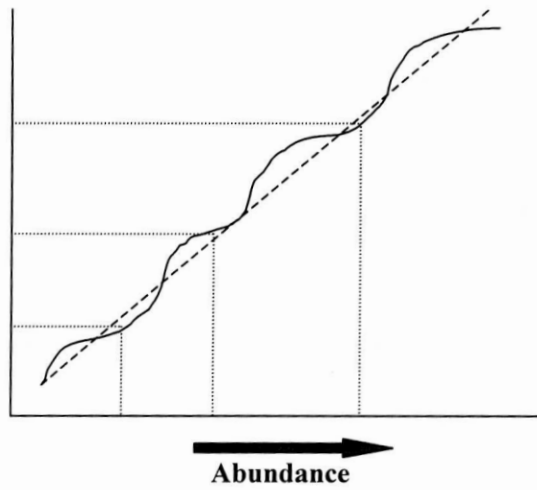
Berger-Parkerův index:

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

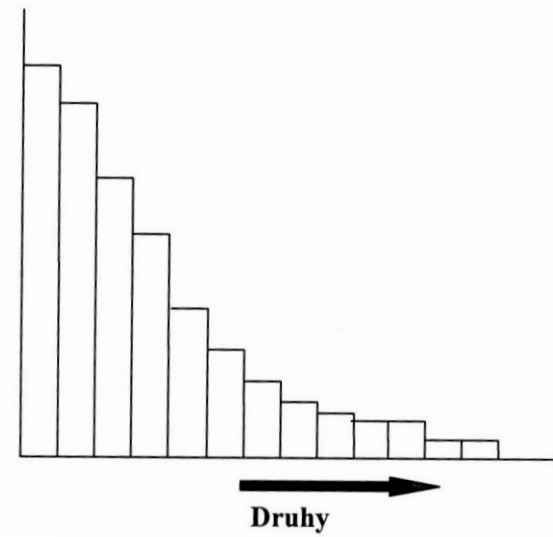
Tento index vyjadřuje proporční význam nejpočetnějšího druhu. Hodnota indexu roste s růstem diverzity a poklesem dominance.

Biodiverzita v grafech

Kumulativní četnost



Abundance



Species abundance models

Geometrické řady

Geometrické řady se využívá u druhově chudých společenstev nebo u společenstev v ranném stadiu sukcese. Tato metoda je založena na předpokladu, že nejdominantnější druh obsadí určitou poměrnou část zdrojů, druhý poměrnou část zbytku a tak dále.

$$n_i = NC_k k(1-k)^{i-1}$$

k – poměrná část prostoru niky nebo zdroje, kterou druh zabírá.
Odhaduje se ze vztahu

$$\frac{N_{min}}{N} = \frac{k(1-k)^S / 1-k}{1-(1-k)^S}$$

n_i – počet jedinců i -tého druhu

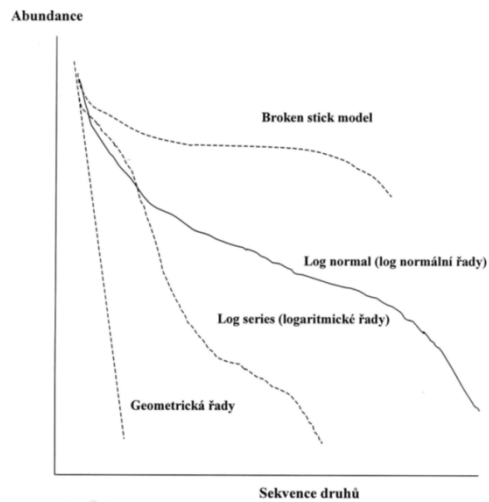
N – celkový počet jedinců

$C_k = [1(1-k)^S]^{-1}$ - konstanta zaručující $\sum n_i = N$

S – počet druhů

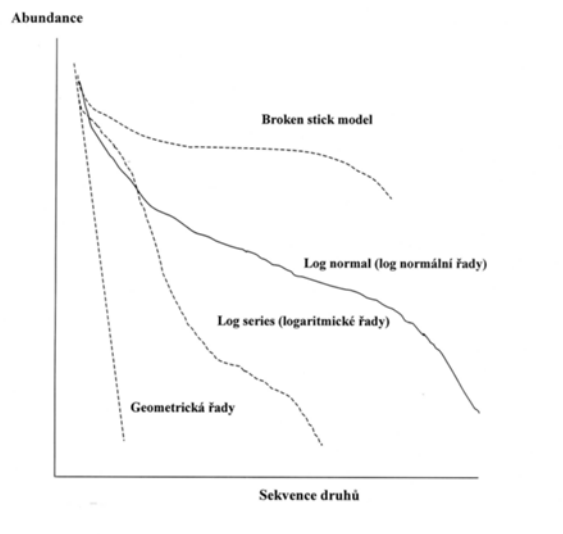
Model vizualizuje situaci, kdy dominantní druh si dělá předkupní právo (zabírá) značnou proporcí limitovaného zdroje k . Další dominantní druh se chová ke zbytku k stejně a tak dále.

S postupem sukcese tento model přechází do log series modelu.



Broken stick rozložení

Broken stick model odráží mnohem více vyrovnaný stav než ostatní typy rozložení. Je to vlastně vyjádření rovnoměrného rozložení druhů ve společenstvu. Není od něj odvozen žádný index diverzity a protože je charakterizován jediným parametrem, počtem druhů, je silně ovlivňován velikostí vzorku.



$$S(n) = \frac{S(S-1)}{N} (1 - n/N)^{S-2}$$

$S(n)$ - počet druhů v kategorii s a jedinci

S - celkový počet druhů

N - celkový počet jedinců

Tento model je vyjádřením rovnoměrné distribuce druhů. Tento trend je zde mnohem silnější než u předchozích modelů log normálního rozložení, logaritmických a geometrických řad.

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:

- **druhová 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

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

Log normální rozložení

Log normální rozložení se objevuje u mnoha společenstev. Lze pomocí něj obvykle vyjádřit velká, rozvinutá a pestrá společenstva. Je od něj odvozen index diverzity γ , což je v podstatě měření vztahu mezi nejvyšší hranicí křivky jedinců a nejzazším koncem křivky vyjadřující počet druhů.

$$S(R) = S_0 \exp(-\alpha^2 R^2)$$

$S(R)$ – počet druhů v R -té třídě v levé i v pravé části symetrické křivky

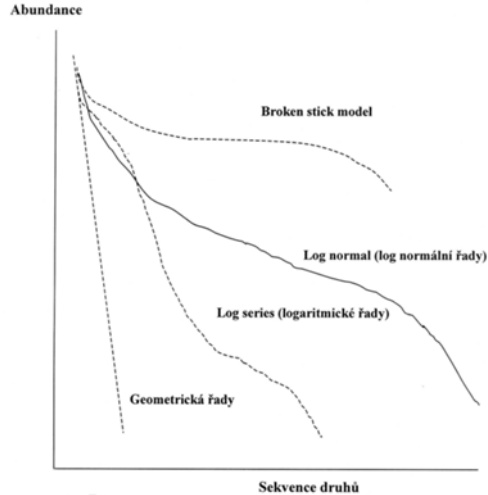
S_0 – počet druhů v nejpočetnější třídě

$$\alpha = (2\sigma^2)^{0.5}$$

$$\gamma = \frac{R_N}{R_{\max}} = \frac{\ln 2}{2\alpha(\ln S_0)^{0.5}}$$

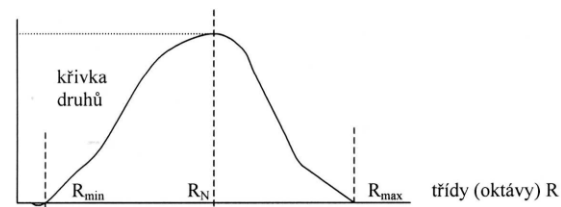
R_N - nejpočetnější třída křivky jedinců

R_{\max} - třída křivky druhů obsahující nejpočetnější druhy



Tento typ rozložení má většina společenstev (Maguran, 1988).

Počet druhů
per třída



Logaritmické řady

Logaritmické řady se stejně jako geometrické řady hodí pro popis situací, kdy společenstvu dominuje jeden nebo málo druhů. Od jejich rozložení je odvozen index diverzity α , což je vlastně koeficient příslušné funkce.

$$S(n) = \alpha x^n / a$$

$S(n)$ – počet druhů v kategorii s n jedinci

x – je odhadováno ze vztahu

$$\frac{S}{N} = \frac{(1-x)[- \ln(1-x)]}{x}$$

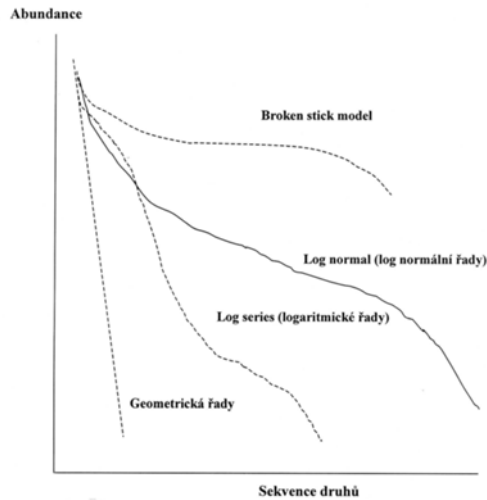
S – celkový počet druhů

N – celkový počet jedinců

α - index diverzity

$$\alpha = N(1-x)/x$$

$$Var(\alpha) = \alpha / -\ln(1-x)$$



Testování modelu se provádí výpočtem očekávaného počtu druhů pro každou třídu abundance a jeho srovnáním se skutečným počtem druhů. Shoda je testována χ^2 nebo G testem.

Metody hodnocení biodiversity

(podle Maguran, 1988)

- 1. Indexy založené na počtu druhů (např. Margalef's; Menhnick's)**
- 2. Indexy založené na početnosti druhů (např. species abundance models; Q statistika)**
- 3. Indexy založené na poměru počtu druhů a jejich početnosti (např. Shannon; Shanon evennes; Brillouin; Simpson)**

Co je to biodiverzita ?

- **druhová 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

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

Jak měřit biodiverzitu ?

Diverzitu druhovou lze měřit pomocí tří typů indexů (podle Maguran, 1988):

- **Indexy druhové rozmanitosti** (species richness) = údajují počet druhů v jednotně definovaném vzorku
- **Species abundance models** = popisují distribuci abundancí jednotlivých druhů a postihují situace od relativně vysoké evenness k případům s vysokým stupněm dominance.
- **Indexy založené na proporcionální abundanci jednotlivých druhů**

Indexy druhové rozmanitosti:

Species richness = velmi užitečný parametr diverzity

- Pozor ! Nutno rozlišit mezi tzv. **numerical species richness** = počet druhů na určitý počet jedinců nebo biomasy
a tzv. **species density** = počet druhů na jednotku plochy, objemu.
- Indexy založené na hodnocení počtu druhů ve společenstvu (např. Margalefův index, Menhnickův index). Výhodou těchto indexů je snadný výpočet:

Margalefův index:

$$D_{Mg} = (S - 1) / \log N$$

kde: S = počet druhů ve společenstvu (species richness),
N = celkový počet jedinců všech druhů ve společenstvu

Tento index představuje jeden z nejjednodušších způsobů měření diverzity. Jeho rozlišovací schopnost je velmi dobrá, vysoká je však citlivost na velikost vzorků. Hodnota indexu může být ovlivňována velikostí species richness, jeho citlivost k dominanci druhů je menší.

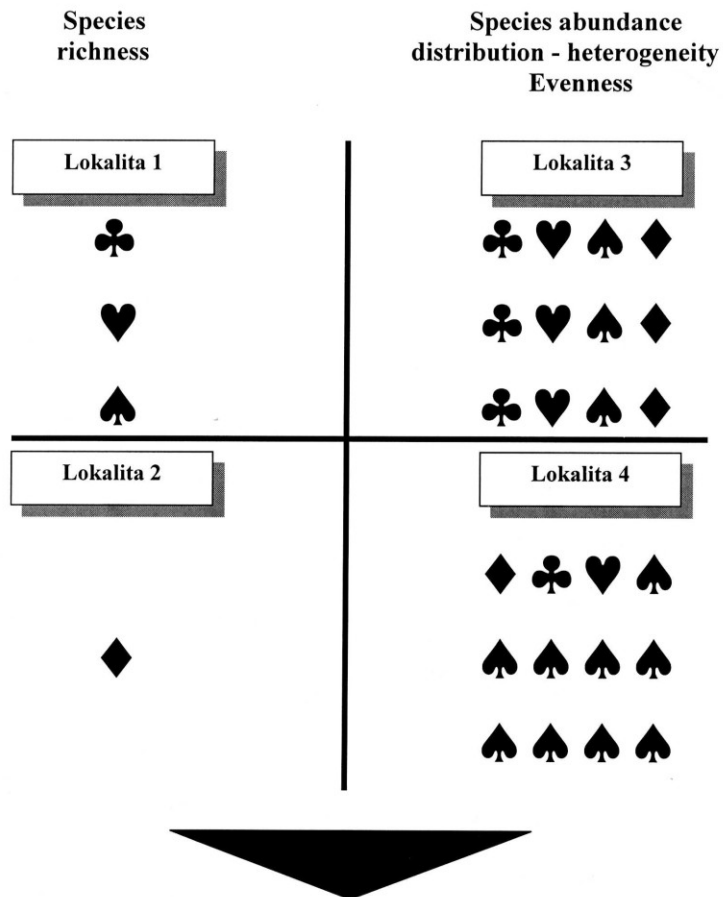
Menhnickův index:

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

kde: S = počet druhů ve společenstvu (species richness),
N = celkový počet jedinců všech druhů ve společenstvu

Dualistická koncepce biodiverzity

Species richness *versus* Species abundance distribution



Lokalita 1 má větší diverzitu než lokalita 2: species richness

Lokalita 3 má větší diverzitu než lokalita 4: evenness

Biodiverzita v datech

	Abundance	Biomasa	Aktivita	Velikost
Druh (1) ♦	•	•	•	•
Druh (2) ♣	•	•	•	•
Druh (3) ♥	•	•	•	•
Druh (4) ♠	•	•	•	•
↓	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
	•	•	•	•
Druh j	•	•	•	•

←————→
Jakýkoliv kvantitativní údaj

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.

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	