

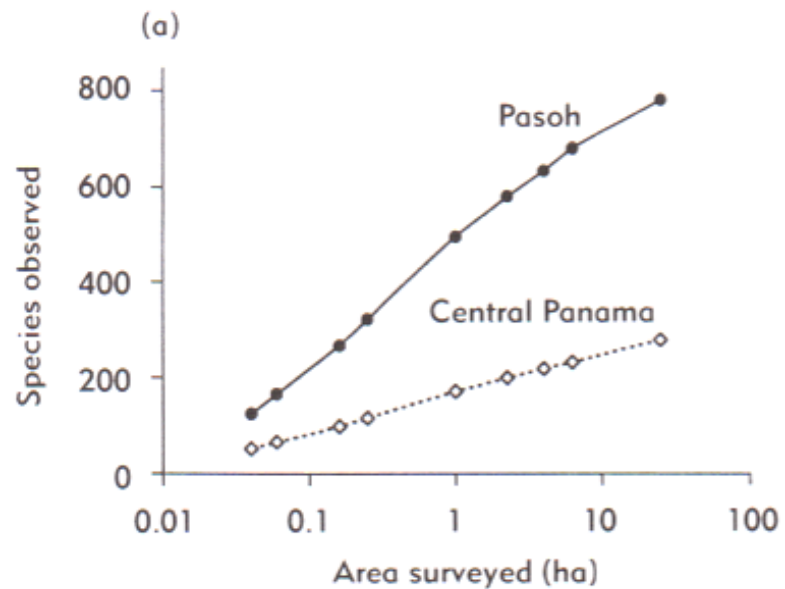
Měření diverzity společenstev

- 1) počet druhů (druhová bohatost, *species richness*)
- 2) indexy diverzity (*diversity indices*)
- 3) ekvitabilita (*evenness*)
- 4) β -diverzita (rozdíly druhového složení mezi lokalitami; *β -diversity*, anebo v čase; *turnover*)

Odhad počtu druhů

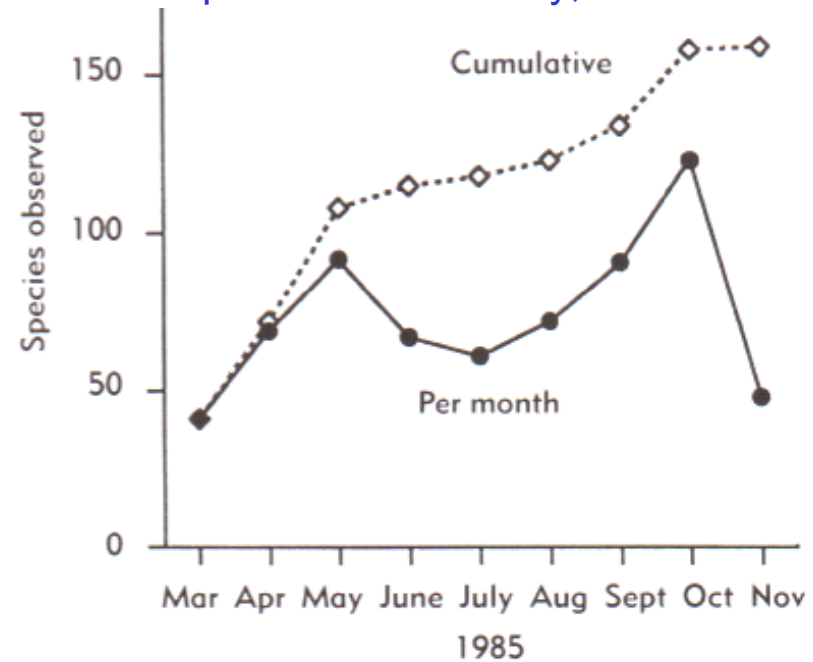
Vliv velikosti plochy

dřeviny ve dvou tropických lesích



Vliv času

ptáci na Isle of May, Skotsko



Odhad počtu druhů

založený na vzorcích

– jsou zaznamenány všechny druhy nějak vymezené prostorové nebo časové jednotky (fytoocenologické snímkování vegetace, replikované odchyty živočichů do zemních pastí nebo sítí)

založený na jedincích (individual-based)

– postupné zaznamenávání jedinců (pylové analýzy, paleontologická data, jednorázové síťové odchyty ptáků, jednorázové odběry mořského bentosu, stromy z jedné velké plochy tropického lesa)

Indexy počtu druhů (*species richness indices*)

- částečně standardizují zjištěné počty druhů na různé počty jedinců

Margalefův index diverzity: $D_{Mg} = (S - 1) / \ln N$

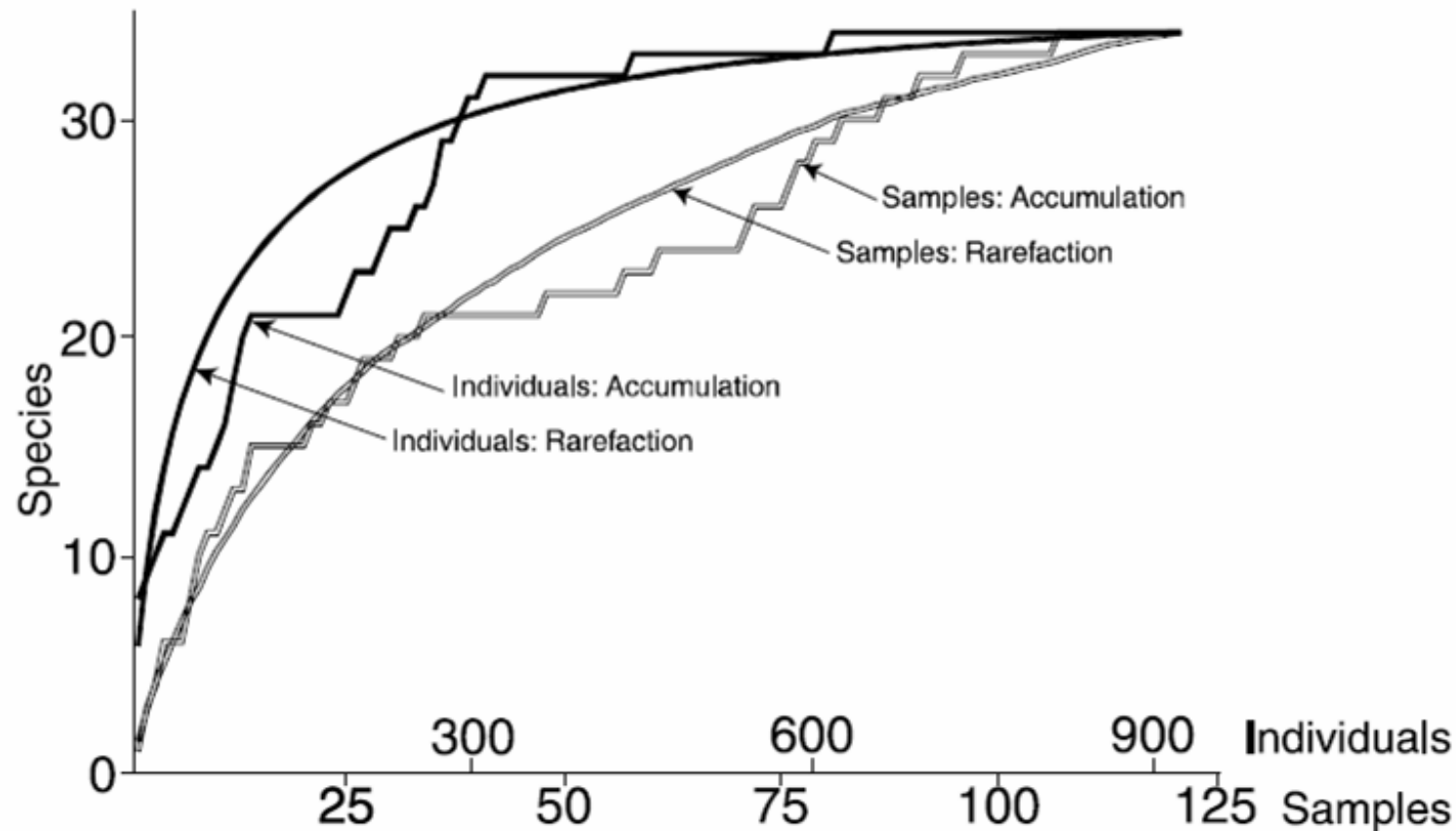
Menhinickův index diverzity: $D_{Mn} = S / \sqrt{N}$

S – počet druhů

N – počet jedinců

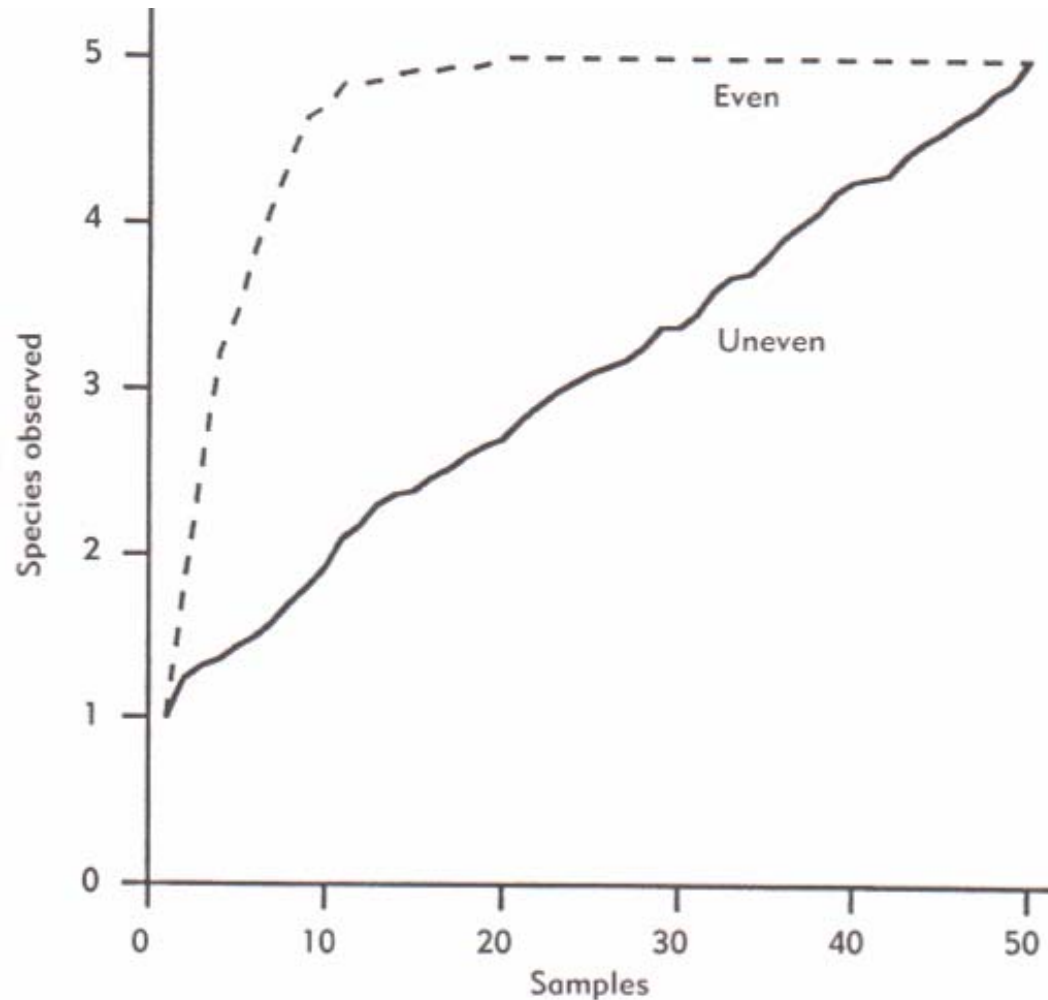
Odhad počtu druhů

Akumulační křivka (accumulation curve) – jediné řazení jedinců nebo druhů
Rarefakční křivka (rarefaction curve) – průměr mnoha řazení opakovaně promíchaných jedinců nebo druhů (statistické očekávání odpovídající akumulaci křivky)



Odhad počtu druhů

Vliv ekvitability společenstva na tvar rarefakčních křivek



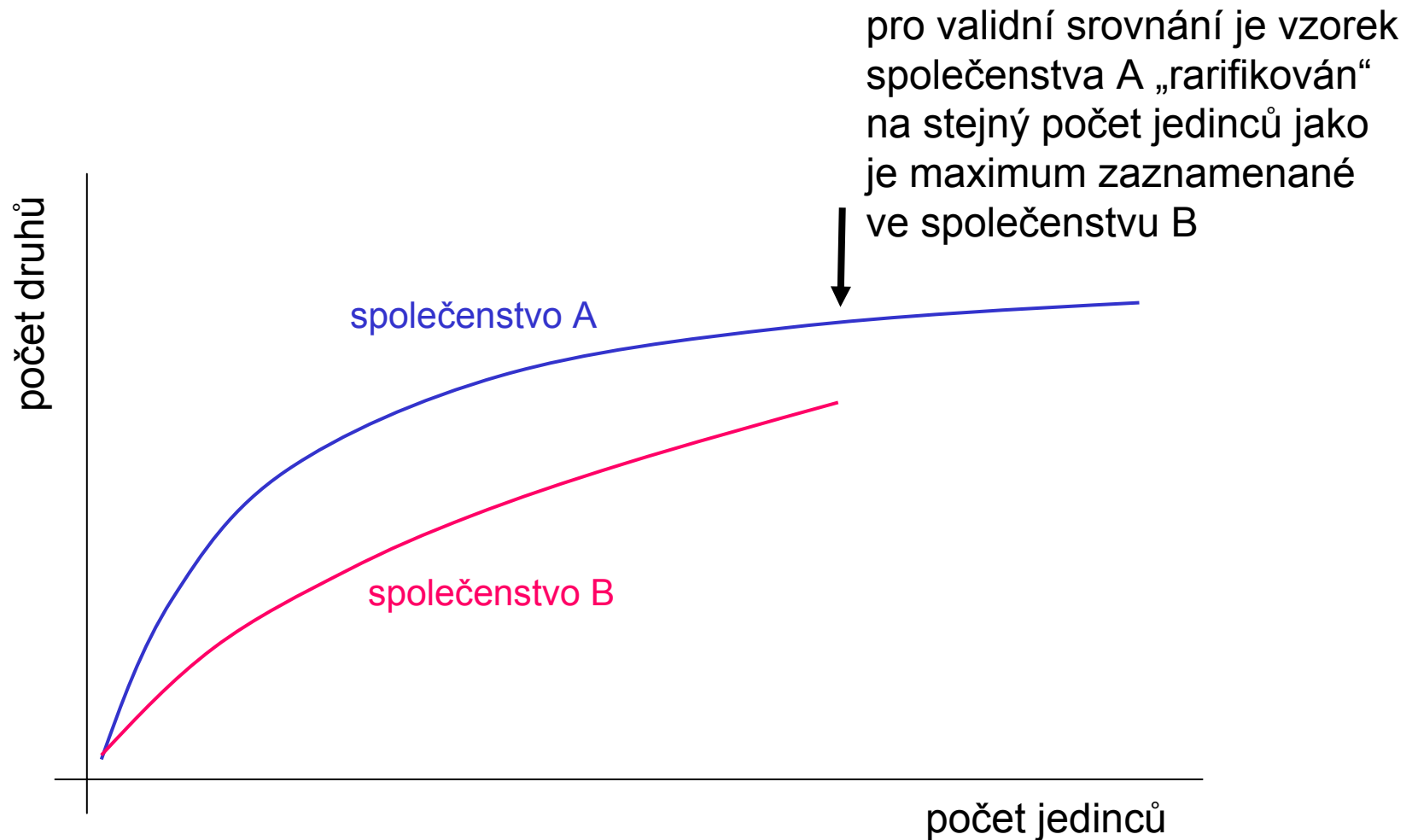
Ke zjištění skutečného počtu druhů:

- u vyrovnaného společenstva stačí asi 12 vzorků,

- u nevyrovnaného společenstva je potřeba 50 vzorků

Odhad počtu druhů

Využití rarefakčních křivek pro srovnání druhové bohatosti společenstev s různým počtem zaznamenaných jedinců



Odhad počtu druhů

Estimátory druhové bohatosti

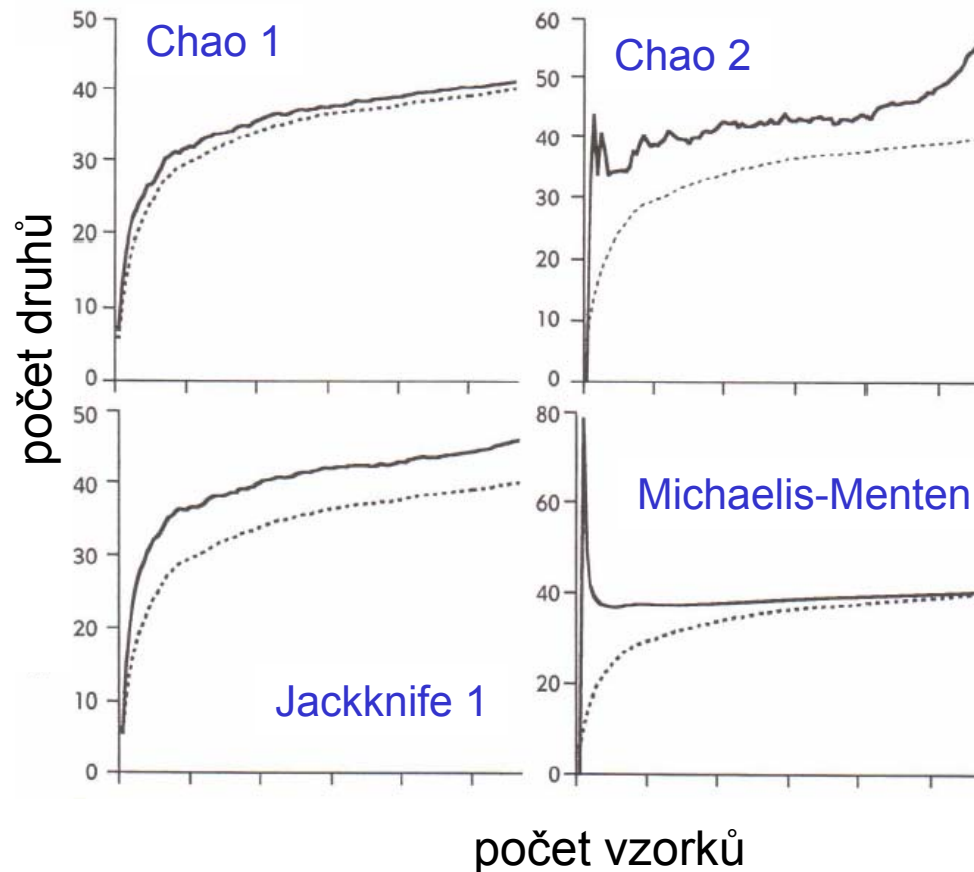
Příklad: Chao 1

$$S_{\text{exp}} = S_{\text{obs}} + F_1^2 / (2 \cdot F_2)$$

S_{exp} , S_{obs} – očekávaný a pozorovaný počet druhů

F_1 – počet druhů zastoupených jediným jedincem

F_2 – počet druhů zastoupených dvěma jedinci



společenstvo sladkovodních
ryb – Trinidad a Tobago

— odhadnutý počet druhů
..... rarefakční křivka

Indexy diverzity

míry heterogenity; spojují počet druhů a ekvitabilitu do jednoho čísla

$p_i = n_i / N$... podíl i -tého druhu ve společenstvu
(n_i – počet jedinců i -tého druhu, N – počet jedinců všech druhů)

Simpsonův index (Simpson 1949, *Nature* 163: 688)

$$\lambda = \sum p_i^2$$

- rozsah od $1 / S$ při absolutní vyrovnanosti do 1 při absolutní dominanci jednoho druhu (S – počet druhů)
- tento index je někdy prezentován jako $1 - \lambda$ nebo $1 / \lambda$ nebo $-\ln \lambda$
- zdůrazňuje dominanci spíše než počet druhů

Shannonův index - také Shannon-Wienerův (Wiener jej vynalezl nezávisle na Shannonovi) nebo Shannon-Weaverův (publikován v knize Shannon & Weaver 1949, *The mathematical theory of communication*)

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

- odvozen z informační teorie
- rozsah od 0 při absolutní dominanci jednoho druhu do $\ln S$ při absolutní vyrovnanosti
- obvyklá hodnota je mezi 1,5 a 3,5
- někdy je používán \log_{10} nebo \log_2

Měření ekvitability

Ekvitabilita (evenness) se počítá jako podíl pozorované hodnoty indexu diverzity k hodnotě, kdy by byly všechny druhy perfektně vyrovnané

$$E = D / D_{max} \quad \text{nebo} \quad E = (D - D_{min}) / (D_{max} - D_{min})$$

Shannonova míra ekvitability (Pielou 1969, *An introduction to mathematical ecology*)

$$J' = H' / \ln S$$

Simpsonova míra ekvitability (Smith & Wilson 1996)

$$E_{1/\lambda} = (1 / \lambda) / S$$

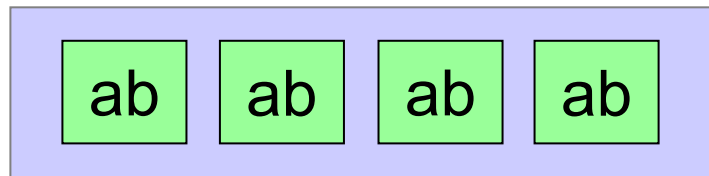
Další indexy a jejich srovnání:

Smith B. & Wilson J. B. 1996. A consumer's guide to evenness indices. *Oikos* 76: 70-82.

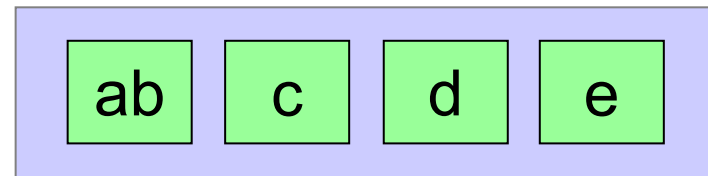
Beta diverzita

Typy diverzity (Whittaker 1960, *Ecol. Monogr.* 30: 279-338)

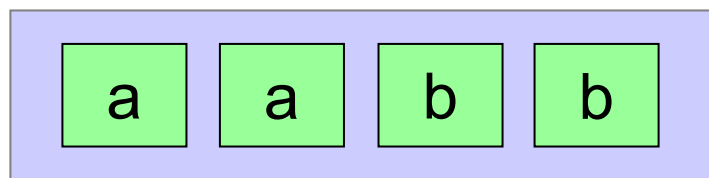
- **Alfa diverzita (*within-habitat diversity*)** – počet druhů na lokalitě
[někdy se rozlišuje bodová diverzita (*point diversity*), tj. počet druhů v jednom vzorku, od alfa diverzity v užším smyslu, tj. počet druhů v biotopu]
- **Beta diverzita (*between-habitat diversity*)** – rozdíly v druhovém složení mezi lokalitami, počet různých stanovišť v krajině
[někdy se rozlišuje tzv. *point diversity*, tj. rozdíly mezi vzorky z jednoho biotopu, od beta diverzity v užším smyslu, tj. rozdíly mezi biotopy]
- **Gamma diverzita** – počet druhů v krajině



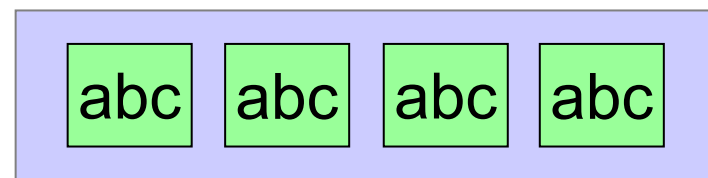
alfa = 2, beta = 1, gamma = 2



alfa = 1,25, beta = 4, gamma = 5



alfa = 1, beta = 2, gamma = 2

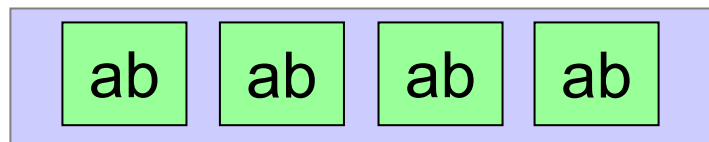
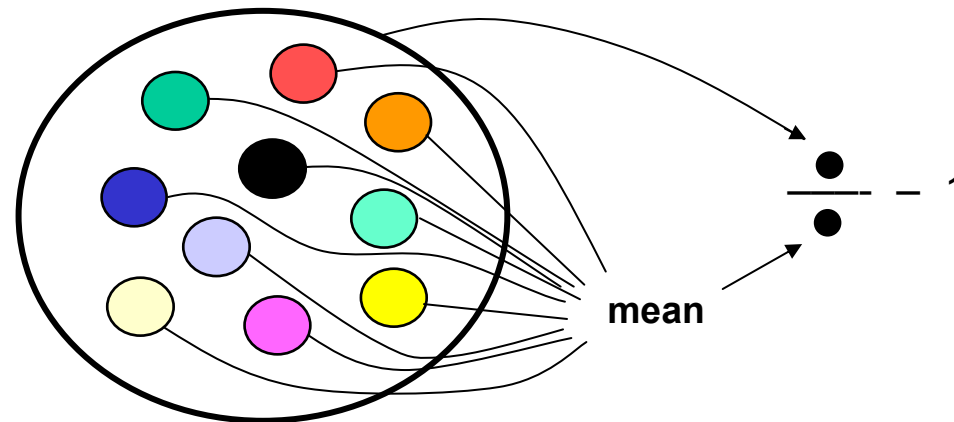


alfa = 3, beta = 1, gamma = 3

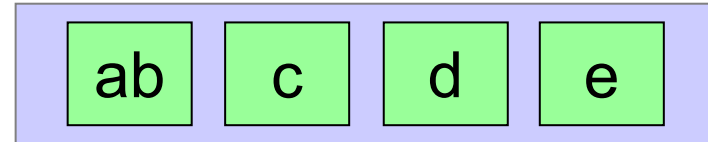
Beta diverzita

Whittakerův index (Whittaker 1960, *Ecol. Monogr.* 30: 279-338)

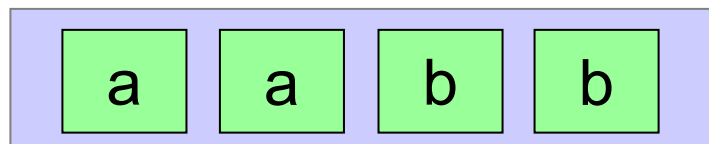
$$\beta_W = \frac{\gamma}{\alpha} = \frac{\text{celkový počet druhů na všech lokalitách}}{\text{průměrný počet druhů na jednotlivých lokalitách}} - 1$$



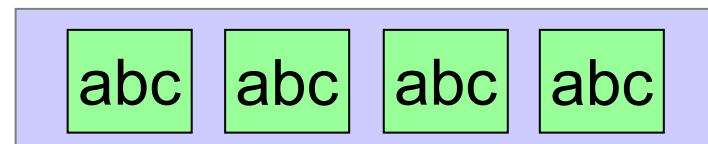
alfa = 2, beta = 0, gamma = 2



alfa = 1,25, beta = 3, gamma = 5



alfa = 1, beta = 1, gamma = 2



alfa = 3, beta = 0, gamma = 3

Beta diverzita

Průměrná nepodobnost mezi páry vzorků

Příklady:

Jaccardova nepodobnost

$$J = 1 - \frac{a}{a + b + c}$$

Sørensenova nepodobnost

$$S = 1 - \frac{2a}{2a + b + c}$$

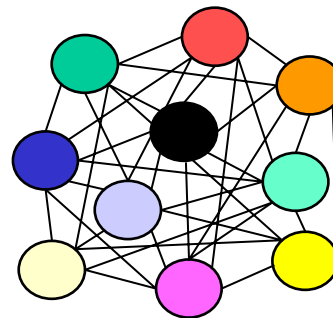
Codyho nepodobnost

$$C = \frac{b + c}{2}$$

a ... počet druhů vyskytujících se v obou vzorcích

b ... počet druhů vyskytujících se jen v prvním vzorku

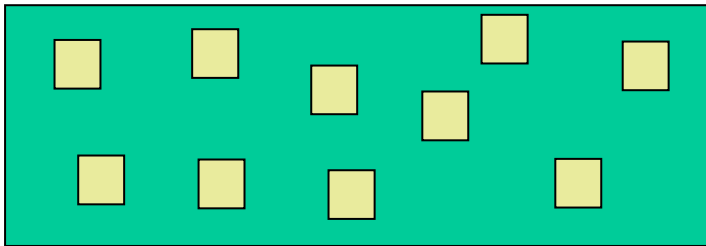
c ... počet druhů vyskytujících se jen ve druhém vzorku



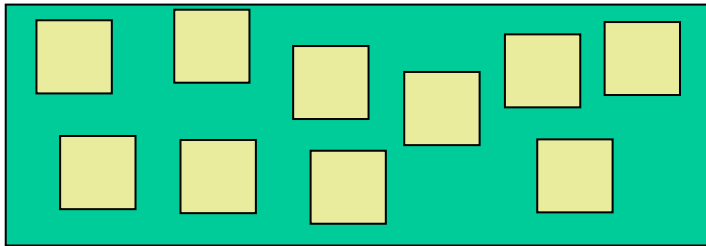
beta diverzita =
průměr všech
párových nepodobností

Beta diverzita

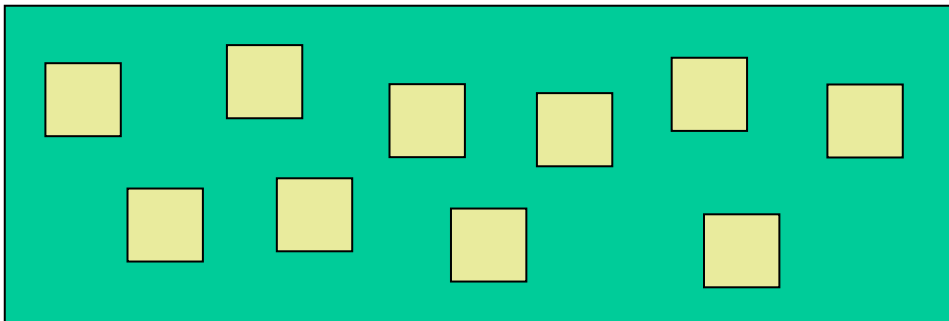
Relativní velikost alfa a beta diverzity závisí na poměru velikosti studovaných objektů a studovaného území



malá alfa, velká beta



velká alfa, malá beta



velká alfa, velká beta

Beta diverzita

Aditivní a multiplikativní rozklad diverzity na složky alfa a beta
(*additive and multiplicative diversity partitioning*)

Aditivní rozklad

(Lande 1996, *Oikos* 76: 5-13)

$$\gamma = \text{mean}(\alpha) + \beta$$

$$\beta = \gamma - \text{mean}(\alpha) = \sum_j q_j \cdot (\gamma - \alpha_j)$$

q_j – váha daného biotopu (např. relativní plošný rozsah v krajině)

Výhoda: α i β jsou měřeny ve stejných jednotkách (zpravidla počet druhů, lze použít i index diverzity), a proto je lze přímo srovnávat

Multiplikativní rozklad

(Whittaker 1960, *Ecol. Monogr.* 30: 279-338)

$$\gamma = \text{mean}(\alpha) \cdot \beta$$

α a β nejsou srovnatelné, protože β je bezrozměrné číslo, které porovnává α a γ

Beta diverzita

Aditivní dělení alfa a beta diverzity

Dělení diverzity mezi různé úrovně hierarchického uspořádání krajiny (kvadrát, ohraničená plocha jednoho biotopem, biotop, krajina)

Rostlinná společenstva zemědělské krajiny ve Švýcarsku

