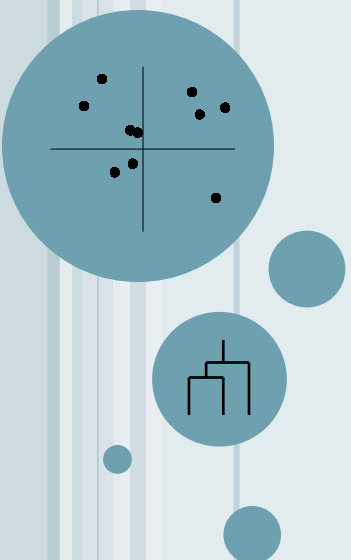
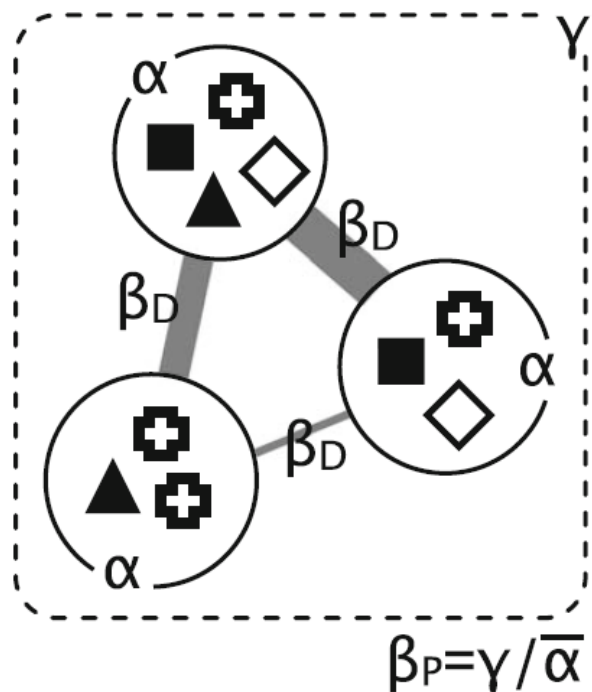


# INDEXY DIVERZITY

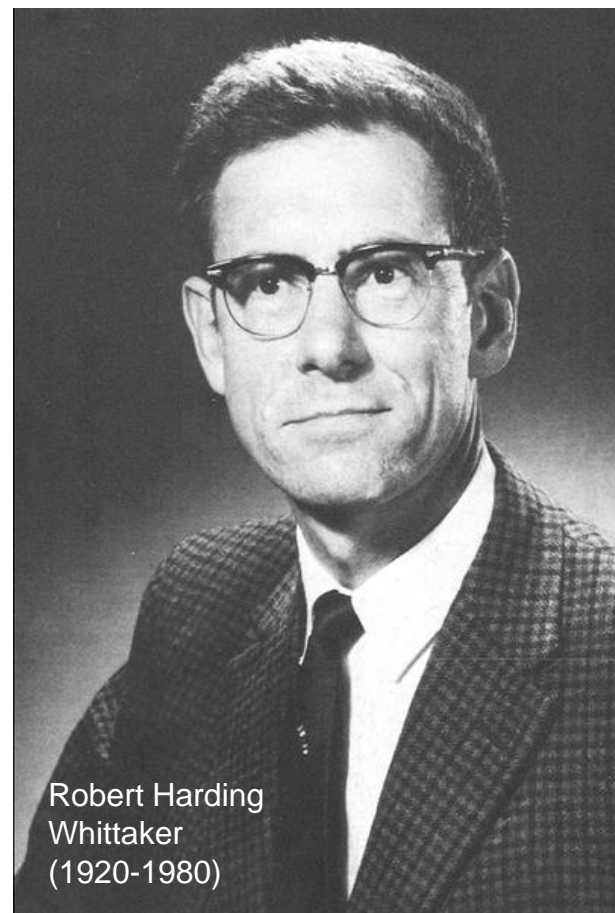


# ALFA, BETA A GAMA DIVERZITA

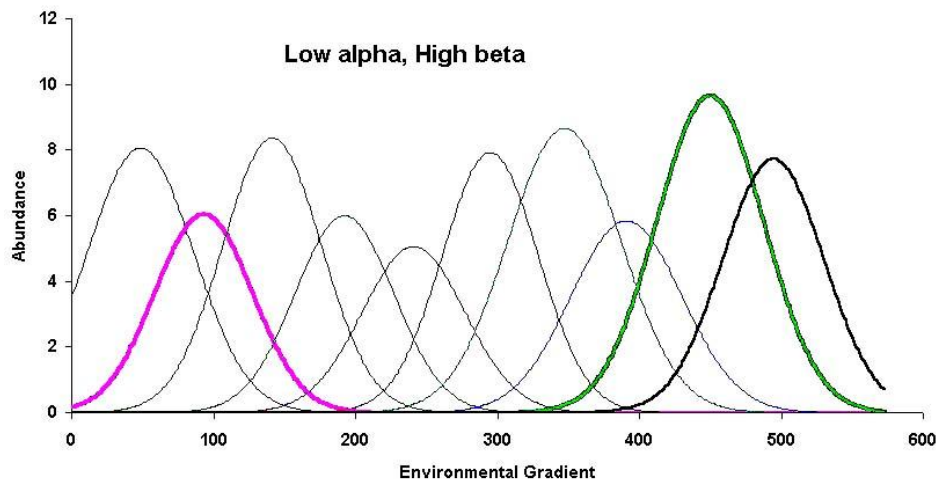
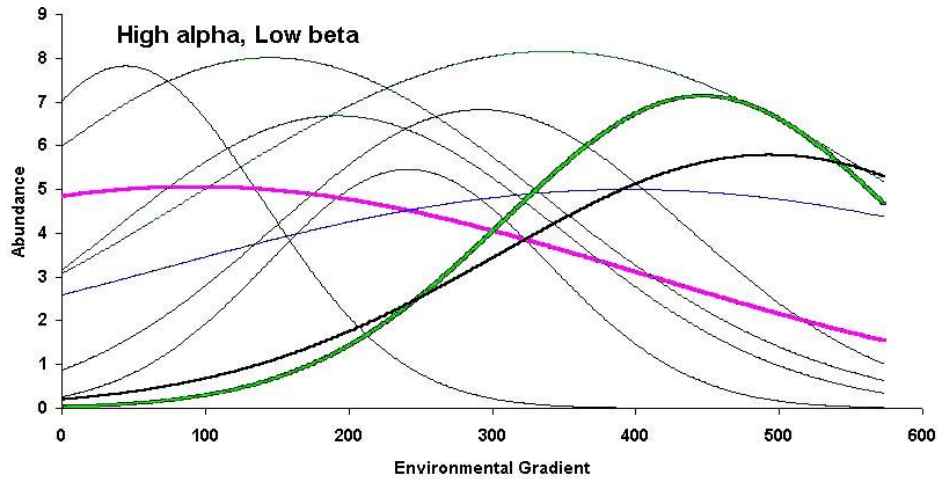
- Alfa diverzita
  - druhová bohatost vzorku
- Beta diverzita (*species turnover*)
  - změna v druhovém složení mezi vzorky
- Gama diverzita
  - celková druhová bohatost regionu



Jurasinski et al. (2009)



# ALFA, BETA A GAMA DIVERZITA



<http://ordination.okstate.edu/>

# MÍRY ALFA DIVERZITY

## DRUHOVÁ BOHATOST VS VYROVNANOST

- druhová bohatost (*species richness*) vyjadřuje počet druhů ve vzorku
- vyrovnanost (*evenness*) vyjadřuje relativní zastoupení jednotlivých druhů ve vzorku (nejvyšších hodnot dosahuje při rovnoměrném relativním zastoupením všech druhů)
- jednotlivé indexy alfa diverzity (např. Shannonův nebo Simpsonův) se liší právě tím, jestli kladou větší důraz na bohatost nebo vyrovnanost
- alfa a gama diverzita se někdy označují jako **inventární diverzita** (*inventory diversity*) – podstata je pro obě míry stejná (vyjádřené počty druhů, případně indexem diverzity), liší se ale škálou (alfa je diverzita na lokální škále, gama na regionální)
- beta diverzita je výrazně odlišný koncept – jiná filozofie, jiné jednotky

# MÍRY ALFA DIVERZITY

## SHANNONŮV INDEX

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

$p_i$  ... relativní abundance druhu  $i$

- o označovaný také jako Shannon-Wiener index (nesprávně jako Shannon-Wiever)
- o odvozen z informační teorie (entropie systému)
- o vyjadřuje **nejistotu**, se kterou jsem schopen předpovědět jakého druhu bude náhodně vybraný jedinec ze vzorku; nejistota klesá s klesajícím počtem druhů a s klesající vyrovnaností (společenstvo s málo dominantními druhy)
- o hodnoty v ekologických datech většinou v rozmezí 1,5 – 3,5
- o maximální velikost indexu pro počet druhů  $S$  nastane, pokud mají všechny druhy stejnou relativní abundanci:  
$$H'_{\max} = \ln (S)$$
- o počet druhů, které by se ve snímku vyskytovaly, pokud by se všechny druhy vyskytovaly se stejnou frekvencí:  
$$e^{H'}$$
- o vyrovnanost odvozená ze Shannonova indexu (*Shannon's evenness*)

$$J = H' / H'_{\max} = H' / \ln (S)$$

# MÍRY ALFA DIVERZITY

## SIMPSONŮV INDEX (YULE INDEX)

$$D = \sum p_i^2 \quad S_D = 1 - D \text{ nebo } S_D = 1/D$$

$p_i$  ... relativní abundance druhu  $i$

- vyjadřuje pravděpodobnost, že dva náhodně vybraní jedinci budou patřit ke stejnému druhu
- jeden z nejlepších (z hlediska interpretace) indexů diverzity
- se zvyšující se diverzitou hodnota indexu klesá – proto se častěji používá komplementární nebo reciproká forma indexu ( $S_D$ )
- zdůrazňuje dominanci druhu (při počtu druhů  $> 10$  záleží jeho velikost prakticky už jen na dominanci druhů)
- vyrovnanost odvozená ze Simpsona (*Simpson's evenness*):  
 $E = (1/D) / S$

# MÍRY ALFA DIVERZITY

- *ad hoc* doporučení:
  - nemá smysl počítat velké množství indexů alfa diverzity a všechny je používat – vhodnější je rozhodnout se hned na začátku, který z aspektů alfa diverzity (bohatost nebo vyrovnanost) mě zajímá, a podle toho vybrat index
  - nejjednodušší volba je použití druhové bohatosti (počtu druhů)
  - Simpsonův index je intuitivně interpretovatelný, naopak interpretace Shannonova indexu je obtížná a je lépe ho nepoužívat (i když je populární)
- kde spočítat:
  - EstimateS (R. Colwell, <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>)
  - BioDiversityPro (Neil McAleece, <http://www.sams.ac.uk/research/software/research/software/bdpro.zip>)

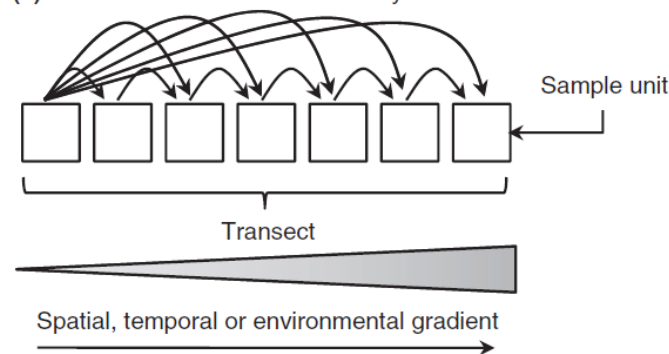
# MÍRY BETA DIVERZITY

- o popisuje rozdílnost v druhovém složení mezi vzorky

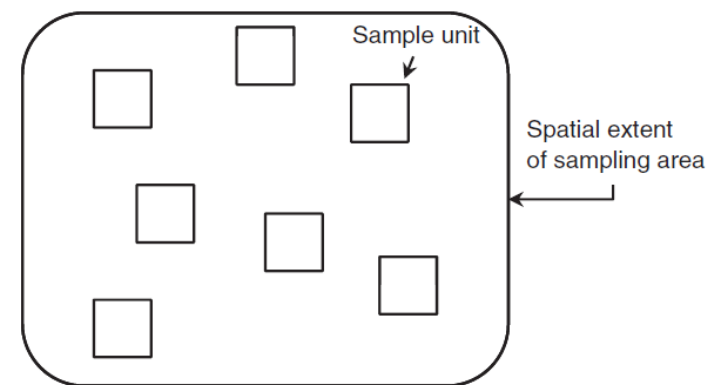
Dva základní typy beta diverzity:

1. *turnover* (obrat druhů podél ekologického, prostorového nebo časového gradientu)
  - Kolik nových druhů přibude a kolik jich ubude, když se pohybují podél gradientu?
2. *variation* (variabilita v druhovém složení mezi vzorky, bez ohledu na směr nějakého gradientu)
  - Opakují se v různých vzorcích pořád ty samé druhy?
  - Jak moc celkový počet druhů v regionu přesahuje průměrnou druhovou bohatost vzorku?

(a) Directional turnover in community structure



(b) Variation in community structure (non-directional)



Anderson et al. (2011)



# MÍRY BETA DIVERZITY

## KLASICKÉ INDEXY

- klasické indexy neberou v potaz druhové složení, ale jen počty druhů na lokální (alfa) a regionální (beta) úrovni

- Whittakerova beta diverzita (multiplikatívni míra):

$$\beta_w = (\gamma / \alpha') - 1 \quad \alpha' \dots \text{průměrná druhová bohatost vzorků}$$

- kolikrát bohatost regionu přesahuje průměrnou bohatost vzorku

- Additivní míra beta diverzity:

$$\beta_{\text{Add}} = \gamma - \alpha'$$

- průměrný počet druhů, které chybí v jednom náhodně vybraném vzorku/ploše
- výhodou je, že jednotkami jsou počty druhů

- Multiplikatívni míra, která bere v potaz vyrovnanost:

$$\beta_{\text{Shannon}} = H_\gamma / H_\alpha$$

- místo počtu druhů používá Shannonův index diverzity vypočtený pro regionální a lokální druhovou bohatost

# MÍRY BETA DIVERZITY

## MNOHOROZMĚRNÉ INDEXY

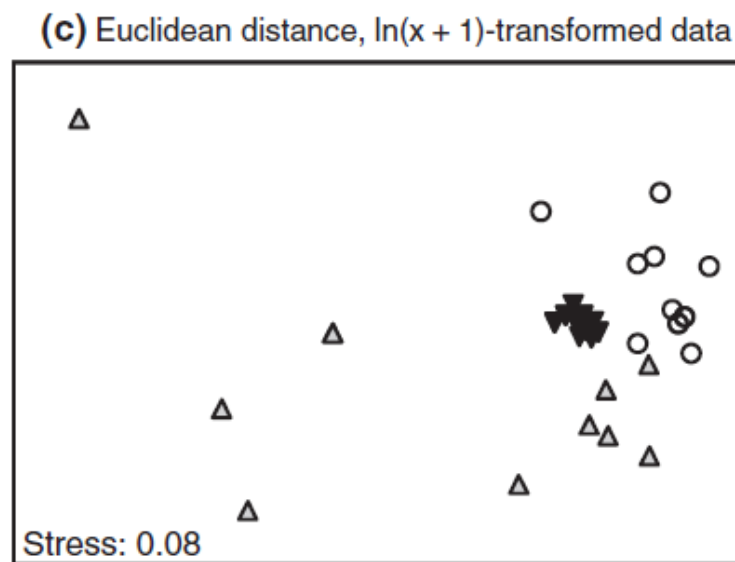
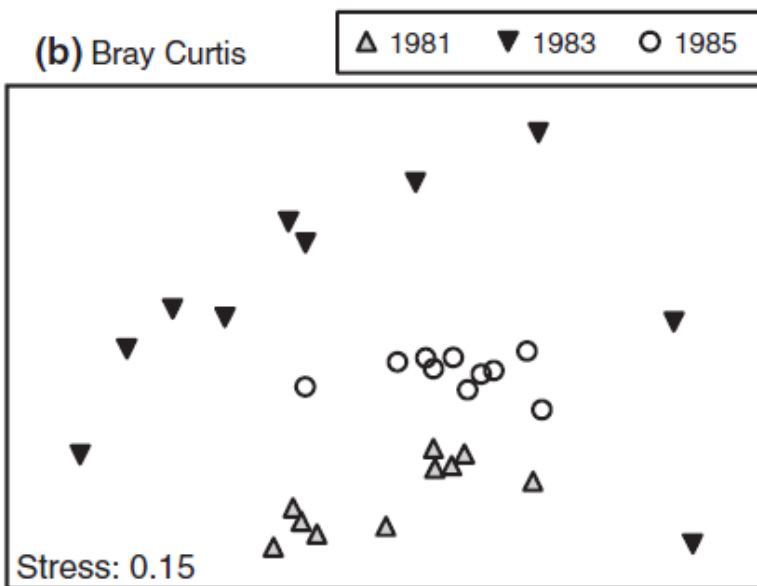
- mnohorozměrné indexy pracují přímo s druhovým složením a hledají rozdíly v druhovém složení dvou a více vzorků/ploch
- používá indexy podobnosti (případně nepodobnosti) v druhovém složení mezi páry vzorků/ploch
  - Bray-Curtis, Jaccard, Sorensen, Euclidovská vzdálenost atd.
  - beta diverzita skupiny vzorků/ploch se spočte jako průměrná hodnota těchto podobností
- délka první osy DCA také vyjadřuje beta diverzitu (v jednotkách s.d.)

# MÍRY BETA DIVERZITY

## MNOHOROZMĚRNÉ INDEXY

Rozdíly v interpretaci beta diverzity založené na Bray-Curtis indexu nepodobnosti a Euklidovské vzdálenosti

- na příkladu rozdílu v druhovém složení korálových útesů (Indonésie) v letech 1981, 1983 a 1985 (zásah El Nino v roce 1982)
- NMDS ordinace



Anderson et al. (2011)

# MÍRY BETA DIVERZITY

## MNOHOROZMĚRNÉ INDEXY

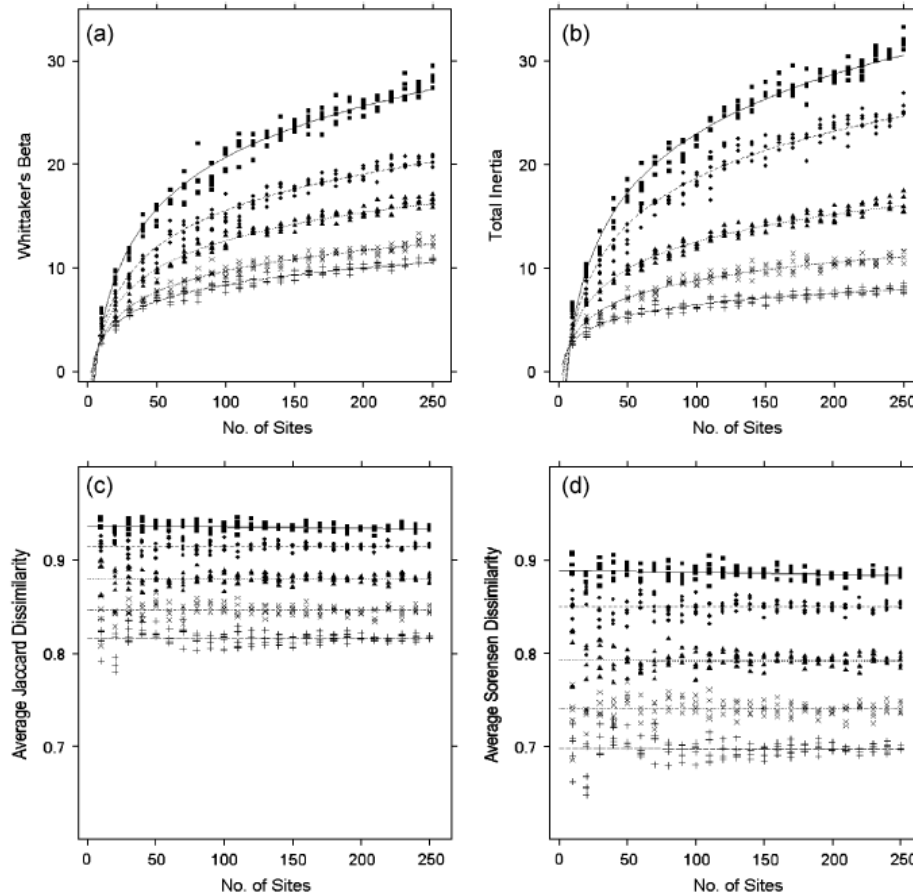


Fig. 3. Relationships between cluster size and heterogeneity calculated from datasets of decreasing heterogeneity using different heterogeneity measures: (a) Whittaker's beta, (b) total inertia, (c) average Jaccard dissimilarity and (d) average Sørensen dissimilarity. Symbols for datasets, ranked by decreasing heterogeneity, are: ■ H1, ● H2, ▲ H3, × H4, + H5.

Roleček et al. (2009) *J. Veg. Sci.*

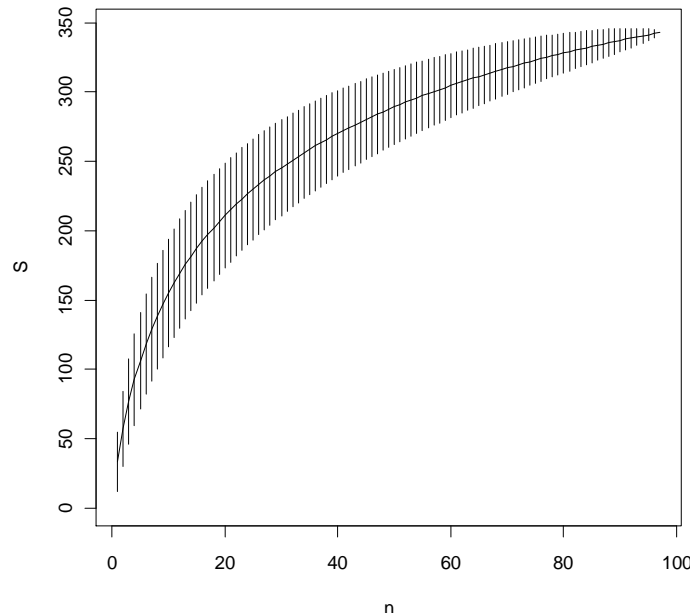
# INDEXY FUNKČNÍ DIVERZITY

- funkční diverzita – zohledňuje diverzitu funkčních typů (*functional traits*), které se ve vzorku vyskytují
- druhová bohatost se často považuje za odhad funkční diverzity, ale nepřesný – dva různé druhy mohou ve společenstvu plnit stejnou funkci (mít stejnou kombinaci funkčních typů)
- Rao index (Lepš et al. 2006 *Preslia*)
  - $FD = \sum_i \sum_j d_{ij} p_i p_j$   
 $d_{ij}$  ... nepodobnost mezi druhem  $i$  a  $j$   
 $p_i, p_j$  ... relativní abundance druhu  $i$  a  $j$

# AKUMULAČNÍ DRUHOVÁ KŘIVKA

## *SPECIES ACCUMULATION CURVE*

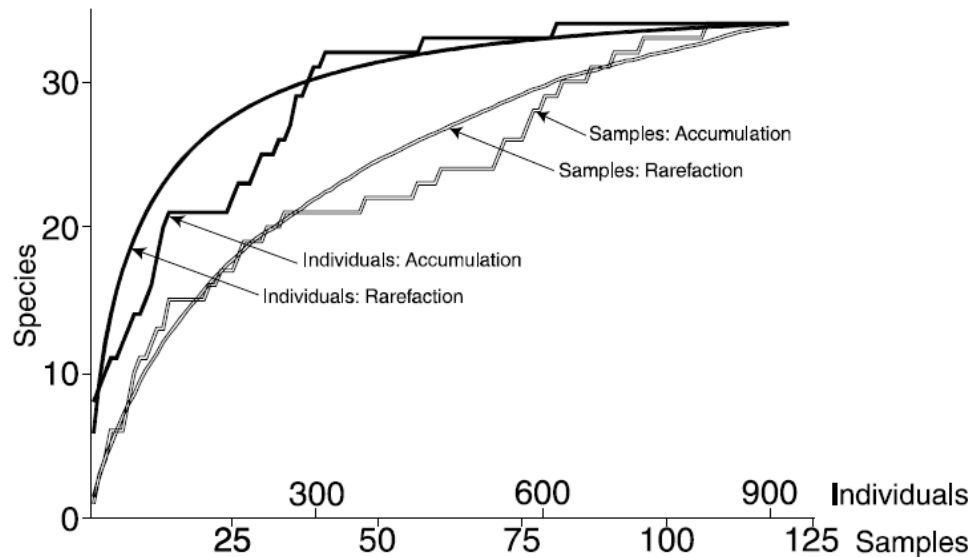
- vynáší kumulativní počet druhů ( $S$ ) v závislosti na intenzitě vzorkování ( $n$  – počet jedinců, počet ploch, čas)
- zvláštním typem je *species-area curve* (ale jen v případě, že plocha narůstá v rámci určitého území, neplatí pro ostrovy)
- čte se zlevo doprava
- může být extrapolována (zvýší intenzita průzkumu celkový počet nalezených druhů?)



# RAREFAKČNÍ KŘIVKA

## RAREFACTION CURVE

- cílem je zjistit, jaká by byla druhová bohatost, pokud bychom v daném společenstvu nasbírali menší počet jedinců/vzorků (*to rarefy* – rozředit)
- porovnání druhové bohatosti mezi společenstvy s různým počtem jedinců/vzorků
- čte se zprava doleva
- rozdíl mezi *sample based* a *individual based* rarefaction



# SOFTWARE

## (MIMO R, VE KTERÉM SPOČTETE VŠECHNO)

- indexy alfa diverzity (Shannon, Simpson atd.) a beta diverzity
  - Excell
  - Biodiversity Pro (Neil McAleece, <http://www.sams.ac.uk/research/software>)
  - EstimateS (Robert Colwell, <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>)
  - PC-ORD 5
  - JUICE
- species accumulation curve a rarefaction
  - PC-ORD 5
  - JUICE-R funkce Dany Michalcové (<http://bit.ly/juice-r>)
  - EstimateS (Robert Colwell, <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>)