



Živočichové a prostředí

Jitka Feřtová

Předmět - Zoologie a ekologie živočichů. Obor – Ochrana přírody a životního prostředí, 1. ročník LS

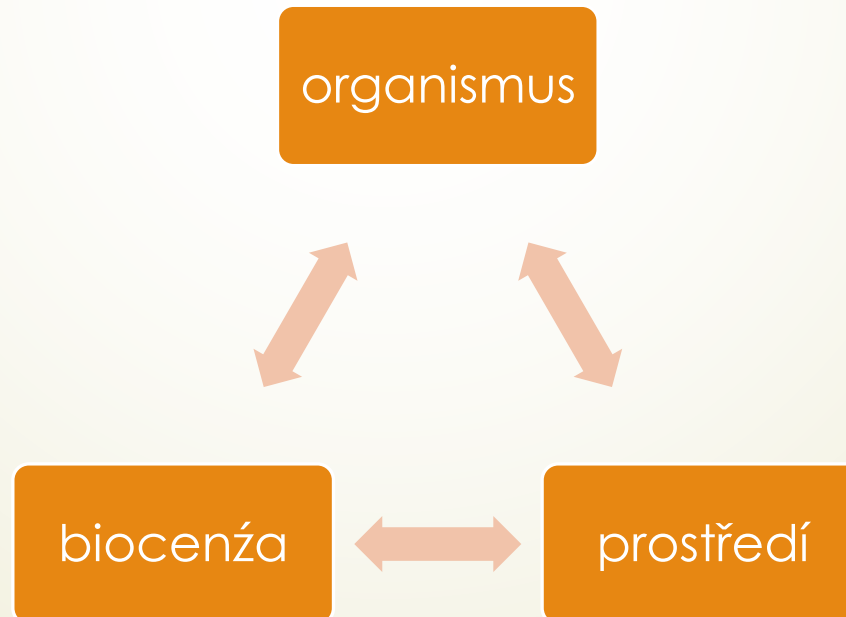


Co nás dnes čeká?

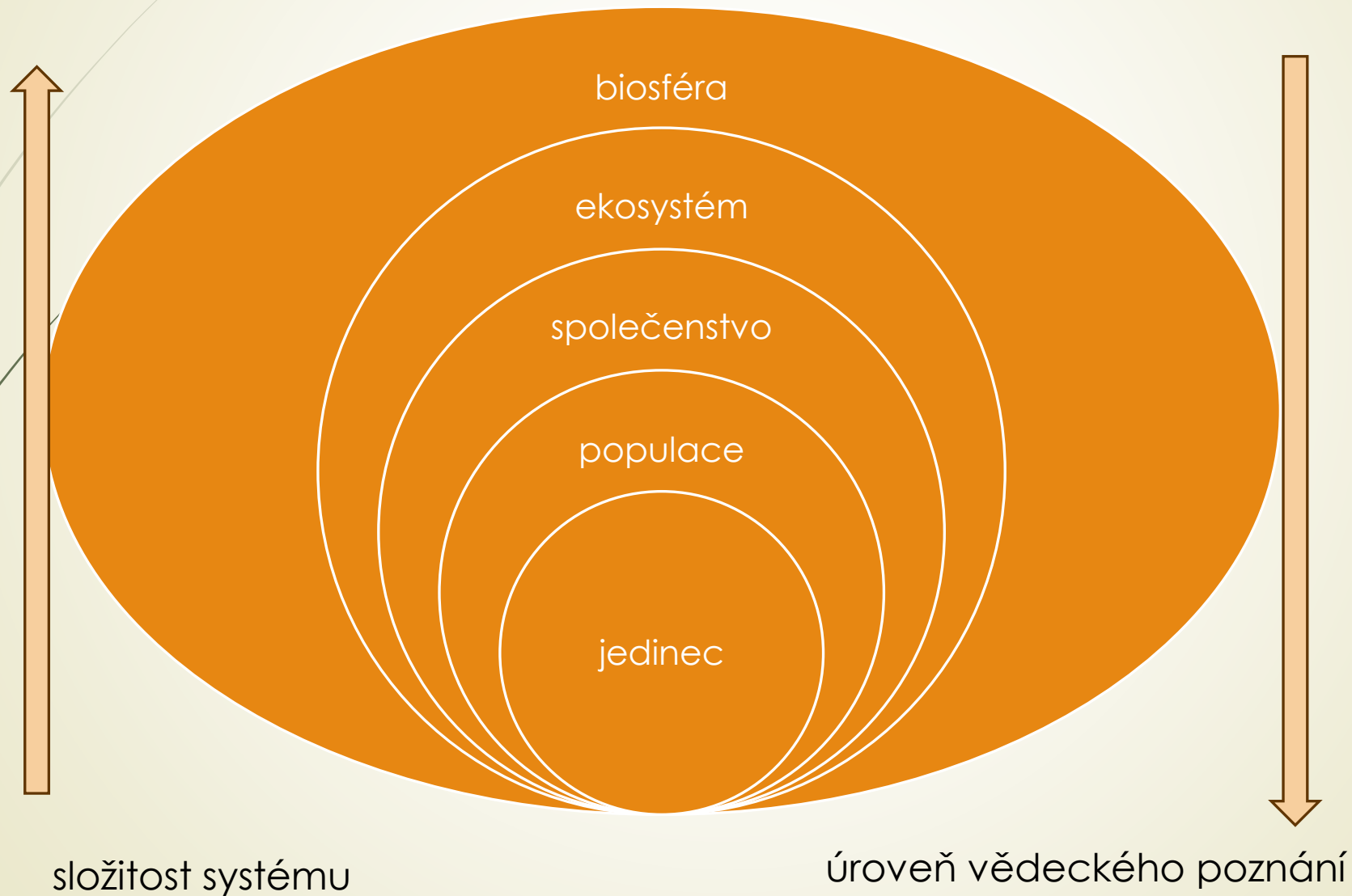
- ▶ Základní pojmy (jedinec, populace, společenstvo, ekosystém)
- ▶ Ekologická valence a ekologická nika
- ▶ Reakce živočichů na změny prostředí
- ▶ Adaptace a selekce - přirozený výběr
- ▶ Speciace – Alopatická, sympatická.....
- ▶ Divergence x konvergence
- ▶ Geografické rozšíření druhů

Ekologie jako vědní disciplína

- ▶ Ekologie věda zabývající se vztahy mezi organismy navzájem a vztahy mezi organismy a jejich prostředím
- ▶ Cíle zkoumání: jevy, vztahy, zákonitosti v přírodě – **p**ozorovat, **p**opsat, **p**orozumět (+ vysvětlit a zdůvodnit)
- ▶ Komplexní věda (znalost biologických disciplín, geologie, geografie, fyziky, chemie, matematiky...)



Úrovně studia ekologie



Základní pojmy - jedinec

► Koncept jedince

Unitární

- s odděleným pohlavím / hermafrodit
- polymorfismus

Modulární organismy

- organizmus, který roste tak, že opakovaně tvoří části

Včela medonosná
(*Apis mellifera*)



dělnice



matka



trubec



Základní pojmy - populace

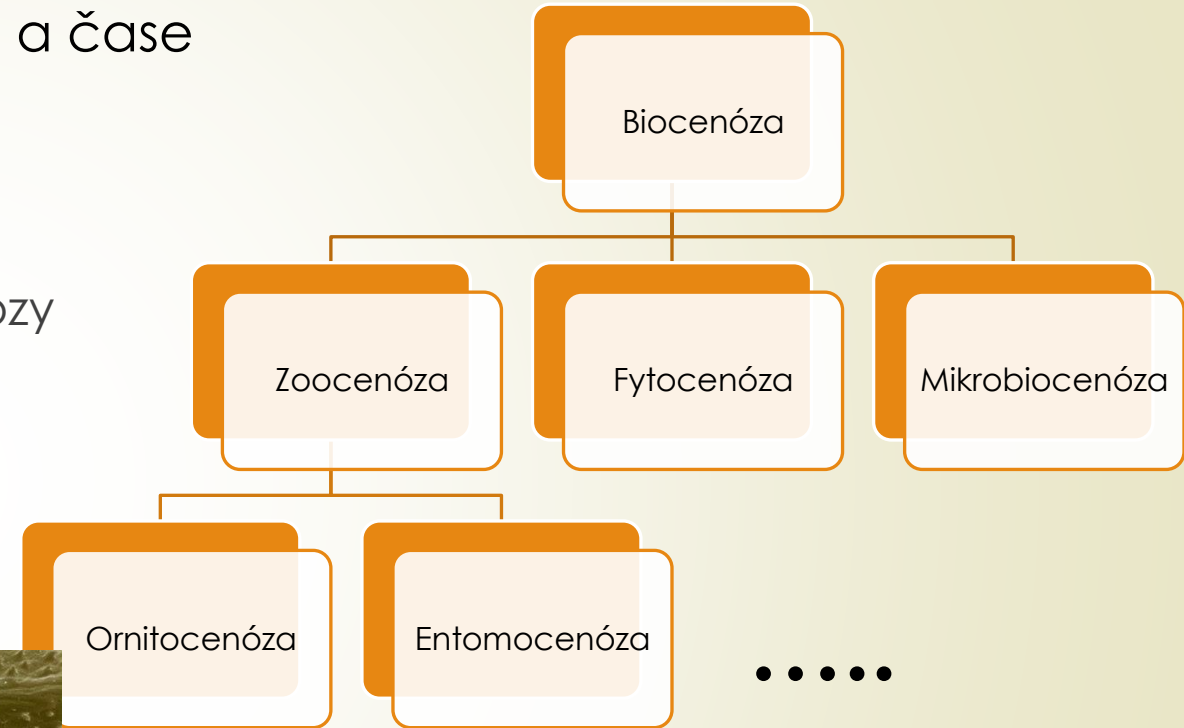
Populace = soubor jedinců téhož druhu v jednom čase na jednom místě

- Vlastnosti populace:
 - Homotypická – 1 druh
 - Ontogenetická - vlastnosti jedinců se v čase mění
 - Časově vymezená
 - Osídlující určitý prostor
 - Vlastnosti jsou dědičné a podléhají přírodnímu výběru za působení ekologických faktorů
 - V rámci populace přenos genetické informace mezi jedinci
- ▶ **Populace je základní jednotkou působení přírodního výběru - spolupůsobení heterogenity prostředí a variability genotypu populace**
- ▶ **Druh** je skupina populací reprodukčně izolovaná od ostatních skupin - E. Mayr (1942) - možnost genetického toku mezi populacemi = biologický koncept druhu

Základní pojmy - biocenóza

Společenstvo (biocenóza) = soubor populací všech druhů/resp. vybraných skupin druhů vyskytující se společně v prostoru a čase

- ▶ Hierarchické členění biocenózy:
 - taxocenózy
 - synuzie (soubor druhů obývajících část biocenózy majících některé společné ekologické rysy např- drobní zemní savci)
- ▶ **Ekosystém** – tvořen biocenózou a prostředím
- ▶ Důležitost měřítka!



Prostředí organismu

= všechny faktory a jevy vně organismu, které na tento organismus působí

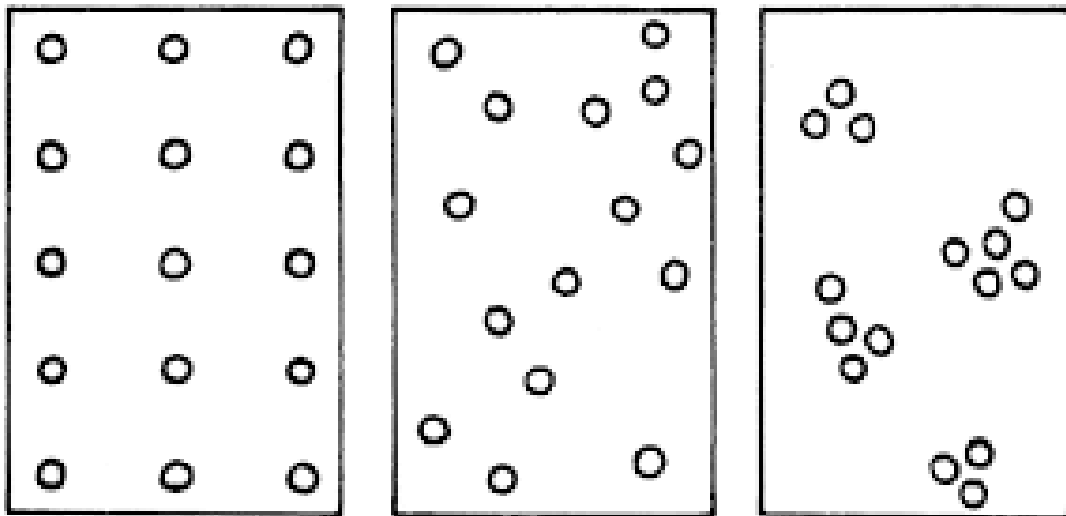
➤ Faktory - **abiotické** - fyzikální a chemické (klimatické, hydrické a edafické)

- **biotické** (vnitro a mezidruhové vztahy)

➤ Faktory - **podmínky**

- **zdroje** – spotřebovávají se – mohou být omezené → kompetice o zdroje

➤ Rozmístění druhů v prostředí: nenáhodné, nehomogenní



A

B

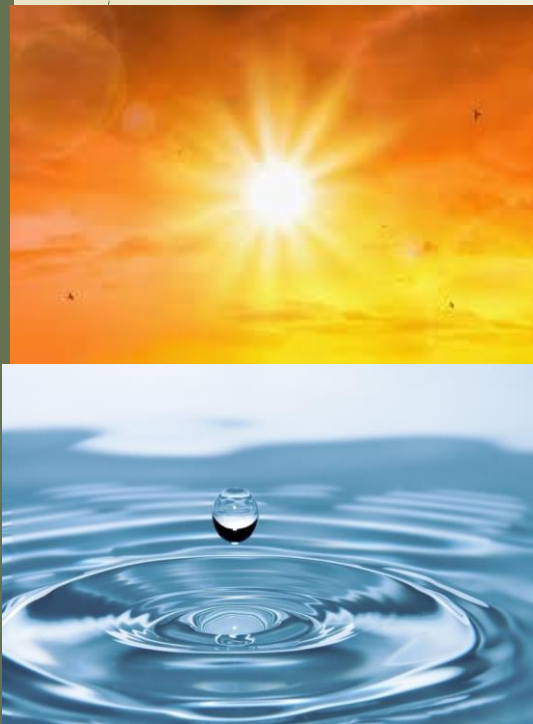
C

Typy: A – rovnoměrná – silná vnitrodruhová konkurence

B – náhodná - vzácná

C - nahloučení = agregační –nejčastější

Abiotické faktory prostředí



➤ Členění ekologických faktorů podle prostředí:

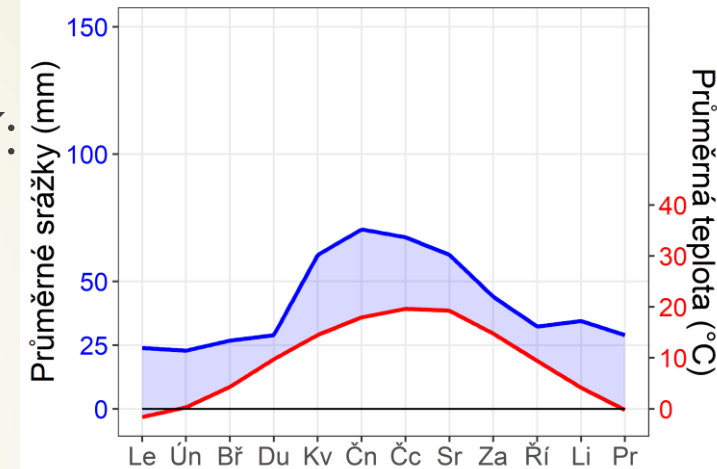
- Klimatop – soubor faktorů ovzduší
- Hydrotop – soubor faktorů vodního prostředí
- Edafotop – soubor půdních faktorů

➤ Členění ekologických faktorů podle periodicity jejich působení:

- Periodické – vliv planetárních pohybů (rotace, oběh Země, oběh Měsíce)
 - organismy jsou jejich účinkům dokonale přizpůsobeny
 - Primárně periodické: Teplota, světlo, mořské dmuť
 - Sekundárně periodické: Vlhkost, hustota, viskozita, rozpustnost plynů, potravní faktory, biologické interakce, oheň, zemědělství,
- Neperiodické – projevují se neočekávaně → disturbance (např. většina lidských zásahů – agroekosystémy, požáry, sopečná činnost, neobvyklý průběh meteorologických podmínek...)

Brno Tuřany 1961-2022

225 m n. m., 501 mm, 9.4 °C

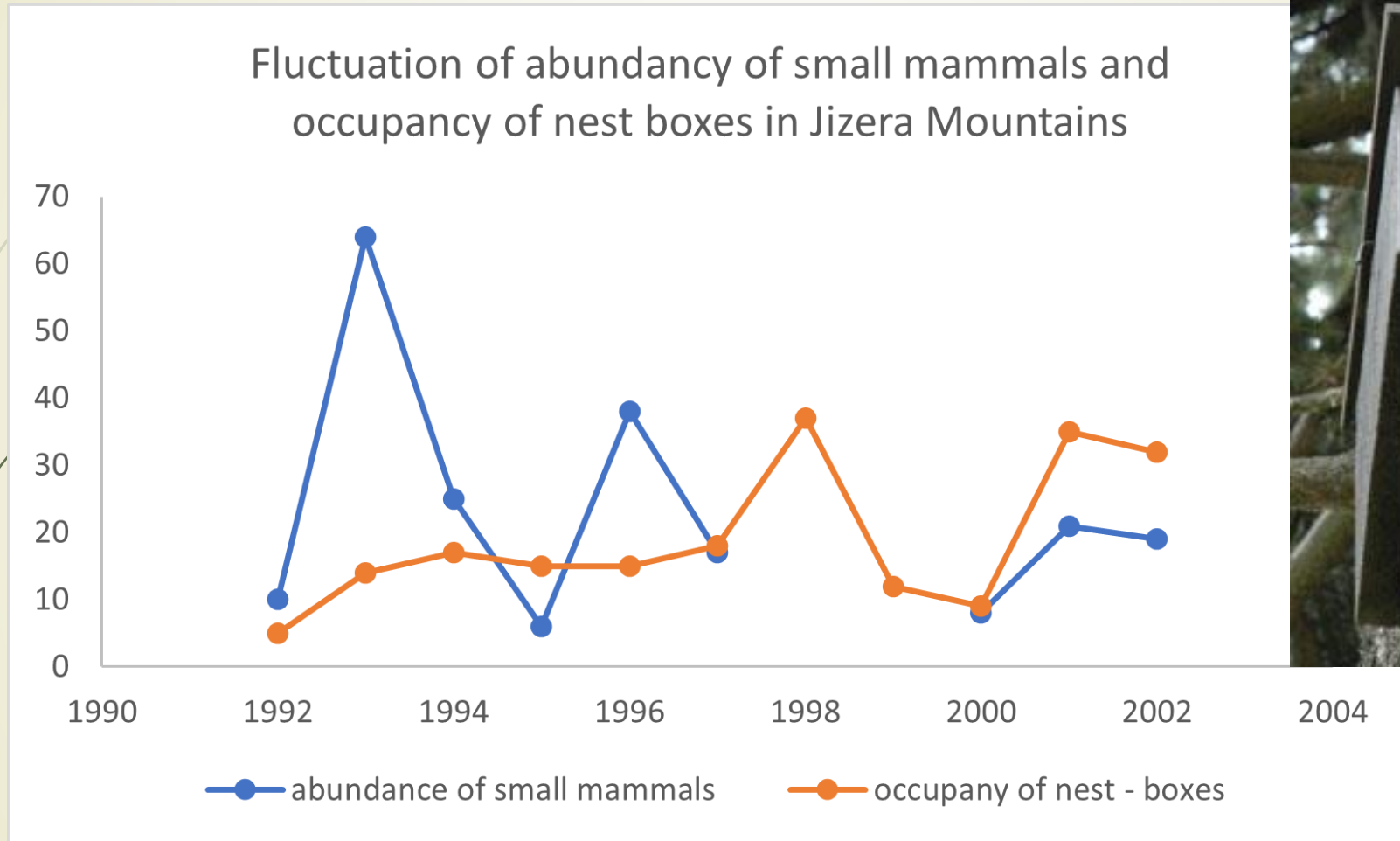


Liebigův zákon minima

- ▶ Liebig (1840) : „Život a růst organismů je limitován tím faktorem, kterého je nedostatek (je v minimu).“
- ▶ Platí především pro zdroje
- ▶ Př. pro růst rostlin jsou nejdůležitější prvky N, P a K → K potřebují málo a v půdě bývá dostatek, N díky lidské činnosti často nadbytek → limitní je většinou P



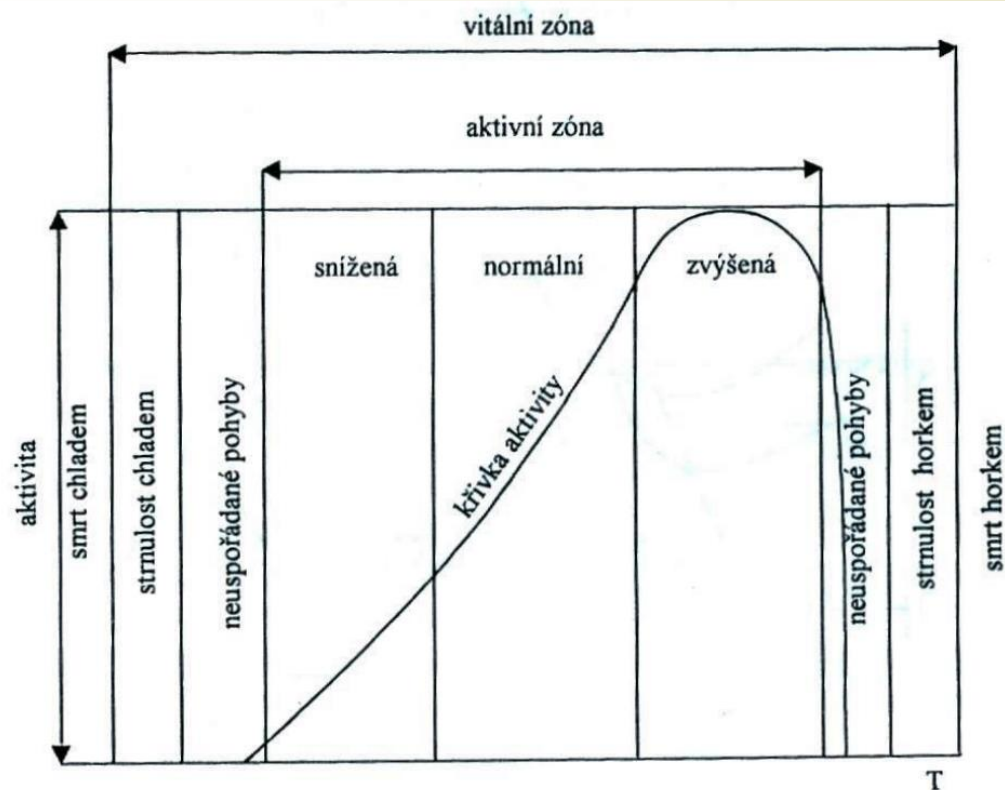
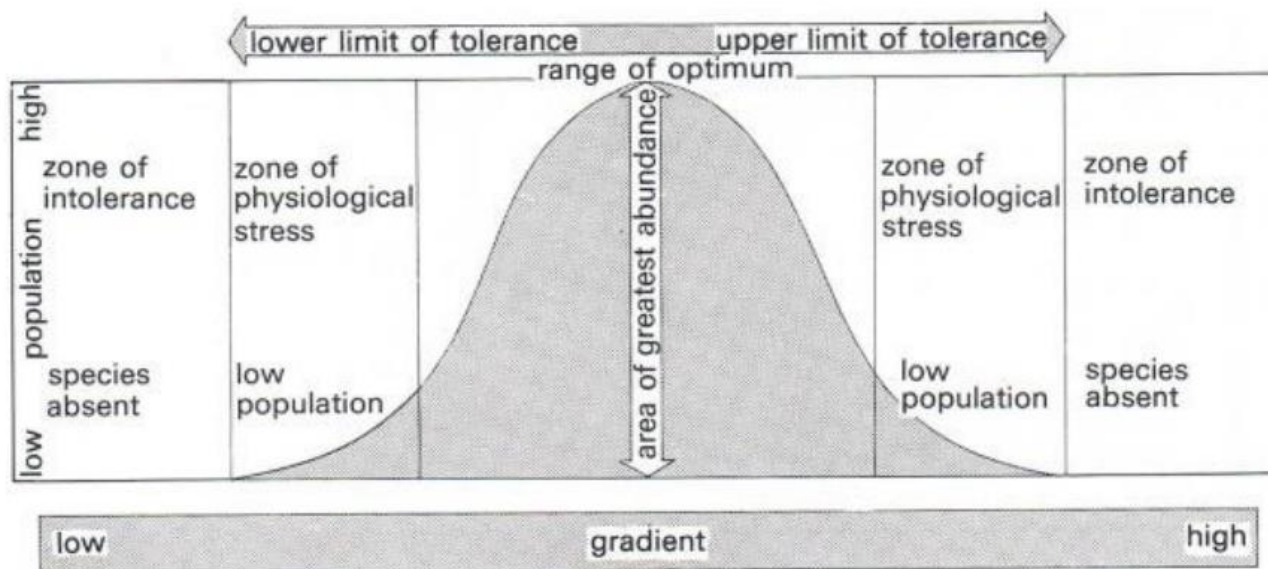
Limitní zdroje - příklad



- Fluktuace hnízdní populace sýce rousného v Jizerských horách po vyvěšení hnízdních budek a vztah s potravní nabídkou
- V první fázi je pro sýce limitní (ne)přítomnost hnízdních dutin, po vyvěšení budek je fluktuace populace synchronní s potravní nabídkou (potrava = limitní zdroj)

Shelfordův zákon tolerance

- V.E. Shelford (1913): „Organismus **toleruje** určité rozpětí faktorů (teplota, vlhkost, zástin, pH...), ve kterém může existovat. Limitující pro organismy nejsou pouze ty faktory, které se nachází v **minimu** z hlediska potřeb organismu, ale také ty, které se blíží **maximu** (snesitelnému maximu). Každý faktor má z hlediska potřeb organismu nějaké **optimum**.“
- Limitní pro organismus je ten faktor, který se vychyluje ze zóny tolerance (je nejdále od optima)
- Př. Vliv teploty na organismy



Obr. 8 Grafické znázornění závislosti aktivity na teplotě u poikiloternního druhu živočicha

Ekologická valence

= přizpůsobivost organismu

– rozmezí intenzity faktoru, při němž je organismus schopen existence

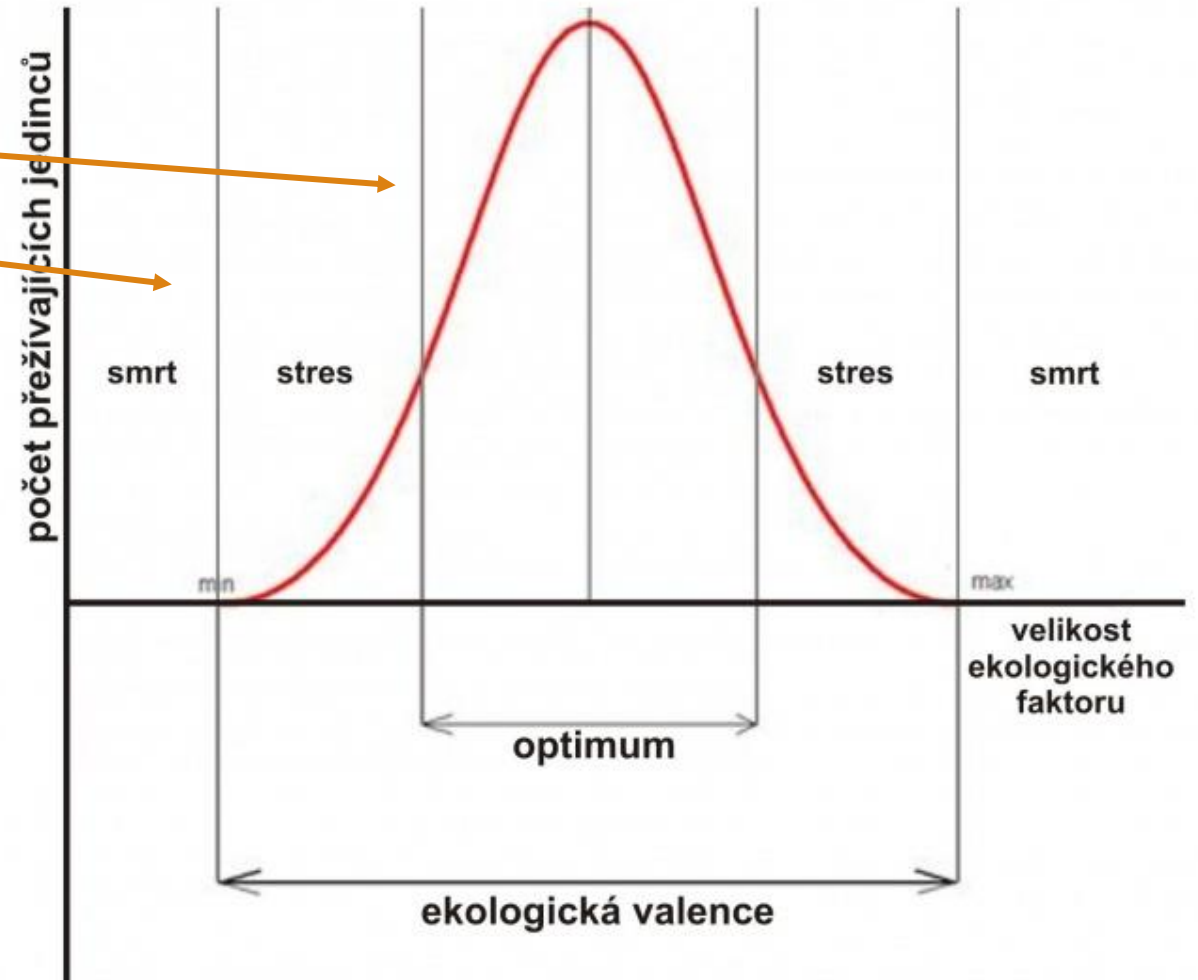
- Gasuova křivka (model)

- hranice optima

- hranice přežívání

▶ Preference optima

**Organismy většinou žijí v optimu,
ale o jejich přežití rozhodují extrémy!**





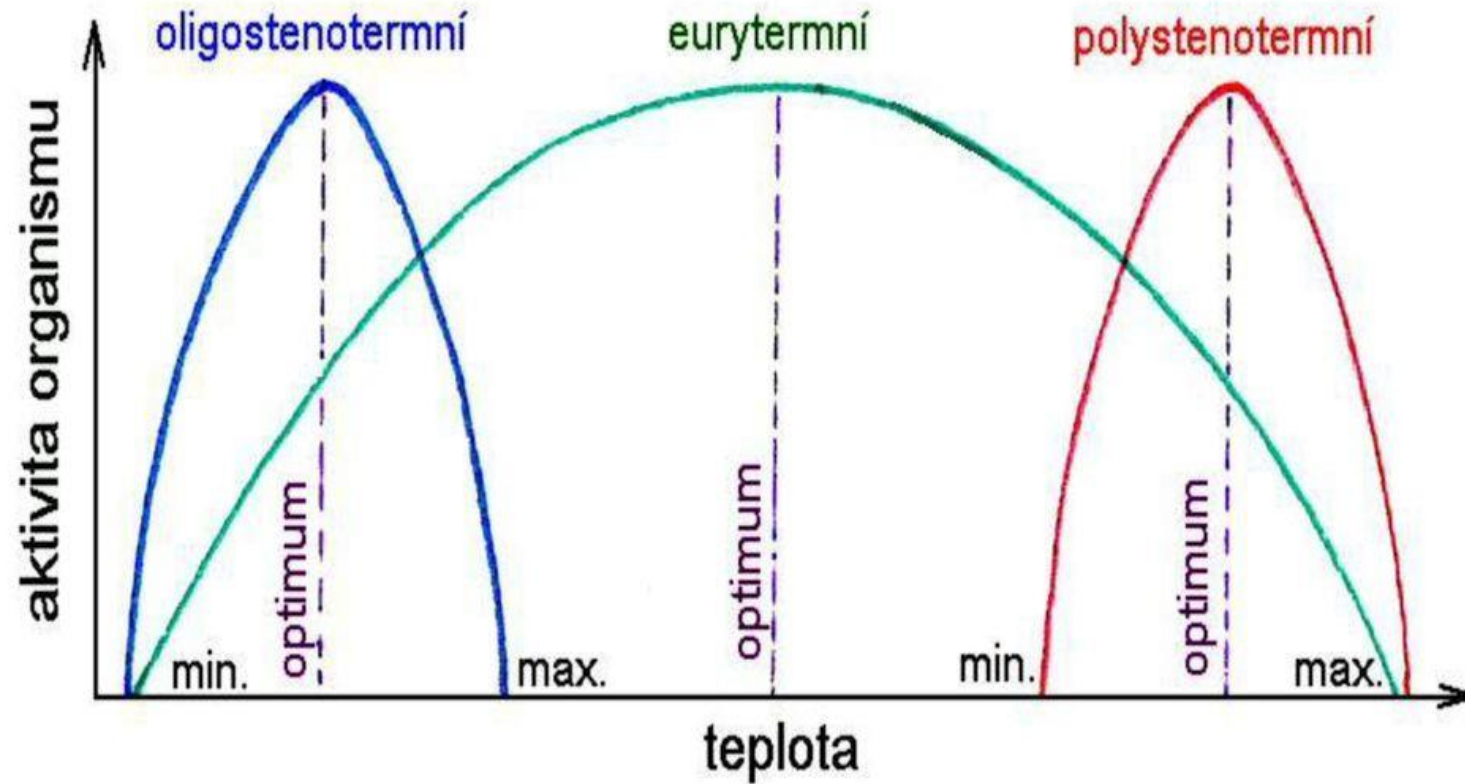
Ekologická valence

Podle ekologické přizpůsobivosti - organismy:

- ▶ **STENOEKNÍ** - organismy s úzkou ekologickou valencí (stenovalentní)
 - **oligo** – přizpůsobené pro nízké hodnoty faktoru
 - **poly** – přizpůsobené pro vysoké hodnoty faktoru
- ▶ **EURYEKNÍ** - organismy se širokou ekologickou valencí (euryvalentní)

Ekologická valence

- Př. Rozdělení organismů dle tolerance k faktoru teplota



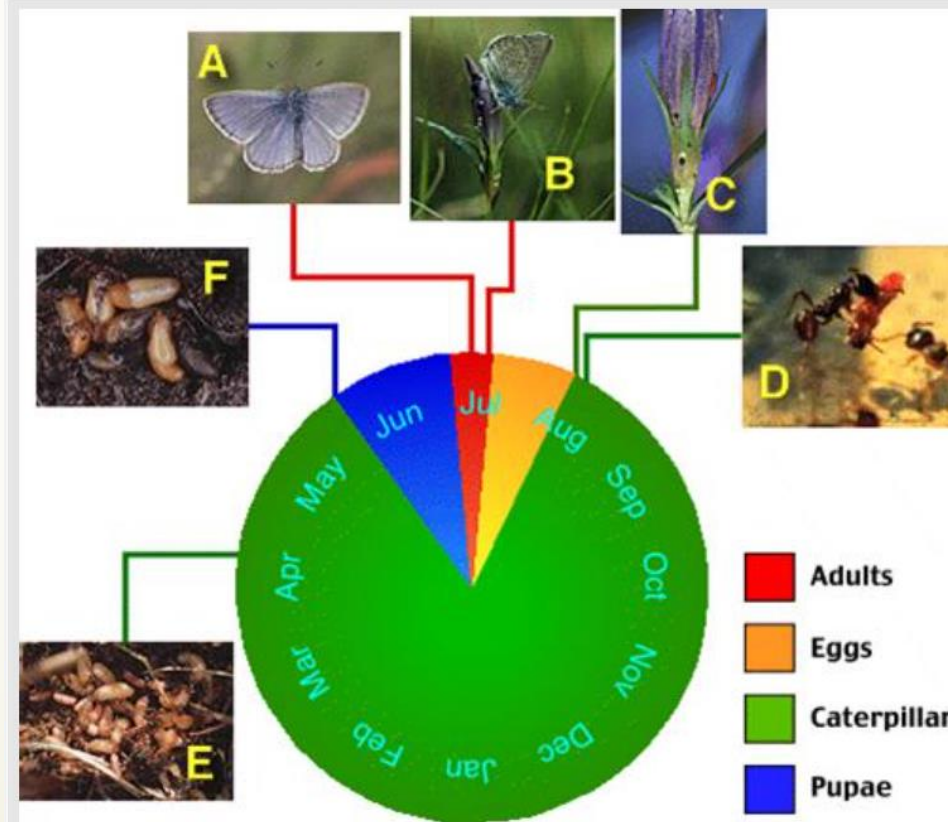
Euryekní druhy

- ▶ S širokou ekologickou valencí – ubikvisté – často velký areál až kosmopolitní rozšíření, druhy antropocenóz
- ▶ Př. Potkan
- ▶ Př. *Levhart skvrnitý* - z tropických savan a deštných lesů Afriky a Indonésie zasahuje až do pouští Arábie a lesů ruského Dálného východu



Stenoekní organismy

- Specifické nároky na jeden či více faktorů → často malý či ostrůvkovitý areál, často ohrožené....
- Př. Koala – úzká potravní nika – listy blahovičnicku
- Př. Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*)
 - chladné potoky s nízkým obsahem živin
- Př. Modrásci rodu *Maculinea*
 - složitý životní cyklus - specifické nároky na biotop (živná rostlina, hnízda mravenců r. *Myrmica*)



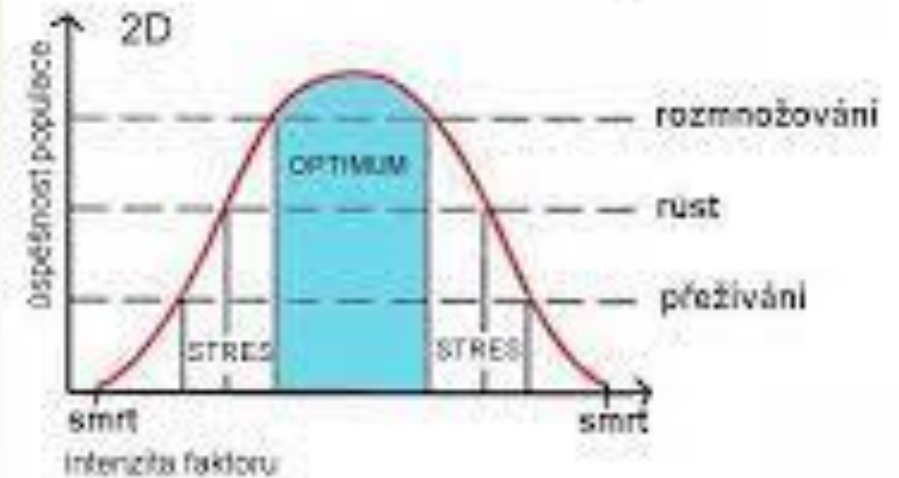
Životní cyklus modráska hořcového – *Maculinea alcon*, obr. – University of Copenhagen, Department of Biology

Ekologická nika

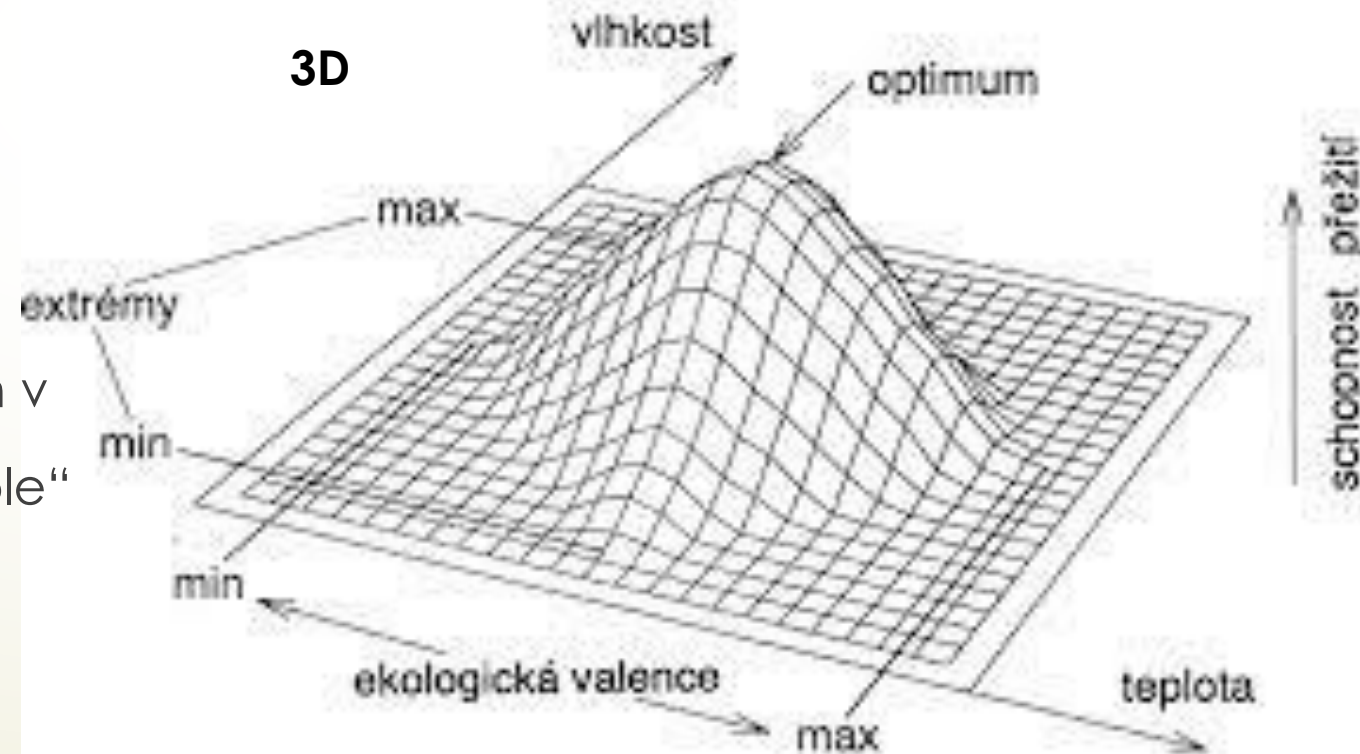
- ▶ Ekologickou niku determinují nároky druhu na zdroje a podmínky
- ▶ Rozmezí hodnot ekologických faktorů, při nichž se druh vyskytuje - umožňují životaschopnou existenci populace určitého druhu
- ▶ Nika = výklenek „prostoru“, který druh v ekosystému zaujímá, resp. komplexní začlenění druhu v prostředí – jeho „role“

Hutchinsonova koncepce niky (1957)

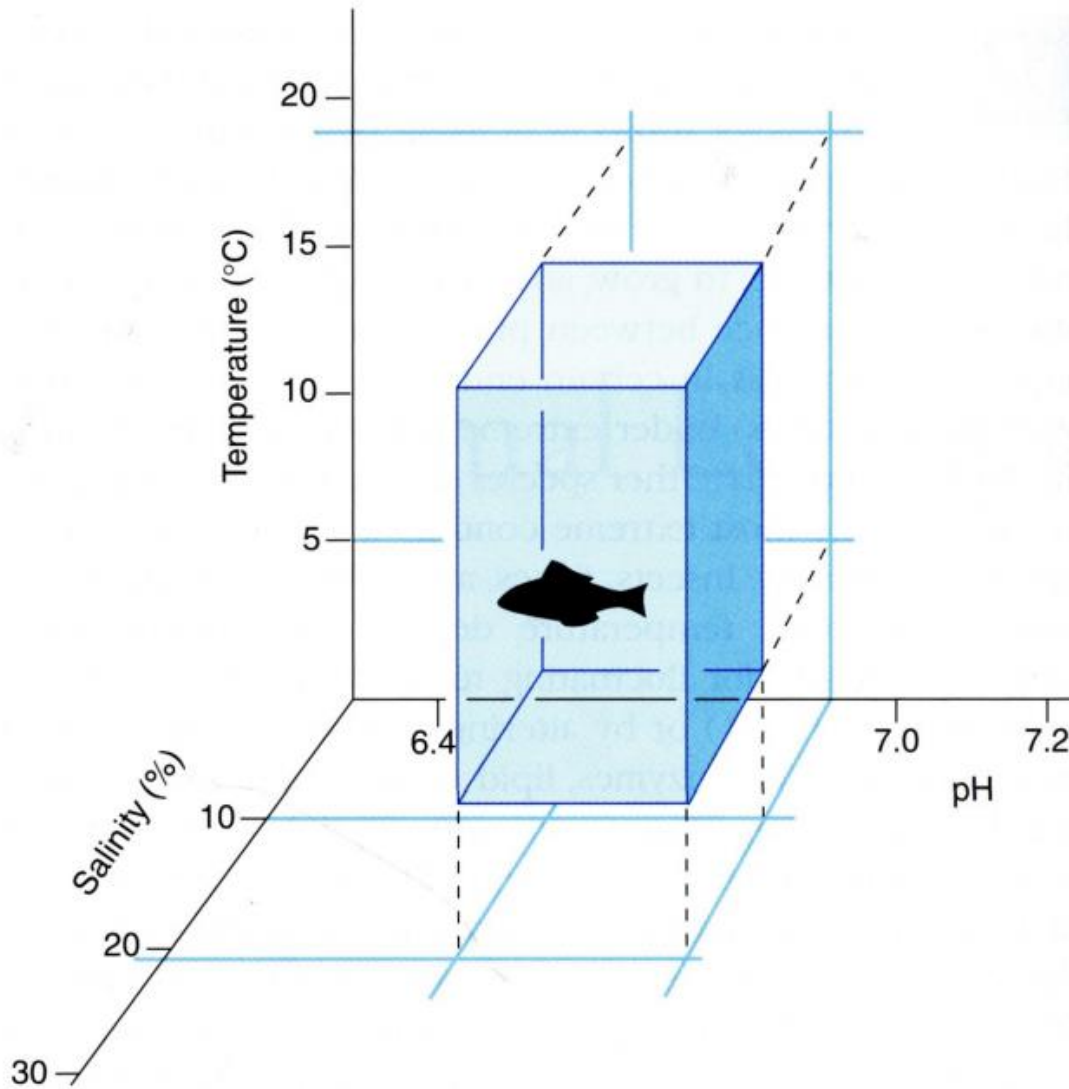
GAUSOVA KŘÍVKKA - ekologická valence



3D



Multidimensionální ekologická nika



- mnohorozměrný „prostor“, který druh zaujímá – každý rozměr představuje konkrétní faktor prostředí

1 rozměrná - křivka

2 rozměrná - plocha

3 rozměrná - prostor

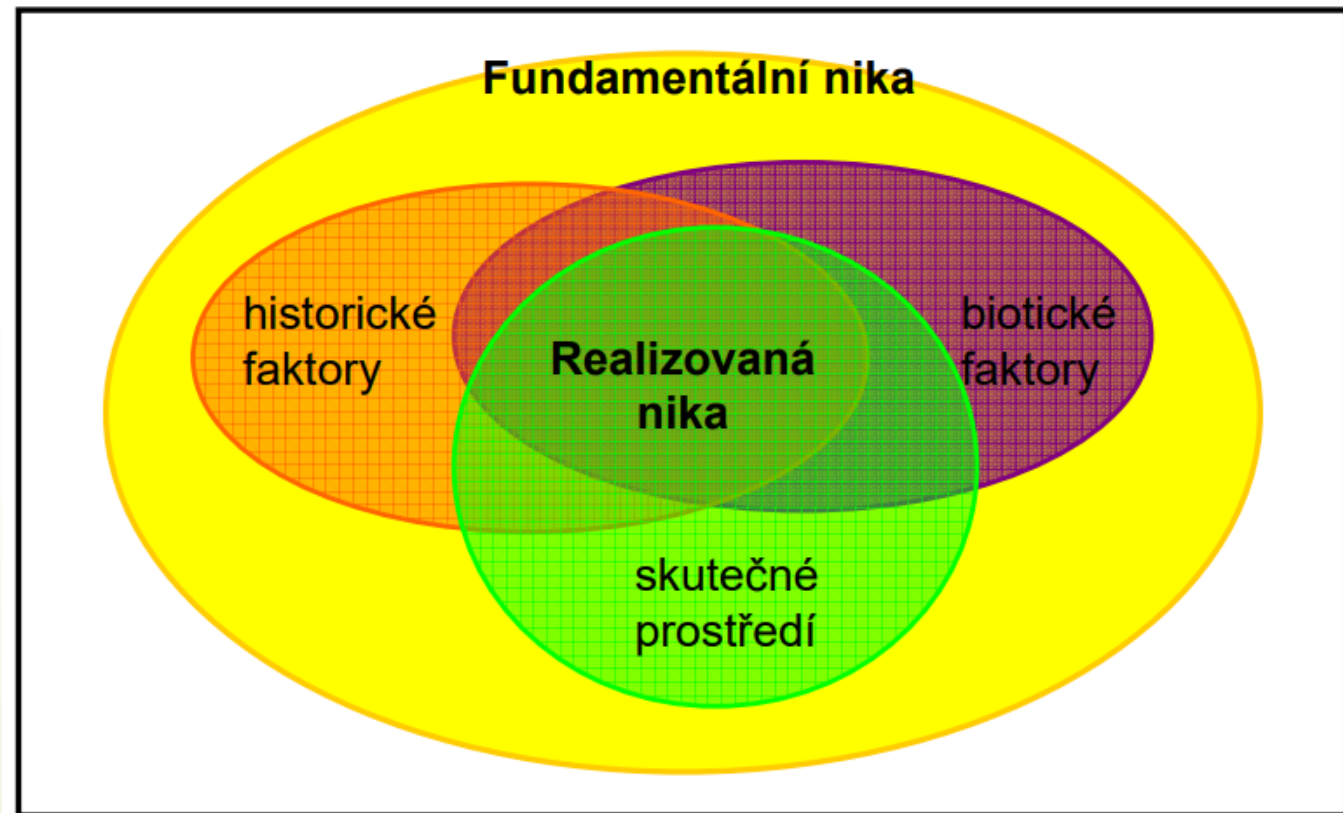
n-rozměrná - hyperprostor

- Pozice niky - hodnota podmínek a zdrojů, kdy má populace největší fitness

- Šířka niky - rozsah podmínek a zdrojů

Fundamentální versus realizovaná nika

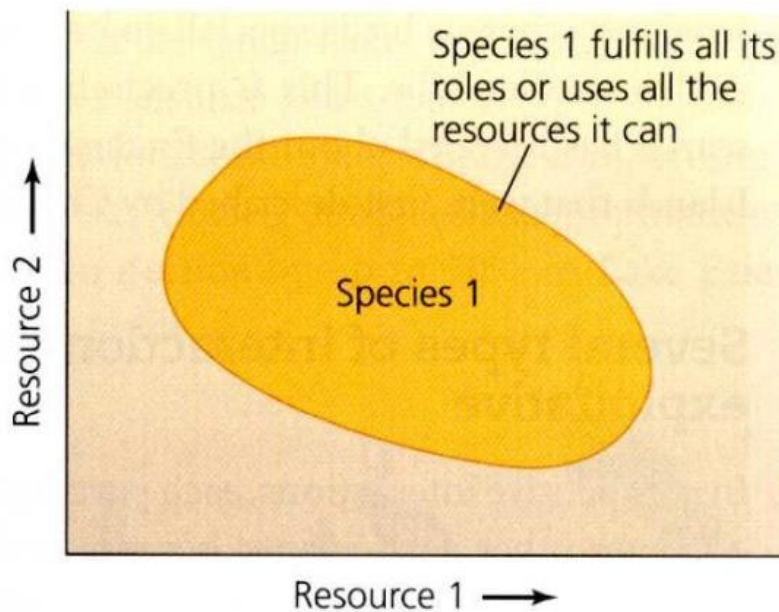
- ▶ **fundamentální** (teoretická) nika – celkový potenciál druhu, co by mohl využívat, kdyby neexistovali nepřátelé a konkurenti
- ▶ **realizovaná** (aktuální) nika – co druh skutečně využívá
 - omezená biotickými faktory (predátoři, kompetitoři)
 - prostředím – skutečné podmínky
 - historickými faktory



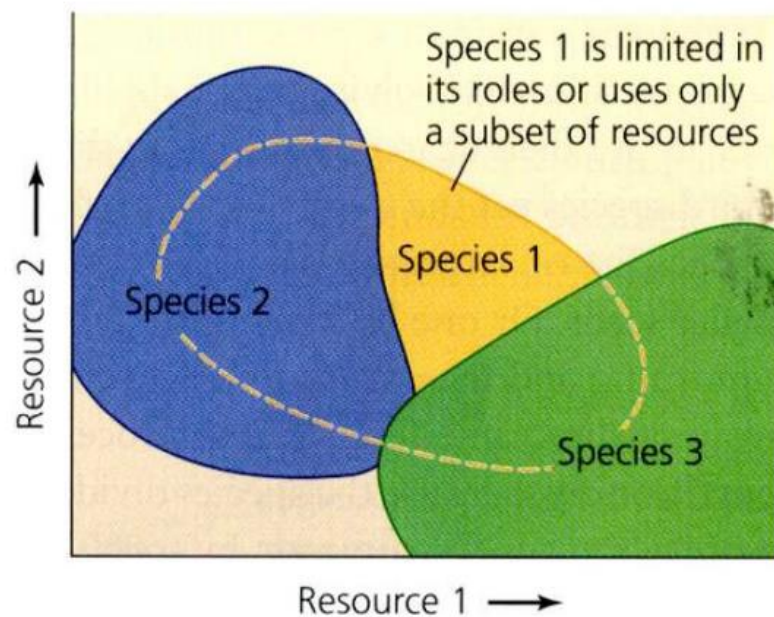
Nika - mezidruhové vztahy

Fundamentální versus realizovaná nika

- kompetice → zmenšení nik



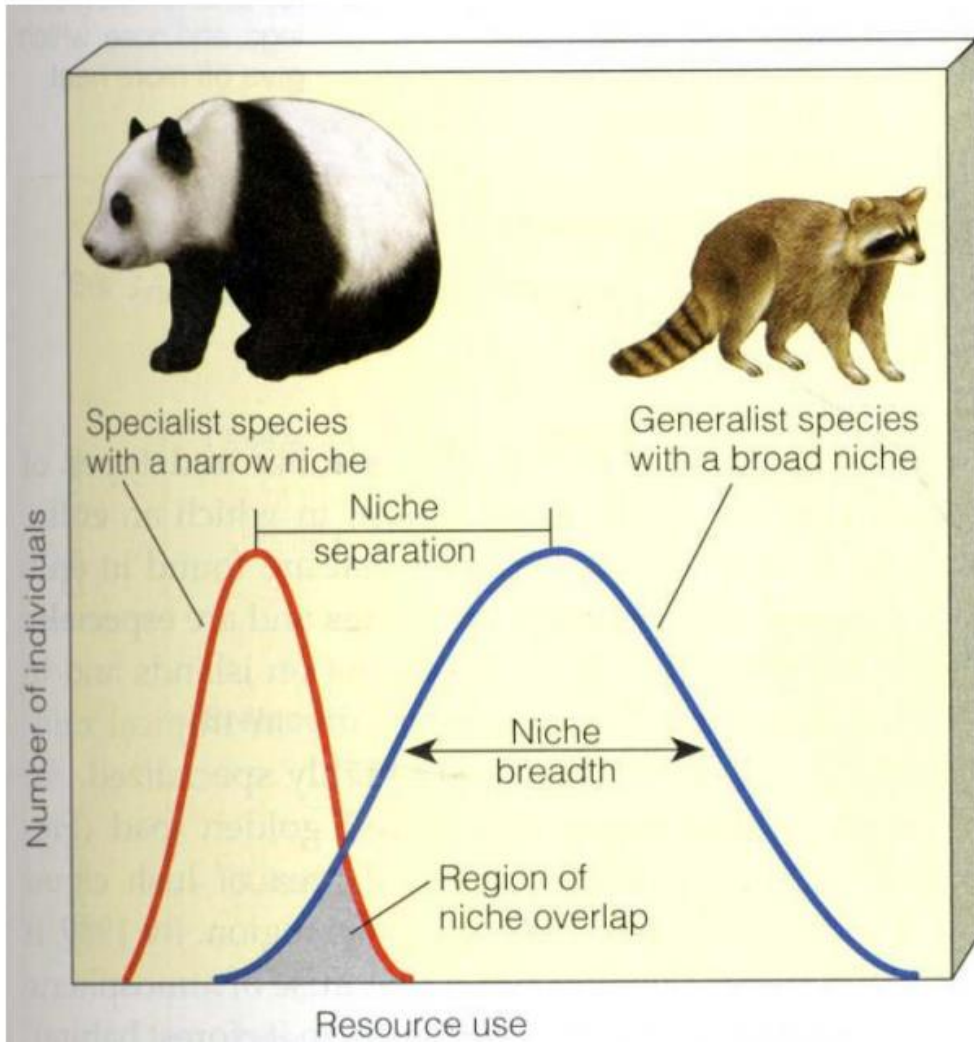
(a) Fundamental niche



(b) Realized niche

Nika - mezidruhové vztahy

Překryv nik dvou různých druhů



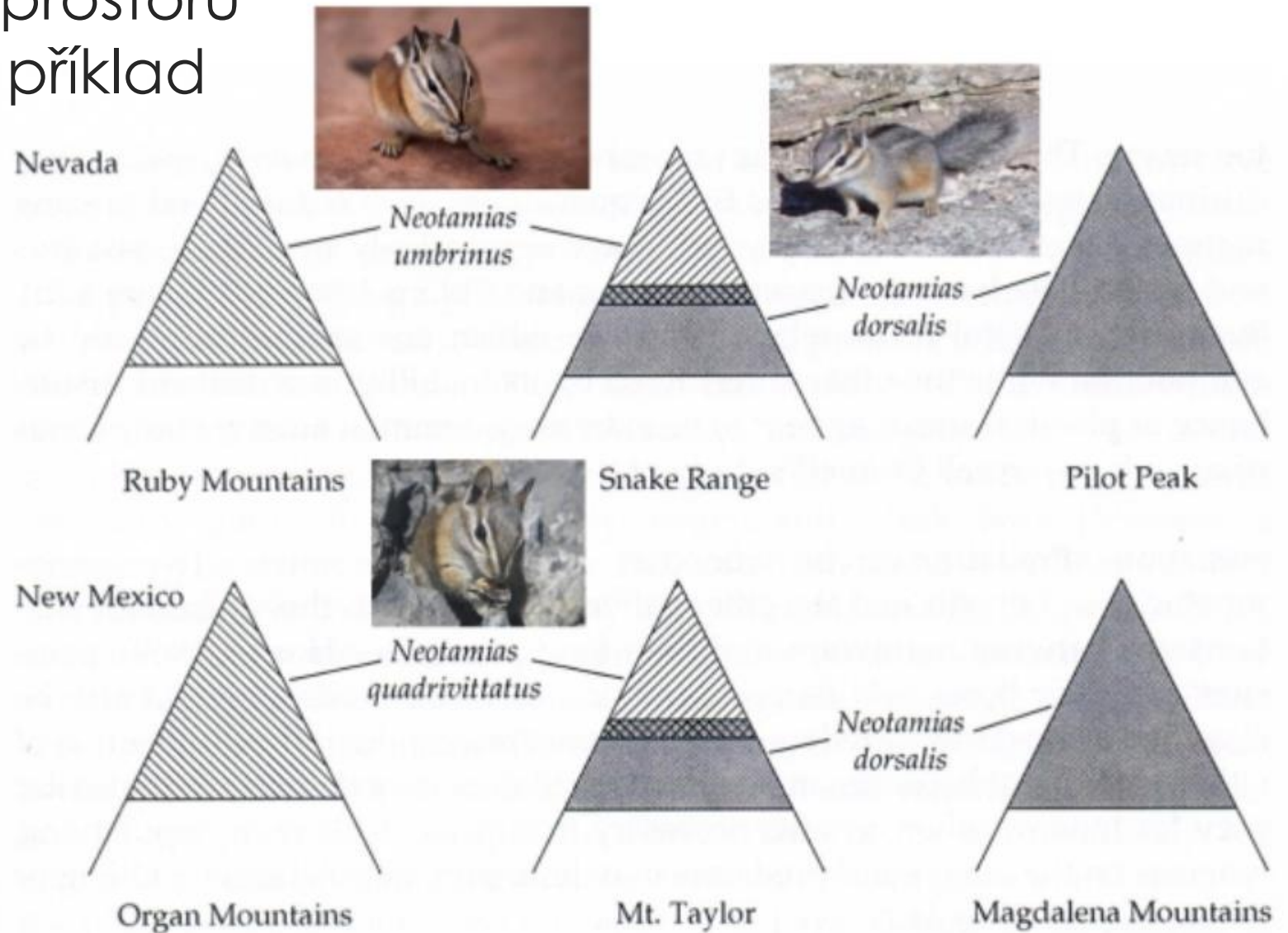
- Překryv nik (čím jsou si ekologické niky dvou druhů podobnější, tím více interakcí mezi nimi nastává)
- Princip kompetičního vyloučení (Gausův princip) – žádné dva druhy nebudou využívat stejnou niku a kompetitovat o přesně stejné zdroje
- Konkurenční „boj“ → kompetiční vyloučení (částečné v prostoru či čase) → specializace na různé zdroje → speciace

Segregace nik

- ▶ **Snižování konkurenčního tlaku – segregace nik**
- ▶ 1) oddělení nik podle zdrojů – specializace na odlišné zdroje
- ▶ 2) oddělení nik v prostoru – stejný zdroj, ale liší se místem, kde zdroj využívají nebo jsou vystaveni predaci
- ▶ 3) oddělení nik v čase – stejný zdroj, ale různá doba využívání zdroje nebo vystavení predaci

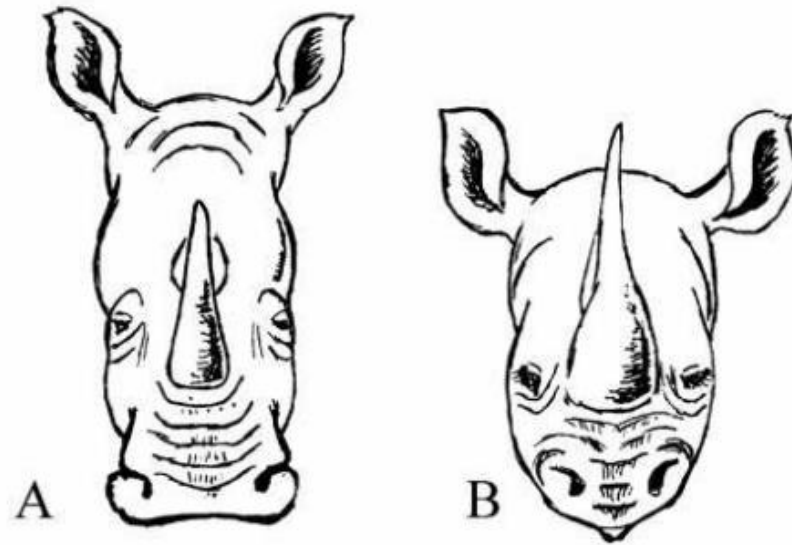


Kompetiční vyloučení v prostoru - příklad



Obr. 15: Výškové rozšíření čipmanků rodu *Neotamias* v horách na jihozápadě USA. Ve většině pohoří jsou přítomny dva druhy a jejich území se jen slabě překrývají. V pohořích, kde jeden druh chybí ten druhý obvykle expanduje na stanoviště, která normálně osídluje první druh (Lomolino et al. 2006, fotografie čipmanků převzaty z <http://commons.wikimedia.org/>).

Oddělení nik podle zdrojů



Obr. Využití různých potravních nik dvěma blízkce příbuznými sympatrickými druhy. Nosorožec tuponosý (A) má rovné široké pysky uzpůsobené k pastvě – škubání trávy (říká se mu také nosorožec širokohubý). Nosorožec dvourohý (B) má na horním pysku jakýsi „prstík“ usnadňující okusování listů z větviček keřů. Angličtina má pro tento způsob výživy název „browsing“ (JK podle Veselovského, 1974).



Specializované potravní niky ptáků

Black skimmer
seizes small fish
at water surface



Flamingo
feeds on
minute
organisms
in mud



Scaup and other
diving ducks feed on
mollusks, crustaceans,
and aquatic vegetation



Brown pelican dives for fish,
which it locates from the air



Avocet sweeps bill through
mud and surface water in
search of small crustaceans,
insects, and seeds



Louisiana heron wades into
water to seize small fish



Oystercatcher feeds on
clams, mussels, and
other shellfish into which
it pries its narrow beak



Dowitcher probes deeply
into mud in search of
snails, marine worms,
and small crustaceans



Knot (a sandpiper)
picks up worms and
small crustaceans left
by receding tide



Piping plover feeds
on insects and tiny
crustaceans on
sandy beaches



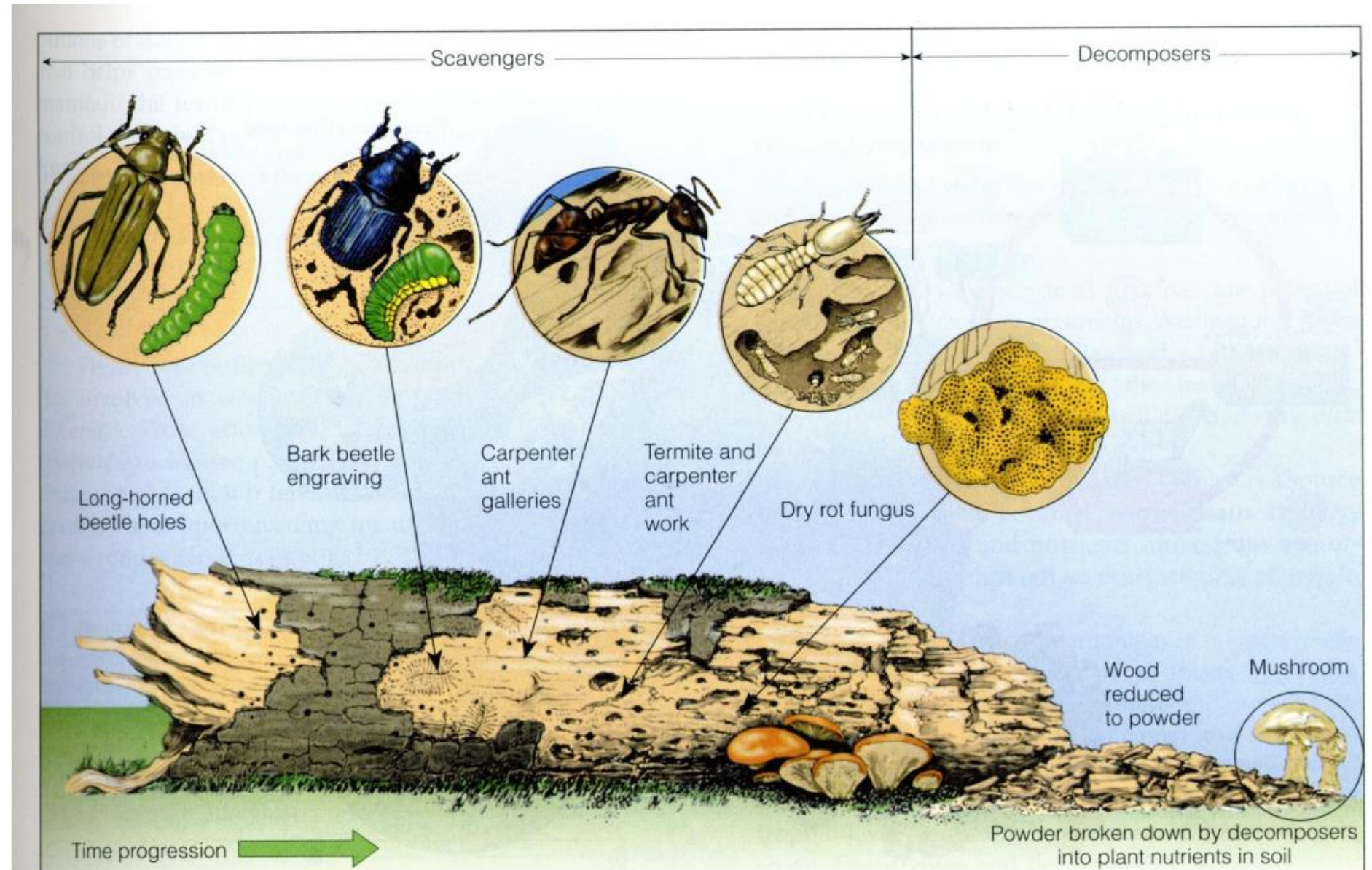
Herring gull is a
tireless scavenger



Ruddy turnstone searches
under shells and pebbles
for small invertebrates



Specializace organismů a gradient prostředí



Reakce živočichů na změny prostředí

- ▶ Změny faktorů (stres) → reakce - odpověď organismu (neevoluční změny):
 - fyziologické změny - aklimatizace
 - behaviorální změny (u mobilních druhů)
 - fenotypická plasticita – environmentálně indukovaná fenotypická variace
- ▶ S lepšími vlastnostmi (vrozenými – vyselektovány z přírodního výběru v předchozích generacích) a lepší odpovědí se zvyšuje fitness jedince – a následným působením přírodního výběru vznik/upevnění účelných (adaptivních) vlastností v další generaci

Fitness jedince

= biologická zdatnost – míra úspěšnosti předání své genetické informace do dalších generací

- relativní kvalita fenotypu (genotypu, alely) v daném prostředí měřená jeho genovými příspěvky (tj. počtem potomků) do budoucích generací
- 2 hlavní komponenty - trade-off (jedna roste na úkor druhé)
 - přežívání
 - plodnost

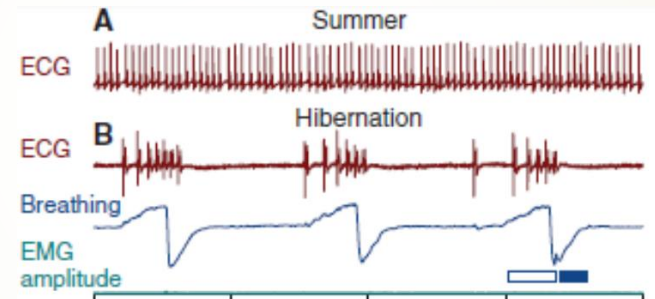
Ekologie x evoluce přírodním výběrem

Přírodní výběr - Darwinova teorie (1859)
5 letá cesta kolem světa na lodi H.M.S. Beagle

- ▶ Jedinci, kteří tvoří jednu populaci nejsou stejní (velikost, reakce na teplotu, fyziologie atd. - heterogenita)
 - ▶ Některé z těchto vlastností jsou dědičné, takže favorizované formy se přenášejí do další generace.
 - ▶ Každá populace je schopna vyprodukovat nadmíru potomstva, avšak jedinci se prakticky reprodukují v menší míře než jsou reálně schopni.
 - ▶ Různí jedinci po sobě zanechávají různé množství potomků. Počet potomků, které jedinec po sobě zanechává může záviset na interakcích mezi jeho vlastnostmi a prostředím.
- Přírodní výběr zvýhodňuje nejzdatnější jedince z právě přítomných a ne z maximálně zdatných tj. nejsou nejdokonalejší!

Adaptace

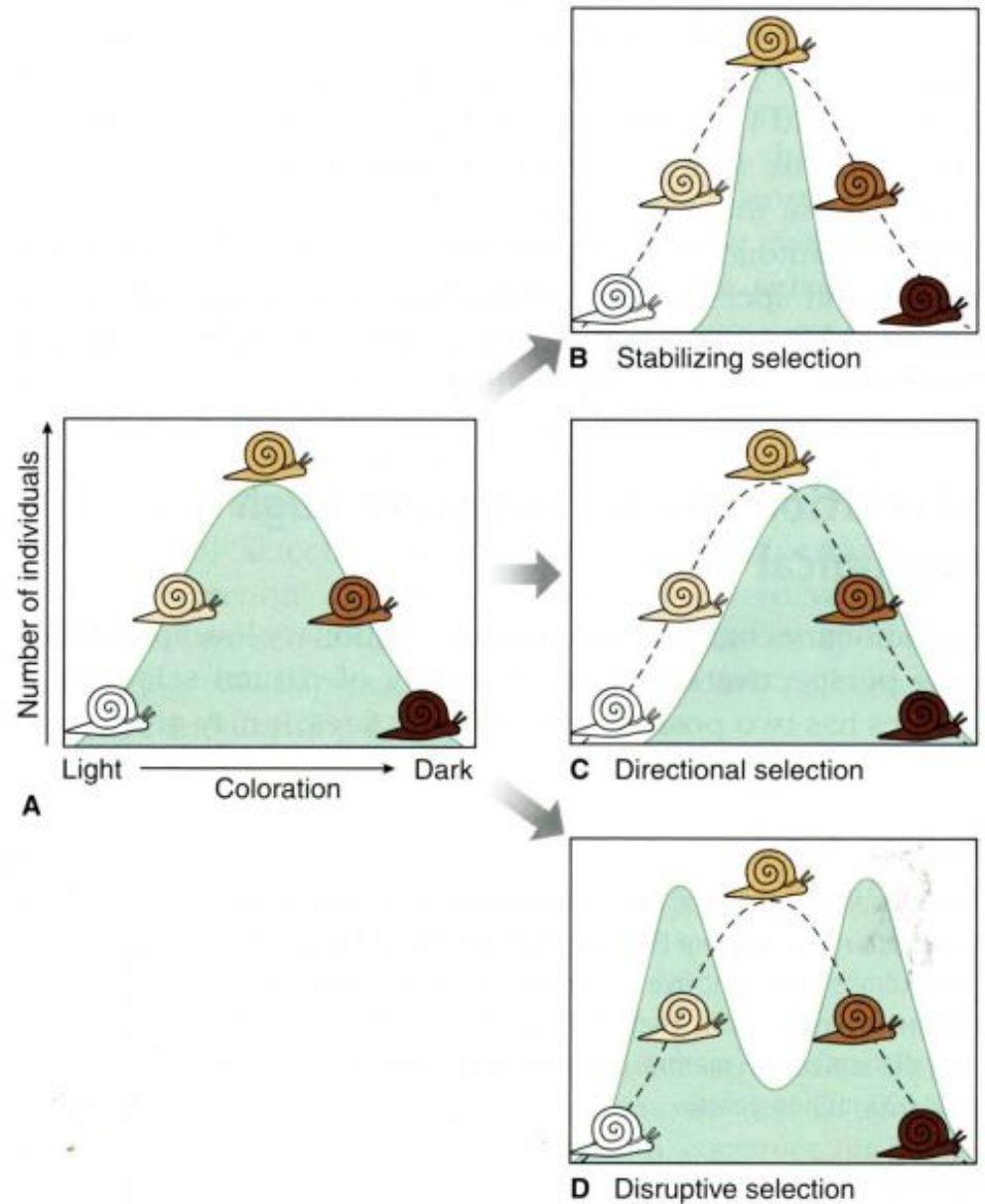
- ▶ = „přizpůsobení“ živočichů podmínkám prostředí během fylogenetického vývoje
- ▶ transgenerační změna vlastností v populaci = mikroevoluce X makroevoluce
- ▶ nevznikají za předem daným účelem, ale vybrány přírodním výběrem jako nejefektivnější varianta ze všech ostatních v populaci
 - morfologické
 - fyziologické
 - etologické



Selekční tlak

Selekce na příkladu zbarvení plžů

- a) Frekvence distribuce zbarvení před selekčním tlakem
- b) Stabilizující efekt eliminuje světlé a tmavé varianty
- c) Směrová selekce vede k posunu průměru jedním směrem
- d) Disruptivní selekce eliminuje „průměrné“ varianty fenotypu a může vést až ke vzniku dvou druhů

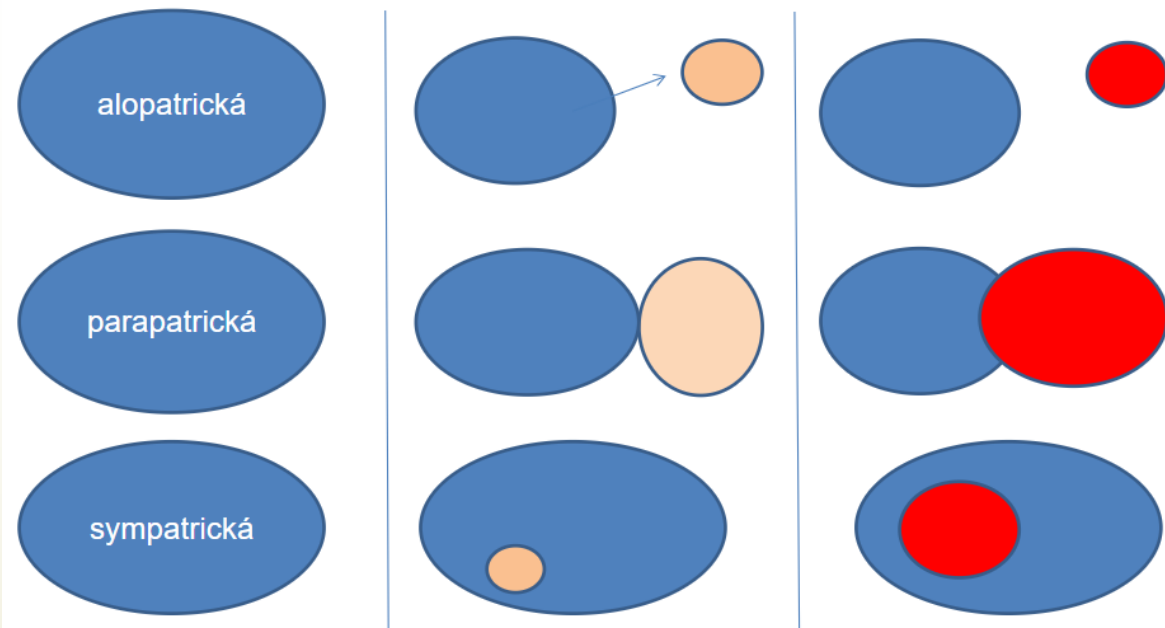


Speciace

- ▶ Reprodukční izolace populací → vznik druhů = **SPECIACE**:
- **Alopatrická** - reprodukční bariéra vzniká bez přítomnosti genového toku v alopatrii (Peripatrická – periferní izoláty, ostrovní organismy)
- Parapatrická – oddělené areály s kontaktní hybridní zónou
- **Sympatrická** - reprodukční izolace vzniká za přítomnosti genového toku v sympatrii
→ divergence ekotypů

SPECIACE

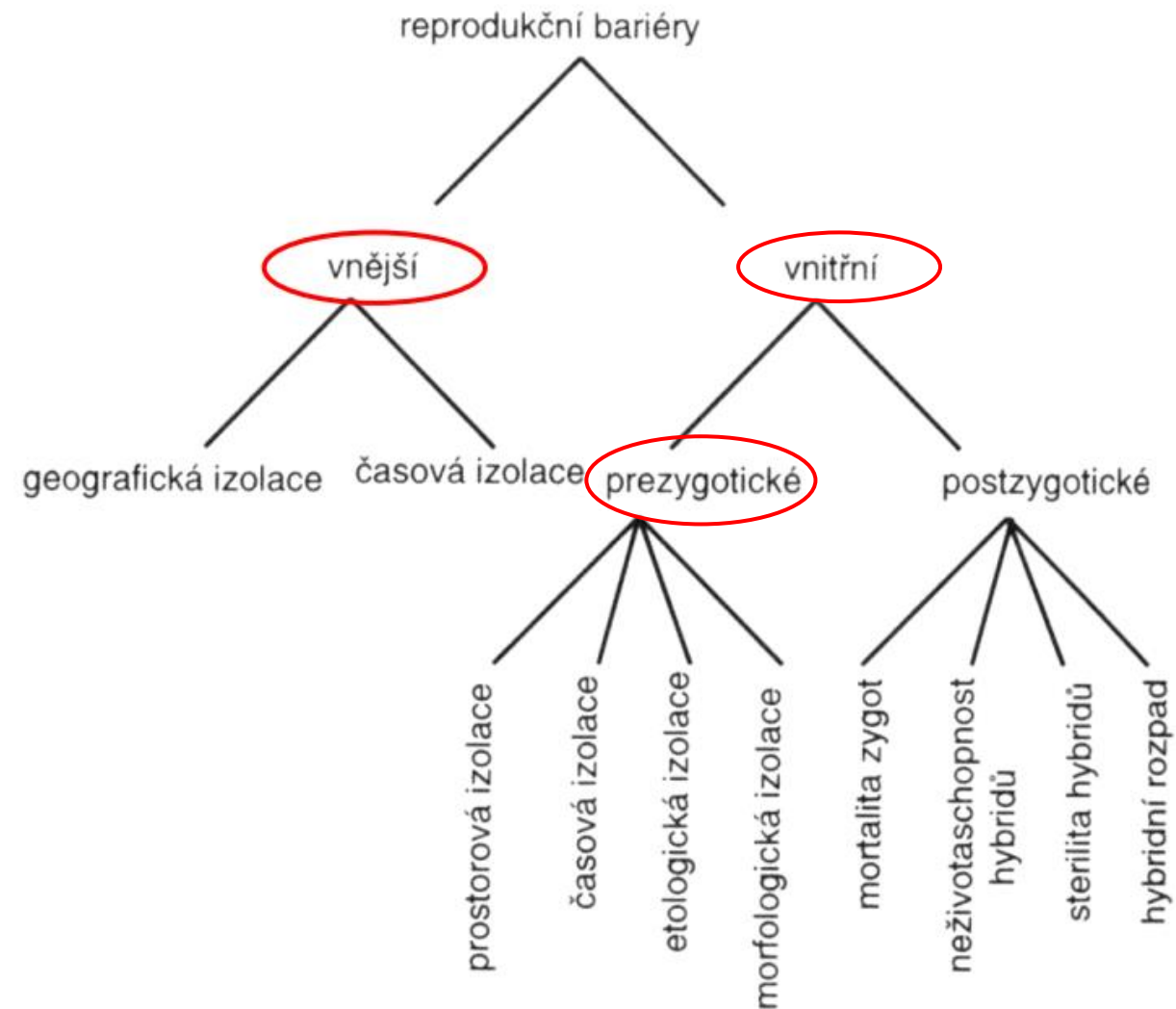
- Vznik nového druhu.



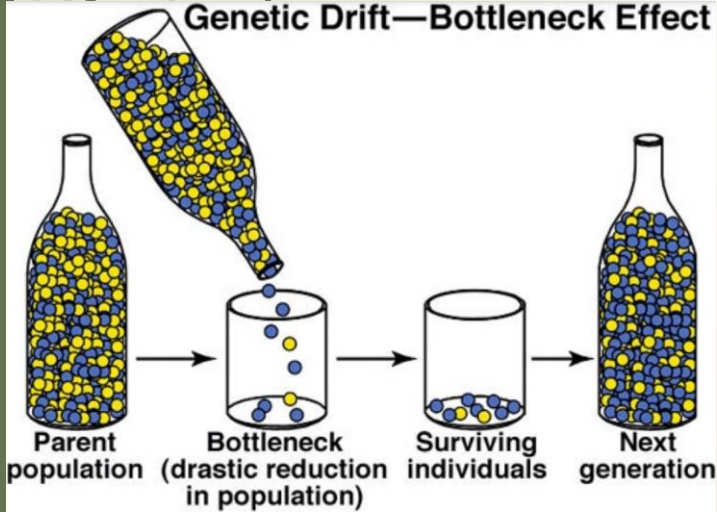
Mechanismy důležité pro speciaci

- Geografická variabilita
- Genetic pool
- Genetic flow
- Mutace [mutation]
- Genetický drift [genetic drift] - random sampling, bottle neck effect
- Přírodní výběr [natural selection]

Reprodukčně-izolační mechanismy

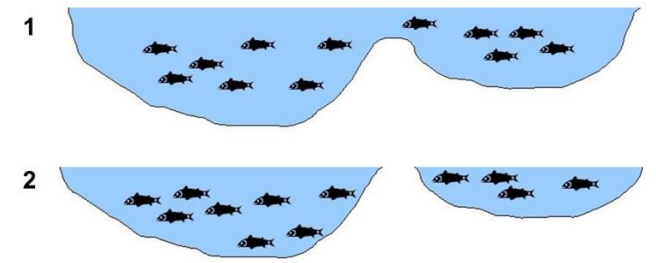


Genetic Drift—Bottleneck Effect



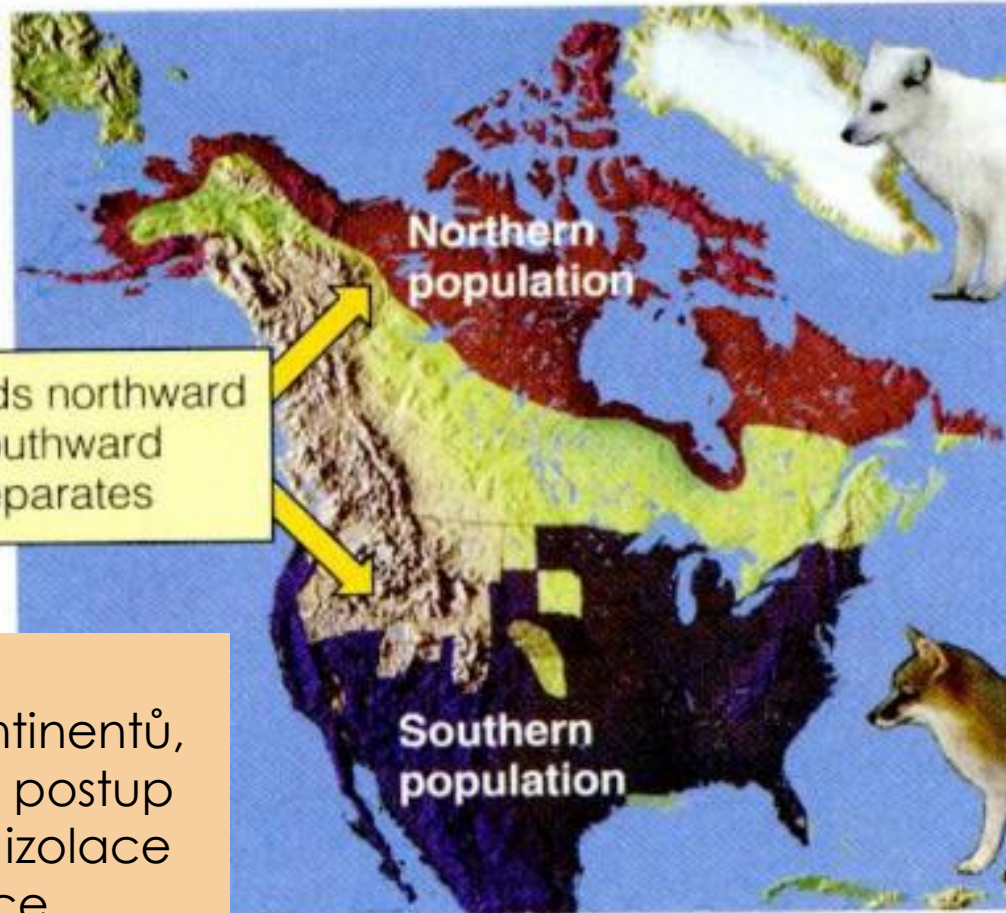
Alopatrická speciace

- Reprodukční izolace geograficky oddělených populací → odlišný vývoj (odlišné mutace, vliv genetického driftu... a odlišné podmínky – selekční tlak)



Early fox population

Spreads northward and southward and separates



Arctic Fox



Adapted to cold through heavier fur, short ears, short legs, short nose. White fur matches snow for camouflage.

Different environmental conditions lead to different selective pressures and evolution into two different species.

Gray Fox



Adapted to heat through lightweight fur and long ears, legs, and nose, which give off more heat.

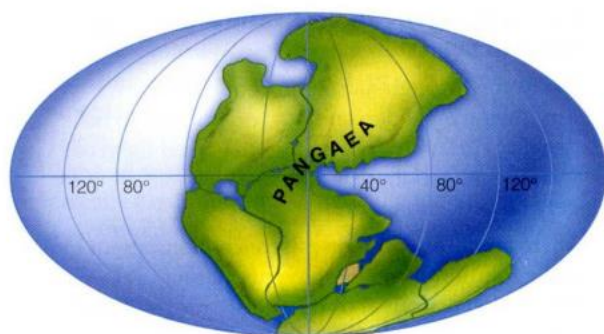
Vnější bariéry -

vznik horstva, rozdělení kontinentů, moří, jezer, zaplavení šelfu, postup ledovce, aridizace krajiny, izolace lávovými proudy, kolonizace ostrovů jedinci z pevniny...

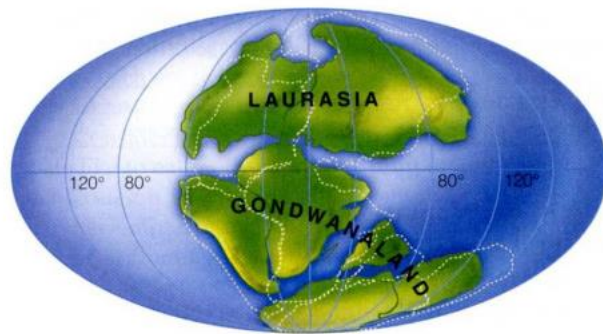
Alopatrická speciace

- **Gondwanská vikariance** – postupná speciace oddělením druhů při rozdělení superkontinentu Gondwany a kontinentálním driftem

Geologické procesy a biologická evoluce



225 million years ago



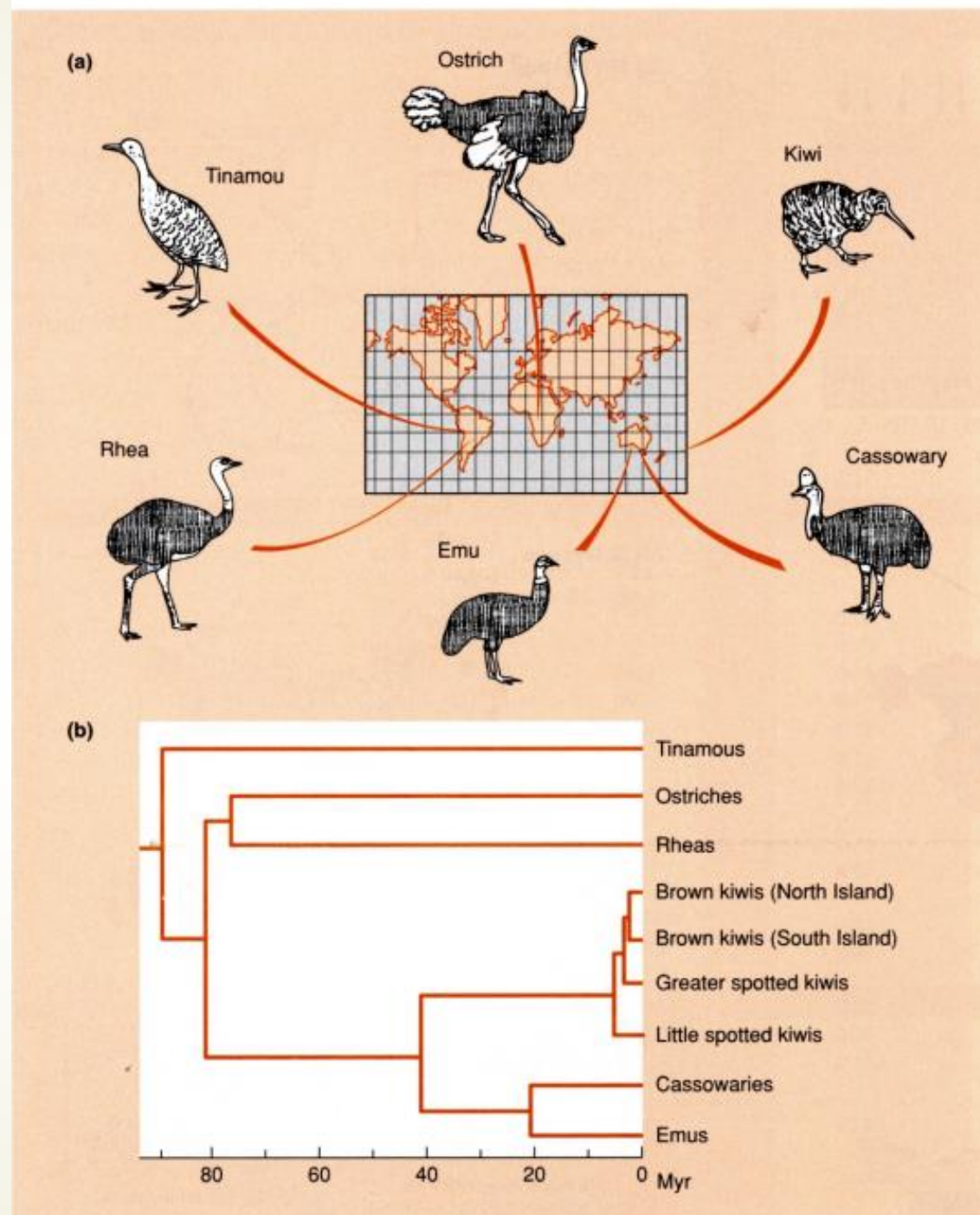
135 million years ago



65 million years ago

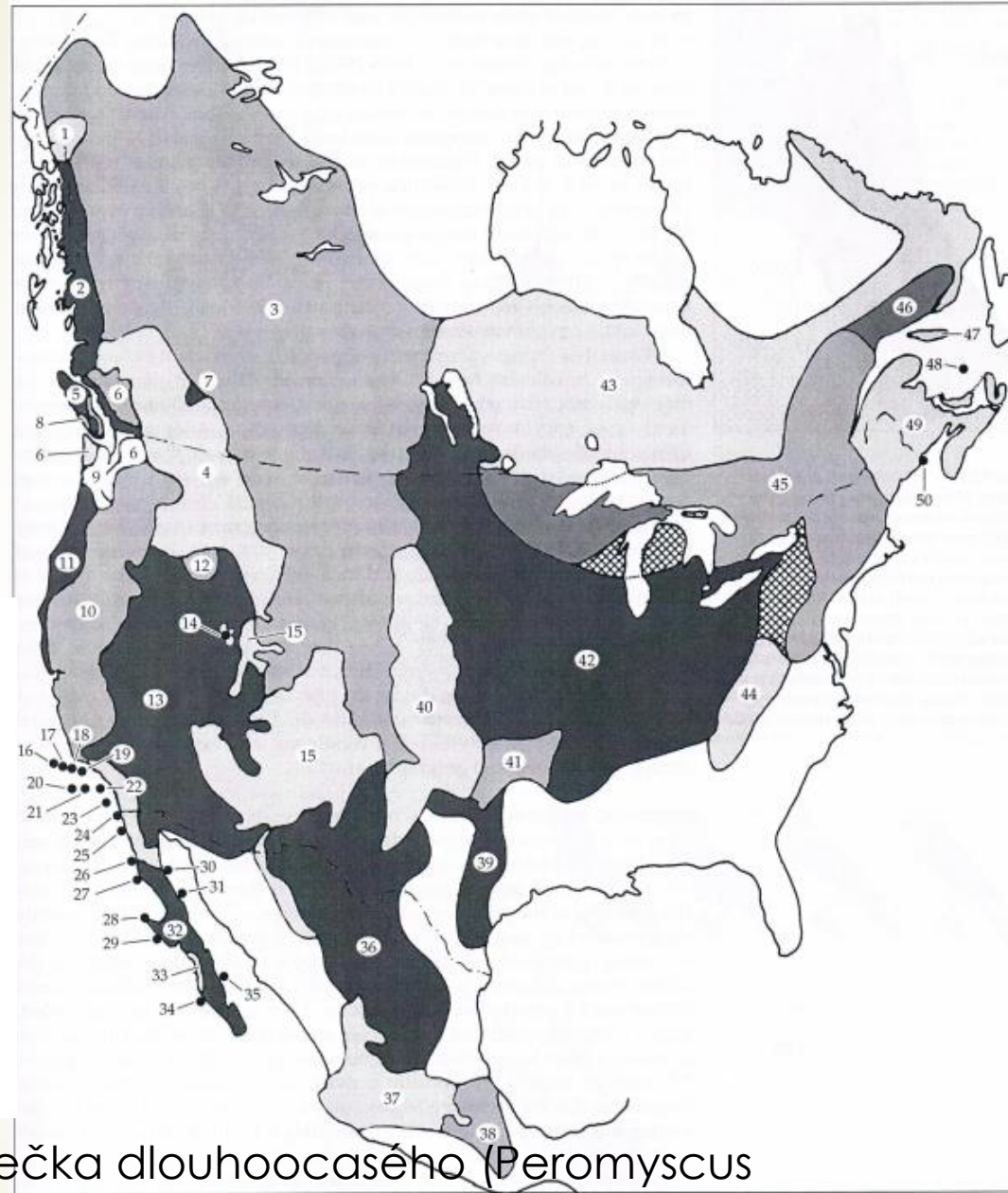
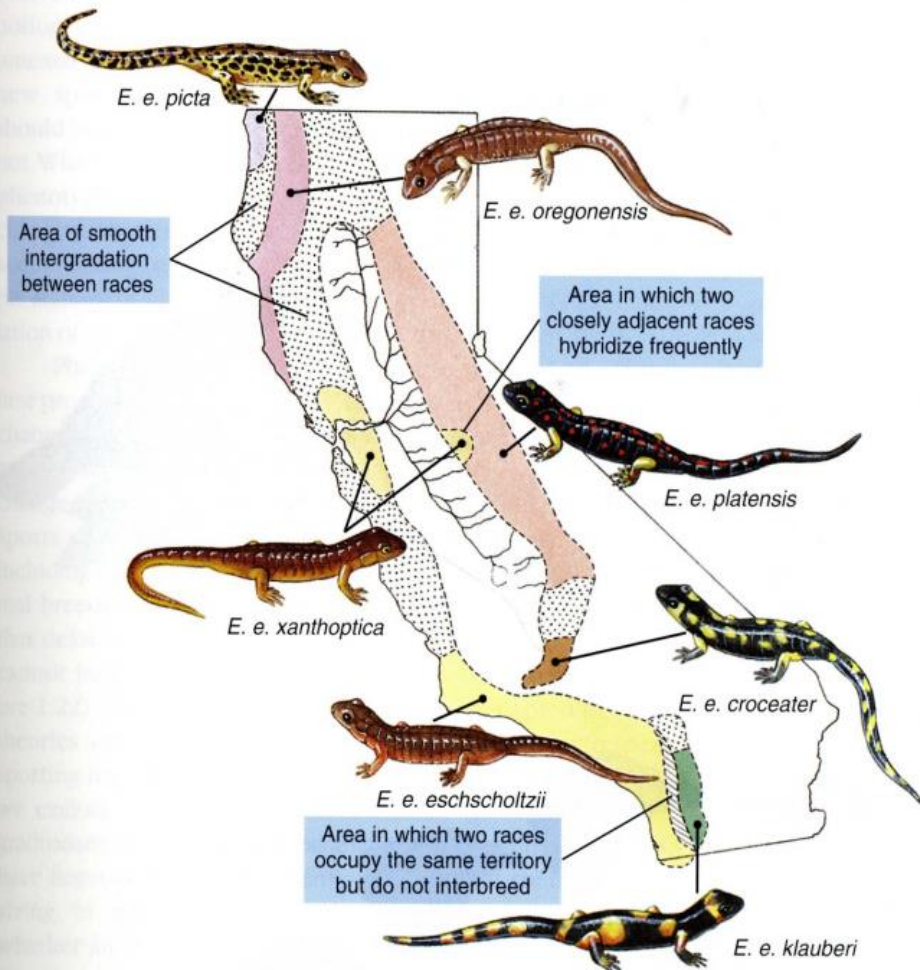


Present



Alopatrická speciace

Prstencové druhy – př. geografické barevné variace mloků rodu *Ensatina* kolem Central Valley - různá stádia izolace poddruhů (geografické rasy / ekotypy – poddruhy – druhy)

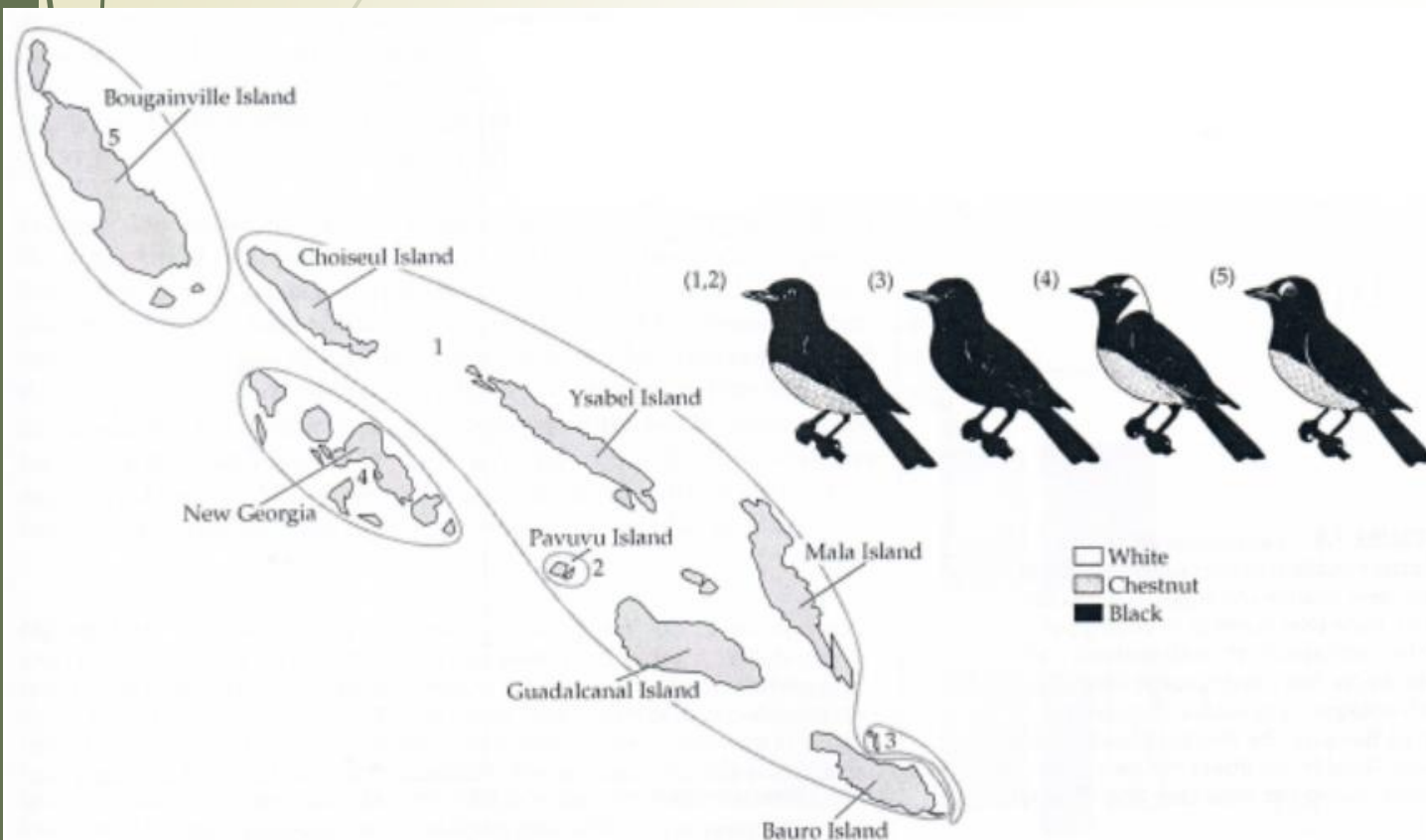


Geografické rasy křečka dlouhoocasého (*Peromyscus maniculatus*-50 poddruhů -odlišné znaky zahrnující barvu hřbetu (odpovídá barvě půdy), délku ocasu a zadních noh (odráží typ habitatu a tedy nutnost šplhat)(Hall 1981, Lomolino et al. 2006).

Peripatrická speciace

► Peripatrická populace

- periferní izoláty, ostrovní organismy
- **efekt zakladatele** [founder effect] - „náhodný“ vzorek alel (včetně původně vzácných) několika málo imigrantů na ostrov jsou základem pro celou populaci
 - významný bottle neck efekt – snížení genetické variability (v OP - problém u reintrodukcí)

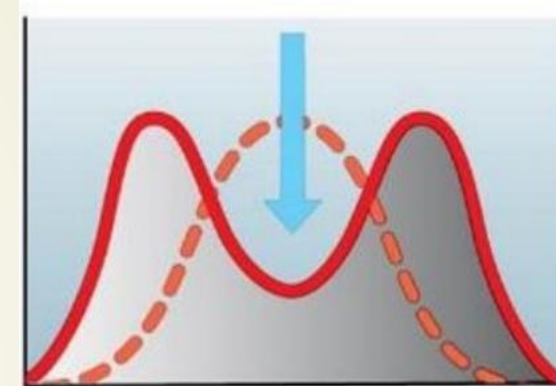


Divergence populací muchálka perlového (*Monarcha melanopsis*) na Šalamounových ostrovech - rozdíly mezi populacemi byly interpretovány Mayrem (1942) jako odraz efektu zakladatele (founder effect). Každá odlišná populace byla založena předky, kteří kolonizovali různé ostrovy v souostroví a nesli odlišný vzorek genů od zbytku populace (Mayr 1942, Lomolino et al. 2006).

Sympatrická speciace

- ▶ Druh divergující do 2 druhů, jejichž areály se překrývají - vliv specializace
- ▶ **Disruptivní selekce** - rozdělení vyšším selekčním tlakem na „heterozygoty“ za určitých podmínek prostředí
- ▶ Pomocí - časové izolace
 - prostorová izolace - habitatové přeskok na nového hostitele
 - behaviorální – etologická izolace
 - mechanisticky – morfologická izolace, hl. u hmyzu

(založená na hypotéze „zámku a klíče“ (lock-and-key) (Dufour 1844))



vrtule (*Rhagoletis pomonella*)



hloh



jablka



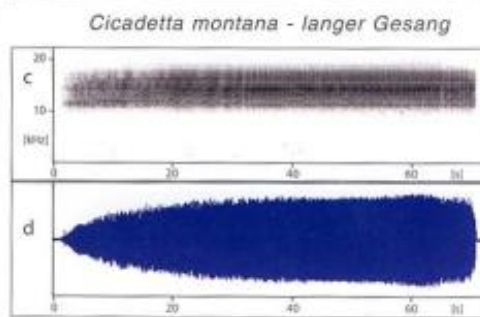
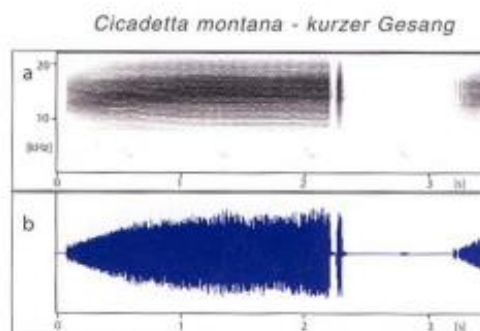
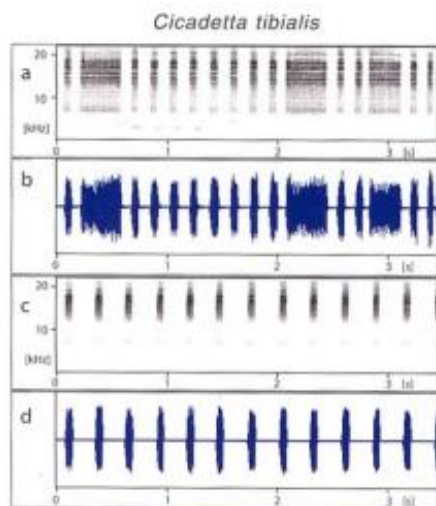
- **chemické signály:**
feromony, kutikulární
uhlovodíky



Gogala 2002

Etologická izolace

koncepce vnitrodruhového rozpoznávání
(*recognition species concept*, Paterson 1985)



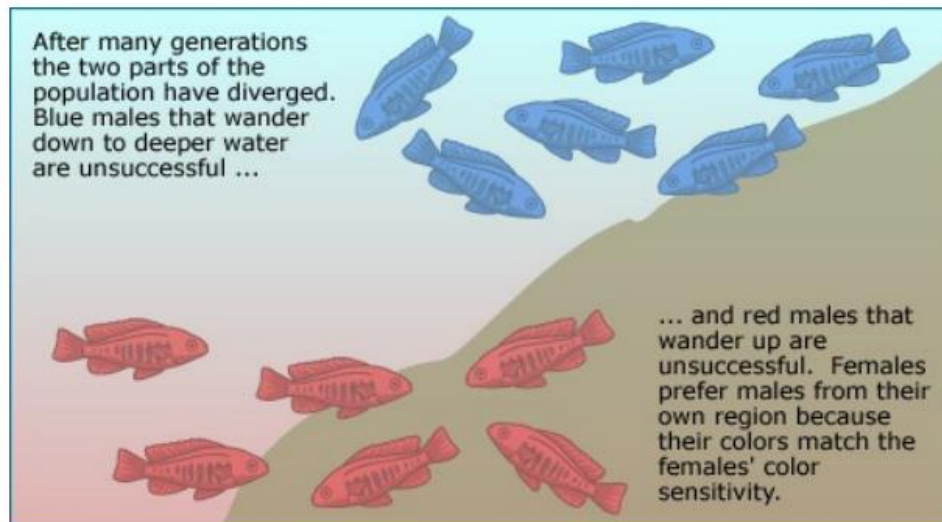
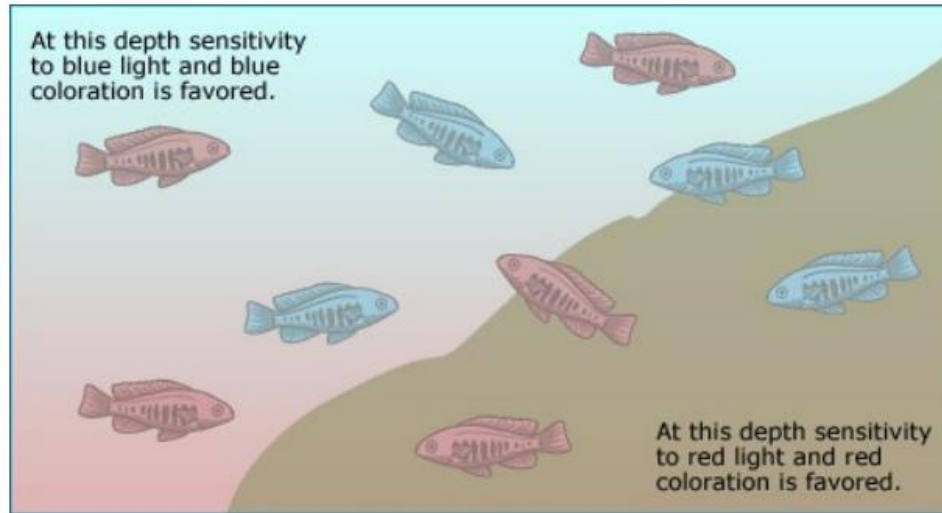
akustické signály:
např. cikády (*Cicadetta*
spp.)



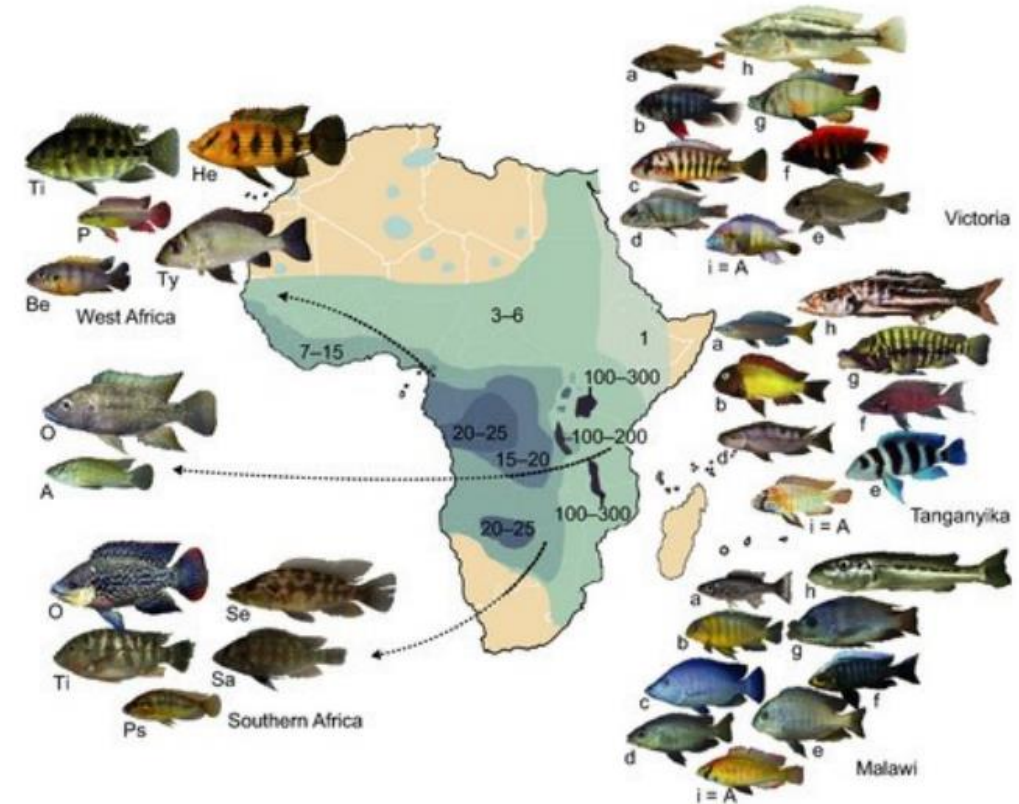
optické signály:
např. krabi houslisté (*Uca* spp.),
skákavky (Salticidae),
světlušky (Lampyridae)

Sympatrická speciace

- **Pohlavním výběrem** („Magic traits“- znaky umožňující různé využívání zdrojů jsou zároveň znaky, podle kterých si samice vybírají.)



cichlidy



Adaptivní radiace

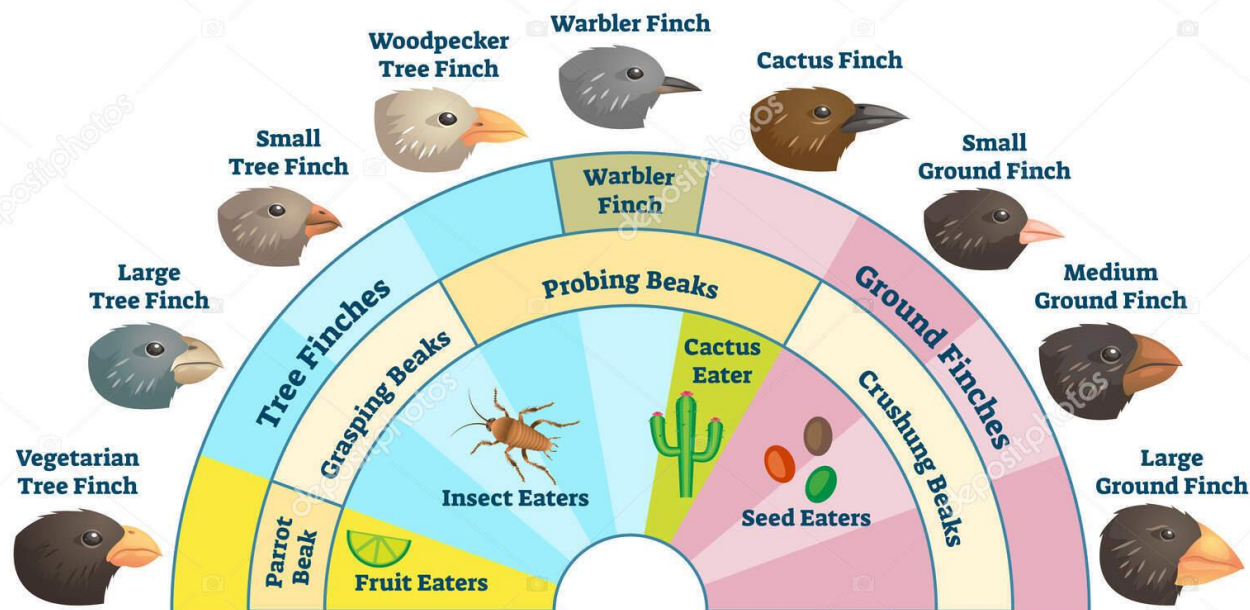
➤ **Adaptivní radiace = „motor speciace“**

- efekt zakladatele

- specializace na zdroje a disruptivní selekce / selekce pohlavním výběrem

➤ Př. **Darwinovy pěnkavy na Galapágách**

ADAPTIVE RADIATION

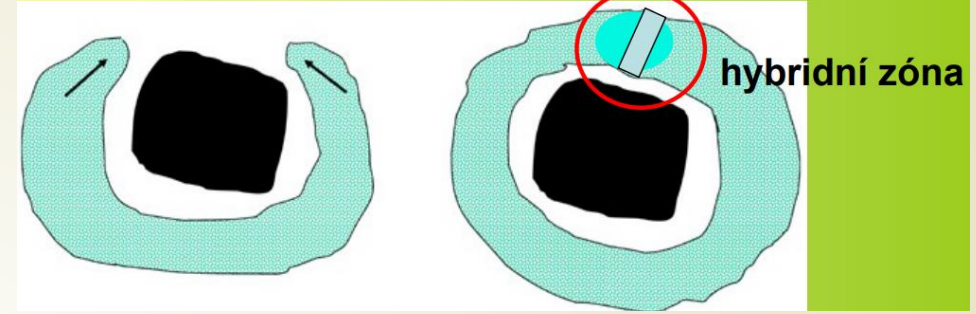


➤ Př. **Africké jezerní cichlidy** - Velká příkopová propadlina (20 mil. Let) - jezero Tanganika, Malawi ...

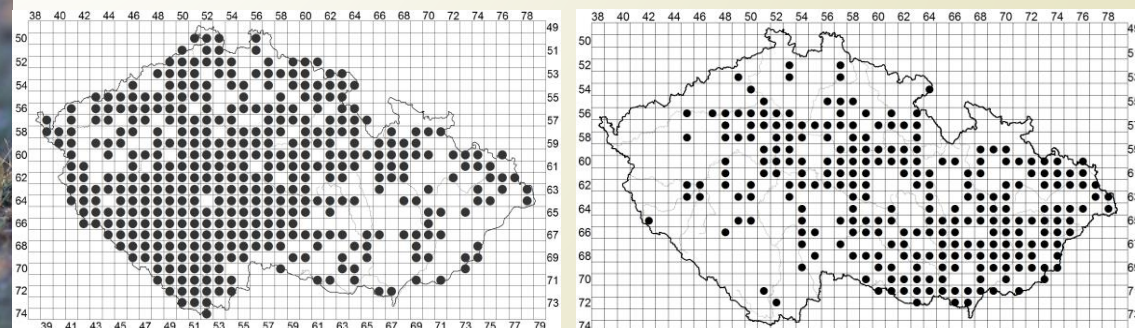
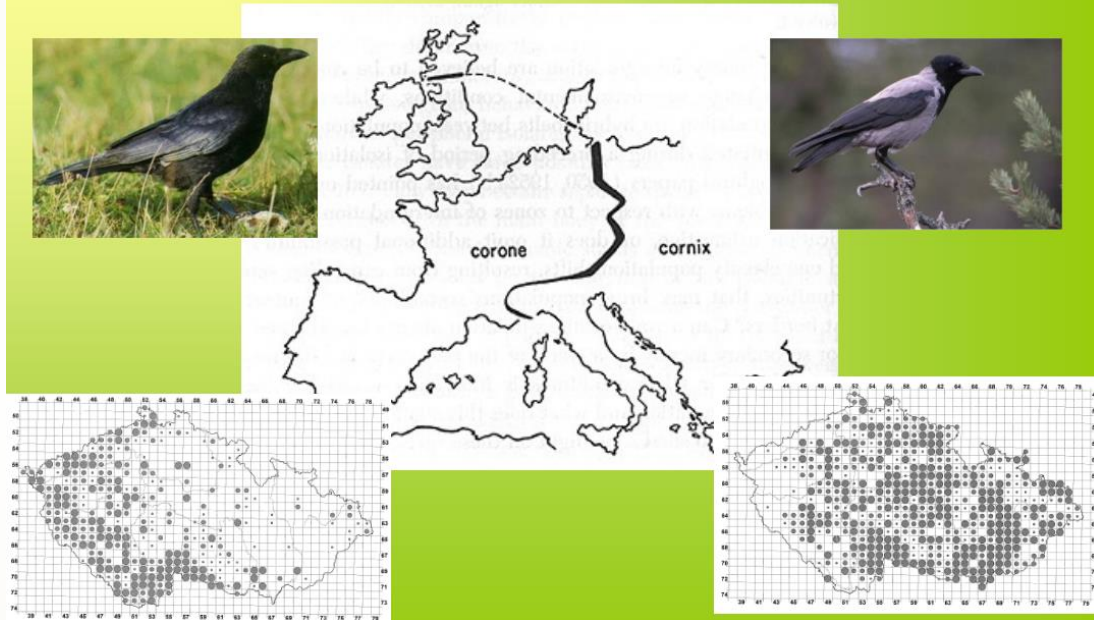
➤ Př. **Savci na počátku třetihor** – uvolnění nik po vymření velkých pazů

Hybridní zóny

- **Parapatrická speciace**
- Hybridní zóna -> tenzní zóna - (sekundární hybridní zóna)
- Reprodukčně izolační mechanismy v různé fázi
- Dobře diferencované druhy
- Poddruhy/druhy
- Morfologicky nerozlišitelné populace (medvěd hnědý)

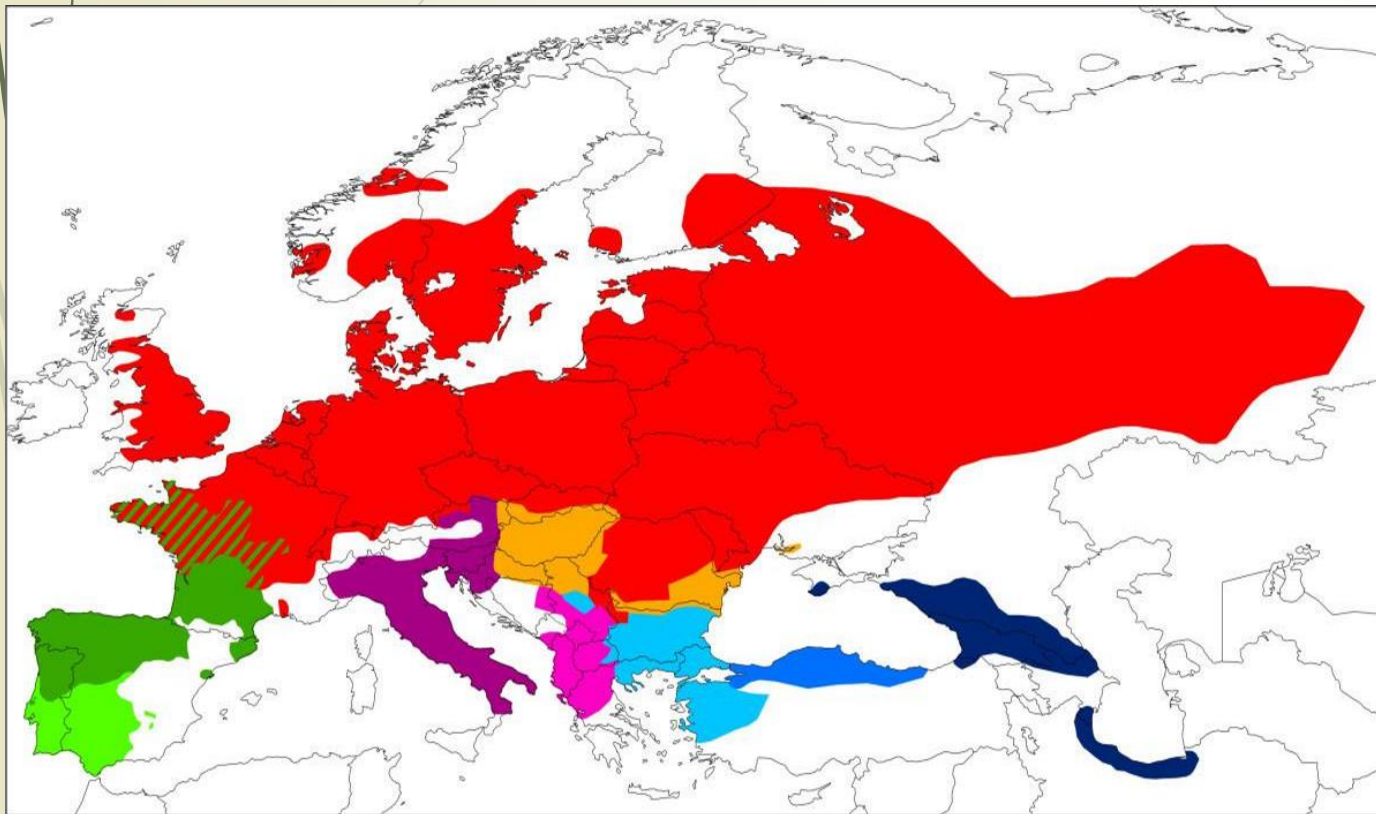











Příklad hybridní zóny



Hybridní zóny

- Naddruhové komplexy (superspecies)



- | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <i>T. cristatus</i> |  <i>T. dobrogicus</i> |  <i>T. ivanbureschi</i> |
|  <i>T. marmoratus</i> |  <i>T. carnifex</i> |  <i>T. anatolicus</i> |
|  <i>T. pygmaeus</i> |  <i>T. macedonicus</i> |  <i>T. karelinii</i> |

čolci rodu Triturus
(*cristatus/carnifex/dobrogicus*)



Hybridogeneze

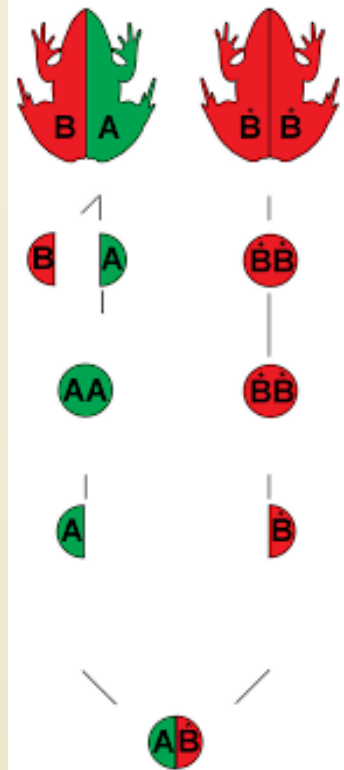
Pelophylax ridibundus

Pelophylax lessonae



*Pelophylax
esculentus*

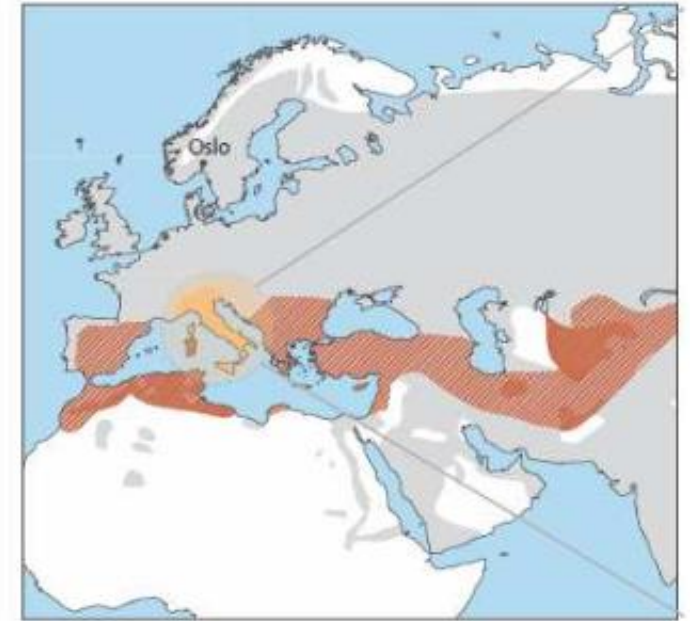
Skokan zelený (*Pelophylax esculentus*)
Kříženec skokana skřehotavého (*Pelophylax ridibundus*) a skokana krátkonohého (*Pelophylax lessonae*)



Speciace hybridizací

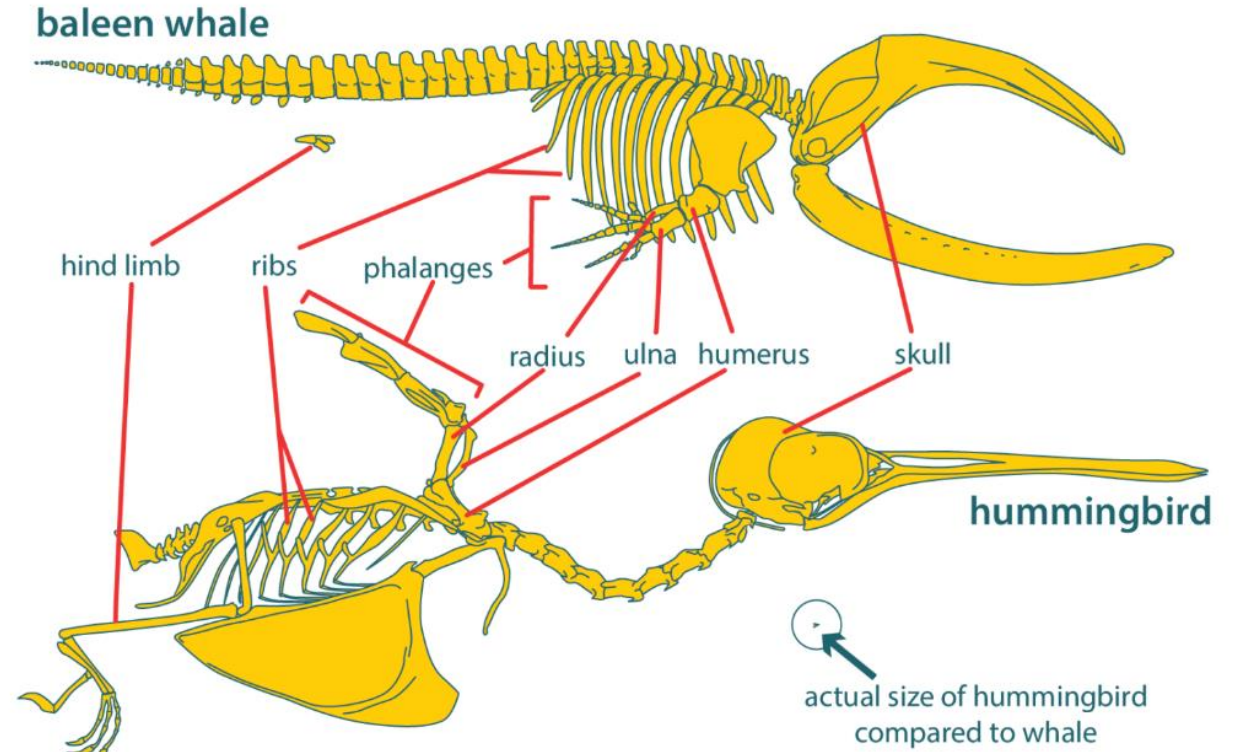
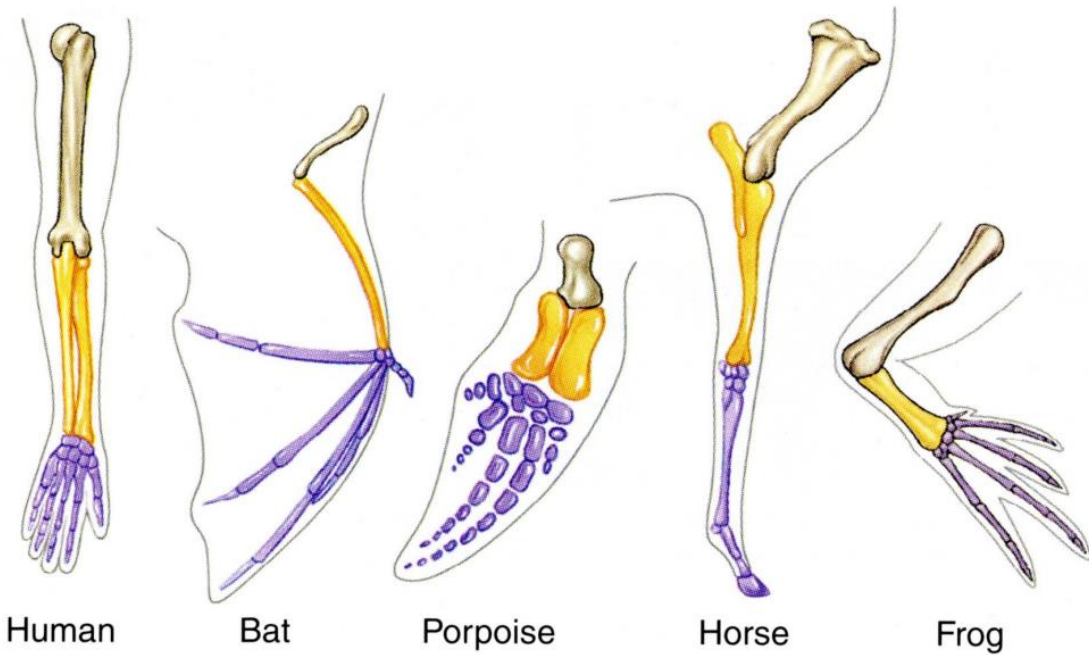
Případ italského vrabce

- Vznikl hybridizací mezi vrabcem domácím a vrabcem pokřovným.
- Není F1 hybrid, ale jednotliví jedinci mají různou část genomu jednoho či druhého rodičovského druhu.
- Hybridní populace byla nějakou dobu v geografické izolaci, tím postupně vznikla reprodukční izolace vůči rodičovským druhům.



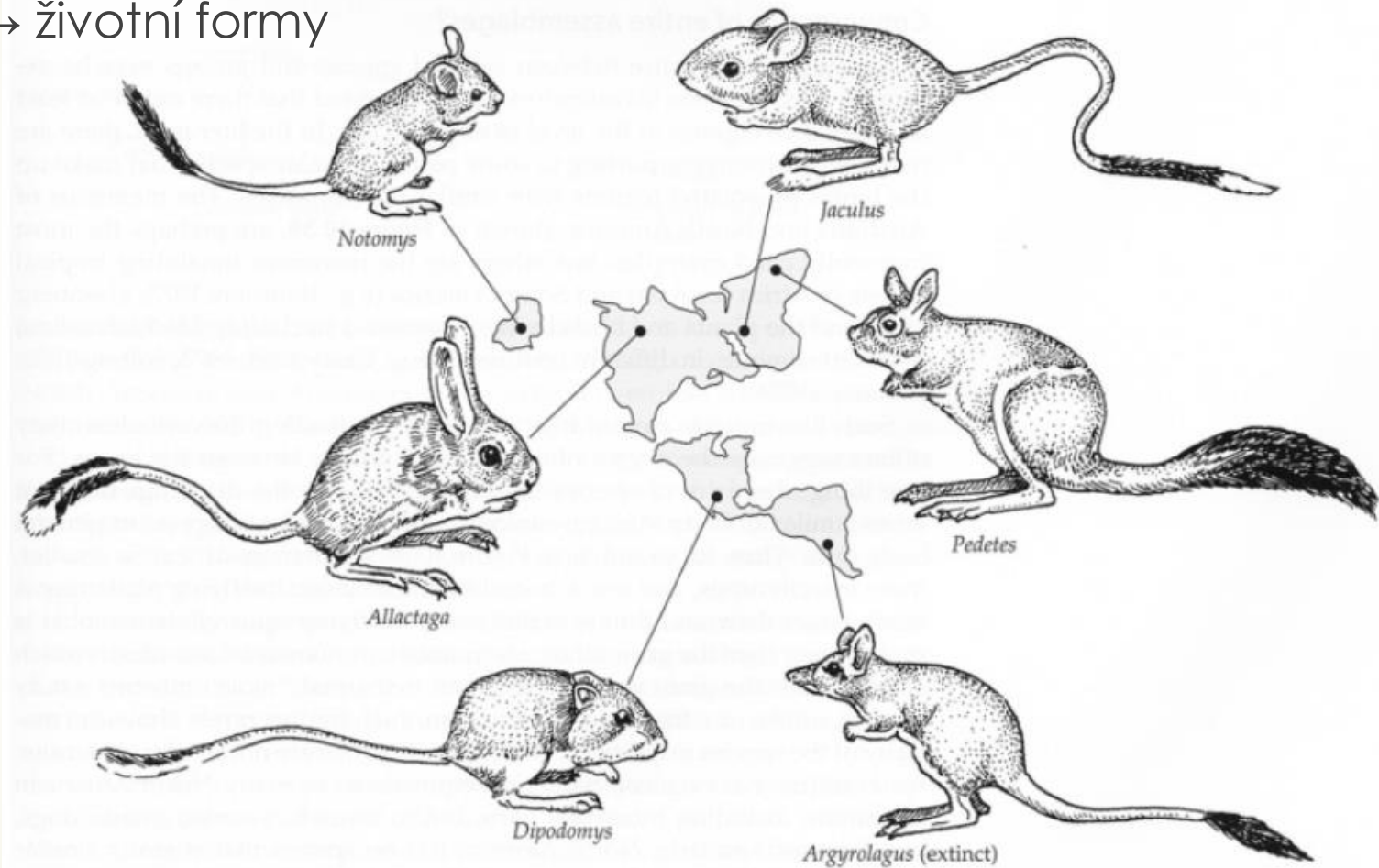
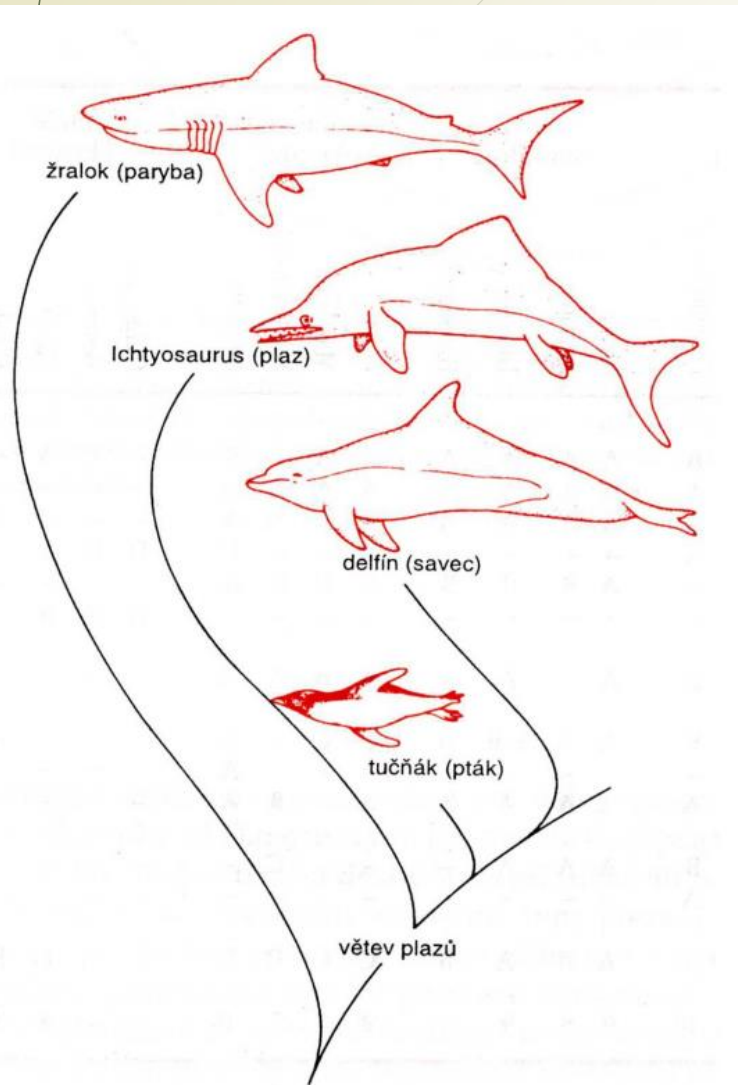
Divergence - homologie

Příklad homologního vývoje předních končetin



Konvergence – analogie (paralely)

- Vliv podobnosti prostředí na podobnost morfologickou a fyziologickou
- Konvergentní vývoj → životní formy



Obr. 67: Morfologická konvergence u pěti rodů hlodavců z pouštních oblastí světa. Všichni pochází z nesespecializovaného předka, ale v průběhu evoluce se u nich vyvinuly společné znaky – dlouhé ocasy, krátké přední končetiny, dlouhé zadní končetiny apod. (Mares 1993).

Konvergence a paralely

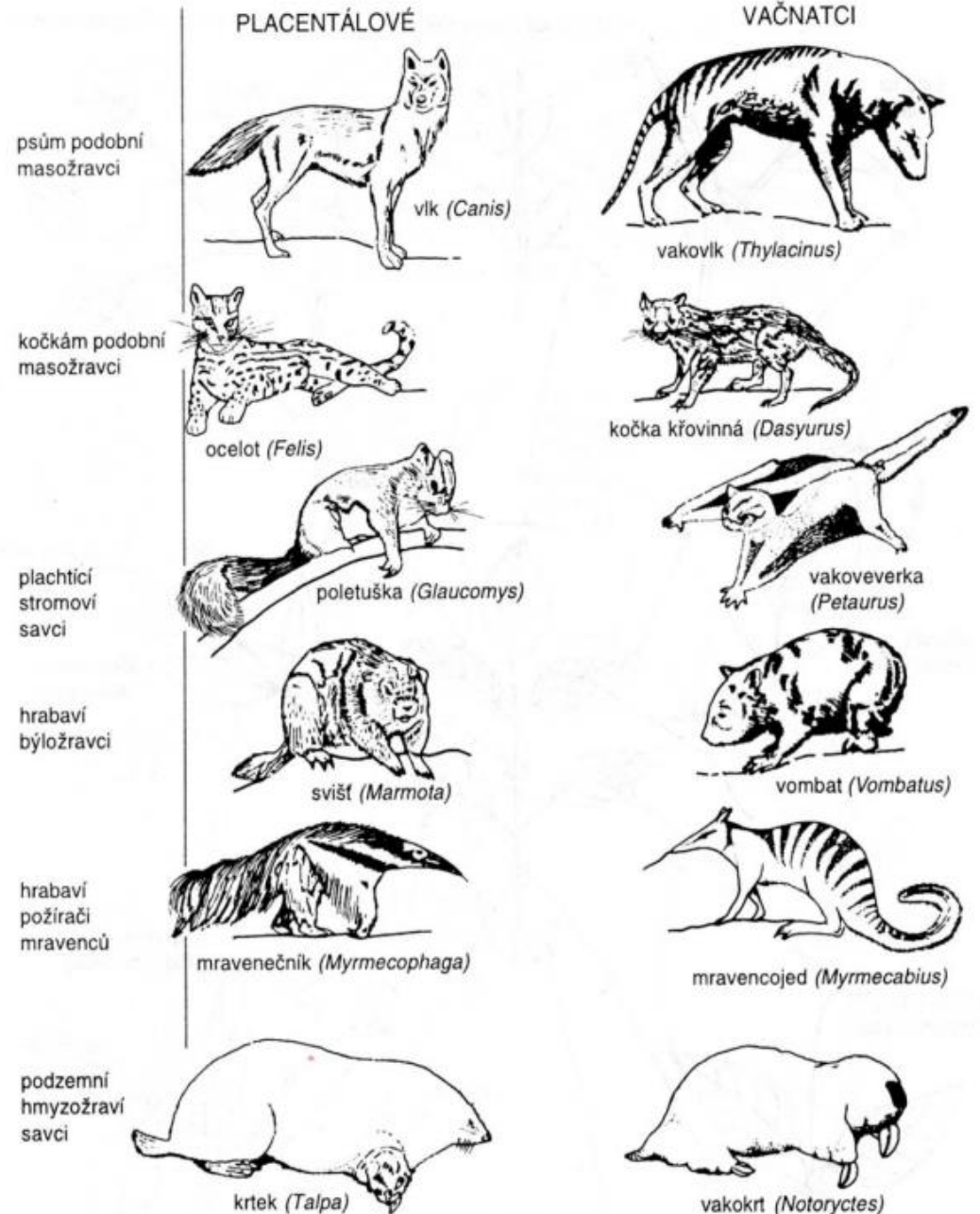
Klasickým příkladem paralelní evoluce je evoluční radiace placentárních savců a vačnatců.

Australští vačnatci dospěli na tento kontinent v křídě (cca před 90 MIL), kdy jediní v této době přítomní savci byli podivní vejcorodí savci z řádu ptakořitých (dnes pouze ježury a ptakopysci).

Došlo k evolučnímu rozrůznění a tento proces v mnoha směrech stejný jako u jiných savců na jiných kontinentech.

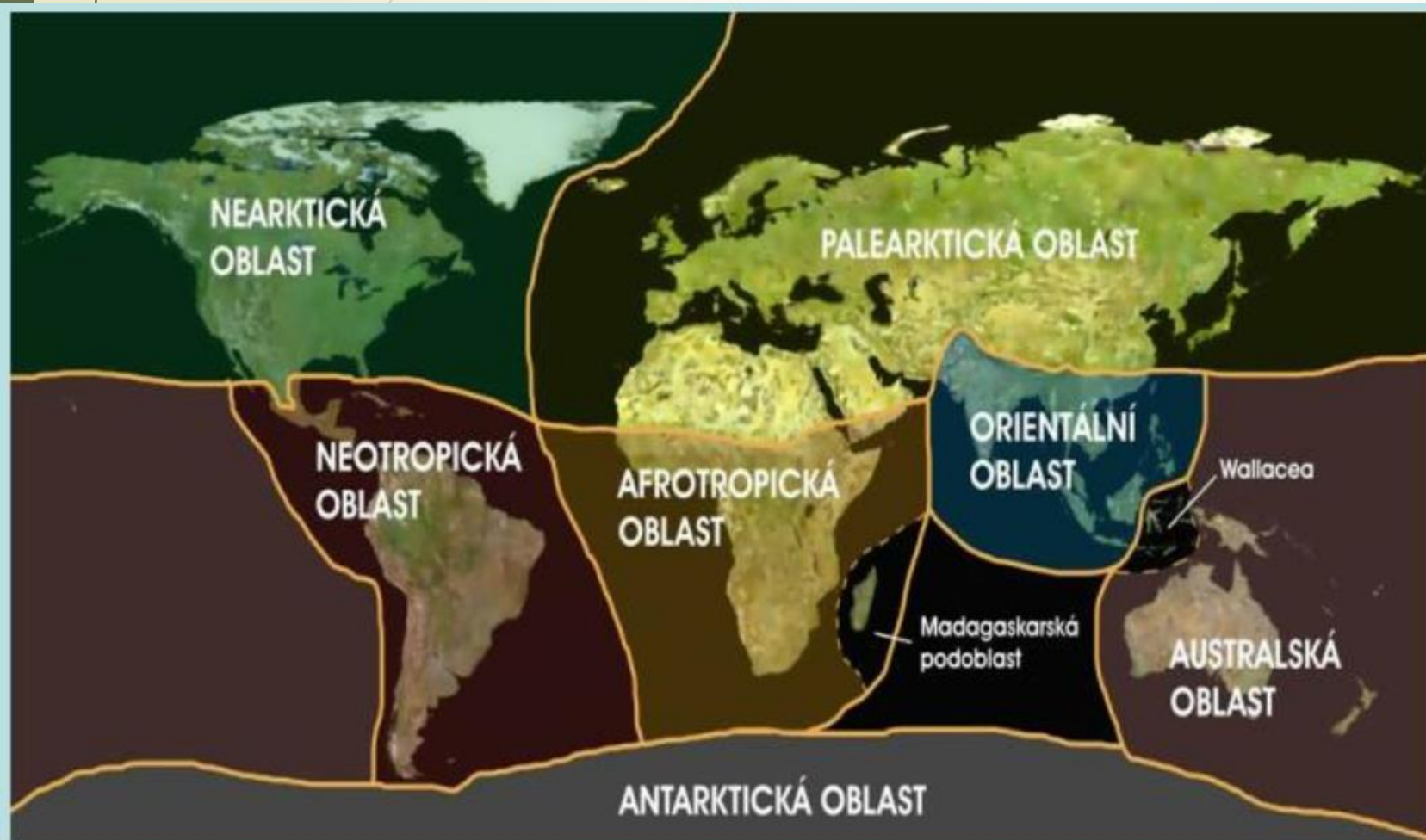
Dokonalá shoda jak v podobě organismů a jejich způsobu života je tak mimořádně nápadná.

Jsou to tzv. **ekologicky ekvivalentní druhy**.



Geografické rozšíření živočichů

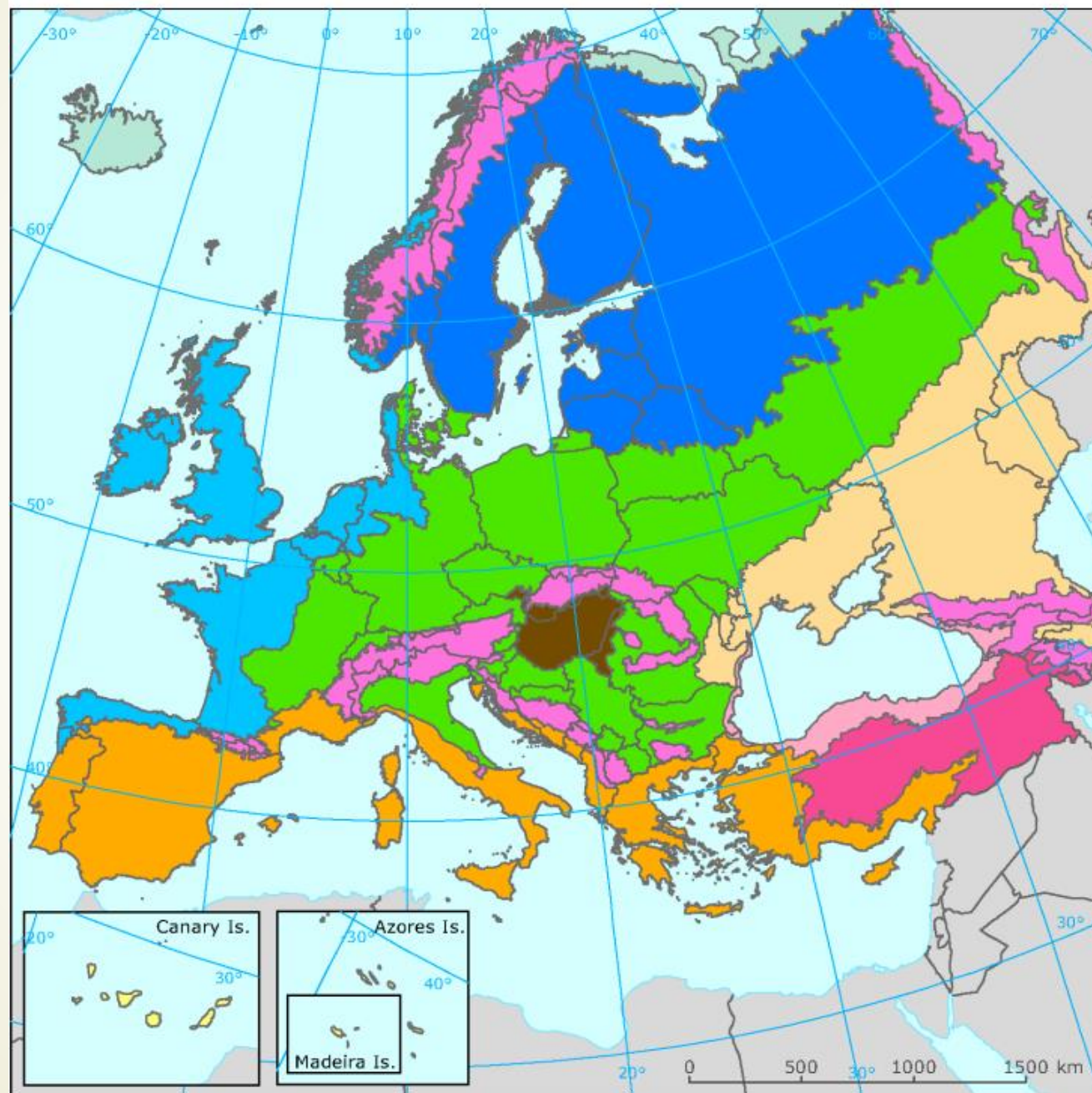
- Areál rozšíření druhu
- realizovaná distribuce druhu - prostorové promítnutí realizované ekologické niky.



- Zoogeografické oblasti Světa
- Kosmopolitní druh x endemit

Biogeografické členění Evropy

U nás kontinentální druhy
i prvky alpské, panonské,
boreální, atlantské...

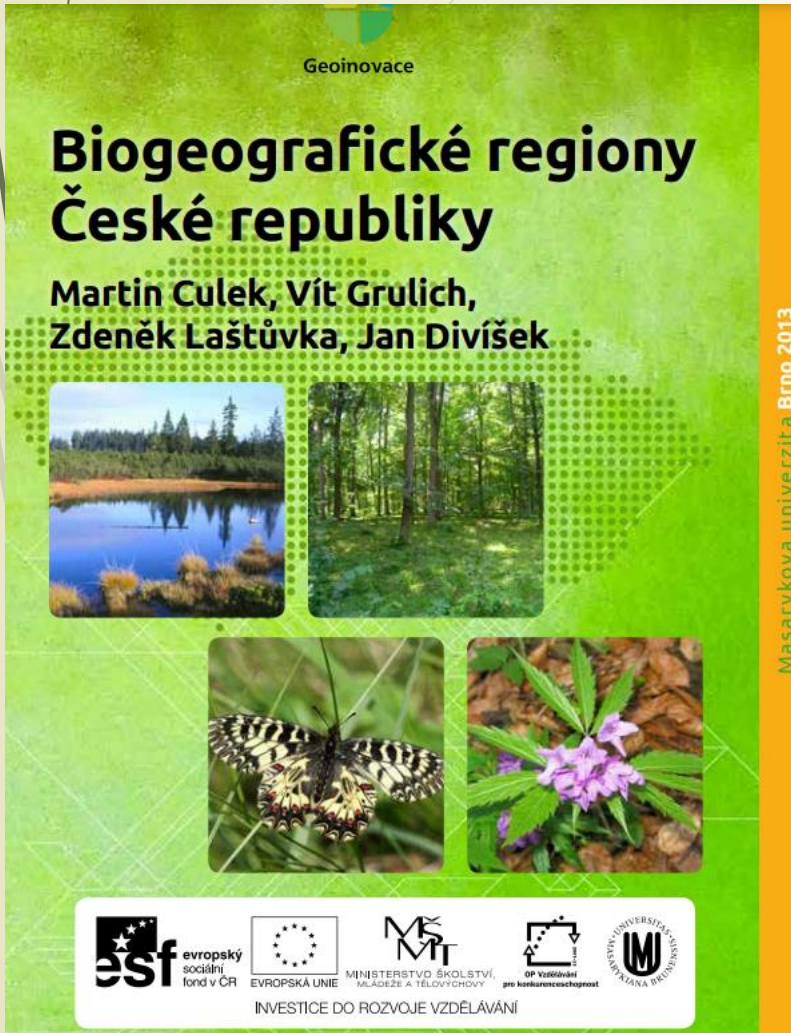


Biogeographic regions in Europe, 2011

- Alpine
- Anatolian
- Arctic
- Atlantic
- Black Sea
- Boreal
- Continental
- Macaronesia
- Mediterranean
- Pannonian
- Steppic
- Outside data coverage

Biogeografické regiony ČR

- Biogeogr. podprovincie - Hercynská, Polonská Západokarpatská, Severopanonská



Obr. 156: Biogeografické regiony vymezené Culkem (1996). Barvy označují příslušnost bioregionů k biogeografickým podprovinciím.