

# Ekologie populací

# Ekologie populací - definice

- V přírodě – hierarchická úroveň: -  
molekuly – orgány – buňky – tkáně – orgány –  
orgánové soustavy – organismy – **populace** –  
společenstva – ekosystémy – krajina – biosféra
- Populace je soubor jedinců určitého druhu žijících v určitém prostředí, které uspokojuje jejich požadavky na rozmnožování, přežívání a migraci
- Ekologie populací – studuje základní životní procesy (pattern), jejich dynamiku a strukturu v populacích

# Základní charakteristiky populace

- Homotypická
- Ontogenetická
- Časově vymezená
- Osídlující určitý prostor
- Vlastnosti jsou dědičné
- Integrovaná ekologickými, evolučními a genetickými faktory
  
- Populace je rovněž úroveň určující jaké bude mít jedinec fitness – tj. jakým směrem se bude ubírat evoluce daného druhu – vnitrodruhová kompetice

# Ekologie populací – základní pojmy

- **Demografie** – teoretický základ populační ekologie – vztah mezi populačními strukturami/vlastnostmi a populačním růstem
- **Teorie životní historií** (life-history theory) – vztahy mezi životně důležitými znaky (life-history traits) a jejich společný vliv na fitness jedince
- **Populační dynamika** – dynamika početnosti populace – analýza časových řad abundancí a experimentální studium kauzálních faktorů



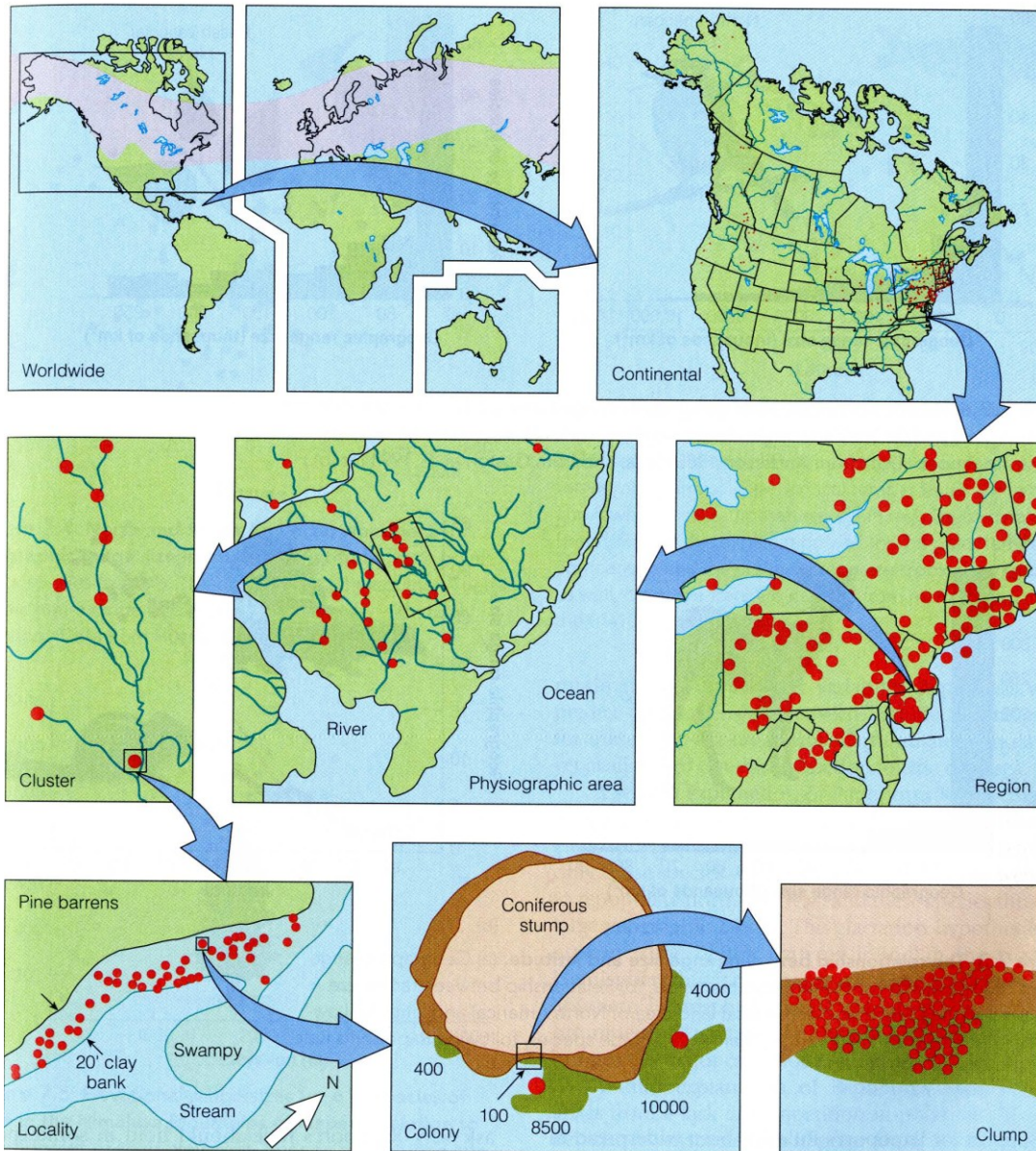
# Typy populací

- **Geografická populace** – homotypický soubor jedinců osídlující geograficky rovnocennou oblast – stejné morfofyziologické vlastnosti - jiná doba rozmnožování, plodnost, migrace, složení potravy
- **Ekologická populace** – soubor jedinců stejného druhu osídlující určitý biotop – liší se strukturou, hustotou, dynamikou
- **Lokální populace** (subpopulace, dem) – soubor jedinců stejného druhu osídlujících stejné stanoviště, kteří se vzájemně kříží
- **Elementární populace** – soubor jedinců osídlujících určité mikrobiotopy uvnitř daného stanoviště
- **Metapopulace** – ve fragmentovaných habitatech, prostorově oddělené populace vzájemně propojené disperzí

# Typy populací

- Přírodní *versus* experimentální populace
- Otevřené *versus* uzavřené populace
- Centrální *versus* periferní populace

# Hierarchická struktura populace



# Populace a přírodní výběr

- Populace je základní jednotkou působení přírodního výběru
- Spolupůsobení heterogenity prostředí a variability genotypu populace
- Populace je ontogenetická – vlastnosti jedinců se v průběhu života jedinců mění a přenášejí do další generace

# Populace a přírodní výběr (Darwin, 1842)

- Organismy se rozmnožují, tj. potomci vypadají, chovají se, fungují atd. stejně jako jejich rodiče
- Mezi jedinci vznikají náhodné variace (rozdíly mezi rodiči), které jsou dědičné a přenášejí se na potomky
- Organismy produkují větší počet potomků, než kolik se uplatní v prostředí
- Někteří jedinci (díky svým fyziologickým etologickým vlastnostem) jsou úspěšnější než jiní a produkují více potomstva

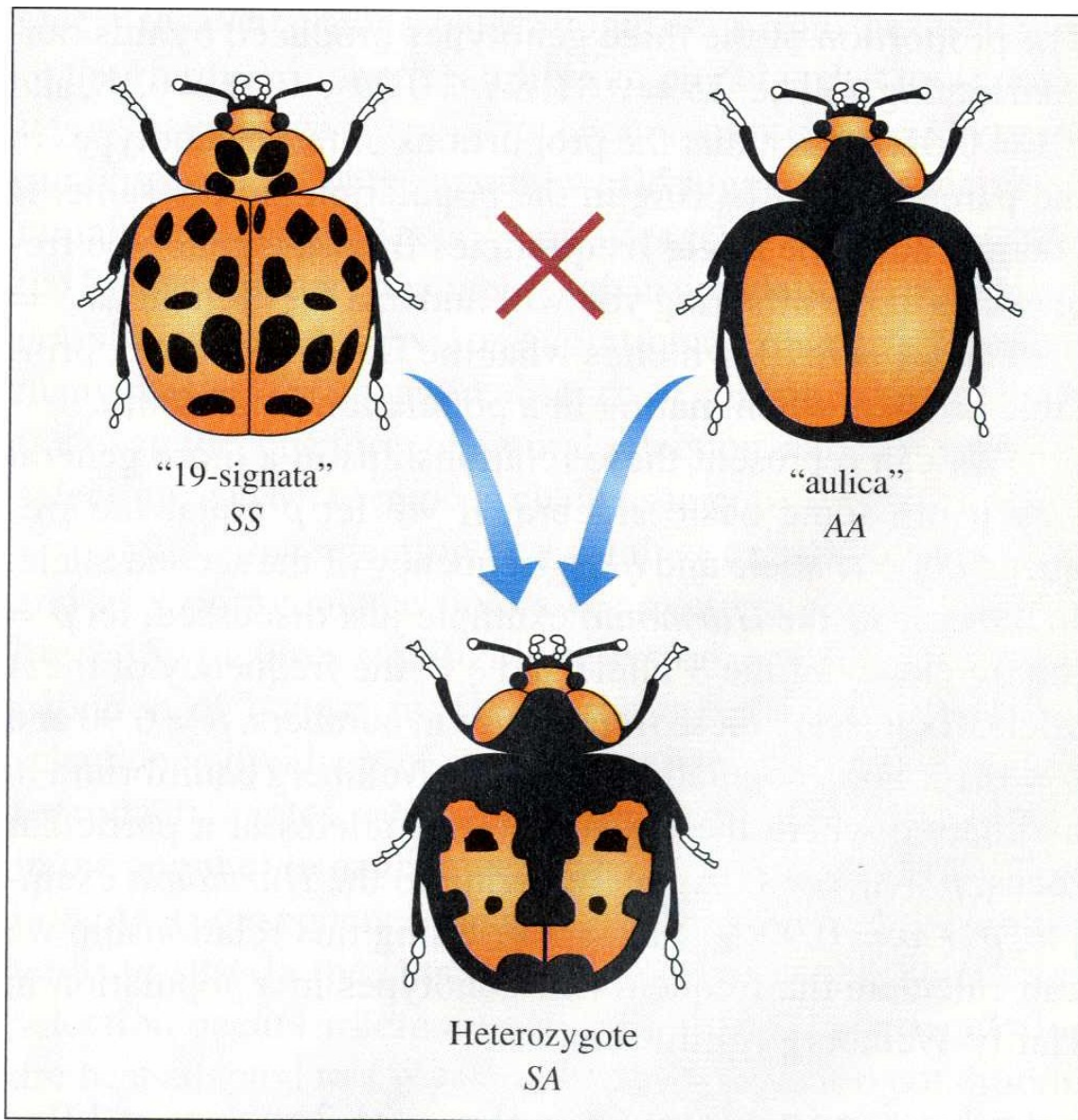


## Variabilita fenotypů

Barevné varianty v populaci jedinců asijských slunéček druhu *Harmonia axyridis*.

Tyto rozdíly fenotypu se dědí, jsou tedy důsledkem variability v genotypu populace.

Jaký bude poměr jednotlivých variant, tedy homozygotů a heterozygotů ?



# Hardy-Weinbergova rovnováha

$p$  – proporce jedinců s alelami typu S

$q$  – proporce jedinců s alelami typu A

Platí vztah:

$$p + q = 1.0$$

Po umocnění:

$$(p + q)^2 =$$

Se vypočte poměr:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1.0$$

Genotyp SS SA AA

For a population in Hardy-Weinberg equilibrium, in which there are only two alleles at a particular locus,

$p$  = frequency or proportion of one allele, e.g., S, in the population,  
and  
 $q$  = frequency, or proportion, of the alternative allele, e.g., A,  
and

Frequency of S  
Frequency of A  
 $p + q = 1.0$

The sum of  $p$  and  $q$  must equal 1.0 since there are only two alleles at this locus.

The frequency of genotypes in a randomly mating population in Hardy-Weinberg equilibrium can be calculated as:

Squaring  $p + q$  is analogous to allowing random mating among individuals carrying alleles S and A at frequencies  $p$  and  $q$ .

$$(p + q)^2 =$$

$$(p + q) \times (p + q) = p^2 + pq + pq + q^2$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1.0$$

The result of this calculation gives the frequency of genotypes in the population.

Frequency of SS genotype      Frequency of SA genotype      Frequency of AA genotype

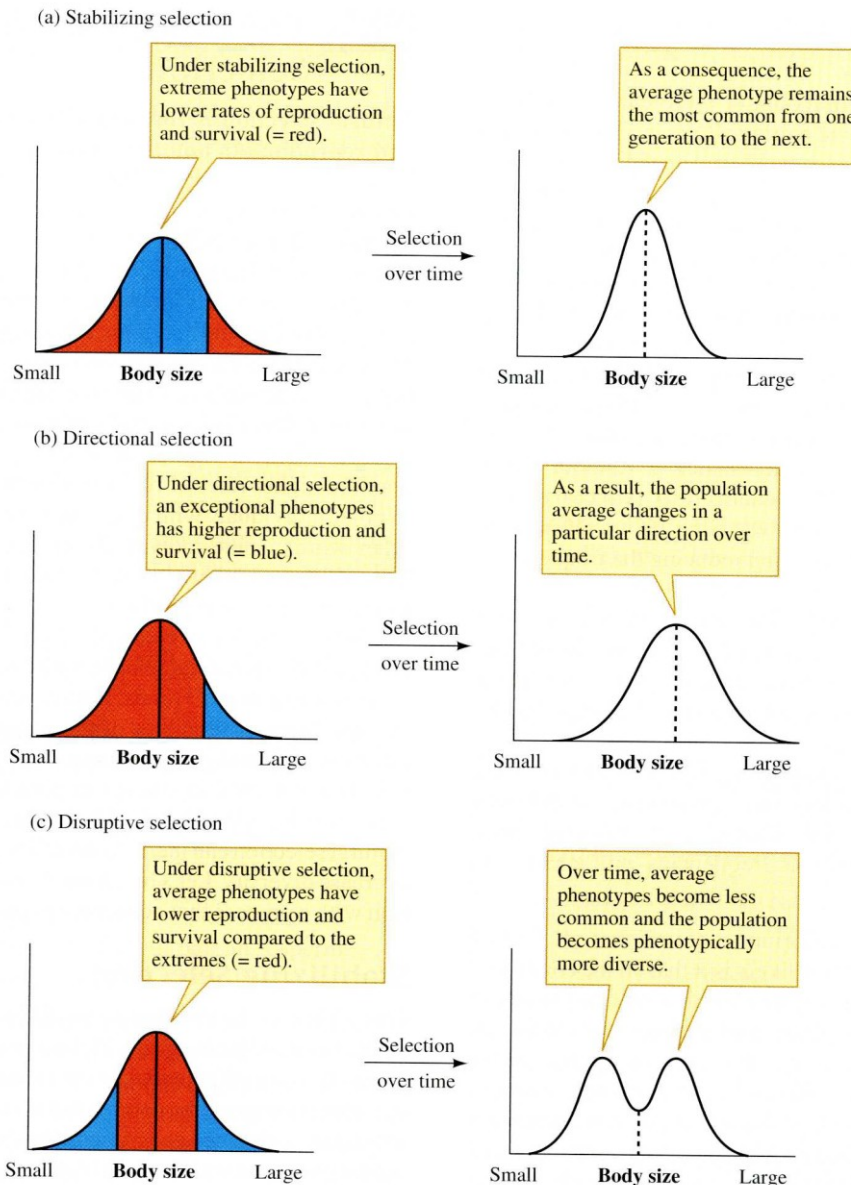


# Typy selekce – selekčního tlaku

**1) Stabilizující selekce** –  
pod vlivem této selekce  
mají extrémní fenotypy  
nižší reprodukci a  
přežívání

**2) Směrová selekce** – část  
fenotypů má větší  
reprodukci a přežívání

**3) Disruptivní selekce** –  
průměrné fenotypy  
mají nižší reprodukci a  
přežívání

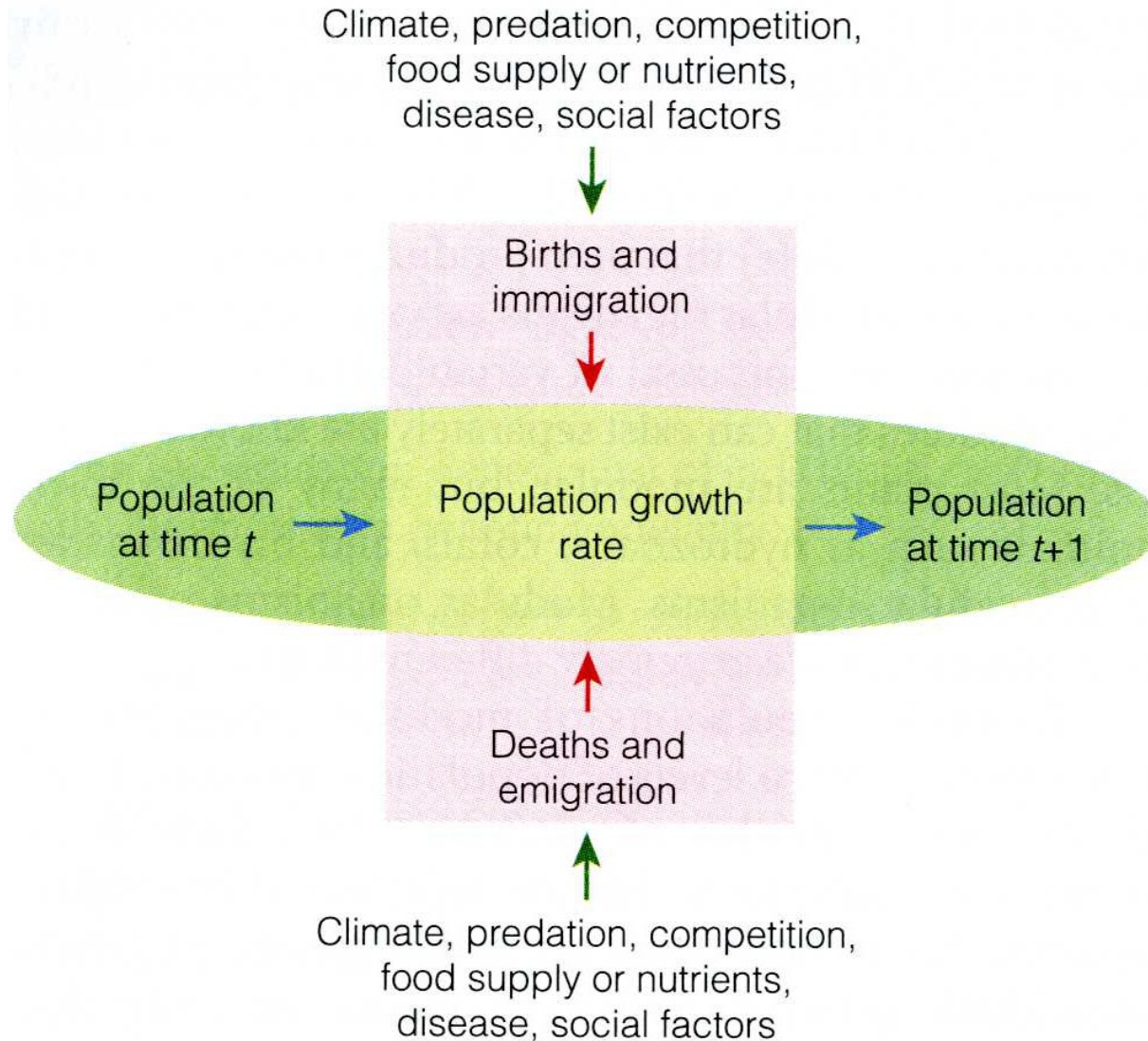




# Populace jako dynamický systém

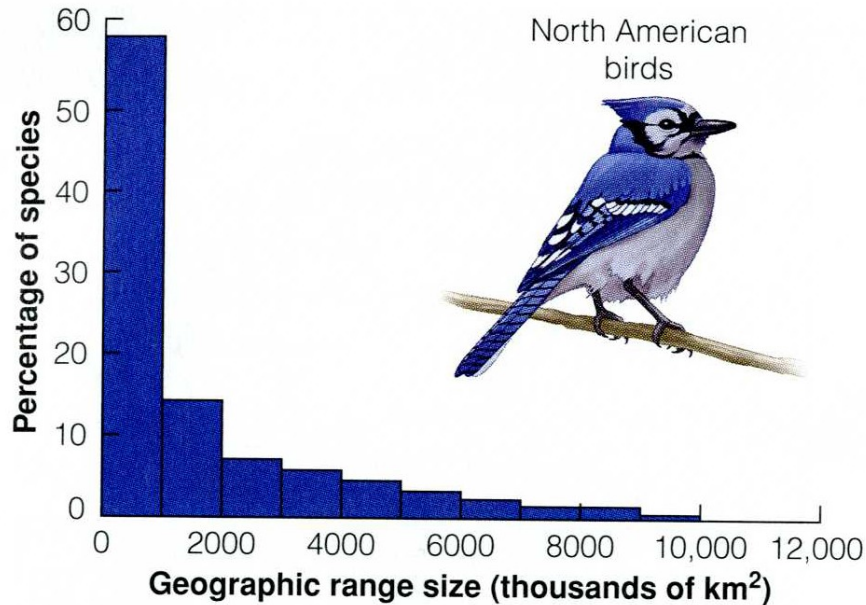
- Populace – jedinci seskupení do struktur podle věku, vývojového stádia, hmotnosti atd.
- Podmínky – teplota, vlhkost, proudění, pH, salinita atd.
- Zdroje – teplo, vody, kyslík, prostor atd.
- Ostatní organismy – kompetice, predace, patogenní organismy, paraziti

# Populace jako dynamický systém

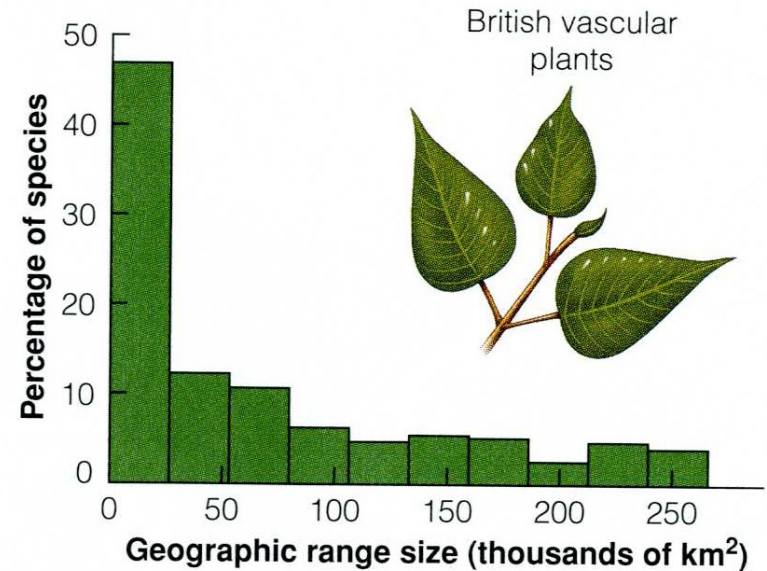


# Frekvenční distribuce velikosti stanoviště:

(a) severoamerických ptáků – 1370 druhů a (b) britských cévnatých rostlin – 1499 druhů



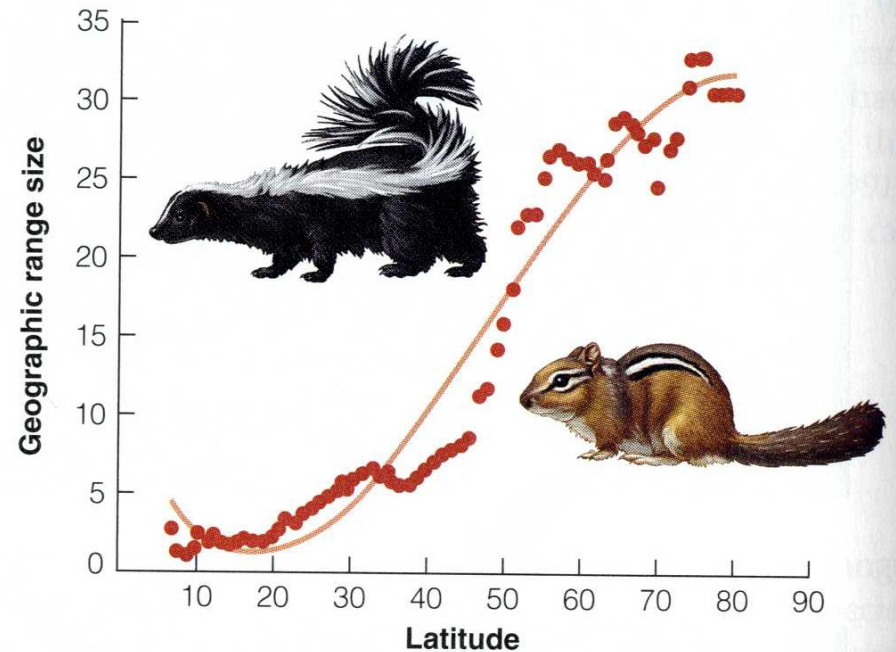
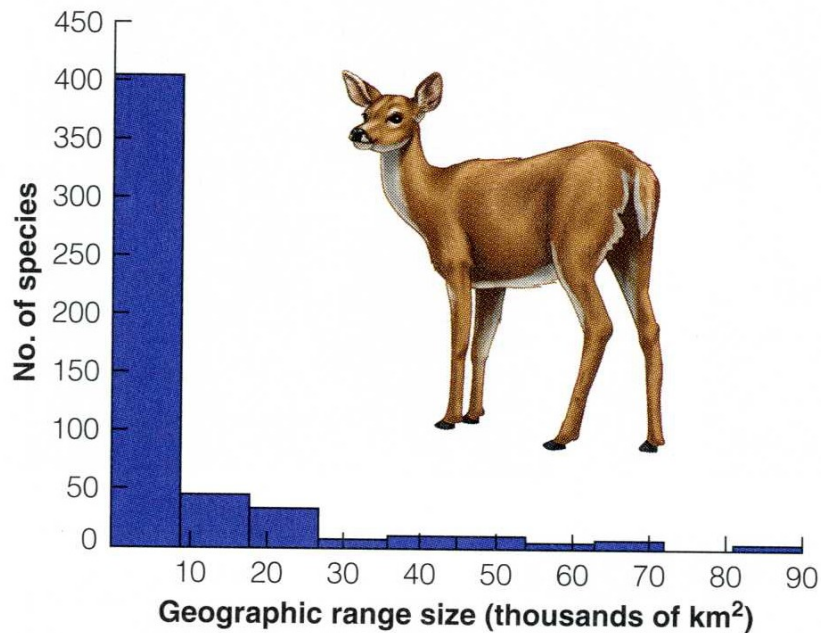
(a)



(b)

# Vztah mezi velikostí stanoviště

u 523 druhů severoamerických savců – (a) velikost stanoviště (b) – zeměpisná šířka



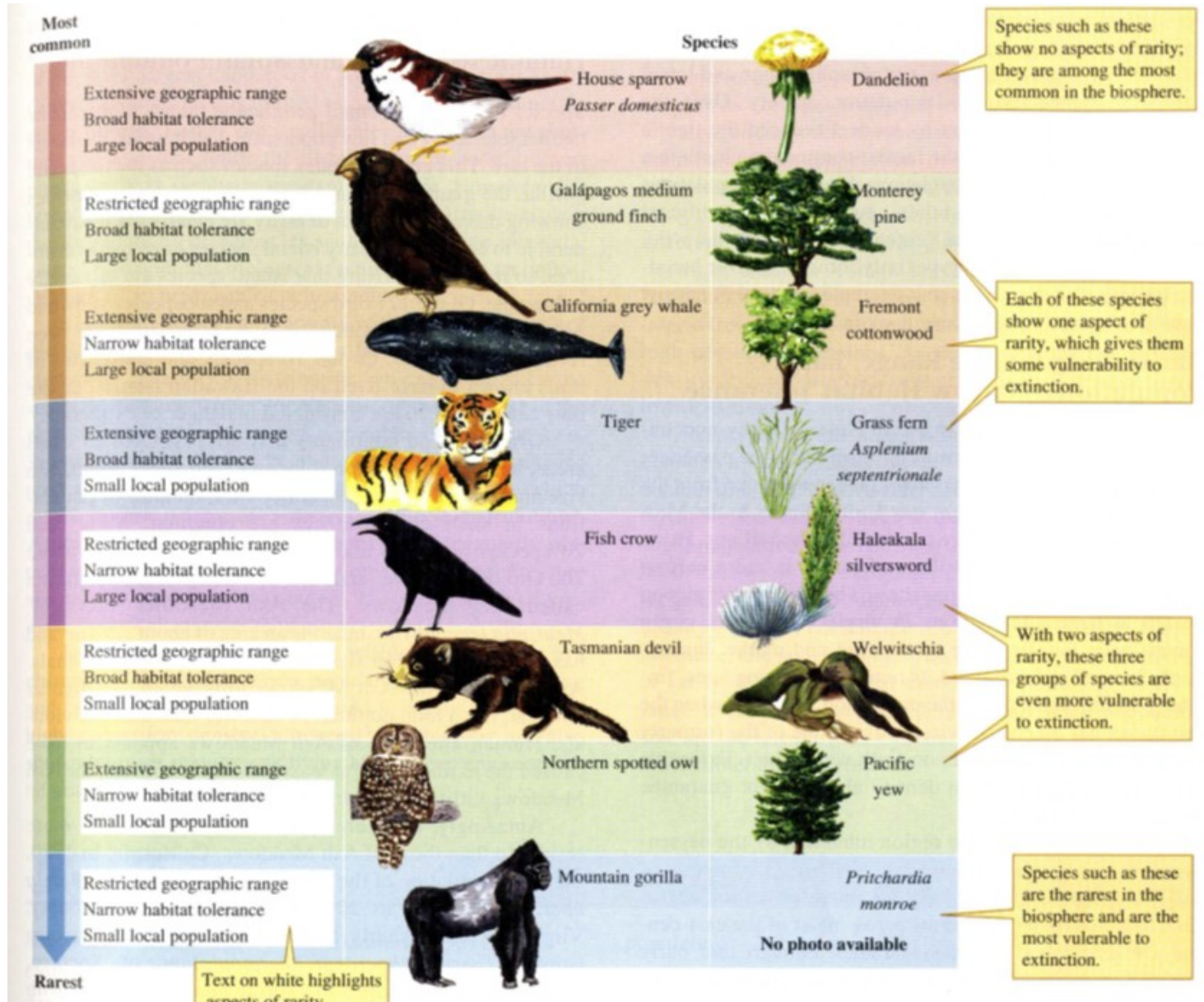


# Liebigův zákon minima

- Růst populace je limitován relativně **nejvzácnějším zdrojem**
- Zdroje mohou limitovat nejen růst a **početnost** konzumenta, ale také mohou regulovat **populační růst**
- Dynamický vztah mezi zdroji a konzumenty – tzv. **regulace zdola** – regulace prostřednictvím potravních zdrojů



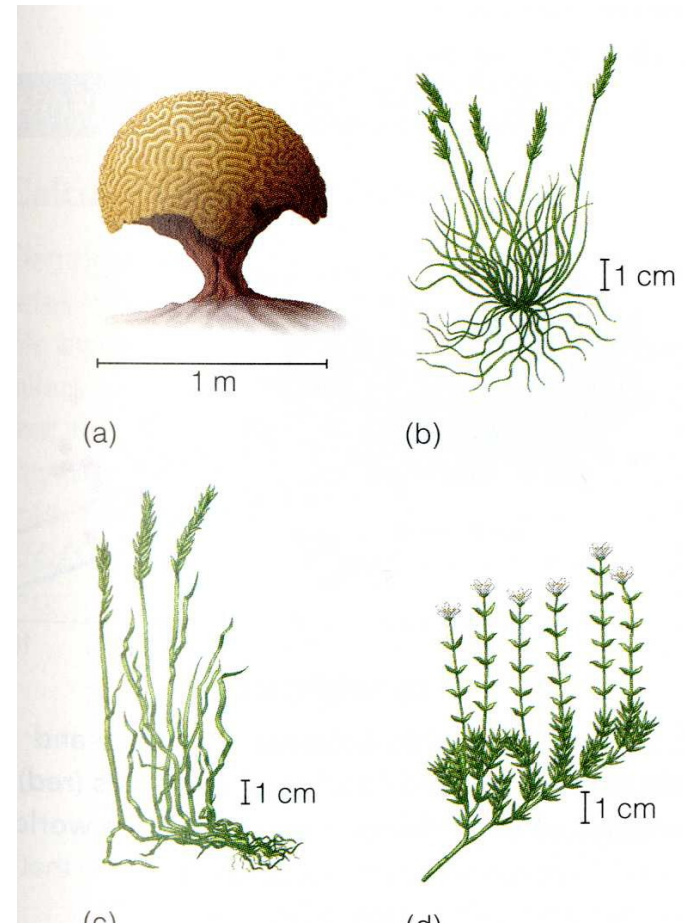
# Limitující faktory ohrožených druhů



# Jak charakterizovat jedince ?

## Unitární organismy

## Modulární organismy





# Co je to jedinec ?

## Unitární organismus

- Unitární organismus vzniká z jedné zygoty, tvar a forma tohoto jedince je predikovatelná (např. hmyz, ryby, ptáci savci). Jsou pohybliví.

## Modulární organismus

- Modulární organismus – z jediné zygoty vzniká stavební prvek, **modul**, který dává vznik dalšímu modulu, tvoří se struktura,, která se rozrůstá a větví (např. většina rostlin, houby, polypi, koráli, mechovky, sumky – celkem 19 kmenů živočichů). Jsou silně proměnliví, nemají pevný tvar, jsou nepohybliví.

# Kategorie modulárních organismů

	<b>Rostliny</b>	<b>Živočichové</b>
rozpadající se během života	okřehek (Lemna)	nezmar (Hydra)
volně se větvící	jetel (Trifolium)	Pennaria sp. (Cnidaria)
oddenky a výběžky	„bizoní tráva“ (Buchloe)	Camnanularia (Cnidaria)
trsovité moduly	kostřava (Festuca)	Cryptosula sp (mechovka)
mnohonásobně se větvící	dub (Quercus)	Gorgonia sp. (rohovitka-korál)

# Příklady modulárních organismů



# Modulární organismy

- Individuální modulární organismy – **geneta** – genetický jedince – produkt jedné zygoty
- Četnost modulů je často důležitější než četnost genet:

$$\text{moduly}_{\text{pres}} = \text{moduly}_{\text{past}} + \text{vznik modulů} - \text{úhyn modulů}$$

- Modularita vede k mimořádné proměnlivosti jedinců (stárnutí na úrovni modulů – opadávaní listů u stromů)
- Modulární jedinci mají věkovou strukturu. Je dána buď stářím genet, nebo stářím modulů

# Rostliny a živočichové s klonálním rozmnožováním

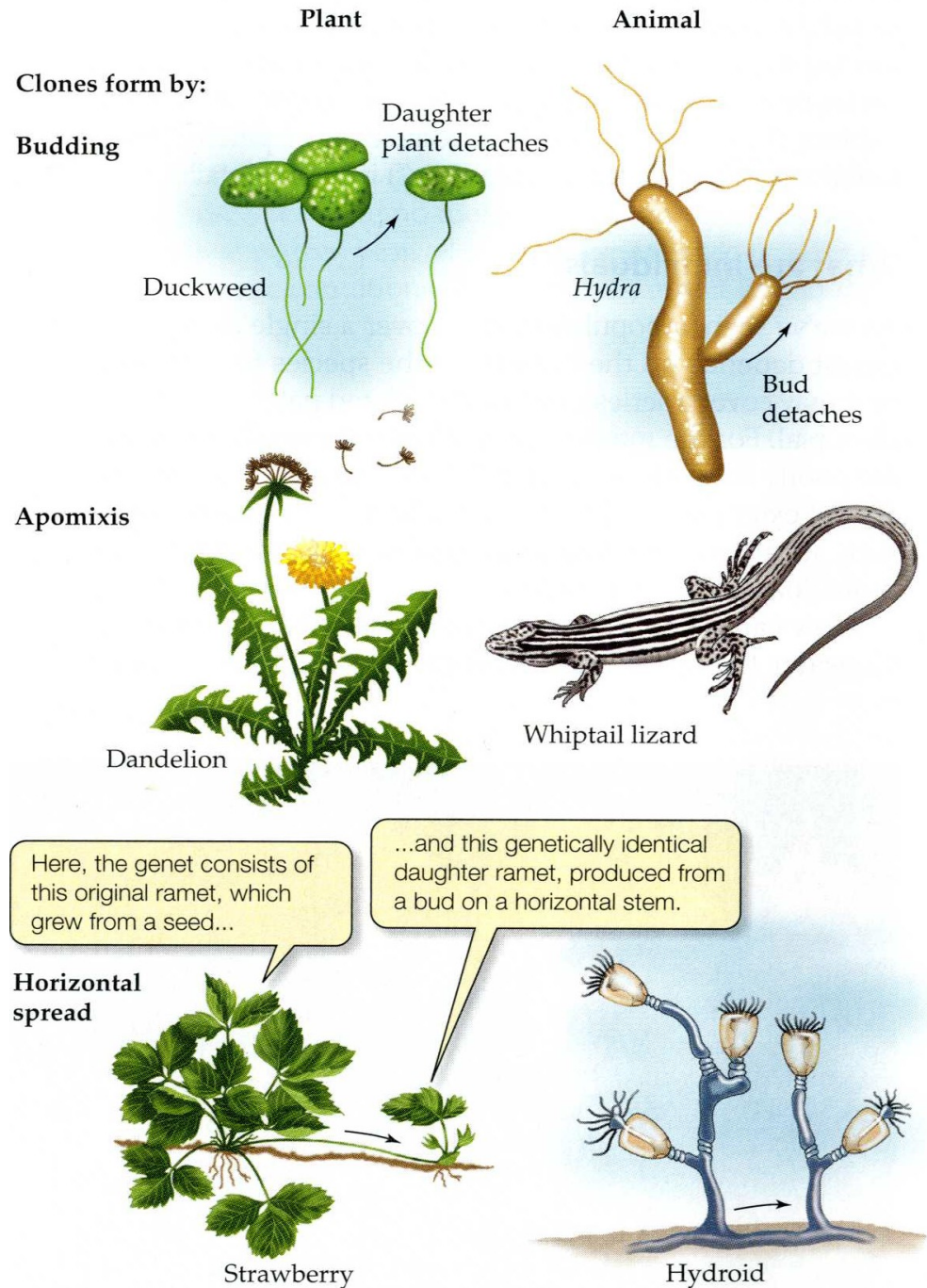
Mnoho rostlin a živočichů se rozmnožuje asexuálně a vytváří v podstatě klony geneticky identických jedinců.

Příklady demonstrují:

**1) Množení tzv. pučením** – potomek se odkšrcuje (pučí) na rodiči

**2) Apomiktické rozmnožování** – potomek vzniká z neoplozeného vajíčka – partenogeneze

**3) Horizontální šíření** – potomek vzniká během růstu a vývoje rodiče – modulární organismy



# Důležité rozdíly mezi unitárními a modulárními organismy

- Taxonomické vlastnosti, podle nichž rozlišujeme druhy modulárních organismů, jsou převážně vlastnostmi modulu, nikoliv celého organismu
- Způsob interakce modulárních organismů s jejich prostředím je dán stavbou těchto organismů

# Základní vlastnosti populace

## Formální

- Početnost (abundance)
- Hustota (densita)
- Disperze (distribuce)
- Struktura

## Funkční

- Plodnost (natalita)
- Úmrtnost (mortalita)
- Migralita
- Růst a dynamika

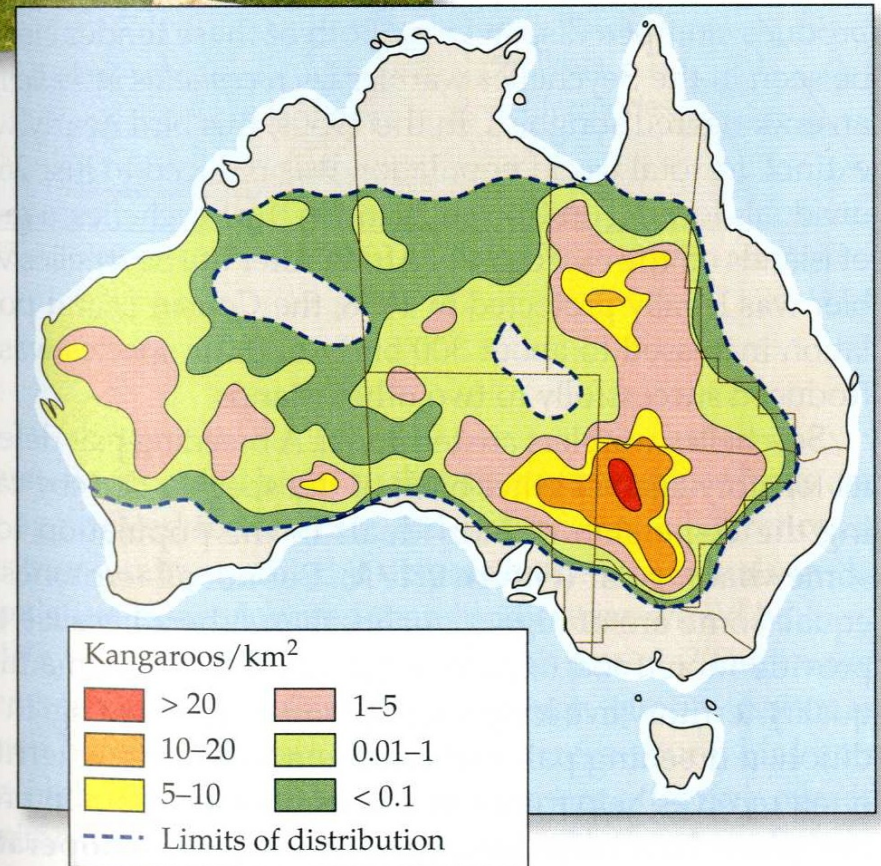
# Abundance a hustota populace

- Abundance je součet všech jedinců v populaci
- Obvykle se stanovuje ve vztahu k nějaké jednotce plochy nebo objemu – hustota
- Relativní abundance - indexy
- Absolutní densita – vztahuje se na jednotku plochy



**Abundance je v rámci a reálu rozšíření často velmi variabilní**

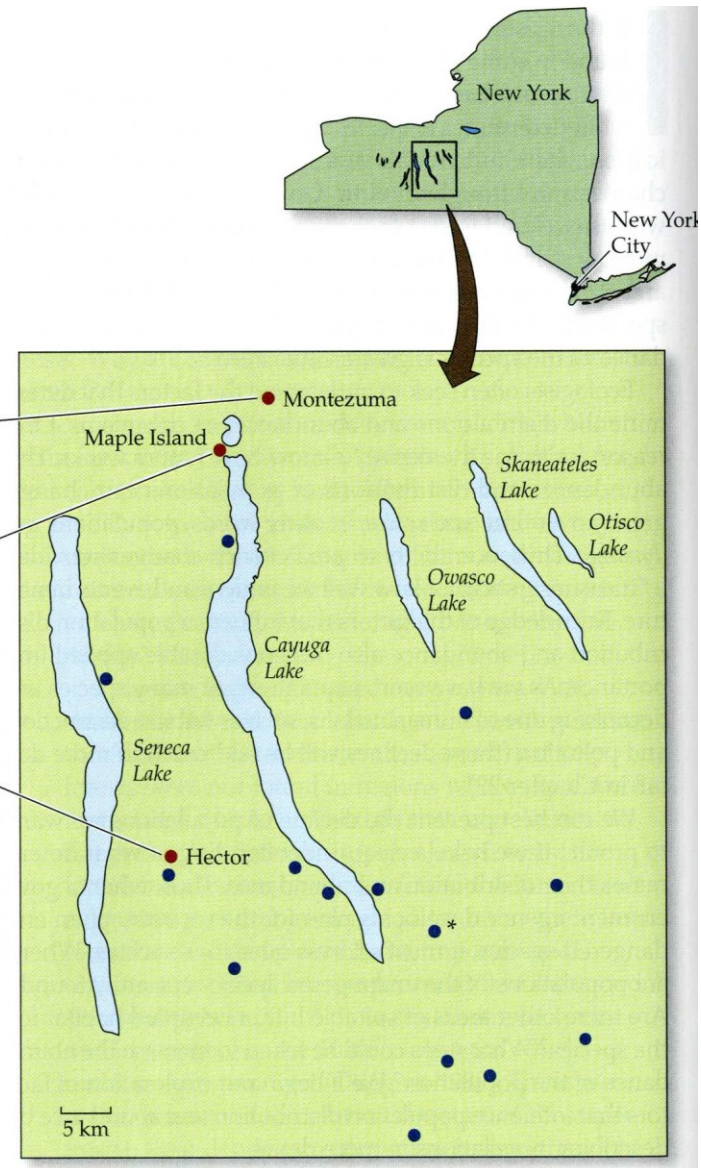
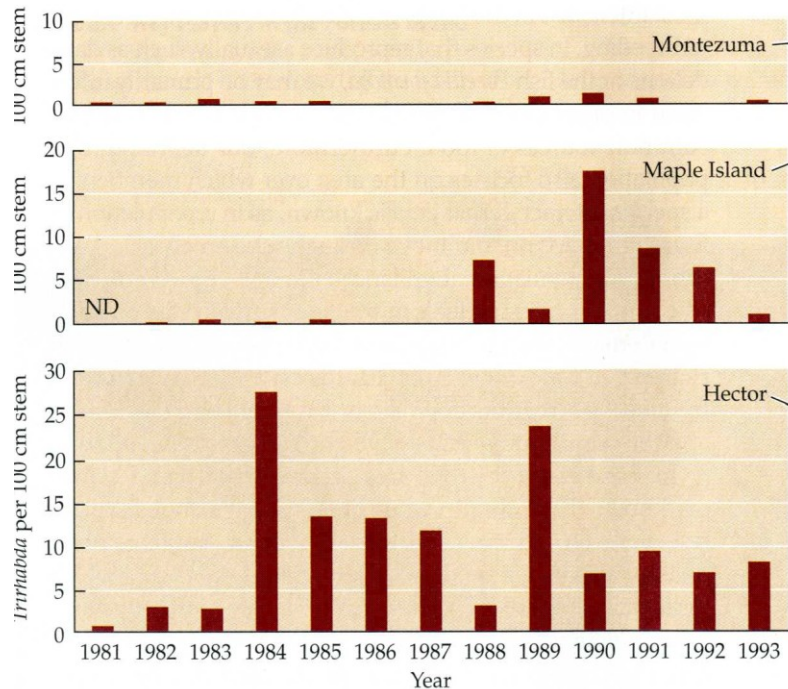
**Příklad: klokani v Austrálii**





# Abundance je často velmi dynamická

**FIGURE 8.3 Abundances are Dynamic** Abundances over time of the beetle *Irrrhada virgata* feeding on tall goldenrod (*Solidago altissima*) at Montezuma, Maple Island, and Hector, three of the 22 sites studied by Richard Root and Naomi Cappuccino. Study sites are indicated by data points on the map; five study sites are located close to one another at the position marked with an asterisk. (After Root and Cappuccino 1992.)



# Hustota populace

- Hustota (densita) – množství jedinců určitého druhu na jednotku plochy nebo objemu

Vyjádření: **Abundance** (početnost) =  $Nm^{-2}$ ,  $N ha^{-1}$ ,  $Nml^{-1}$ ,  
 $Nl^{-1}$ ,  $p/h$

**Biomasa** (váha živé hmoty)  $g m^{-2}$ ,  $kg ha^{-1}$ ,  $mg ml^{-1}$ ,  
 $g l^{-1}$

Hustota absolutní – konkrétní počet jedinců

Hustota relativní – různé indexy nebo v %

Hustota hrubá – jedinci na ploše bez ohledu na rozdílnost míst

Hustota specifická – počet na jednotlivé plochy

# Hustota malých a velkých organismů v přirozených populacích

Hustota v běžných jednotkách (např. m<sup>2</sup> nebo m<sup>3</sup>)

Rosivky 5 000 000/m<sup>3</sup>

Půdní členovci 500 000/m<sup>2</sup>

Barnacles (přílipky) 20/100cm<sup>2</sup>

Stromy 500/ha

Myši 250/ha

Jeleni 4/km<sup>2</sup>

Člověk – Holandsko 395/km<sup>2</sup>

USA 31/km<sup>2</sup>

Kanada 3,2/km<sup>2</sup>

# Metody stanovení hustoty

## **Absolutní**

- Celkové sčítání
- Vzorkování populace
- Značkování populace

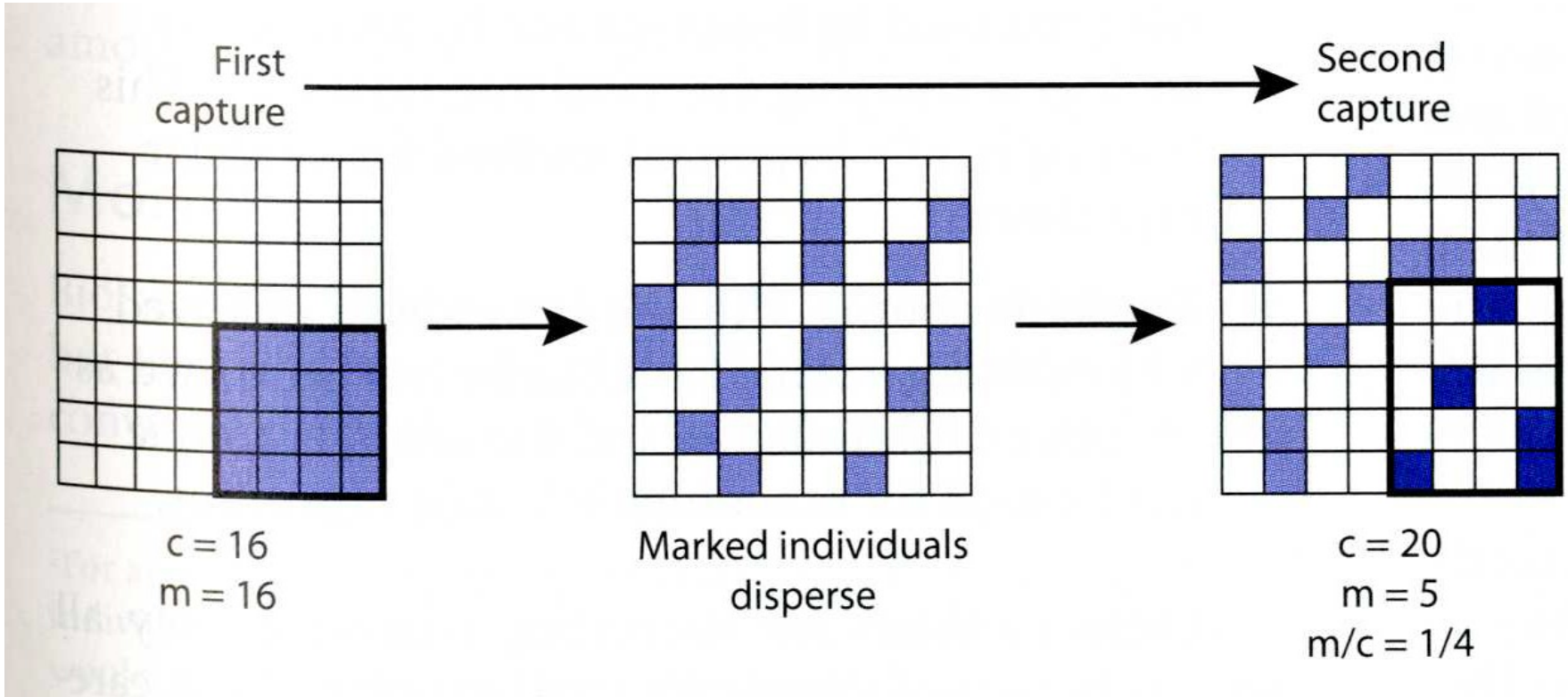
## **Relativní**

- Odhad
- Smýkací metody
- Lineární metody

# Metody stanovení hustoty populace

- **Celkové sčítání** (census) – součet všech jedinců v populaci (velcí kopytníci, velryby, kolonie netopýrů)
- **Vzorkování populace** – součet jedinců v části populace - odběr reprezentativního množství vzorků – problémy se vzorkováním u nerovnoměrně distribuovaných jedinců
- **Určování relativní početnosti** pomocí indexů – lineární versus nelineární indexy (korekce na saturaci)
- **CMR metody** „capture-mark-recapture“, „catch-mark-release“ – stejná pravděpodobnost odchyty u všech zvířat – značení nesmí mít vliv na odlovitelnost
- Sledování numerických změn se zřetelem na demografické procesy v populaci

# Metody CMR



# Lincoln – Patersonův index

- napr. **Paterson-Lincoln** metóda – nahodnocuje veľkosť vzorku, preto sa používa korekcia

$$\frac{N}{n_1} = \frac{n_2}{m_2} \Rightarrow N = \frac{n_1 n_2}{m_2}$$

$N$  = veľkosť populácie v dobe značenia

$n_1$  = počet jedincov označených v 1. vzorku

$n_2$  = počet jedincov odchytených v 2. vzorku

$m_2$  = počet označených jedincov v 2. vzorku

$$N = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}{(m_2 + 1)} - 1$$



# Metody CMR

Dva odchyty ( $k = 2$ )  
Uzavřená populace  
*Lincoln-Petersonův model*

Více odchyťů ( $k > 2$ )

Modely pro uzavřené populace  
*(program CAPTURE)*

Modely pro  
otevřené populace

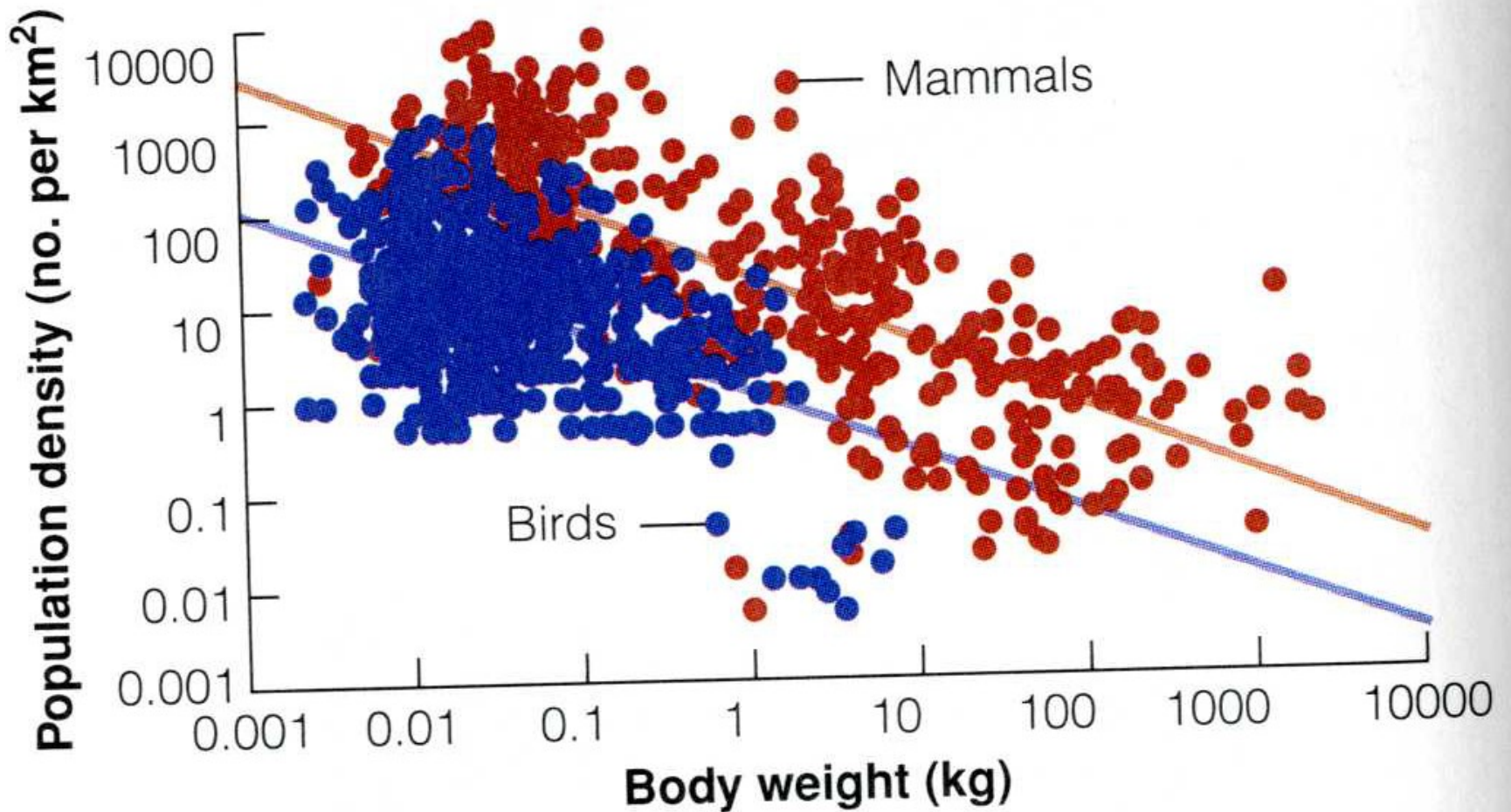
Kombinovaný model  
pro uzavřené a otevřené  
populace

*JS model*

*"Robust design"*

Zjednodušování a zobecňování  
Testování specifických faktorů

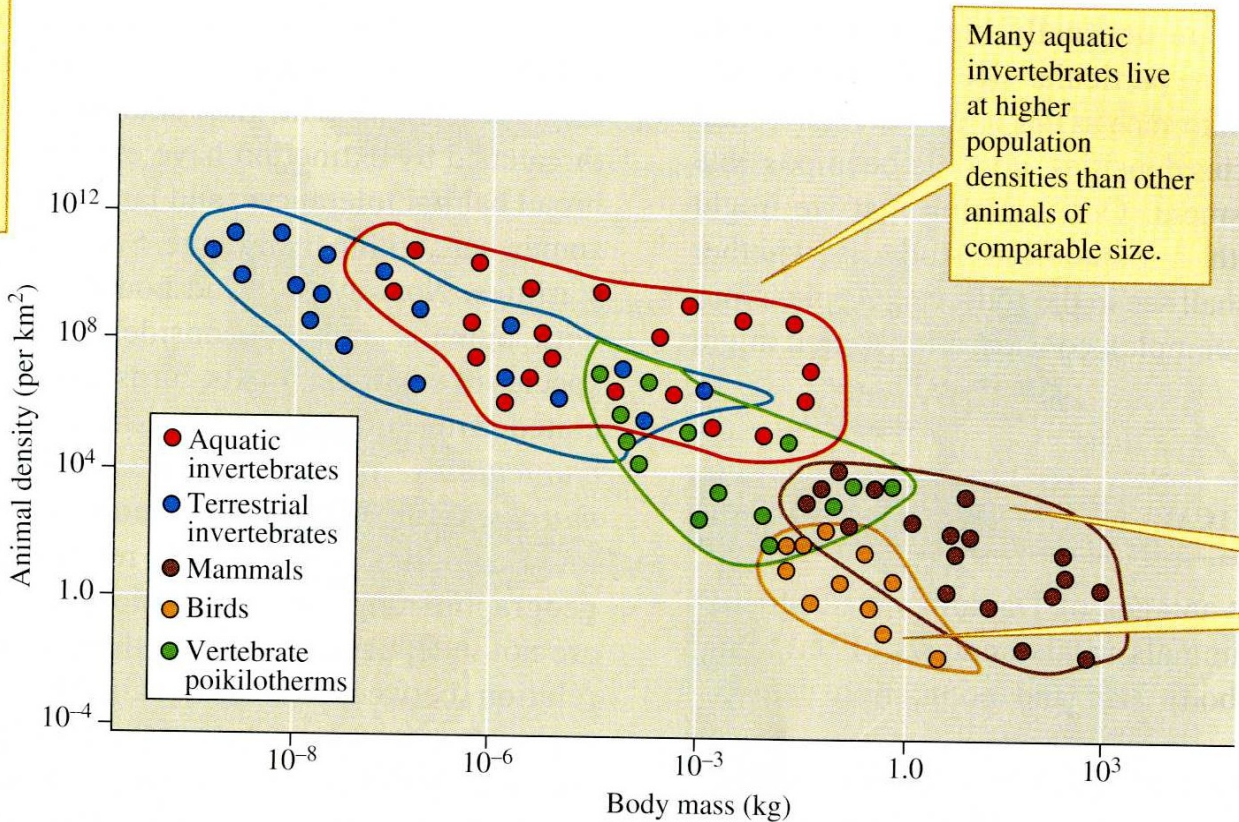
# Vztah hustoty a hmotnosti těla



# Velikost živočichů a hustota populace

průměrná hustota populace klesá s rostoucí velikostí těla

Overall, average population density decreases with increasing body size across a wide spectrum of animal groups.



Many aquatic invertebrates live at higher population densities than other animals of comparable size.

Mammals tend to live at higher population densities than birds.



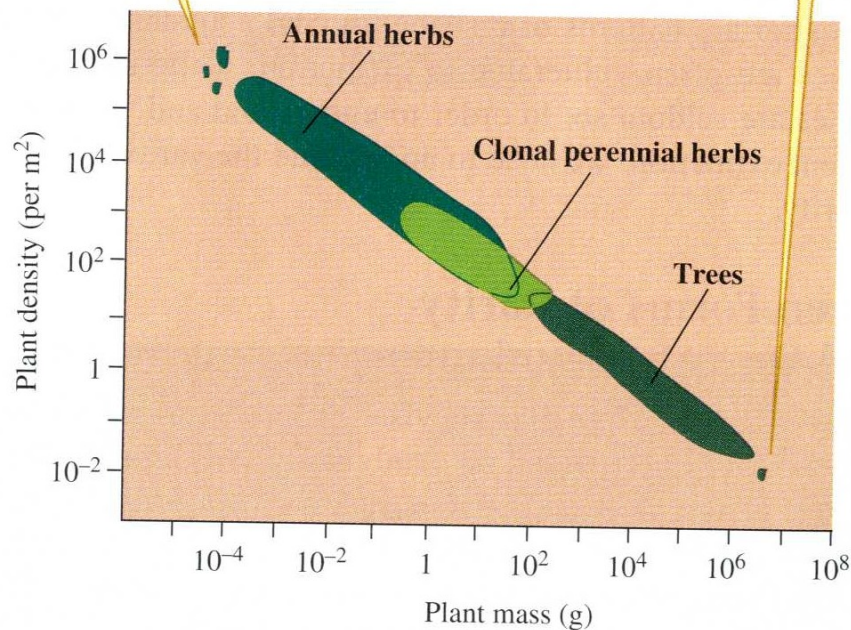
# Velikost rostlin a hustota populace

Hustota populace rostlin klesá s rostoucí velikostí těla a jejich areálem rozšíření

As in animals, plant population density decreases with increasing plant size across a wide range of plant growth forms.

Duckweed, *Lemna*, one of the smallest flowering plants, lives at very high population densities.

The coastal redwood, *Sequoia sempervirens*, one of the largest trees, lives at one of the lowest population densities.



# Disperze (distribuce) populace

- **Disperze** - vyjadřuje rozmístění jedinců v prostoru, tj. na demotopu - je to tzv. vnitropopulační rozptyl na určité ploše
- **Nahodilá disperze** – (nepravidelná) – vzácně se vyskytující
- **Rovnoměrná disperze** – (pravidelná) – tam, kde je silná vnitrodruhová konkurence
- **Nahloučená disperze** – (agregovaná) - nejčastější

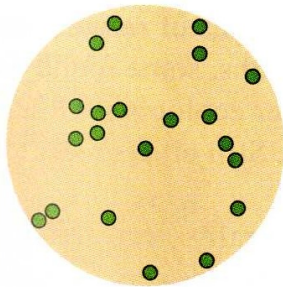
# Typy disperze – grafické znázornění

## Nahodilá

An individual has an equal probability of occurring anywhere in an area.

**Patterns**

**Random**



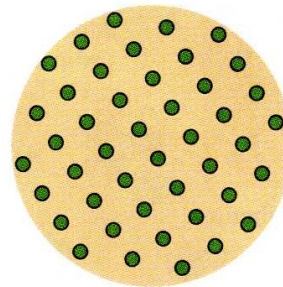
**Processes**

Neutral interactions between individuals, and between individuals and local environment

## Rovnoměrná

Individuals are uniformly spaced through the environment.

**Regular**

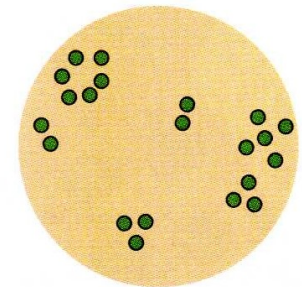


Antagonistic interactions between individuals or local depletion of resources

## Nahloučená

Individuals live in areas of high local abundance, separated by areas of low abundance.

**Clumped**

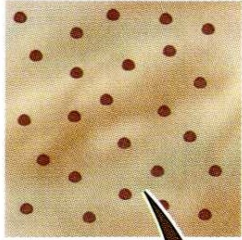


Attraction between individuals or attraction of individuals to a common resource

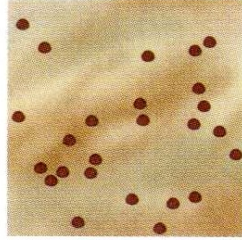


# Typy disperze populace

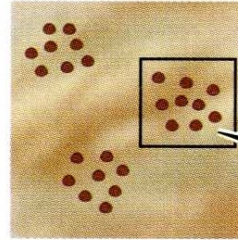
Nearly regular



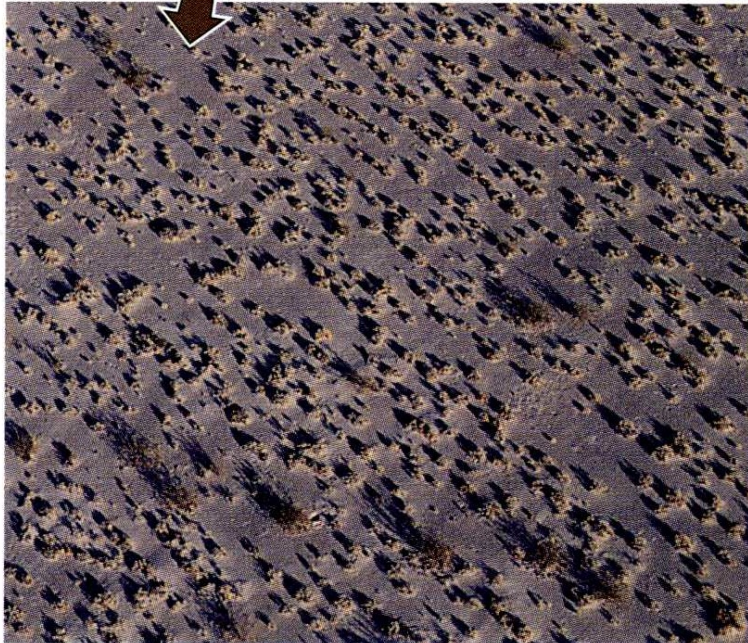
Random



Clumped



(A)



(B)



# Variabilita disperze

- Rozdíly v disperzi mohou být dány geneticky (rozdílné genotypy šířících a nešířících se jedinců)
- Rozdíly dané pohlavím
- Sociální rozdíly – populace drobných savců
  - Sociální podřízenost
  - Geneticky daný polymorfismus
  - Rozptyl jedinců před nasycením a při nasycení populační hustoty
  - Sociální soudržnost

# Síly podporující agregaci - shlukování

- Shodný výběr stanoviště
- Přitažlivost jedinců – sobecké stádo
- Přesycení predátora v čase
- Distribuce jako kompromis mezi faktory pro a proti shlukování

# Náklady vynaložené na rozptyl

Evoluční konflikt – kompromis:

- Mezi hmotností disperzní jednotky a její schopností rozptylu (dispersibilitou)
- Mezi hmotností zásob, kterými vybaví rodič jednotlivého potomka a počtem potomků
- Mezi rozdělením zdrojů mezi několik málo těžkých potomků a nebo větší počet potomků s nižší hmotností

# Disperze populace

- Alliho princip – při agregaci se může zvyšovat vnitrodruhová kompetice, ale tento jev je kompenzován příznivým vlivem skupiny na jedince.
- Izolace jedinců – důsledek vnitrodruhové konkurence
- Disperze a izolace – se působením sezónních změn mění, např. vlivem vývoje a růstu populace

# Migralita

- **Migralita** (stěhování) – zahrnuje všechny pohyby nebo stěhování z jednoho místa na druhé uvnitř ekotopu i mimo něj
  - Tři typy migrace:            migrace  
  emigrace  
  imigrace
- Další pojmy:                    permigrace  
  komigrace  
  introdukce  
  invaze

**Migrace** – periodicky se opakující pohyb živočišných populací různého rozsahu a směru s pozdějším návratem do původního stanoviště

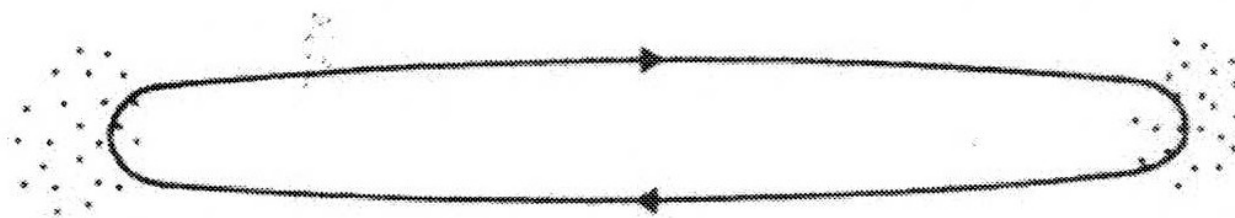
**Míra migrace** – podíl migrantů v populaci (%)

- Příklady:                    zajíc sněžný = 1 %  
  norník rudý = méně než 5%  
  vrabec domácí = 9%  
  sýkora koňadra = 36%  
  praví migranti = celá populace - sezónní migrace



# Typy migrace

## A. MIGRACE S ČETNÝMI NÁVRATY – „několikanásobný zpáteční lístek“



**biotop 1**

epilimnion

potravní  
stanoviště

voda

horské oblasti

palearktida

tundra

antarktická moře

denní migrace

planktonní živočichové  
a rostliny

netopýři, slimáci  
mnoho ptáků

roční migrace

žáby, mloci, čolci

jelenec, los

pěvci

sob

kosticovci

**biotop 2**

hypolimnion

shromaždiště

souš

nížina

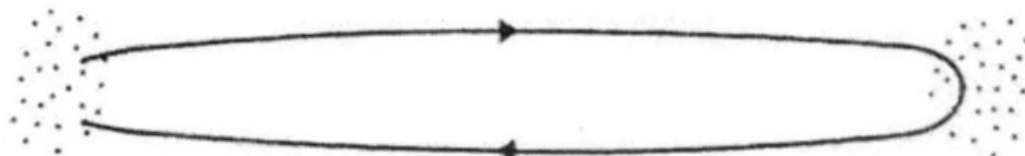
savana

boreální les

tropická moře

# Typy migrace

## B. MIGRACE S JEDINÝM NÁVRATEM – „jednoduchý zpáteční lístek“

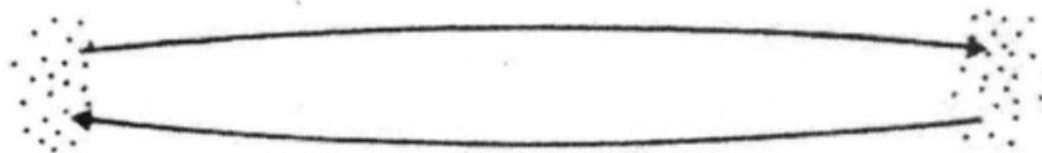


evropské rybníky  
a řeky  
evropské řeky  
biotop larev

úhoř (tření probíhá  
v mořském prostředí)  
atlantický losos (tření  
ve sladkovodním prostředí)  
motýli, mûry, chrostíci,  
pošvatky, vážky atd.

sargasové moře  
atlantický oceán  
biotop dospělců

## C. JEDNOSMĚRNÁ MIGRACE – „jednosměrný lístek“

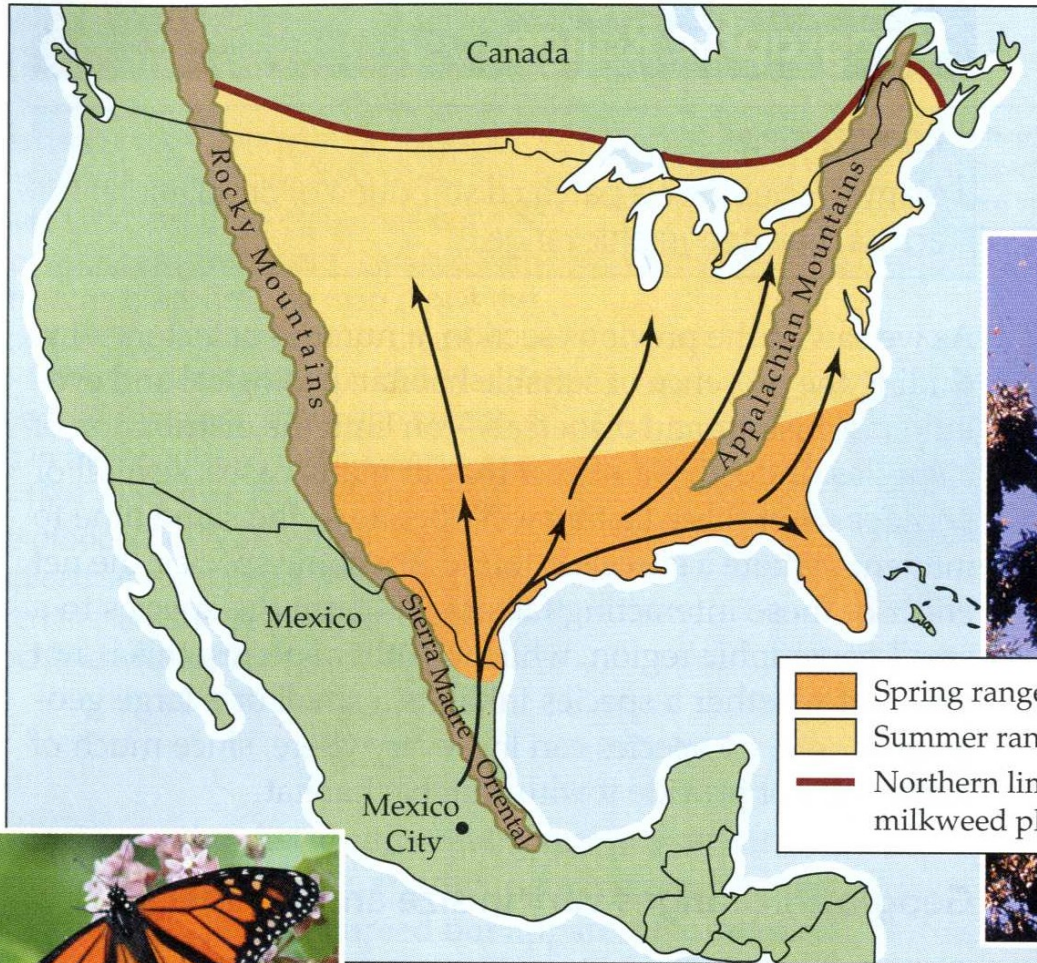


severní Evropa

několik druhů motýlů  
(viz text)

jižní Evropa

# Sezónní migrace motýlů Monarcha

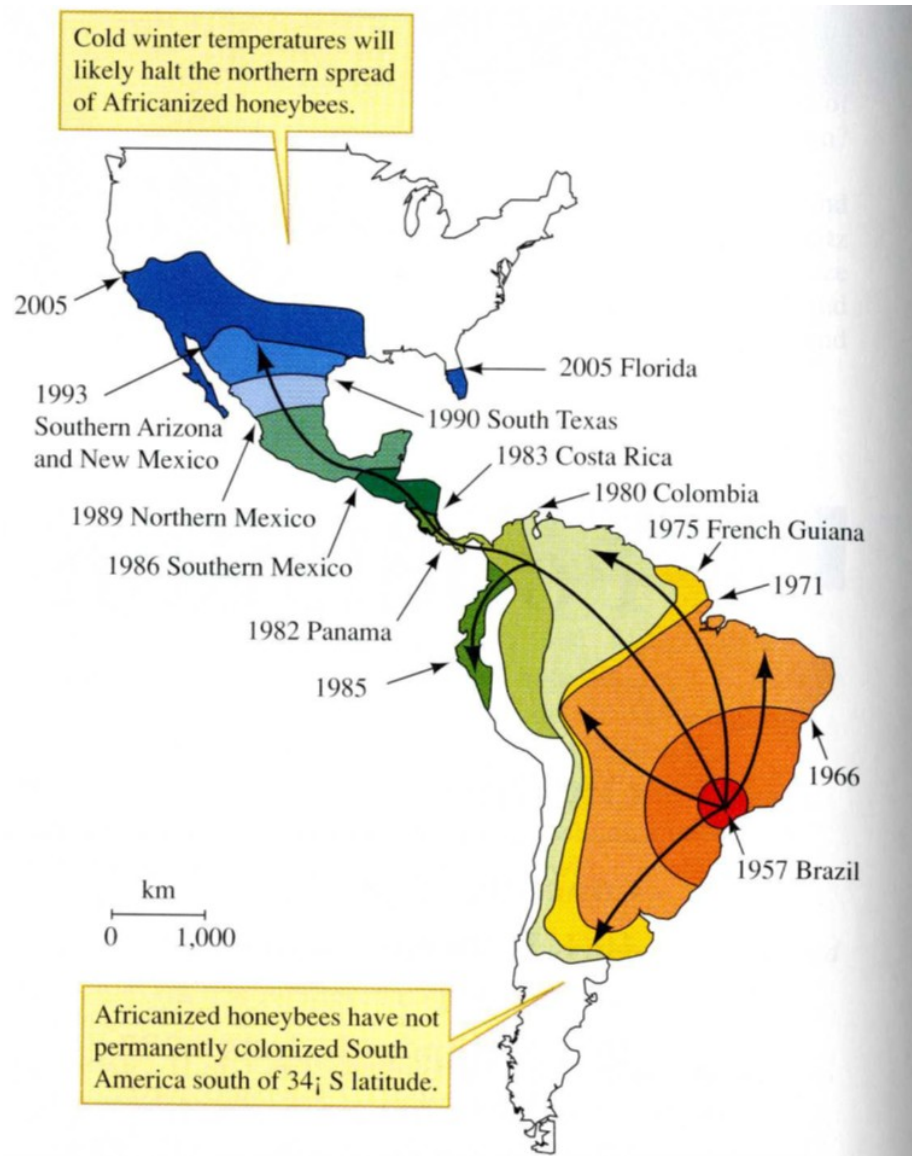


Fir branches covered with monarchs at a Mexican overwintering site.





# Biologická expanze afrických včel z jižní do střední a severní Ameriky



# Míra migrace (expanze) různých populací živočichů

Africké včely v Americe

Králík v Evropě

Kůň

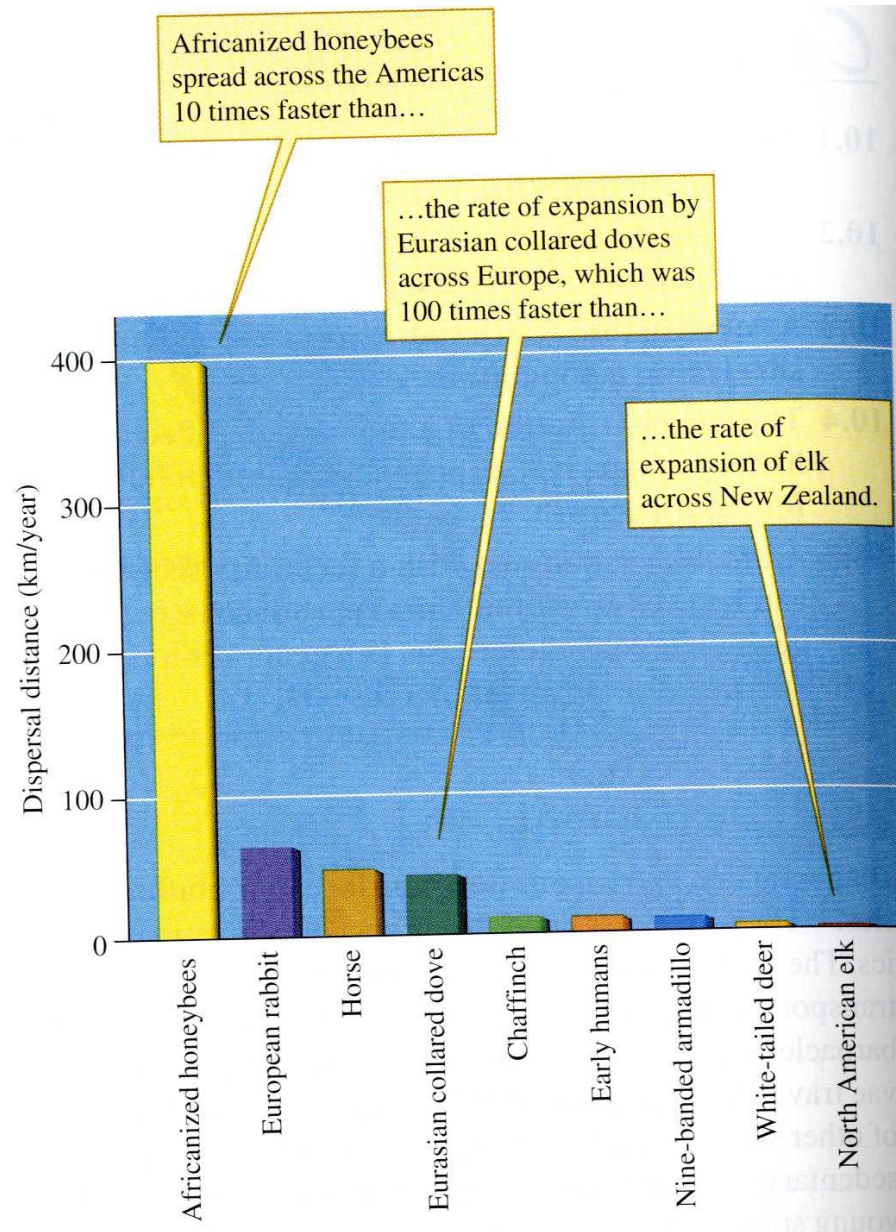
Holub v Eurasii

Pěnkava

Ranní Homo

Jeleni

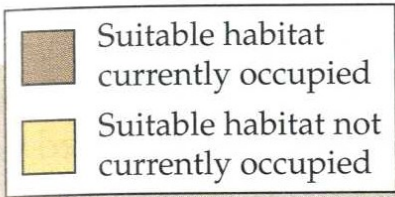
Los



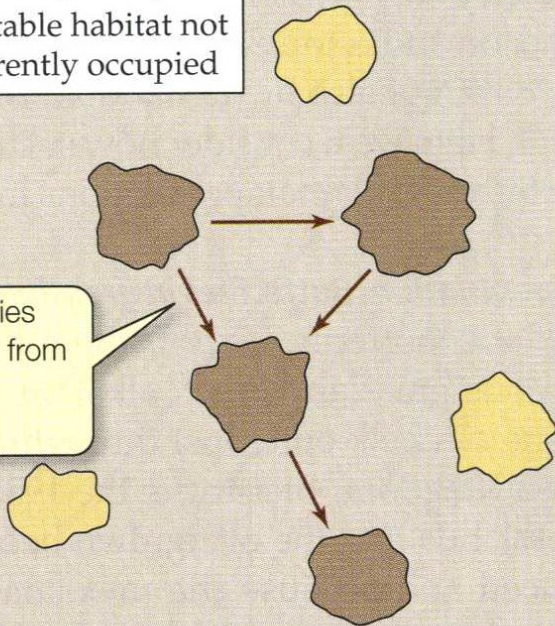


# Fragmentované habitaty - metapopulace

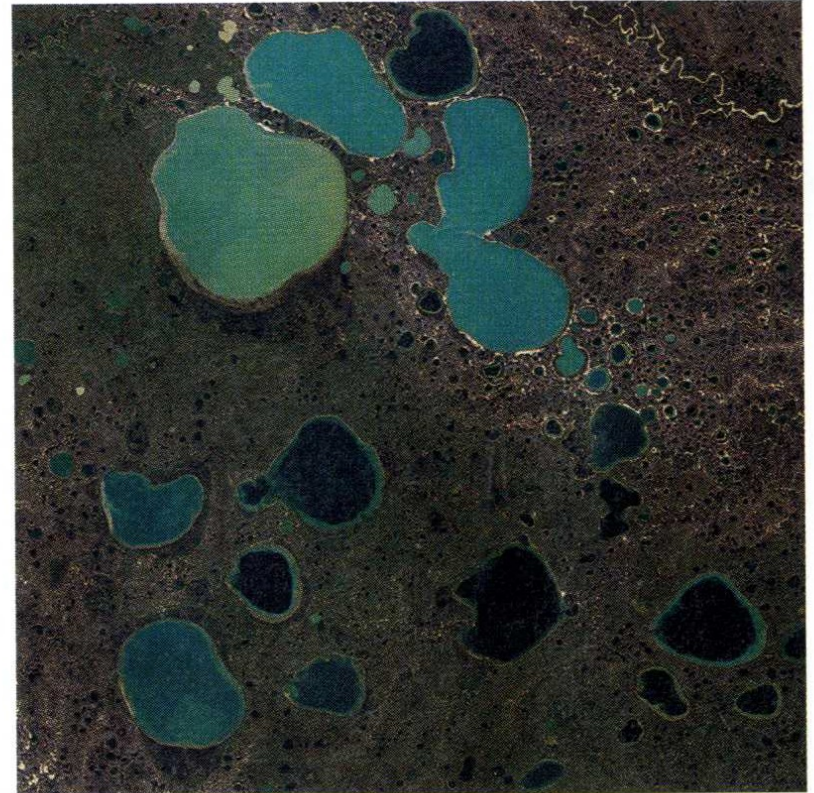
(A)



Members of the species occasionally disperse from one patch of suitable habitat to another.



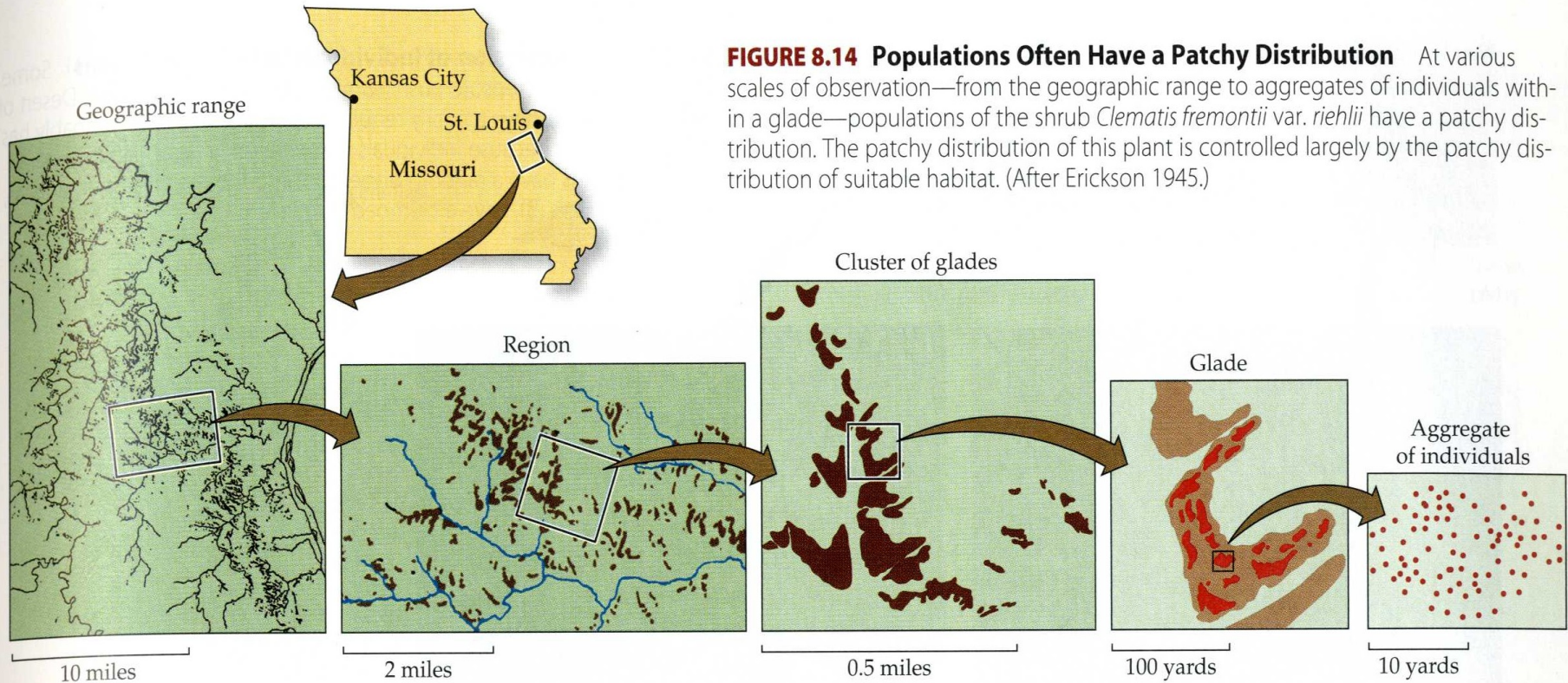
(B)





# Metapopulace

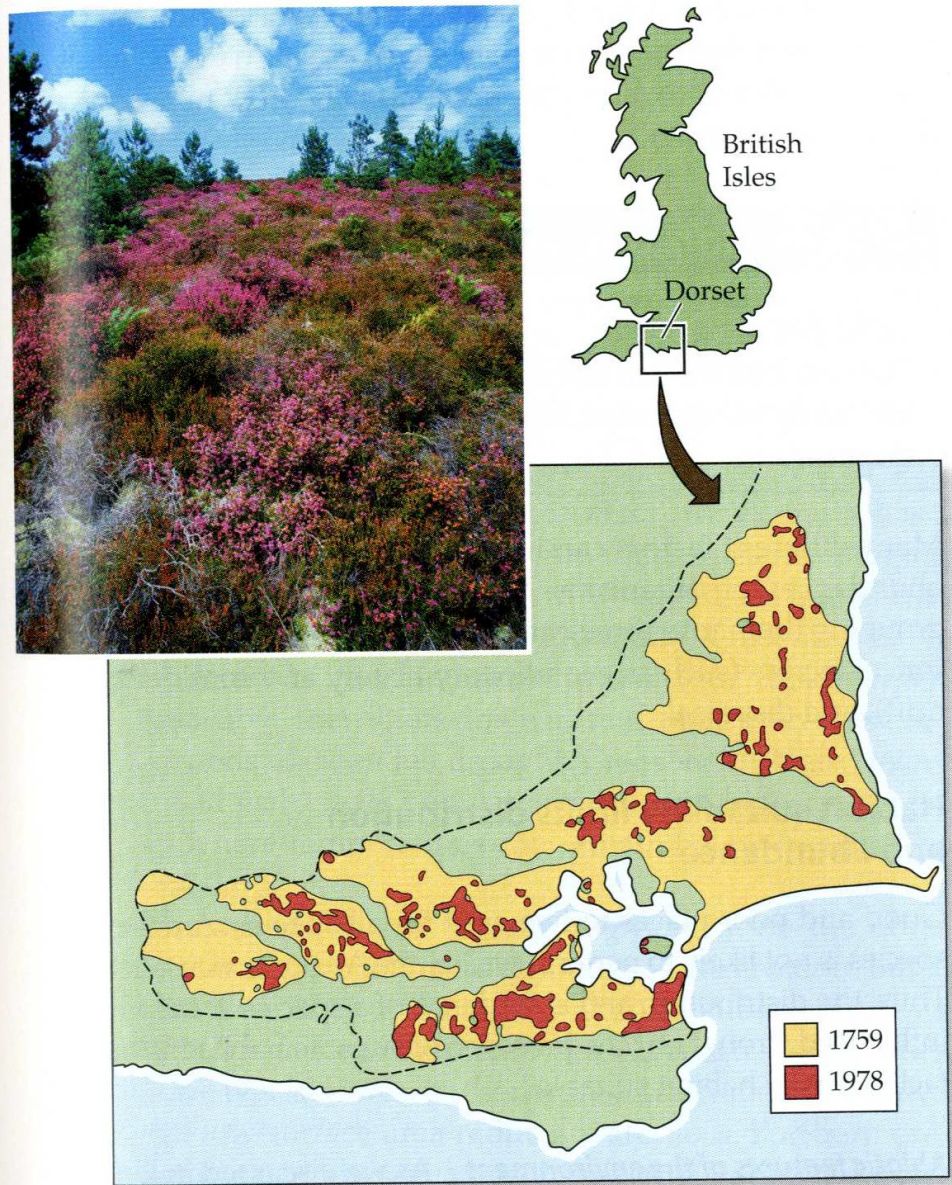
většina populací má fragmentovaný charakter





## Fragmentace vrchovišť v Dorsetu (UK)

Srovnání stavu z roku 1759  
a z roku 1978



# Dynamika metapopulace

- Mnoho druhů má strukturu **metapopulací**, pro kterou je charakteristický výskyt na mnoha izolovaných habitatech propojených vzájemně disperzí (migrací)
- Metapopulace jsou charakteristické opakovanou extinkcí a kolonizací.
- Dynamika početnosti metapopulací se odvozuje ze vztahu:

$$dp/dt = cp/1 - p - ep$$

# Struktura populace

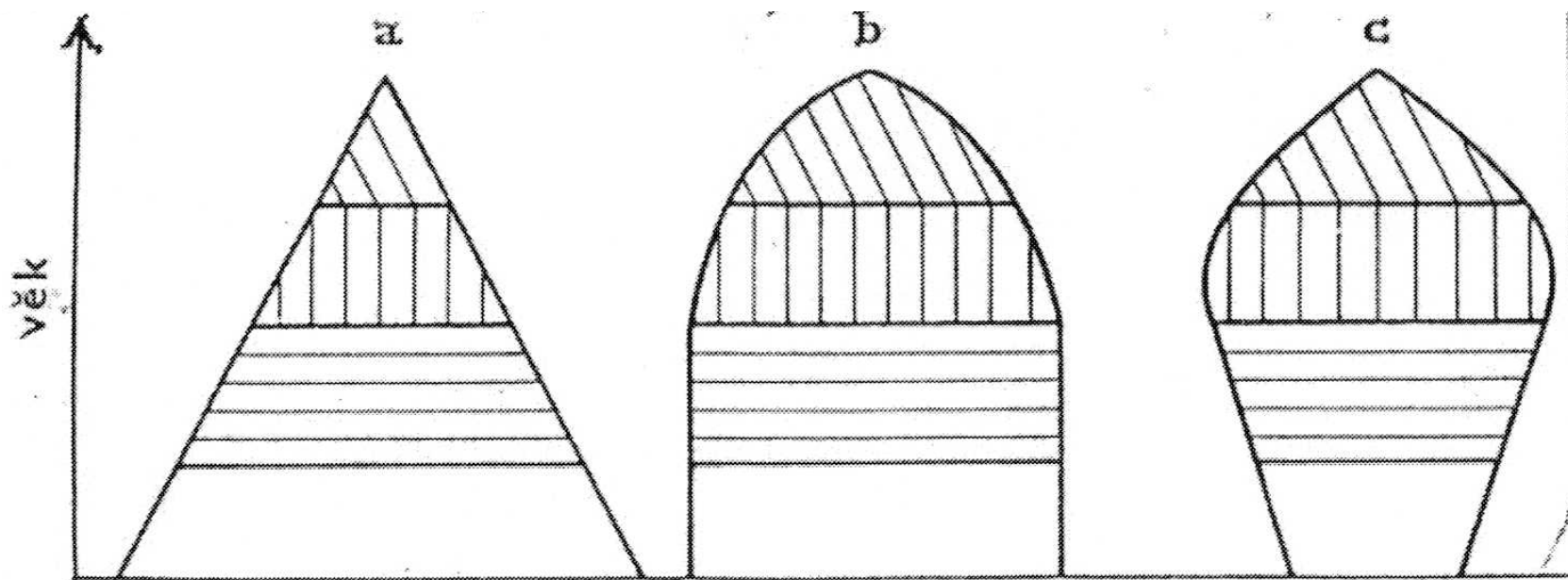
- **Věková struktura** - vyjadřuje poměrné zastoupení jednotlivých věkových tříd populace – nejčastěji:
  - předreprodukční**
  - reprodukční**
  - postreprodukční**
- **Váhová struktura** – tam, kde nelze rozpoznat věk jedinců (např. u hlodavců)
- **Pohlavní struktura** – poměr pohlaví (sex ratio):
  - primární**
  - sekundární**
  - terciální**
- **Sociální struktura** – studuje etologie

# Věková struktura populace

populace v rozvoji

stálá populace

vymírající populace

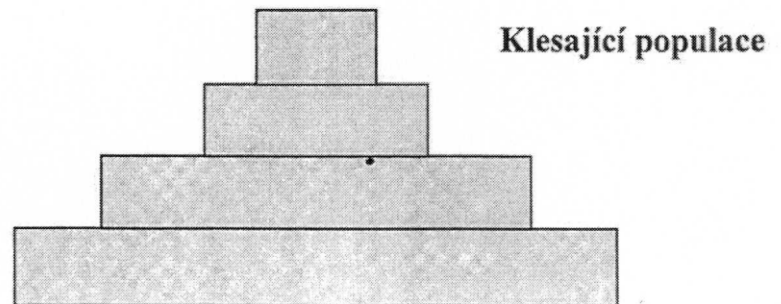
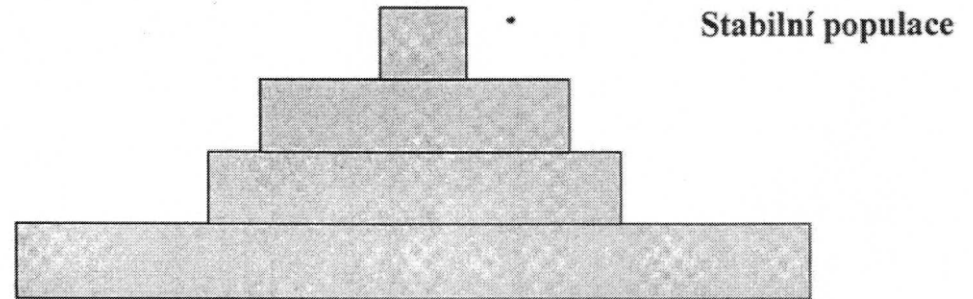
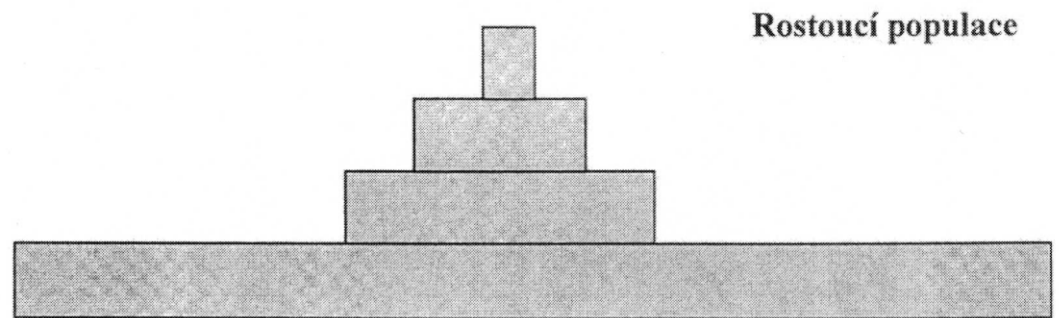


## Věkové pyramidy

Věková struktura populace – udává relativní počet jedinců v jednotlivých věkových třídách

Věkové třídy jsou specifické kategorie jako např. roky, měsíce, vajíčka, larvy, kukly, larvální instary

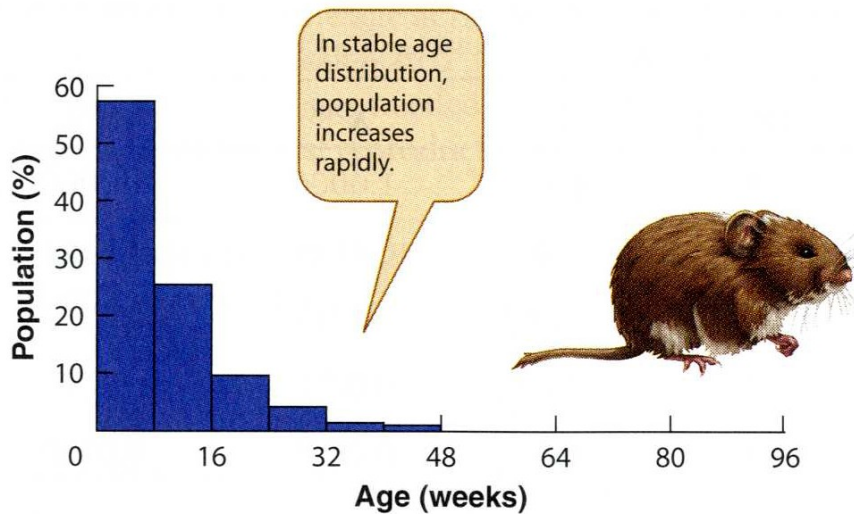
Věkové pyramidy – při stabilní distribuci věkových tříd je jejich tvar stabilní



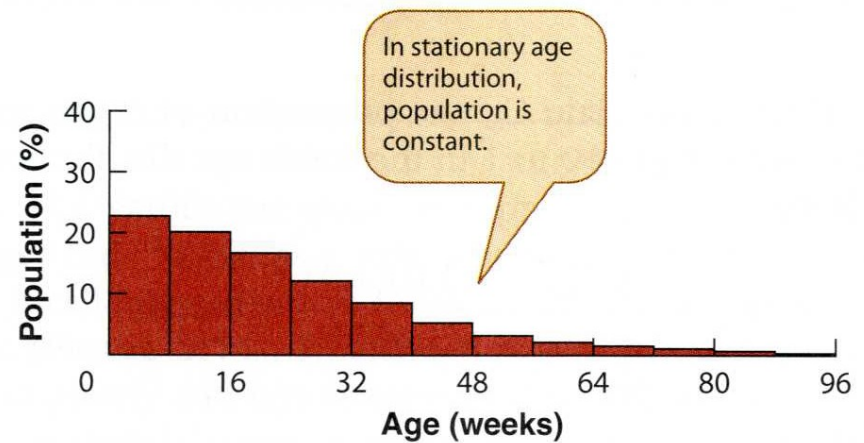


# Věková struktura populace hraboše

## Rostoucí populace

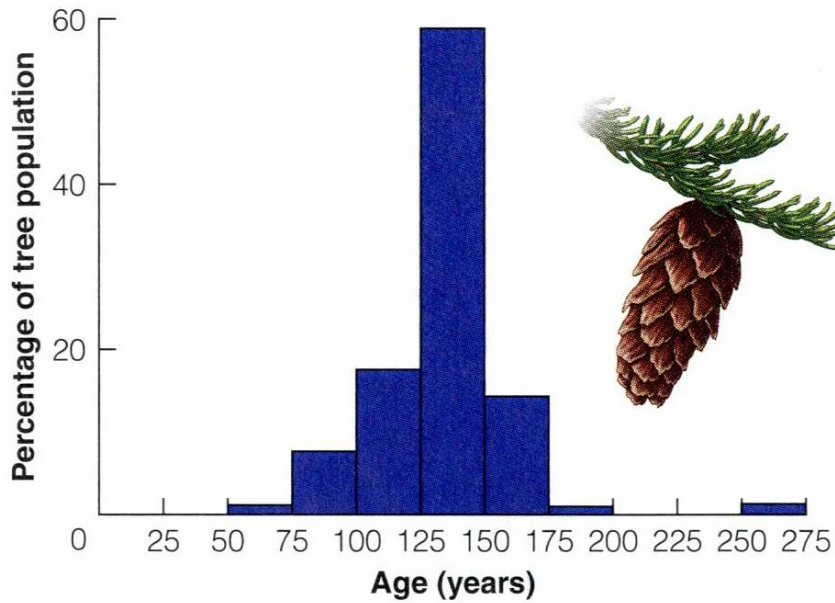


## Stabilní populace



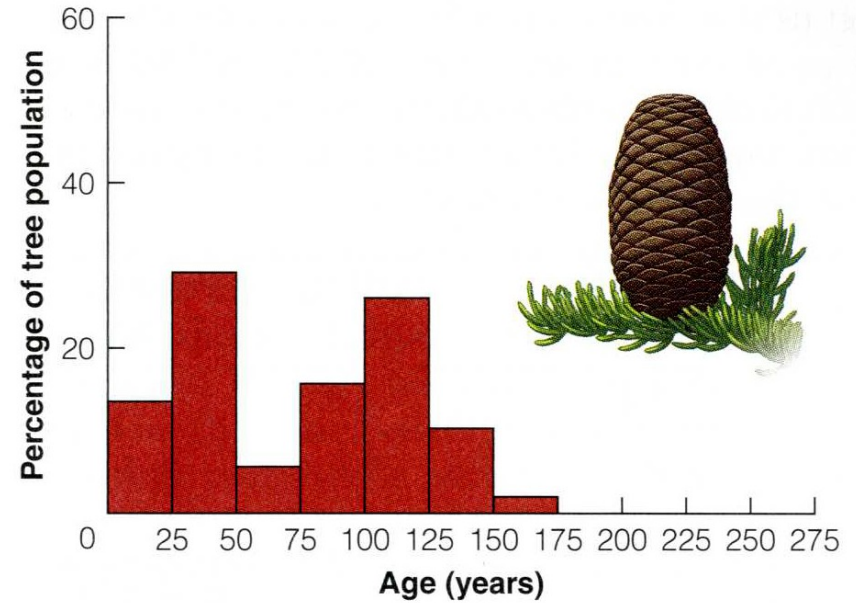
# Věková struktura populace 2 druhů jehličnanů

jedle smolná



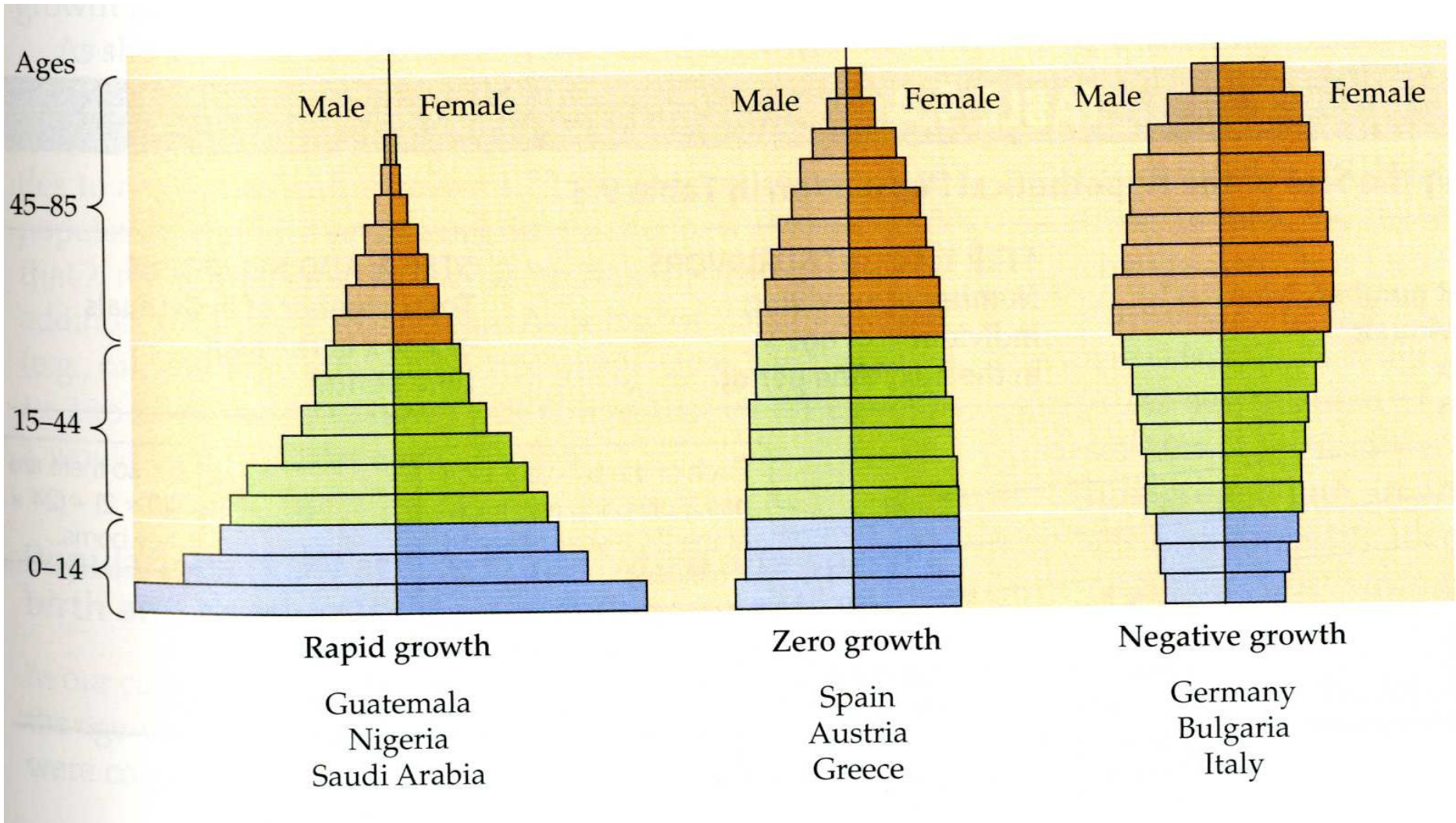
(a)

jedle „alpinská“



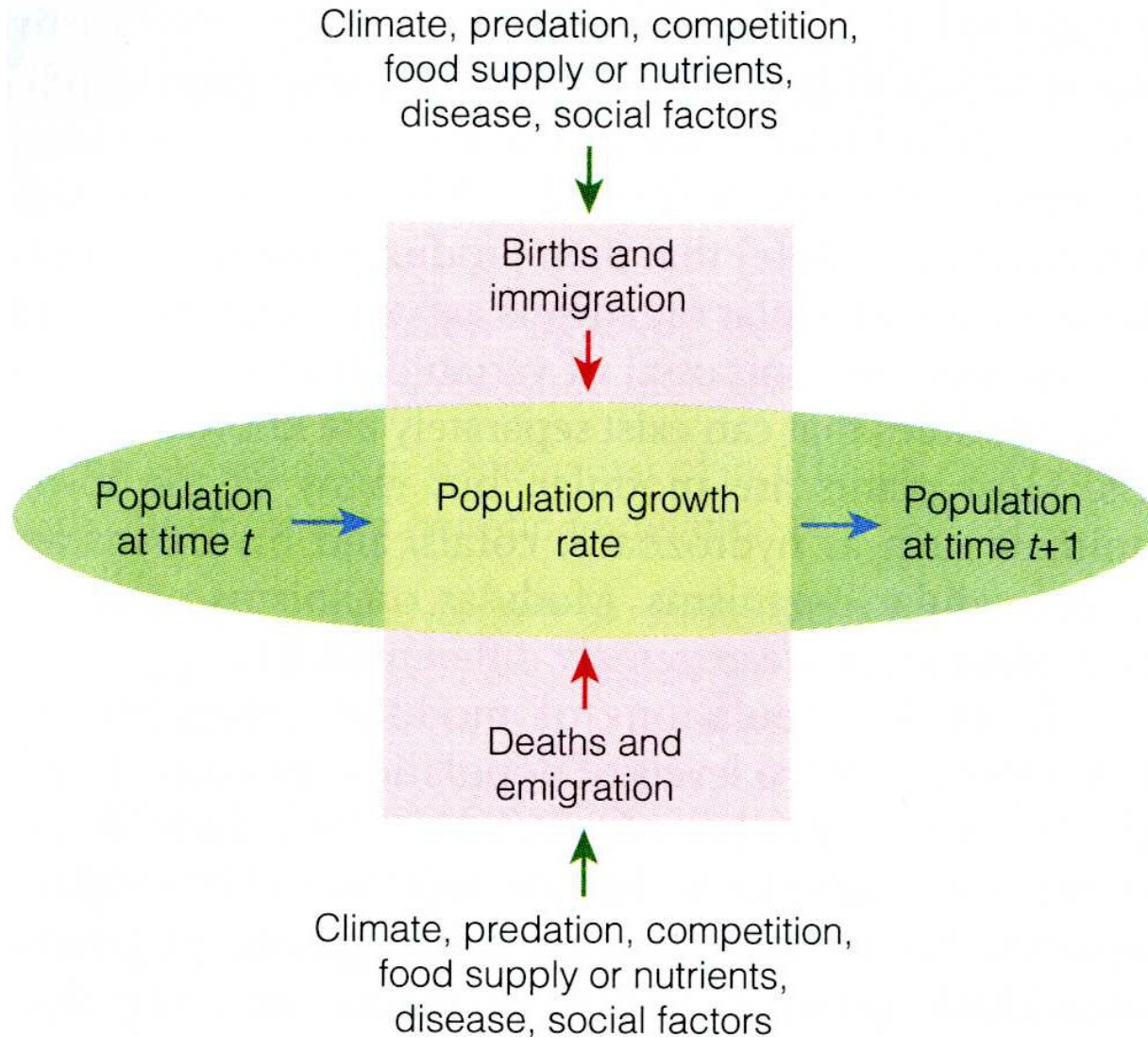
(b)

# Příklady věkové struktury populace





# Funkční - dynamické vlastnosti populace



# Natalita populace

- **Natalita** – je dána rozením (vznikem) nových jedinců v populaci.
- **Realizovaná natalita** - je dána skutečným počte vzniklých potomků na jednu samici za jednotku času
- **Fyziologická natalita** – maximální – biotický potenciál druhu
- **Věkově specifická natalita** – počet potomků narozených za jednotku času samicím určité věkové třídy,



# Mortalita populace

- **Mortalita** – počet uhynulých jedinců v populaci za jednotku času.
- **Míra mortality** je dána podílem počtu uhynulých jedinců za jednotku času a průměrné početnosti populace za tuto časovou jednotku. Míra mortality může být stanovena pro celou populaci nebo pro jednotlivé věkové třídy
- **Specifická mortalita** - např. věkové třídy
- **Fyziologická mortalita** – minimální, hynou přirozenou smrtí
- **Realizovaná mortalita** – skutečná v přírodě

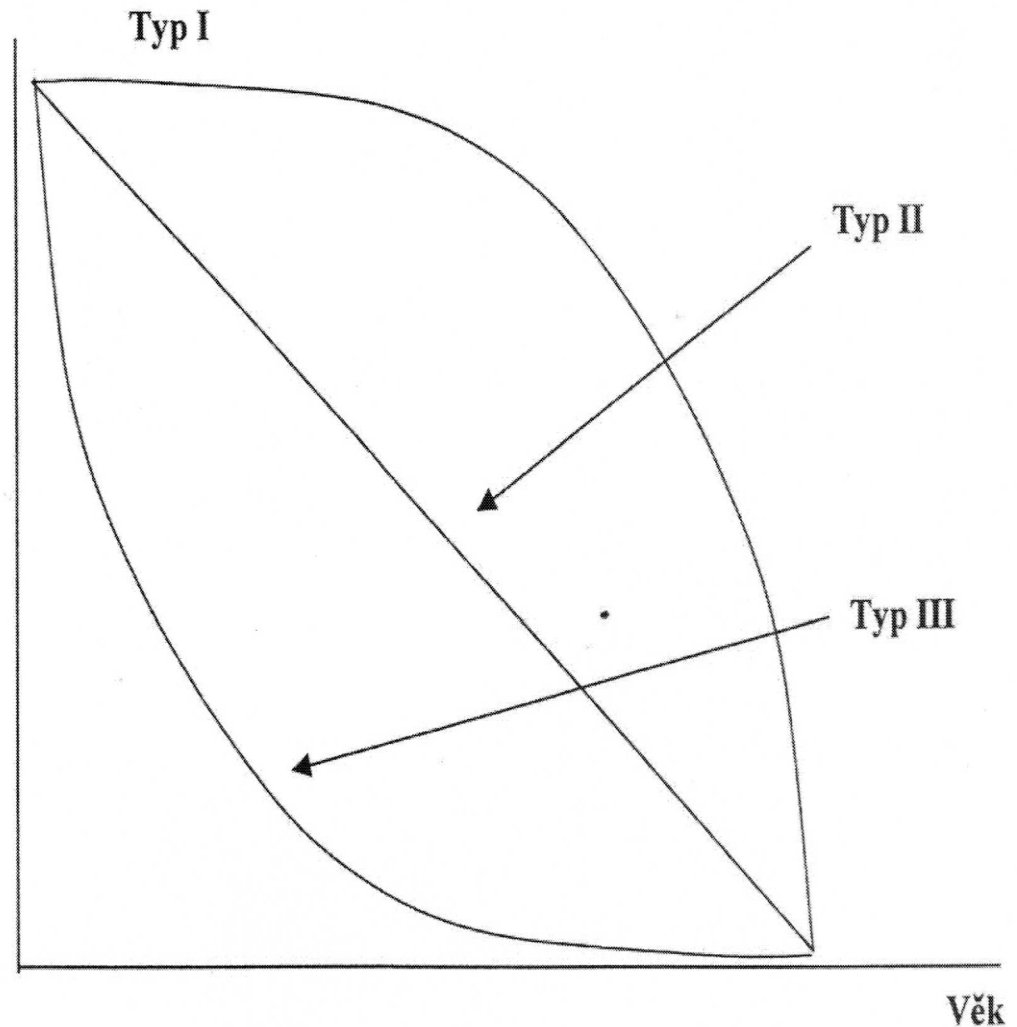
# Mortalita populace - příklad

- Populace má na začátku  $N = 1000$  jedinců a na konci sledovaného časového úseku  $N = 600$  jedinců.
- Průměrná velikost populace tedy je  $N = 800$
- Míra mortality je dána  $400/800 = 0.5$
- Pravděpodobnost úhynu jedince je dána jako počet hynoucích na počátku, což je  $400/1000 = 0.4$

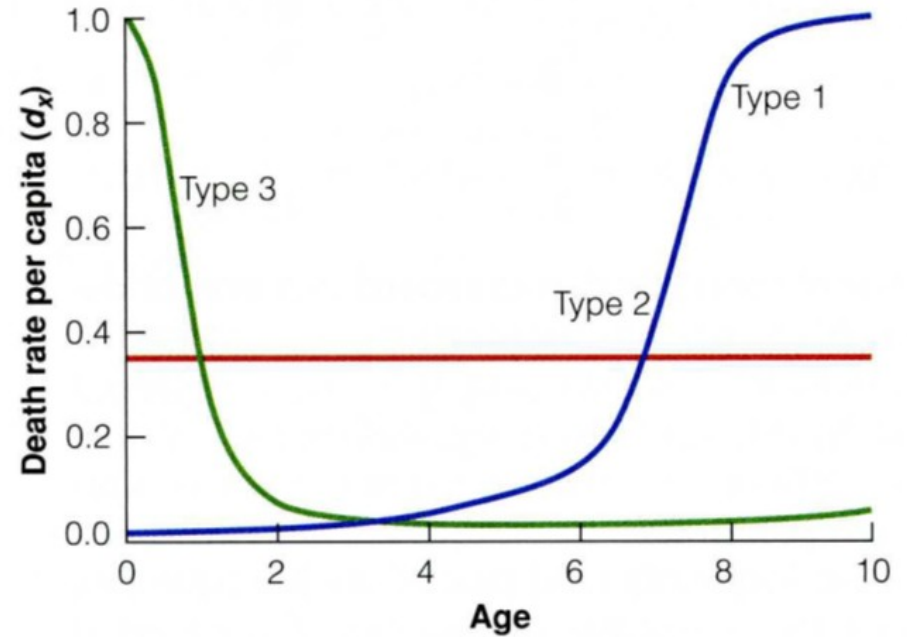
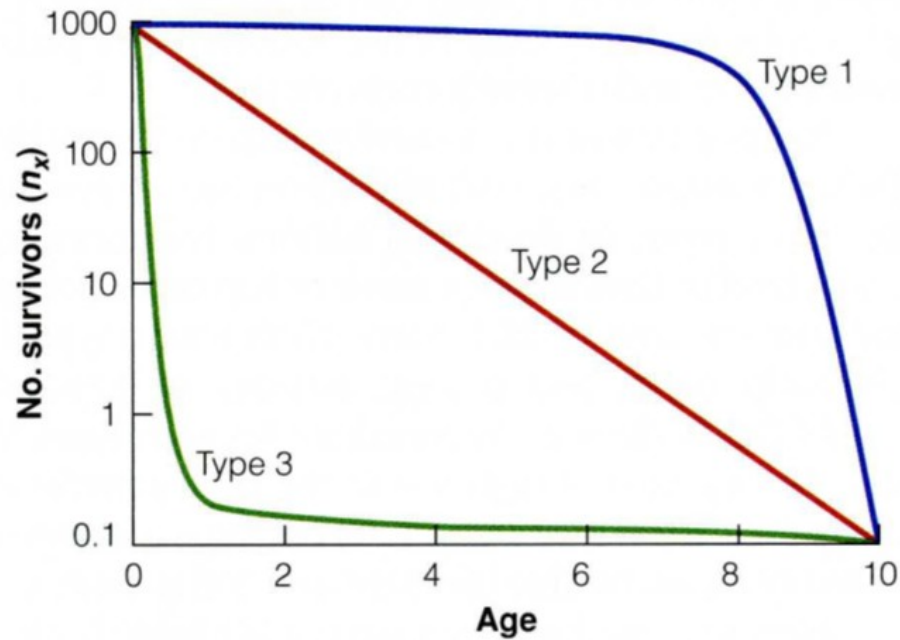
## Křivky přežívání populace

Tři typy:

- 1) Typ I – nízká mortalita mladých jedinců, avšak vysoká mortalita u starších (např. velcí savci)
- 2) Typ II – rovnoměrná mortalita během celého života (většina ptáků)
- 3) Typ III – velmi vysoká mortalita mláďat, ale nízká mortalita ve stáří (např. ryby)



# Křivky přežívání – natalita *versus* mortalita



# Tabulka přežívání vrabců v Kanadě výpočet mortality

**Table 8.3 Cohort life table for the song sparrow on Mandarte Island, British Columbia.<sup>a</sup>**

Age in years ( $x$ )	Observed no. of birds alive ( $n_x$ )	Proportion surviving at start of age interval $x$ ( $l_x$ )	No. dying within age interval $x$ to $x + 1$ ( $d_x$ )	Rate of mortality ( $q_x$ )
0	115	1.0	90	0.78
1	25	0.217	6	0.24
2	19	0.165	7	0.37
3	12	0.104	10	0.83
4	2	0.017	1	0.50
5	1	0.009	1	1.0
6	0	0.0	—	—

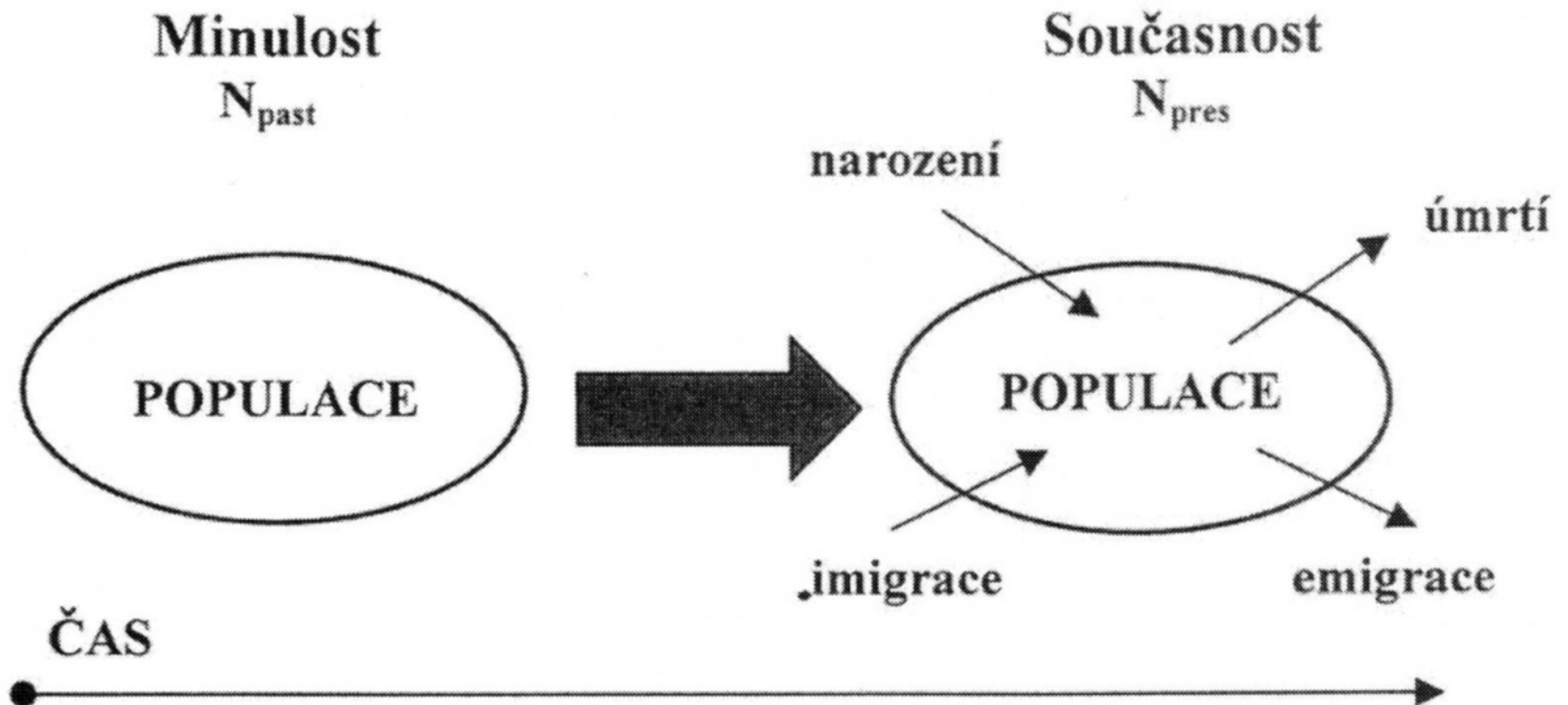


# Tabulka přežívání sarančí

Tabulka 4.1. Kohortní tabulka přežívání pro saranči, *Chorthippus brunneus*. Sloupce vysvětleny v textu. (Richards & Waloff, 1954)

Stadium (x)	Počet jedinců na počátku každého stadia $a_x$	Poměrná část přežívajících jedinců z původní kohorty do počátku každého stadia $l_x$	Poměrná část jedinců z původní kohorty, kteří odumírají v průběhu každého stadia $d_x$	Rychlost úmrtnosti $q_x$	$\log_{10} a_x$	$\log_{10} l_x$	$\log_{10} a_x - \log_{10} a_{x+1}$ $= k_x$	Počet vajíček vyprodukovaných v průběhu každého stadia $F_x$	Počet vajíček vztažených na přežívajícího jedince v každém stadiu $m_x$	Počet vajíček vztažených na jedince z původního počtu v každém stadiu $l_x m_x$
vajíčka (0)	44 000	1,000	0,920	0,92	4,64	0,00	1,09	-	-	-
instar I (1)	3513	0,080	0,022	0,28	3,55	-1,09	0,15	-	-	-
instar II(2)	2529	0,058	0,014	0,24	3,40	-1,24	0,12	-	-	-
instar III (3)	1922	0,044	0,011	0,25	3,28	-1,36	0,12	-	-	-
instar IV (4)	1461	0,033	0,003	0,11	3,16	-1,48	0,05	-	-	-
dospělci (5)	1300	0,030	-	-	3,11	-1,53	-	22617	17	0,51

# Růst populace



# Růst populace

- Počet jedinců v populaci je ovlivněn těmito vlivy:

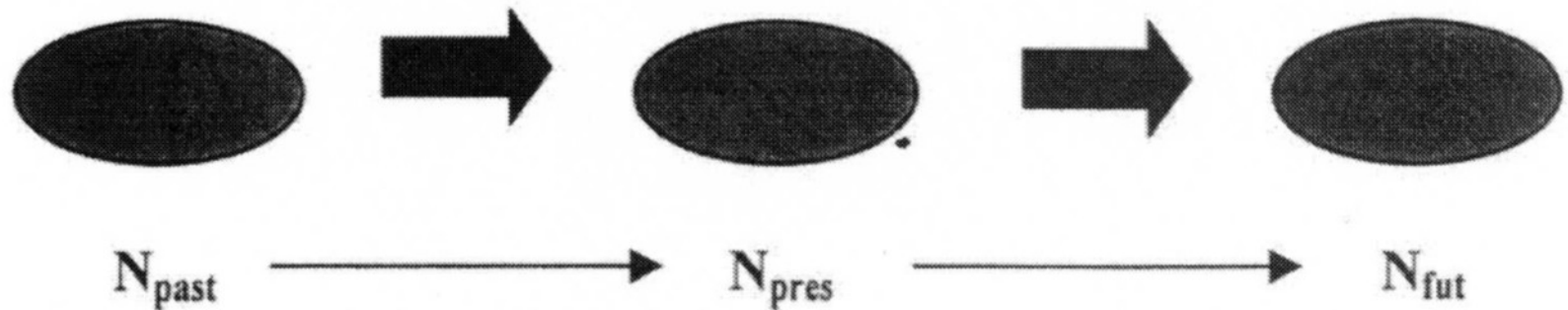
$$N_{\text{pres}} = N_{\text{past}} + B - D + I - E$$

- Počet jedinců jistého organismu, který v současné době obývá určité místo ( $N_{\text{pres}}$ ) je roven součtu organismů, které toto místo obývaly dříve ( $N_{\text{past}}$ ), organismu nově narozených v období od daného bodu v minulosti po současnost ( $B$ ) a organismů-imigrantů ( $I$ ); od tohoto součtu je odečteno množství jedinců zemřelých ( $D$ ) a organismů-emigrantů ( $E$ ).

# Růst populace

- Podobně pro počet jedinců v budoucnosti tedy platí:

$$N_{\text{fut}} = N_{\text{pres}} + B - D + I - E$$



# Růst populace

$$N_{t+1} = N_t + B - D + I - E$$

B = růst populace rozmnožováním (natalita)

I = růst populací imigrací

D = pokles populace hynutím (mortalita)

E = pokles populace emigrací

$N_t$  = početnost populace v čase t

$N_{t+1}$  početnost populace v čase t+1

V uzavřených populacích je růst pouze závislý na **B** a **D**

$$B + I > D + E$$

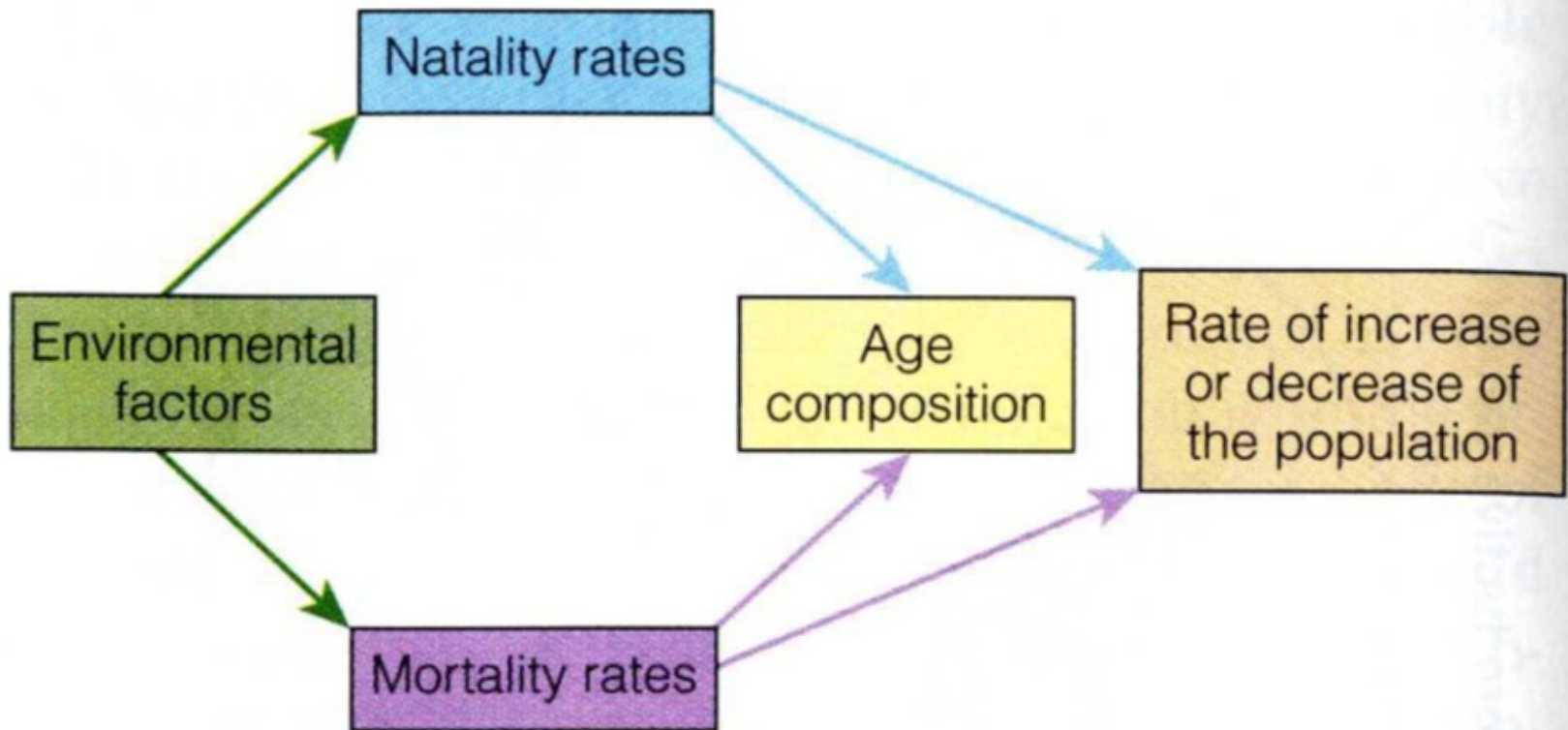
Růst populace může být ovlivňován její hustotou

Za určitých okolností má každý druh okamžitou míru růstu populace = **r**

Hodnota **r** však bude různá za různých podmínek prostředí, podle toho jak na těchto zdrojích závisí **B** a **D**



# Vztah mezi natalitou, mortalitou věkovou strukturou populace



# Růst populace

- Teoretická hodnota  $r$  je dosažena za ideálních podmínek, kdy zdroje nejsou ničím limitované
- Populace může mít pozitivní, negativní nebo nulovou hodnotu  $r$ , podle toho, zda její počet roste, klesá a nebo je stálý.

$$r = \ln R_0 / T$$

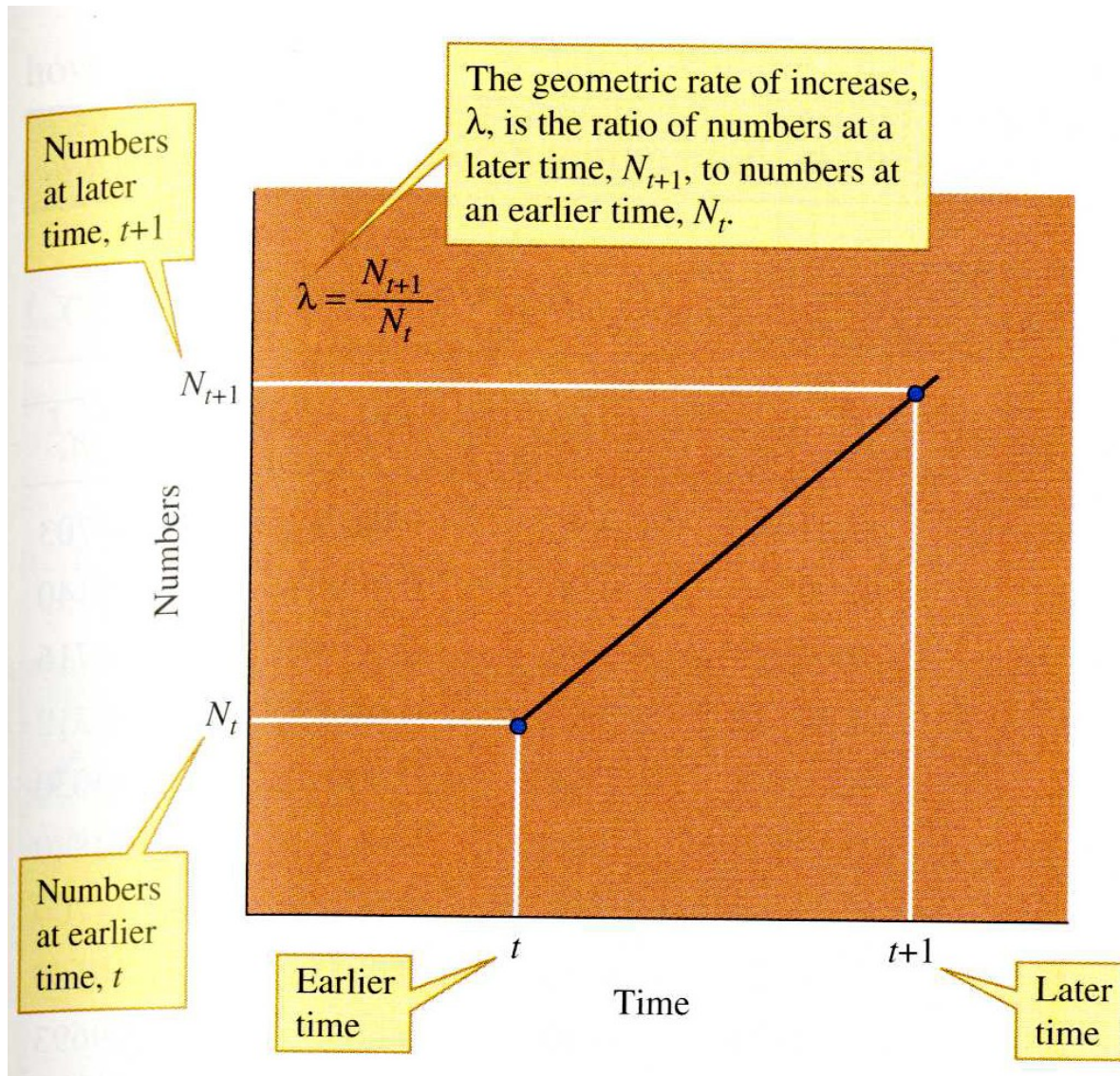
$\ln R_0$  = log průměrného počtu potomků na jednoho jedince

$T$  = generační čas

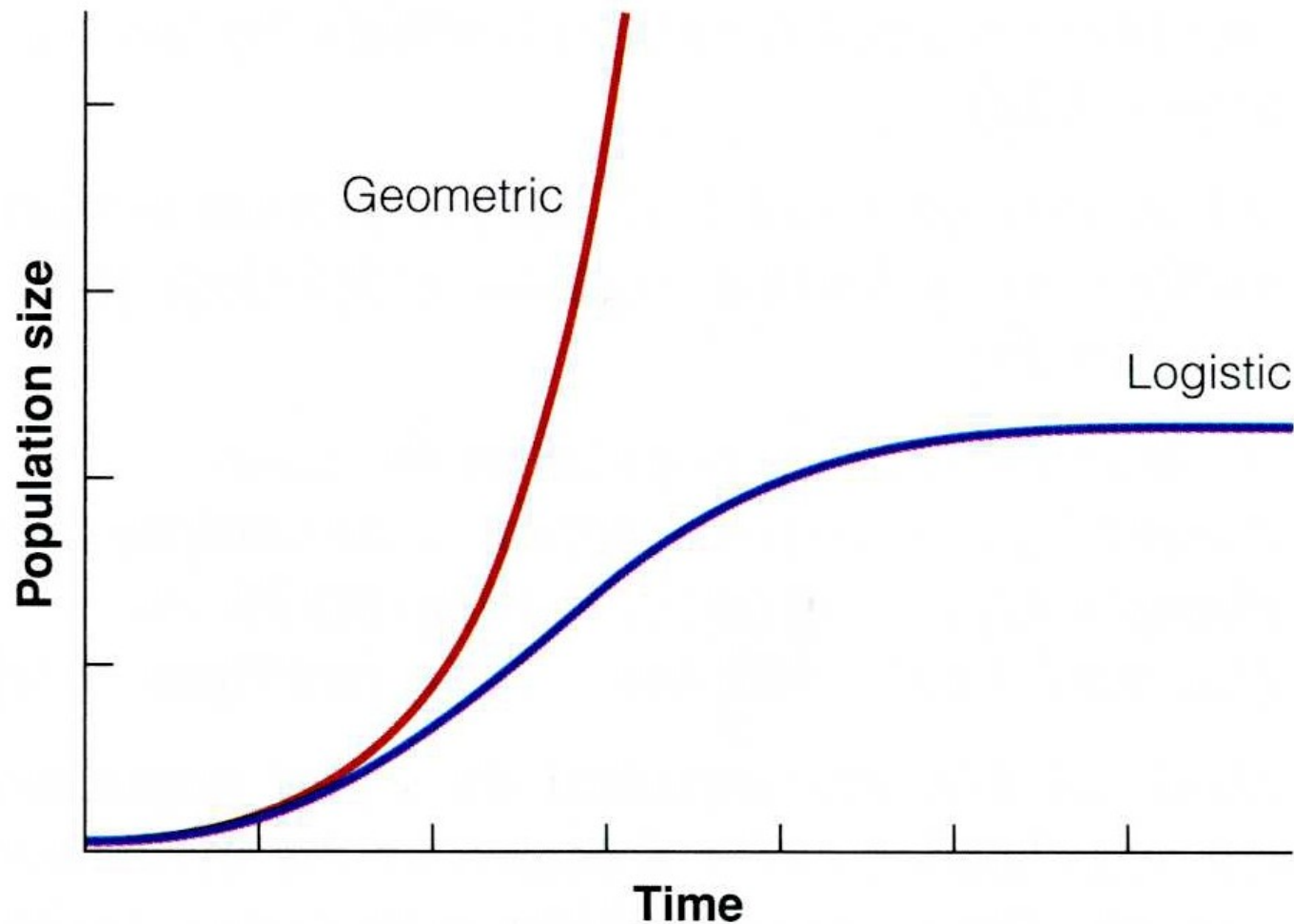
Parametr  $r$  je obvykle používán u uzavřených populací, tj. tam kde není vliv  $E$  a  $I$ . Představuje zde rozdíl mezi  $B$  a  $D$

$$r = B - D$$

# Formy růstu populace



# Dvě základní formy růstu populace



# Exponenciální růst populace

Geometrický růst populace je vyjádřen vztahem:

$$N_{t+1} = \lambda N_t$$

kde  $\lambda$  = geometrická míra růstu populace, rovněž jako (per capita) = okamžitá míra růstu

$N_t$  = početnost v čase  $t$

Geometrická forma růstu může být rovněž vyjádřena vztahem:

$$N_t = \lambda^t N_0$$

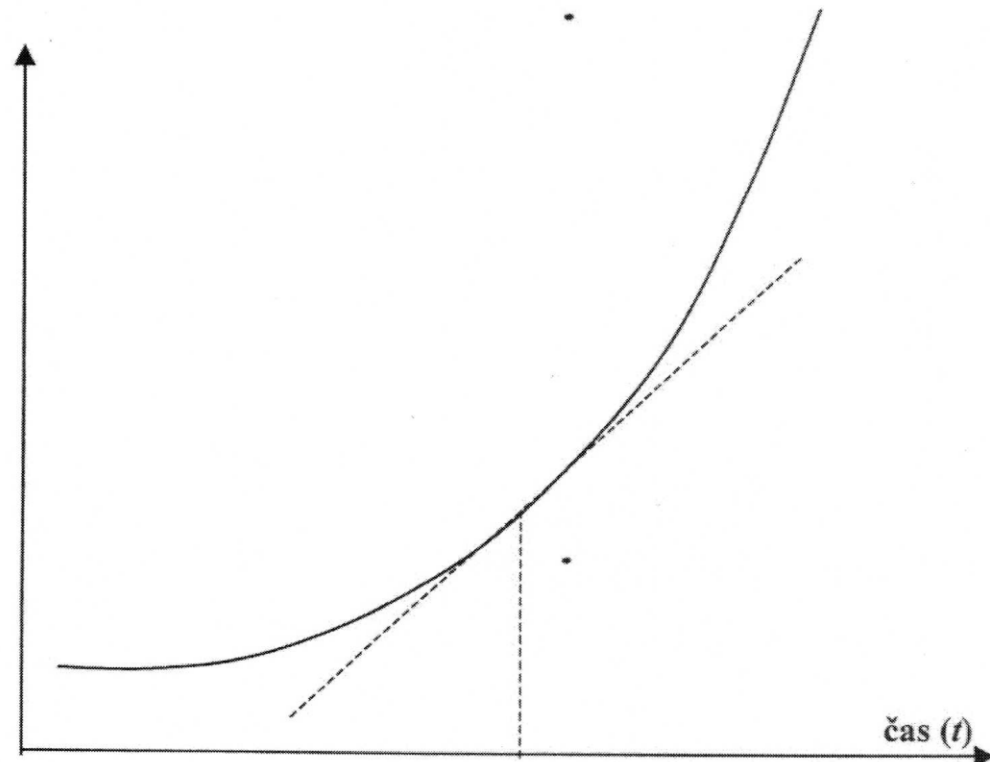
Míra změny populace v čase ( $t$ )

Okamžitá míra růstu populace ( $r$ )

Velikost populace ( $N$ )

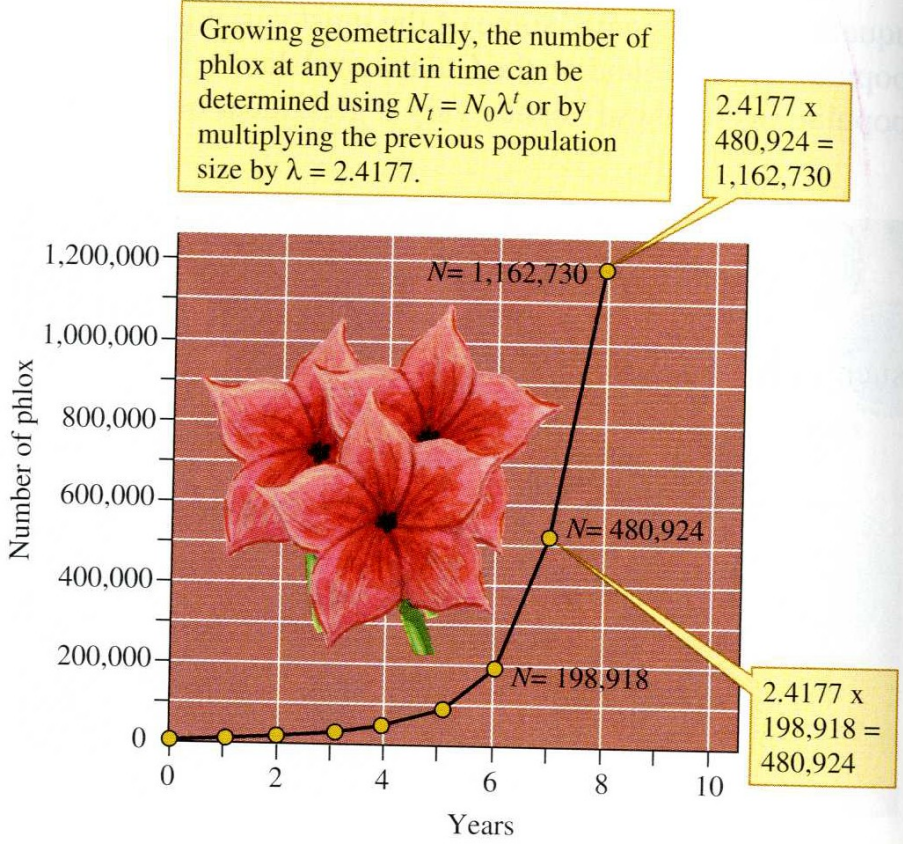
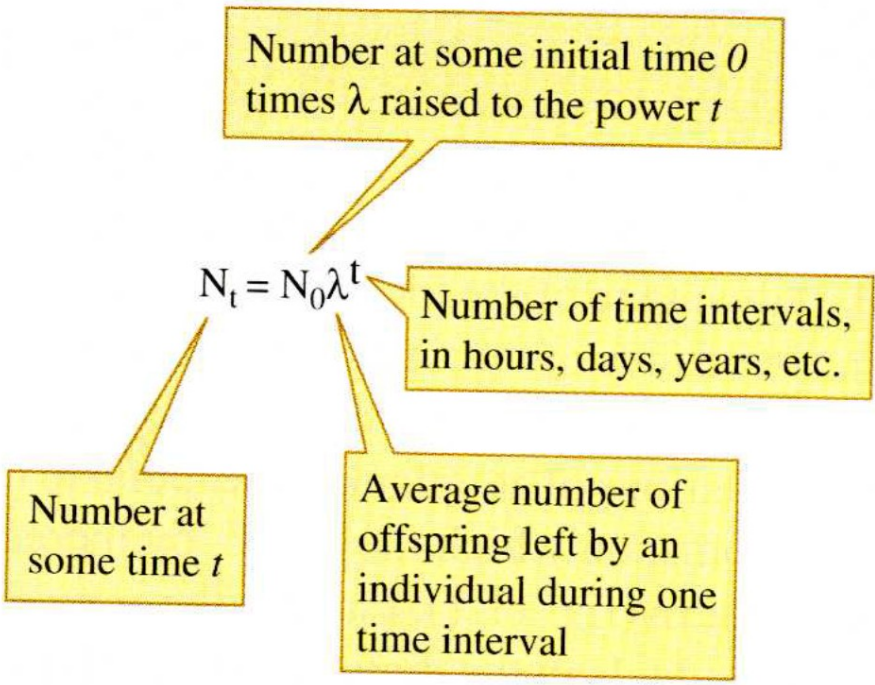
$$\frac{dN}{dt} = rN$$

početnost ( $N$ )

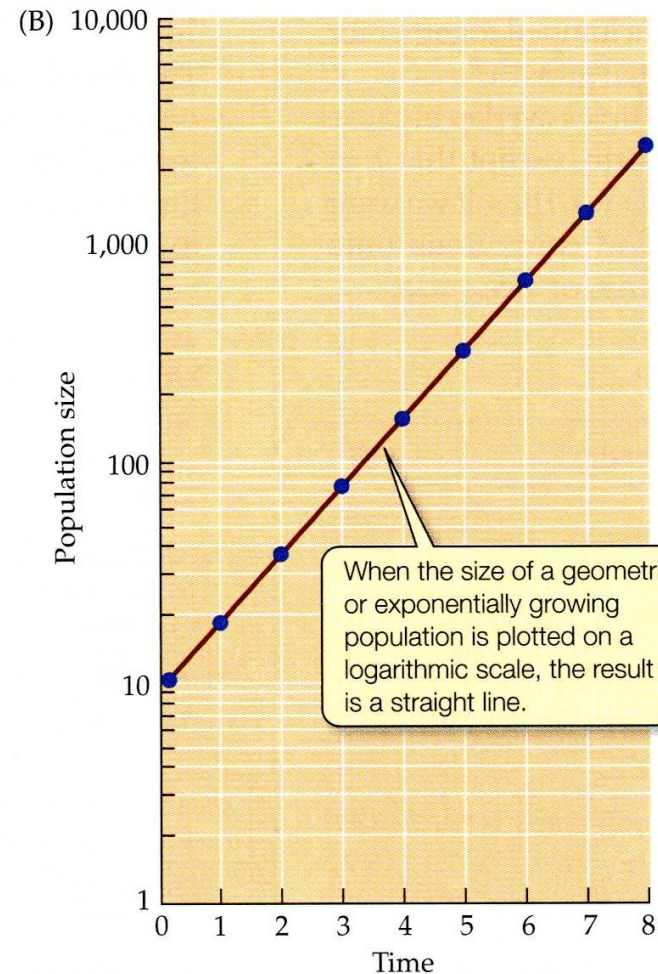
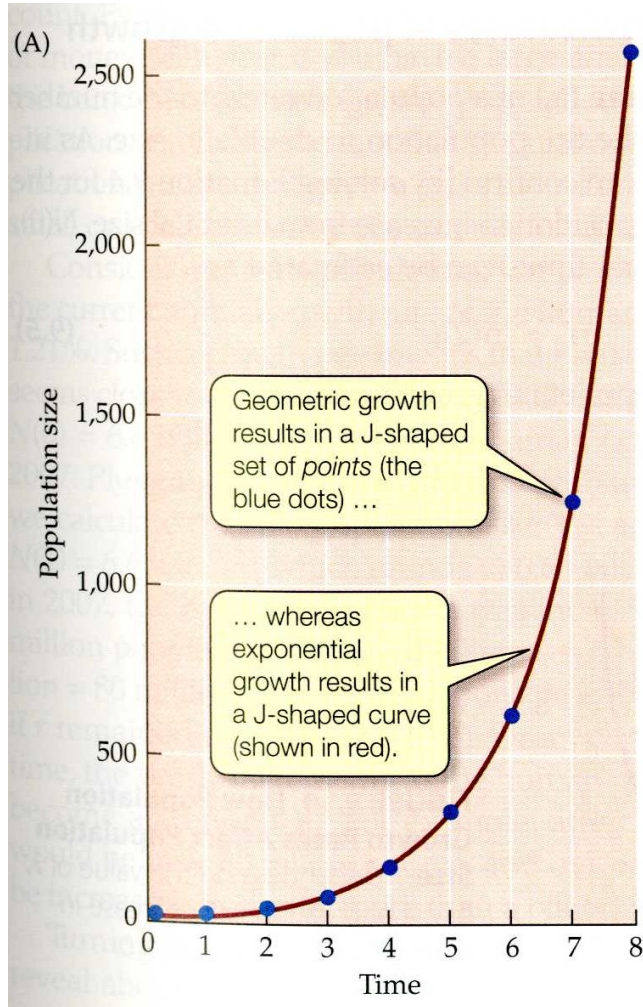




# Anatomie rovnice geometrického růstu populace



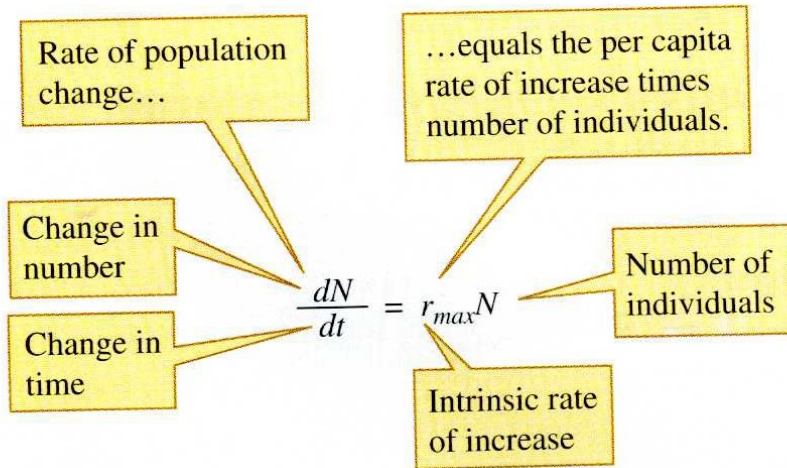
# Geometrický a exponenciální růst



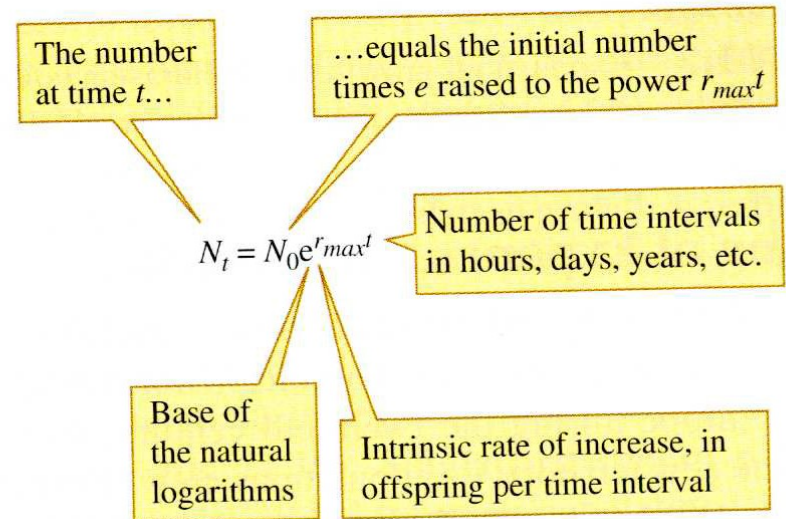


# Anatomie rovnice pro exponenciální růst populace

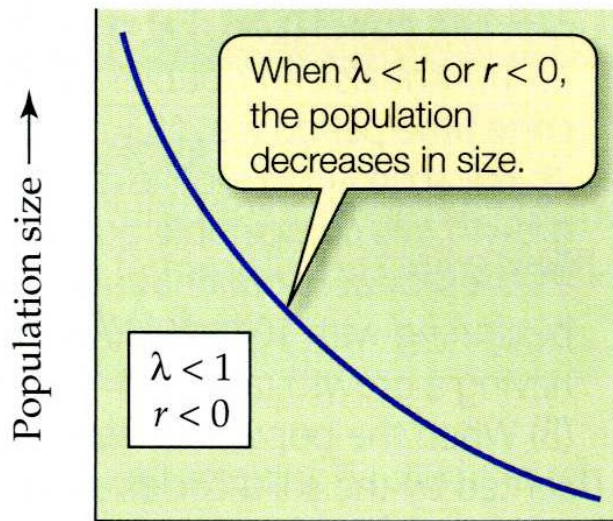
This form of the equation for exponential population growth expresses the rate of population change as the product of  $r_{max}$  and  $N$ .



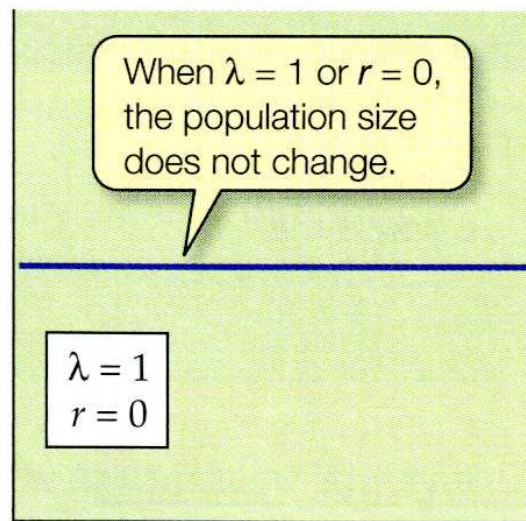
This form of the equation for exponential population growth calculates population size.



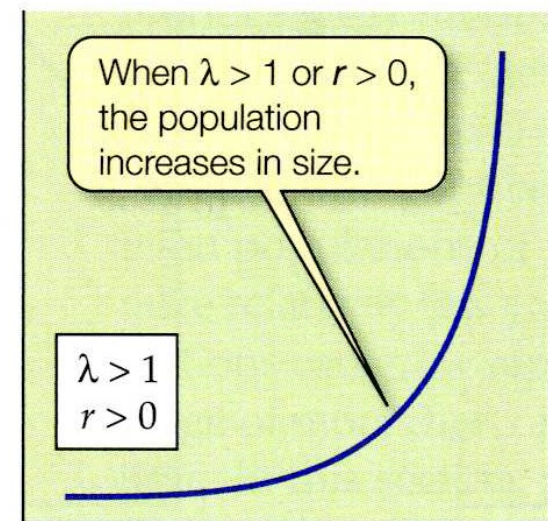
# Jak míra růstu populace $r$ ovlivňuje velikost populace ?



Time  $\rightarrow$

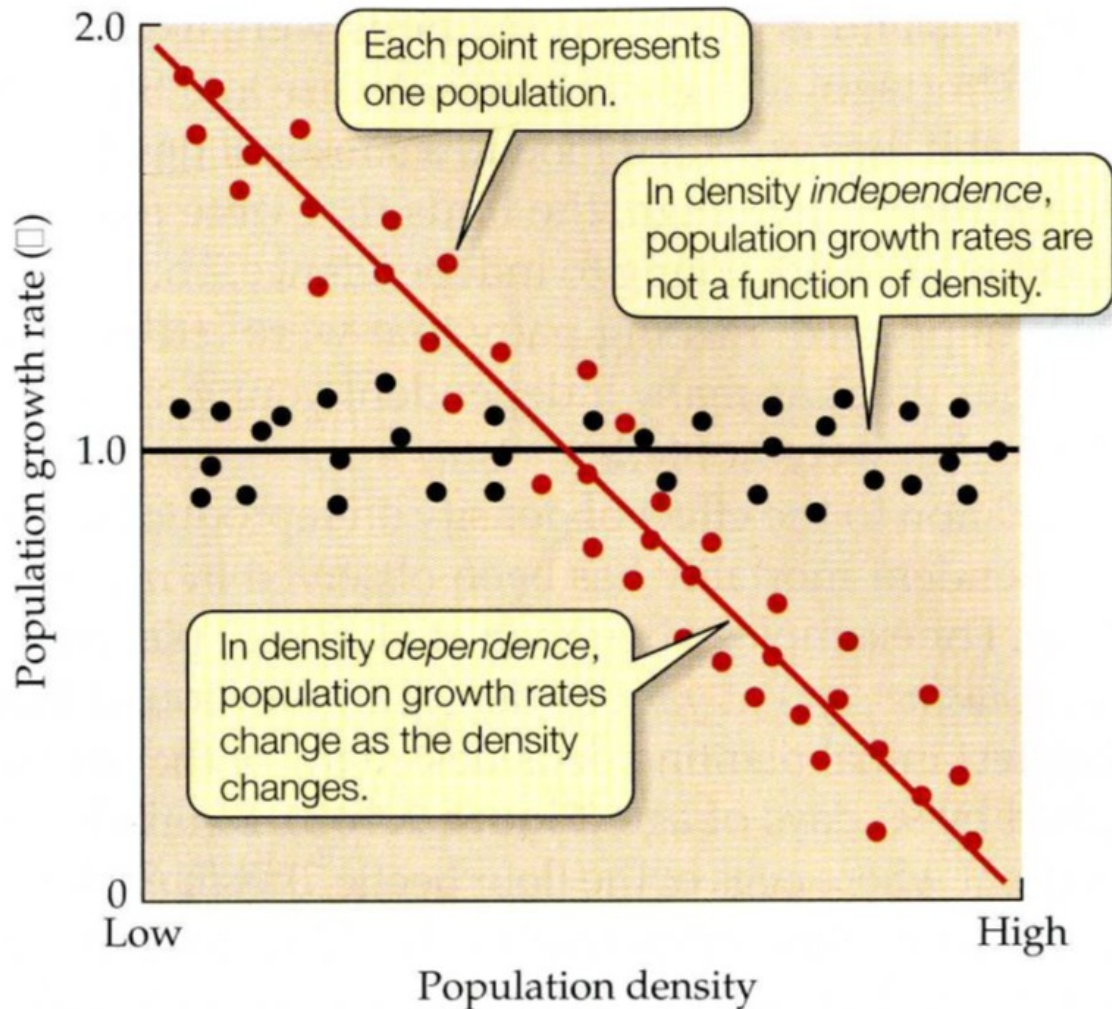


Time  $\rightarrow$



Time  $\rightarrow$

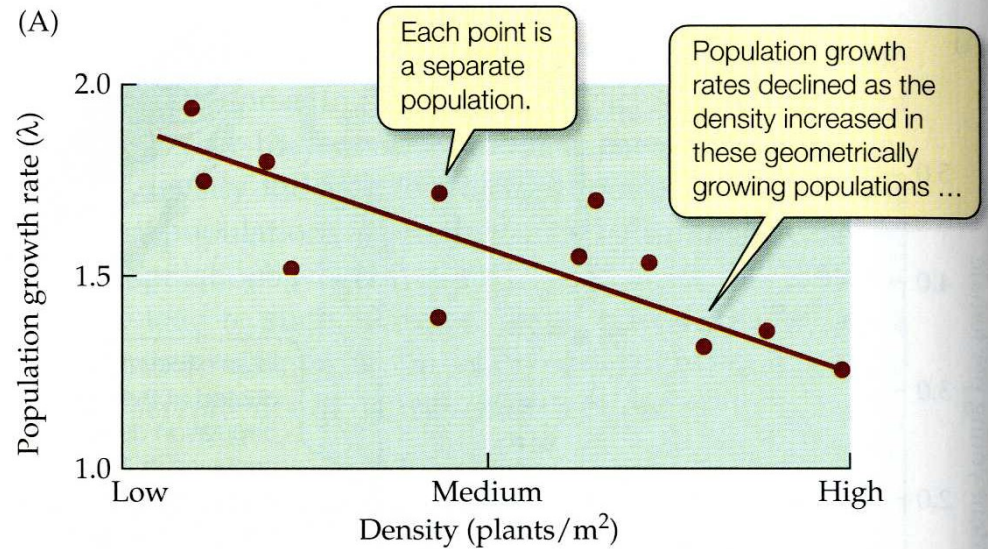
# Srovnání závislosti a nezávislosti $r$ na hustotě



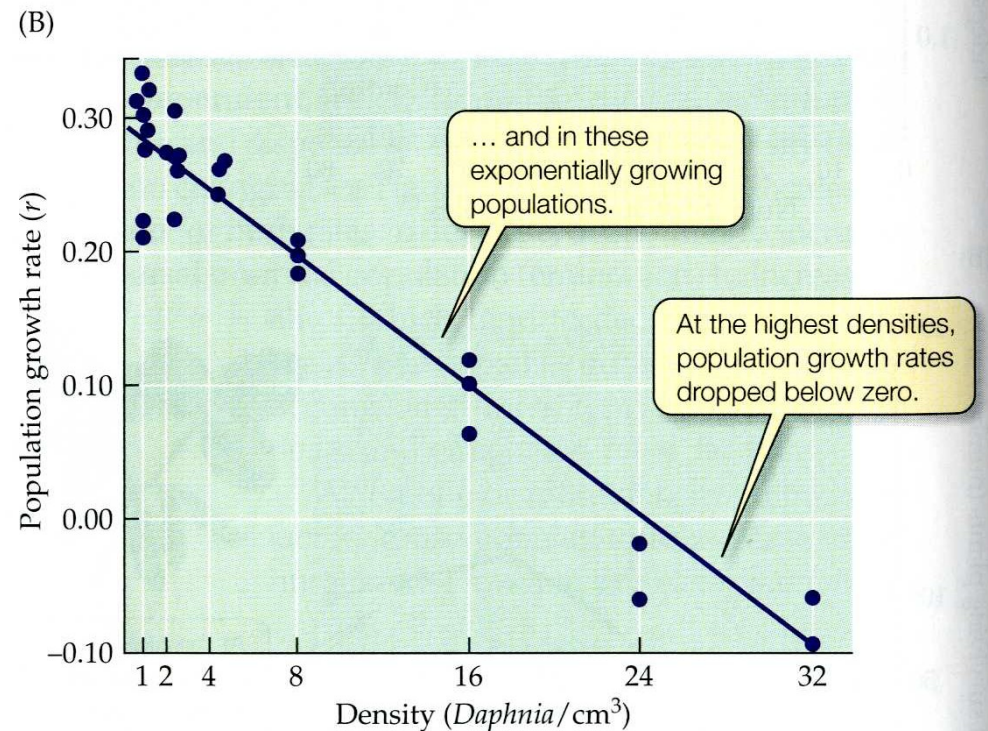


## Míra populačního růstu $\lambda$ může být ovlivněna vysokou hustotou populace

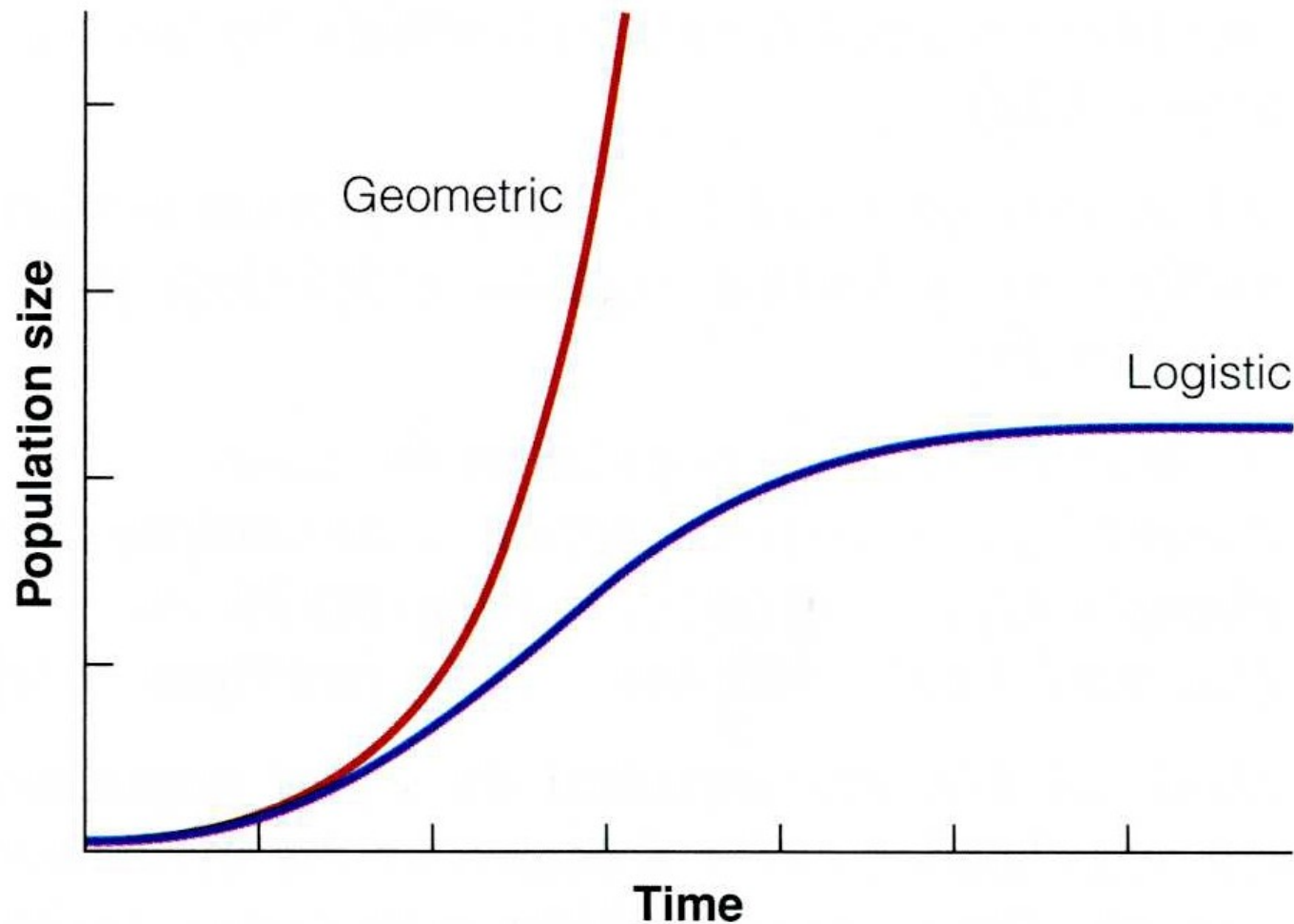
(A) Geometrická míra růstu populace  $\lambda$  trávky druhu *Poa annua* je negativně závislá na hustotě



(B) Totéž platí pro populační růst jedinců druhu *Daphnia pulex*



# Dvě základní formy růstu populace



**Logistická křivka růstu –  
limitace prostředím –  
kapacita prostředí K**

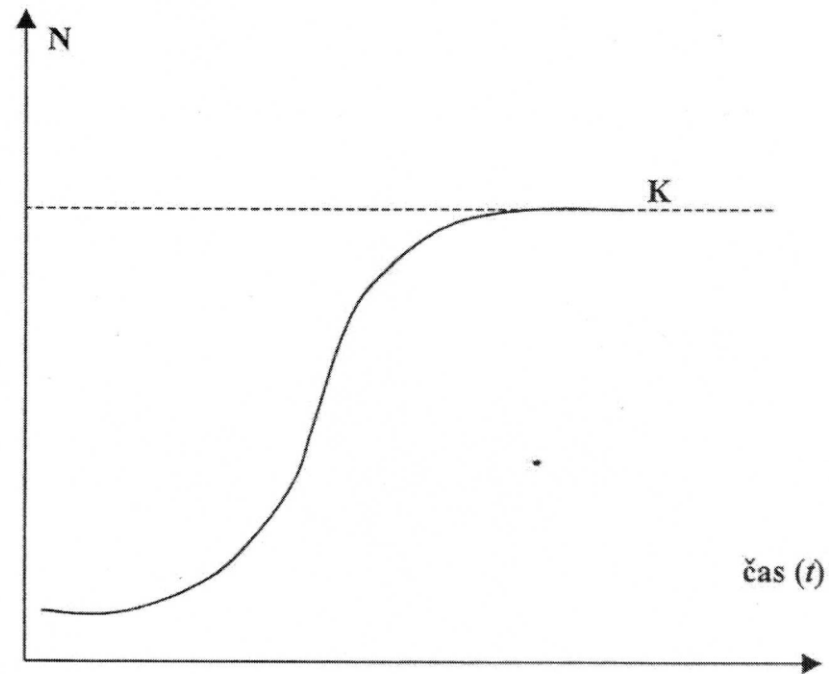
Míra změny  
populace v  
čase ( $t$ )

Okamžitá  
míra růstu  
populace ( $r$ )

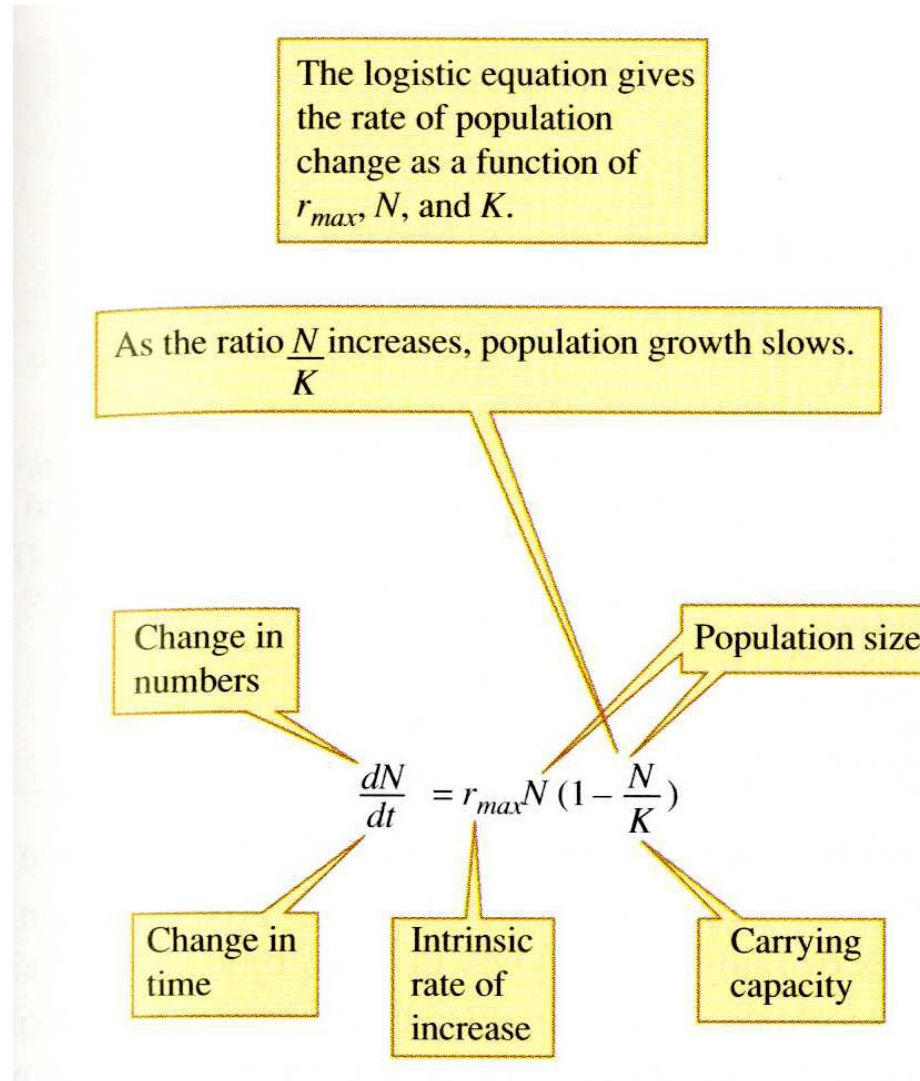
Velikost  
populace  
( $N$ )

Faktor  
závislý na  
hustotě

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

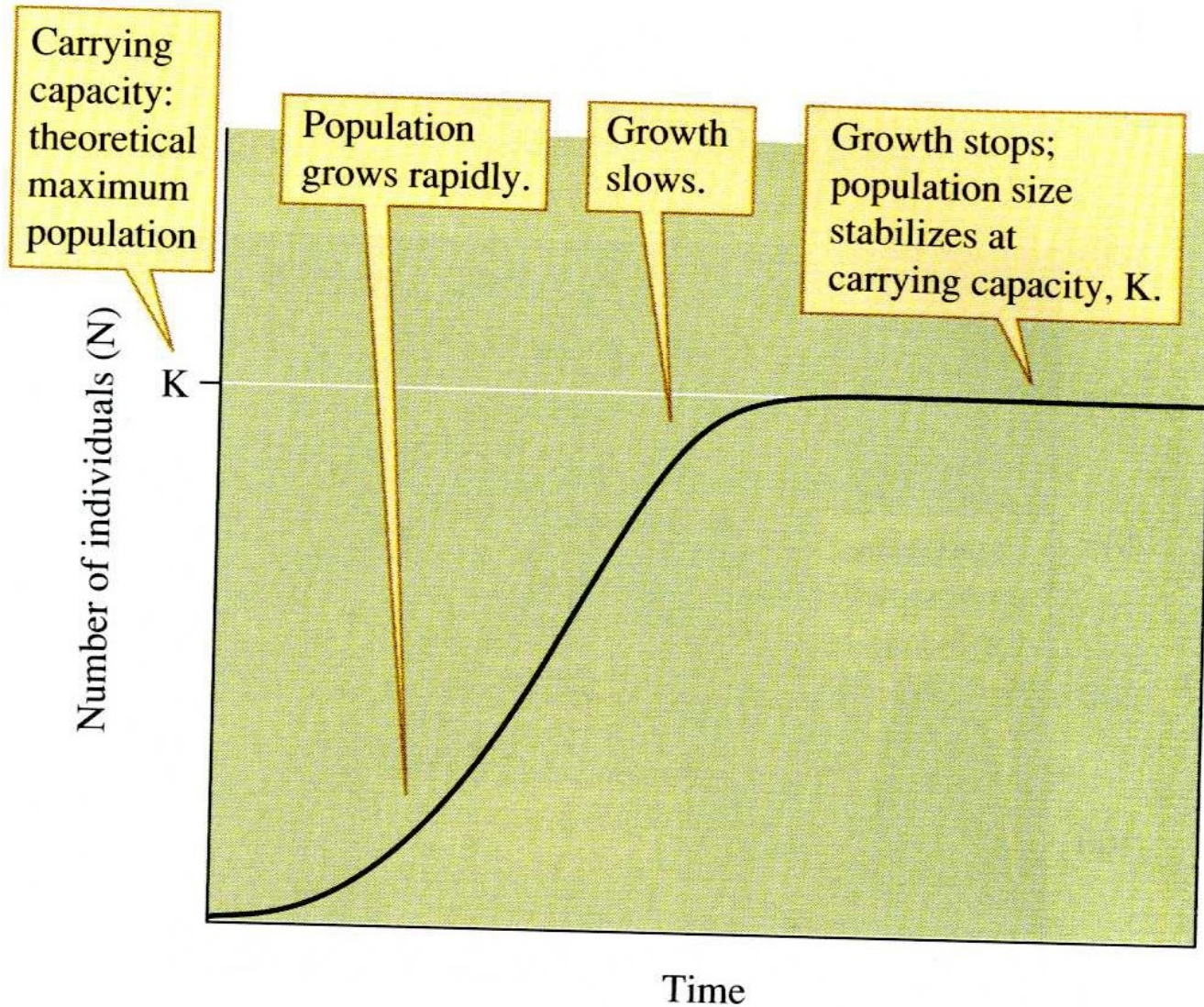


# Anatomie logistické rovnice pro sigmoidní křivku populačního růstu



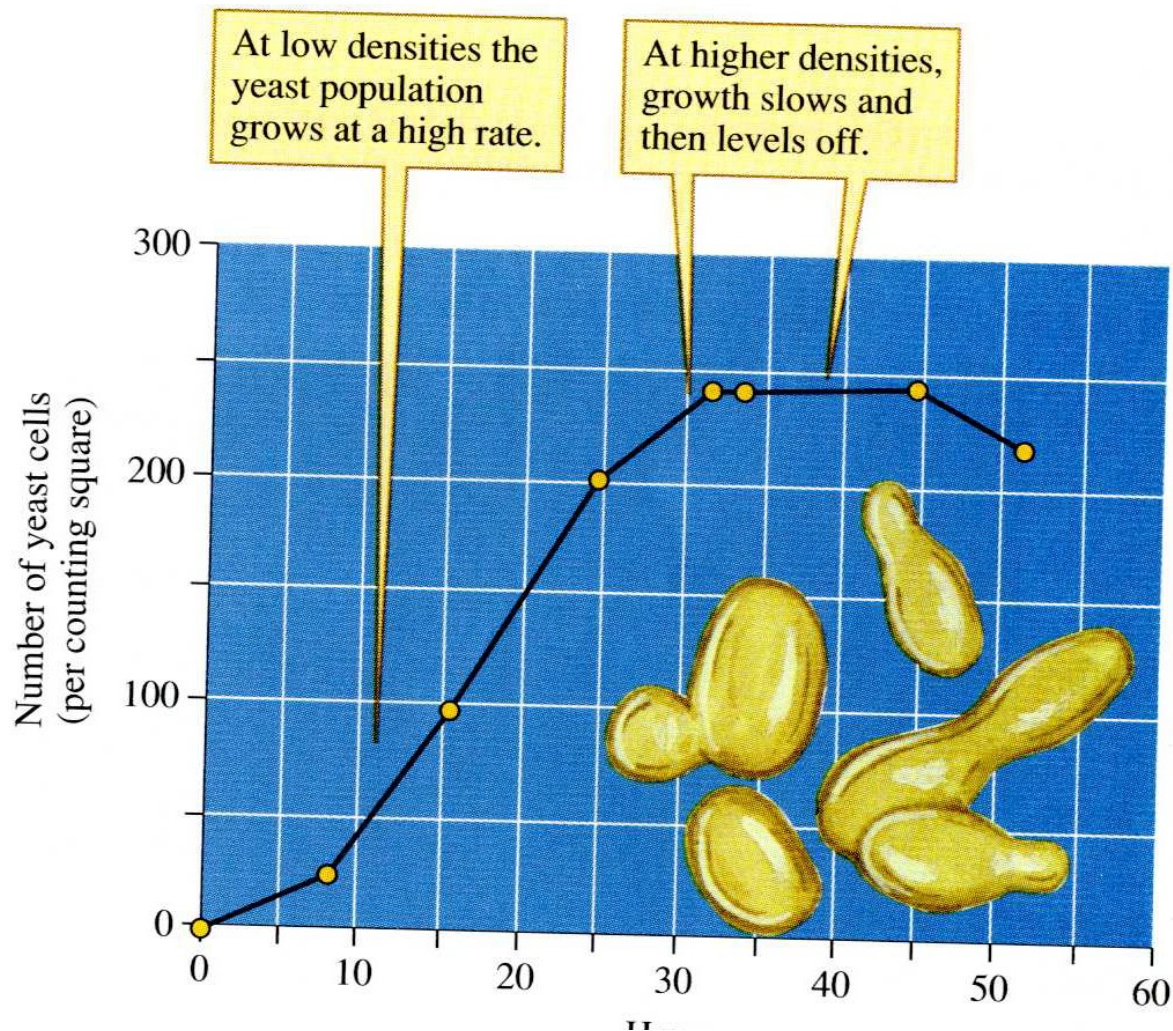


# Logistická – sigmoidní křivka růstu

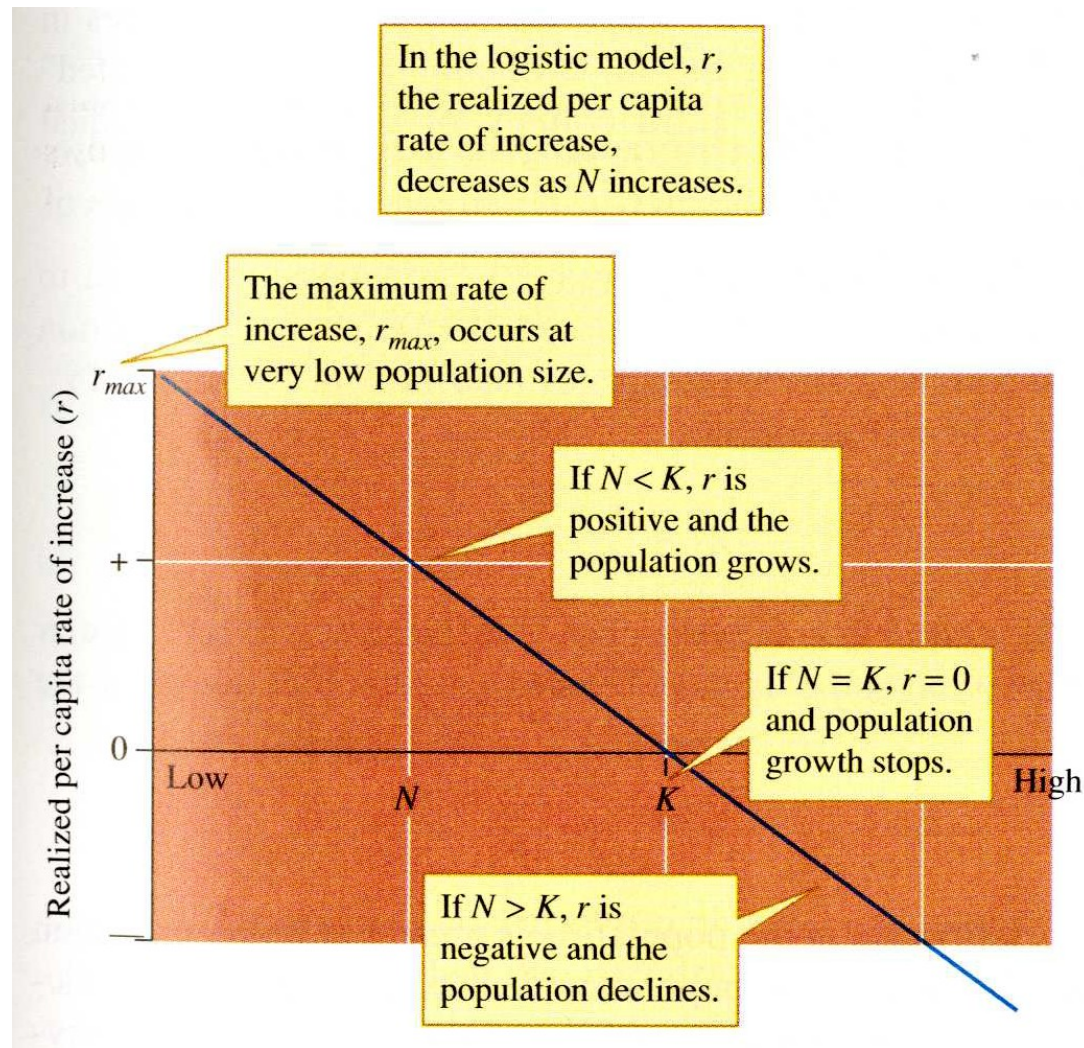




# Sigmoidní růst populace kvasinek *Saccharomyces cerevisiae*

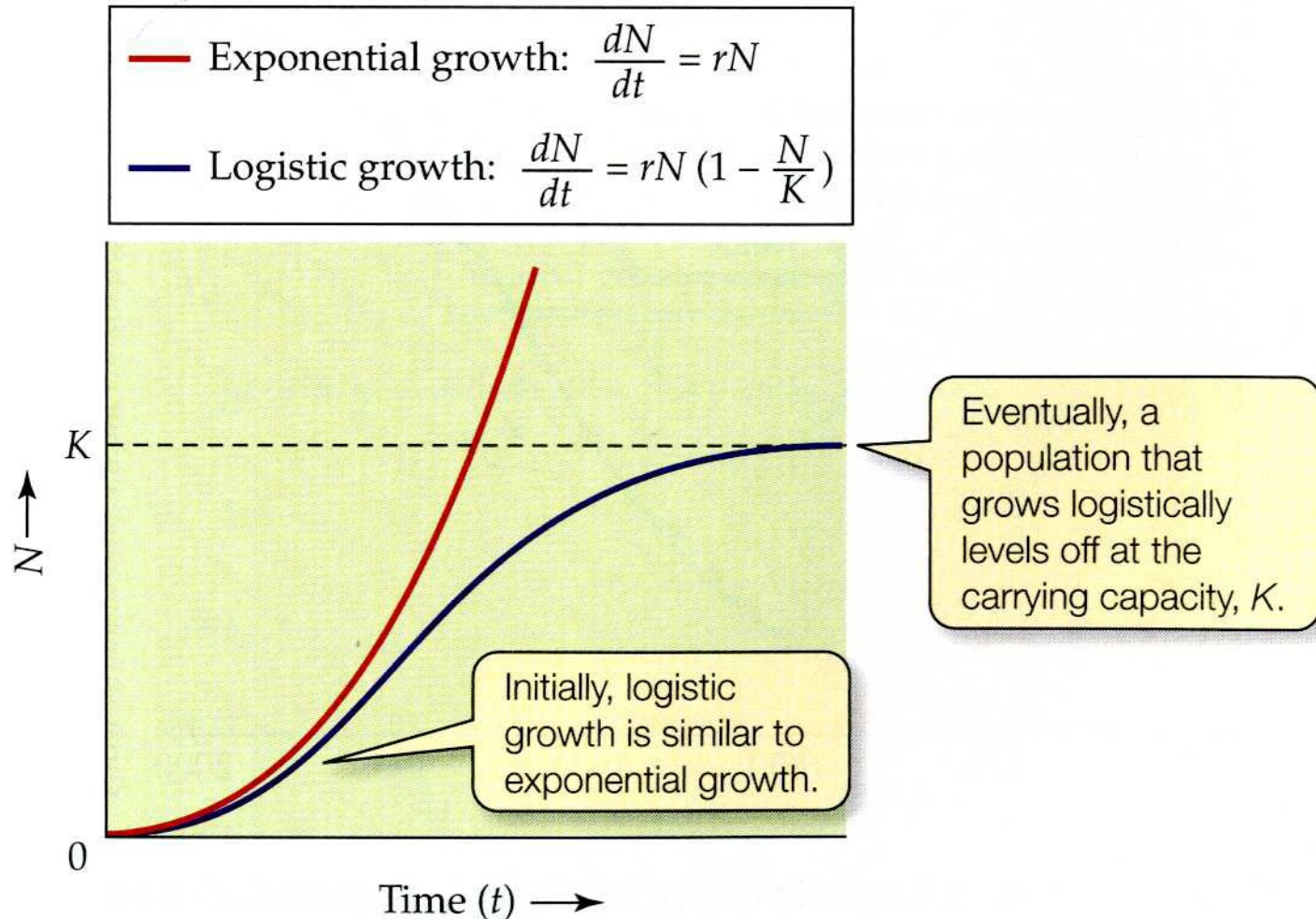


# Vztah mezi velikostí populace **N** a realizovaným *per capita* růstem **r** – logistický model populačního růstu

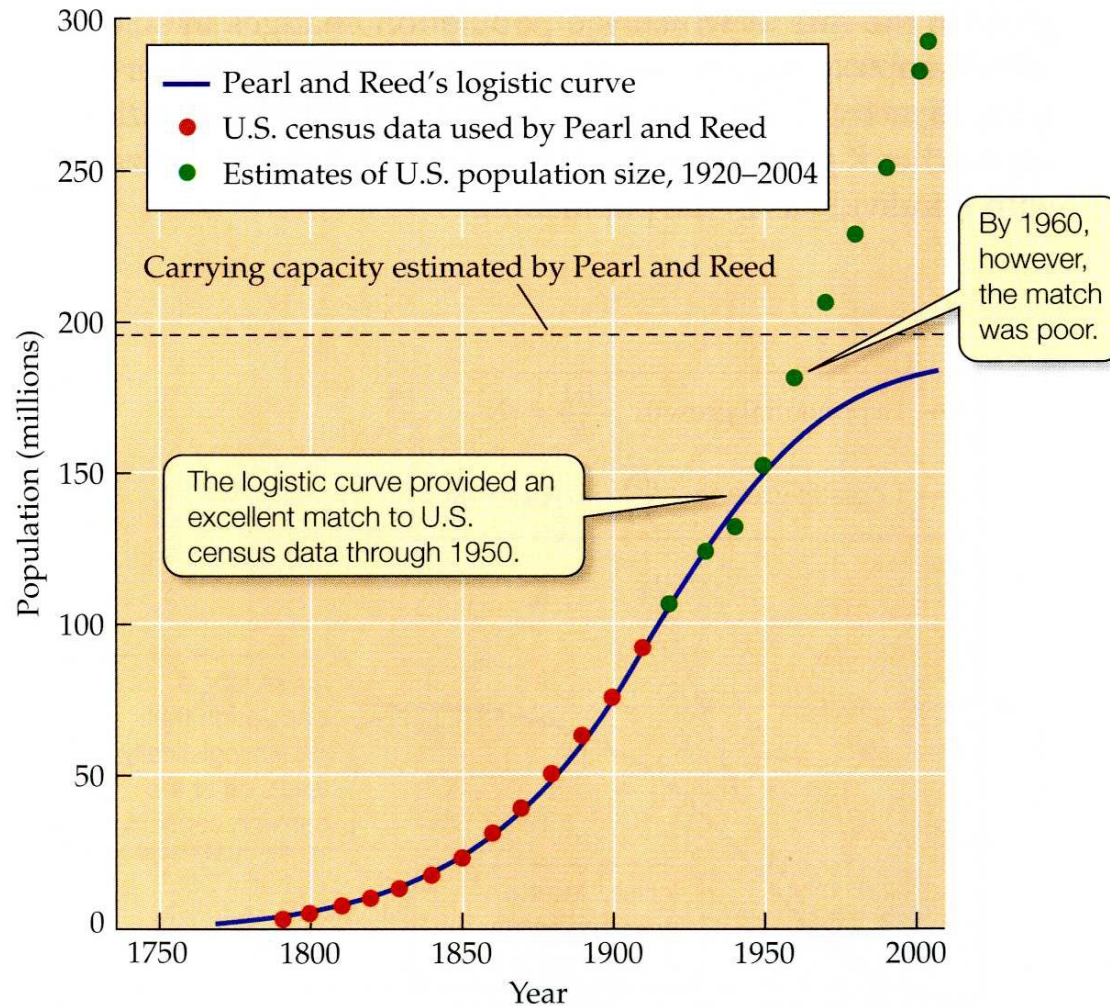




# Srovnání exponenciálního a logistického růstu populace



# Modelování logistické křivky populace obyvatel USA

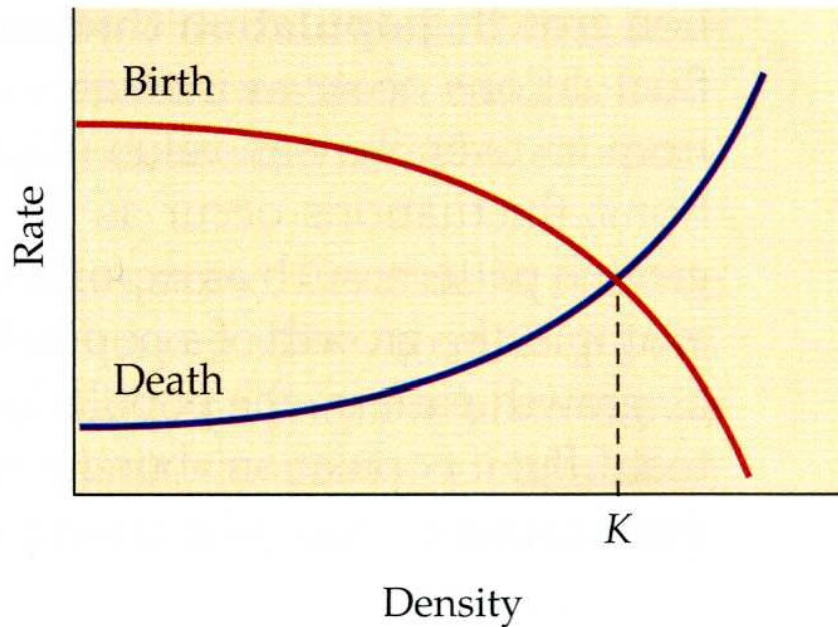




# Proč jsou fluktuace v kapacitě prostředí ?

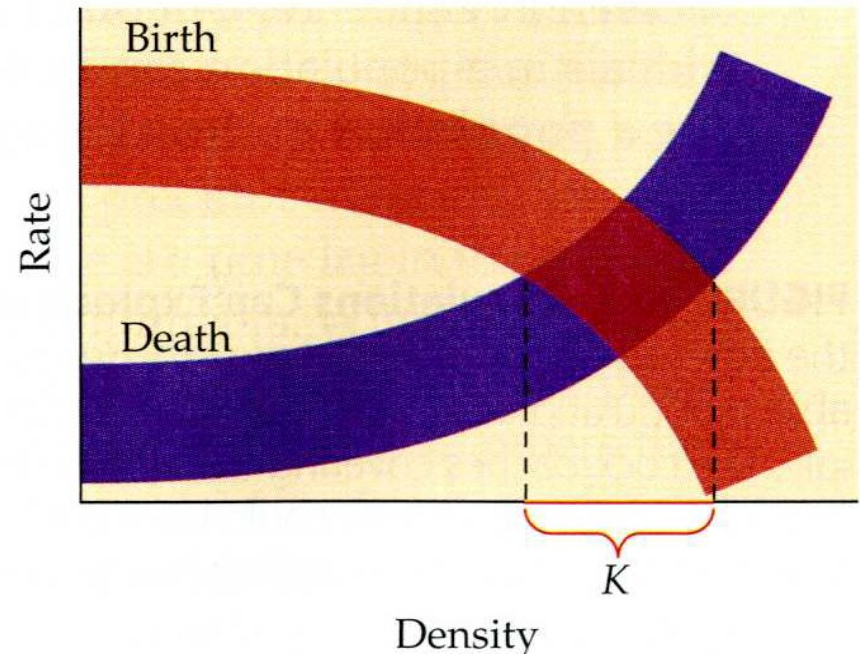
Předpoklad konstantního  $K$

(A)



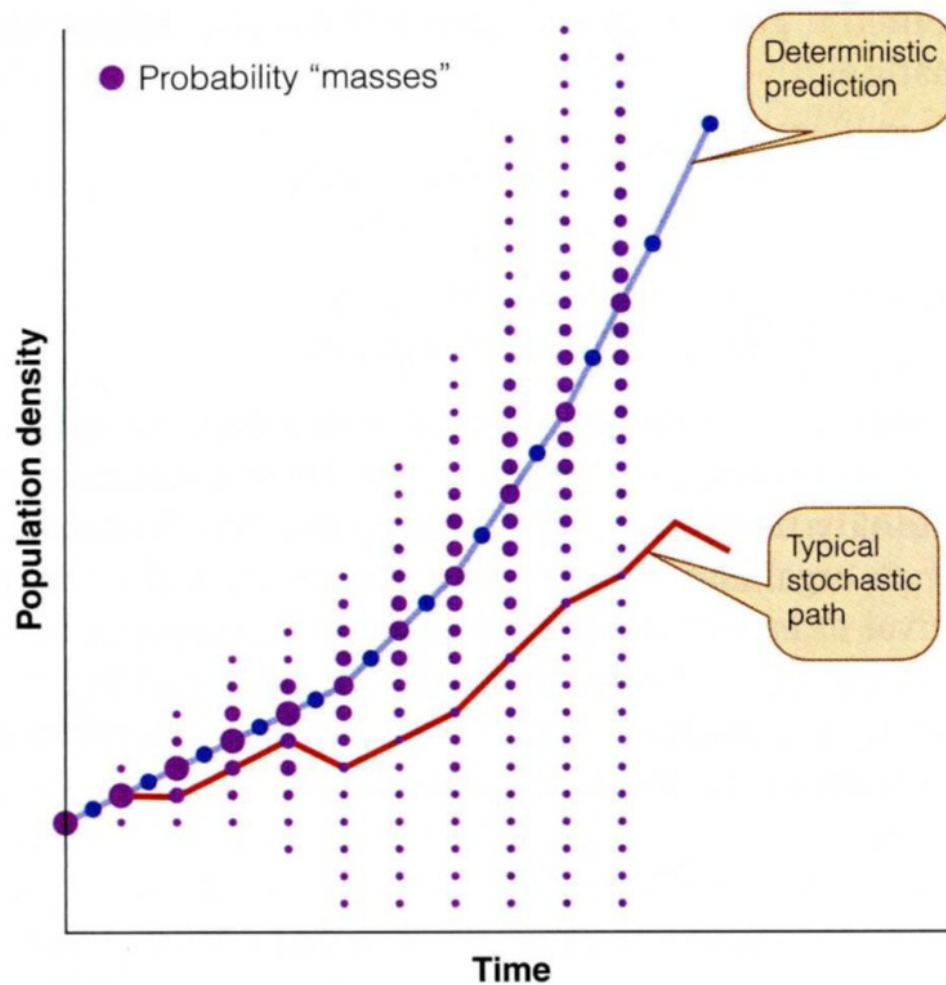
Kapacita  $K$  se v čase mění

(B)





# Stochastický model geometrického růstu populace pro překrývající se generace



# Typy strategií živočichů

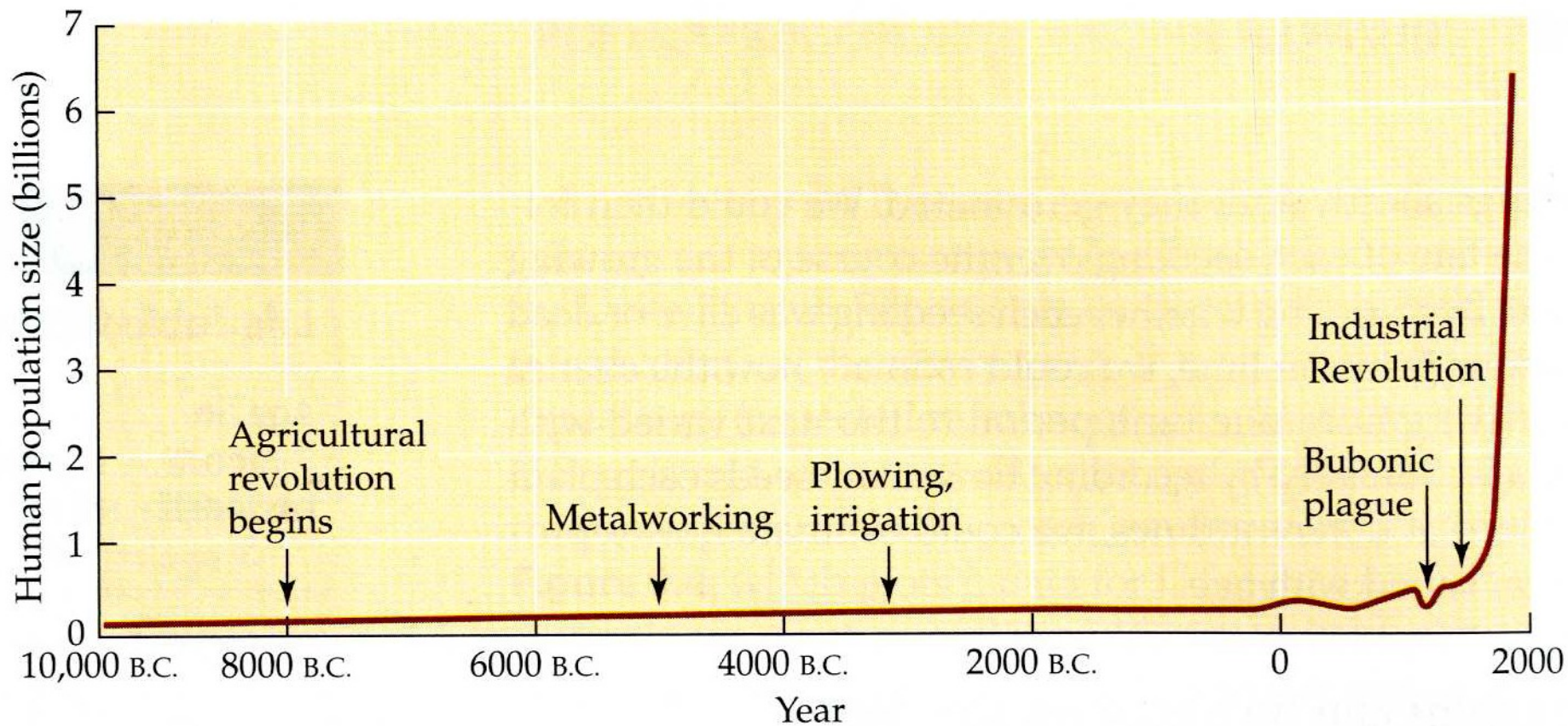
## **r -specialisti**

- Relativně drobných rozměrů
- Rychlý růst populace
- Vysoký biotický potenciál
- Časně rozmnožování
- Relativní krátkověkost
- Rozmnožují se jen jednou
- Malá kompetice
- Schopnost rychlého šíření
- Malé schopnosti homeostázy
- v nevyvážených systémech  
(hlodavci, mšice, perloočky)

## **K - specialisti**

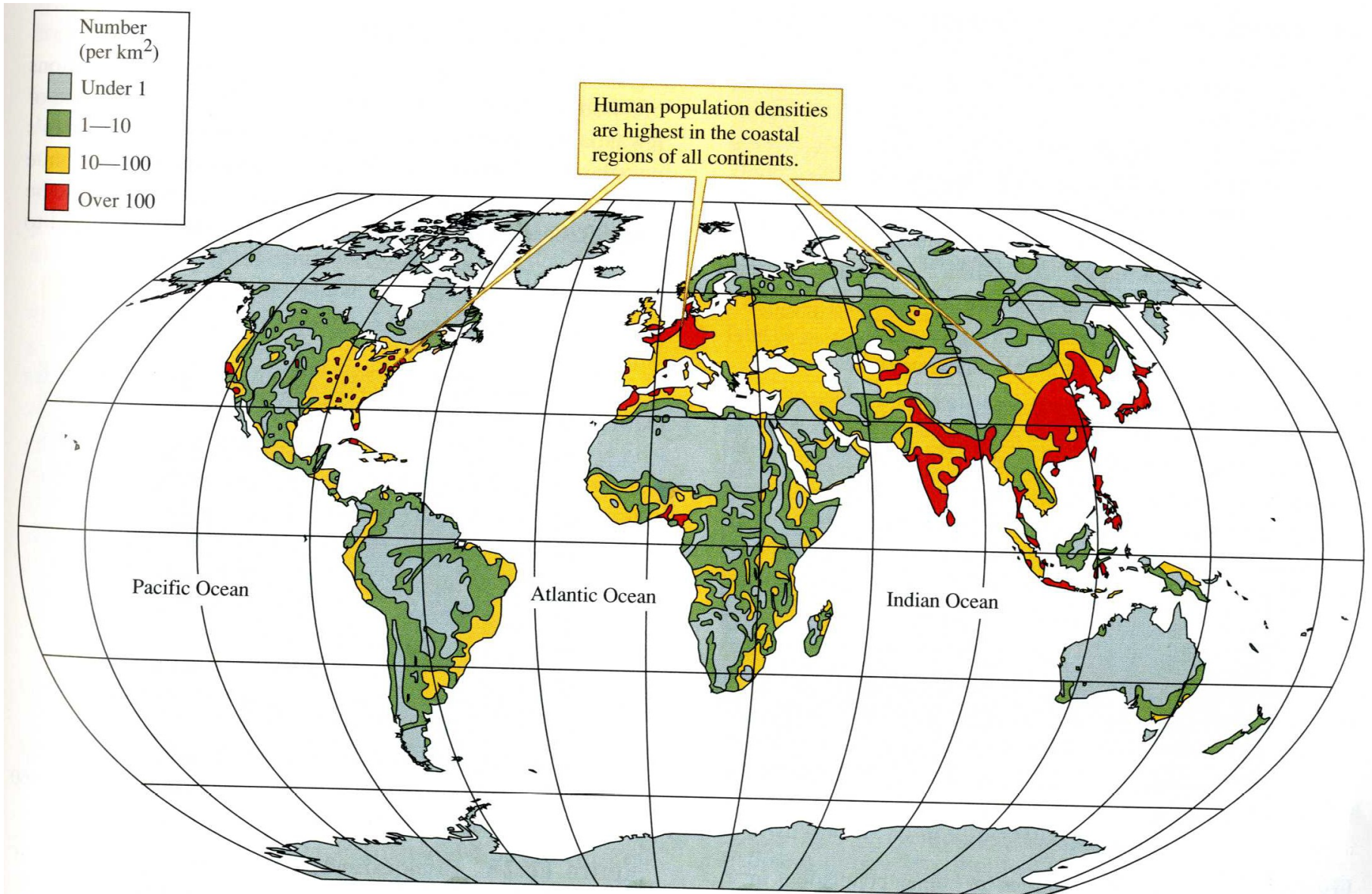
- Relativně větších rozměrů
- Pomalý růst populace
- Malý biotický potenciál
- Pozdní rozmnožování
- Relativní dlouhověkost
- Opakované rozmnožování
- Silná kompetice
- Slabší schopnost šíření
- Menší dynamika populace
- Velká homeostáza
- Vyvážené ekosystémy  
(velcí kopytníci tropů)

# Růst populace člověka na Zemi



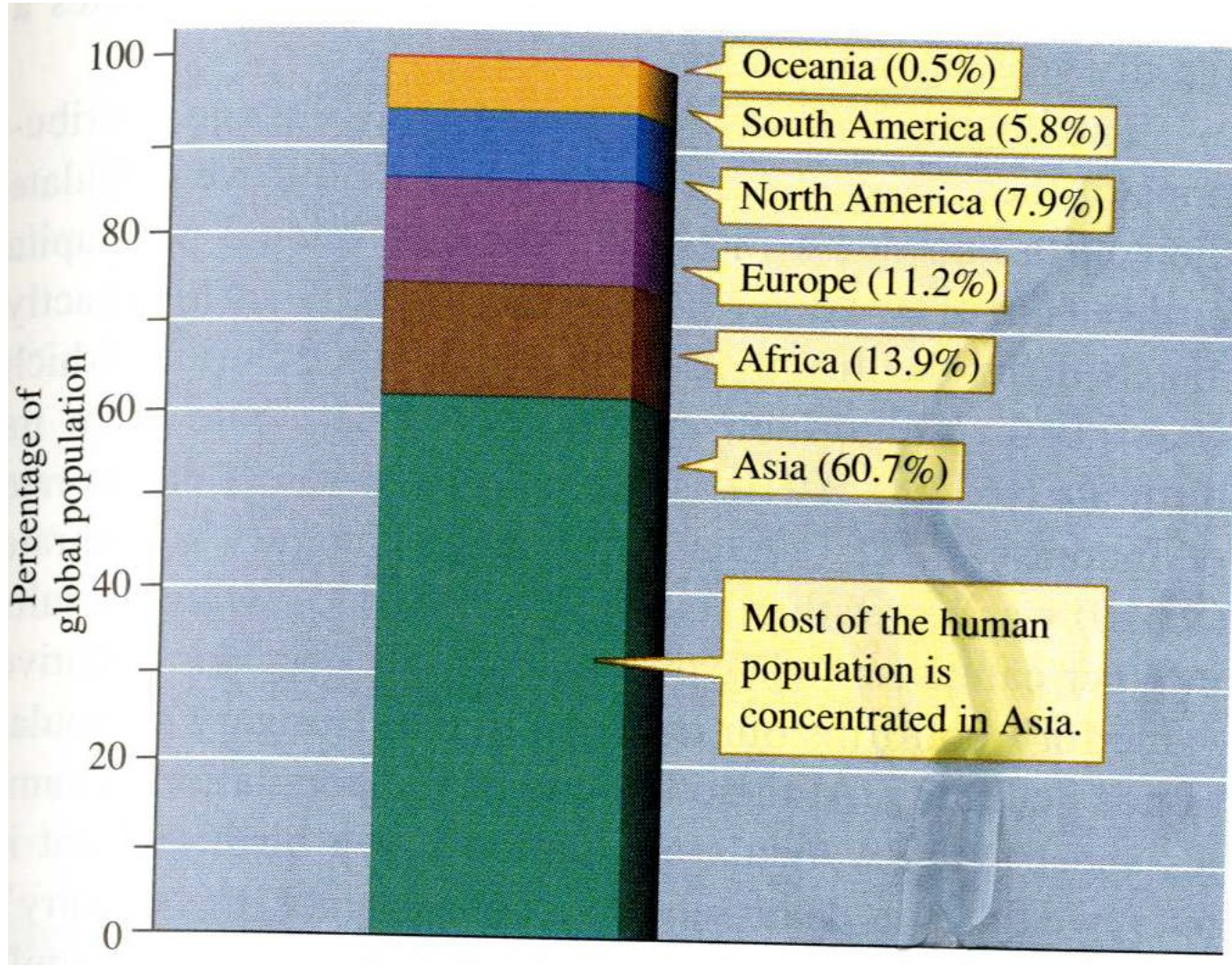


# Variace hustoty populace člověka

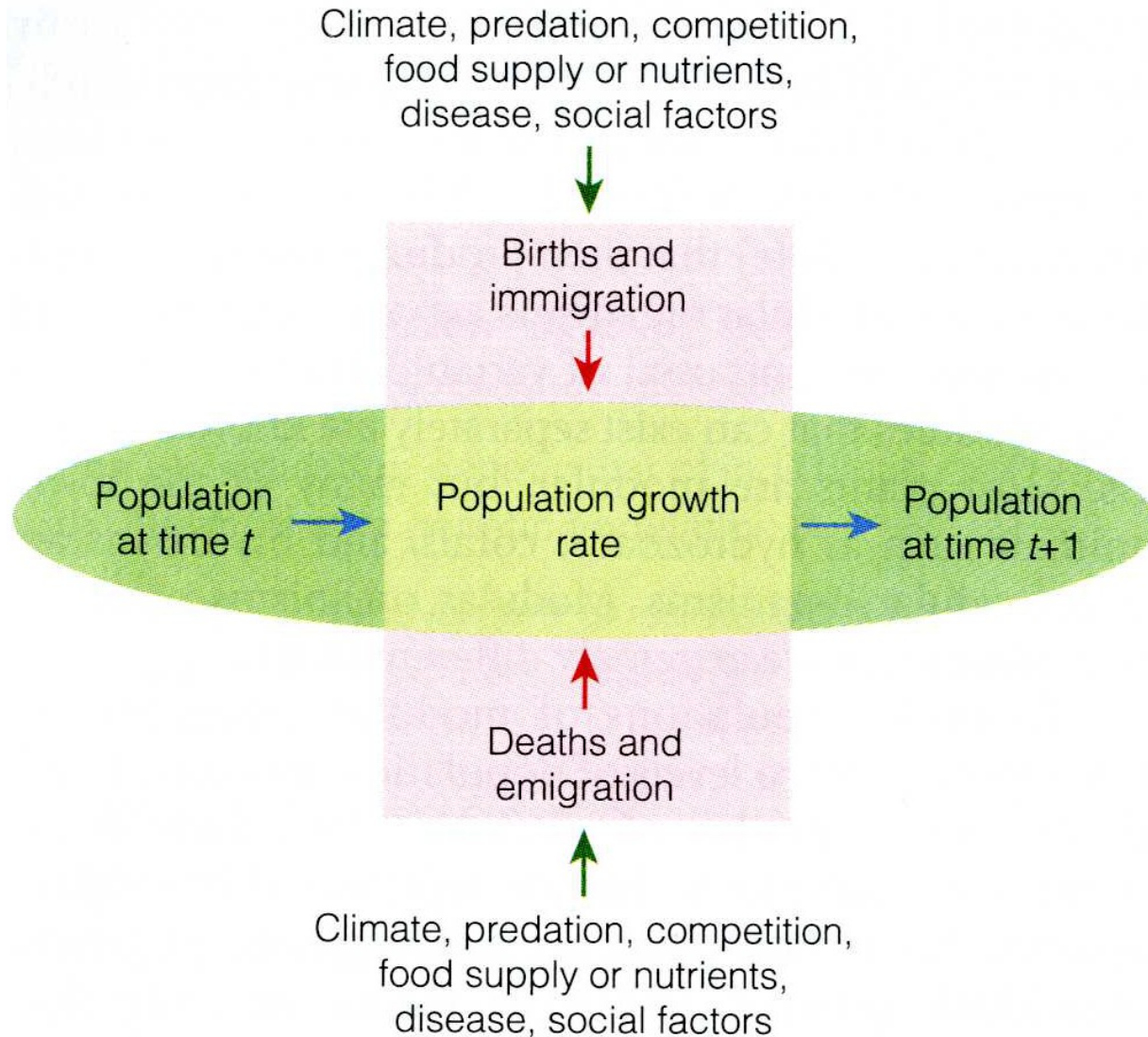




# Distribuce populace člověka podle kontinentů

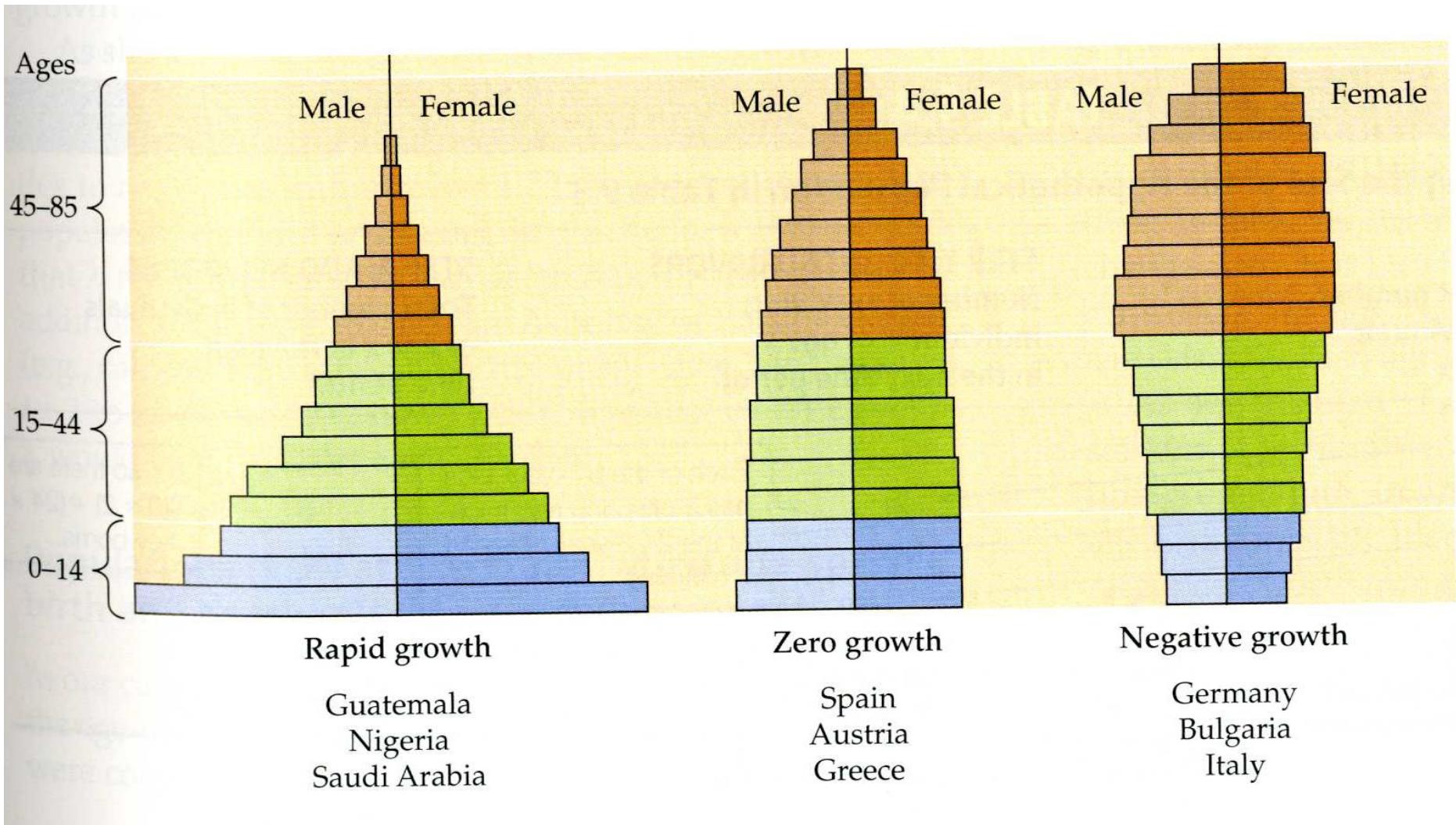


# Dynamika populace





# Dynamika populace závisí na věkové struktuře populace



# Dynamika populace

- **Závislosti na hustotě:**
  - 1) při vysokých hustotách – **limitace zdroje**  
– negativní růst populace
  - 2) při nízkých hustotách – **zdroj v dostatku** –  
růst populace není maximální
- Maximální růst populace je při optimální (střední) hustotě ! Alleeho efekt
- Rovnovážná hustota populace je když *per capita*  
**D = per capita B**



# Dynamika populací

- **Dynamika populace** – kolísání početnosti je vrozená vlastnost populace a je druhově charakteristická
- Dva základní typy:
  - 1) **Oscilace** – kolísání v průběhu jednoho roku
  - 2) **Fluktuace** – kolísání v průběhu více let
- **Oscilace** – kmitání hustoty populace vyvolané náhlým růstem početnosti a jejich pozdějším poklesem během jedné generace (tzv. intraanuální dynamika populace) – vznikají tak oscilační vlny:
  - 1) **univoltinní druhy**
  - 2) **bivoltinní druhy**
- **Fluktuace** – změny v hustotě populace v průběhu víceletého cyklu: pravidelné versus nepravidelné

# Dynamika populace

- Většina skutečných populací mění v čase svoji početnost
- Různé příčiny změny početnosti:
  - 1) **časový posun změny hustoty** a jejího vlivu na velikost populace, čili závislost na hustotě např. dravec - kořist.
  - 2) **závislosti typu over kompenzace**, vede ke vzniku tlumených oscilací.
  - 3) **environmentální stochasticita** -nedeterministické, nepredikovatelné variace v podmínkách prostředí, které mají za následek změny hustoty populace.
  - 4) **chaos** – vzniká v deterministickém prostředí v důsledku interakcí mnoha vlivů a působení. Výskyt chaosu dosud nejasný, nutnost studia dlouhých časových řad.

# Příčiny dynamiky populací

- Faktory nezávislé na hustotě – **klimatické faktory**
- Faktory závislé na hustotě – fungují jako zpětná vazba
- Příčiny cyklických výkyvů populační hustoty:
  - 1) **teorie meteorologické** – klimatické a kosmické cykly
  - 2) **teorie interakcí uvnitř populace** – fyziologické a genetické změny jedinců
  - 3) **teorie náhodného kolísání** – žádný činitel není rozhodující
  - 4) **teorie interakcí mezi trofickými úrovněmi** – hypotéza obnovování živin

Děkuji za pozornost



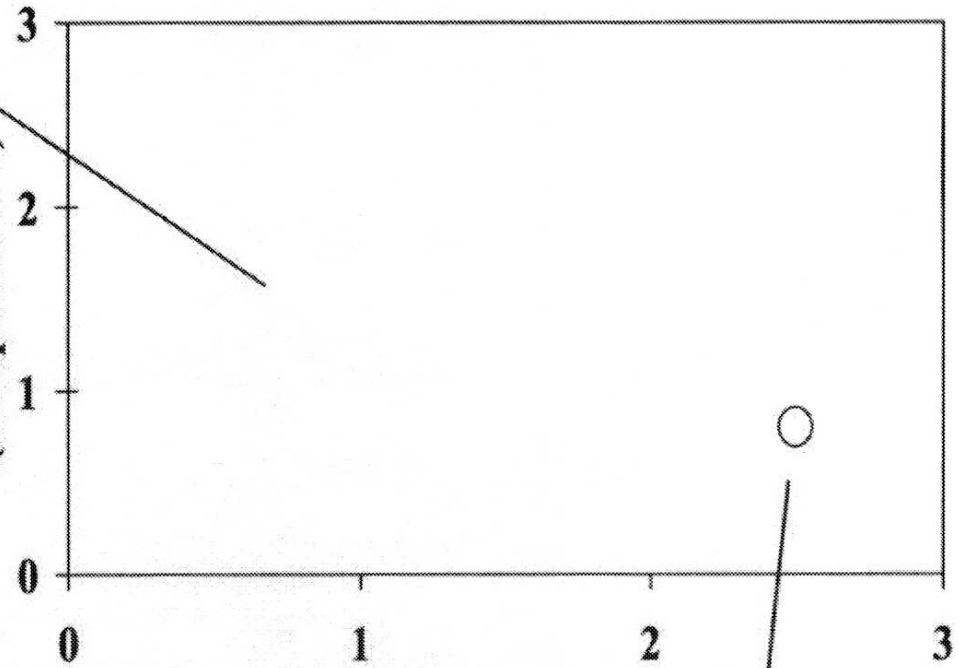


# Populace - dynamika systému

fázový prostor  
(„phase space“)

faktory  
(komponenty systému)

Hustota predátora  
(komponenta 2)



Hustota kořisti  
(komponenta 1)

hodnota faktoru

# Dynamika systému – základní pojmy

- **Stav systému** – je kombinace stavů jednotlivých komponent systému
- Stav systému je n-rozměrný prostor – fázový prostor
- **Komponenty prostoru** – faktory
- **Stav komponenty** – hodnota faktoru

**Příklad 1:** faktor *versus* hodnota (číslo)

Věková třída *versus* počet jedinců ve věkové třídě

Predátor *versus* hustota predátora

# Dynamika systému – základní pojmy

- **Událost** – každá detekovatelná změna v populačním systému
- **Proces** – sledy identických událostí
- **Míra procesu** – intenzita proces nebo počet událostí za jednotku času

**Příklad 2:** událost *versus* proces

Přírůstek jedinců *versus* populační růst

Přírůstek potravy *versus* konzumace

**Příklad 3:** hodnota faktoru *versus* míra procesu

Populační hustota *versus* míra plodnosti (natalita)

Prostorová distribuce *versus* míra disperze



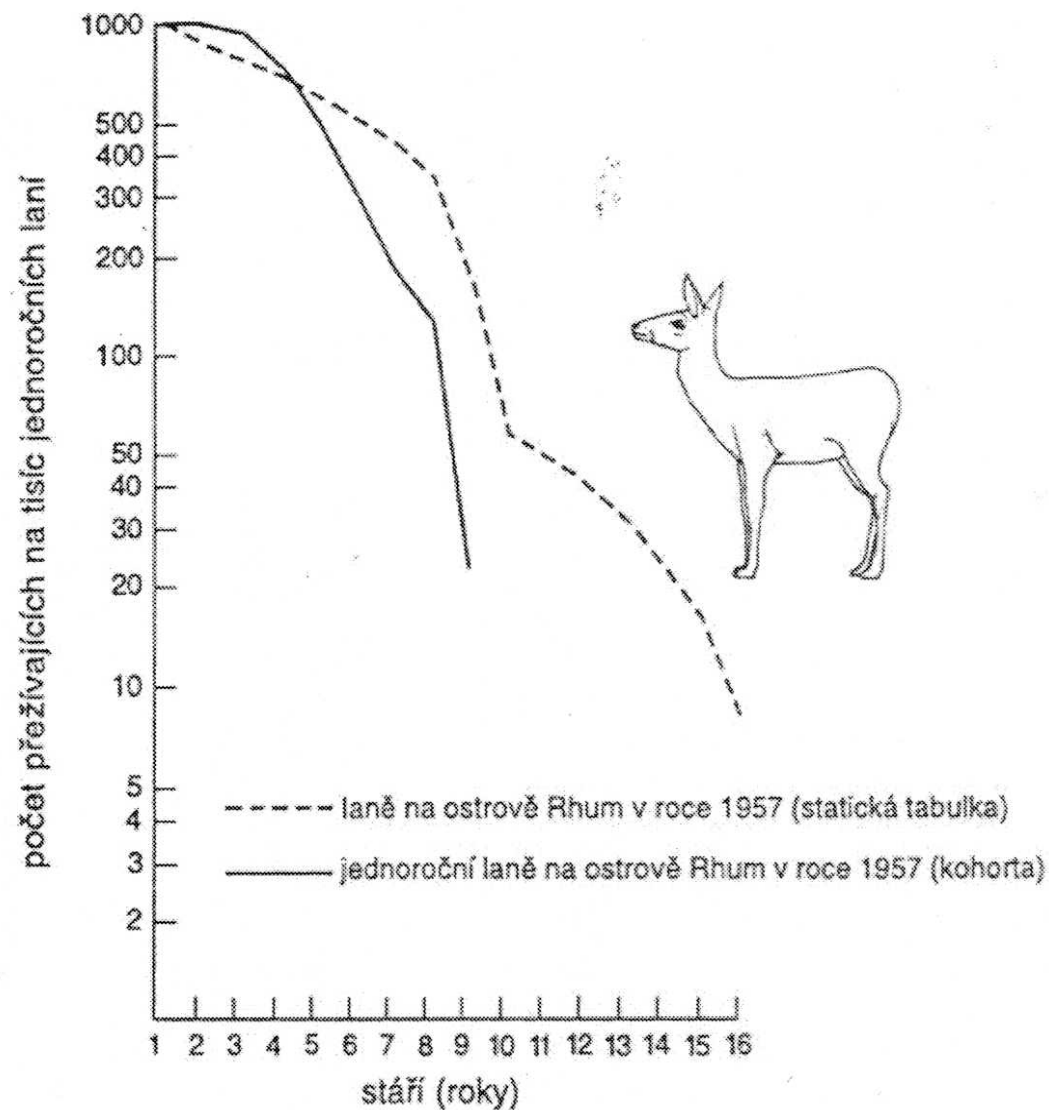
# Tabulka přežívání jeleních laní

stáří (v letech) $x$	počet pozorovaných jedinců ve věku $x$ $a_x$	vyhlazeno					
		$l_x$	$d_x$	$q_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$
1	129	1,000	0,116	0,116	1,000	0,137	0,137
2	114	0,884	0,008	0,009	0,863	0,085	0,097
3	113	0,876	0,251	0,287	0,778	0,084	0,108
4	81	0,625	0,020	0,032	0,694	0,084	0,121
5	78	0,605	0,148	0,245	0,610	0,084	0,137
6	59	0,457	-0,047	-	0,526	0,084	0,159
7	65	0,504	0,078	0,155	0,442	0,085	0,190
8	55	0,426	0,232	0,545	0,357	0,176	0,502
9	25	0,194	0,124	0,639	0,181	0,122	0,672
10	9	0,070	0,008	0,114	0,059	0,008	0,141
11	8	0,062	0,008	0,129	0,051	0,009	0,165
12	7	0,054	0,038	0,704	0,042	0,008	0,198
13	2	0,016	0,008	0,500	0,034	0,009	0,247
14	1	0,080	-0,023	-	0,025	0,008	0,329
15	4	0,031	0,015	0,484	0,017	0,008	0,492
16	2	0,016	-	-	0,009	0,009	1,000

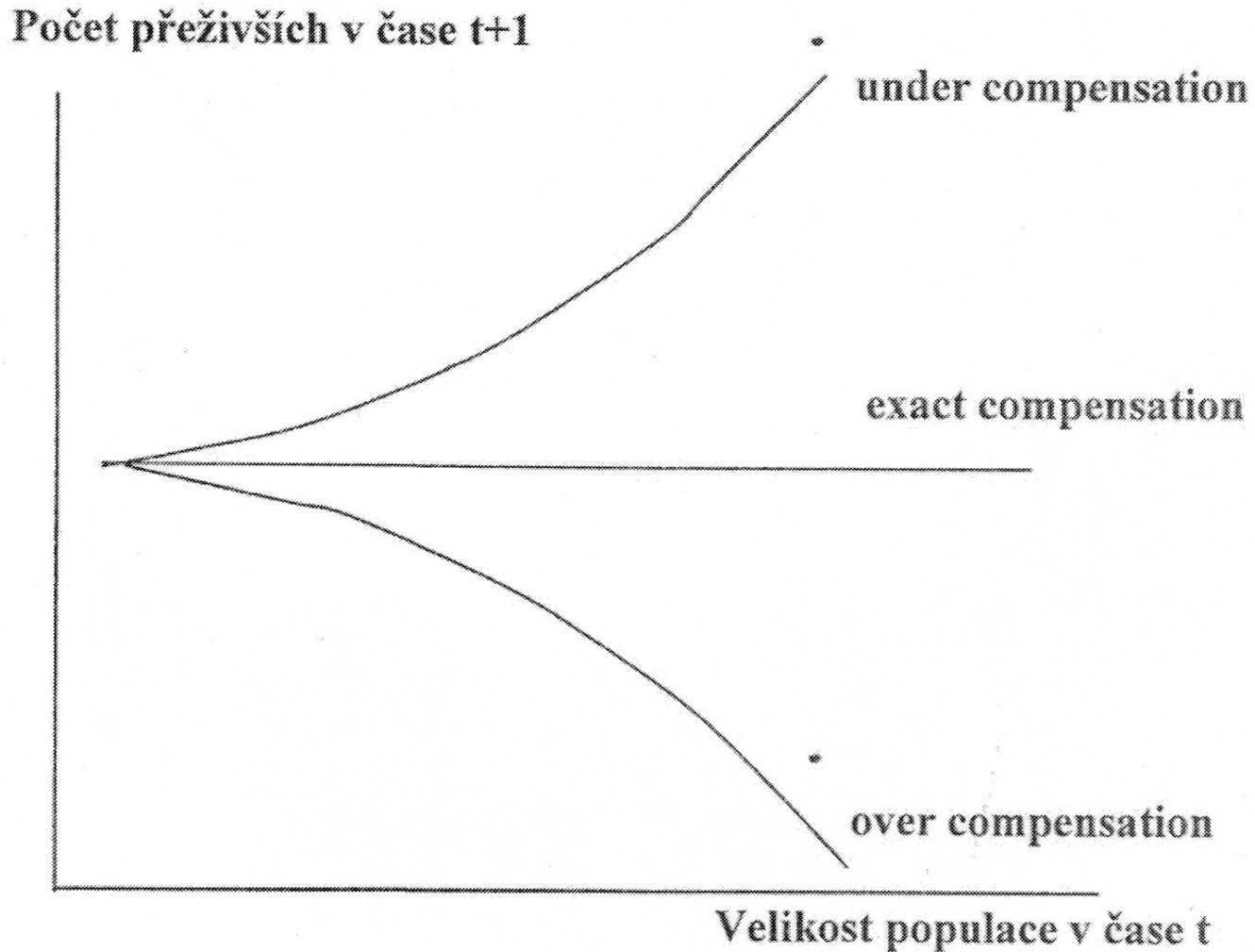
## Dvě křivky přežívání pro jelení laně na ostrově Rhum

- - - - laně na ostrově  
Rhum v roce  
1957 (statická  
tabulka)

-----  
jednorocní laně  
na ostrově Rhum  
v roce 1957  
(kohorta)

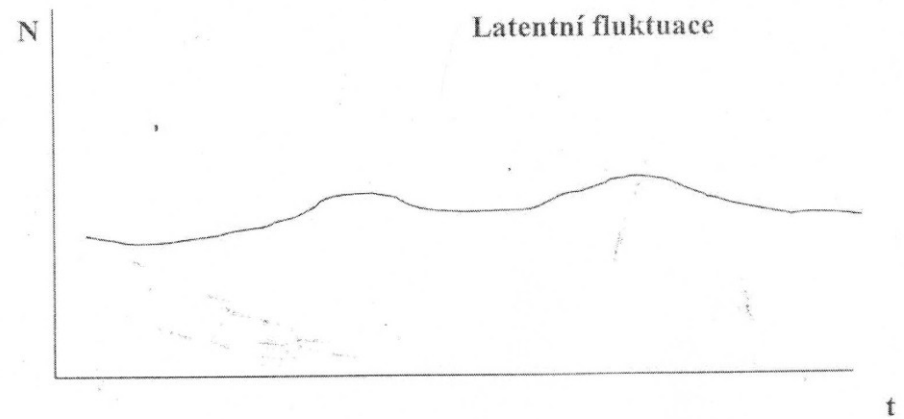


# Princip kompenzace hustoty

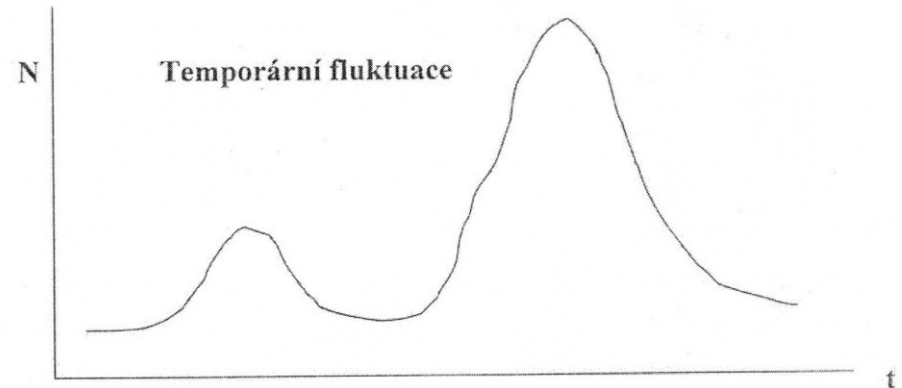


# Typy fluktuací

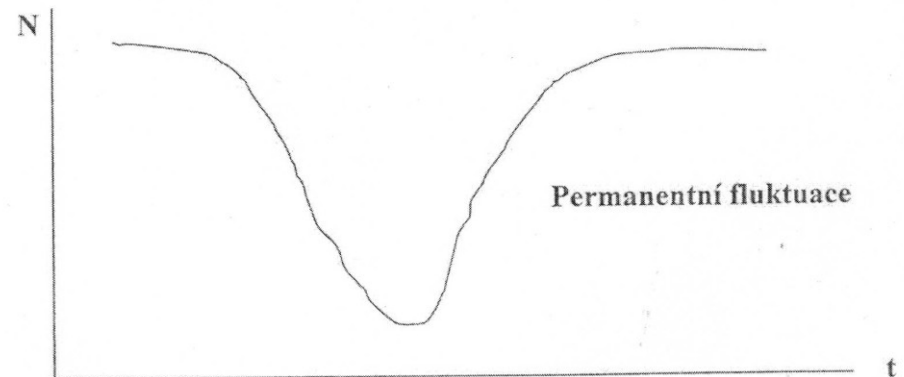
1) Latentní



2) Temporární

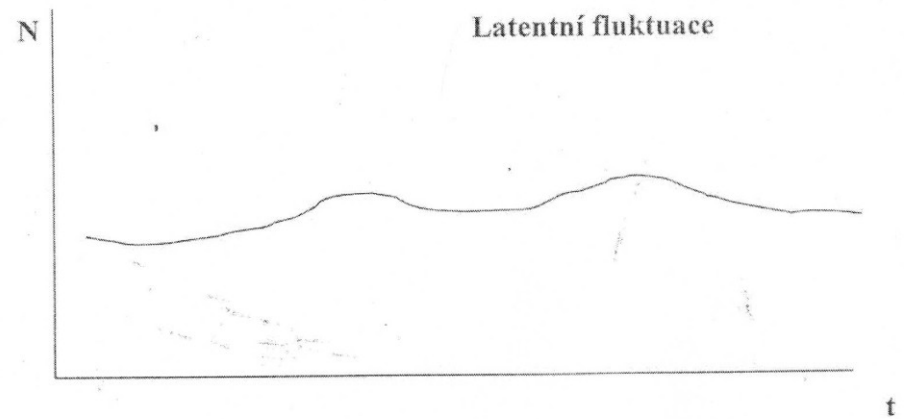


3) Permanentní

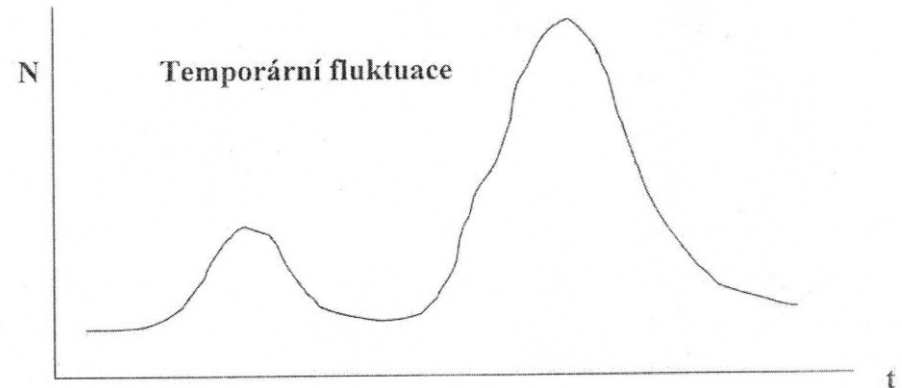


# Typy fluktuací

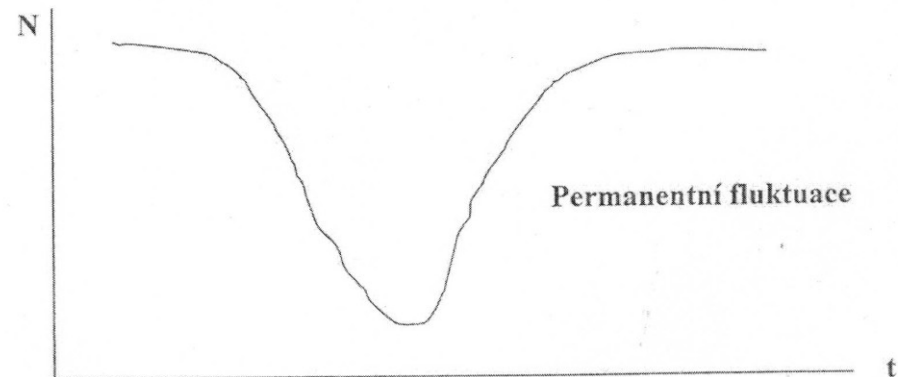
1) Latentní



2) Temporární



3) Permanentní





# Typy fluktuace

Tři základní typy fluktuace:

- 1) Latentní
- 2) Temporární (Bekyně mniška)
- 3) Permanentní (Obaleč dubový)

**Gradace** – katastrofické přemnožení – přesáhne kapacitu prostředí K

**Fáze gradační křivky:**

- latence
- progradace
- kulminace
- retrogradace
- latence

# Fáze gradační křivky

