

# Evoluční ekologie

Analýza evoluce životních strategií

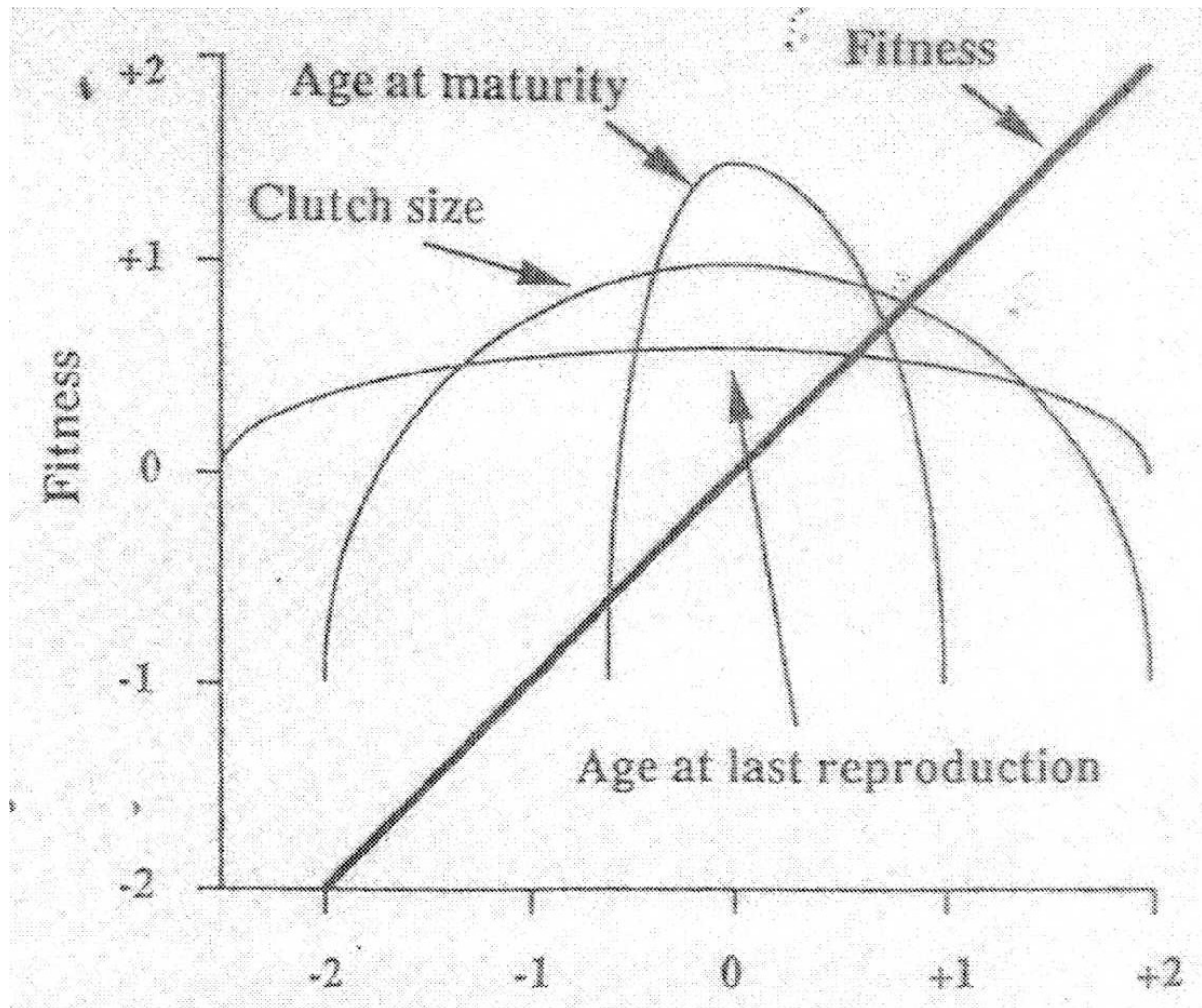
# Základní složky životních historií

- Velikost po narození
- Růstové vztahy
- Věk v dospělosti
- Velikost v dospělosti
- Počet, velikost a poměr pohlaví u potomků
- Věkově a velikostně specifické reprodukční vklady
- Věkově a velikostně specifická mortalita
- Délka života

# Evolve složek životních historií (life history traits)

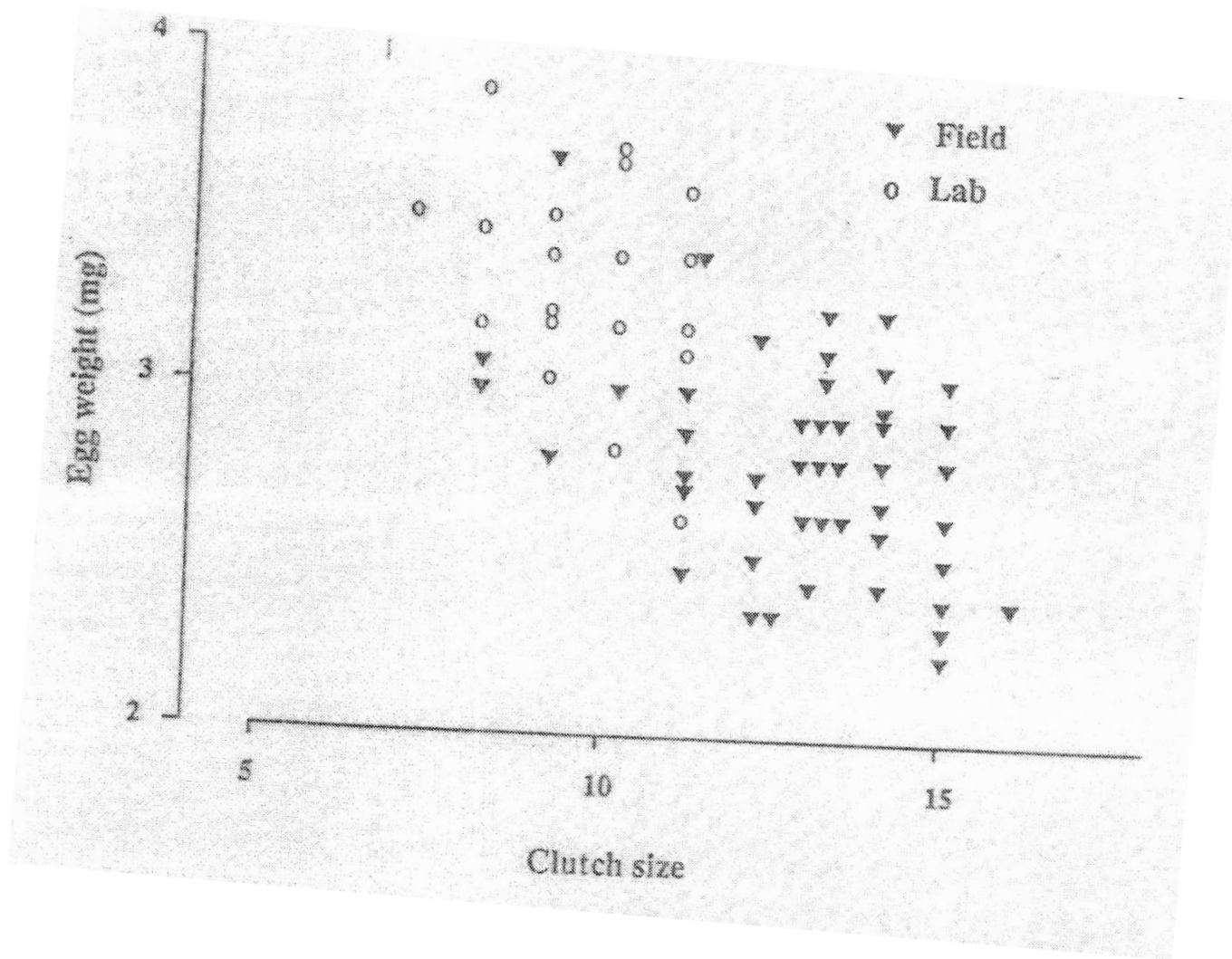
- Základní složky životních historií
  - Vycházejí přímo z procesu reprodukce a přežívání
  - Kombinace těchto složek ovlivňuje fitness
  - Fitness – fenotypická podmínka, variace fitness mezi jednotlivci daná přírodním výběrem
  - Analýza evoluce komponent fitness – evoluce životních historií

# Fitness versus různé životní strategie





# Vztah velikosti vajec a snůšky



# Kompromis (trade-off)

- Početné kompromisy spojují složky životních historií
- kompromisy:
  - 1) současná reprodukce - přežívání
  - 2) současná reprodukce -  
reprodukce v budoucnosti
  - 3) současná reprodukce - počet,  
velikost potomstva

# Kompromis (trade-off)

- Systém v rámci kterého může být vysvětlena variace životních historií obsahuje:
  - Demografii
  - Kvantitativní genetiku a reakční normy
  - Kompromisy
  - Rodově specifické elementy

# Demografie a kvantitativní genetika

- Mortalita a fekundita (plodnost) se mění v závislosti na věku a velikosti – demografie spojuje věkově a velikostně specifickou variaci ve fitness a porovnává ji se silou přírodního výběru na různé složky životních historií
- Většina životních historií je ovlivněna velkým počtem genů malého účinku  
Při studium přírodních populací v heterogenním prostředí – efekt fenotypické plasticity - její význam v evoluci

# Trade offs

- Fyziologie přispívá k mechanismům, které vedou ke kompromisu
- Existuje, když účinek (benefit) realizovaný přes změnu v jedné složce je placený (cost) přes změnu ve složce jiné
- Účinek a náklady jsou odhadovány v jednotkách fitness

# Rodově specifické elementy

- Porovnání mezi vyššími taxony vedou k otázkám typu:  
Žijí organismy s opožděným dospíváním déle ?  
Mají větší organismy relativně méně potomstva ?

# Trade offs

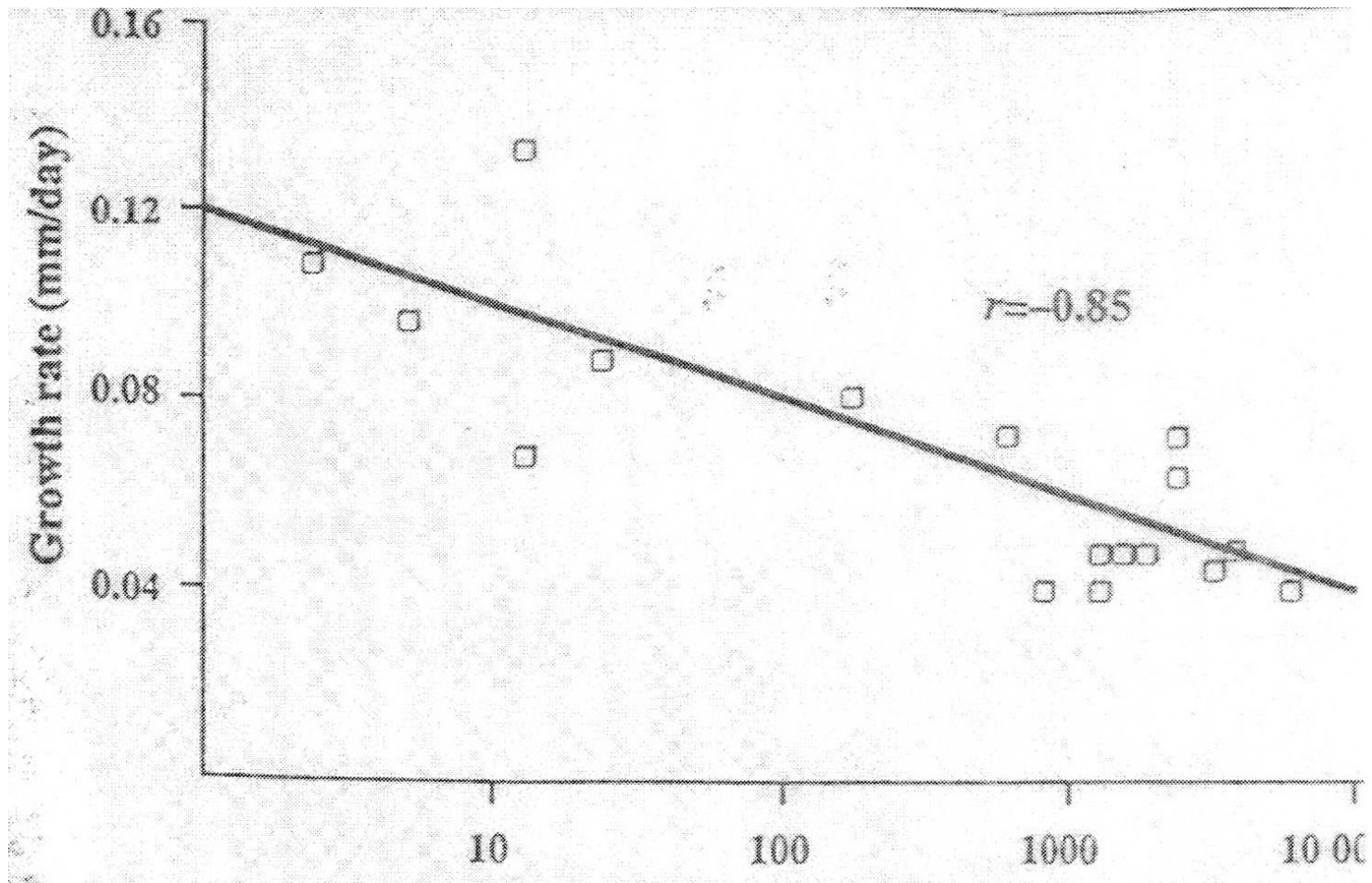
- Spojení mezi složkami ŽH, které směřují k simultánní evoluci dvou a nebo i více složek
- Většinou jsou indikovány negativním vztahem mezi dvěma složkami
- Fyziologický trade off
- Mikroevoluční trade off
- Makroevoluční trade off

# Fyziologický trade off

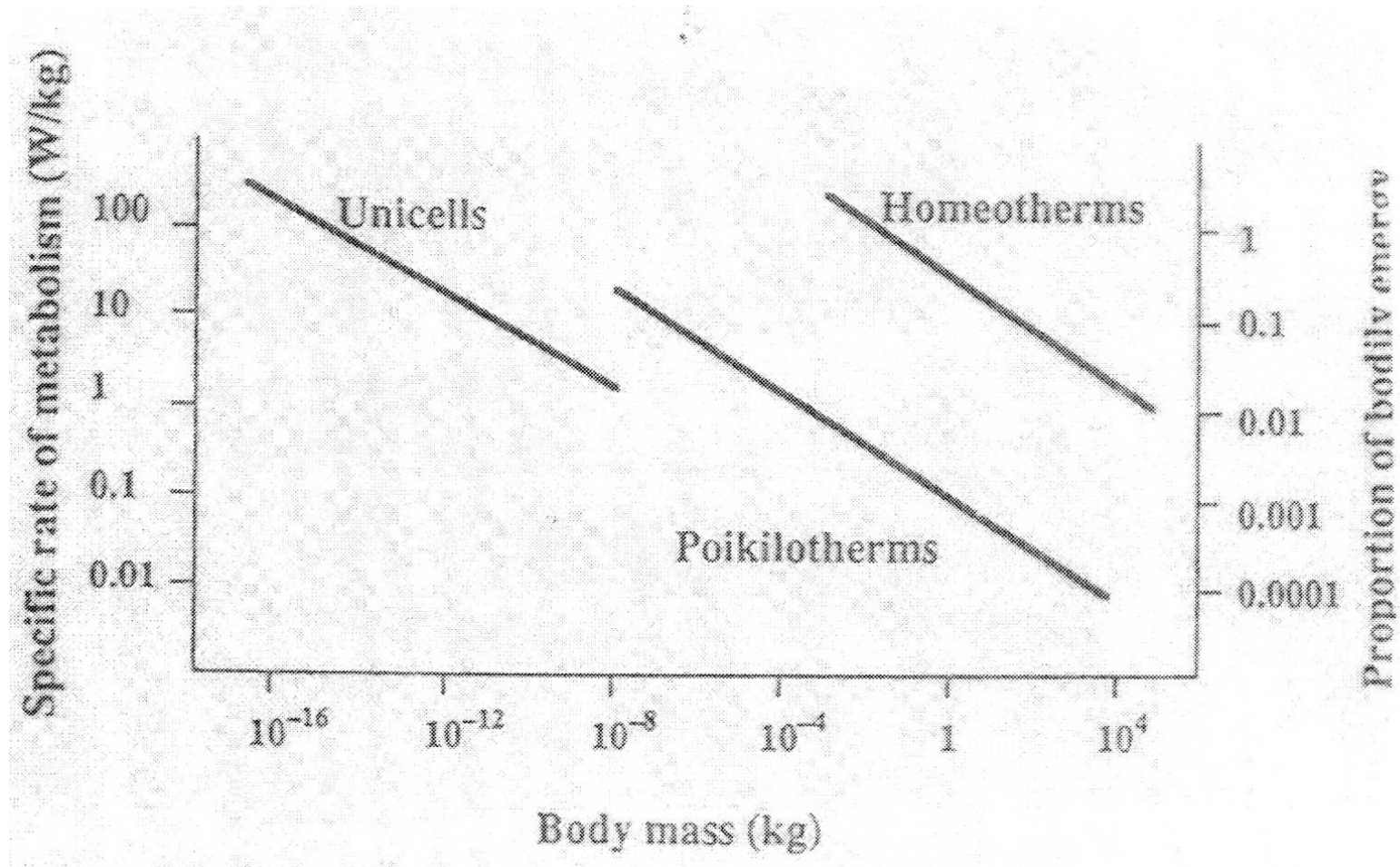
- Energy allocation hypotéza – založená na rozdělení mezi dva a více procesů, které jsou přímo v kompetici o limitovaný zdroj (energie) u jedince – princip of allocation – Levins (1968) – organismus získává limitované množství materiálu a energie, pro něž jsou oba procesy v kompetici, proto zvýšení přiděleného materiálu a energie do jednoho procesu bude směřovat ke snížení materiálů a energie do procesu jiného



# Vztah mezi mírou růstu a reprodukční aktivitou



# Specifická míra metabolismu *versus* hmotnost těla



# Mikroevoluční trade off

- Je širší jako fyziologický trade off
- Vyskytuje se v populacích, kde je vlivem selekce změna v jedné složce (zvyšující fitness) spojená se změnou v jiné složce (fitness snižující)
- Představuje odpověď populace na selekci genetické variability ve fyziologickém trade off
- Efekt reprodukce na přežívání je možné určit jako kompromis mezi:
  - Současná reprodukce versus přežívání
  - Současná reprodukce versus reprodukce v budoucnosti
  - Reprodukce versus růst
  - Současná reprodukce versus kondice
  - Počet versus velikost potomstva

# Makroevoluční trade off

- Komparativní analýza variací ve složkách ŽH mezi fylogeneticky nezávislými událostmi
- Rodově závislé efekty – některé složky ŽH jsou fixovány na vyšší taxonomickou úroveň, ale nejsou variabilní na úrovni populační

# Allometrická rovnice

Mnoho charakteristik organismu má vzhledem k velikosti těla nelineární charakter. Funkce, která tento vztah vyjadřuje se označuje jako allometrická rovnice.

$$Y = aW^b$$

$Y$  = hodnota určitého znaku (charakteru)

$a, b$  = konstanty

$W$  = hmotnost těla

# Allometrická rovnice

Nejznámější příklad allometrické závislosti je vztah mezi plochou povrchu těla a jeho objemu.

Pokud se tvar (těla, orgánu aj.) s velikostí nemění roste plocha kvadraticky zatímco objem se zvyšuje kubickou funkcí.

Bude-li hodnota  $x$  = lineární charakteristika délky (například kosti),  $S$  = bude plocha jejího povrchu a  $V$  = objem kosti. ( $a, b, c, d$  jsou konstanty).

$$S = ax^2 \quad a \quad V = bx^3$$

odtud tedy:

$$x = cV^{1/3} \quad a \quad S = dV^{2/3}$$

# Allometrické vztahy

Uvedené vztahy znamenají, že plocha povrchu se zvětšuje s funkcí s exponentem  $2/3$  velikosti objemu. Protože  $2/3 < 1$  bude se povrch zvyšovat pomaleji než objem.

Tento poměr mezi povrchem a objemem bude tím menší, čím větší bude objem.

Objem je proporcionální hmotnosti a biomase, tedy množství tkáně, která musí být zásobena živinami a kyslíkem.

Absorpční schopnost plic nebo střeva je proporčně závislá na velikosti povrchu těla.

Lze proto předpokládat, že délka střeva nebo plocha plic roste rychleji než hmotnost živočicha, což je nezbytné pro zachování chodu základních fyziologických funkcí.

# Allometrické vztahy

Rovnice, která tyto funkce vyjadřuje je:

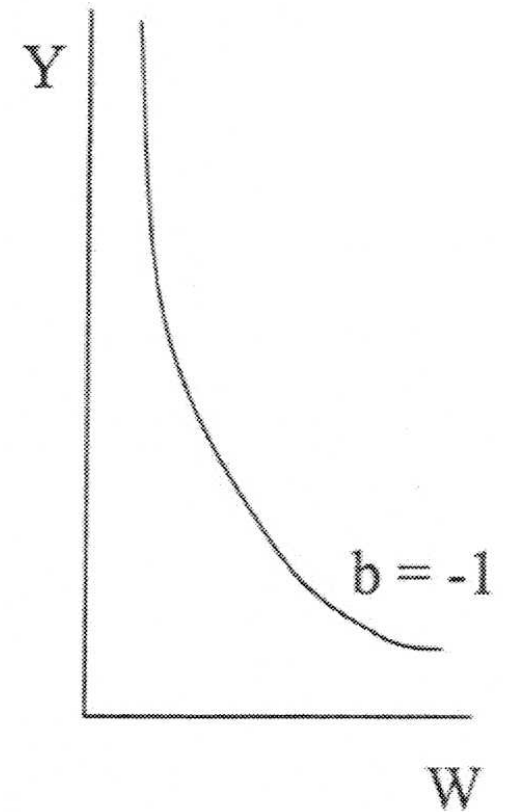
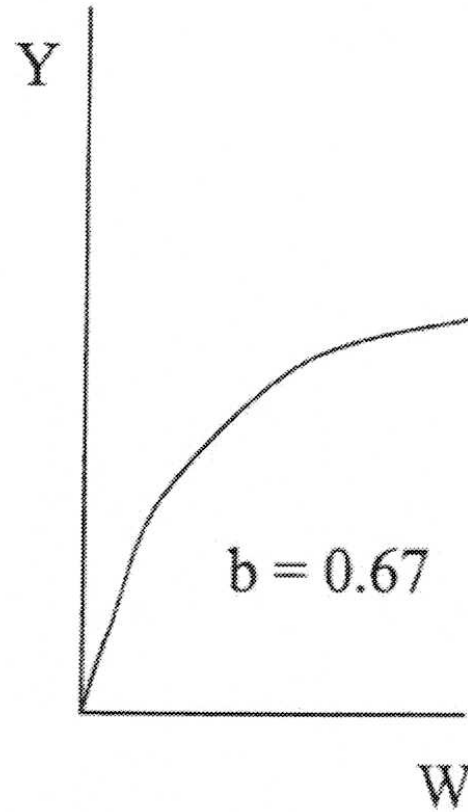
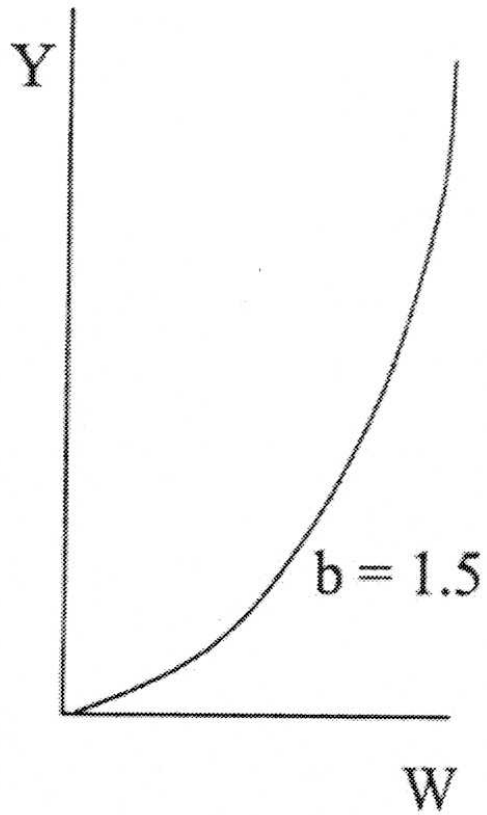
$$Y = aW^b$$

Bude tedy platit:

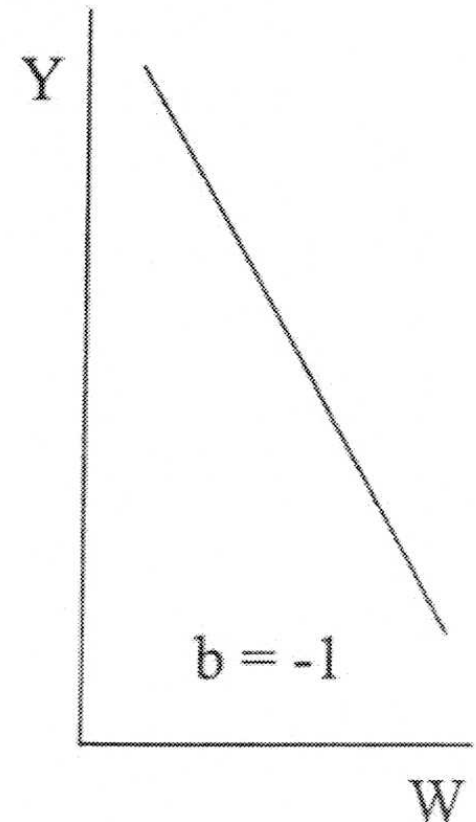
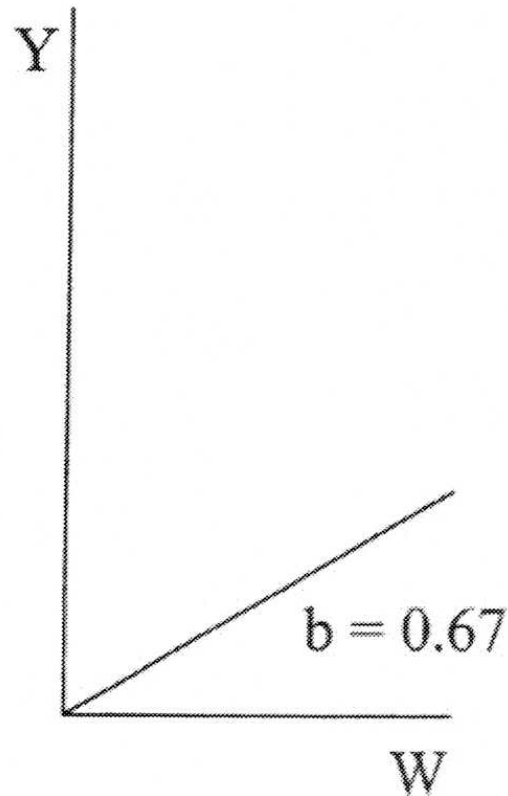
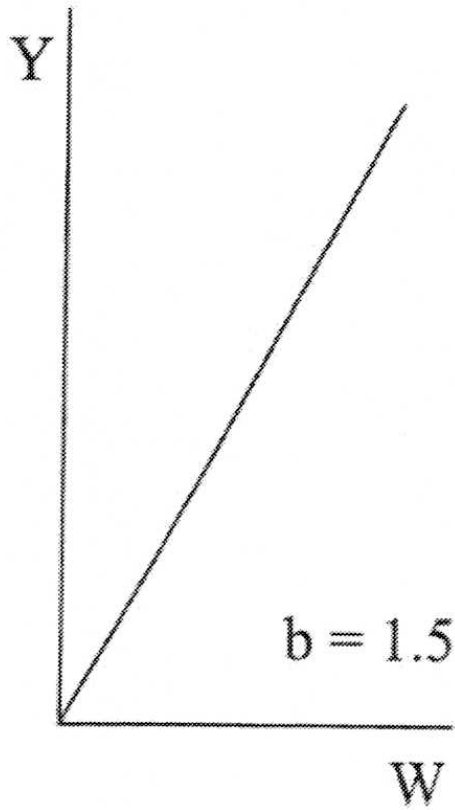
1.  $b > 1$ , poměr  $Y$  k  $W$  roste s růstem  $W$
2.  $b = 1$ , poměr se s růstem nemění
3.  $b < 1$ , poměr se s růstem zmenšuje
4. Exponent funkce vyjadřuje strmost přímky u log-log grafu



# Ekologie jedince – lineární plot



# Ekologie jedince – log-log plot



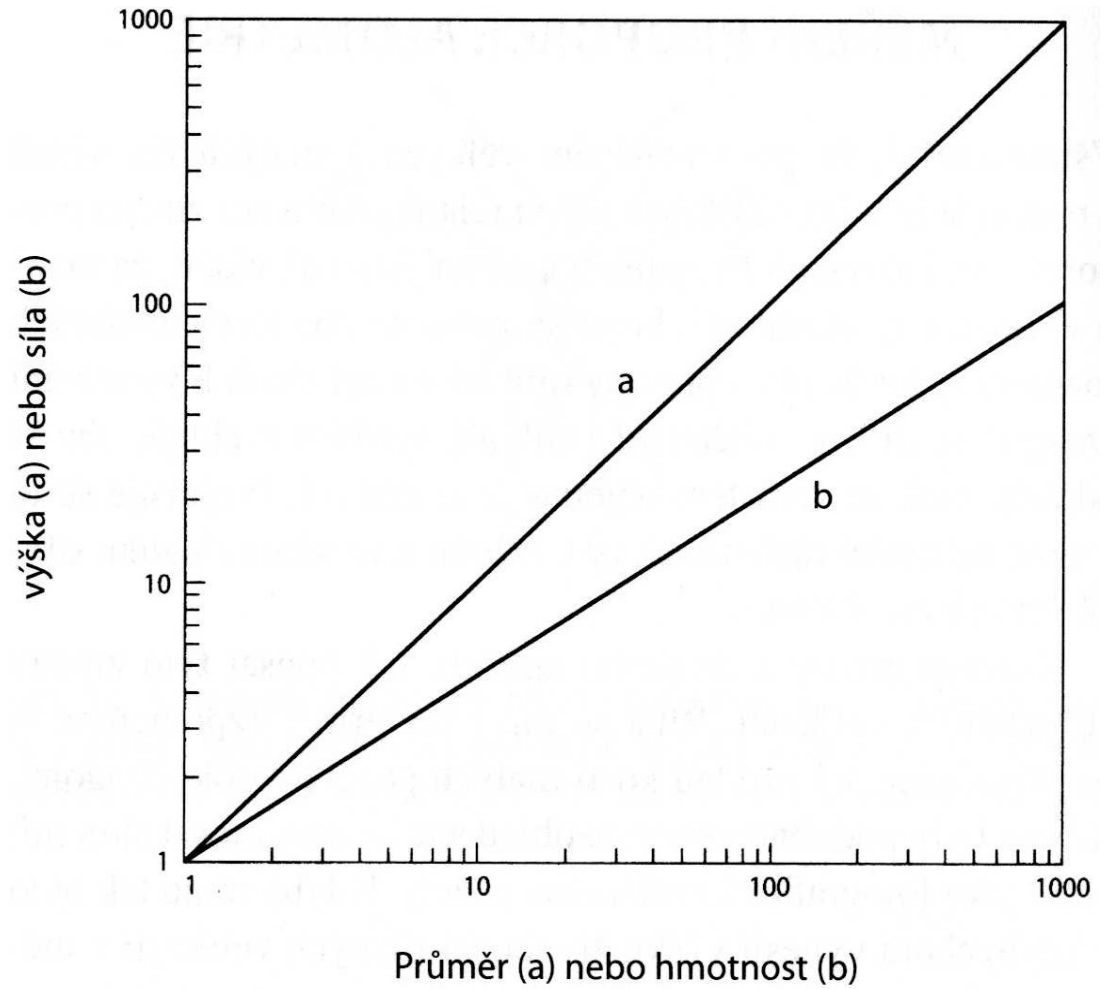
# Allometrické vztahy

Organismus potřebuje energii na udržování a obnovu tkání svého těla nebo na vlastní růst nebo na produkci potomstva.

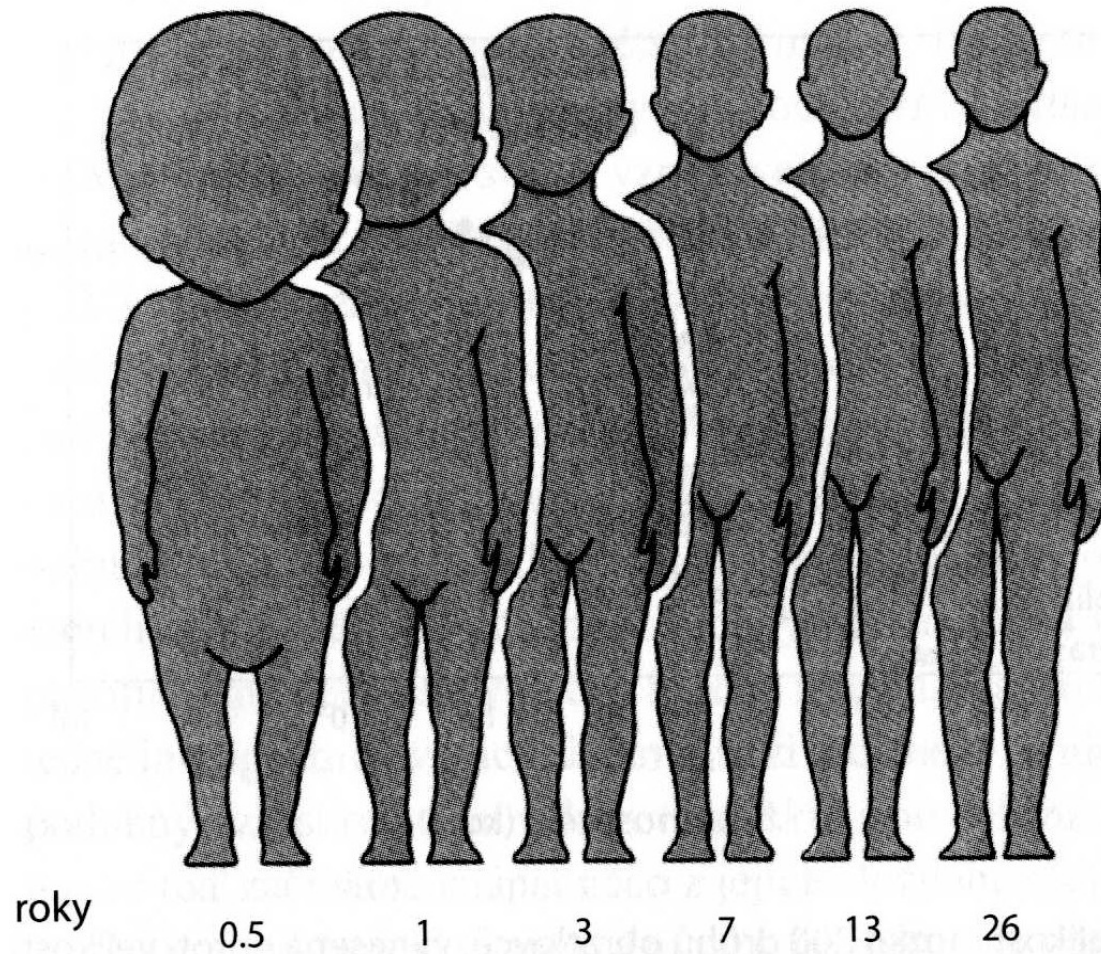
- Organismus potřebující mnoho energie= vysoký metabolismus
- Organismus potřebující málo energie= nízký metabolismus

**Jak srovnat co je akorát ?**

# Log-log graf ukazující alometrické vztahy



# Změny tělesných proporcí člověka s věkem



# Bazální metabolismus

**Bazální metabolismus** = minimální množství energie potřebné k uchování života v podmínkách naprostého "fyziologického" klidu.

- Tři podmínky:
- 1) Organismus se musí nacházet v termoneutrálních podmínkách
  - 2) Organismus musí být naprostém klidu
  - 3) Organismus musí být post-absorptivní fázi

# Bazální metabolismus

Pro ekologa má znalost bazálního metabolismu relativně okrajový význam.

Roste však zájem ekologů o studium míry denního energetického výdaje organismu (daily energy expenditure) - tedy energie potřebné ke krytí všech životních potřeb jedince (lokomoce, termoregulace, růst, reprodukce aj).

Tato energie je obvykle určitým násobkem energie nutné k udržení bazálního metabolismu.

U člověka a některých jiných obratlovců je denní potřeba energie asi 7-násobně větší než míra bazálního metabolismu.

# Které faktory mají vliv na míru metabolismu ?

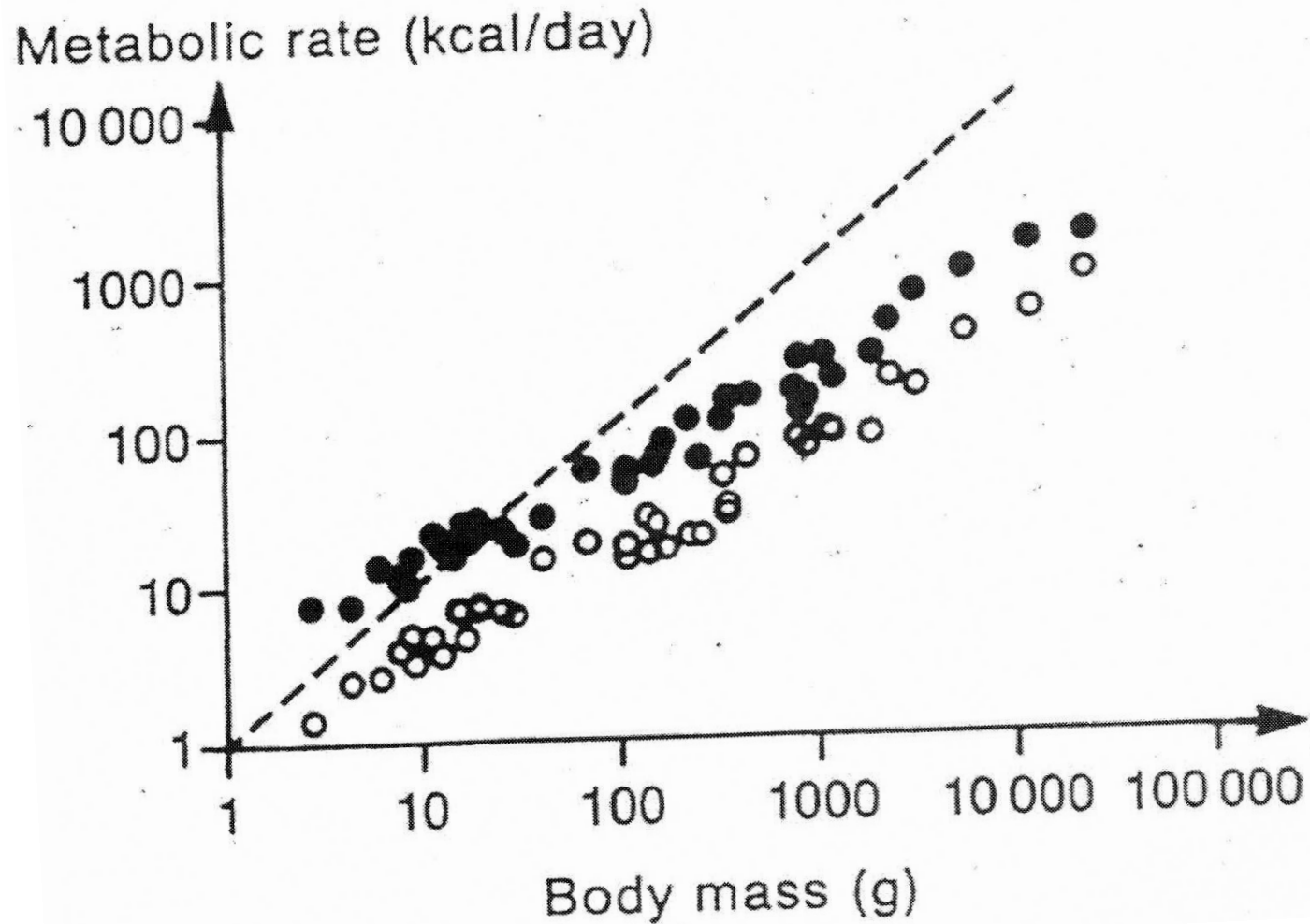
- Velikost organismu
- Životní styl (životní strategie)

**Velikost těla je pravděpodobně jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících míru metabolismu jedince, tedy jeho energetické nároky !**

V důsledku toho např. větší ptáci spotřebují denně více energie. Závislost metabolismu na velikosti (hmotnosti) však není proporcionální !



# Denní energetický výdaj organismu a bazální metabolismus



# Poikilothermní versus Homoiothermní

Mezi stejně velkými živočichy jsou velké rozdíly v jejich míře metabolismu.

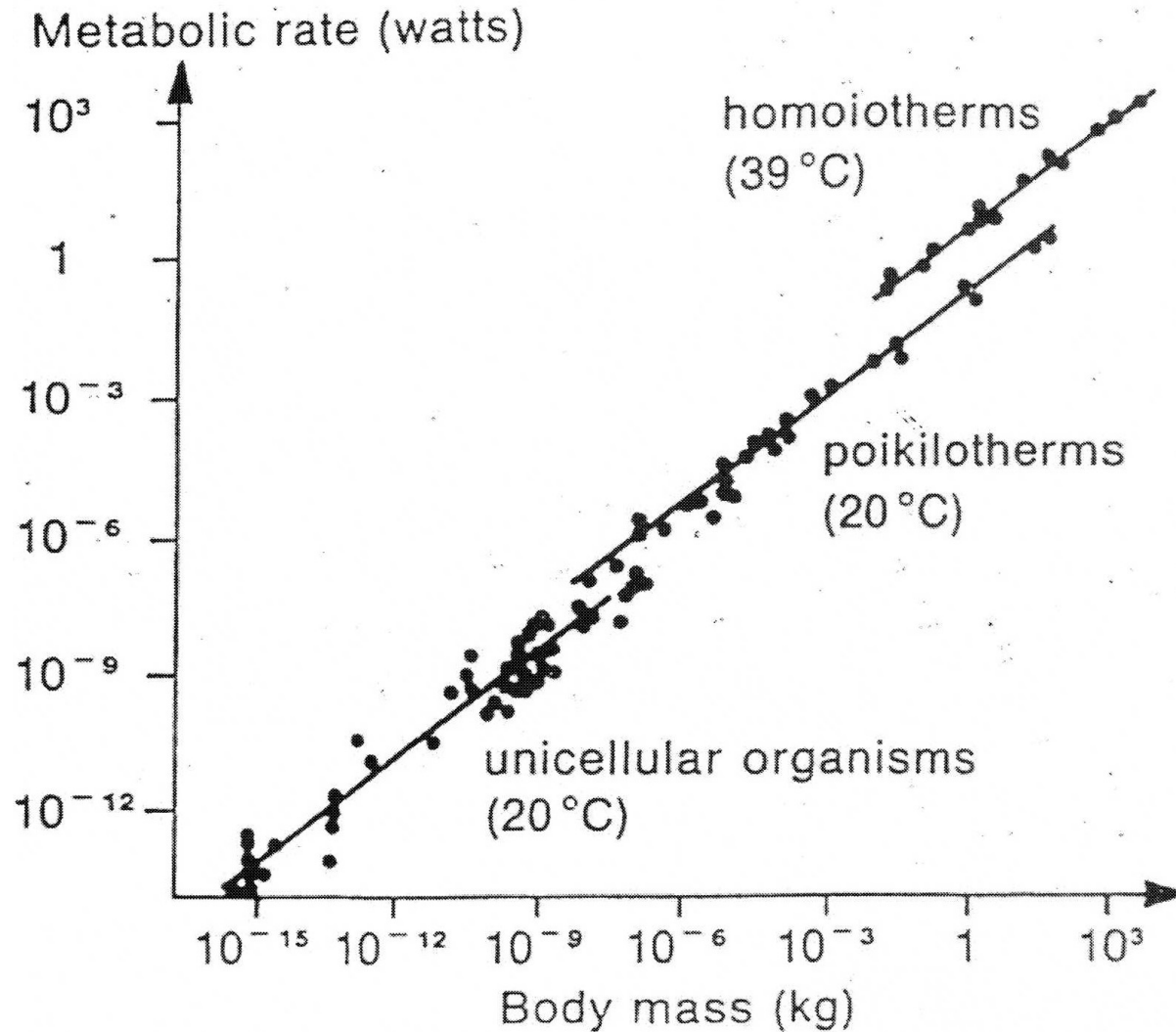
Z obrázku plyne, že homoiothermní živočichové potřebují asi 25 až 30 krát více energie než živočichové poikilothermní stejné velikosti!

**Je mnohem lacinější živit 5kg kraje, než 5kg psa!**

Dále je zajímavé, že poikilothermní živočichové mají míru metabolismu 8 až 10 krát větší než jednobuněční !

**Složitější organizace těla (mnohobuněční) je tedy energeticky mnohem nákladnější !**

# Vliv životního stylu (životní strategie)



# Vliv životní strategie

Příčiny těchto závislostí opět nejsou dosud plně analyzovány. Pouze v případě ptáků a savců byly prováděny srovnávací analýzy.

Příčiny:           1) životní styl (strategie)  
                      2) fylogenie

Např.) Savci lovcí obratlovce mají ve vztahu k jiným obratlovcům, velmi vysoké hodnoty bazálního metabolismu.

Příčiny fylogenetického původu lze doložit u delfínů a ploutvonožců, u nichž převládá spíše podobnost ve způsobu života, než potravní zvyklosti.

# Míra metabolismu

Tyto skutečnosti znamenají, že např. pták s 10x větší hmotností nespotřebuje 10x více potravy.

Vztah mezi mírou metabolismu a hmotností vyjadřuje allometrická rovnice:

$$\text{míra metabolismu} = a (\text{hmotnost})^b$$

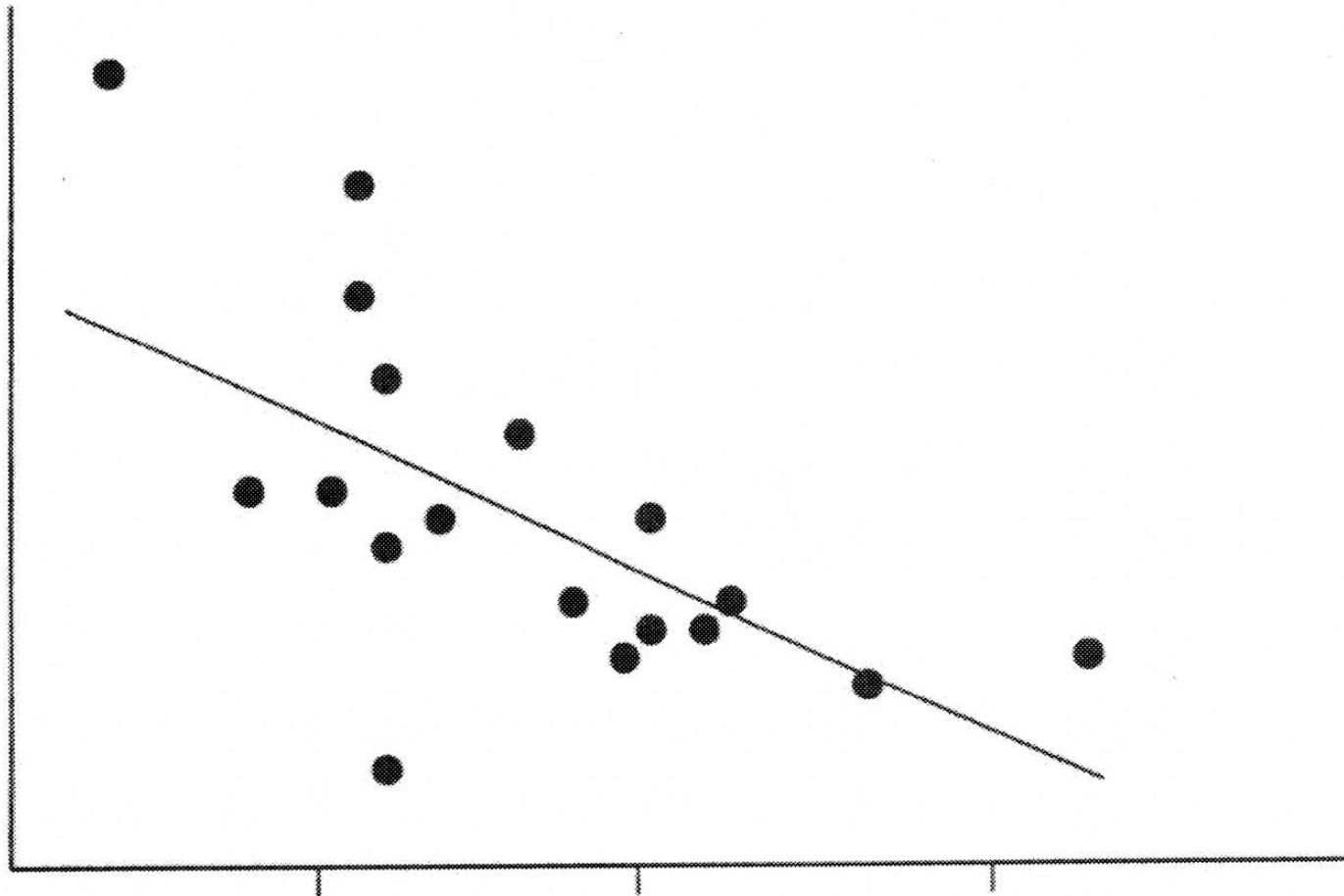
$b$  = exponent vyjadřující vztah mezi  $M_m$  a  $H$

$$\log (\text{míra metabolismu}) = \log a + b [\log (\text{hmotnost})]$$

Vztah log -log je vyjádřen na obrázku; je z něj zřejmé, že  $a$  = míra metabolismu v případě, když hmotnost = 1. Koeficient  $b$  vyjadřuje strmost přímky.

Hodnota koeficientu  $b$  se u různých skupin živočichu pohybuje od **0.5** do **0.9** a to bez ohledu na jednotky ve kterých je měřena hmotnost nebo míra metabolismu.

# Vztah mezi mírou bazálního metabolismu a váhou těla drobných savců



# Fraktální struktura soustav

**Lze zobecnit, že hodnota koeficientu  $b$  se blíží 0.75. Příčiny této obecné závislosti nejsou dosud plně objasněny.**

Zdá se, že u mnohobuněčných organismů mohou tyto příčiny mimo jiné spočívat ve **fraktální struktuře soustav** důležitých pro transport základních životně nezbytných médií a materiálu (cévy, dýchací soustava).

Při  $b < 1$  potřebují velikostně větší druhy méně energie, než jedinci menších druhu. Důsledkem této zákonitosti, je že živočichové jako např., rejsek mající v relaci ke své hmotnosti vysokou míru metabolismu spotřebují několikanásobně větší množství potravy, než sami váží. Naproti tomu slon spotřebuje potravu o váze rovnající se jeho hmotnosti za tři měsíce.

# Co determinuje velikost těla ?

Proměnná	Taxon	Exponent(b)
Velikost home range	savci	1.26
Hmotnost skeletu	chřestýši	1.17
Hmotnost skeletu	savci	1.09
Hmotnost skeletu	ryby	1.03
Objem plic	savci	1.02
Míra ingesce	korýši	0.80
Hmotnost mozku	savci	0.70
Délka gravidity	savci	0.24
Věk dospělosti	ryby	0.20
Délka inkubace vajec	ptáci	0.17
Tepová frekvence	savci	- 0.25
Míra dýchání	savci	- 0.26

Např. hodnota **b = 0.17** pro délku inkubace vajec u ptáků znamená, že doba, kterou ptáci různých druhů stráví seděním na vejcích je funkcí jejich hmotnosti vyjádřenou následující rovnicí



# Velikost těla determinuje mnohem více než jen míru metabolismu

## **Inkubační doba (hmotnost) $^{0.17}$**

Tento vztah opět platí bez ohledu na jednotky hmotnosti a času, ve kterých je měření prováděno

V případě vztahu tepové frekvence savců a jejich hmotnosti je koeficient **b = -0.25 (záporný)**

## **Tepová frekvence (hmotnost) $^{-0.25}$**

Platí tedy, že čím je savec větší, tím nižší je jeho tepová frekvence. Například rejsek má srdeční frekvenci dosahující hodnoty 1200pulsu za minutu !

# Velikost těla organismu podstatně ovlivňuje jeho ekologii !

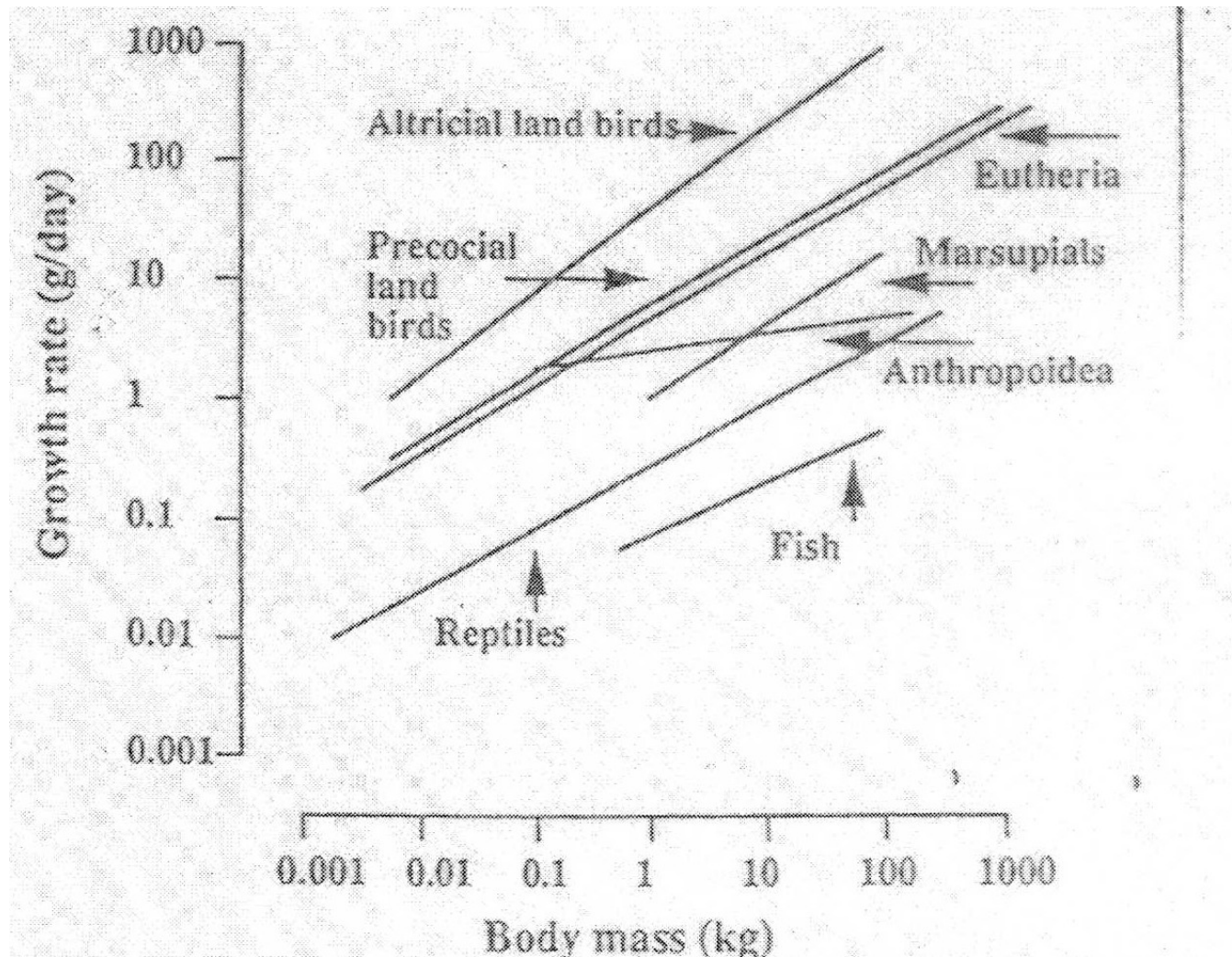
Z velikosti živočicha můžeme usuzovat na typ jeho interakcí s jinými druhy ve společném prostředí.

Množství energie, které živočich potřebuje je do značné míry determinováno jeho velikostí.

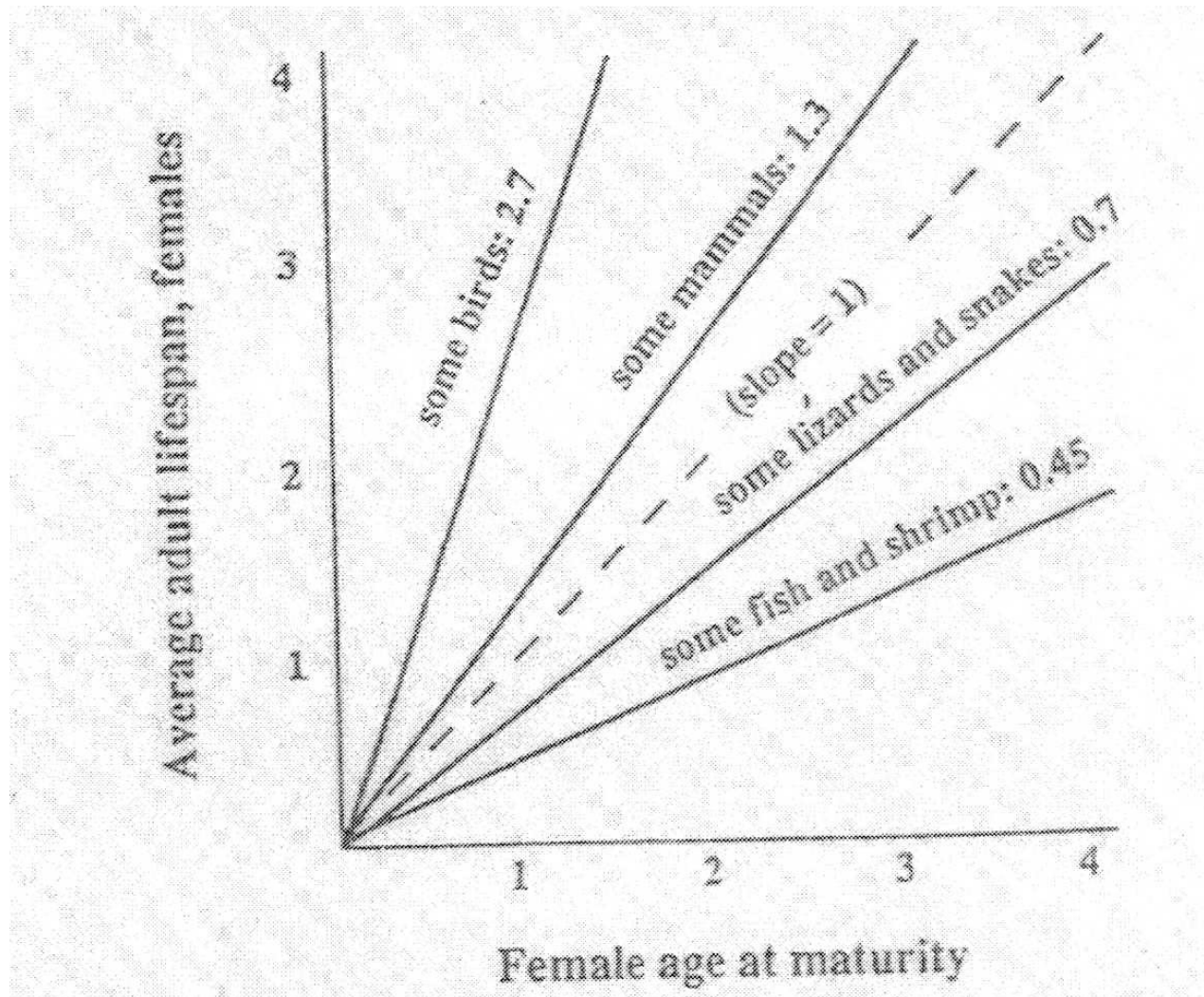
**Jaký je však další osud této energie?**

**Kolik je věnováno na vývoj a růst a kolik na reprodukci ?**

# Míra růstu různých skupin obratlovců



# Vztah délky života dospělců a věku dosažení zralosti – různé skupiny



# Proč organismy přijímají potravu ?

**Proč jíme ?**

**Jsou to opravdu hloupé otázky ?**

Evoluční úspěch kteréhokoliv organismu spočívá ve schopnosti rozmnožování, které by nebylo možné bez schopnosti organismu přijímat potravu a transformovat takto přijatou energii a výživu ve své potomky.

Každý dnes žijící organismus je pokračováním vývojové linie trvající téměř 4 miliardy let.

Organismy však netransformují všechnu přijatou energii pouze do potomstva.

Celkově využívají pouze poměrně malou část přijaté energie. Téměř 10 až 30% absorbované energie je využito jen na trávení přijaté potravy.

# Co je to asimilační účinnost ?

- Asimilační účinnost je proporce energie, kterou organismus přijal a je schopen ji využít.
- Různé druhy se velmi výrazně liší svou schopností využívat energii získanou v potravě.

# Asimilační účinnost

- Masožravci živící se obratlovci mají asimilační účinnost asi 90%; hmyzožravci zhruba 70 až 80% zatímco většina býložravců jen 30 až 60%.
- Panda velká (*Ailurupoda melanoleuca*) má nejmenší asimilační účinnost mezi savci dosahující hodnotu jen 20%
- Mnoho druhů živočichů však má tuto hodnotu ještě mnohem nižší, například organismy využívající jako potravu organické zbytky v sedimentech o koncentraci jen 1%.
- Krab druhu *Scopimera globosa* se živí potravou obsahující jen 0,19% organické hmoty. Jeho asimilační účinnost bude proto ještě nižší než 0.19%. Přesto v jeho střevech dosahuje organická hmota koncentrace až 12 %. Krab proto přijímá jako potravu veliké množství materiálu a vylučuje velké množství nestavitelných zbytků.

# Produkce a respirace

- Energie přijatá heterotrofním organismem je z části využita na stavbu jeho těla a regeneraci tkání a z části se pak využívá pro růst a rozmnožování.
- Růst organismu a rozmnožování označujeme dohromady jako produkci.
- Proporce asimilované energie, která je využita pro růst organismu označujeme jako růstovou účinnost.
- Tento typ účinnosti je velmi důležitý pro farmáře. Selata mají velmi vysokou růstovou účinnost dosahující hodnoty 20%. Znamená to, že tuto proporci přijaté energie prase konvertuje do produkce vepřového.



# Růstová účinnost

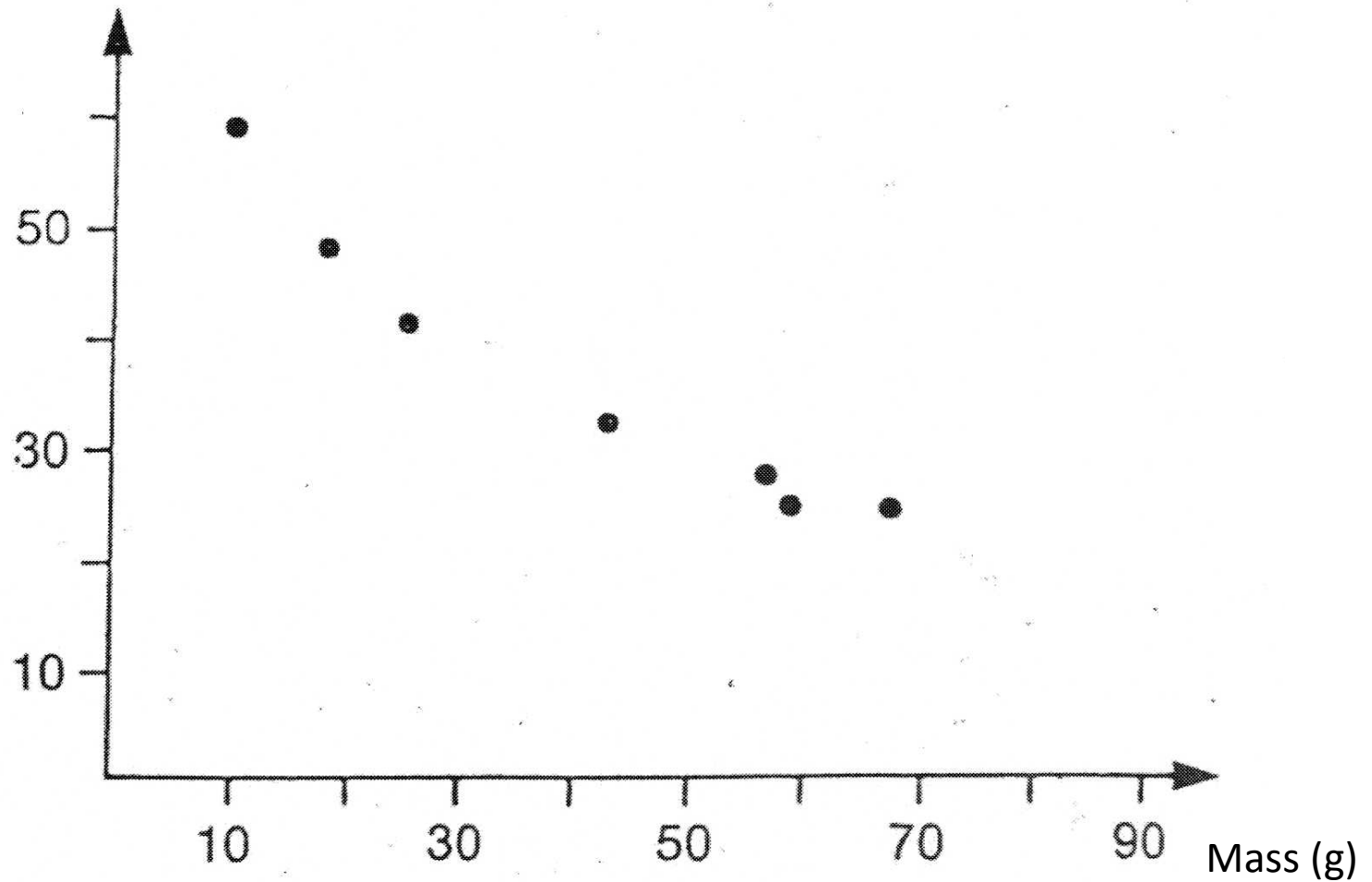
**Obecně platí, že růstová účinnosti je tím větší, čím menší je daný organismus.**

**Růstová účinnost se rovněž výrazně snižuje při dosažení dospělosti živočicha.**

Z tohoto důvodu je velmi obtížné provádět mezidruhová srovnání růstové účinnosti.

# Růstová účinnost jako funkce velikosti těla

Growth efficiency (%)



# Alokace energie do rozmnožování

- Lze zobecnit, že juvenilní poikilothermní živočichové mají větší růstovou účinnost, než juvenilní homoitermní.
- U velmi mladých juvenilů také homoitermové dosahují značných hodnot 50 až 70%, což odpovídá hodnotám typickým pro poikilothermy.
- Doposud existuje jen velmi málo údajů o tomto typu transformace energie a o této tzv. reprodukční účinnosti.
- U živočichů lze očekávat, že homoitermní organismy budou do rozmnožování alokovat mnohem méně energie, než živočichové poikilothermní.

# Celkový energetický rozpočet organismu

Příklad studie isopoda přílivového pásma druhu *Idotea baltica*

$$C = P + R + Ex + U + F$$

C = energie získaná ingescí

P = součet Pg (energie akumulovaná k růstu)

R = energie využita na tvorbu gamet

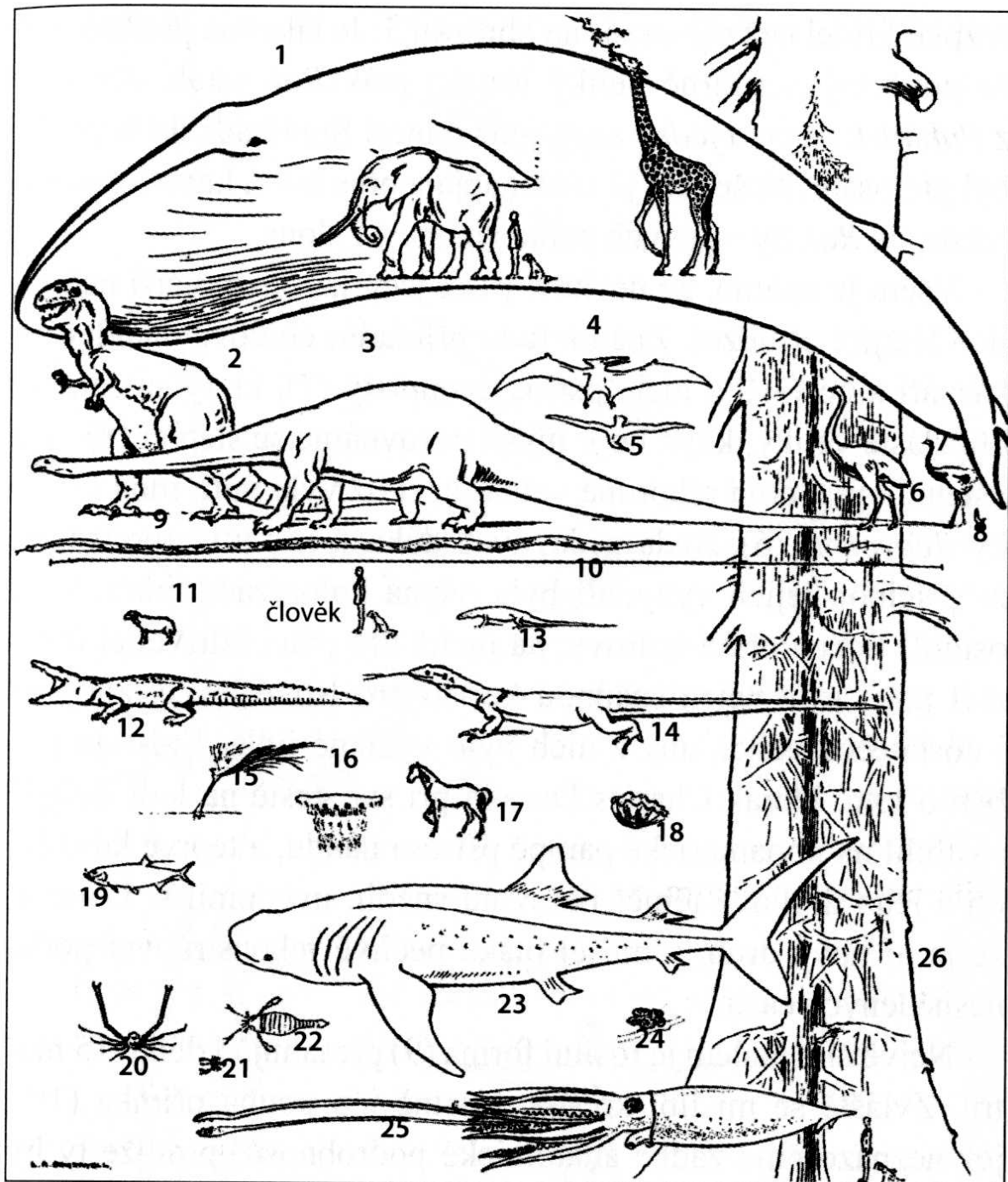
Ex = energie spotřebovaná, metabolické ztráty

U = energie využitá na tvorbu všech typů exkrementů

F = energie obsažená ve výkalech

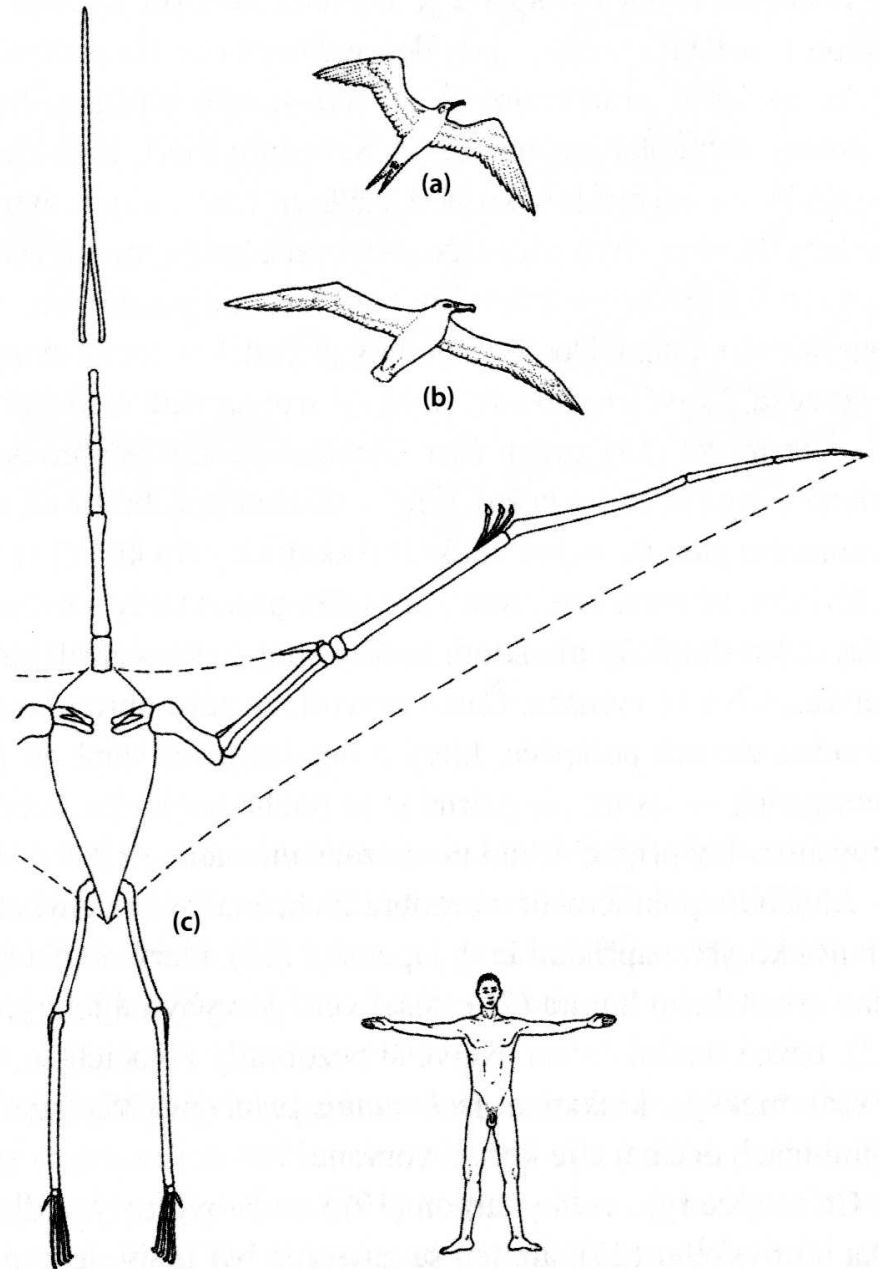
# Největší živočichové a rostliny

1. Plejtvák obrovský
2. Tyranosaurus
3. Diplodocus
4. Pterosaurus
5. Kondor
6. Aepyornis
7. Pštros dvojprstý
8. Slepice
9. Had
10. Tasemnice
11. Ovce
12. Krokodýl
13. Varan pustinný
14. Ještěr
15. Polyp
16. Medúza Cyanea
17. Kůň
18. Zéva obrovská
19. Tarpon
20. Krab japonský
21. Humr atlantický
22. Eurypterid
23. Žralok obrovský
24. Reffleisia
25. Krakatice
26. Sekvoj

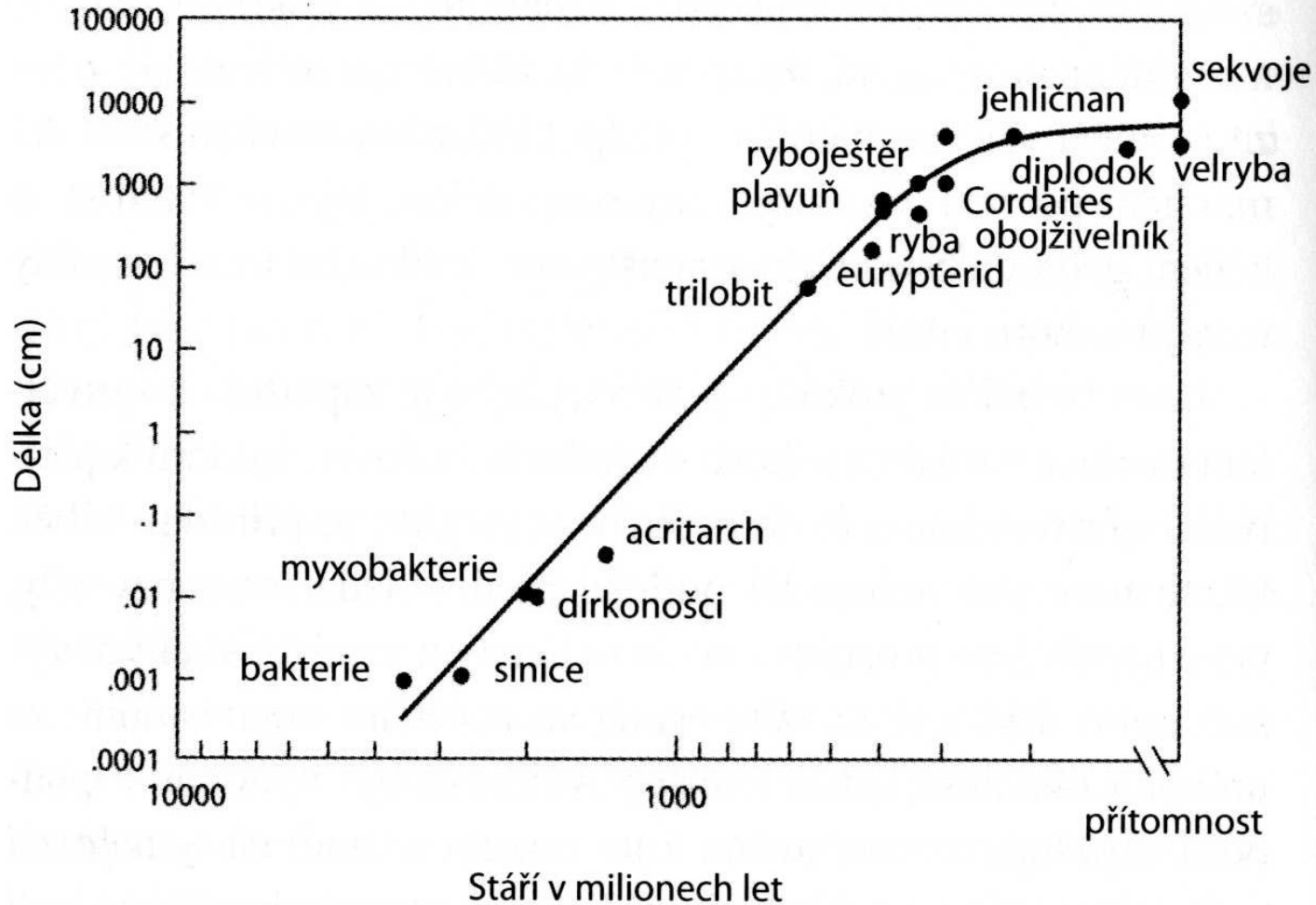


## Rozpětí křídel létajících živočichů

- a) Fregatka vznešená – 2 m
- b) Albatros stěhovaný – 3,3 m
- c) Pterosaurus – 12 až 13,5 m



# Log-log graf ukazující hrubý odhad velikostí organismů v různých obdobích života na Zemi



# Buněčná diferenciaci během ontogeneze

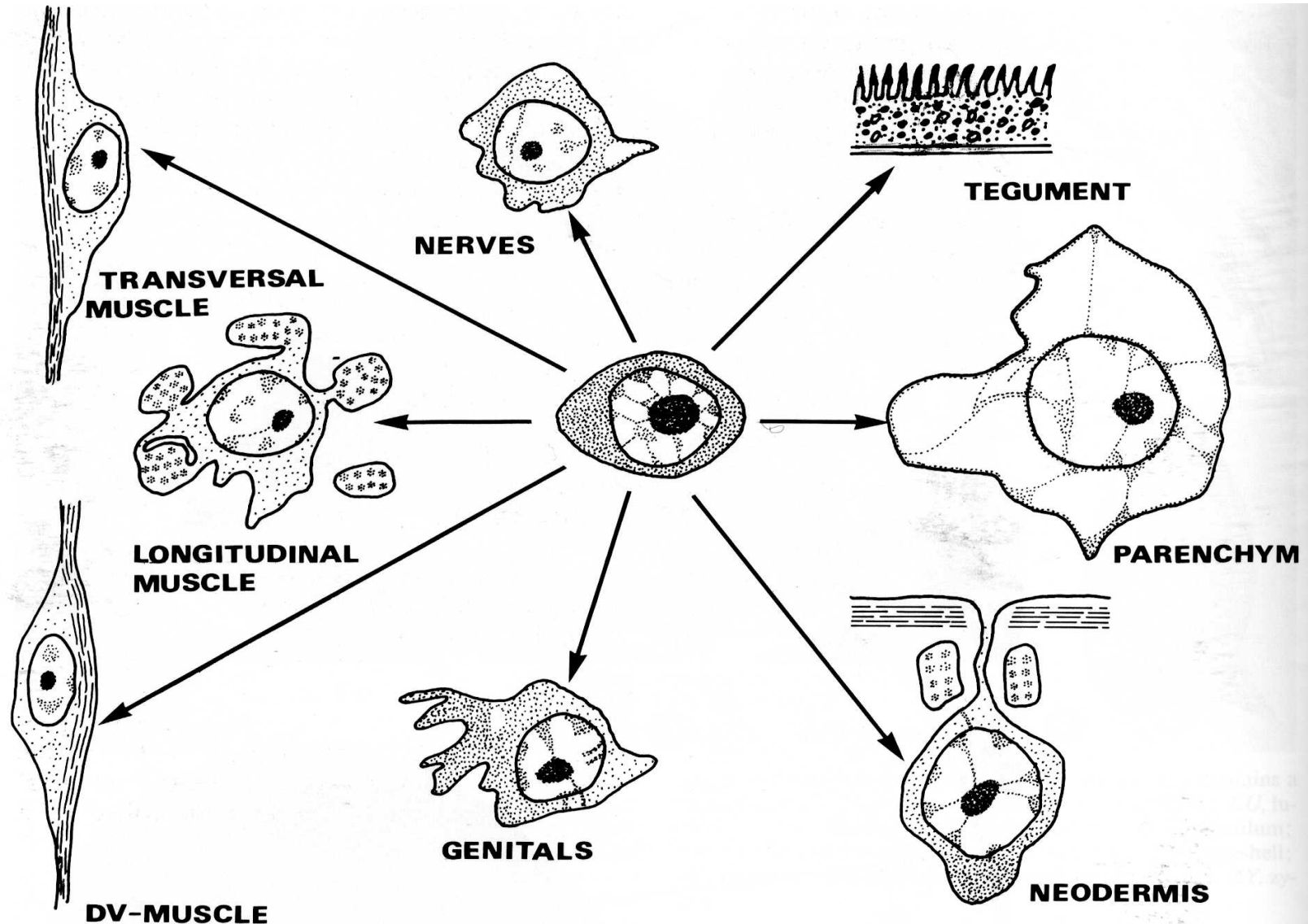
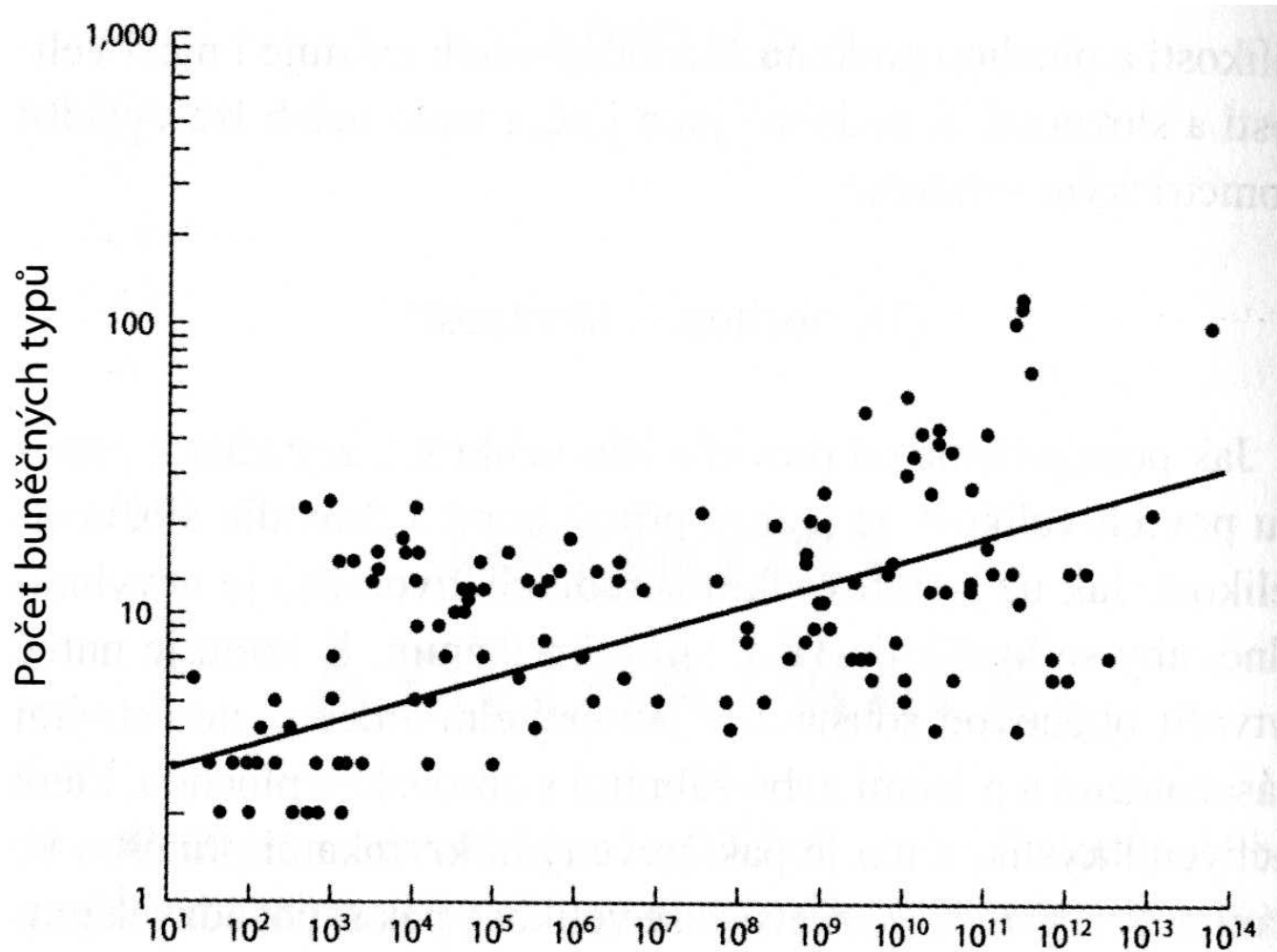


Fig. 4.26. Developmental possibilities of an undifferentiated cell (germ cell) in platyhelminths (e.g., cestodes; after Gustafsson's<sup>6</sup> and own original results). Note that the undifferen-

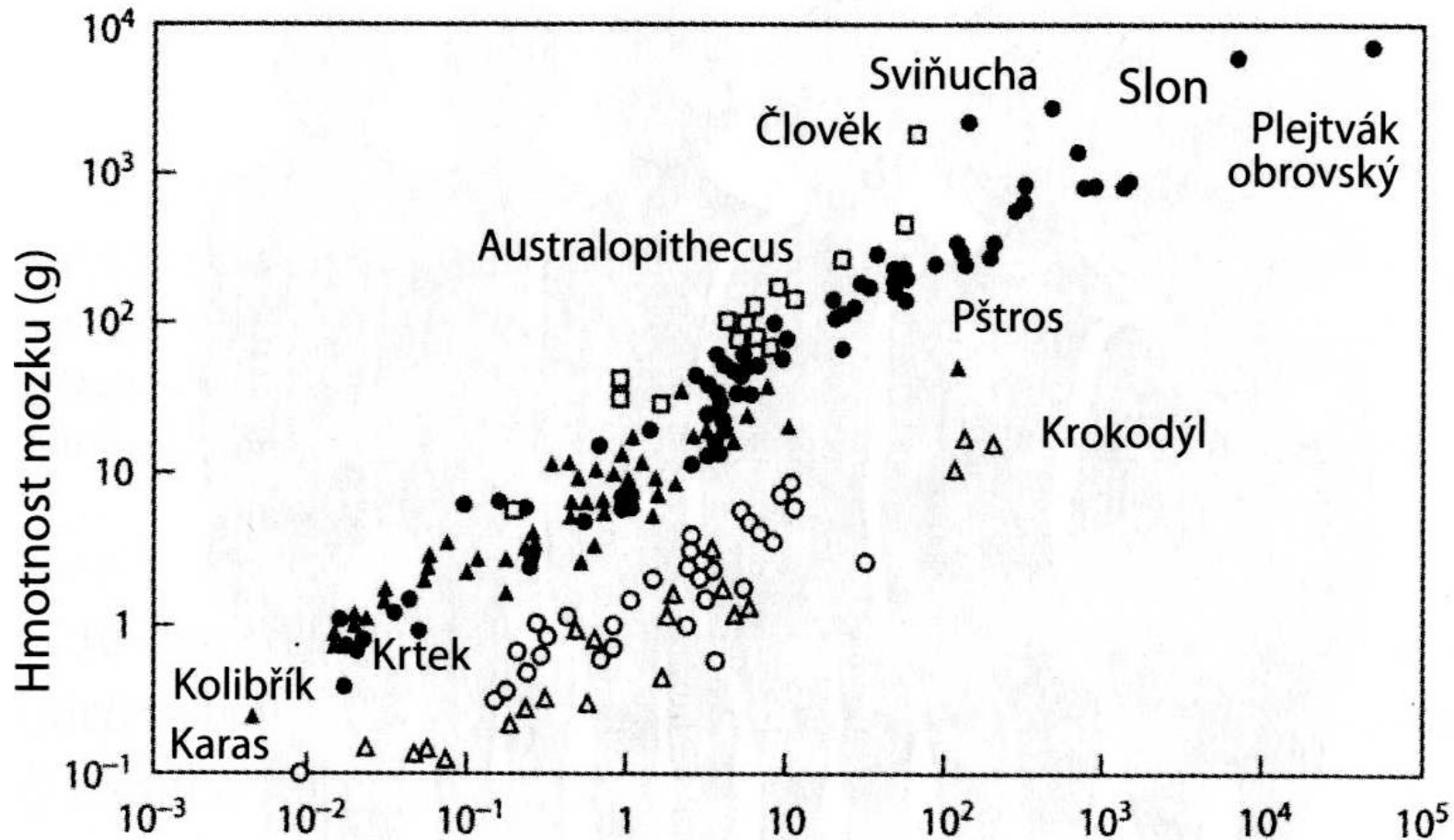
tiated cells are characterized by a large nucleus with a spherical nucleolus



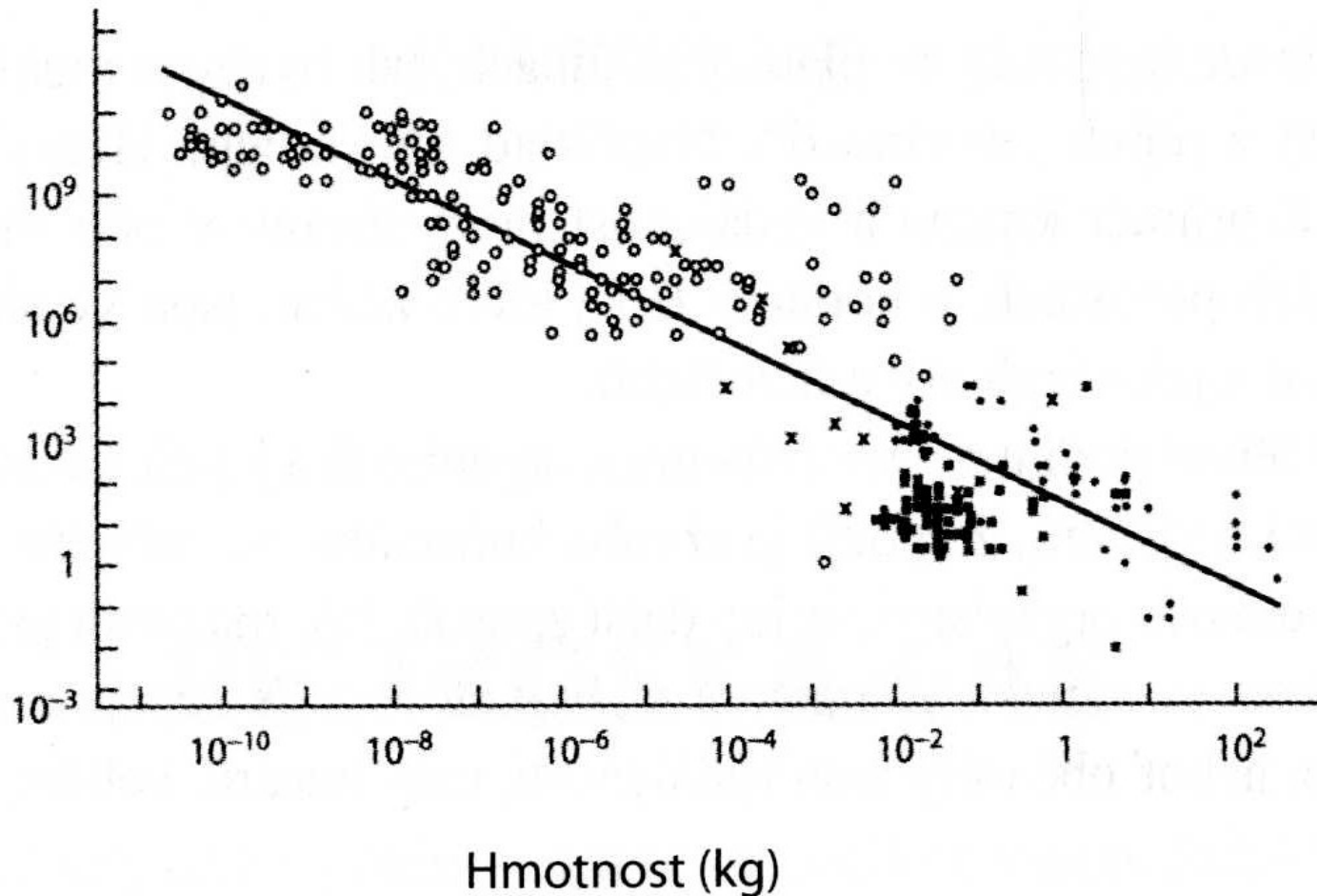
# Log-log graf počtu typů buněk vzhledem k celkovému počtu buněk u velké řady organismů



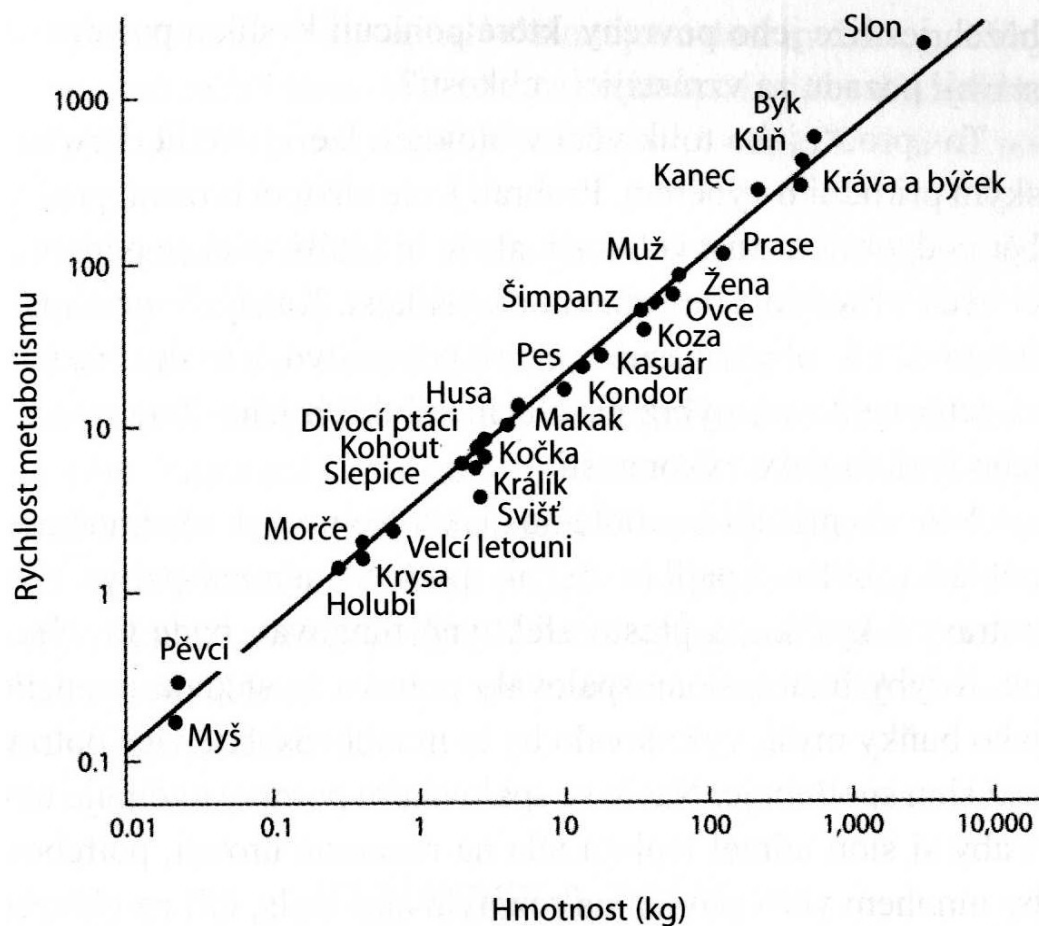
# Velikost mozku 200 druhů obratlovců



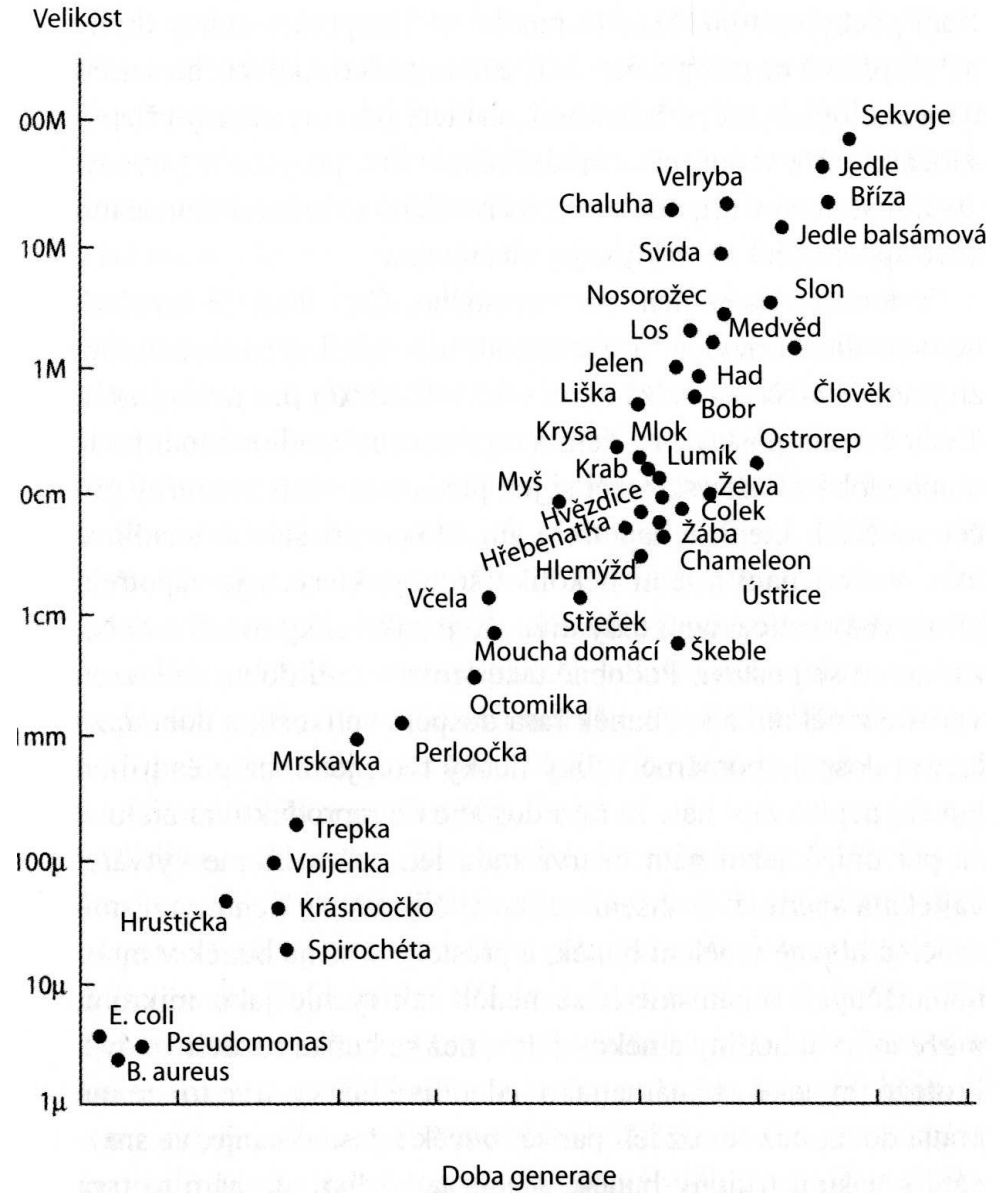
# Log-log graf ukazující velikost živočichů a jejich početnost v přírodě



Křivka od myši ke slonovi  
ukazující vztah rychlosti  
metabolismu k hmotnosti  
těla

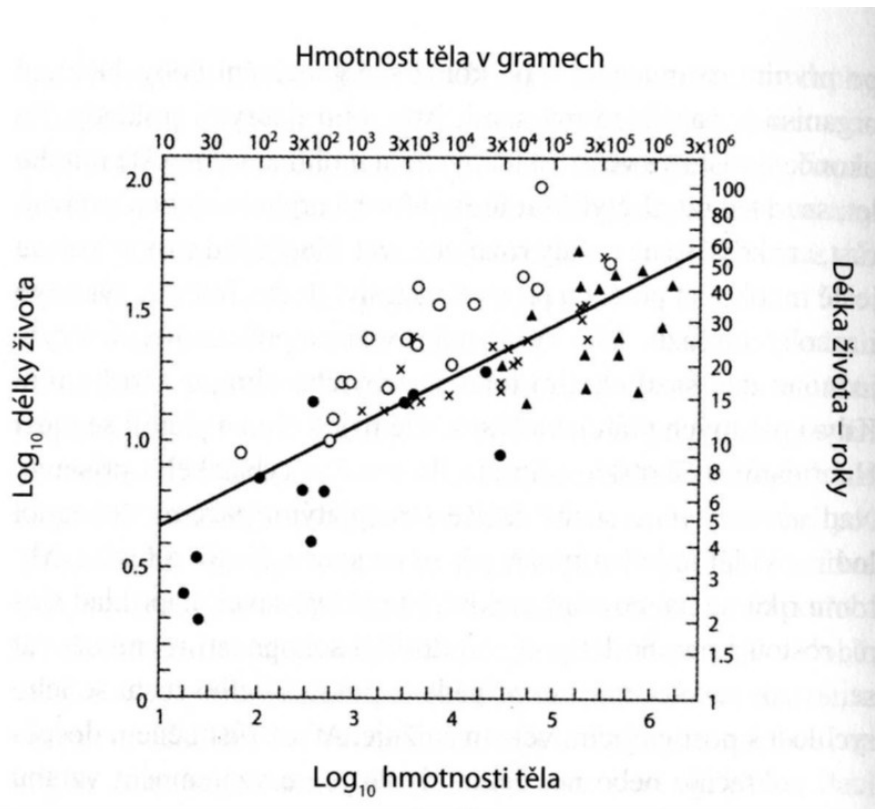


**Log-log graf vztahu mezi velikostí organismu v době rozmnožování a délkou generace**

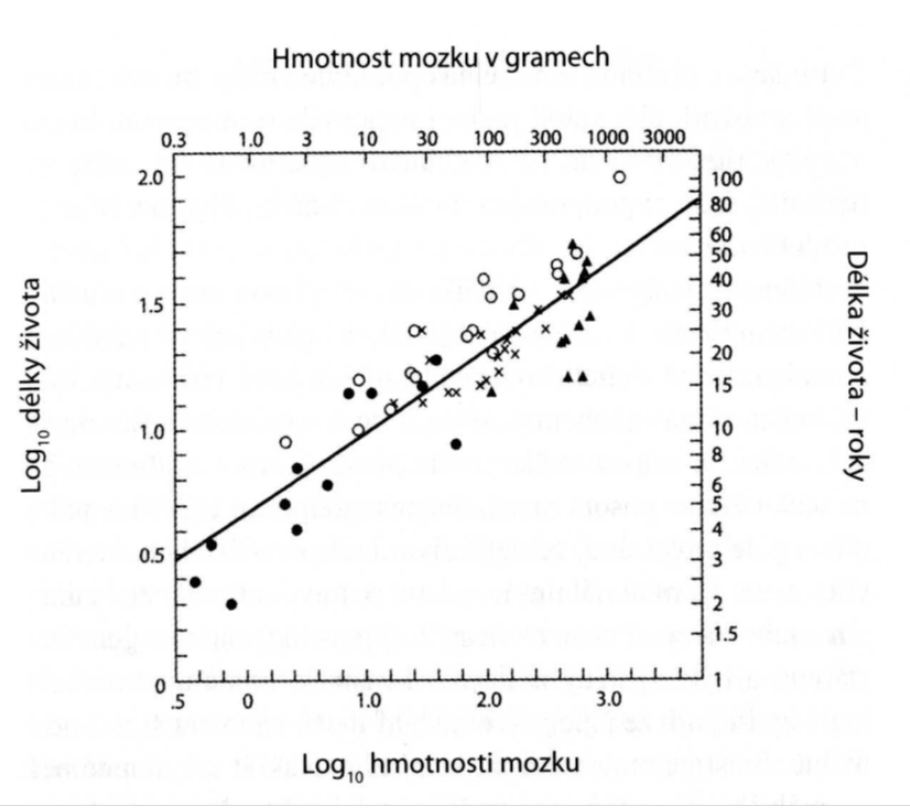


# log-log graf vztahu mezi délkou života a hmotností

U savců – délka života versus hmotnost těla



Vztah mezi jejich délkou života a hmotností mozku





# Věk a velikost v dospělosti

Malé organismy nejsou obvykle malé proto, že být malým zvyšuje jejich plodnost nebo zmenšuje mortalitu. Jsou malé proto, že být velký vyžaduje určitý čas potřebný k růstu a při velké mortalitě se investice do velikosti nevyplatí pokud není kompenzována zvýšenou plodností. Optimální velikost těla tak přímo závisí na mortalitě, ale mortalita je často závislá na velikosti. Tato reciproční závislost je tak nepochybně zdrojem obrovské variability životních strategií v přírodě.

(Jan Kozlowski ,1991)



# Věk a velikost v dospělosti

Dosažení dospělosti dělí život jedince na dvě části:

- 1) **vývoj jedince** – tedy na přípravu k rozmnožování
- 2) **na období reprodukce** – tedy naplnění tohoto poslání

**Velikost těla, při které živočichové dosahují zralosti  
je klíčová !**

# Věk a velikost v dospělosti

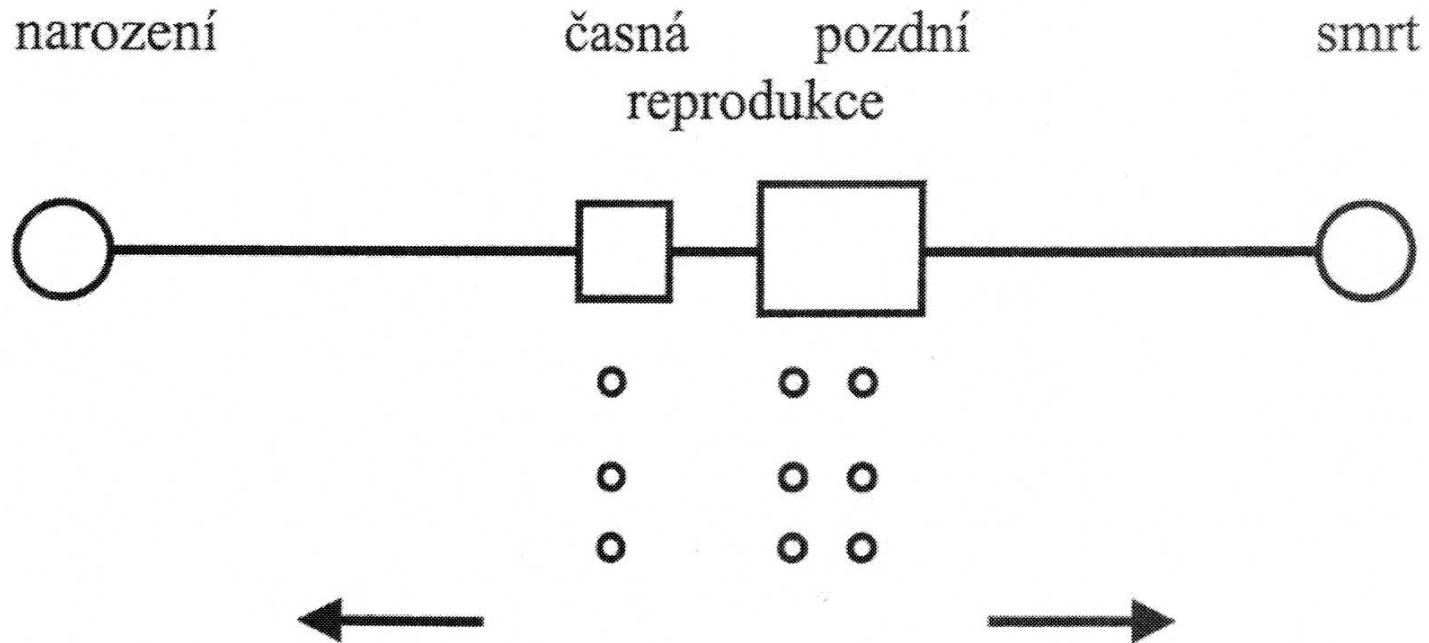
Z hlediska fitness organismu je tento znak mnohem citlivější na změny, než jakýkoliv jiný charakter.

S dosažením dospělosti (zralosti) se selekční tlak na organismus dramaticky mění.

Druhy, které se rozmnožují později jsou obvykle větší, žijí dlouho.

- Pokud se jedná o ptáky nebo savce, produkují obvykle málo potomků, ale jejich velikost je poměrně značná.
- Naproti tomu u plazů je charakteristický velký počet menších potomků.

# Výhody a nevýhody časně a pozdní reprodukce



## **Výhody časně reprodukce**

Kratší generační čas

Větší přežití v dospělosti dané kratším obdobím juvenilů

## **Výhody pozdní reprodukce**

Větší počáteční plodnost daná delším obdobím růstu

Nižší míra mortality juvenilů  
Větší celková plodnost daná delším obdobím růstu

# Výhody časně reprodukce

- Principiální výhody časně reprodukce vyplývají z demografie, tedy z ekologie populací – kratší generační čas.
- Při tomto typu rozmnožování stráví organismu ve stadiu juvenilů kratší dobu, což zvyšuje pravděpodobnost úspěšného dosažení dospělosti.
- Organismy s časnou reprodukcí mají rovněž větší fitness, protože jejich potomci se rodí dříve a začínají se také dříve rozmnožovat.

# Nevýhody časně reprodukce

Důležité jsou především následující dva faktory.

- 1) Pozdní reprodukce dovoluje další růst jedince a plodnost tak se může zvyšovat s velikostí. Pozdní reprodukce vede k větší počáteční plodnosti. Tato skutečnost může převážit výhody plynoucí z časně reprodukce. Z tohoto důvodu může být reprodukce odložena na pozdější dobu, protože růst fitness mající svůj původ ve větší plodnosti je převažuje nad poklesem fitness z důvodu delšího generačního času a menší mírou přežívání do dospělosti.
- 2) Pokud pozdní reprodukce má za následek větší kvalitu produkovaných potomků nebo se díky rodičovské péči snižuje jejich mortalita, bude tento typ reprodukce redukovat míru mortality juvenilních stádií. Tento efekt může rovněž převážit nad výhodami časně reprodukce. Maturace tak bude z tohoto důvodu odložena do té míry, kdy dojde růstu fitness vlivem většího přežívání juvenilů díky matčině větší velikosti při prvním porodu.

# Doba dosažení zralosti

**Lze tak uzavřít, že pokud pozdní reprodukce (doba dosažení zralosti) bude znamenat delší dobu života organismu, jeho větší velikost, více reprodukčních období, větší plodnost při větším věku nebo prostě bude znamenat větší reprodukční úspěch v pozdějším věku, bude reprodukce (maturace) odložena na pozdější dobu!**

**Jaký je výskyt různých typů maturace v taxonomickém přehledu živočichů?**

**Jaké jsou příčiny časných a pozdních maturací ?**

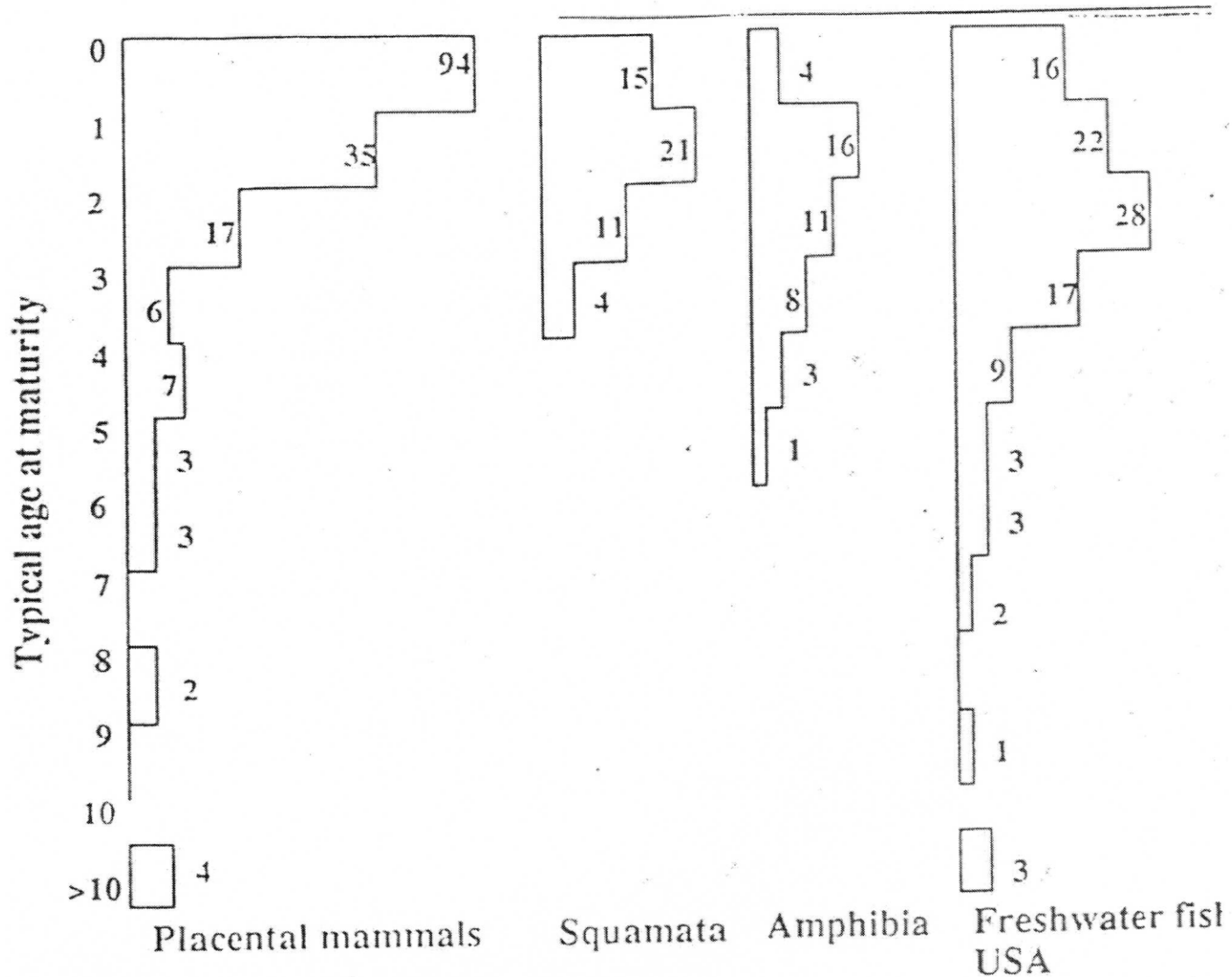
# Frekvence typického věku zralosti

Jasný trend k časně reprodukci placentálních savců ve srovnání se Squamata, Amphibia i rybami – viz obr

Rozsah věkových kategorií je velký jen u savců a ryb.

Existují variace v dosahování maturace u různých populací téhož druhu?

# Frekvence distribuce typického stáří dospívání u čtyř skupin obratlovců





# Sociální vlivy - bimaturationismus

## **Jaký bude vliv pohlavní struktury populace na rozdíly v dosahování dospělosti ?**

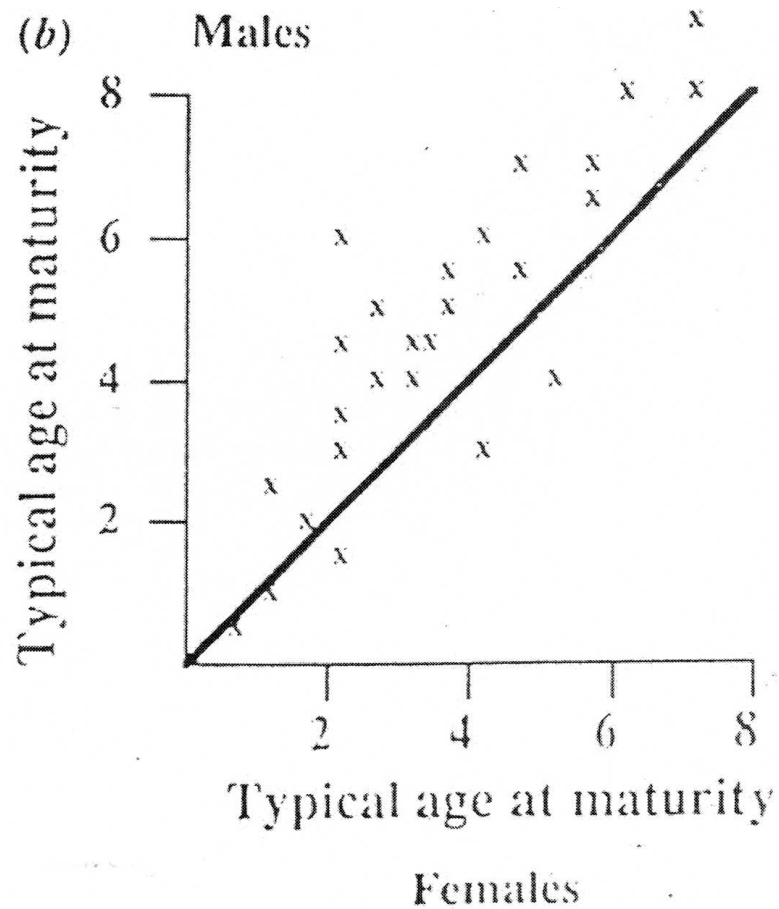
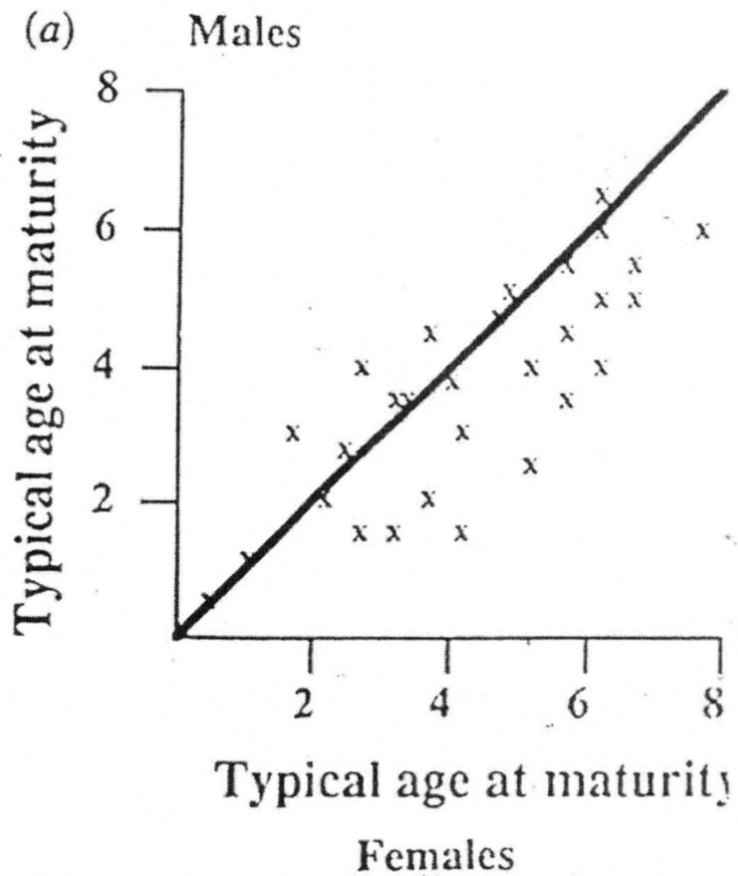
U polygenních druhů, kde samci bojují mezi sebou o samice bude tendence oddálit dobu dosažení zralosti. Prodlužuje se tak období růstu a míra nabytých zkušeností, které jedinec samec využívá pro dosažení reprodukčního úspěchu.

Je to známo u tuleňů, lvounů, delfínů, koní, koz, ovcí, jelenů, tetřevů, pyskounů a primátu- viz. obr.

Naproti tomu u promiskuitních druhů, u druhů s vnějším oplozením a vyznačujících se neomezeným růstem, kde samci nemají kontrolu na přístupem k samicím, budeme očekávat opačnou situaci.

Samice jsou v tomto případě větší než samci a jejich plodnost roste s jejich velikostí – platí pro většinu ryb – viz obr

# Sociální efekty: bimaturationismus



# Modely optimalizace vztahu mezi věkem a velikostí těla

## **Modely optimalizace vztahu mezi věkem a velikostí těla při dosažení zralosti**

Základní idea těchto modelů spočívá v tom, že existuje rovnováha mezi výhodami a nevýhodami, která je determinující pro daný charakter (znak) mající určitou míru variability.

**Cena výhody a nevýhody reprodukce je placena "měnou" fitness !**

# Modely optimalizace

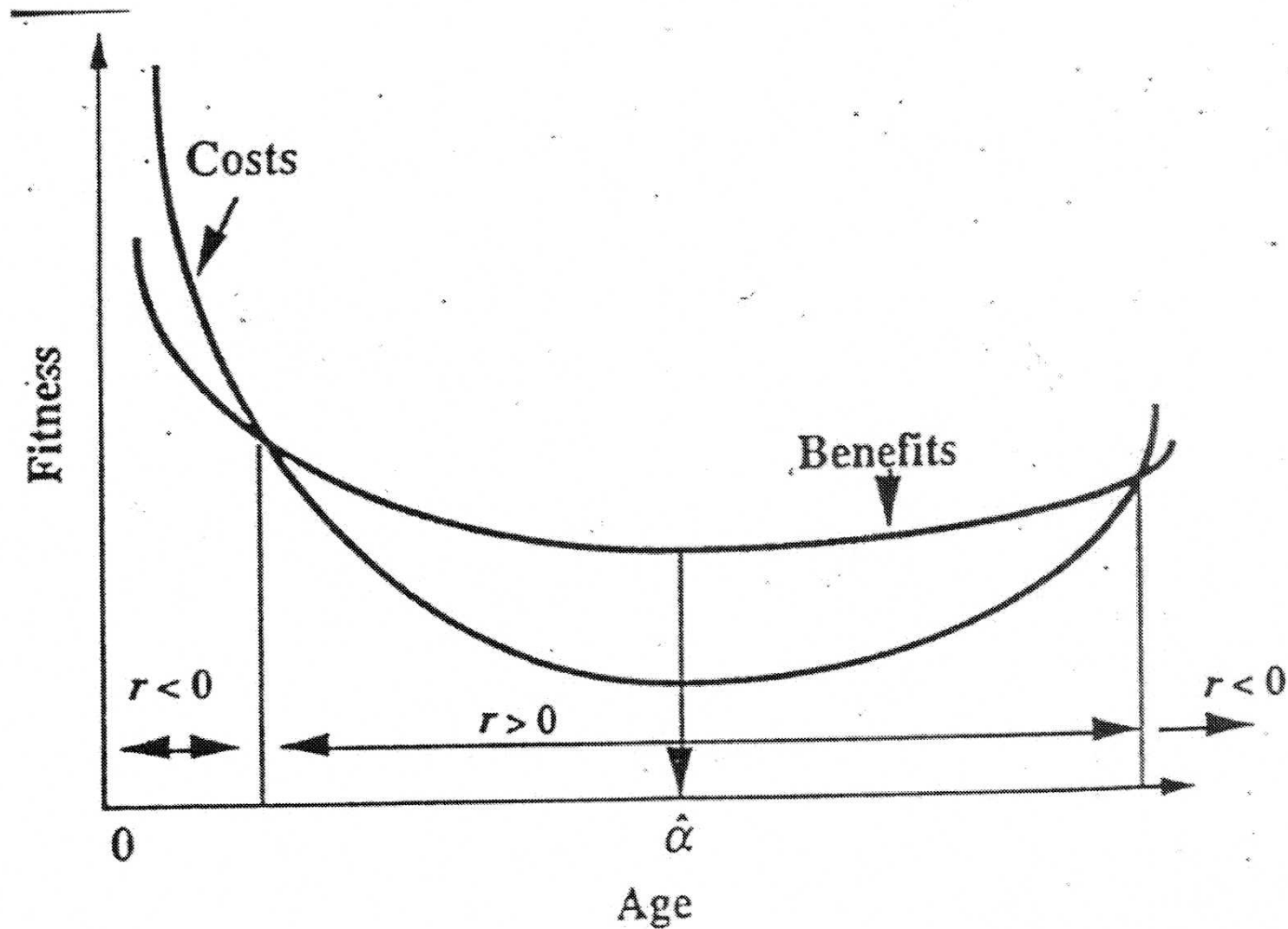
Vyjádříme-li vztah mezi výhodami a nevýhodami vůči věku dosažení zralosti dostaneme grafické znázornění, ze kterého vyplývají následující skutečnosti- viz obr.

Pokud převládají výhody nad nevýhodami určitého typu reprodukce vzhledem k danému věku samic bude cena odpovídat míře růstu populace ( $r > 0$ ).

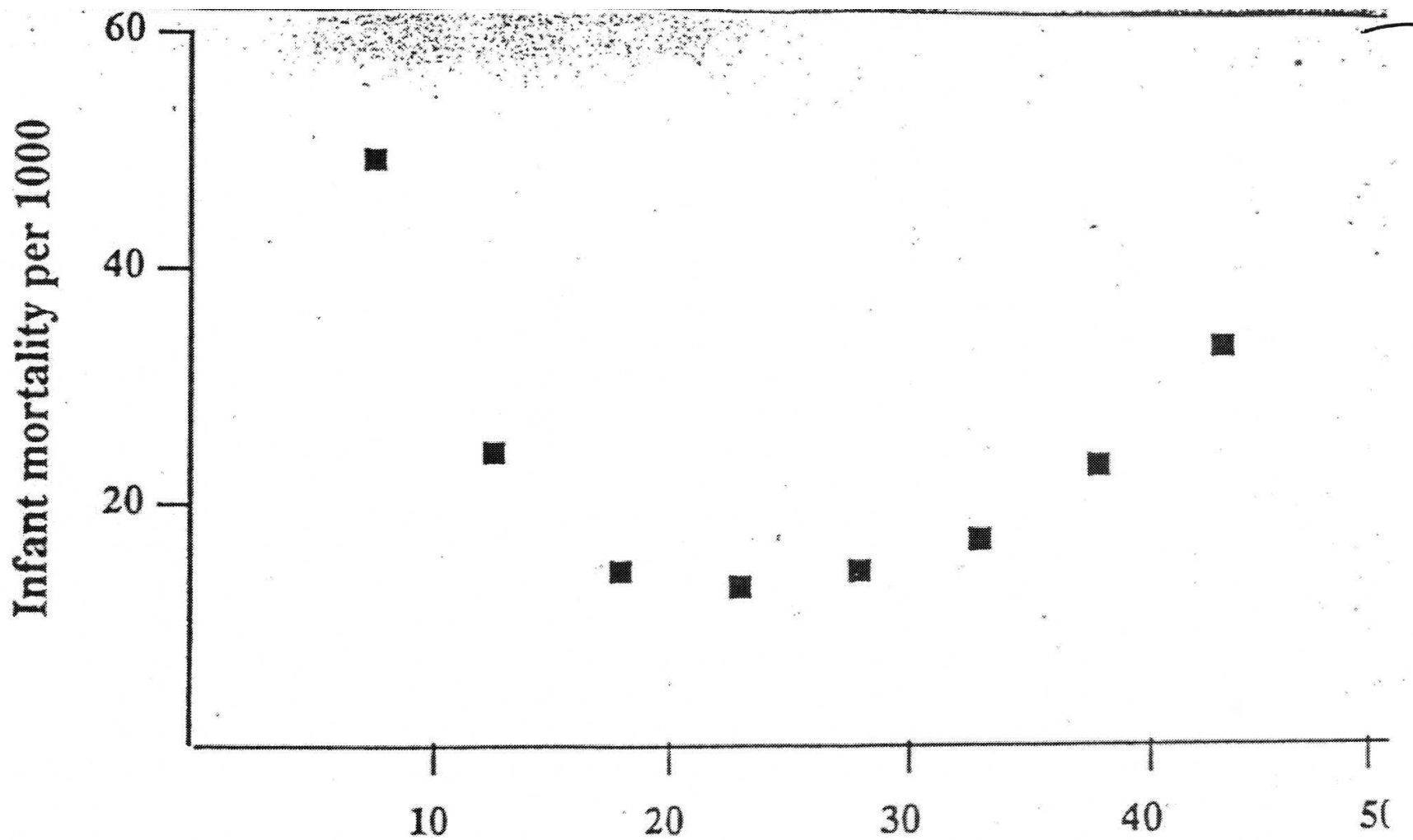
Pokud samice dospívají příliš brzy je cena reprodukce příliš vysoká a převládají nevýhody ( $r < 0$ ).

Například u lidí existuje studie založená navíc než 100 000 případech úmrtí novorozenců v závislosti na věku matky. Je-li věk matky příliš nízký nebo naopak vysoký, zvyšuje se riziko úmrtí narozeného dítěte - viz. obr.

# Predikční model optimálního věku dosažení dospělosti



# Mortalita kojenců jako funkce věku matek



# Existuje optimální věk a velikost, při které se organismus rozmnožuje ?

Optimální věk a velikost organismu v dospělosti bude určitě výsledkem evolučních kompromisů (trade-off), které zajišťují rovnováhu mezi výhodami a nevýhodami rozmnožování při rozdílném stáří a velikosti organismu.

Existují dva přístupy ke studii tohoto problému:

1) Spočívá v analýze dvou typů evolučních kompromisů:

- jednoho mezi časným rozmnožováním a plodností
- druhého mezi časným rozmnožováním a přežíváním potomků

2) Spočívá v analýze vztahu mezi růstem a plodností a za kritérium

- fitness organismu považuje počet vyprodukovaných potomků

# Optimální věk a velikost

Vztah:

$$R_0 = l_x m_x$$

$R_0$  = míra růstu populace

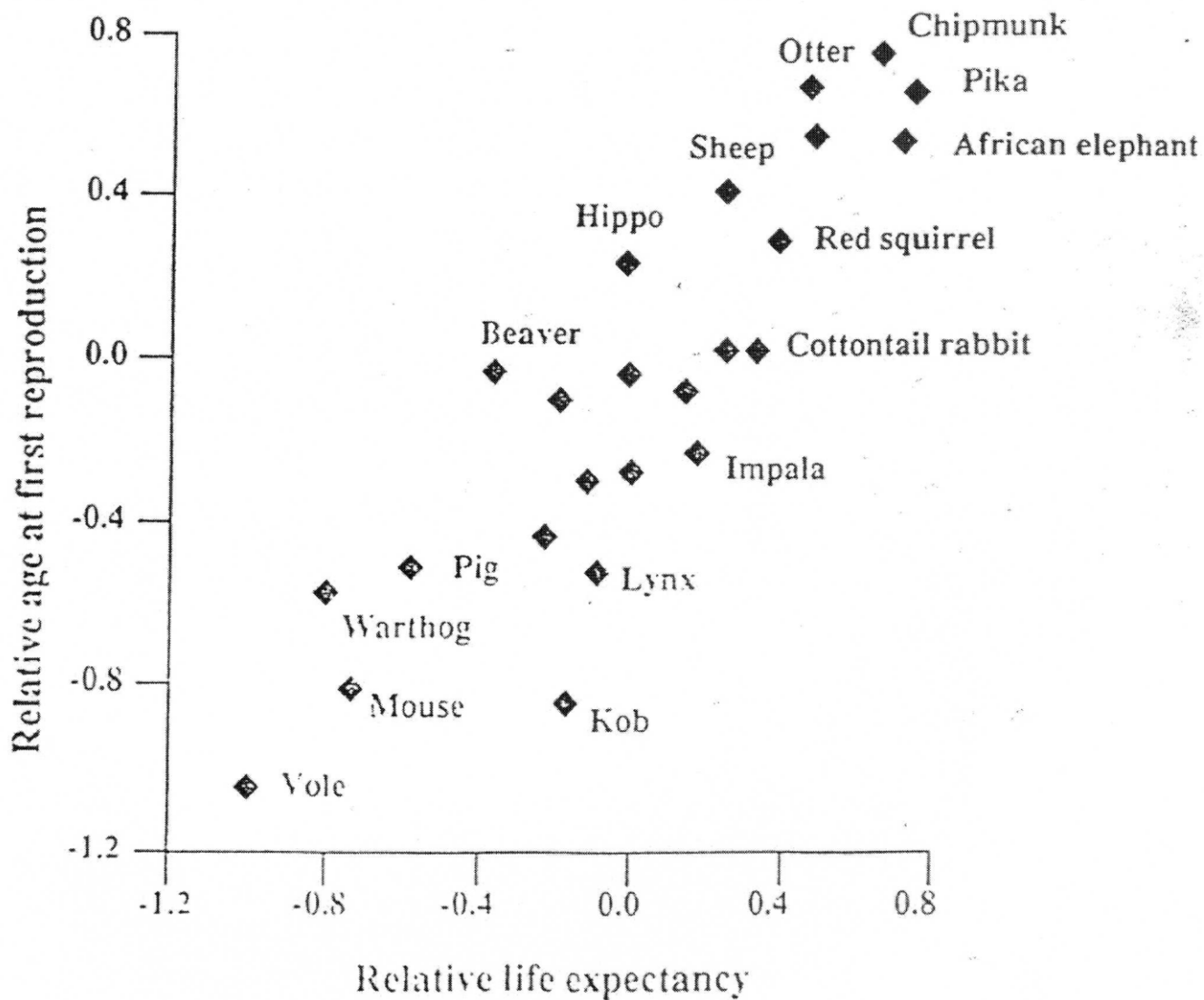
$l_x$  = přežití do věku  $x$

$m_x$  = míra mortality

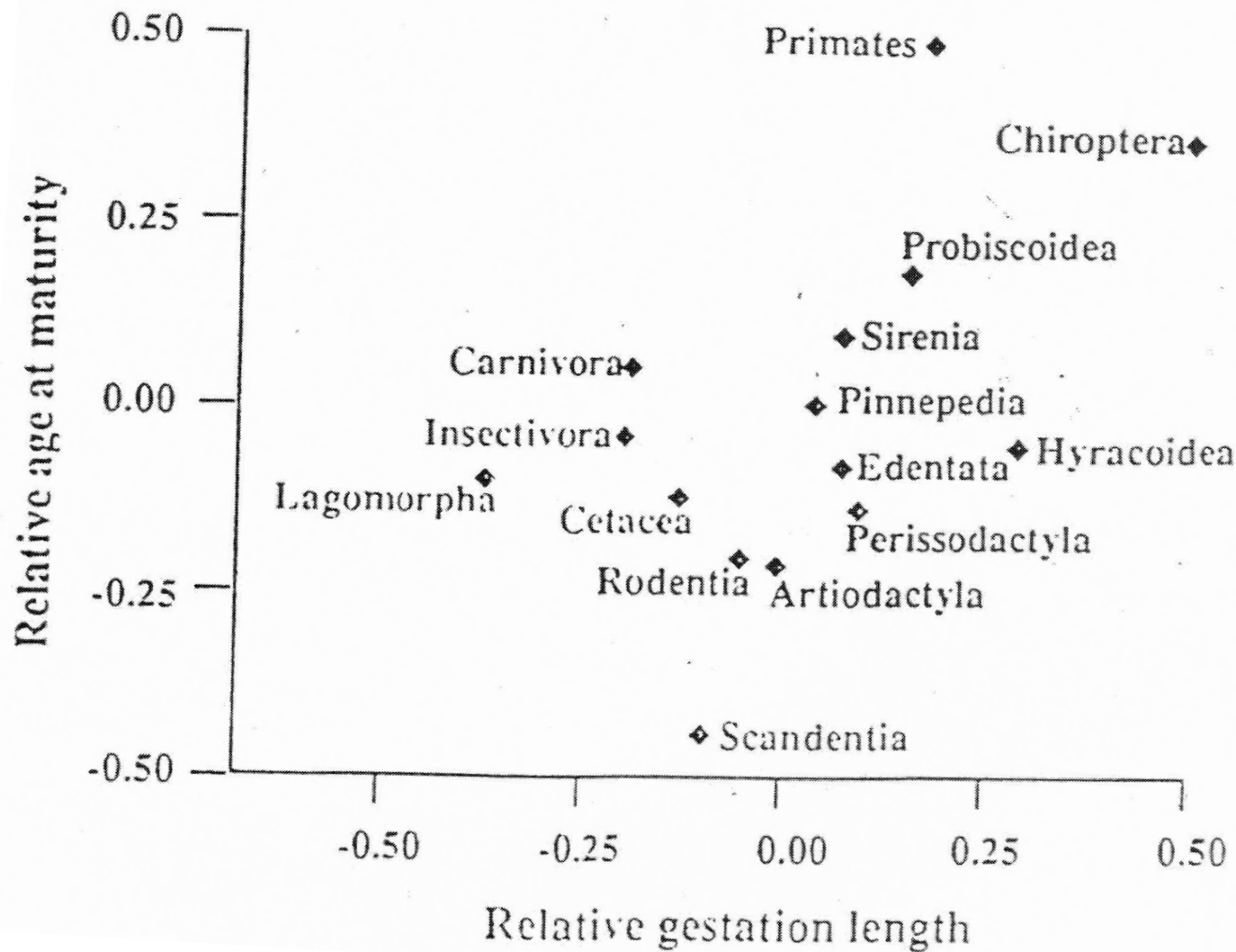
Oba přístupy předpokládají určitou optimalizaci reakcí organismů při daném věku a velikosti



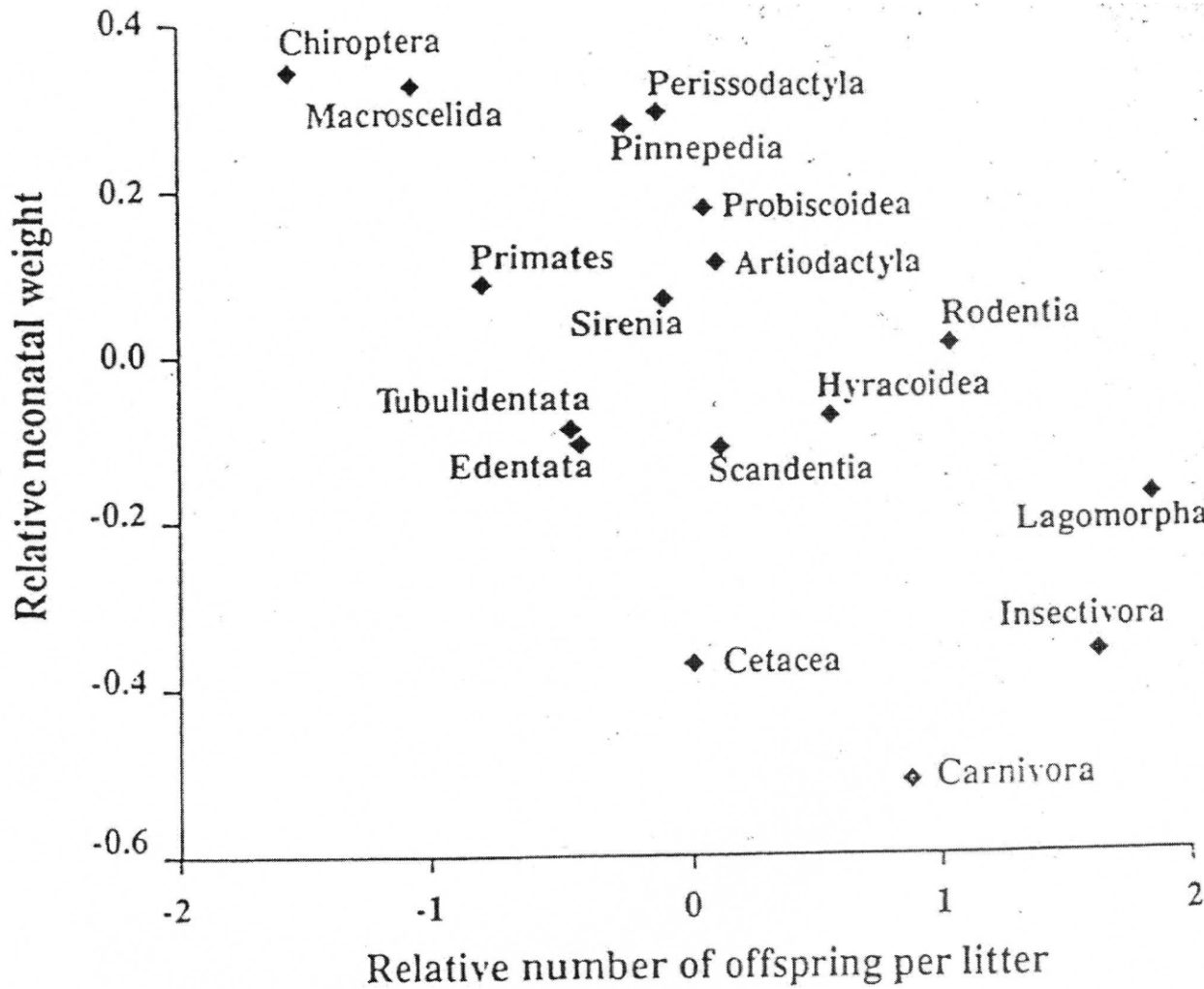
# Vztah relativního věku rozmnožování a relativní délky života



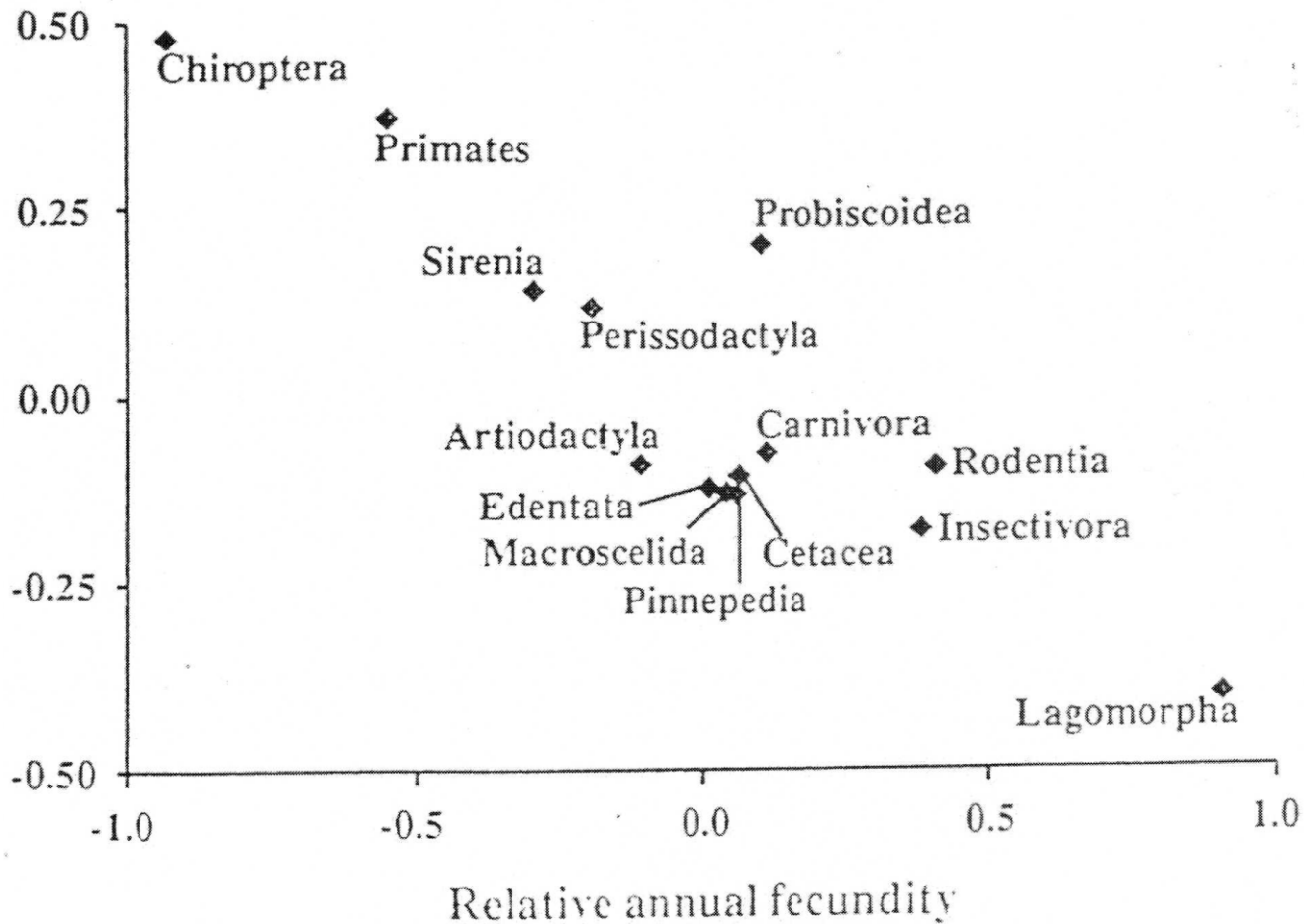
# Vztah relativní délky březosti a relativní délky života



# Vztah mezi počtem potomků a jejich hmotností při porodu



# Vztah mezi roční plodností a délkou investice samice do potomstva

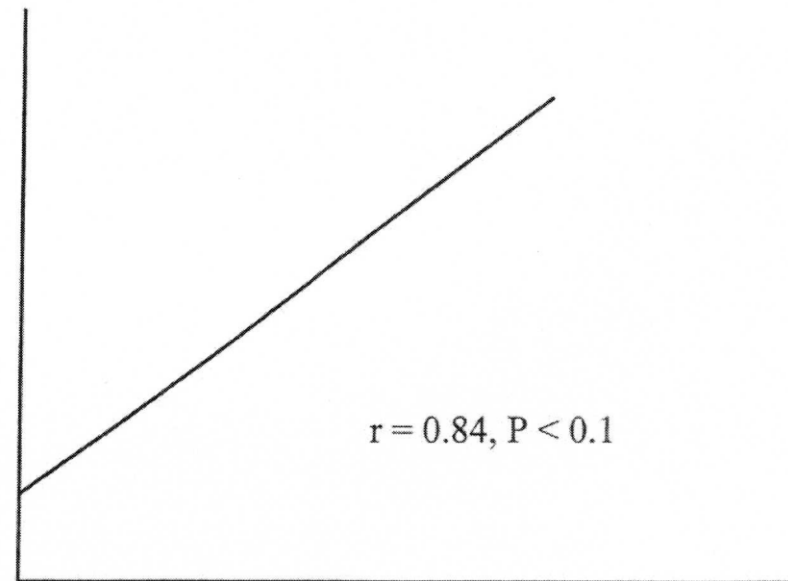


# V jakém rozsahu determinuje velikost organismu typ jeho životní strategie

Příklad: parazito-hostitelské systémy

- Předpokladem je, že pravý parazit by měl být menší než jeho hostitel
- Predátoři, např. draví filtrátoři, mohou být naopak i větší než jejich kořist
- Velikost těla konzumenta (parazita) je velmi plastická a je pod přímým vlivem hostitelského organismu
- Allometrický vztah mezi hostitelem-krabem a jeho parazitickým kastrátorem

*Portunium conformis* – celková délka



*Hemigrapsus oregonensis* – šířka karapaxu

# Existuje vztah mezi velikostí těla a typem evoluční strategie ?

Konzumenty můžeme podle povahy trofické závislosti na potravě rozlišit do těchto čtyř kategorií:

**Parazit** = individuální konzument napadající jednoho hostitele a působící mu obvykle malou patogenní reakci.

**Parasitoid** = individuální konzument napadají pouze jednoho jedince hostitele, kterého vždy zabíjí. Parasitoidům jsou velmi podobni parazitární kastrátoři, kteří zabíjejí jedince v evolučním slova smyslu. Neovlivňují nijak život jedince u kterého parazitují, avšak energii, kterou jejich hostitel věnuje do svého rozmnožování využívají ke své reprodukci. Funkční podobnost parasitoidů a kastrátorů vyplývá také z toho, že zde existují symbiontičtí zástupci.

**Predátor** = individuální konzument napadá a zabíjí během svého života více než jednoho jedince kořisti. Většina predátorů nemá povahu symbiontů. Výjimku tvoří například Copepoda čeledi Nicothoidae; zástupci Nemertini živící se snůškami vajec krabů a mnoho vysoce specifických nahožábřých žijící v koloniích a živícími se mechovkami, polypy aj.

**Mikropredátor** = individuální konzument napadající během svého života více než jednoho jedince kořisti/hostitele a působící malou nebo žádnou patogenní reakci. Odnímá pouze malé množství potravy a pak kořist opouští. Mikropredátoři jsou často vektory jiných patogenních agens a mohou mít se svými hostiteli řadu jiných typů interakcí.

# Typy životních strategií

**Typický parazit**

**adultní motolice  
Ichthyophthirius multifiliis**

**Patogen**

**Giardia intestinalis  
Coccidae – Homoptera**

**Troficky přenosný  
typický parazit**

**metacerkarie motolic  
larva Anisakis**

**Troficky přenosný  
patogen**

**cysta Echinococcus  
sporozoiti Toxoplasma  
Trypanosoma – na vektor**

**Částečný kastrátor**

**cysticerkoid Hymenolepis diminuta  
Bopyridae – Isopoda**

**Parazitární kastrátor**

**Rhizocephala  
Strepsiptera  
redia a sporocysty motolic**

# Typy životních strategií

**Mikropredátor**

**komáři**

**Cicadellidae – Homoptera**

**Koala**

**Herbivor**

**(pastva/ regenerace)**

**jeleni**

**plazi požírající části končetin ještěrek**

**Sociální predátor**

**vlci ve smečce**

**kosatky**

**Predátor**

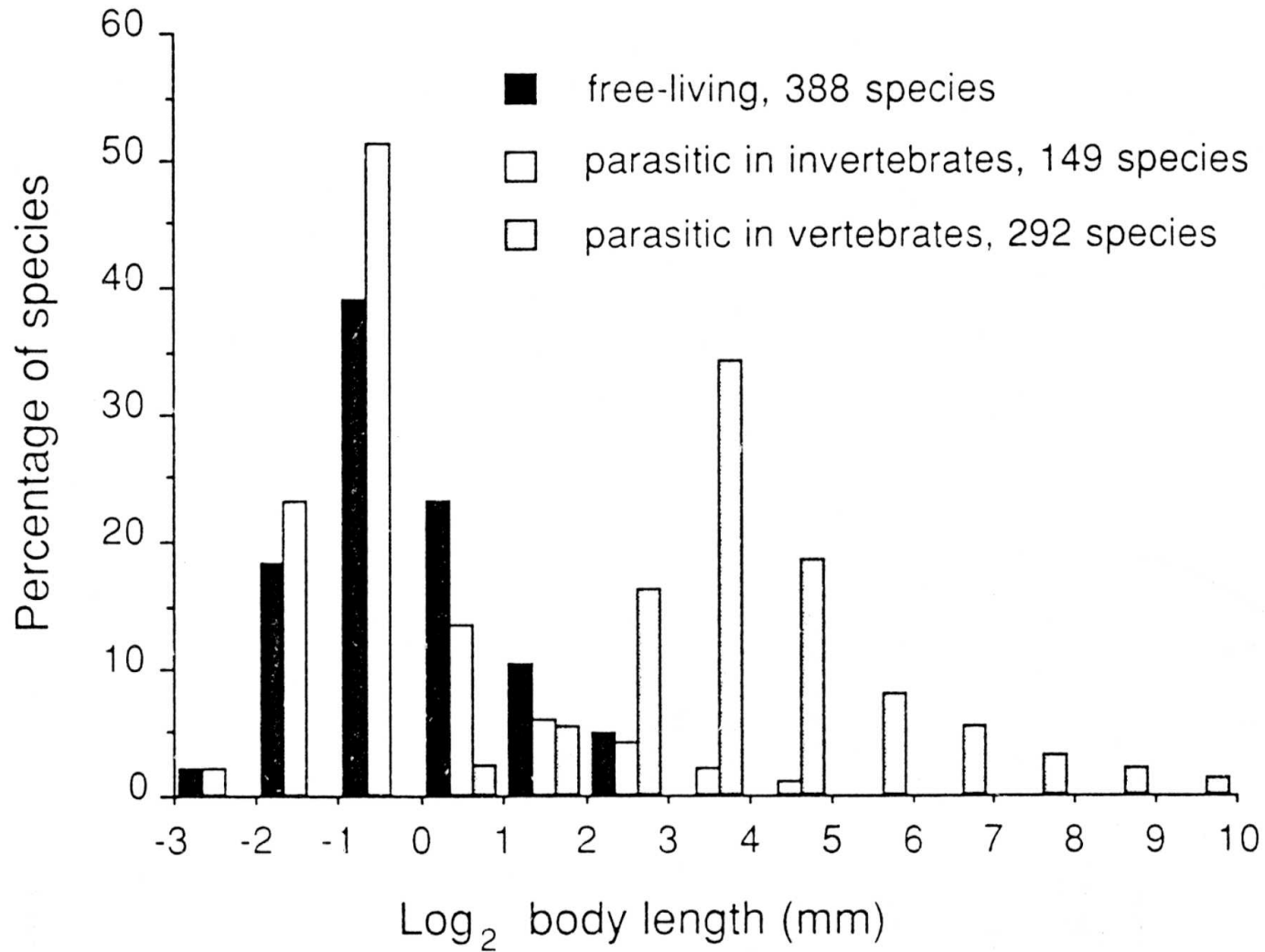
**hvězdice**

**Tunicata**

**vrabci**

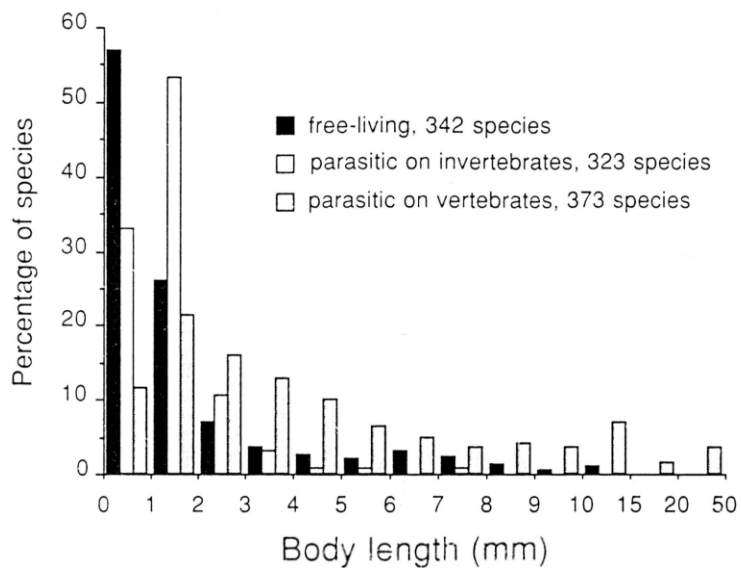


# Frekvenční distribuce velikosti těla nematodů

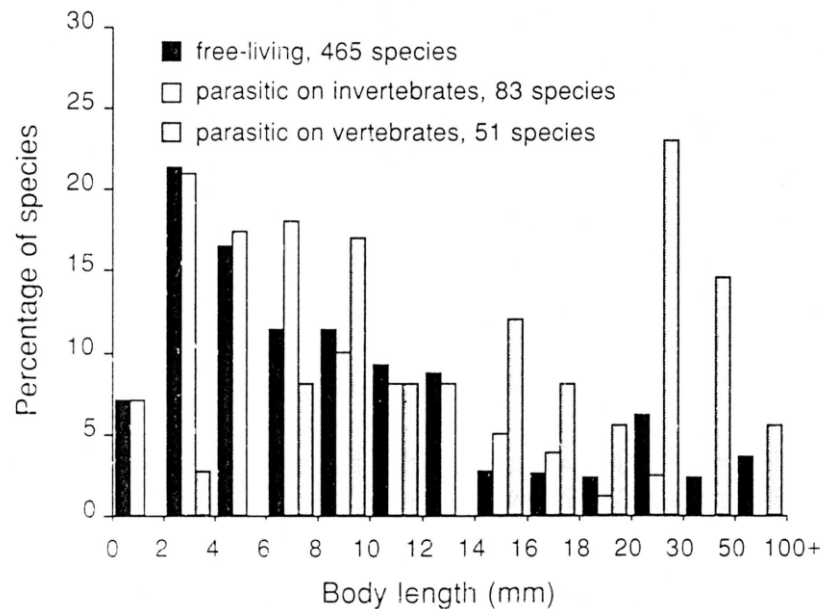


# Frekvenční distribuce velikosti těla korýšů

## Copepoda



## Isopoda



# Jaké známe antagonistické interakce ?

- V závislosti na intenzitě můžeme rozlišit celkem 12 typů antagonistických interspecifických interakcí.
- Z tohoto počtu má 8 povahu parazito-hostitelského vztahu a čtyři zbývající jsou různé typy predace.

# Typy antagonistických interakcí

		Počet hostitelů / napadené kořisti		
		1 hostitel	> 1 hostitel / kořist	
RRV		Je smrt hostitele nezbytná ?		
		Ne	Ano	
> 0		typický parazit patogen	<b>troficky přenosný typický parazit</b> troficky přenosný patogen	mikropredátor pastva / regenerace
		částečný kastrátor parazitární kastrátor	<b>Troficky přenosný parazitární kastrátor</b> parasitoid	sociální predátor predátor
= 0				

# Je nezbytné zabít svého hostitele ?

- Dichotomie 2 x 2 oddělující parazity vyžadující smrt hostitele.
- Umožňuje oddělit parasitoidy a kastrátory.
- Vzniká nová kategorie troficky přenosných parazitů

# Je smrt hostitele nezbytná ?

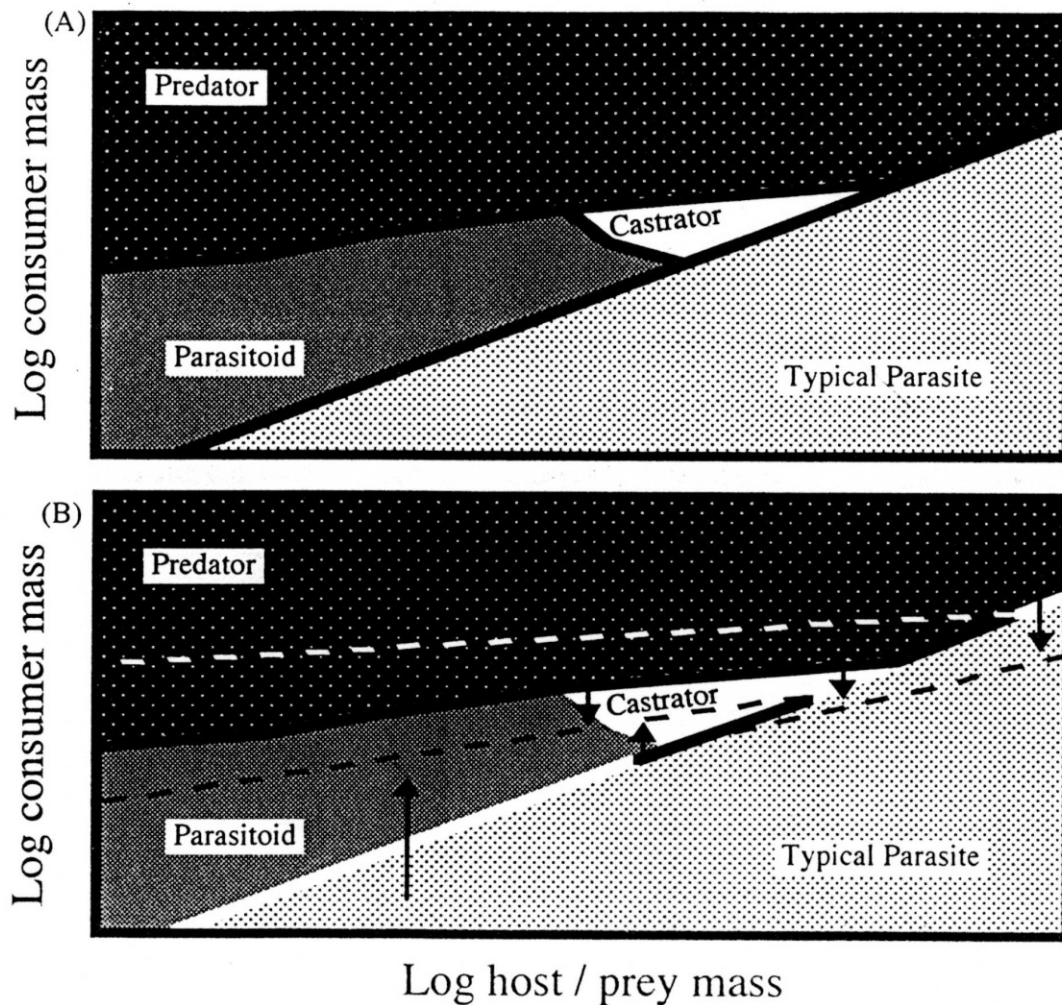
		Počet hostitelů / napadené kořisti	
		1 hostitel	> 1 hostitel / kořist
		Je smrt hostitele nezbytná ?	
		Ne	Ano
RRV	> 0	typický parazit	troficky přenosný typický parazit
	= 0	parazitární kastrátor	parasitoid
		mikropredátor	
		predátor	

# Typy interspecifických interakcí podle povahy trofického vztahu mezi konzumentem a jeho kořistí/hostitelem

Vliv na RRV hostitele	Počet hostitelů napadených individuálním konzumentem	
	Jeden hostitel	Více hostitelů
RRV > 0 (hostitel přežívá)	<b>Parazit</b> metacerkárie adultní motolice Giardia Coccidae (Homoptera) malárie	<b>Mikropredátor</b> komáři pijavky mihule Cicadellidae (Homoptera) koala
RRV = 0 (hostitel je usmrcen)	<b>Parasitoid</b> Braconidae (vosy) Tachinidae (mouchy) Gordius (larva) Hyperiididae (amphipoda)	<b>Predátor</b> hvězdice kočkovití vlci Tunicata
	<b>Parasitární kastrátoři</b> redie a sporocysty plerocerkoid Schistocephalus Rhizocephala Entoniscidae (Isopoda) Srepsiptera	

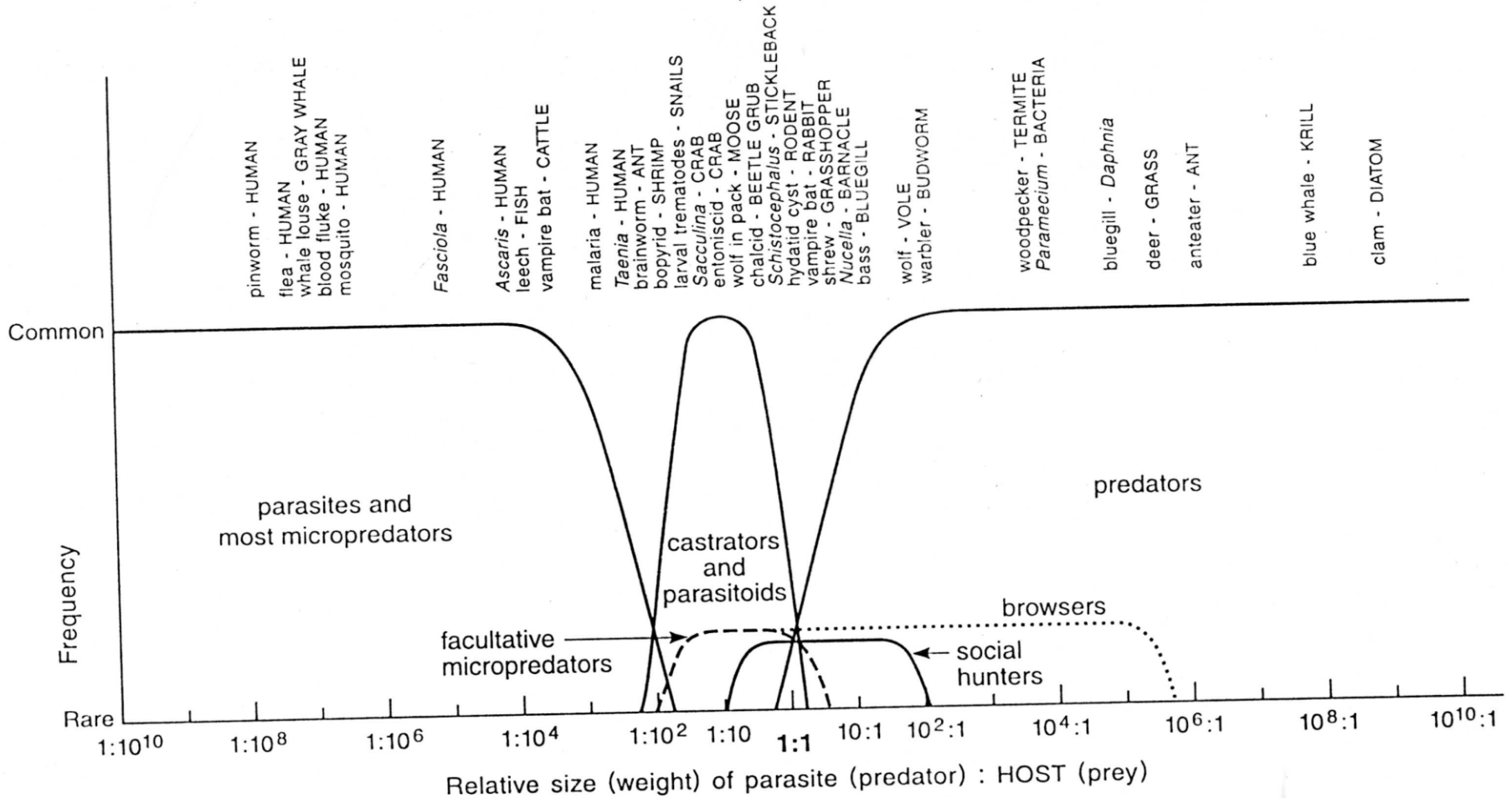
\*) RRV = residual reproductive value

# Vztah mezi evoluční strategií konzumentů a hmotností jejich kořisti/hostitelů





# Frekvence relativní velikosti těla konzumentů a jejich kořisti/hostitelů

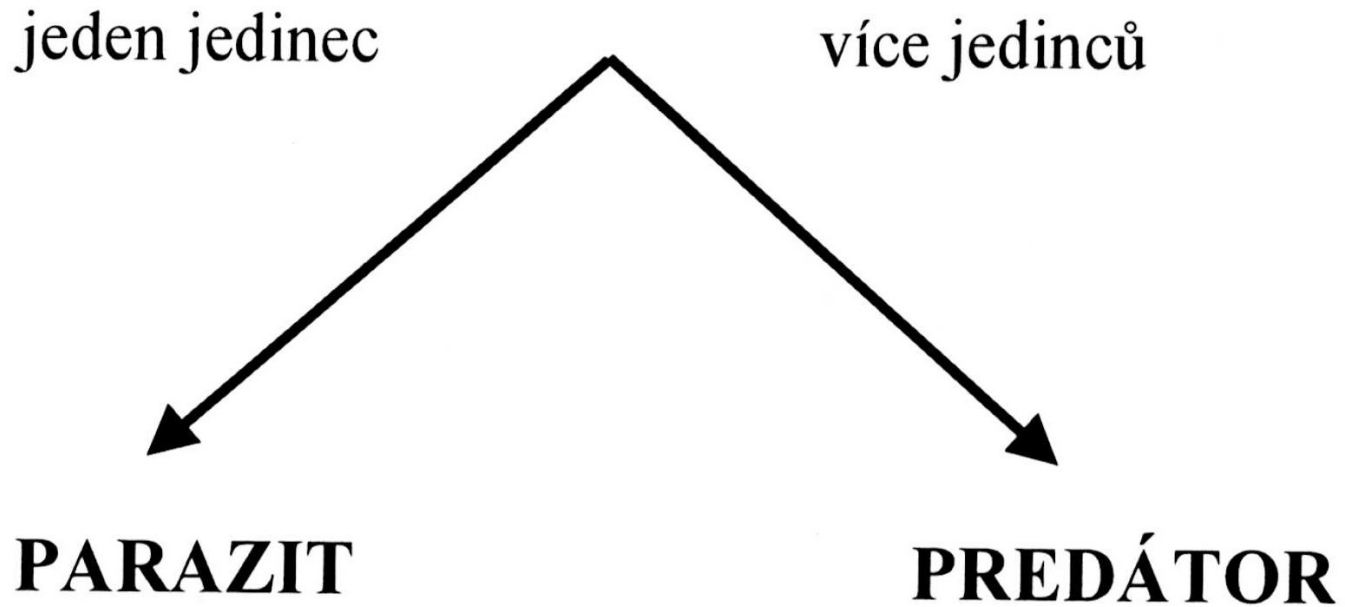


# Typy antagonistických vztahů

Trofické (antagonistické) vztahy mezi jednotlivými konzumenty a jejich kořistí (hostiteli) můžeme dělit podle těchto čtyř hledisek:

- počet využívaných jedinců kořisti (hostitelů)
- nezbytnost usmrcení kořisti (hostitele)
- způsob působení na fitness kořisti (hostitele)
- závislost působení na intenzitě působení

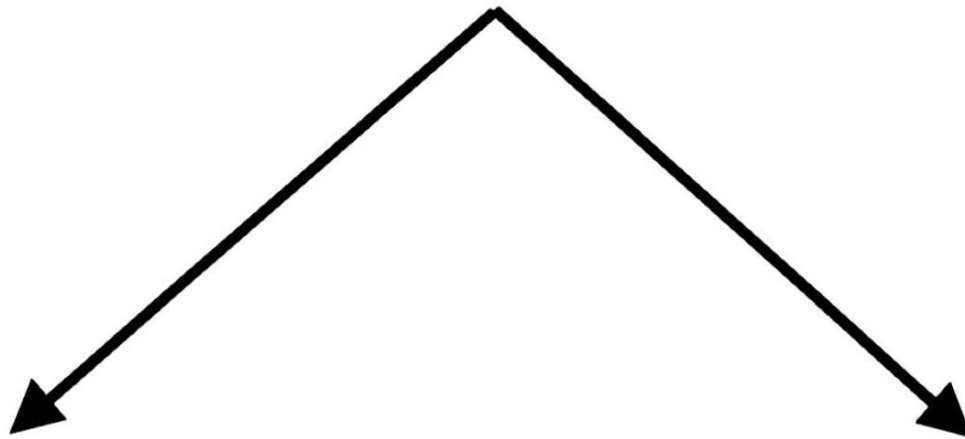
# Podle počtu využívaných jedinců kořisti (hostitelů)



**Podle způsobu působení na fitness hostitele**  
(RRV = residual reproductive value)

**RRV > 1**

**RRV = 0**



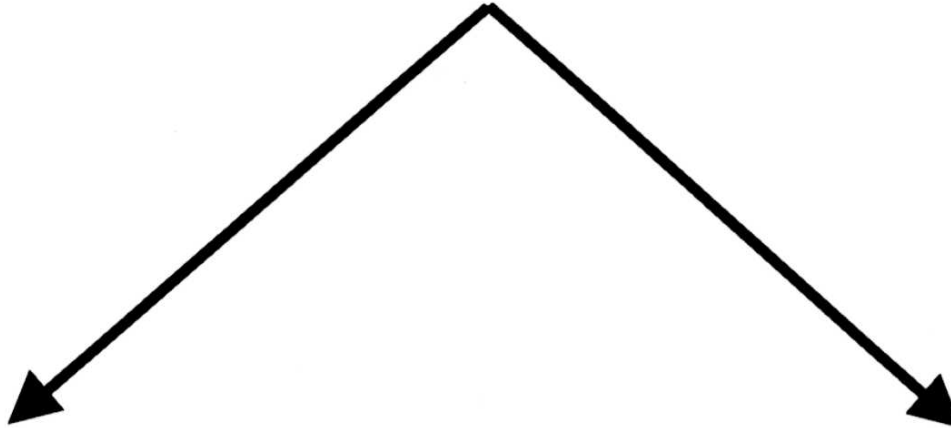
**PARAZIT**

**KASTRÁTOR**

# Podle nezbytnosti usmrtit kořist (hostitele)

**Ne**

**Ano**



**PARAZIT**

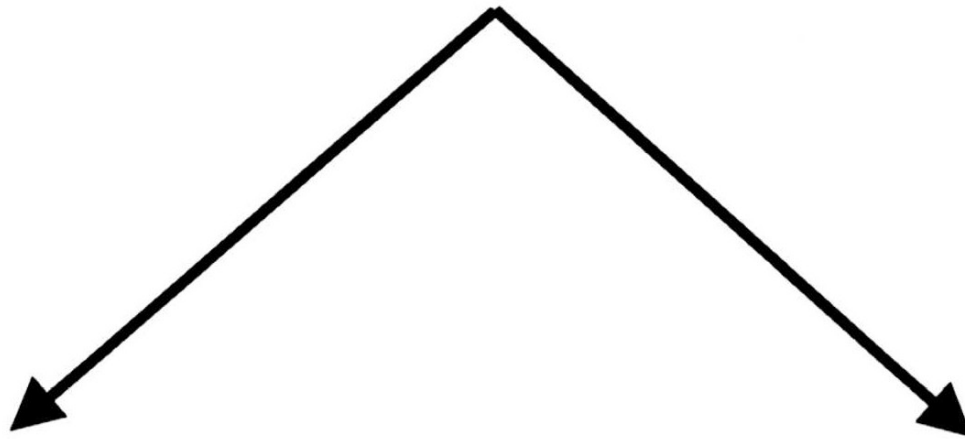
**PARASITOID**

# Podle závislosti na intenzitě působení

závislý

na intenzitě

nezávislý

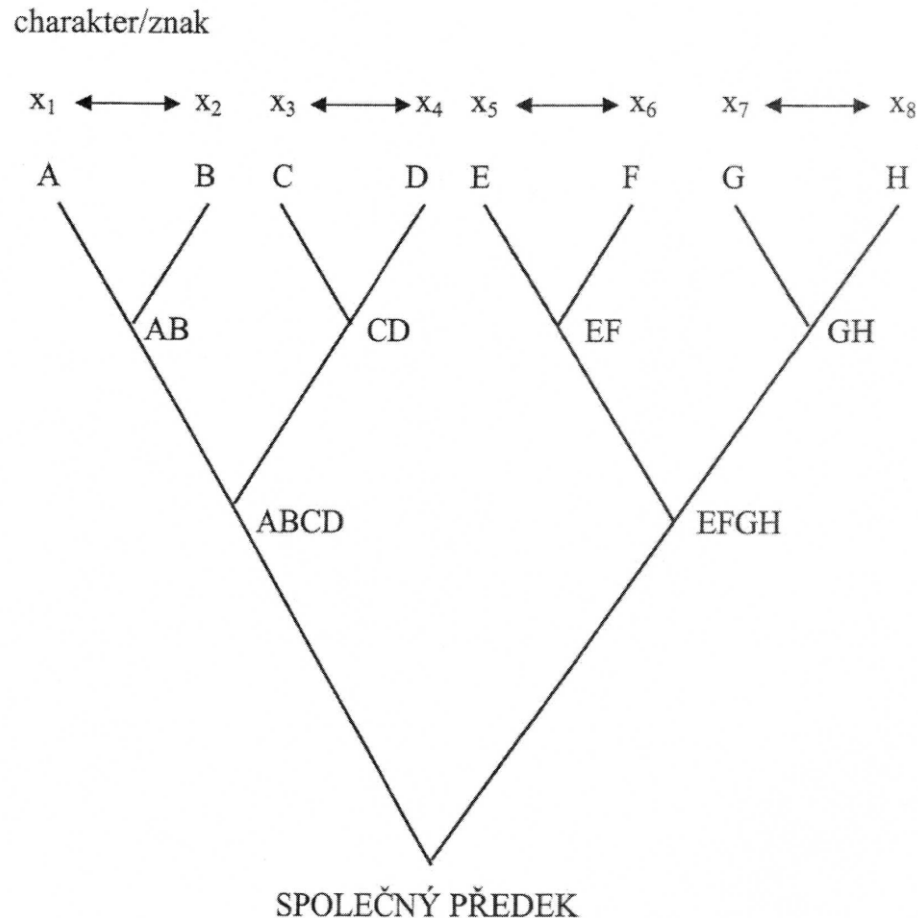


**PARAZIT**

**PATOGEN**



# Metoda nezávislých kontrastů

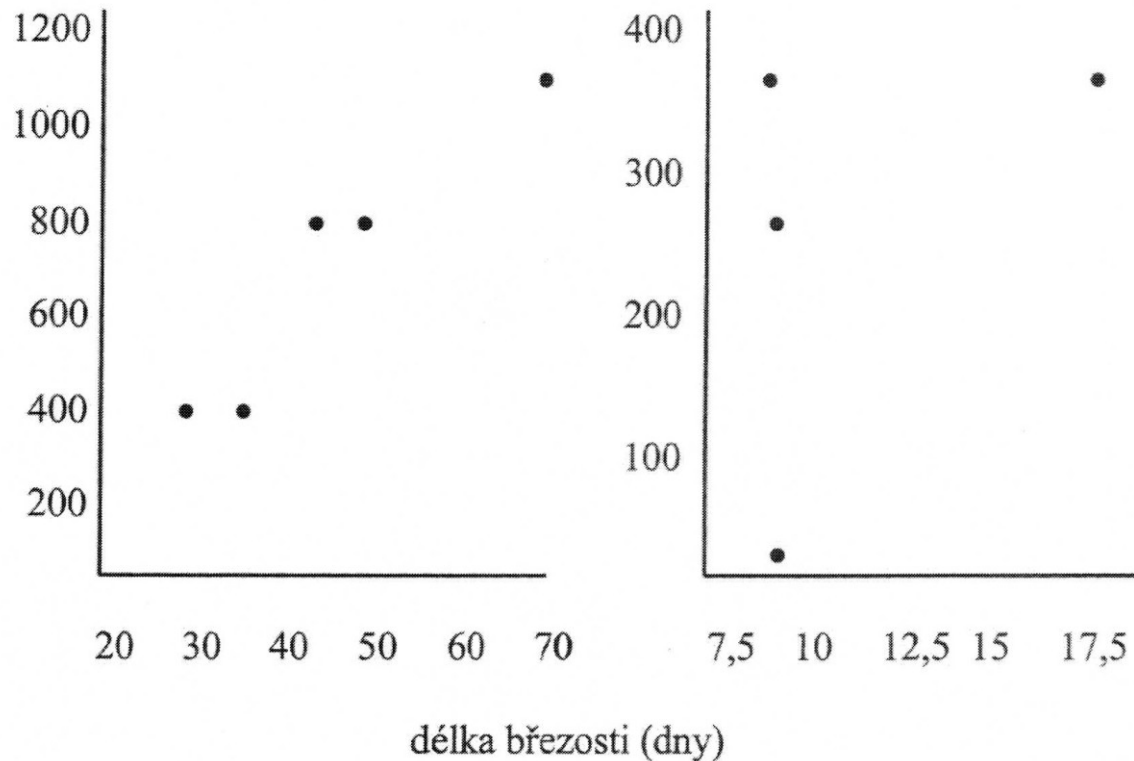


Klíčová myšlenka této metody spočívá v předpokladu, že změny, které nastanou po speciální události, např.  $x_1 - x_2$  jsou nezávislé na změnách dané jinou speciální událostí např.  $x_3 - x_4$  (podle Felsensteina, 1985)



# Metoda nezávislých kontrastů

věk dospělosti (dny)



Netransformované hodnoty  
Silná pozitivní korelace

nezávislé kontrasty  
závislost úplně zmizela