

ORGANISMUS HOSTITELE (2)

Za co vše vděčíme parazitům ?

Osnova přednášky

- Organismus hostitele jako habitat
- Základní typy hostitelů
- Hostitel jako ostrov
- Na velikosti záleží
- Hostitel jako nika
- PH ko-evoluce
- Význam – patogenita
- Imunita – obranné mechanismy
- **Hypotéza Červené královny**
- **Vliv P na evoluci H**
- **Člověk jako hostitel**
- **Hostitel jako ekosystém**
- **Původ parazitů na Zemi**
- **Nemoci – evoluční události**
- **Adaptace člověka**
- **Tajemství úspěchu člověka**
- **Člověk jako všeobecný specialita**

JAK BLECHA ZAPŘÍČINILA ROZPAD VELKÝCH IMPERIÍ

Parazitům vděčíme i za sex

Co v evropských dějinách způsobila blecha? Kdy se parazit stane Robinem Hoodem? Jaký vliv měli cizopasníci na pohlavní rozmnožování? Proč je muňka ohrožený druh? Jak motolice řídí mravence a proč dělá toxoplazmóza z myši sebevraha? „K parazitům je nutné mít za určitých okolností respekt, ale v našich končinách vůbec není důvod bát se jich přespríliš,“ říká doc. RNDr. JAN VOTÝPKA (46), Ph.D., parazitolog z Přírodovědecké fakulty UK, expert na parazitický hmyz a spoluautor knihy *O parazitech a lidech*. Svět cizopasníků v jeho podání je fascinující, i když se při čtení možná budete trochu ošívát.

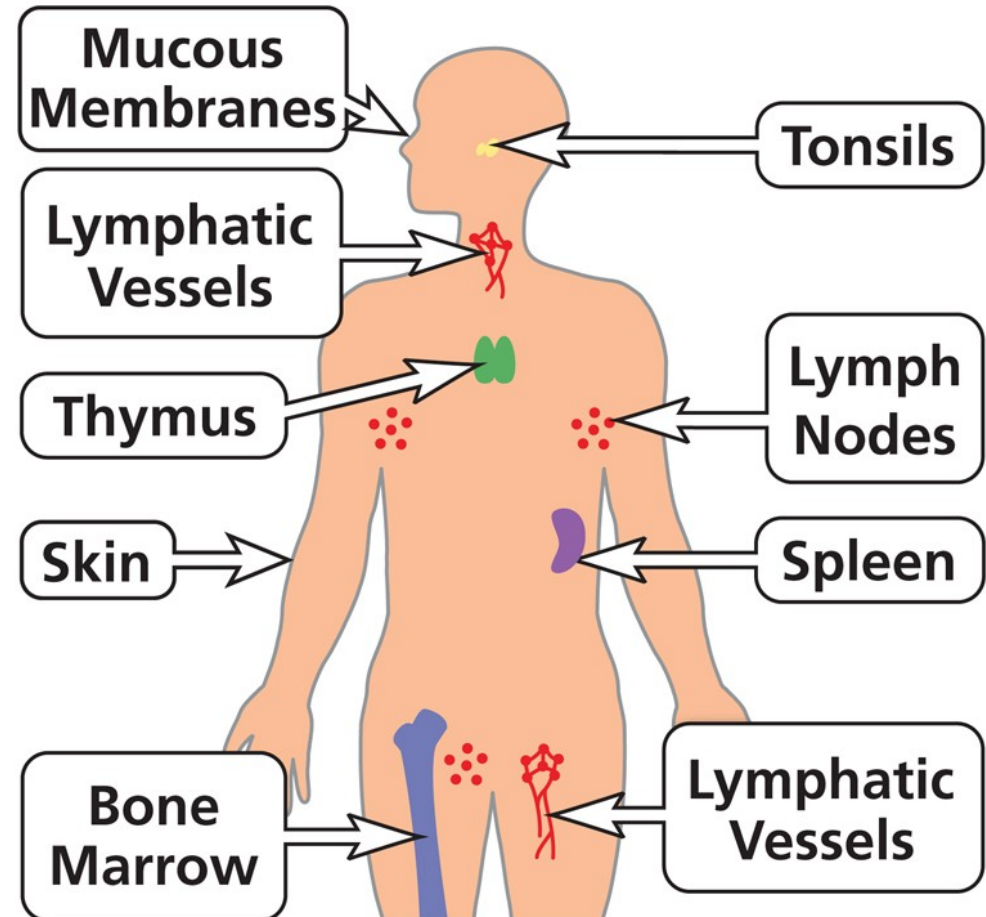
Jaká je obrana hostitelů před parazity ?

1. Imunitní systém

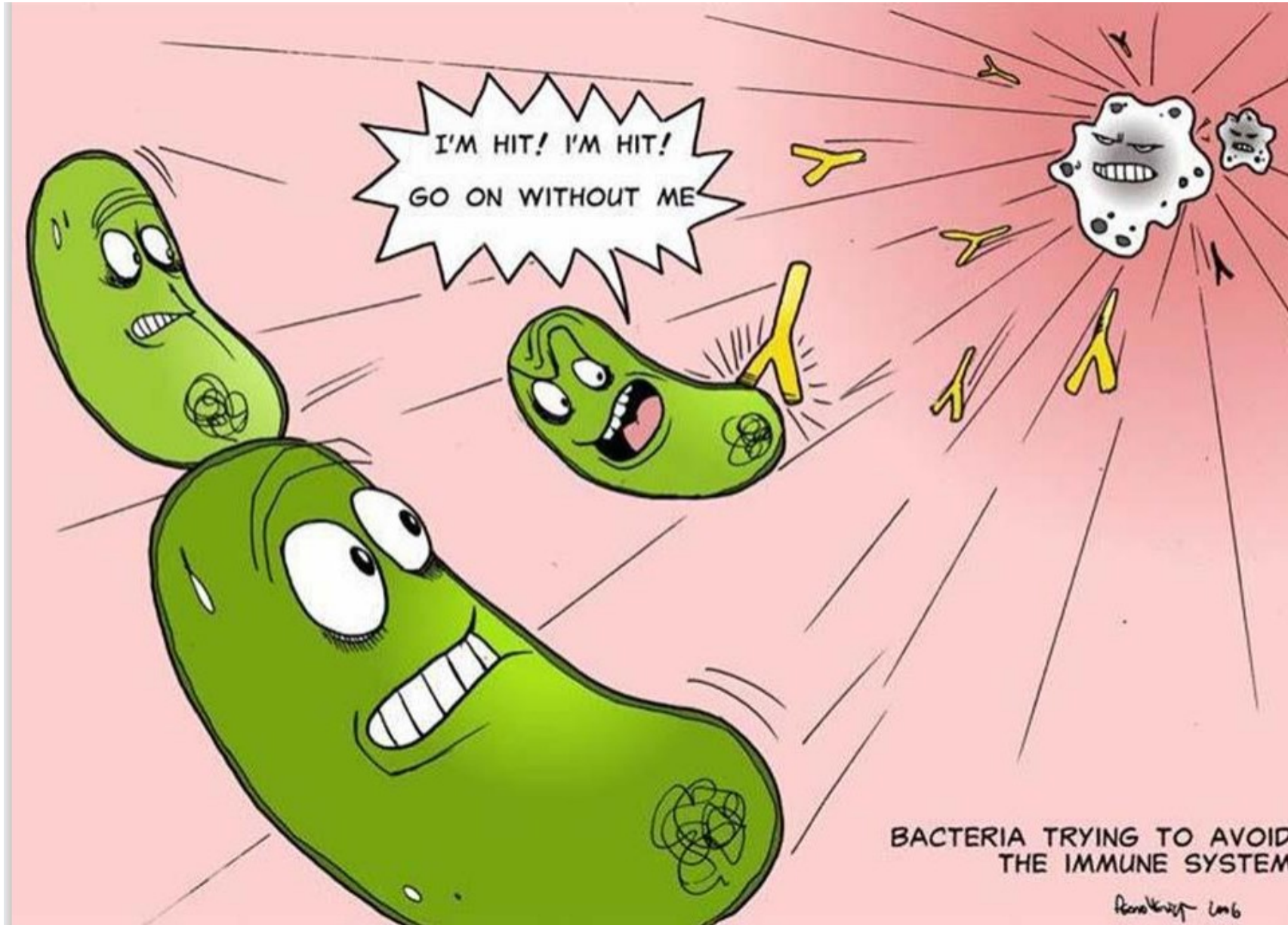
2. Pohlavní rozmnožování (Červená královna)

3. Konzumace léčivých rostlin
(selfmedical behaviour) – šimpanzi,
gorily a orangutani.

Immune System

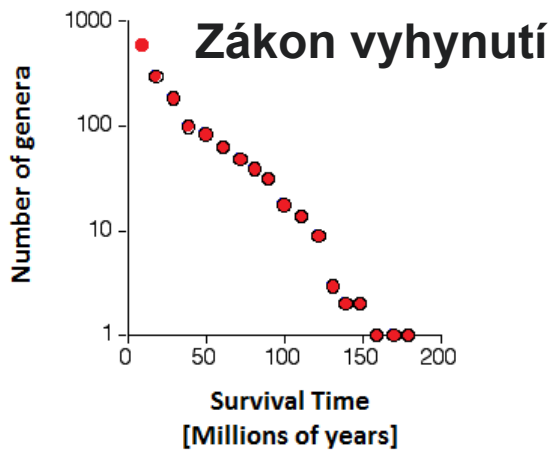
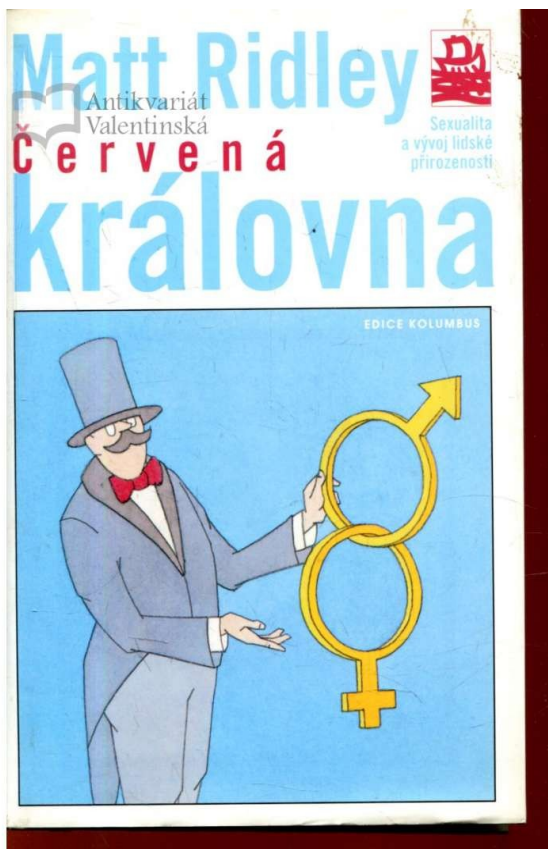


1. Patogen snažící se překonat imunitu hostitele !



2. Hypotéza červené královny ?

Vznik pohlavního rozmnožování !

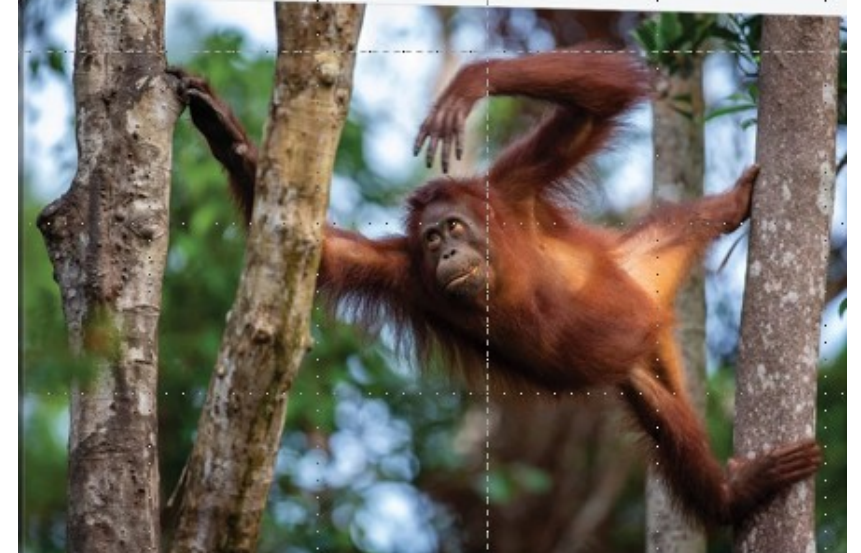


Lineární vztah mezi dobou přežití a logaritmem počtu rodů.



3. Konzumace léčivých rostlin – „selfmedikace“

Praktikují: šimpanzi, gorily, orangutani.



monarcha stěhovavý (*Danaus plexippus*)

dospělci kladou vajíčka na rostliny obsahující látky,
které redukuje množení jednobuněčných parazitů

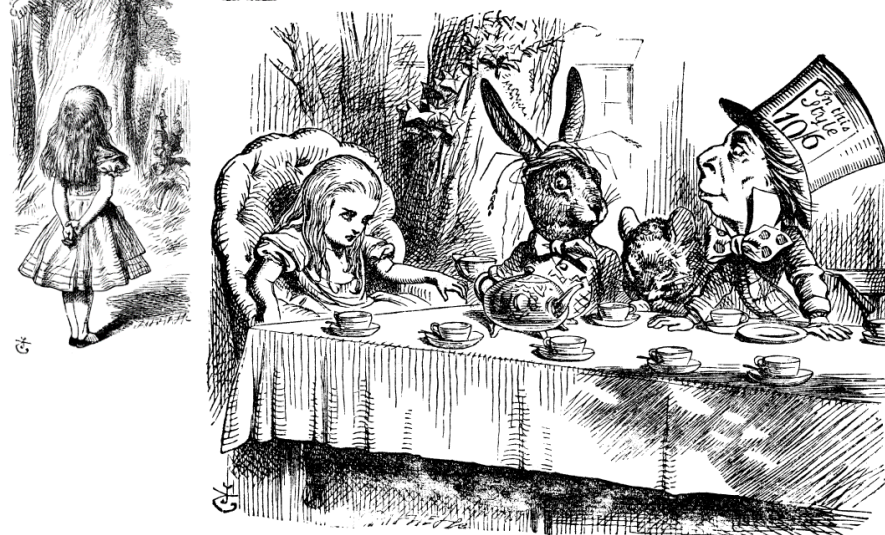


Hypotéza červené královny

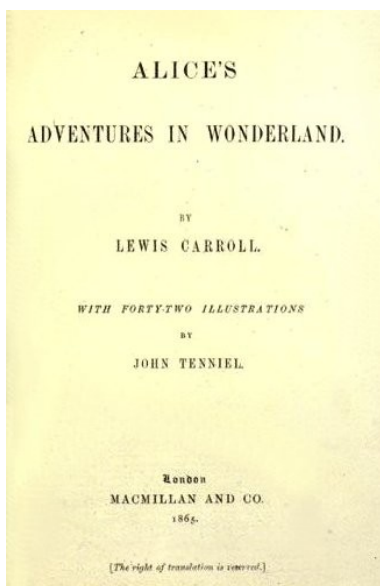


Ted', tady, vidíte, stojí to všechno běhání, které můžete udělat, abyste zůstali na stejném místě..
Alenka v říši divů od Lewise Carrola

Lewis Carroll, Alenka a paraziti



L. Dodgson
[alias "Lewis Carroll"]
Lewis Carroll
(1832 -1898),

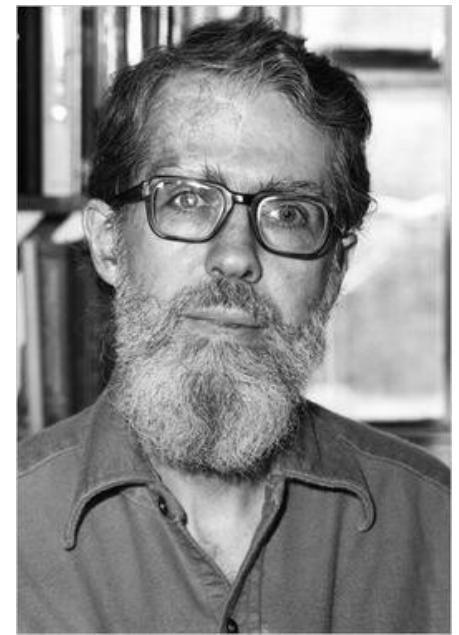


Alice Liddellová (1852 – 1934)

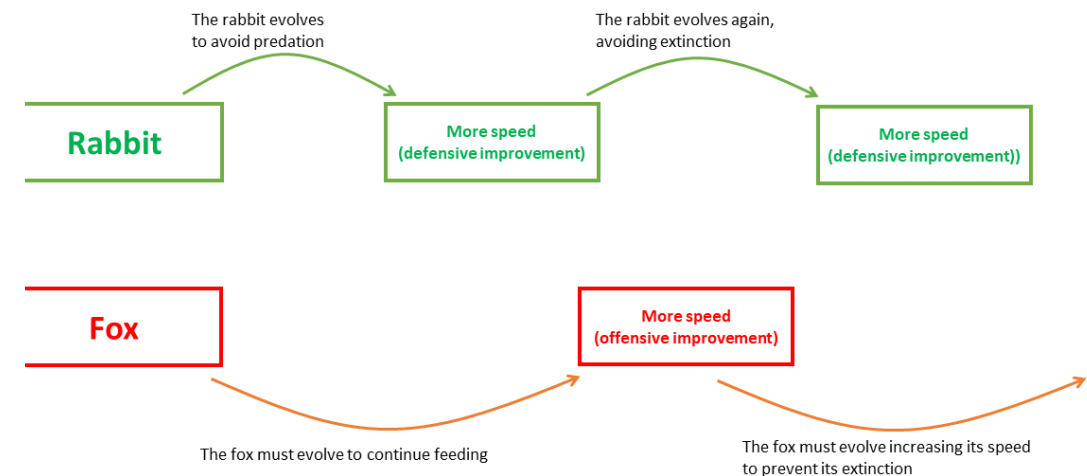
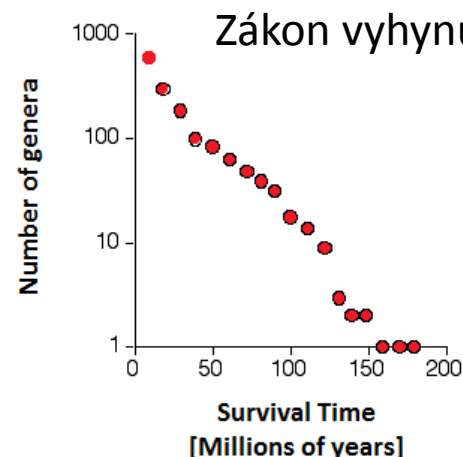
Charles Lutwidge Dodgson - známý pod pseudonymem **Lewis Carroll** – byl anglický spisovatel, matematik, logik, učenec, anglikánský diakon a fotograf. Jeho nejznámější knihou je **Alenka v říši divů** a její následné pokračování **Za zrcadlem a co tam Alenka našla**. Pokračování Alenčiných příběhů **Alenka za zrcadlem** poprvé vyšlo roku 1871.

Hypotéza červené královny – závody ve zbrojení

- **Hypotéza Červené královny** je hypotéza v evoluční biologii navržená v roce 1973, že druhy se **musí neustále přizpůsobovat, vyvíjet se a množit, aby přežily**, když jsou postaveny proti neustále se vyvíjejícím protichůdným druhům.
- Bylo však také navrženo, že **hypotéza Červené královny vysvětluje výhodu pohlavního rozmnožování** (na rozdíl od nepohlavního rozmnožování) na úrovni jedinců, a pozitivní korelaci mezi speciací a rychlostí vymírání u většiny vyšších taxonů.
- Hypotéza Červené královny zachycuje myšlenku, že mezi společně se vyvíjejícími druhy probíhají neustálé "**závody ve zbrojení**". Její název je odkazem na závod Červené dámy ve hře Lewise Carrolla *Za zrcadlem*, ve které se šachovnice pohybuje tak, že Alenka musí pokračovat v běhu, jen aby zůstala na stejném místě.



Leigh Van Valen
(1935 – 2010)



"*Ted, tady, vidíte, stojí to všechno běhání, které můžete udělat, abyste zůstali na stejném místě.*" - Lewis Carroll

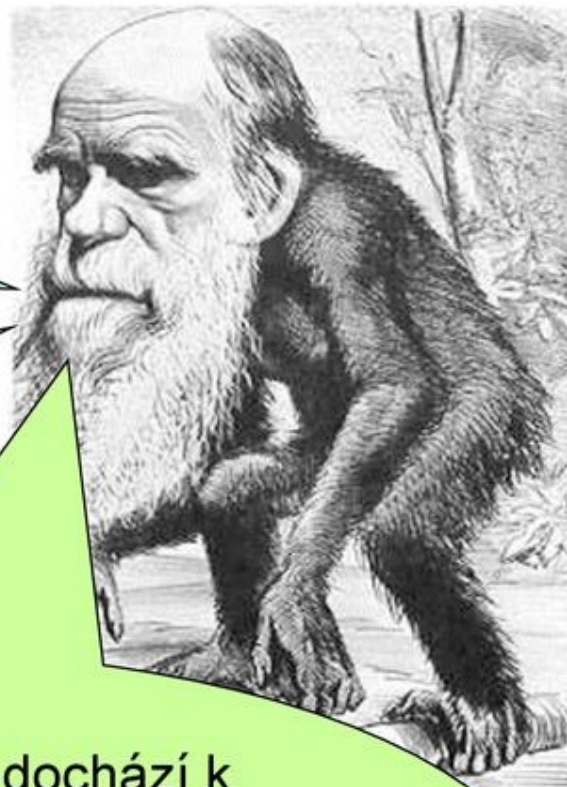
Red Queen Hypothesis: Predator and prey must be constantly evolving to avoid extinction.

Evoluce přírodním výběrem

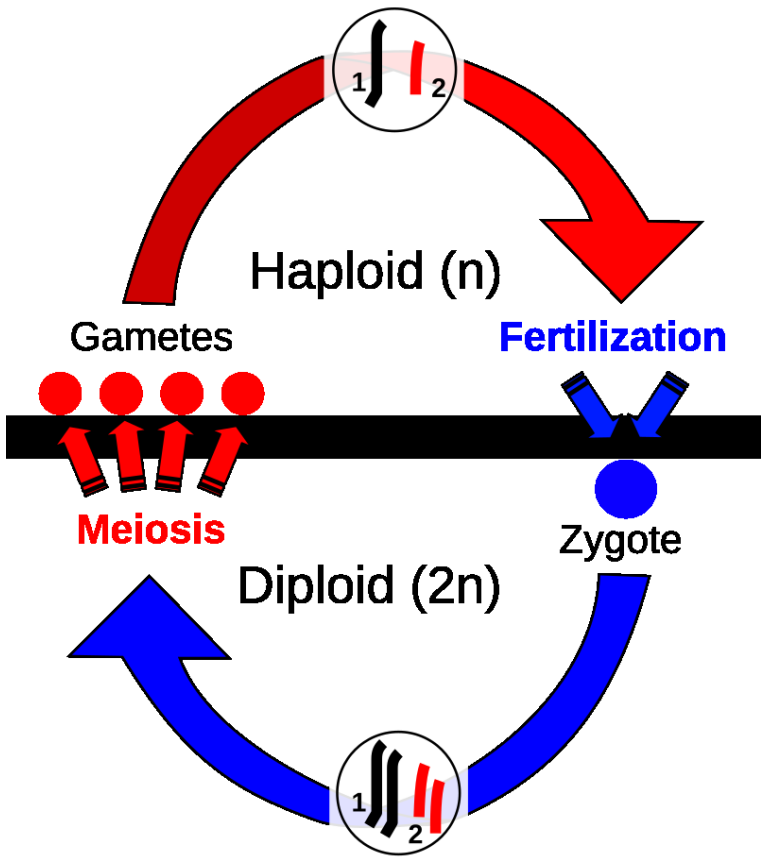
Všechny organismy produkují více potomstva, než kolik může přežít a rozmnožit se.

Mezi jedinci (genotypy) existují geneticky podmíněné rozdíly v přežívání a reprodukci.

V každé generaci dochází k odlišnému přispění jednotlivých genotypů do generace následující, kdy nejschopnější genotypy přispívají do genofondu více než genotypy méně schopné.



Pohlavní rozmnožování – pohlavní výběr



V první fázi pohlavního rozmnožování, meióza, počet chromozomů se sníží z diploidní počtu ($2n$) na haploidní počet (n). Během oplodnění, se haploidní gamety spojí a vytvoří diploidní zygota a obnoví se původní počet chromozomů.



Vážky kladoucí vajíčko hlídané samcem



Kopulující berušky



Květy s pohlavními orgány rostlin



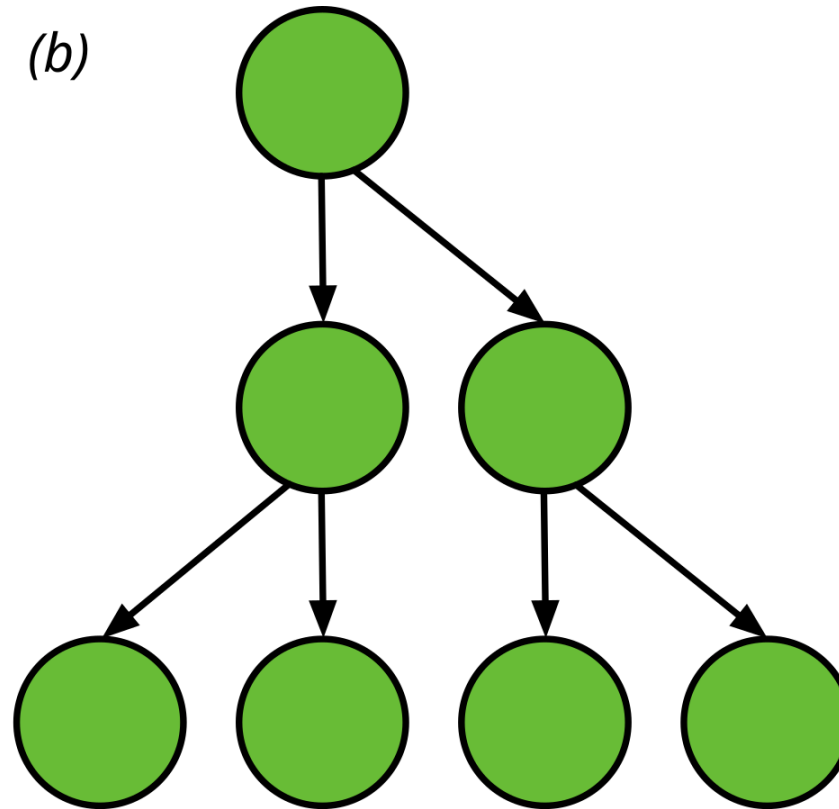
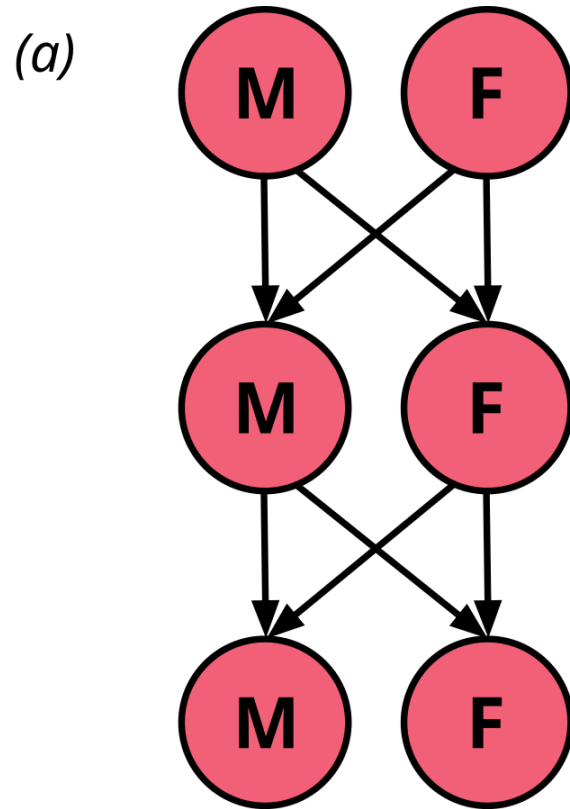
Pýchavky emitující spory



Fúze spermie a vajíčka

Pohlavní *versus* nepohlavní rozmnožování

Dvojnásobné náklady na sex !!!

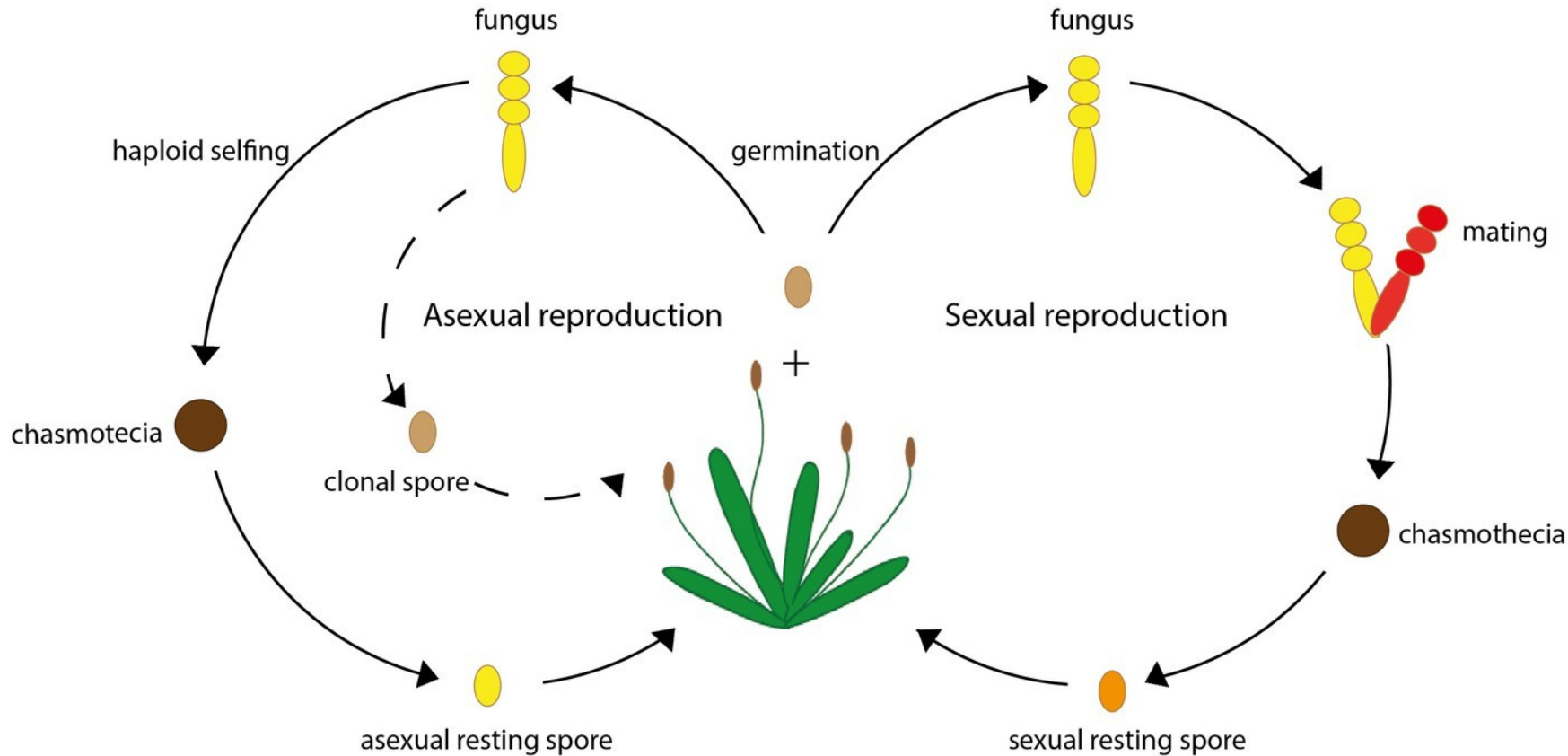


Pokud by každý jedinec přispěl ke stejnému počtu potomků (dvěma), **(a) Pohlavní populace** zůstává v každé generaci stejně velká, přičemž **(b) Nepohlavní populace** se každou generací zdvojnásobuje.

Reprodukce cizopasníků: Paraziti volí to nejlepší z obou možností

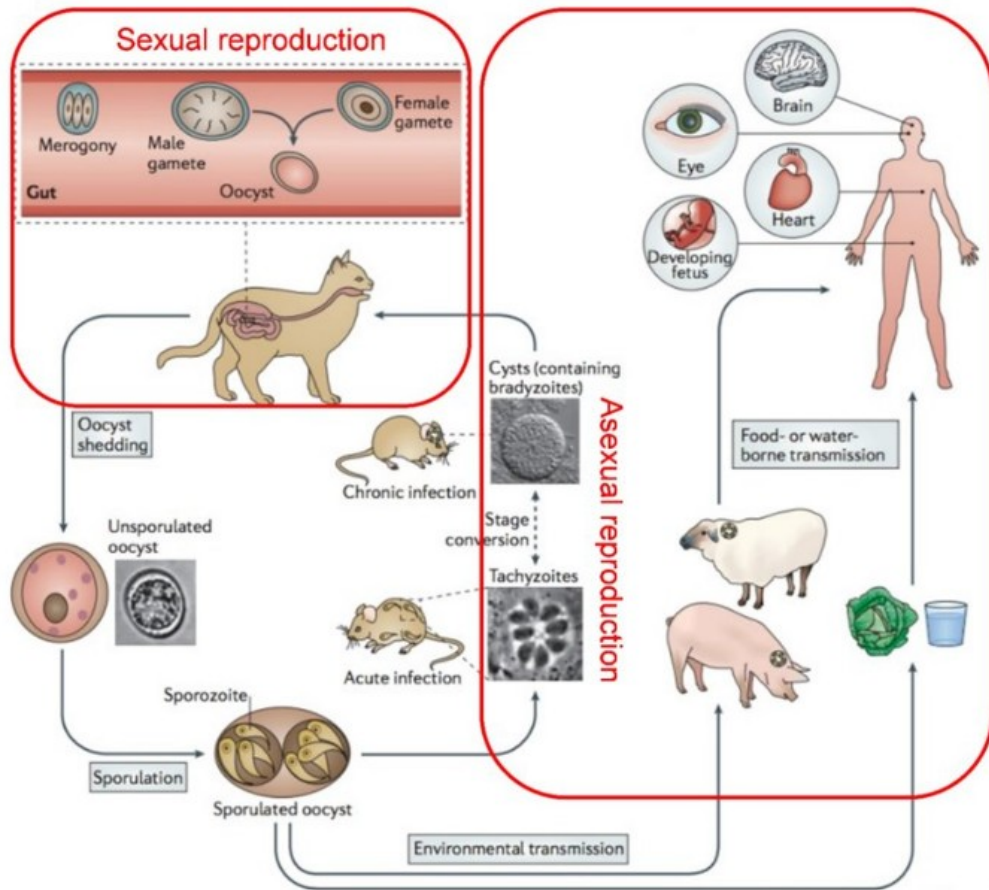
- Většina parazitů se **rozmnožuje nepohlavně**, ale mohou přejít na **pohlavní rozmnožování**, aby podpořili **rozmanitost a zůstali infekční**.
- Některé druhy parazitů se **mohou dokonce pohlavně rozmnožovat s jinými druhy** prostřednictvím procesu zvaného **hybridizace**.
- Například některé motolice (*Schistosoma*) mohou infikovat širší škálu hostitelů v důsledku **hybridizace druhu infikujícího skot s druhem infikujícím člověka**.
- To ukazuje, jak variace způsobené hybridizací mohou zvýšit šíření nemoci.

Zjednodušený životní cyklus patogenní houby *P. plantaginis*



Houba *P. plantaginis* se může množit **jak nepohlavně** (vlevo), tak **pohlavně** (vpravo). Během vegetačního období *P. plantaginis* infikuje svého hostitele nepohlavně se množícími geneticky identickými klonálními sporama (reprezentovanými přerušovanou čarou). Jak se vegetační období hostitelské rostliny chýlí ke konci, *P. plantaginis* produkuje plodnici známou jako **chasmothecia**, která obsahuje **klidové spory**, které mohou přežít zimu: ty se mohou rozmnožovat buď nepohlavně procesem známým jako **haploidní selfing** (vlevo), nebo **pohlavně prostřednictvím páření** (vpravo). Na začátku dalšího vegetačního období se mohou z těchto klidových spor znovu vynořit paraziti a infikovat hostitele.

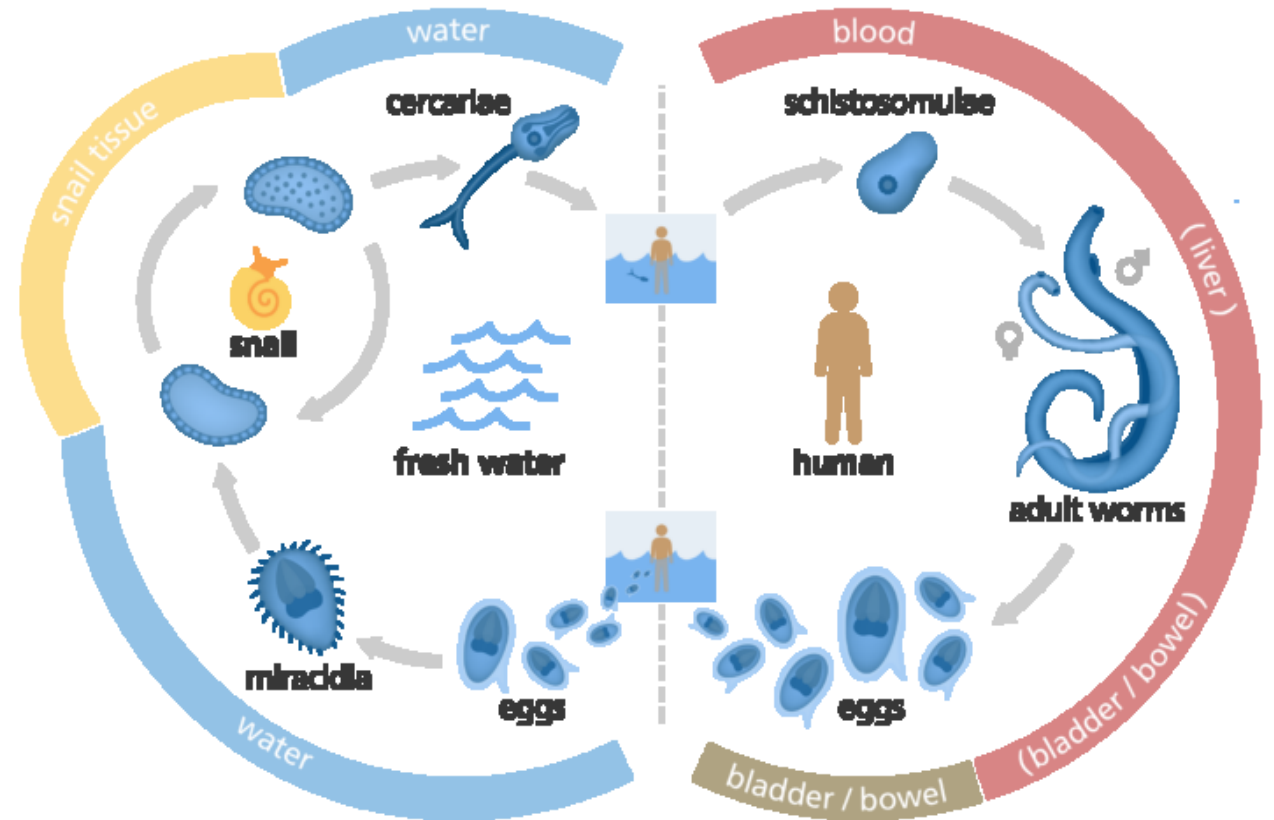
Asexuální a sexuální rozmnožování parazitů v jednom



Toxoplasma gondii

Asexuální reprodukce

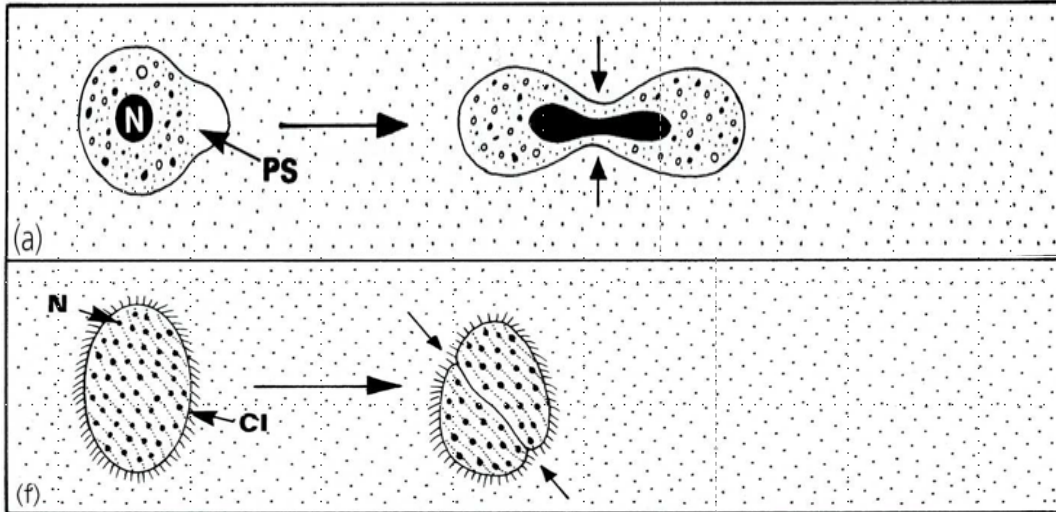
Sexuální reprodukce



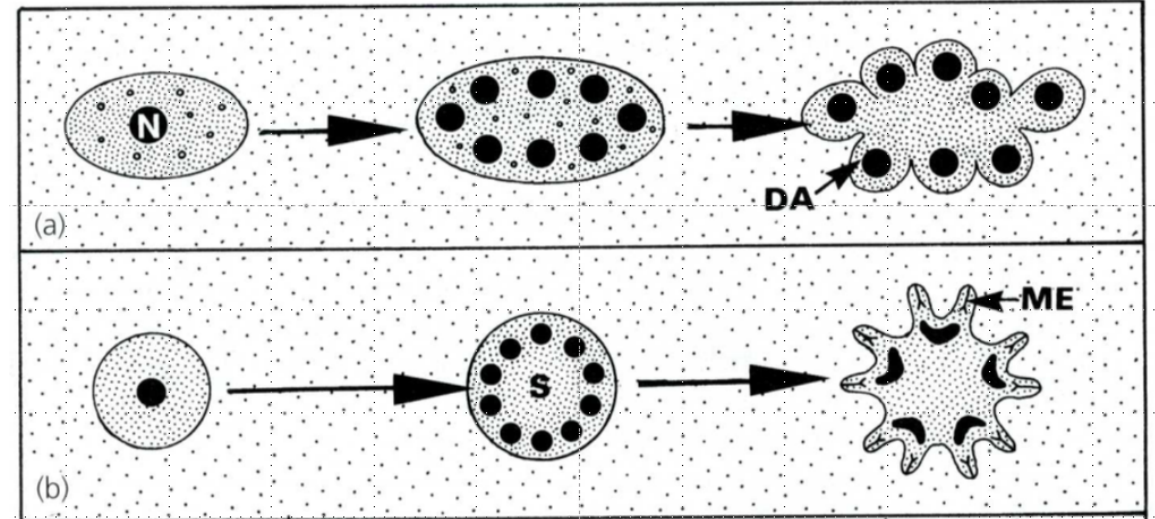
Schistosoma spp.

Asexuální reprodukce parazitů - protozoa

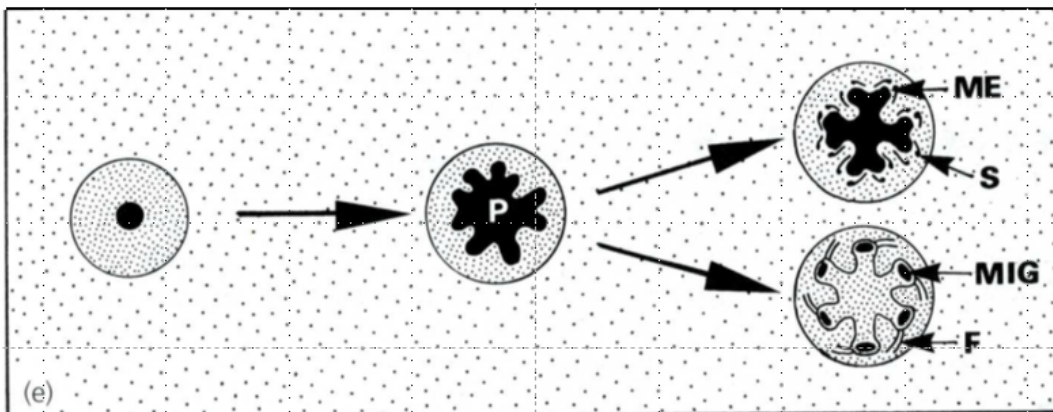
Binární dělení



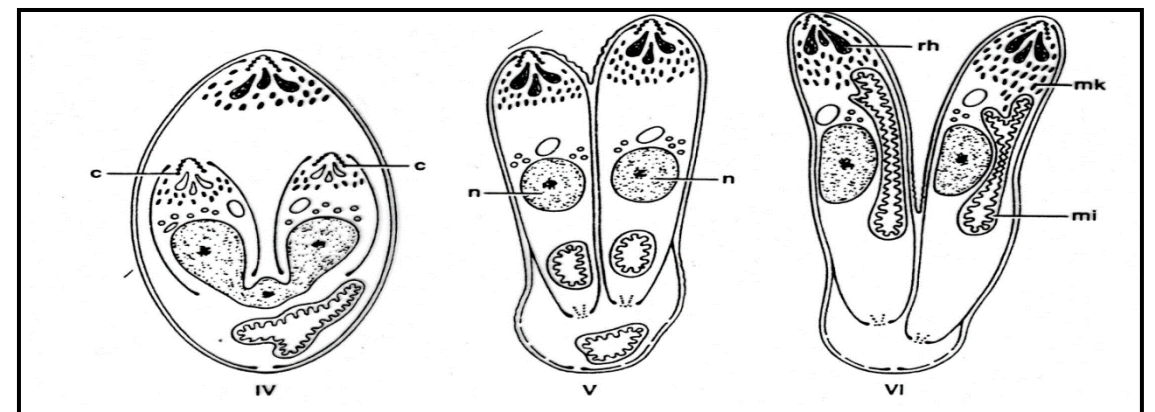
Mnohonásobné dělení



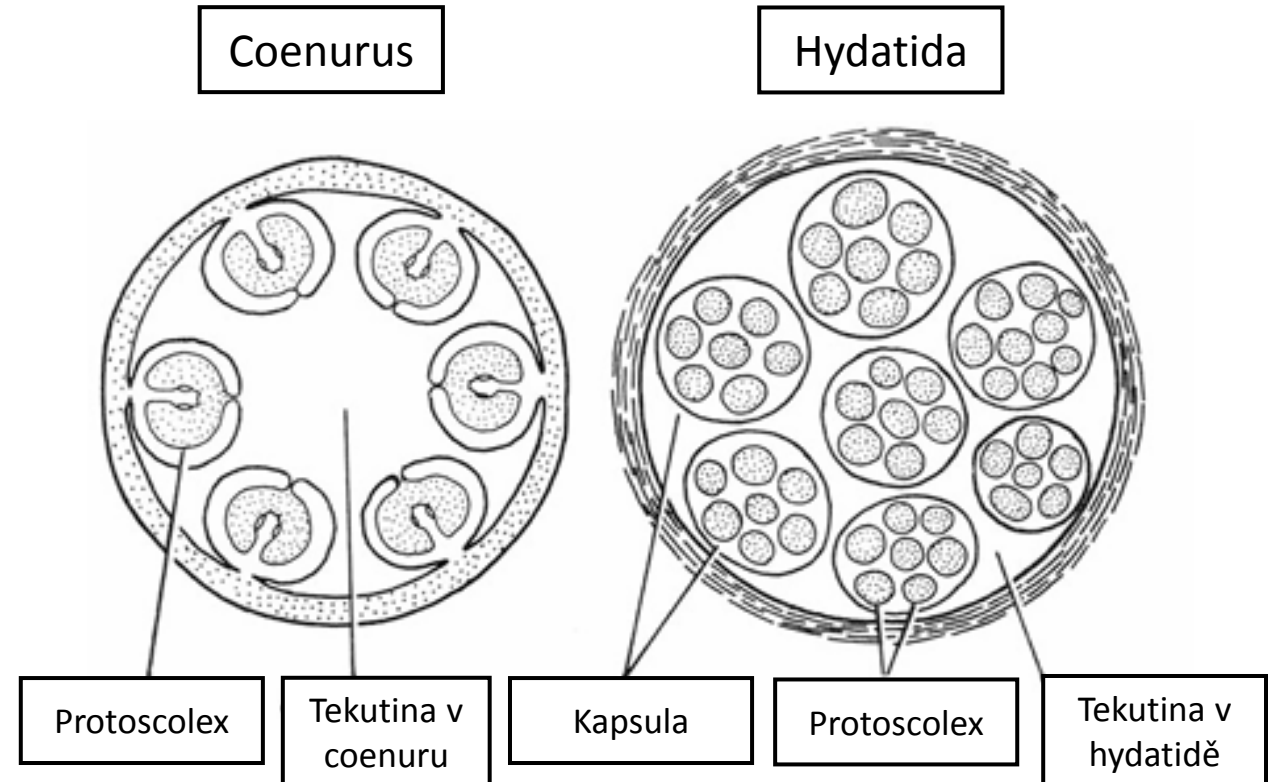
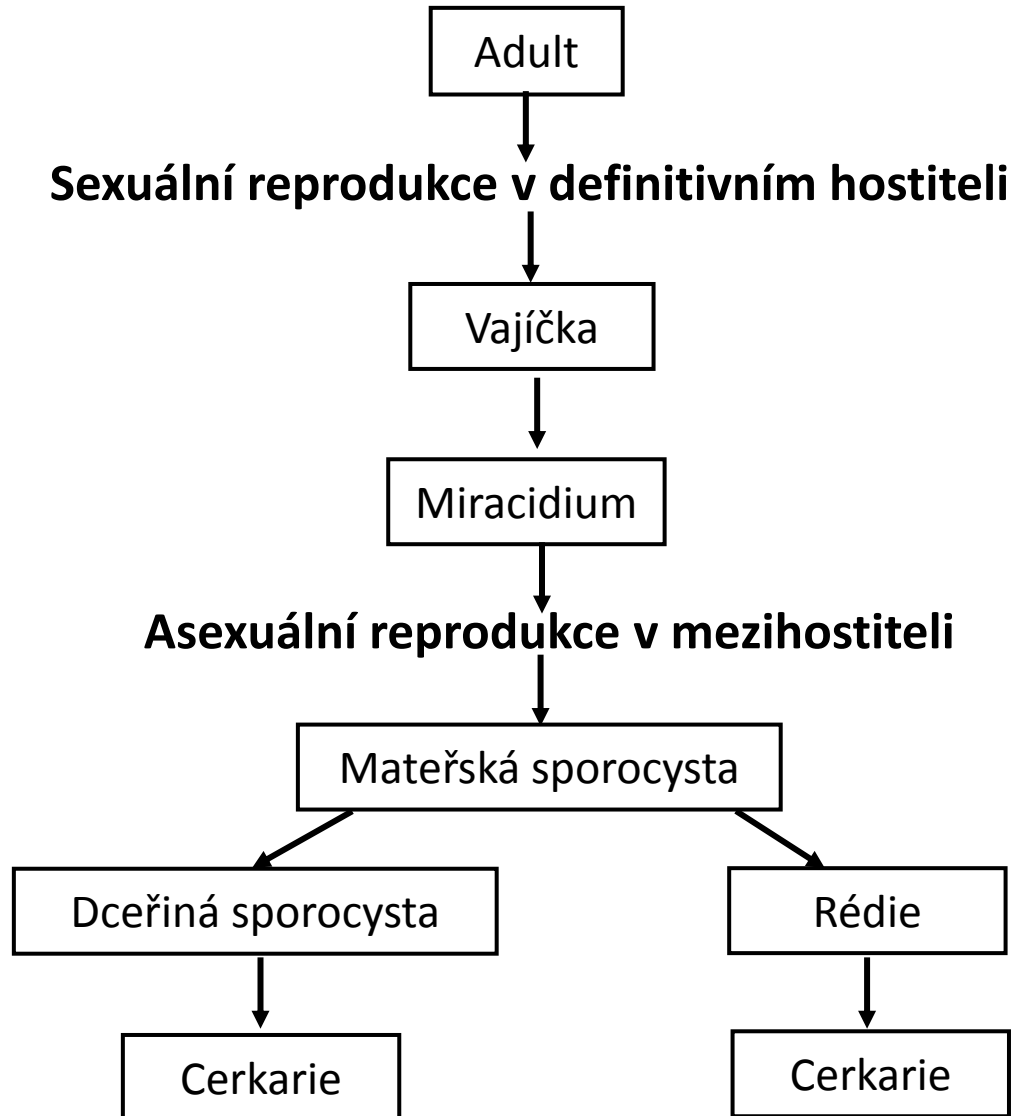
Schizogonie



Endodyogonie



Asexuální reprodukce parazitů - helminths

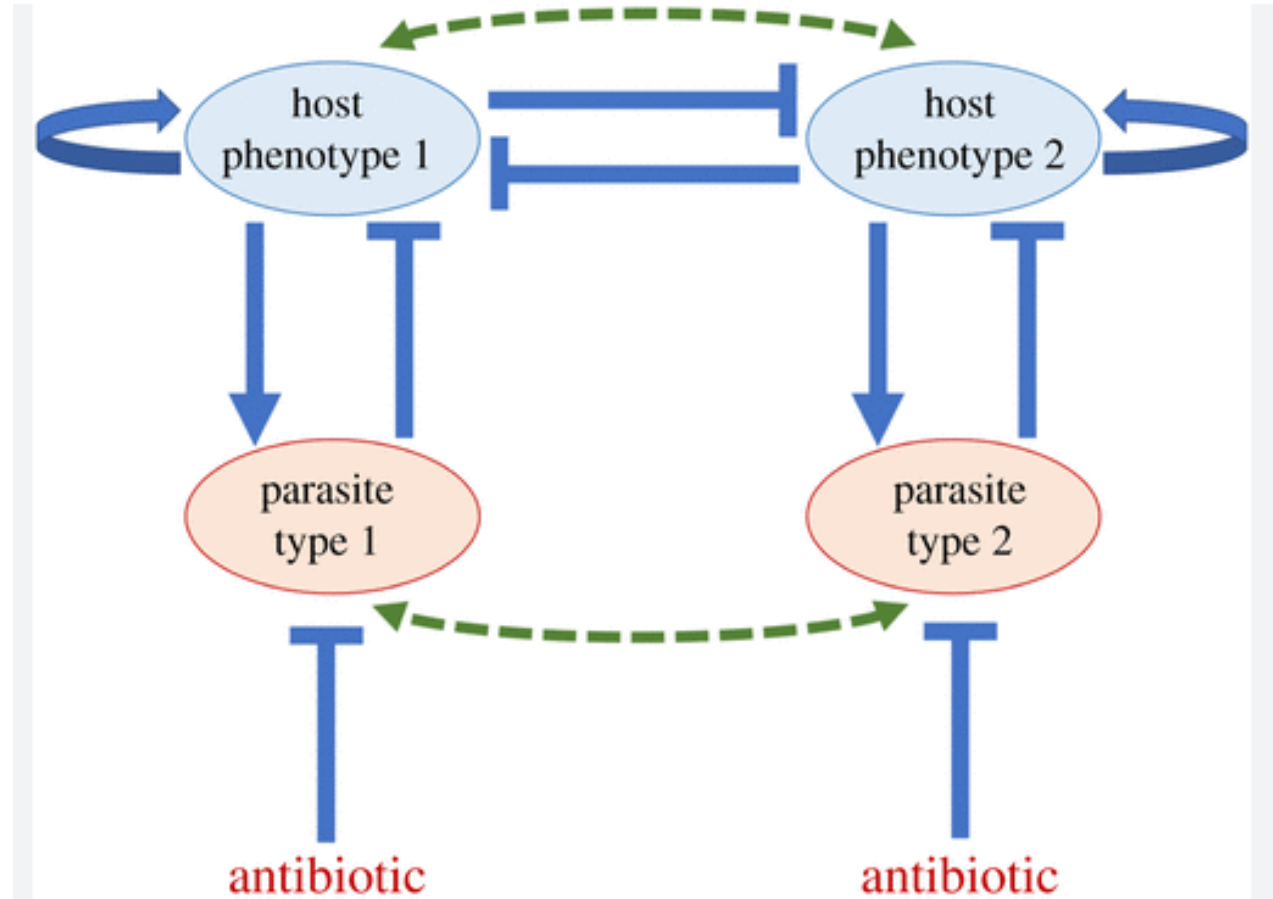


Co na to Červená královna ?

- Jedno z možných vysvětlení pochází z evoluční teorie známé jako **hypotéza Červené královny**.
- **Hostitelé druhy a druhy parazitů se neustále vyvíjejí společně**, aby se navzájem překonaly: hostitelé si společně **vyvíjejí zvýšenou odolnost**, zatímco parazité **zvyšují svou schopnost infikovat**.
- Hypotéza Červené královny navrhuje, že **hostitelé se společně se vyvíjejícím parazitem se s větší pravděpodobností rozmnožují pohlavně, aby zvýšili genetickou variabilitu svých potomků**, takže mají větší šanci vyhnout se infekci.
- **Parazité se pak mohou vyvíjet rychle a nepřetržitě v reakci na pokračující evoluci obrany hostitele**. Tyto závody ve zbrojení mezi hostitelskými parazity proto nabízejí evoluční výhodu tím, že pomáhají udržovat genetickou variabilitu v populaci.

Hypotéza Červené královny je modelem pro antagonistickou koevoluci bez vítěze

- Dynamika Červené královny v systému hostitel-parazit popisuje „**bezvítěznou**“ koevoluci mezi **hostiteli a parazity**, realizovanou prostřednictvím neustálého negativního frekvenčně závislého výběru.
- Hostitelská populace (**H1**) se vyvine do **nového společného typu (H2)**, aby unikla svým **parazitům (P1)**. Pokles populace H1 však povede k tomu, že se **populace parazitů P1 vyvine do nového společného kmene (P2)** jako **reakce na evoluci hostitele**. Nový společný parazit P2 může infikovat H2, což povede hostitele k opětovnému vývoji, což povede k nikdy nekončícím střídavým cyklům dominance (obr
- Například dynamika Červené královny vysvětluje koevoluci v systémech bezobratlých a parazitů, jako je **infekce *Daphnia magna* bakterií *Pasteuria ramosa***.



Pohlavní *versus* nepohlavní rozmnožování (Hypotéza Červené královny)

pohlavní množení (hypotéza Červené královny)
– vzniká geneticky různorodější potomstvo

- *Potamopyrgus antipodarum* – na lokalitách s velkým výskytem motolic převládají pohlavně se množící linie



Písečník novozélandský

(*Potamopyrgus antipodarum*)

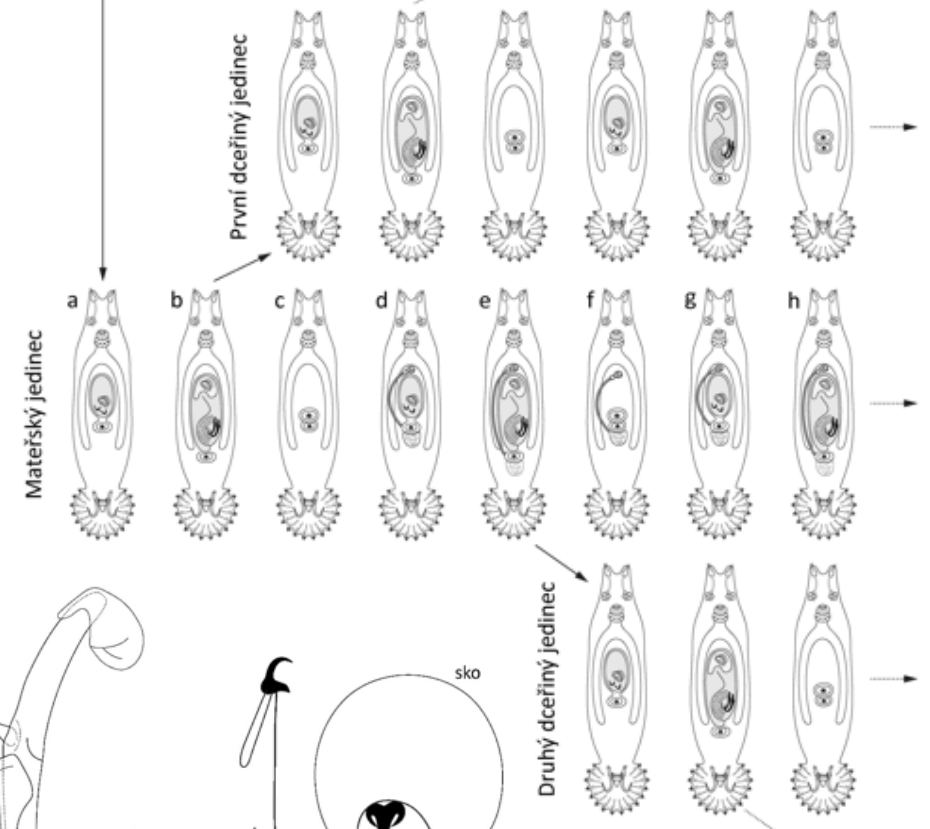
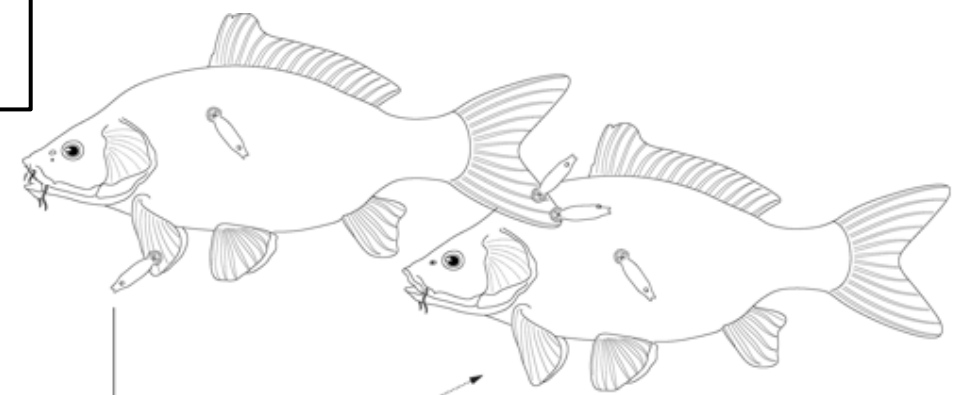
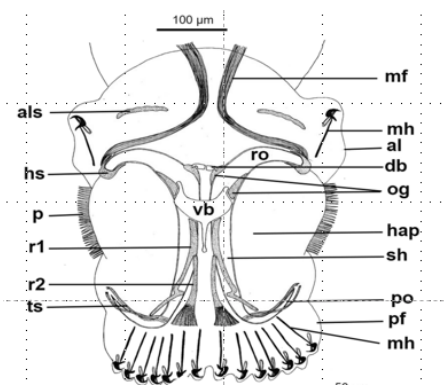
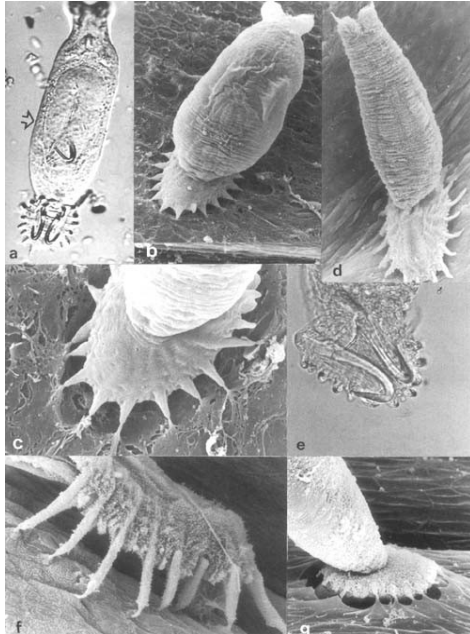
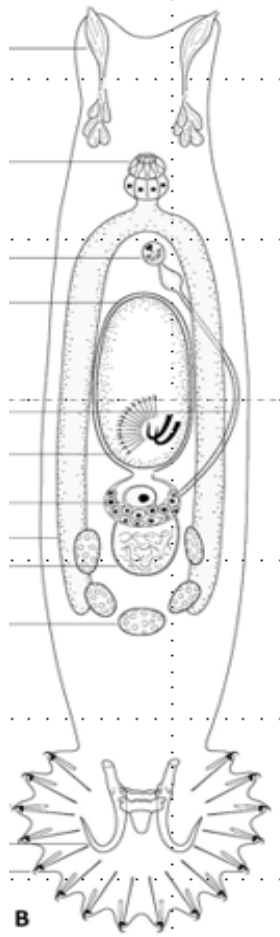
Druh byl **zavlečen do řady dalších oblastí včetně Česka**, kde se stal invazivním živočichem. Zaznamenaná **hustota výskytu** v některých částech světa (Spojené státy americké, Švýcarsko) **dosahuje extrémních rozměrů** v řádech sta tisíců jedinců na 1m².



Druh je odděleného pohlaví, samice jsou živorodé. Životní cyklus je jednorocní. **Invazní populace se skládá z 80–100 % ze samic.** Zatímco novozélandští písečníci se rozmnožují pohlavně i nepohlavně, **invazivní populace se rozmnožují takřka výhradně partenogeneticky, tedy nepohlavně.** Při tomto typu rozmnožování se každá samice rodí již s vyvíjejícími se embryi, které porodí několik měsíců po narození, takže celá invazivní populace se skládá z geneticky identických klonů.

Pedogenetická polyembryonie

Rozmnožování živorodých monogeneí rodu *Gyrodactylus*



Gyrodactylus cyprini



Vliv parazitů na evoluci hostitelů !

Oh! He's
HOT!

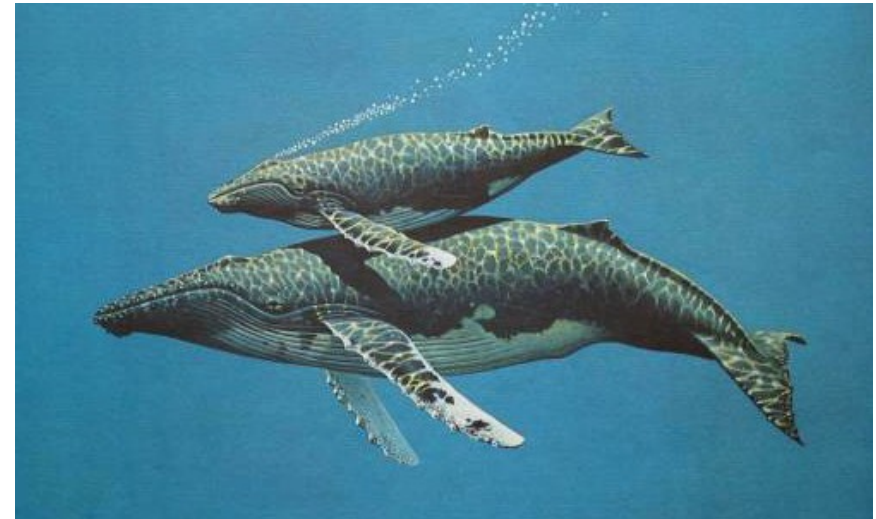
But it's
more than
that. He's
so bold.

Pohlavní rozmnožování - nevýhody

(Sex = meióza, rekombinace genů)

Nevýhody pohlavního rozmnožování:

- Čas a energie potřebný k nalezení partnera a další úsilí před kopulací
- Složitý molekulární aparát determinující pohlaví
- Zvýšené riziko parazitace - pohlavní choroby
- Zvýšené riziko zabití predátorem
- Rozpad výhodných genových kombinací rekombinací
- Riziko, že rozmnožováním vznikne neplodné potomstvo



Náklady na pohlavní rozmnožování - kompetice mezi samci o přístup k samicím !



Proč kompetice ?

- Intrasexuální selekce
- Samci podstupují často extrémní kompetici, aby si zajistili přístup k samicím a páření
- Ke kompetici jsou často využívány sekundární znaky, které nejsou k vlastnímu páření využívány





Pohlavní výběr



**Bright male
hypothesis**



Pohlavní výběr – ale pozor samice si vybírá !

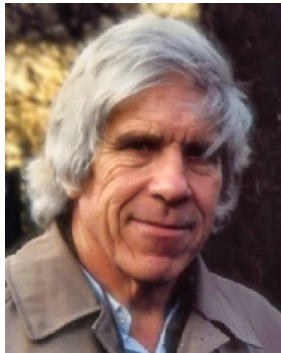
- Intersexuální selekce
- Samice si vybírá samce, který zvyšuje šanci na přežití potomstva
- Porovnává jejich sekundární sexuální znaky
- Samice vybírá samce podle toho jak vypadá, jak se chová a podle okolností



Vliv parazitů na pohlavní výběr hostitele

Hamilton a Zuk (1982) navrhli „provokativní“ řešení nevysvětlitelného faktu, že **samci mnoha druhů vykazují "nápadné" rysy, jako je jasné zbarvené opeření nebo energické projevy námluv.**

Navrhli, že nápadné rysy jsou plně vyjádřeny **pouze samci, kteří jsou rezistentní vůči parazitům, a že samice zkoumají tyto znaky, aby si vybraly rezistentní samce jako partnery.**

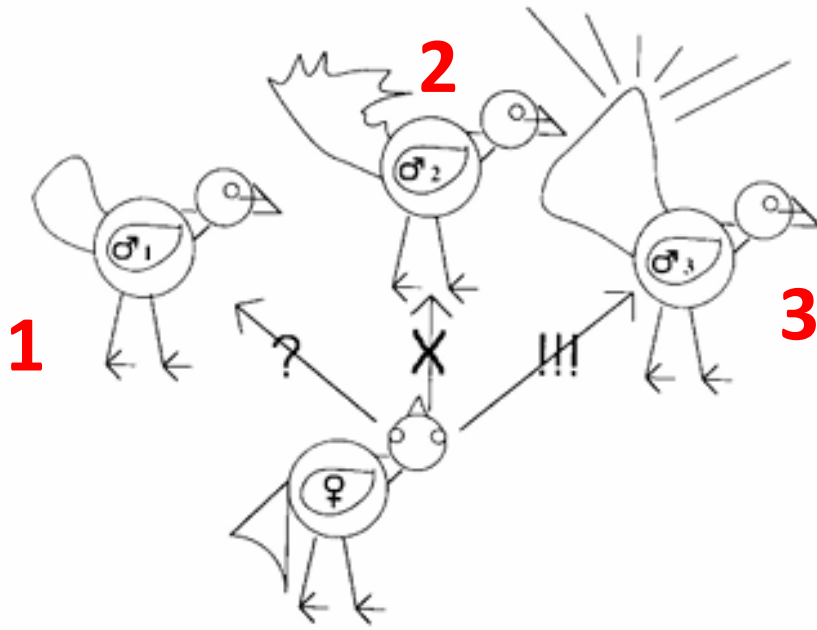


W.D. Hamilton

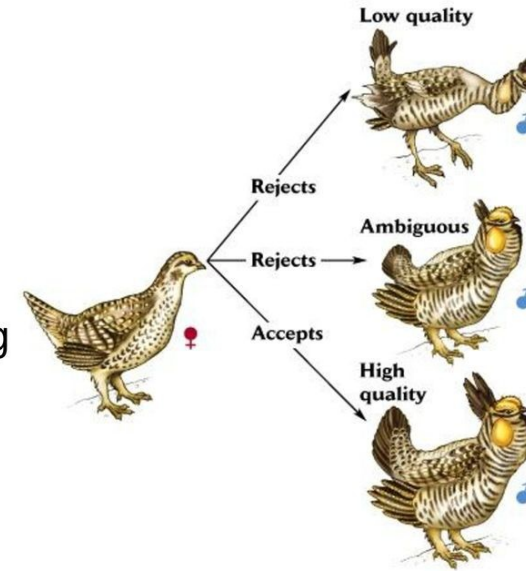


Marlene Zuk

Vliv parazitů na pohlavní výběr hostitele



Sexual selection is (usually) female choice of male mating partners.



1. Samice si nevybere – malý a neatraktivní ocasek
2. Samice si nevybere – větší ale stále neatraktivní ocasek
- 3. Samice si vybere – velký a nápadný ocasek – indikuje dobré geny – rezistence vůči parazitům**

A co lidé ?
Že by „Bright“ car hypothesis ?



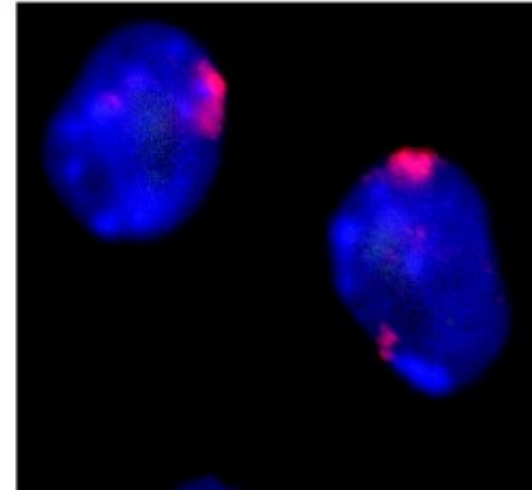
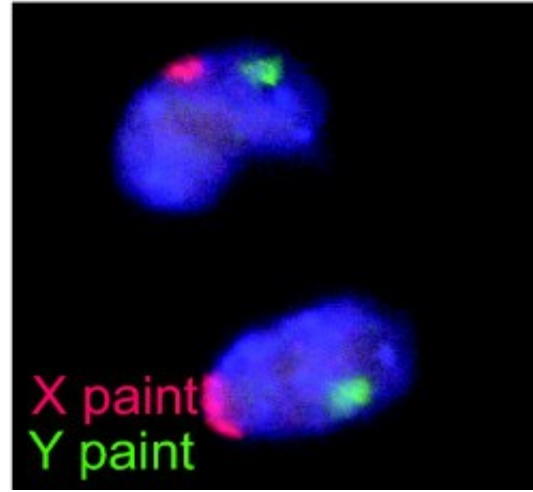
Předpoklad úspěšného pohlavního výběru - Sexuální dimorfismus

X/Y

X/X



Kostrý zoborožců
Pavouci *Agriole appensa*



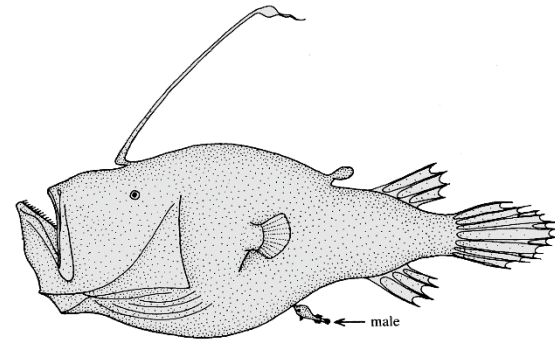
Chromozomy X (červeně) a Y (zeleně) v embryonálních kmenových buňkách samčích (X/Y) a samičích (X/X) myší.



Trilobiti, Kambrium
Orangutan sumatránský



Želvy (*Graptemys pseudogeographica kohni*)



Řas mořský



Role výšky postavy při pohlavním výběru u člověka

Example of Sexual Selection in Humans

Výška postavy je
u lidí sexuálně
selektovaný znak

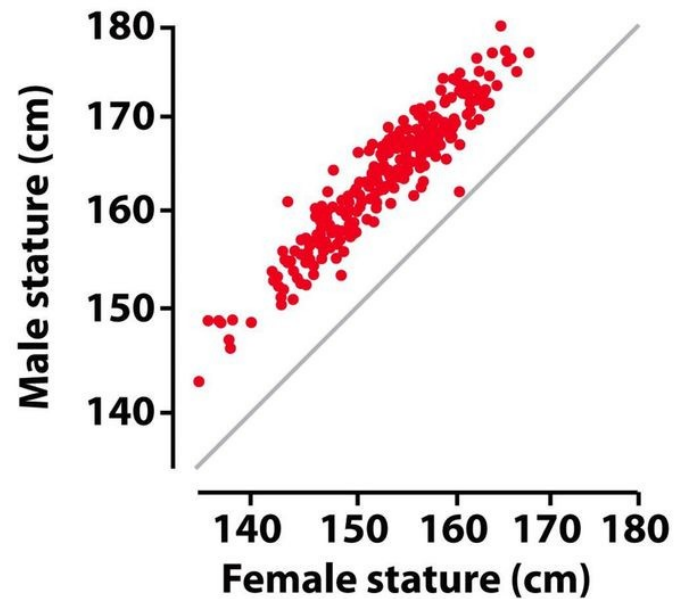
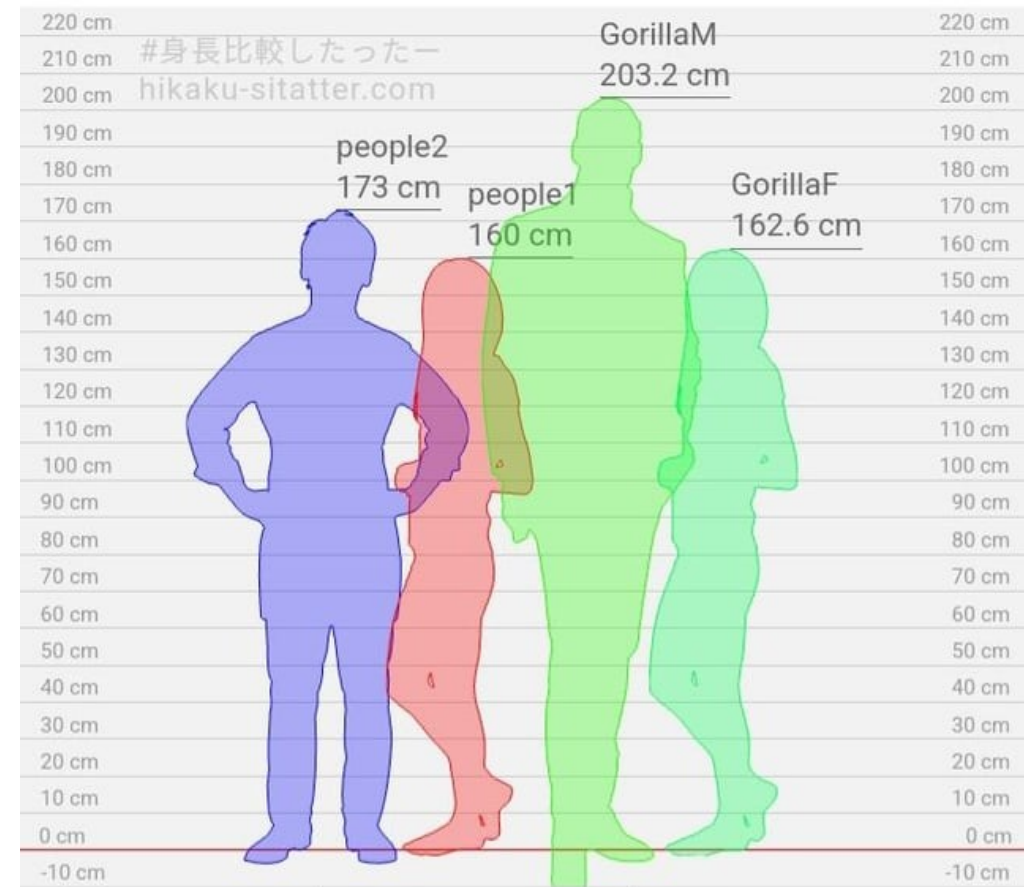


Figure 11-2 Evolutionary Analysis, 4/e
© 2007 Pearson Prentice Hall, Inc.



Pohlavní výběr a sexuální chování člověka

Láska romantická



Láska fyzická



Děkuji za pozornosti !

Láska ke „zdrojům“



Láska ke vzdělání

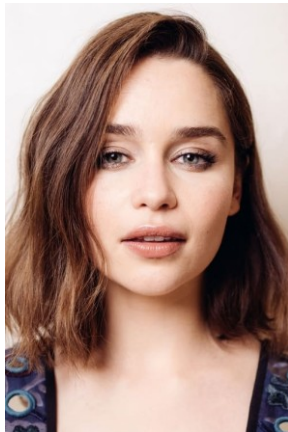
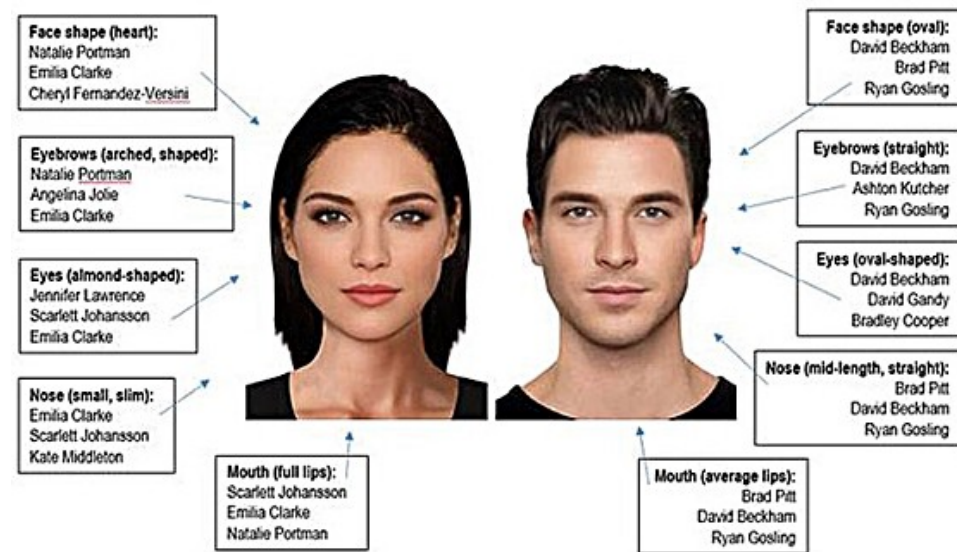


Láska nenaplněná !

Evolve sexu – strategie párování



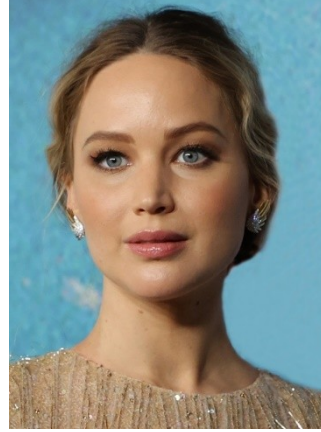
Jak vypadá současný ideál lidské krásy ?



Emilia Clarke



Natalie Portman



Jennifer Lawrence

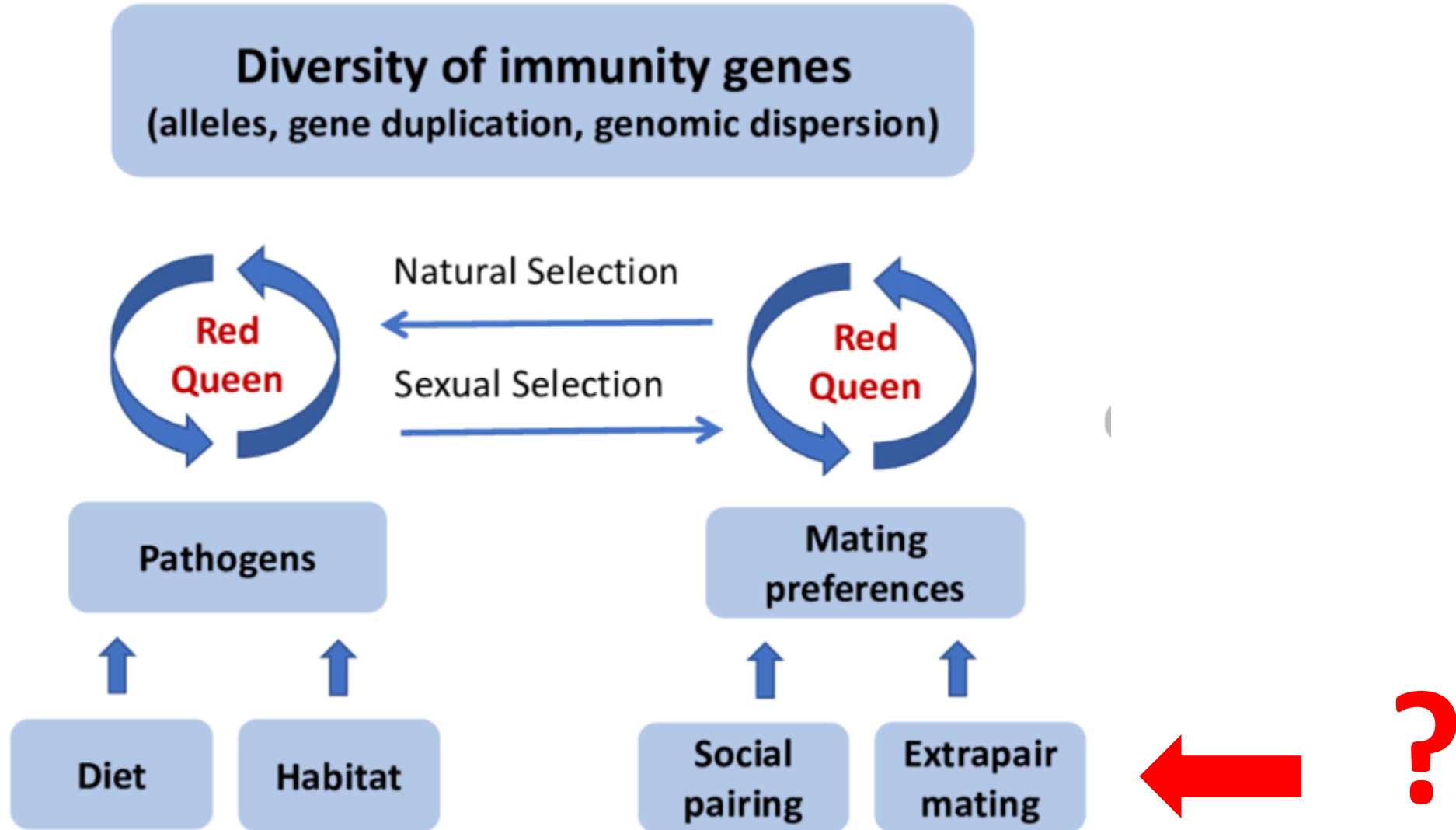


David Beckham



Brad Pitt

Grafické znázornění hypotézy „**Promiskuitní Cervené královny**“ pro evoluci diverzity imunitních genů a variací v ženské promiskuitě.



Legenda: viz předchozí slide)

Diverzita imunitních genů v populaci je formována podél dvou selekčních drah, přičemž obě podléhají dynamice koevolučních cyklů hostitel-parazit Červené královny (viz textový rámeček).

První, která je relevantní pro všechny druhy, je **přírodní výběr způsobený přímo patogeny**, který má za následek rozdílné přežití alel. Síla selekce je dána četností, rozmanitostí a virulencí patogenů v prostředí, které jsou primárně vystaveny potravě a proměnným specifickým pro stanoviště.

Druhá cesta, pohlavní výběr, nastupuje, **když je náhodné páření** (s ohledem na imunitní geny) **horší strategií** ve srovnání s preferencí páření určitých alel. U druhů, které tvoří párové vazby, mohou být preference páření teoreticky uplatňovány **jak v procesu párování**, tak **při následném extrapárovém páření** a mohou se zaměřit buď **na specifické alely (dobré geny)**, nebo na alely, které se dobře shodují s **vlastním genotypem samice (kompatibilní geny)**.

Výběr zprostředkovaný patogeny tedy může působit přímo na organismy cestou přirozeného výběru a nepřímo cestou pohlavního výběru podle scénáře „Červené královny“.

Když je sociální výběr partnera z velké části řízen výhodami negenetických zdrojů a je náhodný s ohledem na geny, **genetické preference mohou být uplatněny při výběru mimopárového partnera. Samice tak mohou získat to nejlepší (zdroje a geny) ze dvou oddělených situací volby.** Když sociální monogamie omezuje výběr ženských genů, vyvine se mimopárové páření. Čím silnější jsou genetické přínosy prostřednictvím selekce zprostředkované patogeny na zdatnost potomstva, tím více úsilí by měly samice věnovat extrapárovému páření. Když se frekvence prospěšných alel zvyšuje a patogeny se stávají méně škodlivými, extrapárové páření se stává méně důležitým. Model „**Promiskuitní červené královny**“ je tedy **možným vysvětlením rozdílů v systémech mimopárového páření pozorovaných mezi druhy a populacemi, zejména u pěvců.**

Že by konečně ten pravý ?



Člověk jako hostitel

Koevoluce s cizopasníky a patogeny !

Člověk jako hostitel



Vliv cizopasníků na historii lidstva

Ekonomický význam pro lidské zdraví

Ekonomický význam pro zdraví hospodářských zvířat

Parazitární infekce člověka

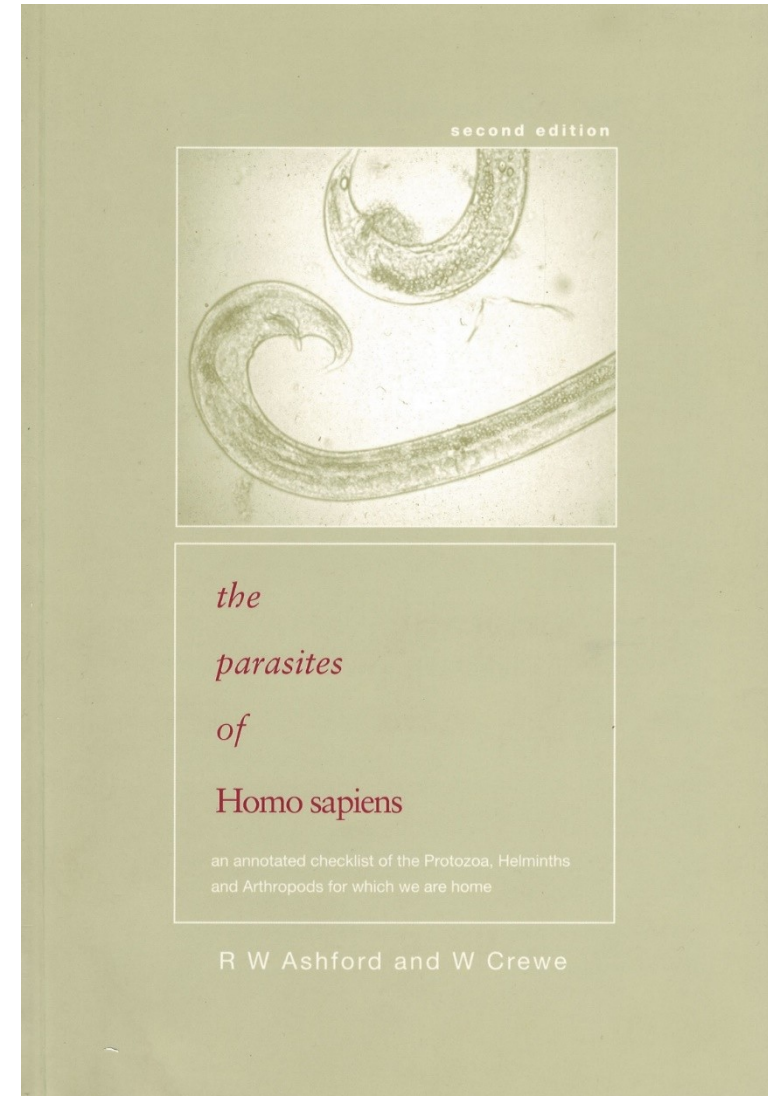
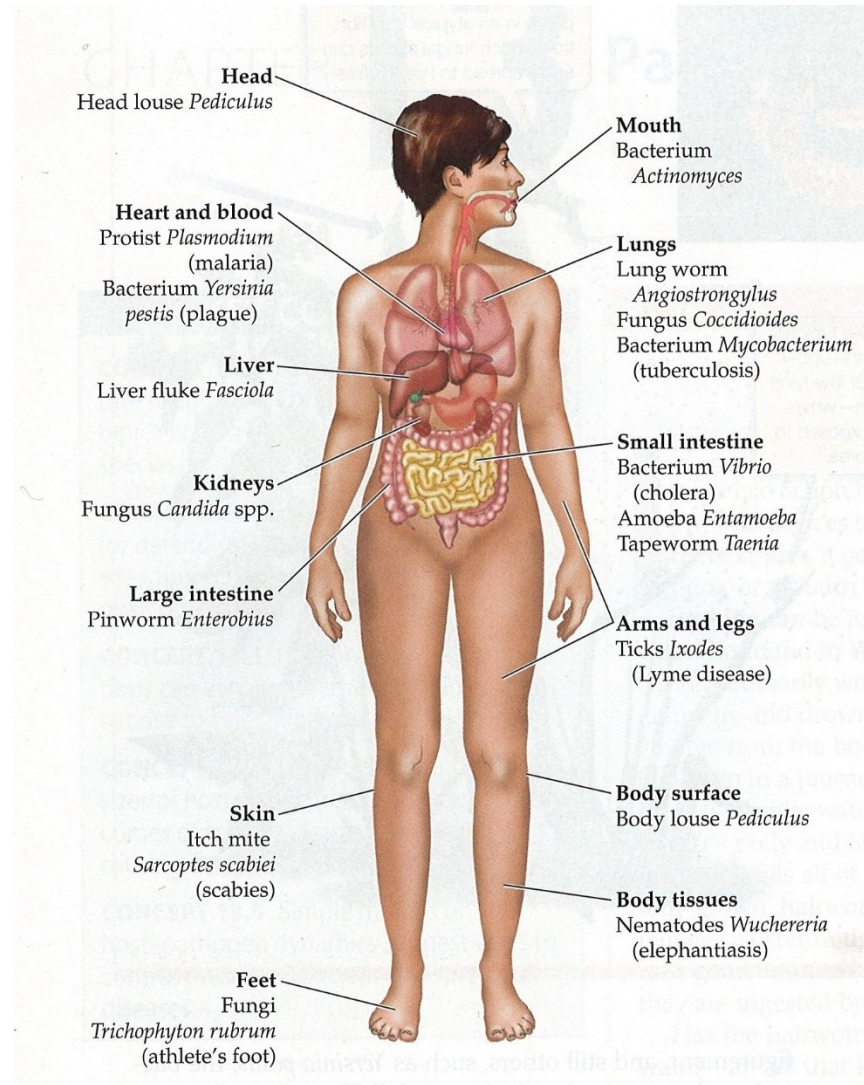
- Parazitární infekce způsobují obrovskou zátěž nemocí jak v tropech a subtropích, tak i v mírnějším podnebí. Ze všech parazitárních onemocnění způsobuje **malárie nejvíce úmrtí na celém světě**. Malárie každoročně **zabije více než 400 000 lidí, většinou malých dětí v subsaharské Africe**.
- Mezi **opomíjené tropické nemoci (NTD)**, které trpí nedostatkem pozornosti ze strany komunity veřejného zdraví, patří parazitární onemocnění, jako je **lymfatická filarióza, onchocerciáza a nemoc vlasovce guinejského**.
- **NTD postihují více než 1 miliardu lidí na celém světě**, převážně ve venkovských oblastech zemí s nízkými příjmy. Tyto nemoci si vybírají velkou daň na endemických populacích, včetně **ztráty schopnosti navštěvovat školu nebo práci, zpomalení růstu u dětí, poškození kognitivních dovedností a vývoje u malých dětí a vážné ekonomické zátěže** uvalené na celé země.
- Parazitární infekce však **postihují i osoby žijící ve vyspělých zemích**, včetně Spojených států.

Paraziti člověka – trvalý problém

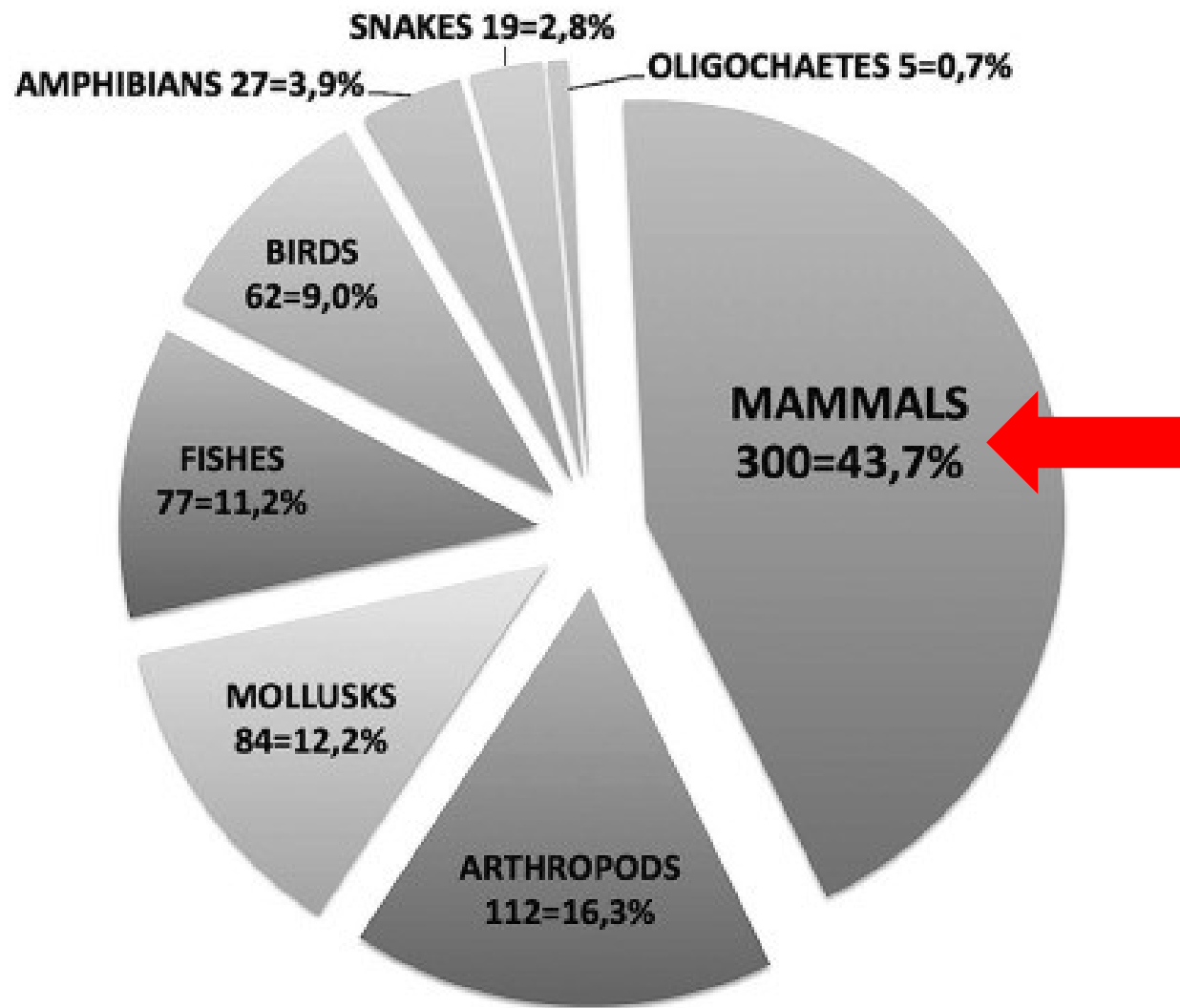
- Parazitární infekce způsobují **globální zdravotní problémy**, protože postihují **miliardy lidí na celém světě** s různou závažností onemocnění.
- Více než **30 % světové lidské populace** je postiženo škrkavkou "*Ascaris lumbricoides*". Výskyt některých parazitárních onemocnění, včetně **malárie a schistosomiázy**, rok od roku stoupá.
- **Epidemie AIDS** zhoršila situaci tím, že způsobila **zvýšený výskyt parazitárních oportunních infekcí**, které postihují především lidi se slabou imunitou prostřednictvím stavů, jako je **kryptosporidióza, pneumocystická pneumonie a strongyloidiáza**.
- **Uprchlíci a infikovaní lidé** pohybující se mezi oblastmi s vysokým výskytem způsobují nárůst parazitárních onemocnění, která se objevují v místech, která byla dříve bez těchto infekcí. Systém **veřejného zdravotnictví musí vyvinout lepší strategie**, protože parazitární onemocnění nadále představují trvalou výzvu pro globální zdraví.

Lidské tělo jako habitat

Rozdílné části lidského těla představují vhodné
habitaty pro různé druhy cizopasníků



Paraziti člověka jako indikátor ko-evoluce s jejich animálními hostiteli



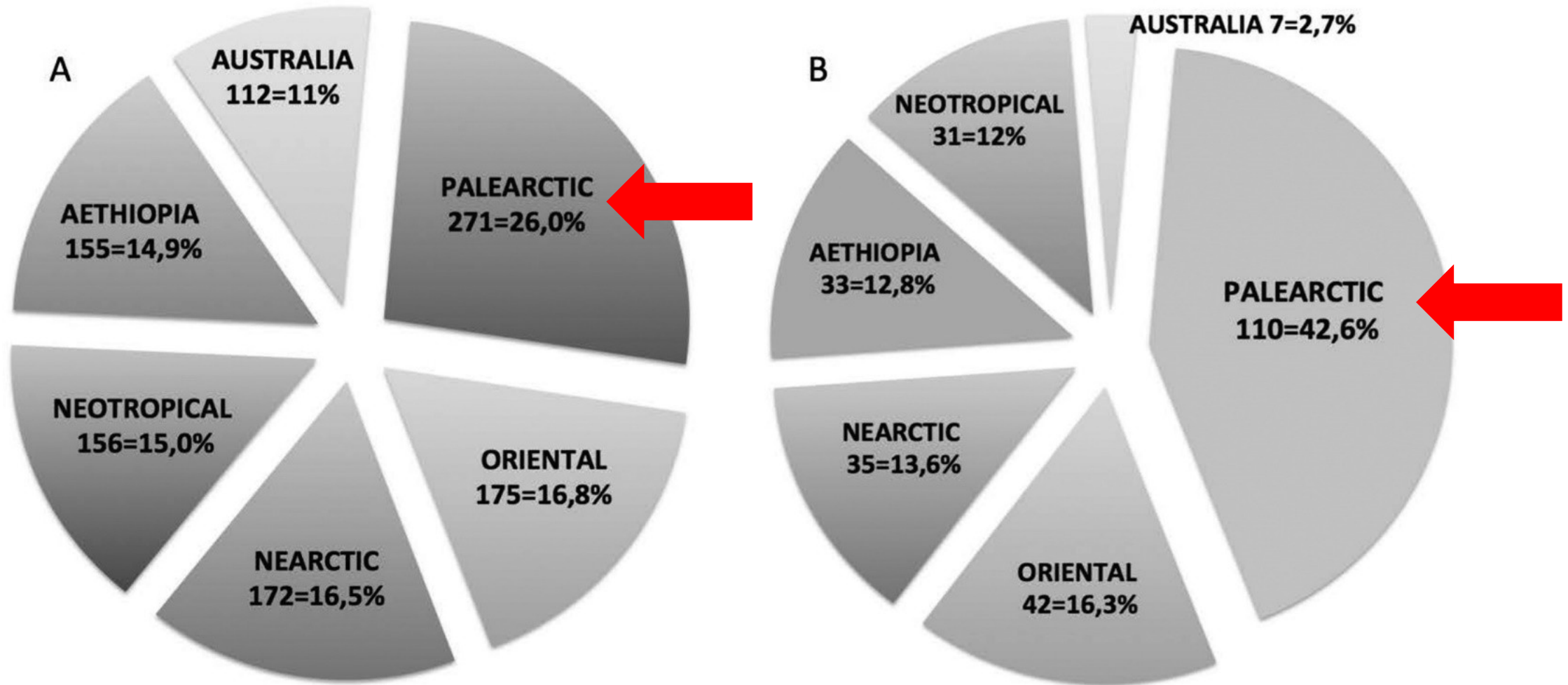
Dominují savci celkem,
což je 300 druhů = 43,7%

Mapa šesti hlavních zoogeografických oblastí odkud paraziti člověka pocházejí



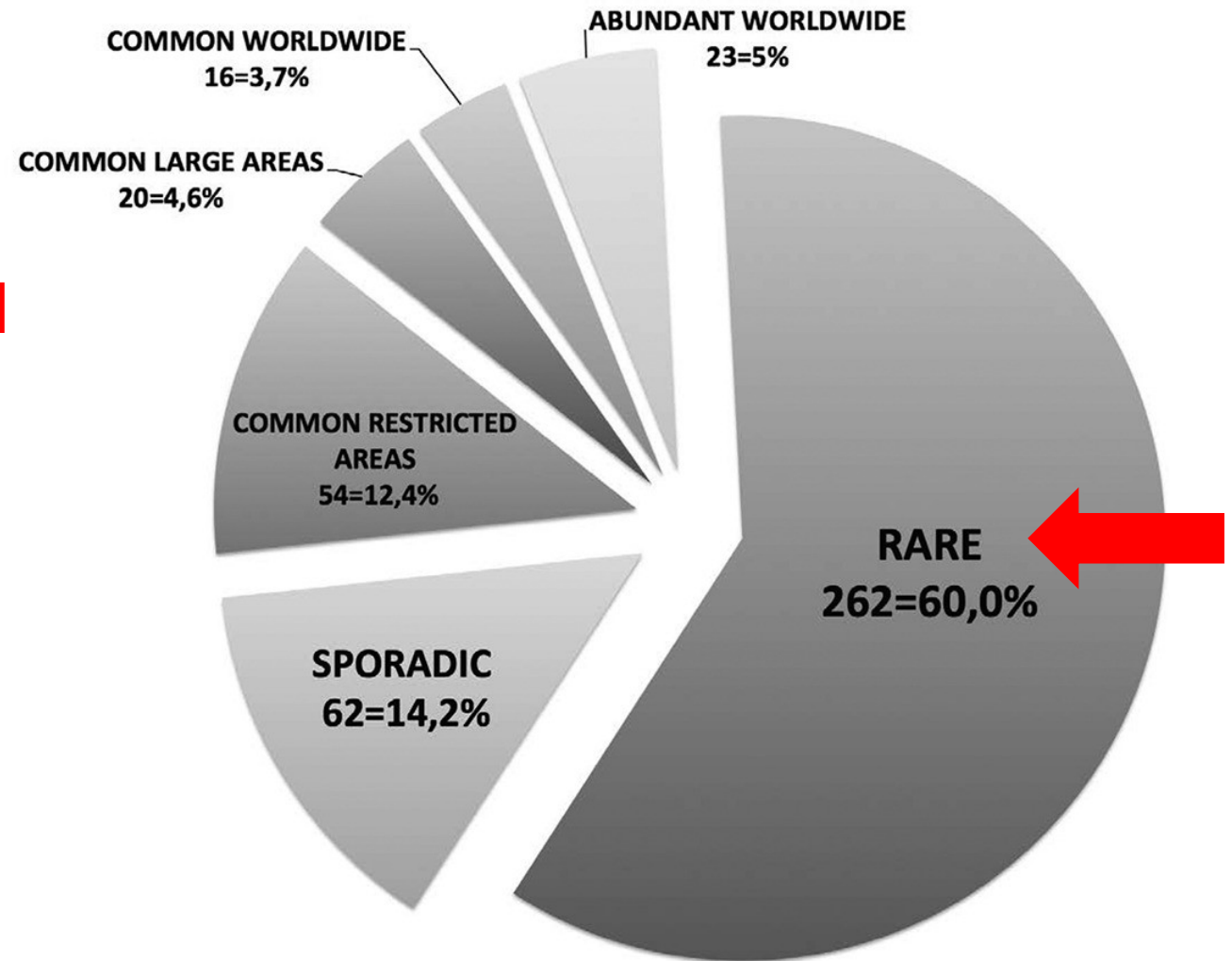
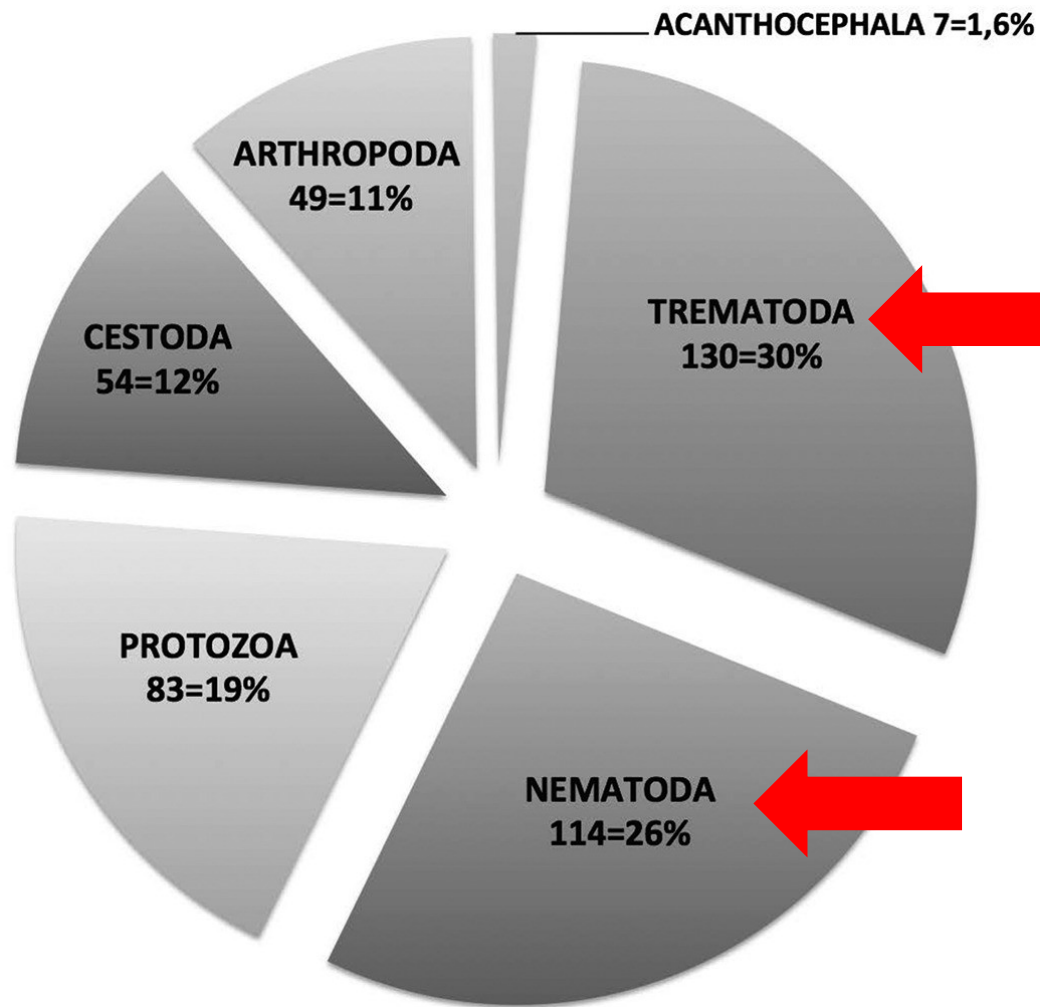
Počet a procento parazitů člověka v každé zoogeografické oblasti

(A – podle všech druhů, n = 1041, B – jen podle endemitů, n=258)

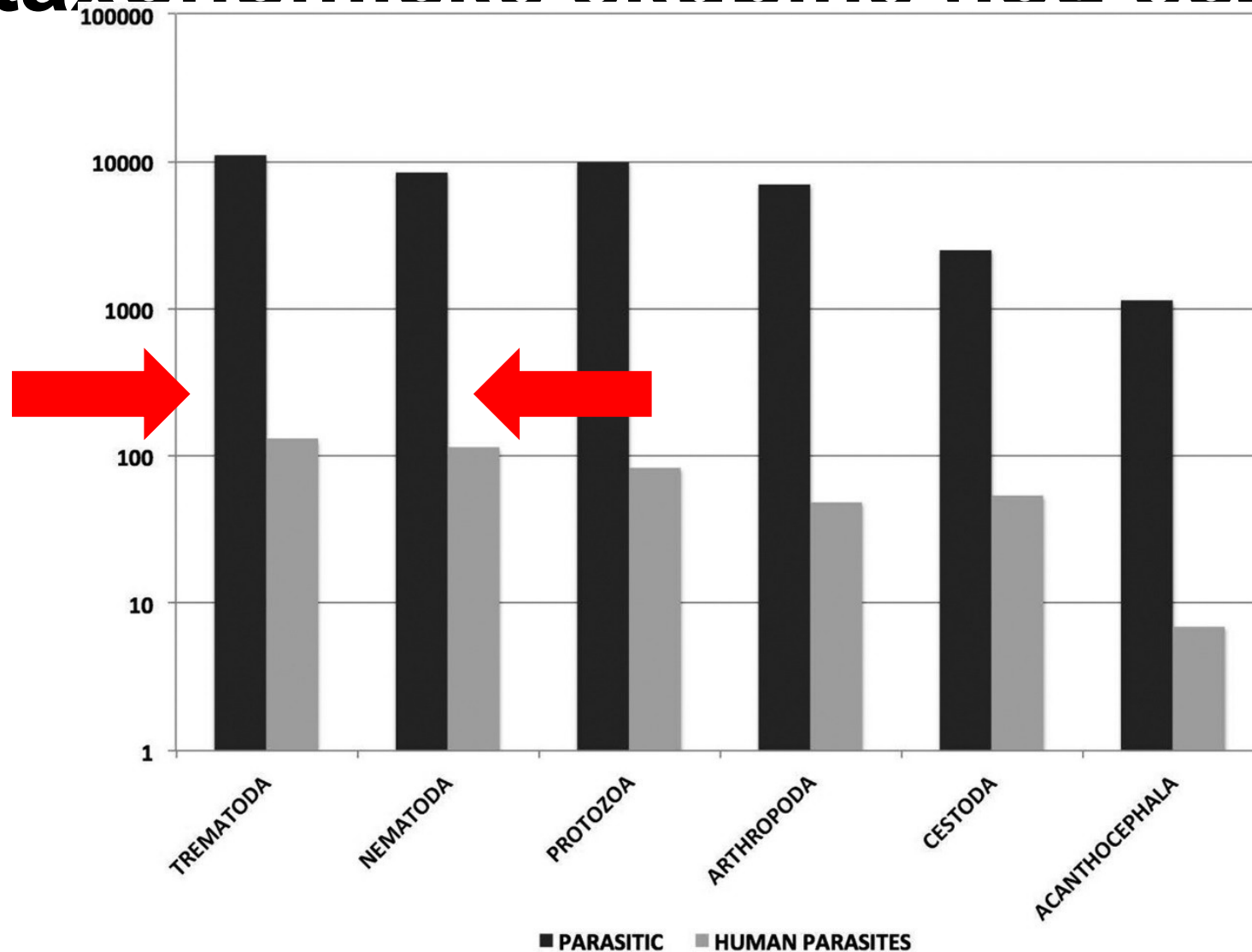


V obou případech dominuje Palearktická oblast: A = 26.0% B = 42,6%

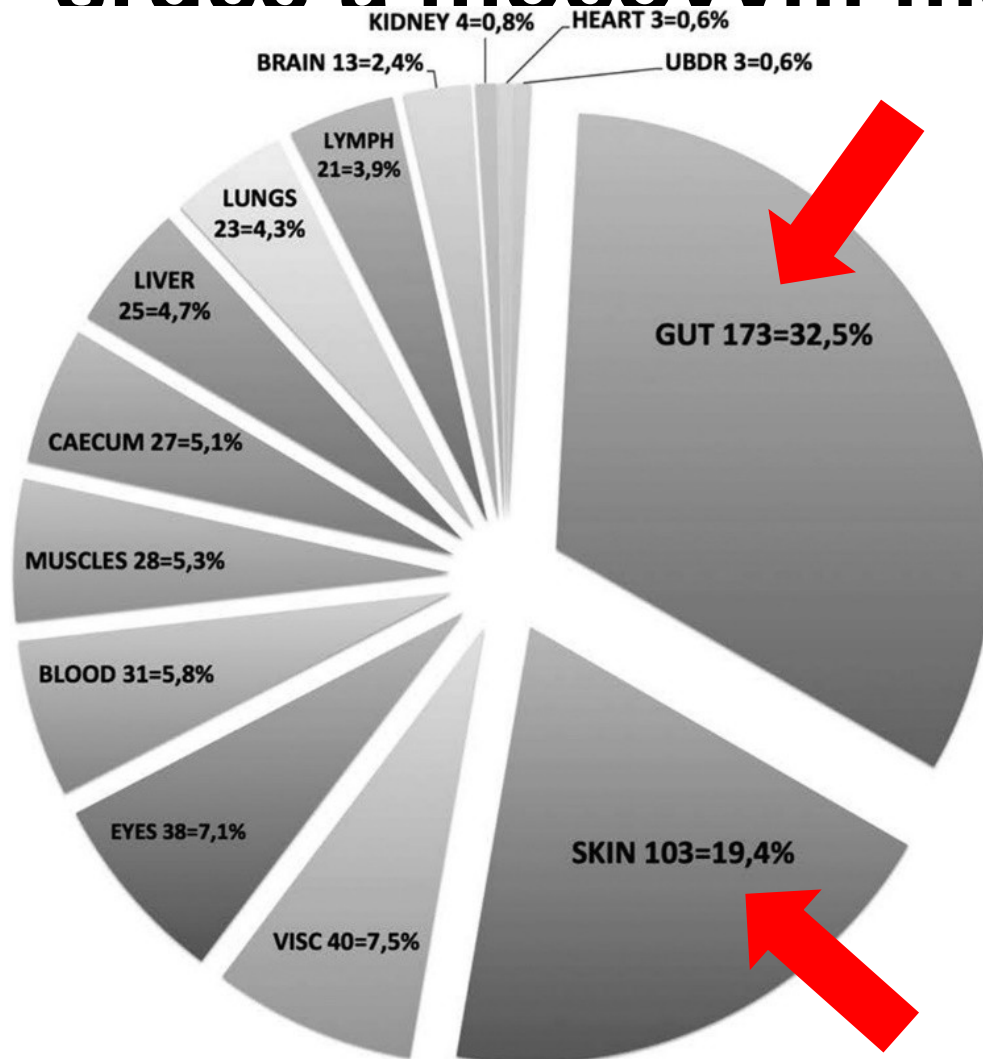
Počet a procento parazitů člověka podle taxonomických skupin (A) a podle jejich výskytu (B)



Celkový počet parazitů/parazitů člověka v každé hlavní taxonomické skupině (log scale)

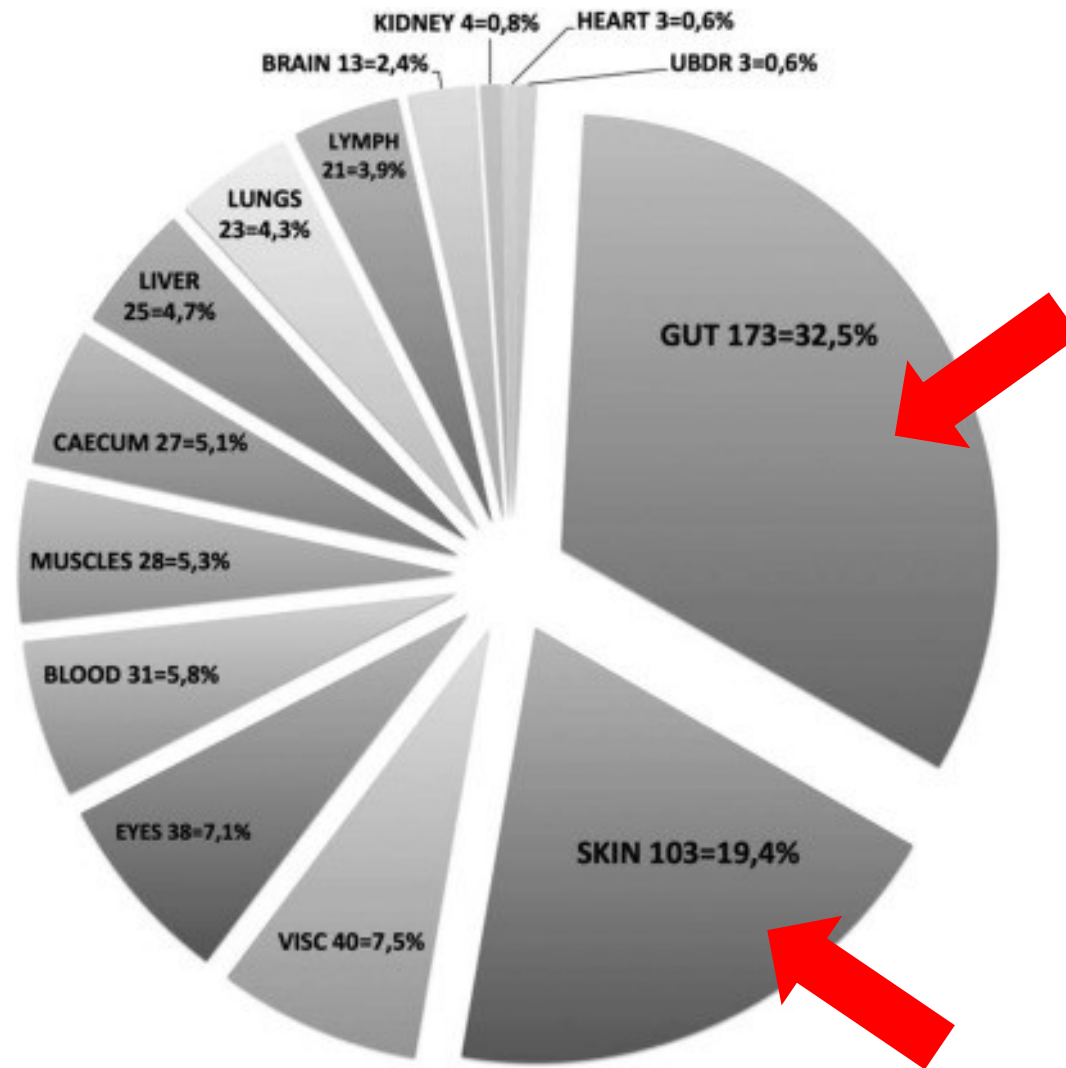


Počet a procento parazitů podle typu habitatu (střevo, kůže, viscerální orgány, oči, krev, svaly, játra, plíce, lymfatický systém, mozek, ledviny, srdce a močovém měchýř (n = 532)



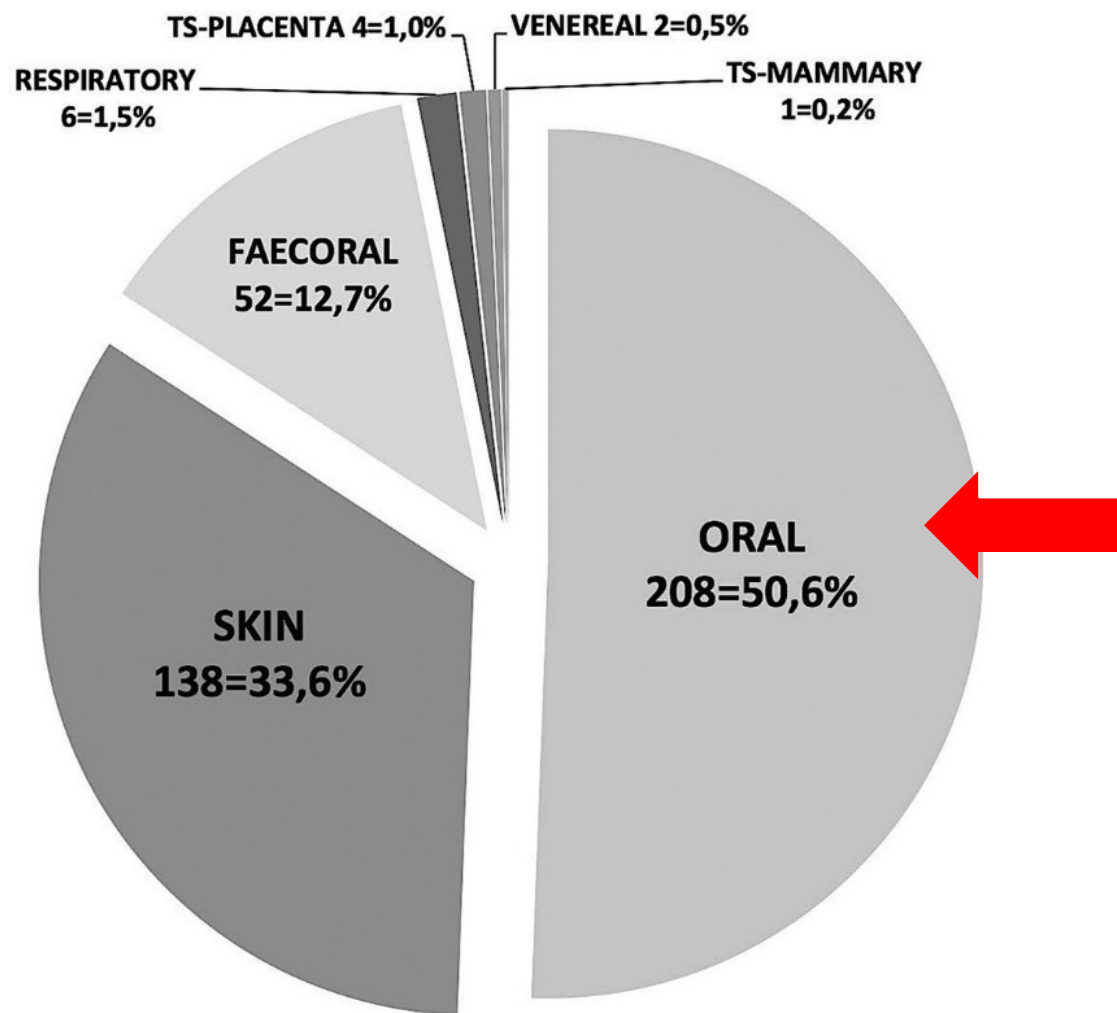
Jako habitat v lidské těle
dominuje **střevo** (32,5%)
a **kůže** (19,4%)

Distribuce parazitů člověka podle orgánů v/na těle hostitele



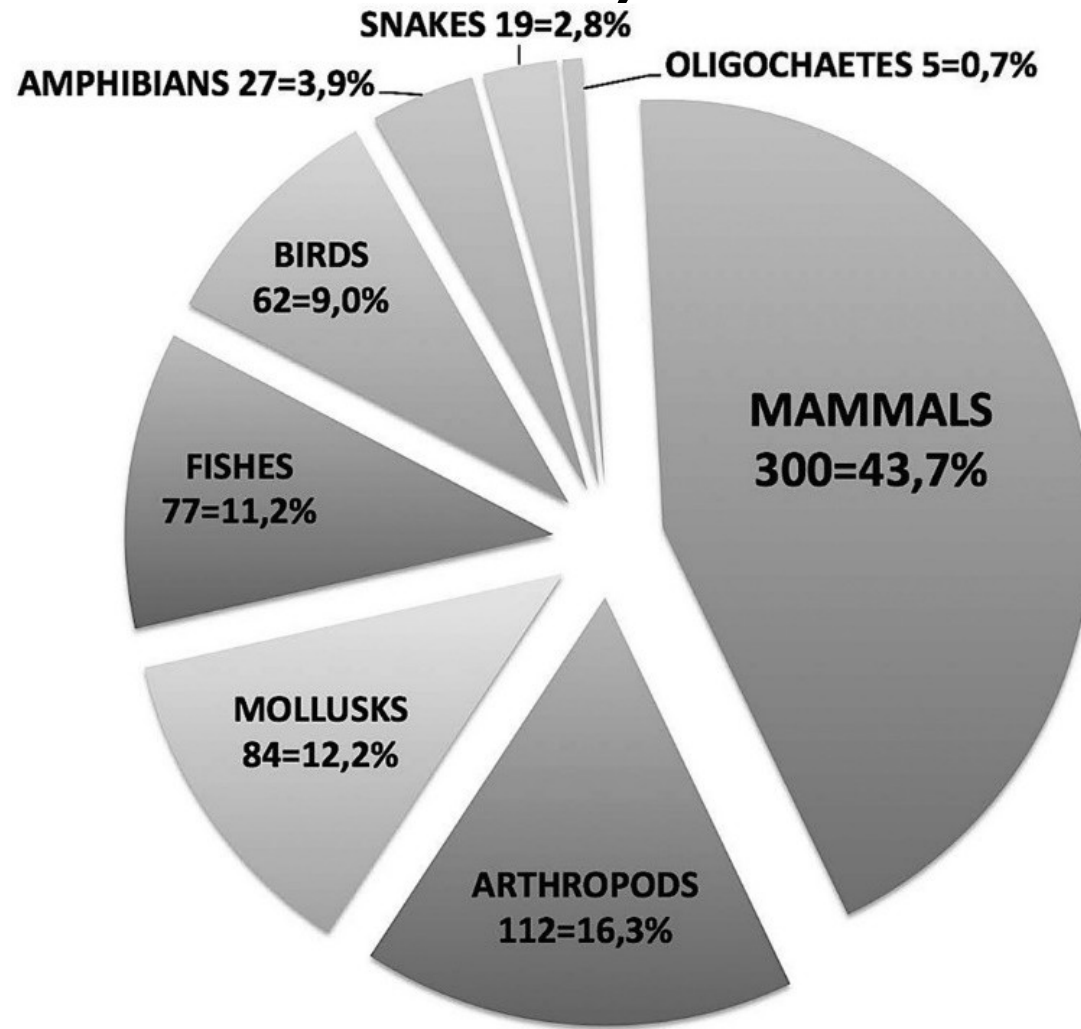
Dominuje průnik orání cestou (ingesce: 32,5%) a přes kůži (penetrace: 19,4%)

Způsob přenosu/infekce

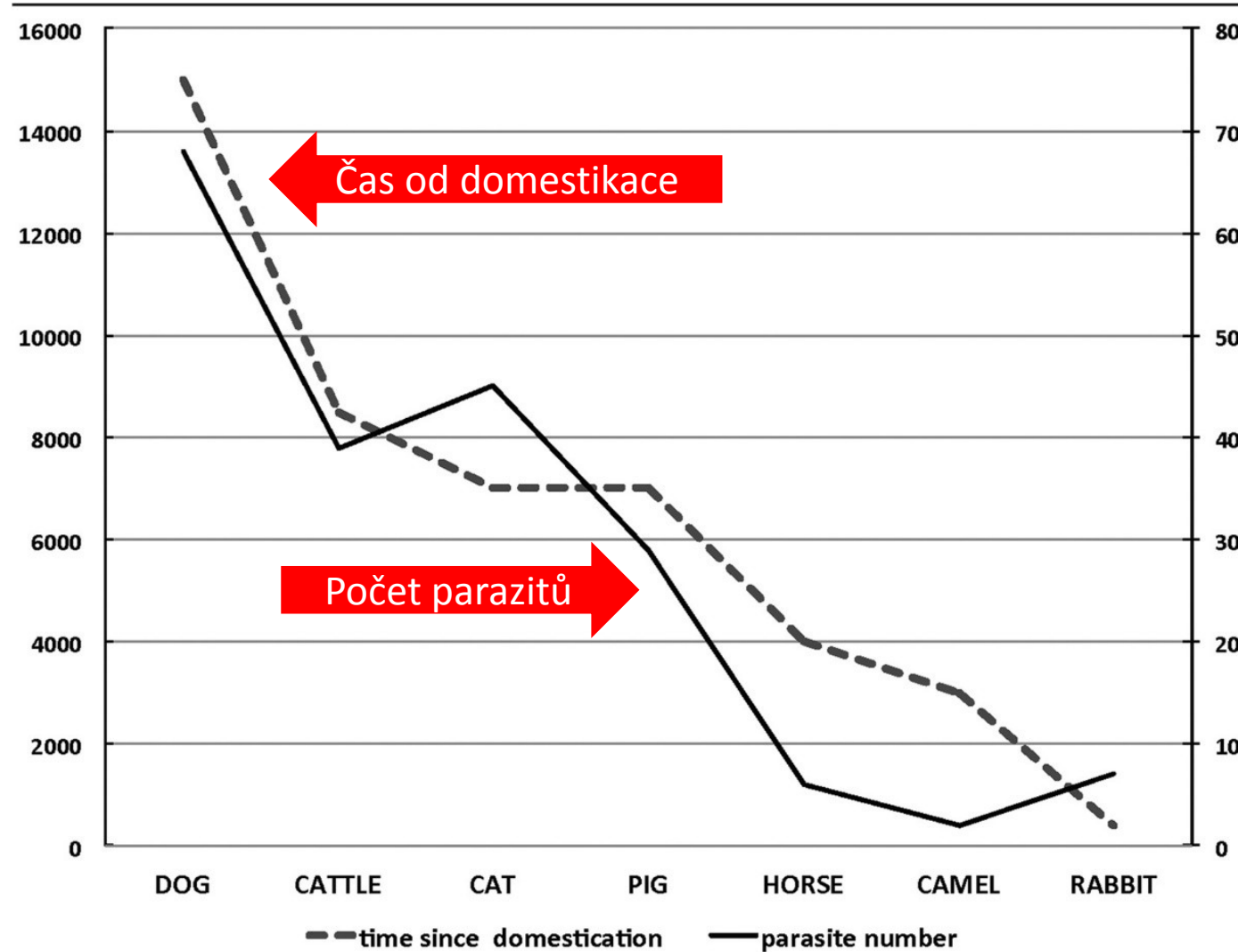


Legenda: orální = **ingesce**; kůže = **kontaminace**; oral-fekal; TS- **transplacentální**; TS- **mateřské mléko**; respiratory – **dýchací cesty**; veneral – **pohlavní orgány**; celkový počet druhů parazitů **n = 411**)

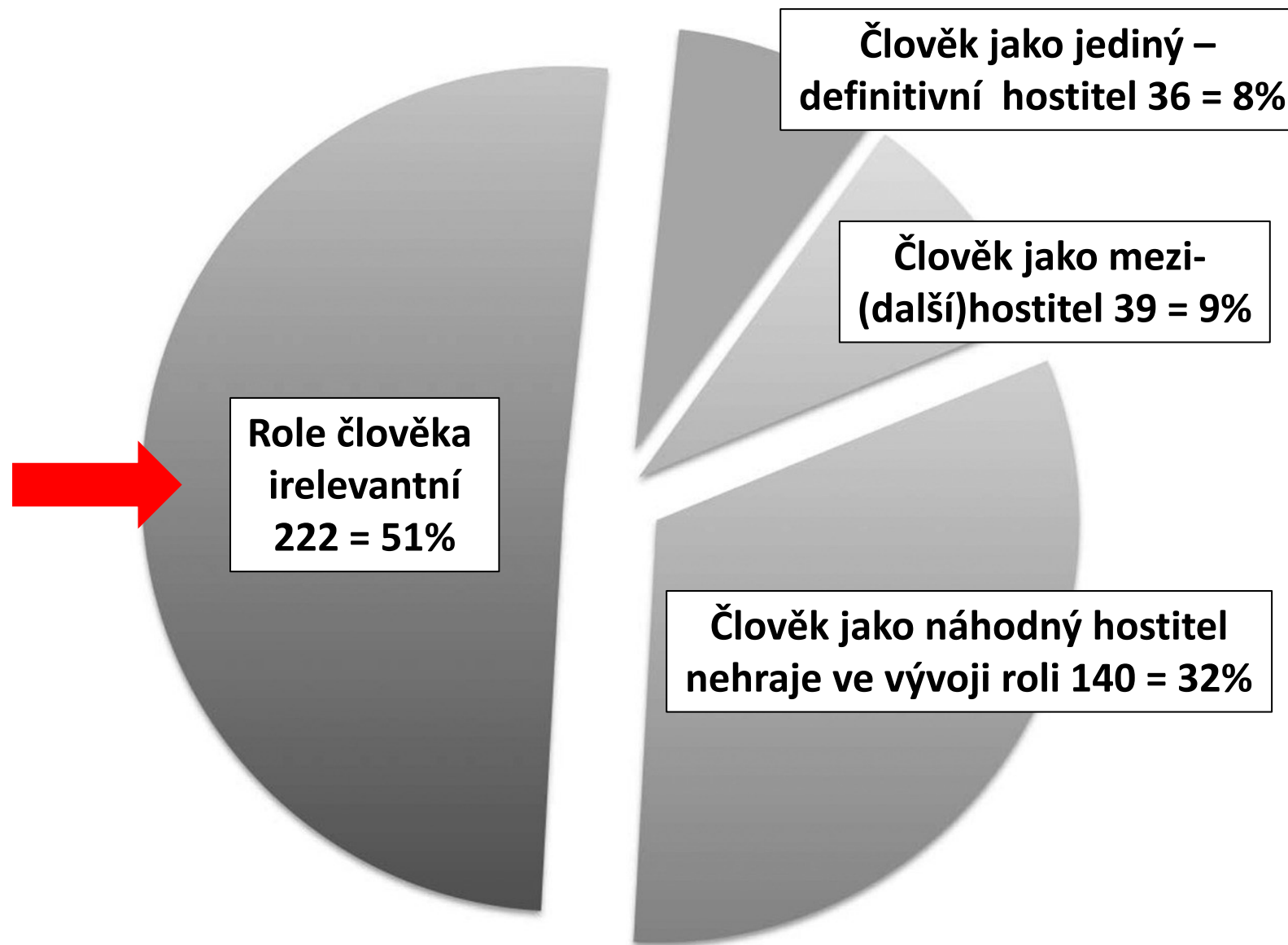
Počet a procento hostitelů v životním cyklu: (savci, měkkýši, ryby, práci, obojživelníci, hadi, máloštětinatci jako vektoři, rezervoár nebo mezihostitelé (n =686)



Asociace parazitů člověka s parazity domestikovaných zvířat

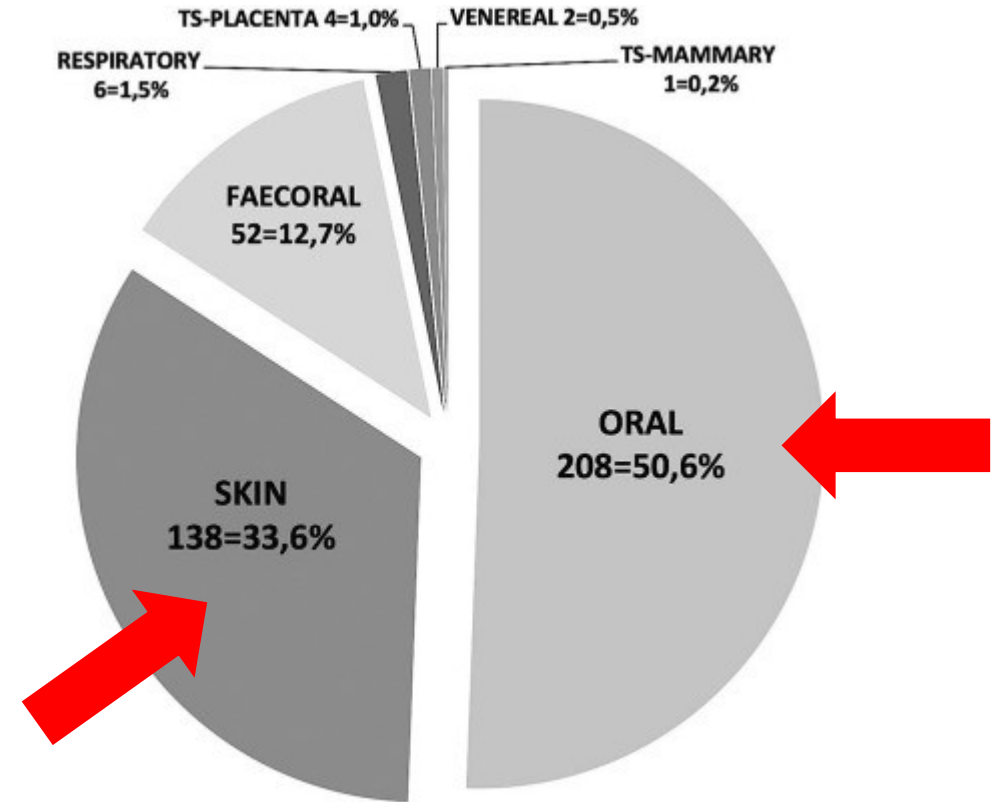
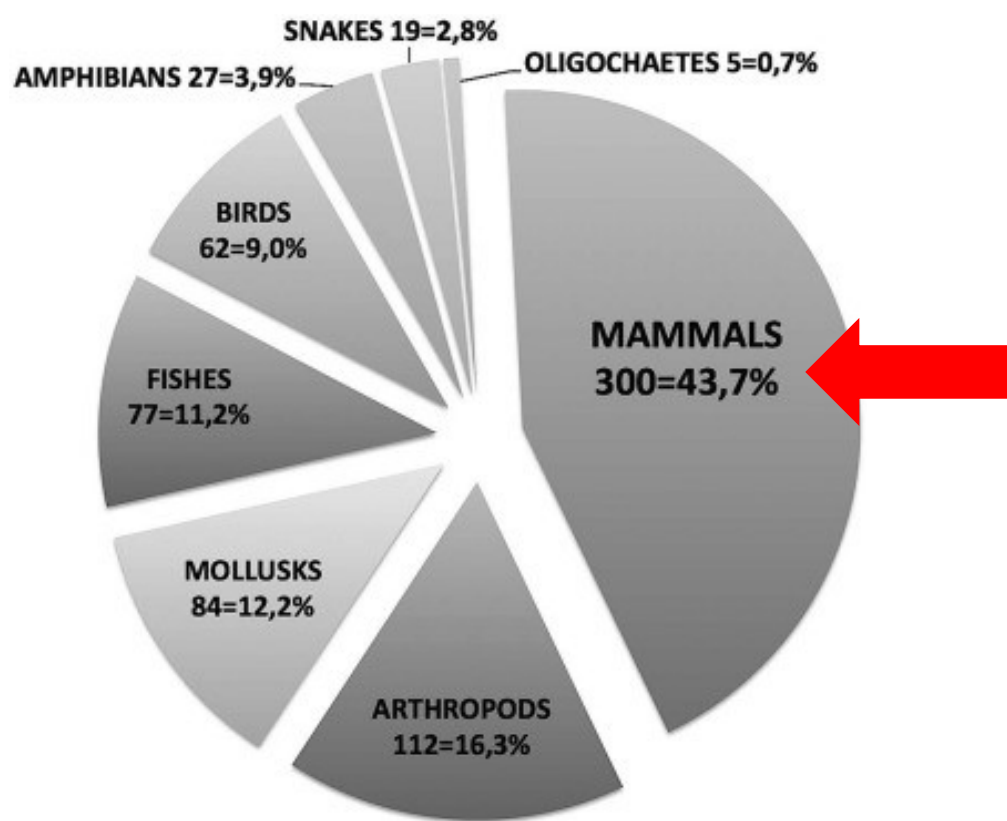


Hostitelská specifická – počet typů hostitelů



Lidští parazité jako stopaři evoluce svých hostitelů

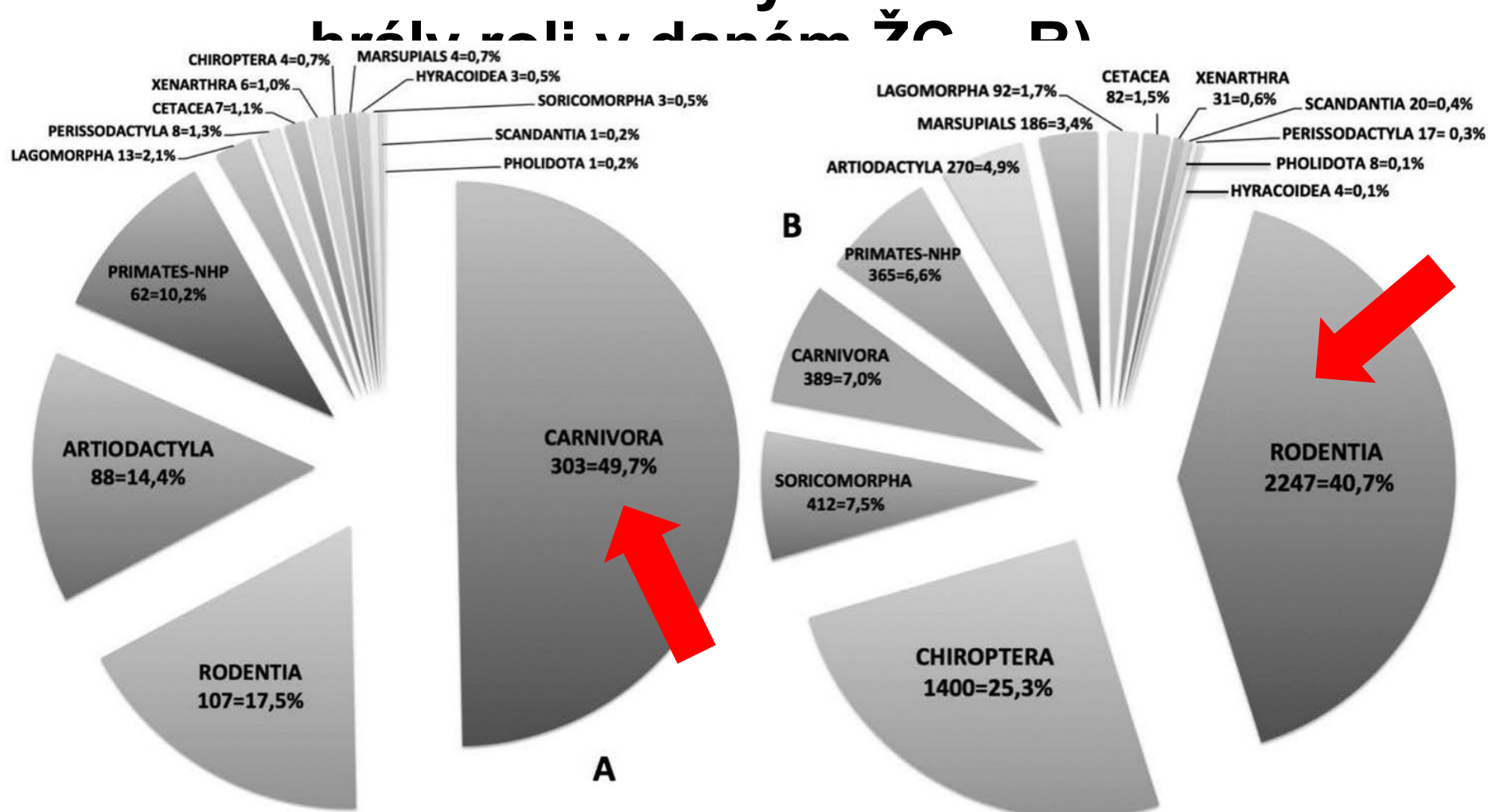
(z jakých hostitelů pocházejí)



spektra

14 řádů animálních hostitelů

(A -stejné druhy parazitů byly započítávány opakovaně pokud druhy



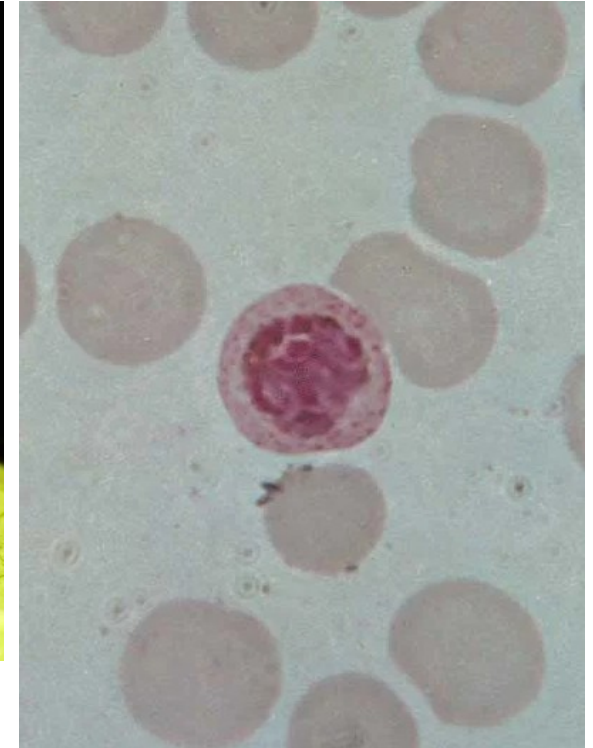
Rozdíly mezi parazitem a hostitelem

Parazit *versus* Hostitel

Parazitismus

Parazitismus je forma **antagonistické symbiózy s metabolickou závislostí**, která se v průběhu evoluce objevila druhotně. Paraziti využívají jedince z jiných druhů, nazývané **hostitelé**, opakovaně a po dlouhou dobu jako **zdroj potravy a stanoviště**.

Parazitismus je **prospěšný pro parazita a škodlivý pro hostitele**.



Parazit

- Parazit je organismus (rostlina, živočich, houba), který žije na povrchu nebo uvnitř jiného organismu a živí se jím. Parazit se **vyvíjí na úkor hostitele, který postupně ztrácí svou vitalitu.**
- Na rozdíl od predátorů **paraziti nezabíjejí organismy**, které používají jako potravu. V některých případech může způsobit jejich smrt, ale po určité době.



Parasitism Examples

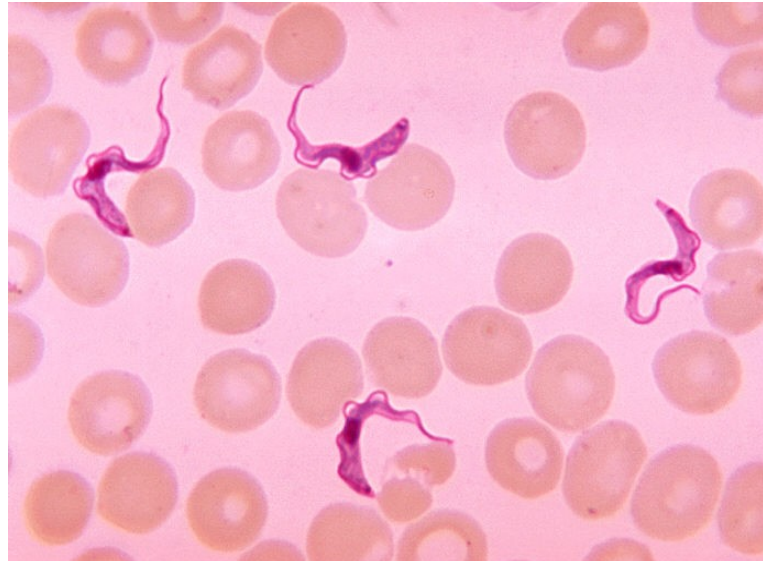
Morfologické adaptace parazitů !

- Parazité mají často **morfologické znaky, které je přizpůsobují jejich parazitickému životnímu stylu**. Například měchovec má na konci těla řezné destičky, aby se mohl zaháknout do střevní stěny a živit se hostitelskými živinami ve střevech. Měchovec je endoparazit, který žije uvnitř těla.
- Ektoparazit, jako je veš, má zploštělé nohy s drápy, které se přichytí k chlupům na těle. Blechy jsou dalším příkladem ektoparazita, který má velké zadní nohy pro skákání a zploštělé tělo.



Hostitel

- Hostitel je **organismus, který slouží jako zdroj potravy a stanoviště parazita.**
- V závislosti na jejich úloze ve vývoji a existenci parazitů lze hostitele rozdělit na obligátní, paratenické a potenciální.
- Obligátní jsou hostitelé, bez kterých parazit nemůže dokončit svůj vývojový cyklus a zajistit svou existenci jako druhu.
- V závislosti na stádiu vývoje parazita se obligátní hostitelé dělí na:



Srovnání parazita a hostitele !

Srovnání parazita a hostitele	Parazit	Hostitel
Definice	Parazit je organismus, který žije na povrchu nebo uvnitř jiného organismu a živí se jím.	Hostitel je organismus, který slouží jako zdroj potravy a stanoviště parazita
Typy	Podle lokalizace jsou paraziti endoparazité nebo ektoparazité; podle své ontogeneze a způsobu života jsou paraziti obligátní, fakultativní nebo pseudoparazité; Podle časového rozpětí parazitismu jsou paraziti dočasní, trvalí nebo tranzitní.	V závislosti na jejich úloze ve vývoji a existenci parazitů lze hostitele rozdělit na obligátní, paratenické a potenciální; V závislosti na stupni vývoje parazita se obligátní hostitelé dělí na konečného, středního a dalšího hostitele; V závislosti na vývoji parazita v paratenickém hostiteli se dělí na euparatenické, paraparatenické a metaparatenické.
Působení	Parazit má z hostitele prospěch, využívá ho jako zdroj potravy a stanoviště.	Parazit má na hostitele nepříznivý vliv na jeho přežívání a fyziologický stav. V některých případech může parazit způsobit hostiteli smrt.
Ovlivňující faktory	Faktory, které určují průběh parazitózy, jsou patogenita, druhové vlastnosti, adaptace, množství, reprodukční potenciál, lokalizace parazitů atd.	Faktory, které určují průběh parazitózy, jsou stav imunitního systému, ochranné reflexy, imunopatologické reakce, výživa hostitelů, doprovodná onemocnění atd. Pokud je hostitelem člověk, důležitými faktory jsou životní styl, kultura, úroveň zdravotní péče atd.

Shrnutí: parazit vs. hostitel:

- Parazitismus je forma **antagonistické symbiózy s metabolickou závislostí**, která se v průběhu evoluce objevila druhotně.
- Parazit je organismus, který žije **na povrchu nebo uvnitř** jiného organismu a živí se jím.
- Hostitel je organismus, který slouží jako **zdroj potravy a stanoviště** parazita.
- Podle lokalizace jsou paraziti **endoparazité** nebo **ektoparazité**; podle své ontogeneze a způsobu života jsou paraziti **obligátní, fakultativní** nebo **pseudoparazité**; Podle časového rozpětí parazitismu jsou paraziti **temporární, periodičtí** nebo **tranzitní**.
- V závislosti na jejich úloze ve vývoji a existenci parazitů lze hostitele rozdělit na obligátní, paratenické a potenciální; V závislosti na stupni vývoje parazita se obligátní hostitelé dělí na definitivního, mezihostitele a vedlejšího hostitele; V závislosti na vývoji parazita v paratenickém hostiteli se dělí na euparatenické, paraparatenické a metaparatenické.
- **Parazit má z hostitele prospěch**, využívá ho jako zdroj potravy a stanoviště. Paraziti mají negativní vliv na přežití a fyzickou kondici hostitelů. V některých případech mohou paraziti způsobit smrt hostitelů.
- Faktory, které **určují průběh parazitózy**, jsou **patogenita, druhové charakteristiky, adaptace, množství, reprodukční potenciál, lokalizace parazitů; stav imunitního systému, ochranné reflexy, imunopatologické reakce, doprovodná onemocnění a výživa hostitele**.

Hostitel/člověk jako ekosystém !

Jak definujeme ekosystém ?

Ekosystém je obecné označení **pro ucelenou část přírody** (biosféry). Příkladem je např. ekosystém listnatého lesa nebo vlhké nekosené (nevypoužívané) louky. Protože není zpravidla jednoznačně specifikováno, jakou prostorovou velikost by měl ekosystém mít, lze za ekosystém považovat **v extrémním případě i celou biosféru** a naopak, **třeba i trávicí trakt přežvýkavce** (s výskytem bakterií a nálevníků).



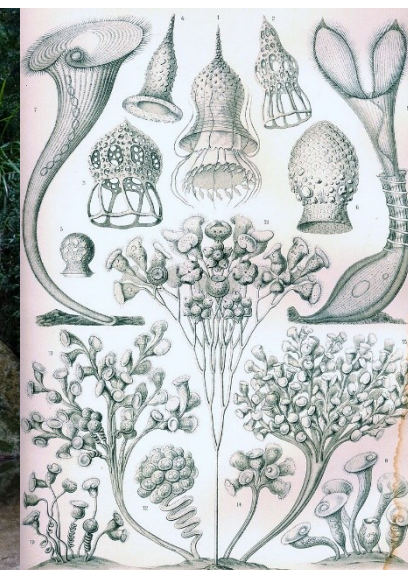
Korálový útes



Africká savana



Tropický deštný les



Nálevníci v zažívacím traktu

Ekosystém - kompartmenty

DŮLEŽITÉ PROCESY V EKOSYSTÉMECH

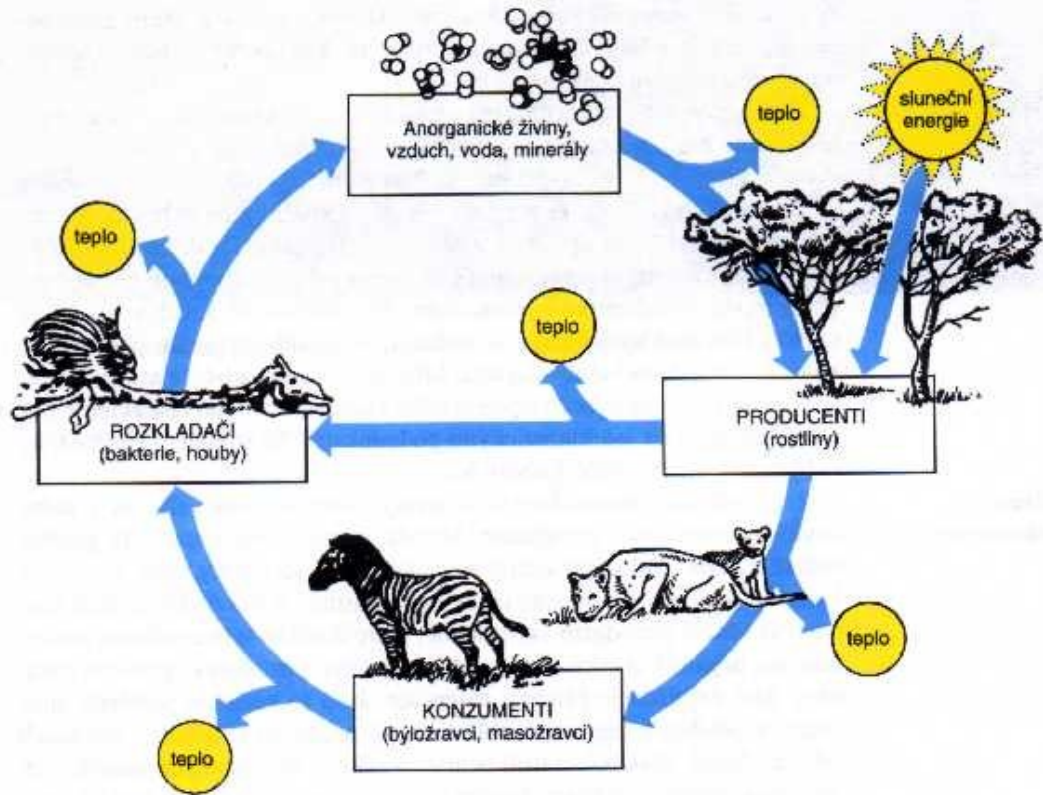
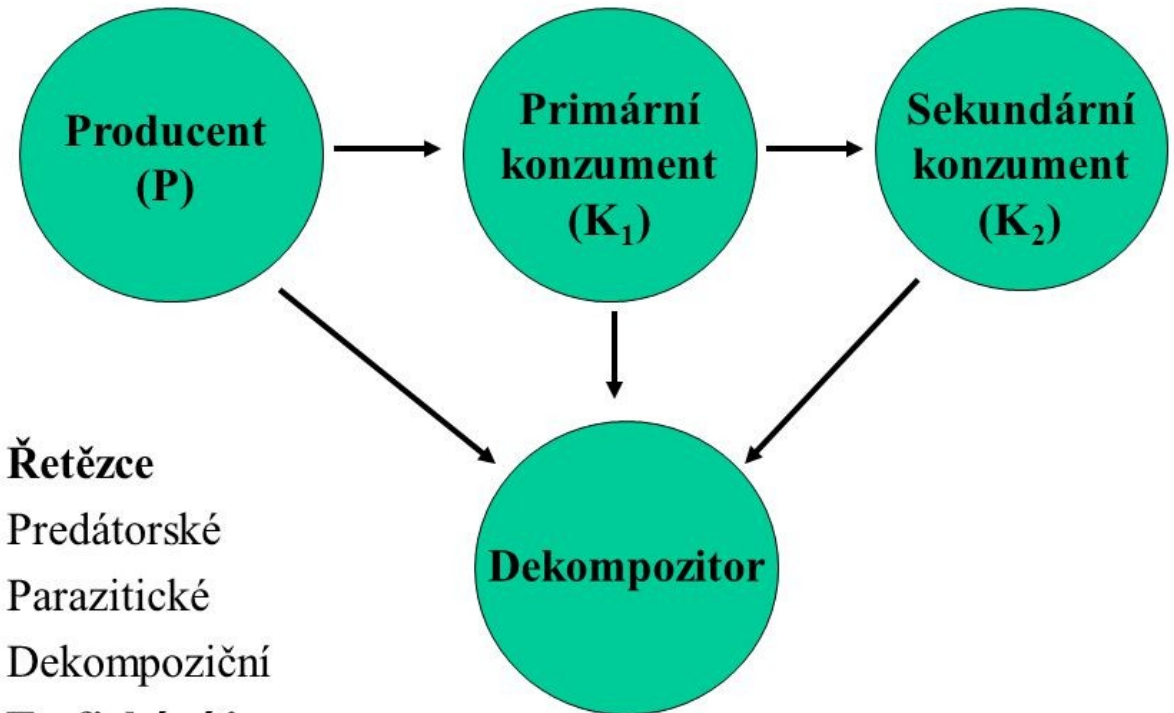


Schéma ukazuje toky látek a energie ekosystémem. Všechny ekosystémy jsou „poháněny“ sluneční energií a mají tři hlavní skupiny živých organismů: výrobce (producenty), spotřebitele (konzumenty) a rozkladače (destruenty).

(Podle: Miller, 1992)

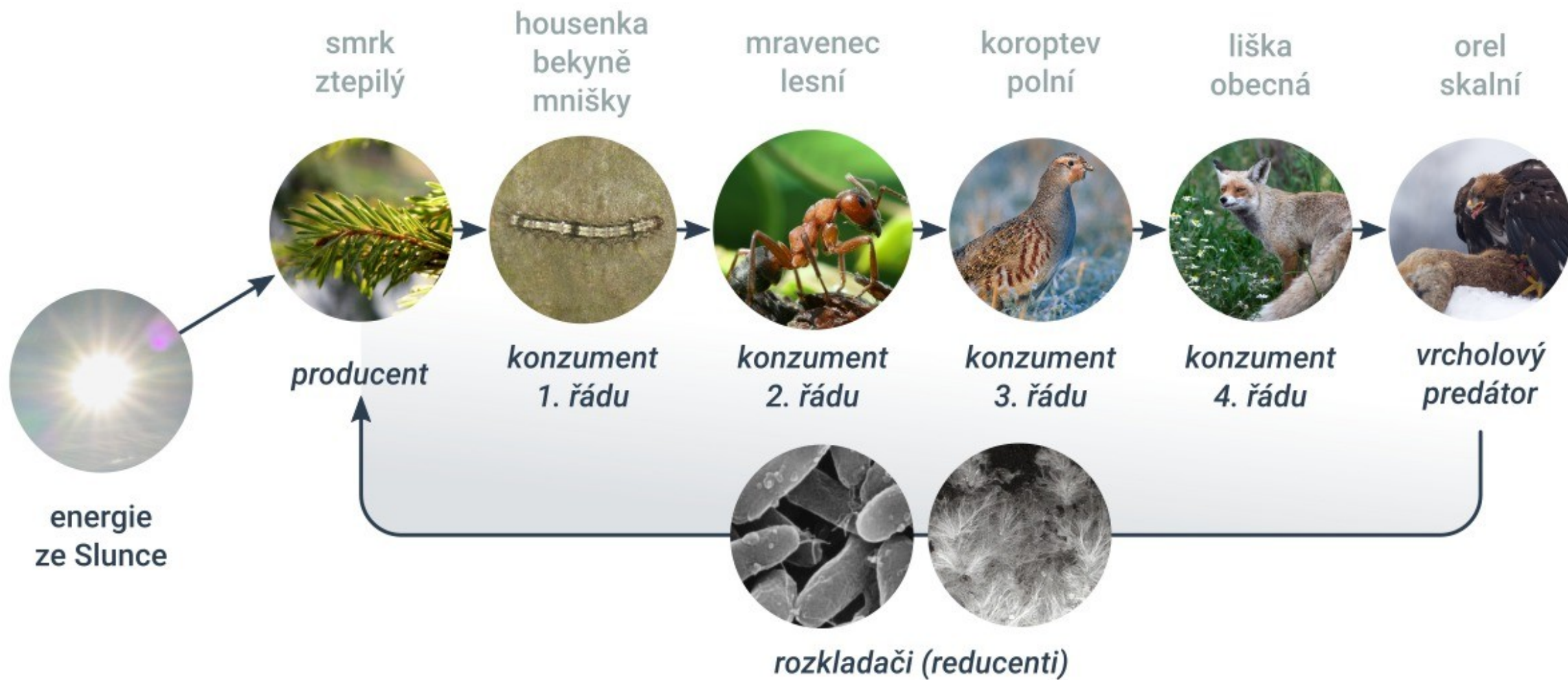
Potravní řetězce

33

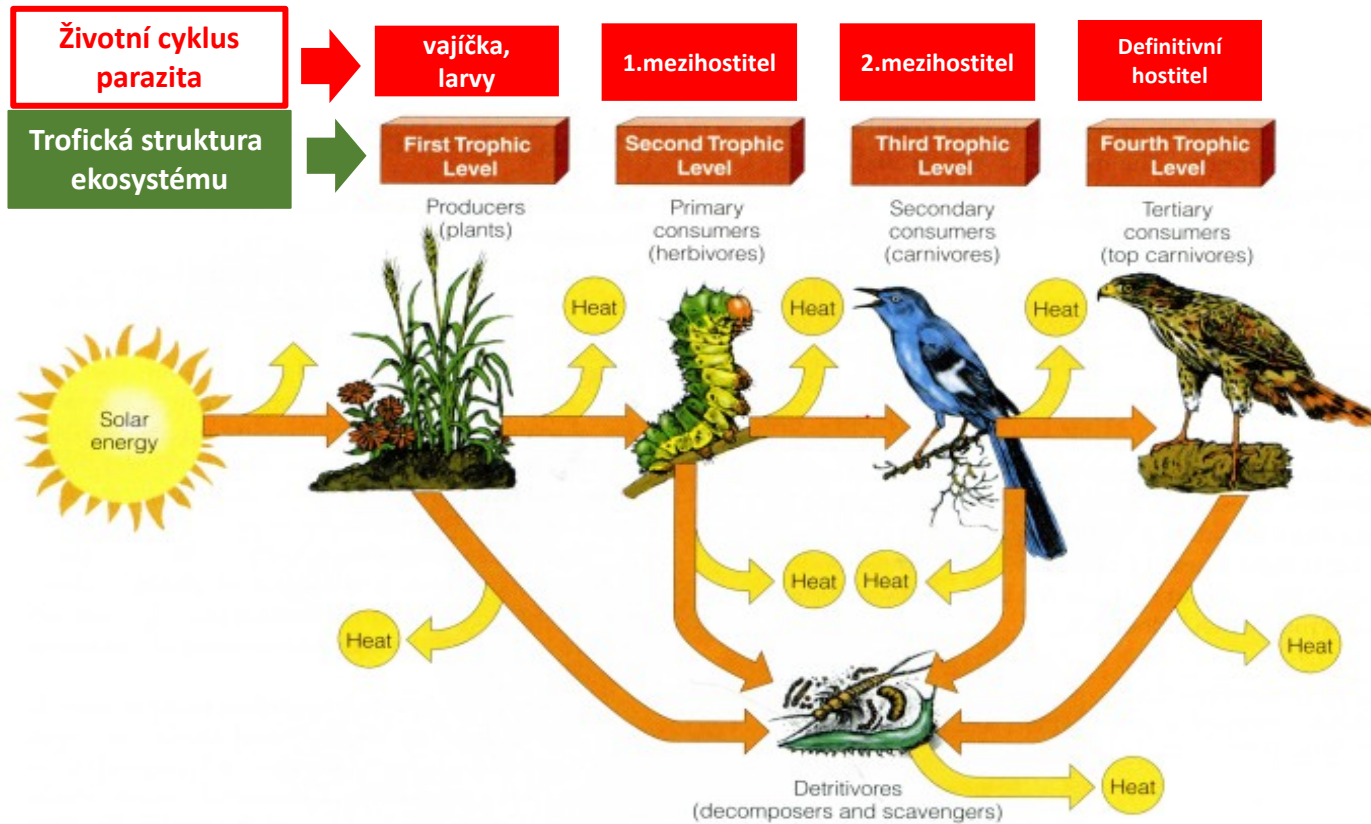


- Řetězce
 - Predátorské
 - Parazitické
 - Dekompoziční
- Trofická síť

Potravní řetězec – chybí zde paraziti !



Paraziti prostupují trofickou strukturu ekosystému

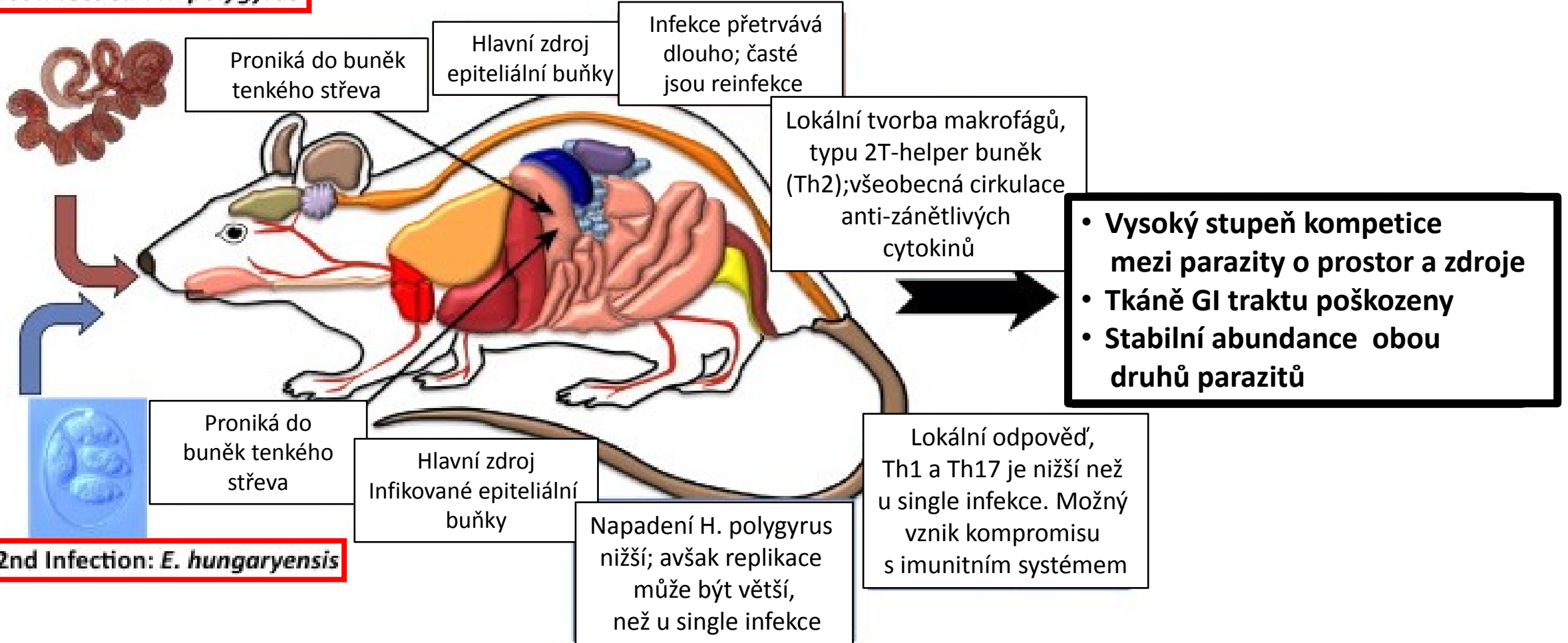


Organismus hostitele jako ekosystém

- Hostitele lze považovat za **ekosystém obývaný jeho parazity**.
- Nástroje ekologie **ekosystémů kompartmentalizují procesy** uvnitř hostitele, aby identifikovaly interakce mezi hostitelem a parazity.
- Stabilita, omezení prostředků, pravidla formování a místní versus globální škálování **jsou výrazné koncepty**.
- Je navrhováno **aplikovat tyto koncepty na nemoci volně žijících zvířat**.

Organismus hostitele jako ekosystém/habitat

1st Infection : *H. polygyrus*

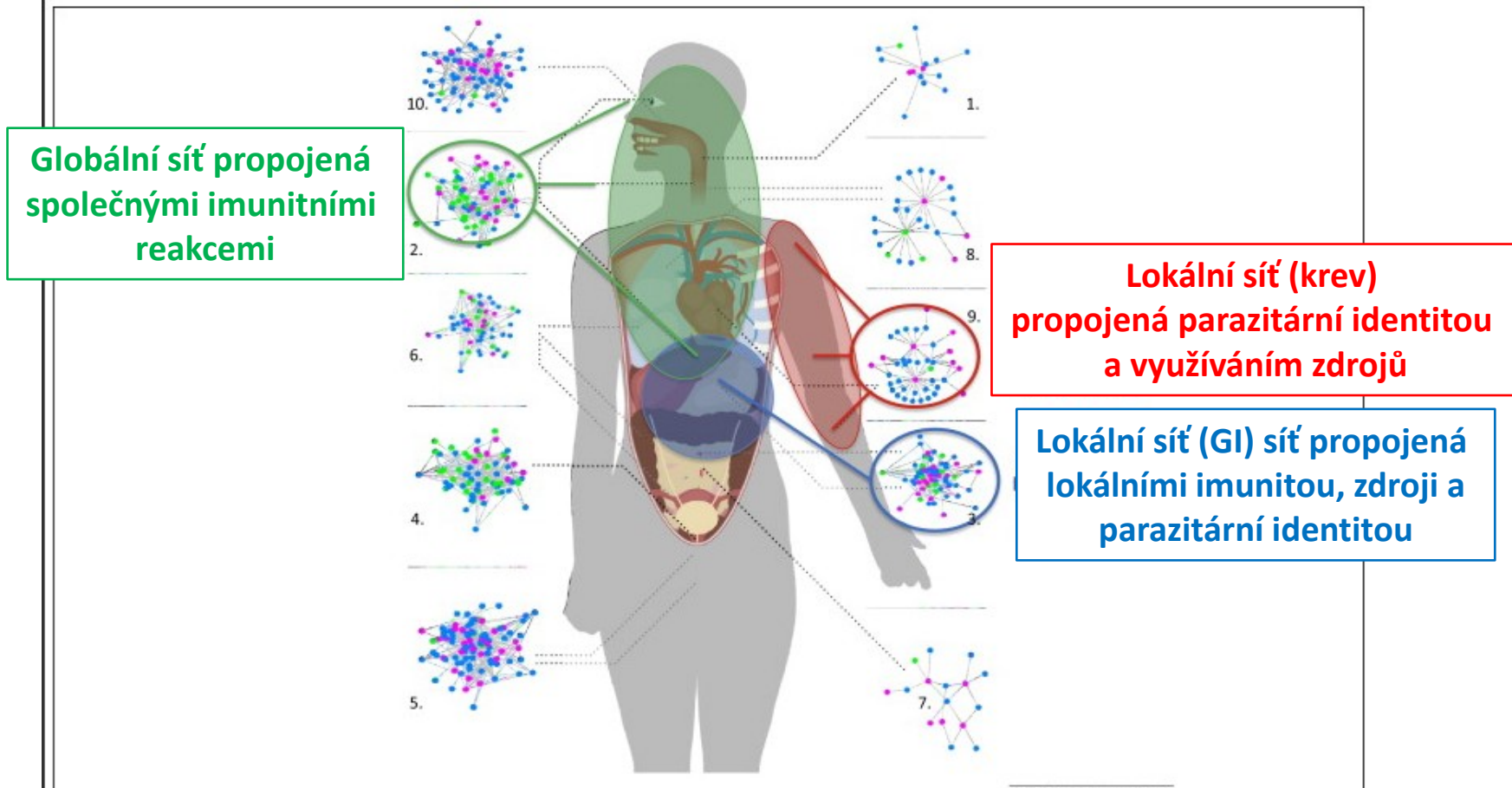


Nejdříve začne infekce helmintem *H. polygyrus* a pak následuje kokcidie *E. hungaryensis*, oba paraziti sdílejí prostor, zdroje jsou udržovány v konstantním množství a mají vliv na imunitní odpověď. Oba druhy si silně konkurují a mohou velice negativně působit na organismus hostitele.

Hostitel je jedinečný typ ekosystému

- Hostitel je jedinečný typ ekosystému, který **může přímo i nepřímo konkurovat druhům, které v něm žijí**, protože je zároveň **prostředím, zdrojem a predátorem parazitů**.
- To vede k široké škále potenciálních výsledků pro stav hostitele a komunitu parazitů v hostiteli. **Výskyt a síla interakcí parazit-hostitel a parazit-parazit jsou do značné míry určeny umístěním, úrovní místních zdrojů a lokalizovanými imunitními odpověďmi**.
- Hostitelé již nestačí považovat za hostitele pouze za "shodné"; Místo toho je nezbytné **zvážit identitu parazitů**, kde se tyto koinfekce vyskytují a **prostřednictvím jakého potenciálního mechanismu mohou interagovat**.
- Domníváme se, že ekologie ekosystémů nám poskytuje mnoho nástrojů a konceptů nezbytných ke **zlepšení naší schopnosti měřit a posuzovat, jak paraziti ovlivňují hostitele**, což potenciálně vede k lepším individuálním předpovědím a léčbě onemocnění.

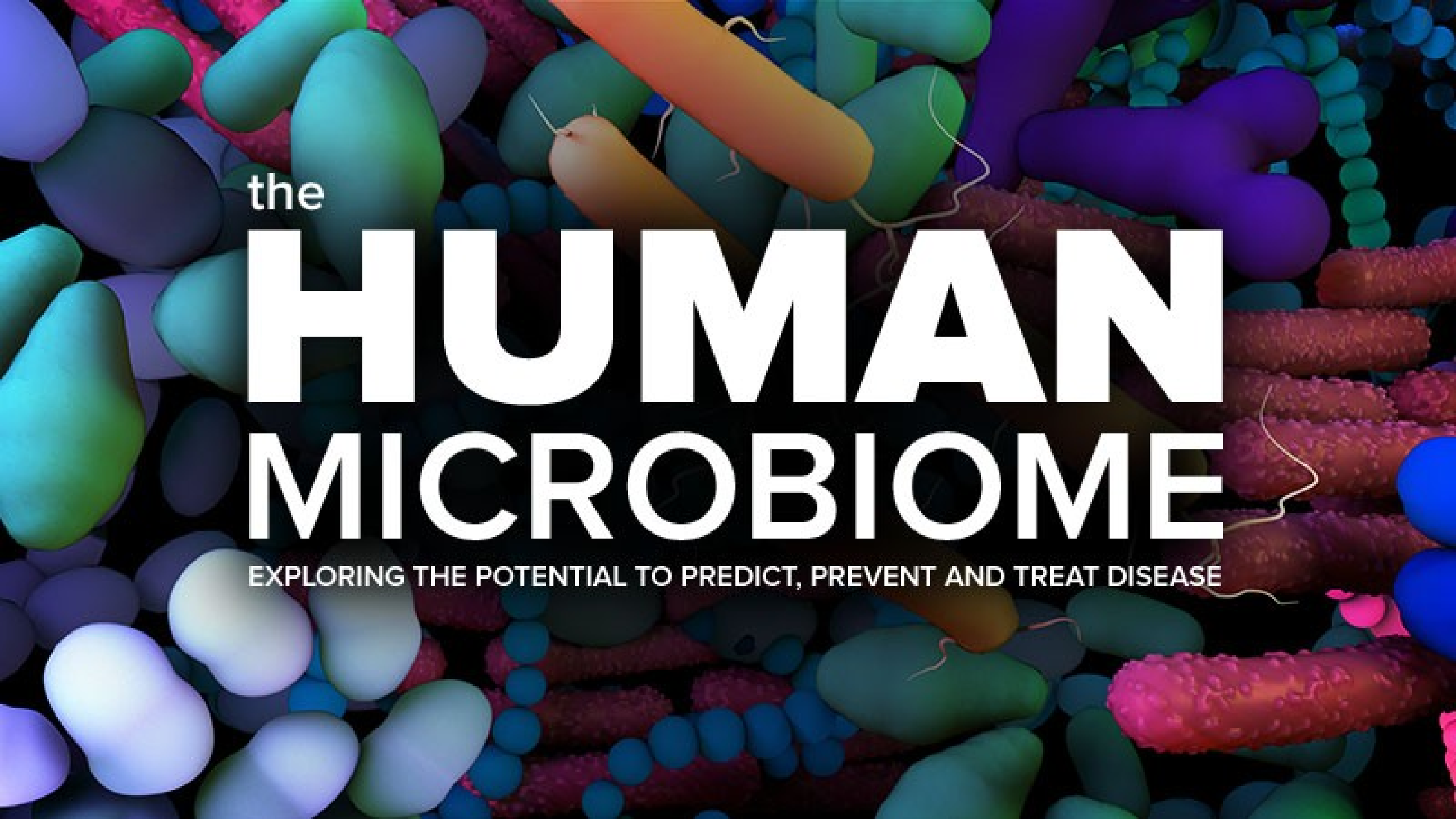
Síťová analýza lidských parazitů ilustrující kompartmentalizaci vnitrohostitelských společenstev (zelená, globální síť; červená, lokální síť v krvi; modrá, lokální síť v gastrointestinálním traktu)



Paraziti mohou být propojeni prostřednictvím **parazitní identity, využívání zdrojů** nebo **sdílených imunitních interakcí**. **Lokální interakce**, například v rámci habitatu hostitelské krve (9, červená), **byly do značné míry propojeny identitou parazitů a využíváním zdrojů**, zatímco **interakce v trávicím traktu (3, modrá) byly propojeny všemi třemi mechanismy**. Globální vazby mezi více biotopy (2, zelená) byly většinou **spojeny společnými imunitními reakcemi**.

Hostitel: ko-infekce vícero druhů cizopasníků

- Hostitelé jsou obvykle **ko-infikováni vícero druhy parazitů**, což má za následek potenciálně ohromující úroveň **složitosti jejich společenstev**
- Je tedy zřejmé, že jednotlivého **hostitele lze považovat za ekosystém** v tom smyslu, že se jedná o **prostředí obsahující rozmanitost entit** (např. parazitické organismy, komenzální symbionti, imunitní složky hostitele), které na sebe **vzájemně působí, potenciálně soutěží o prostor, energii a zdroje**, což v konečném důsledku **ovlivňuje stav hostitele**.
- **Nástroje a koncepty z ekologie ekosystémů** mohou být použity k lepšímu pochopení dynamiky a reakcí ekosystémů v rámci **jednotlivých hostitelsko-parazitických ekosystémů**.
- Příklady z volně žijících i lidských systémů ukazují, jak je **tento rámec užitečný při rozkladu složitých interakcí** na složky, které lze monitorovat, měřit a řídit tak, aby poskytovaly informace pro návrh lepších strategií zvládání nemocí.



the

HUMAN MICROBIOME

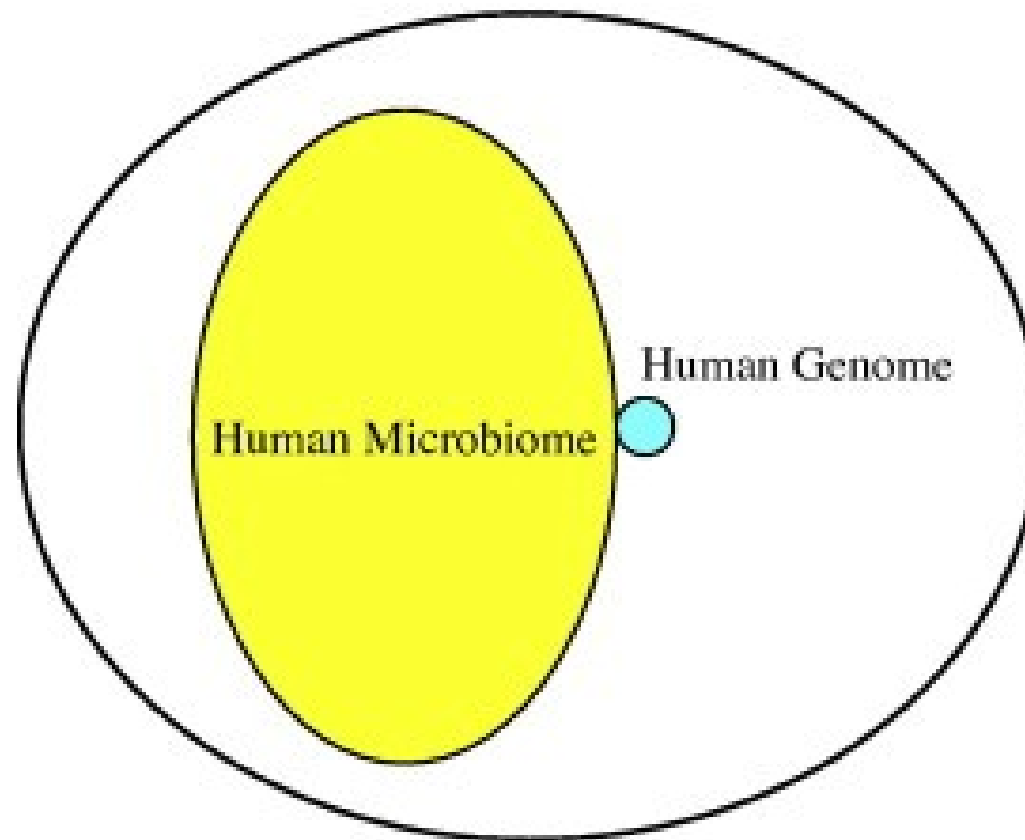
EXPLORING THE POTENTIAL TO PREDICT, PREVENT AND TREAT DISEASE

Člověk jako superorganismus „Mikrobiom”

- Žádný organismus proto **nemůžeme považovat za izolovaný**, a spíše bude moudré se smířit s faktem, že jsme všichni v podstatě **superorganismy**, jejichž **metabolické funkce jsou výsledkem exprese mikroorganismů a lidských genů** (Gill et al., 2006).
- Jedním z nejnázornějších **příkladů může být střevní mikrobiota, nejhustší mikrobiální populace** v lidském těle. Kovatcheva-Datchary et al. (2013) popisují tuto populaci jako **samotný orgán, složený z 1000–1200 buněčných typů (druhů), které kódují 150krát více genů (mikrobiom), než máme ve vlastním genomu**.
- **Mikrobiom tak hraje zásadní roli v lidském zdraví**, protože se u něj vyvinuly specifické funkce, které **doplňují lidský metabolismus a fyziologii**. Například střevní bakterie se podílejí na **produkci vitamínů, regulaci syntézy hormonů a zrání imunitního systému**.

Clověk a jeho mikrobiom: 23 000 *versus* 9 000 000 genů

HUMAN SPECIES



Mikrobiom tak hraje zásadní roli v lidském zdraví, protože se u něj vyvinuly specifické funkce, které doplňují lidský metabolismus a fyziologii. Například střevní bakterie se podílejí na produkci vitamínů, regulaci syntézy hormonů a zrání imunitního systému.

Lidé, jejich genom a diverzita jejich symbiontů

- Lidé, jsou často považováni za **vrchol a ztělesnění evoluce**; nemohou však žít **sami, tedy bez symbiontů**, kteří jsou s nimi spojeni !
- Obecně platí, že eukaryotický organismus **nelze považovat za autonomní bez přispění velkého množství organismů**, které jsou definovány jako jeho **mikrobiom**.
- **90 % buněk** v lidském těle jsou **bakterie, houby, prvoci** (tj. nelidské buňky).
- **Současný odhad lidského mikrobiomu** (tj. organismů, které žijí na *Homo sapiens* nebo uvnitř něj) **překračuje desetinásobně počet somatických a zárodečných buněk jedince** (*Turnbaugh et al., 2007*).
- Pokud vezmeme v úvahu **pouze lidské střevo**, obsahuje v průměru **40 000 druhů bakterií** (Frank a Pace, 2008) a **9 milionů unikátních bakteriálních genů** (Yang et al., 2009).
- **Nesmírnost této genové rozmanitosti** lze lépe ocenit ve srovnání s **23 000 geny**, které tvoří lidský genom.
- **Dosud však bylo charakterizováno nanejvýš 1 % lidského mikrobiomu** (Marcy et al., 2007).

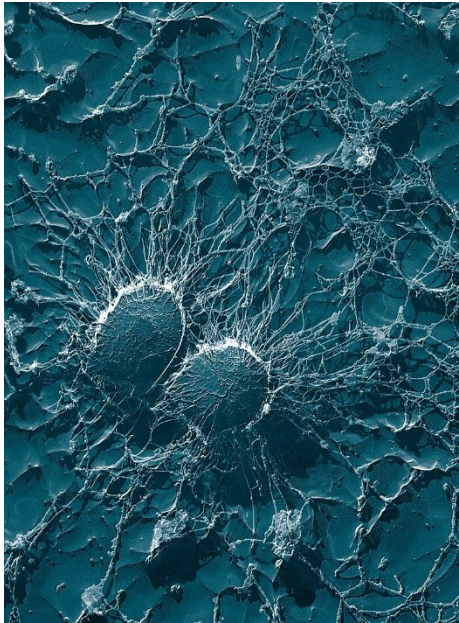
Co je lidský mikrobiom ?

- **Lidský mikrobiom** je souhrn všech mikrobiot, které se nacházejí na lidských tkáních a biotekutinách nebo v nich, spolu s odpovídajícími anatomickými místy, ve kterých se nacházejí, včetně gastrointestinálního traktu, kůže, mléčných žláz, semenné tekutiny, dělohy, vaječníků folikuly, plice, sliny, ústní sliznice, spojivky a žlučové cesty.
- Mezi typy lidské mikroflóry patří bakterie, archea, houby, protisté a viry. Ačkoli mikroživočichové mohou žít i na lidském těle, jsou z této definice obvykle vyloučení.
- V souvislosti s genomikou se termín *lidský mikrobiom* někdy používá k označení kolektivních genomů rezidentních mikroorganismů; Termín lidský metagenom má však stejný význam.

Seznam lidské mikrobioty

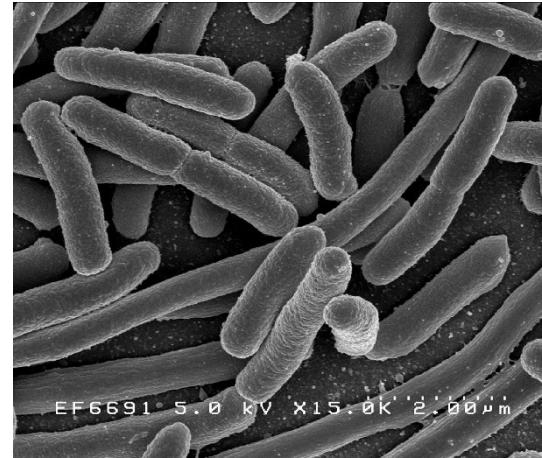
Lidská mikrobiota jsou mikroorganismy (**bakterie, viry, houby a archaea**) nacházející se ve specifickém prostředí. Lze je nalézt v žaludku, střevech, kůži, genitáliích a dalších částech těla.

Různé části těla mají různé mikroorganismy. Někteří mikrobi jsou specifičtí pro určité části těla a jiní jsou spojeni s mnoha mikrobiomy.



Yersinia enterocolitica

Staphylococcus aureus



Escherichia coli

Salmonella typhimurium (červená)
napadající kultivované lidské buňky



Odhaduje se, že "referenční" 70 kg lidské tělo obsahuje přibližně 39 bilionů bakterií o hmotnosti asi 0,2 kg. Ty lze rozdělit do asi 10 000 mikrobiálních druhů, asi 180 z nejvíce studovaných je uvedeno níže. Ty však lze obecně rozdělit do tří kategorií:

Základní komponenty mikrobiomu člověka

Human Microbiome

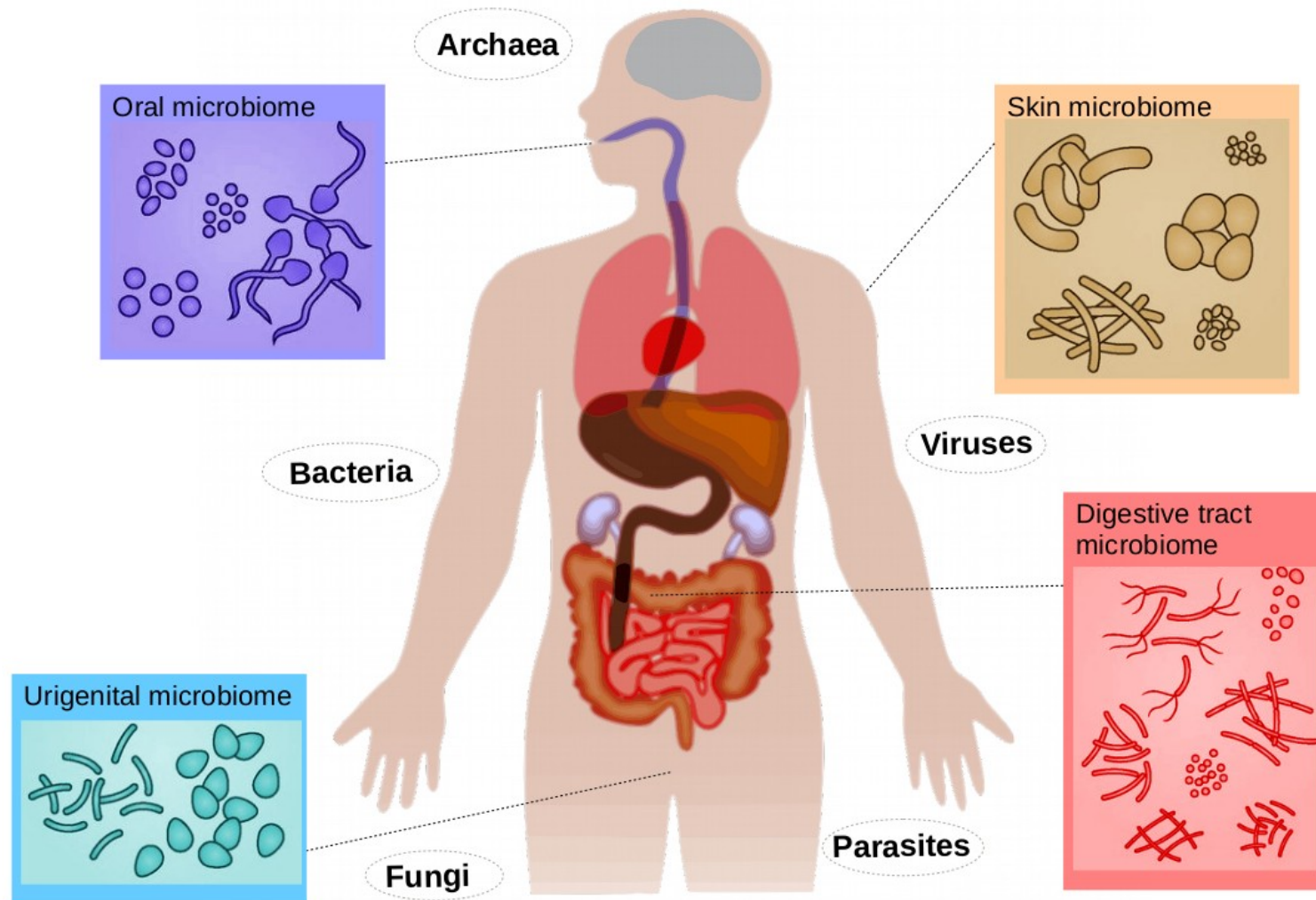
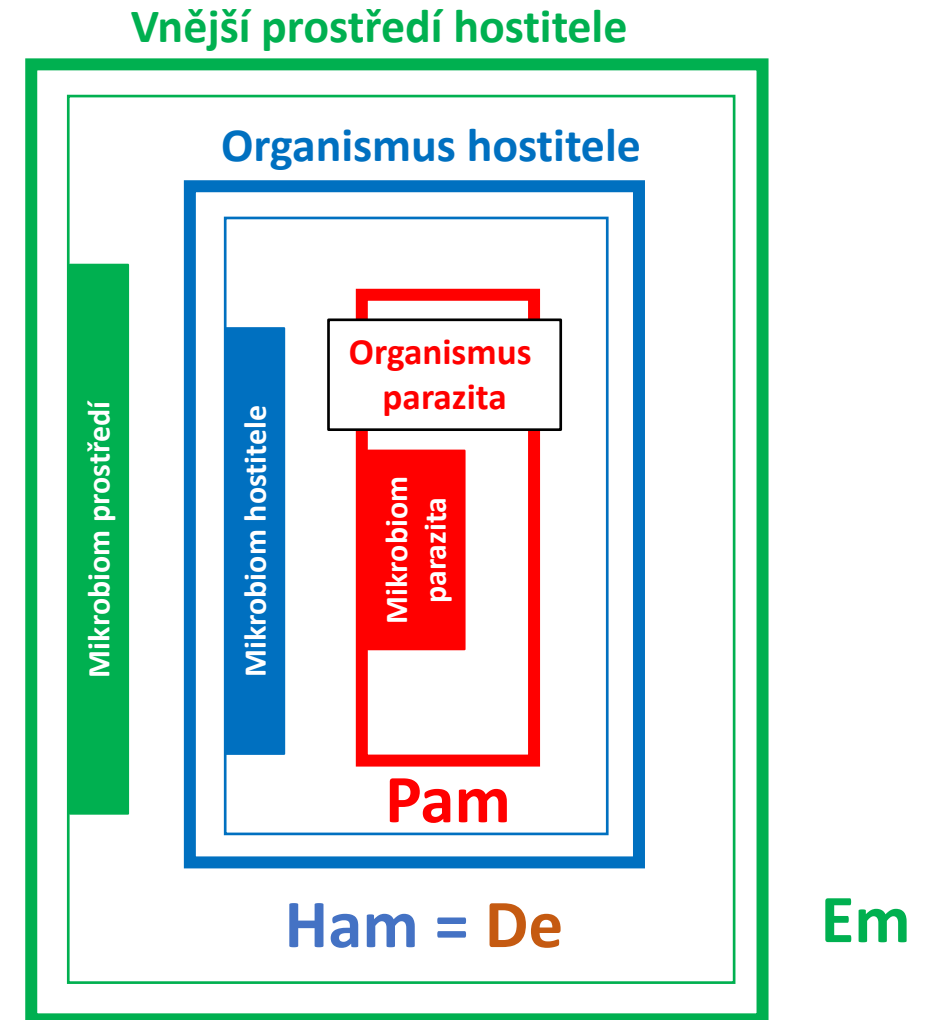
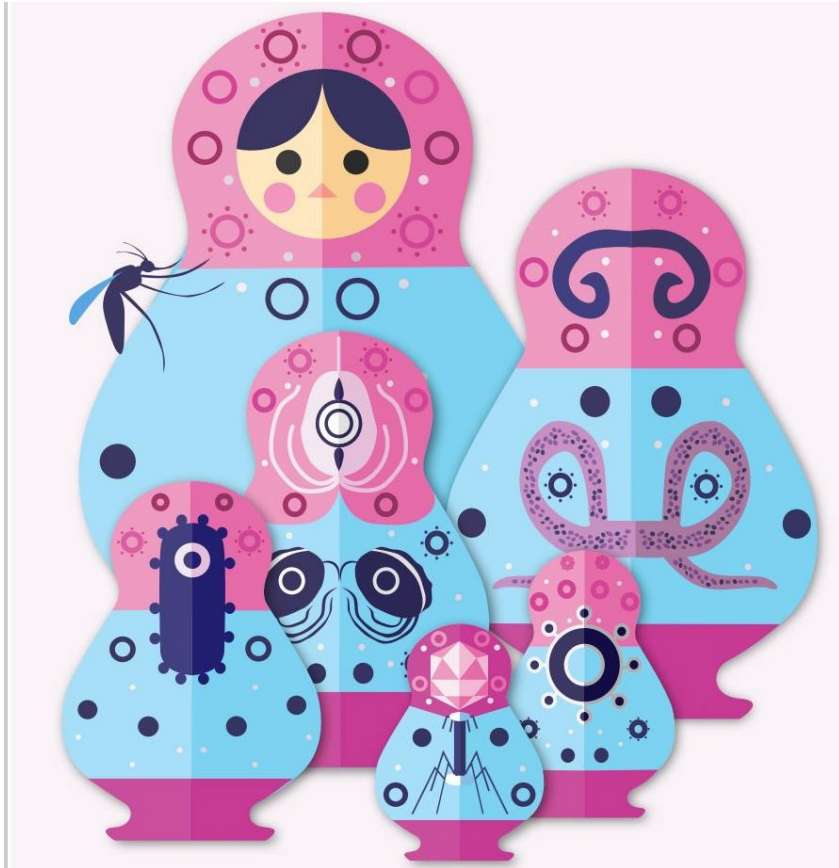


Schéma konceptu mikrobiomu „holobionta“

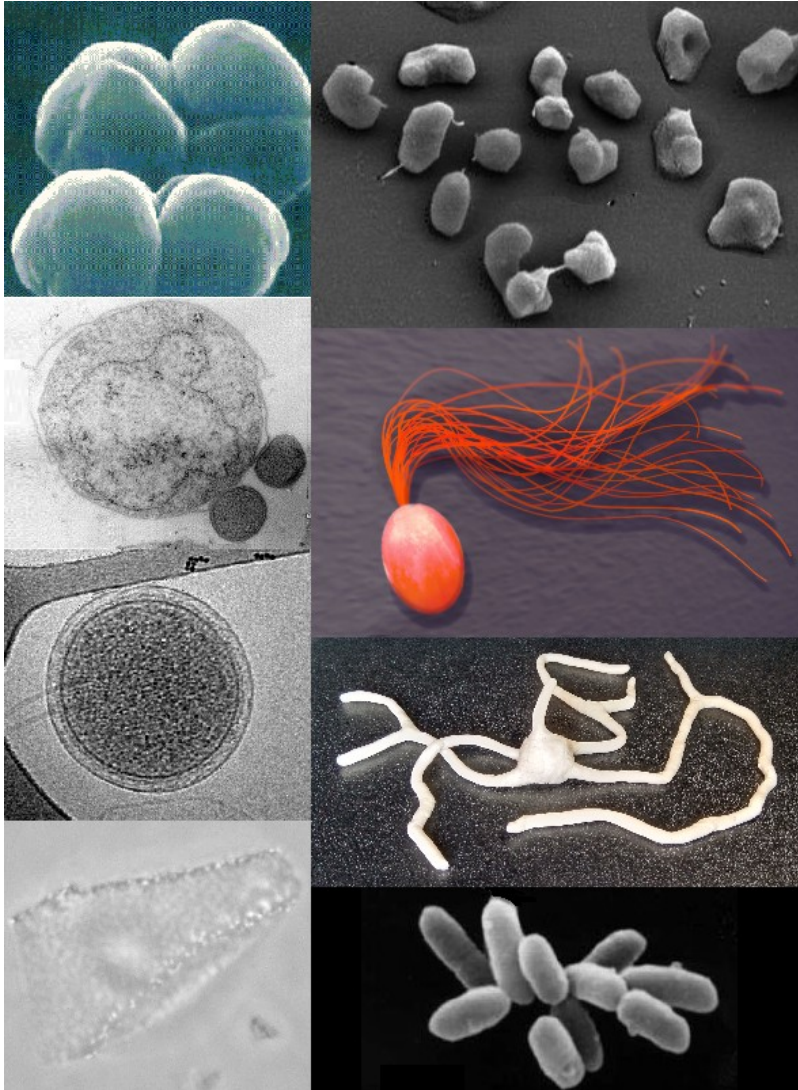


Pam – parazitární mikrobiom; **Ham** – hostitelský mikrobiom

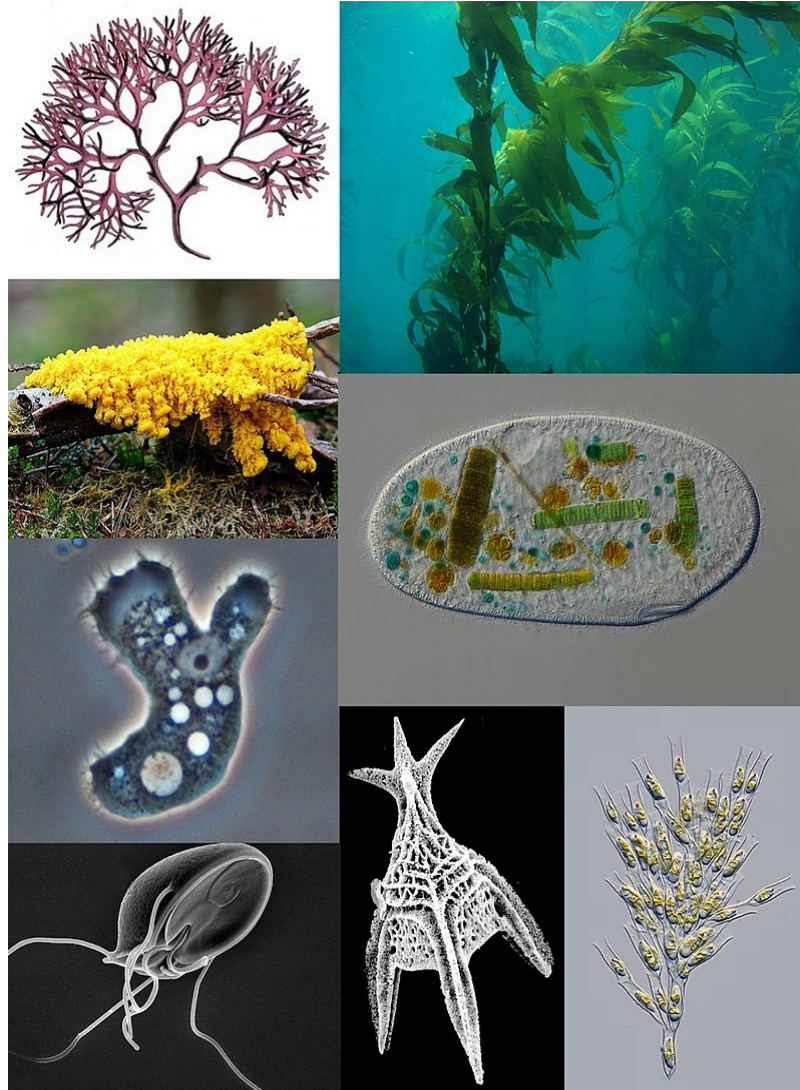
Em – environmentální mikrobiom; **De** – přímé prostředí (parazita)

Jako vždy a všude - rozmanitost

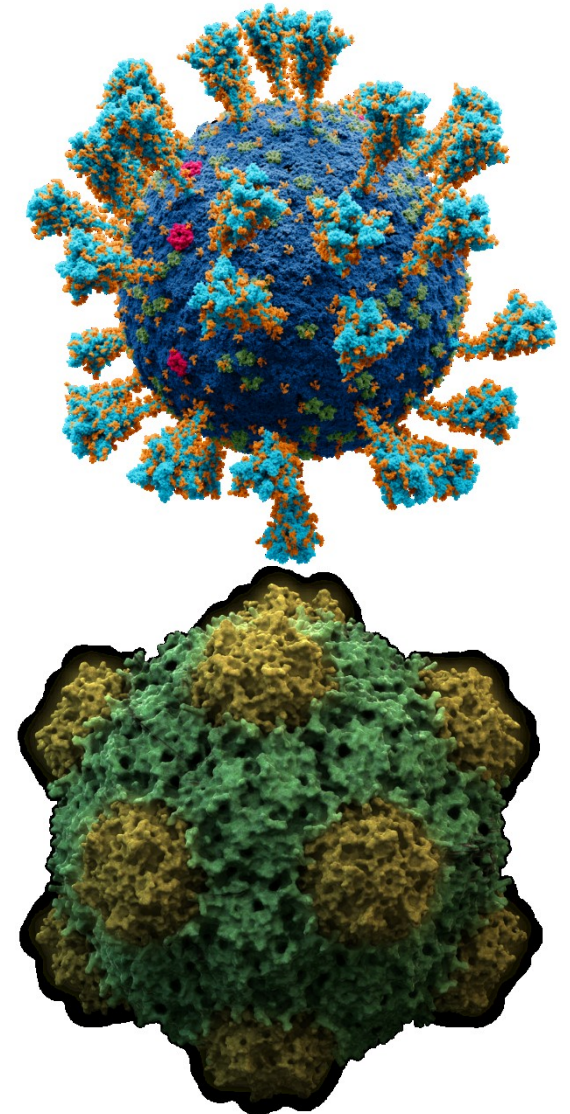
Archea



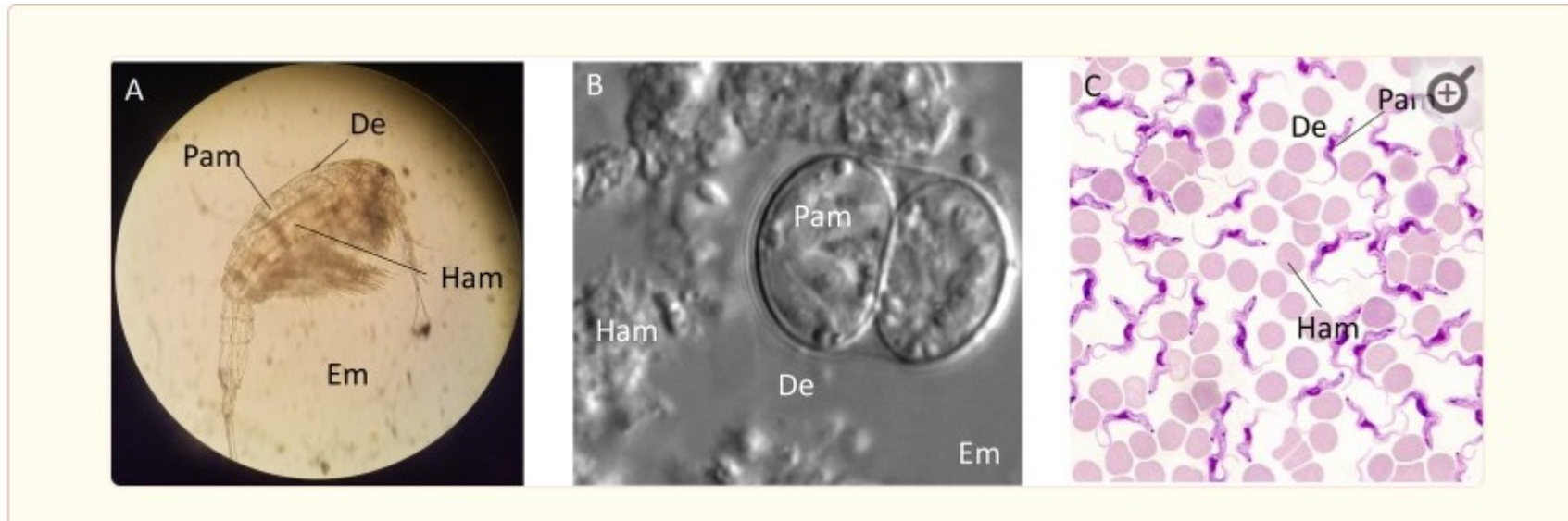
Protista



Viry

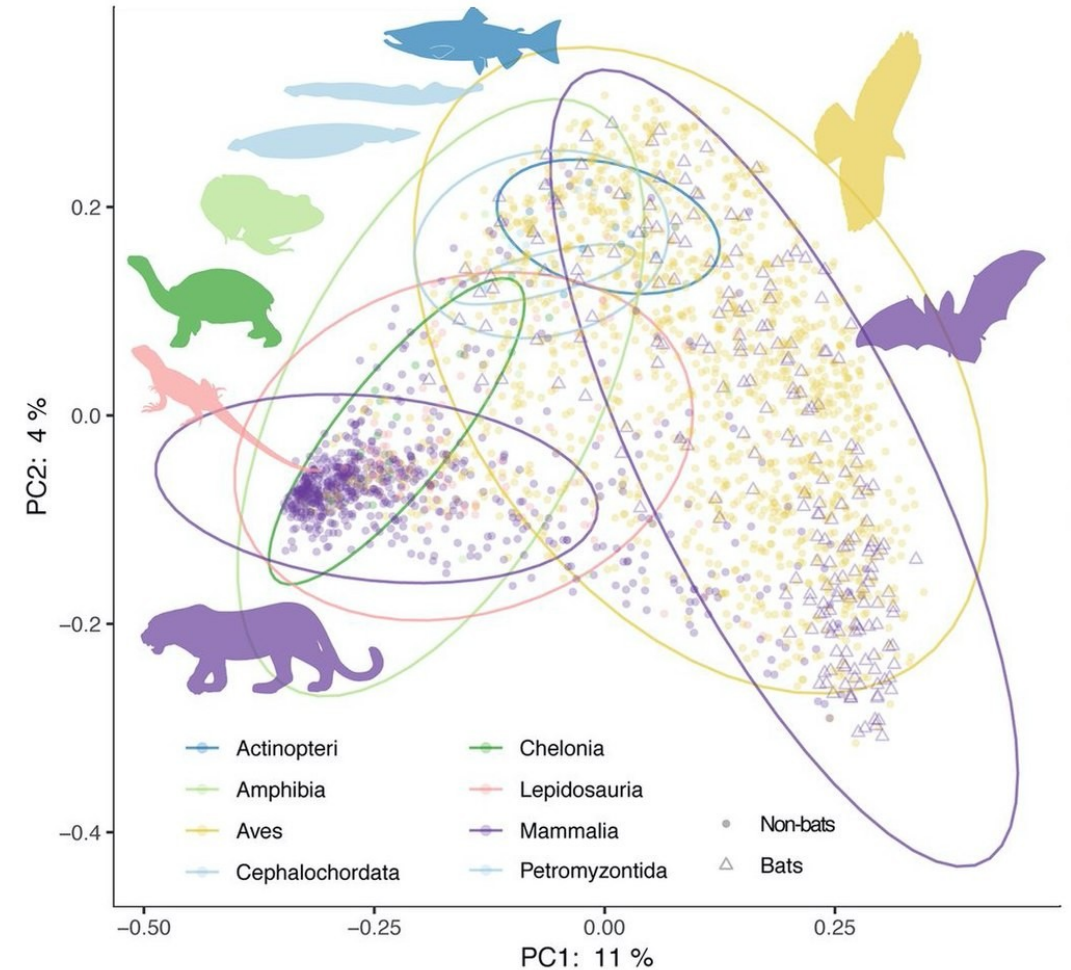
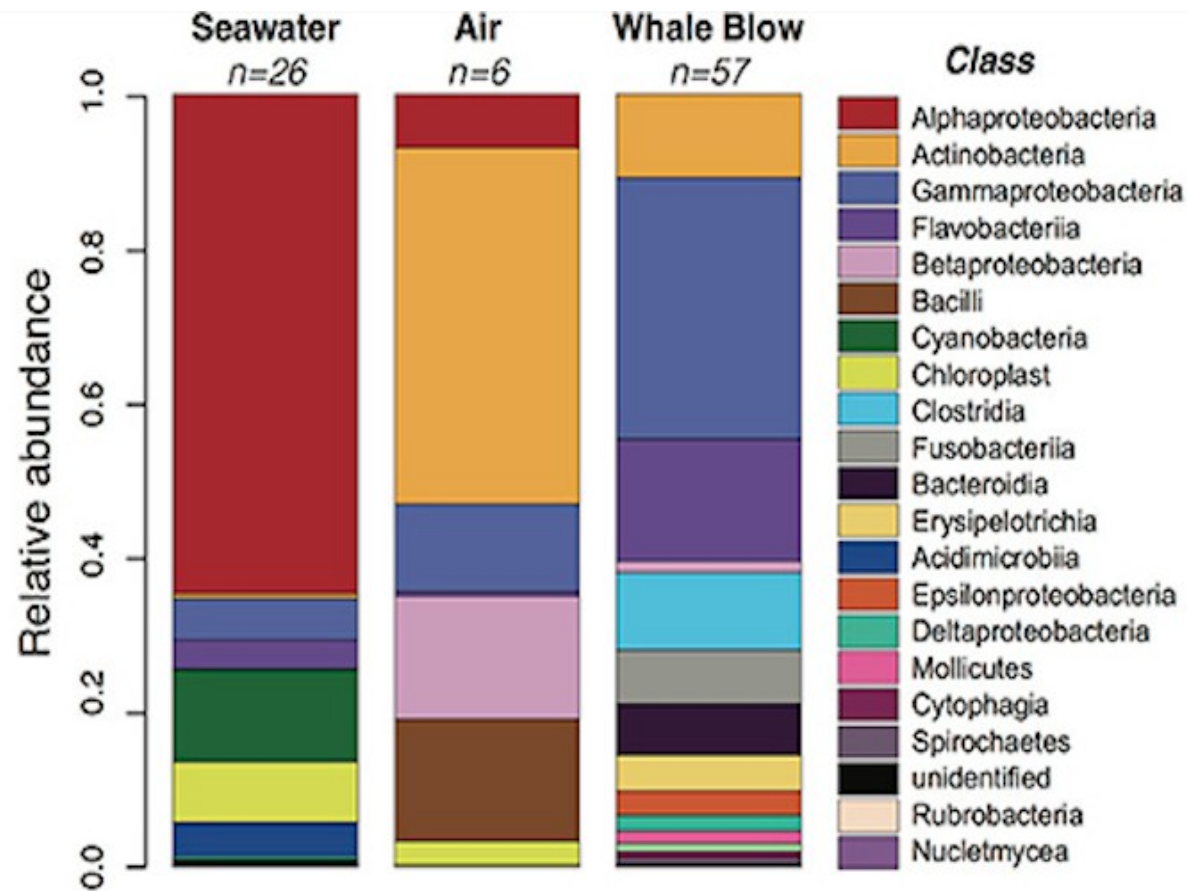


Příklady kontextově závislého využití konceptů mikrobiomu a holobiontů v parazitologii.

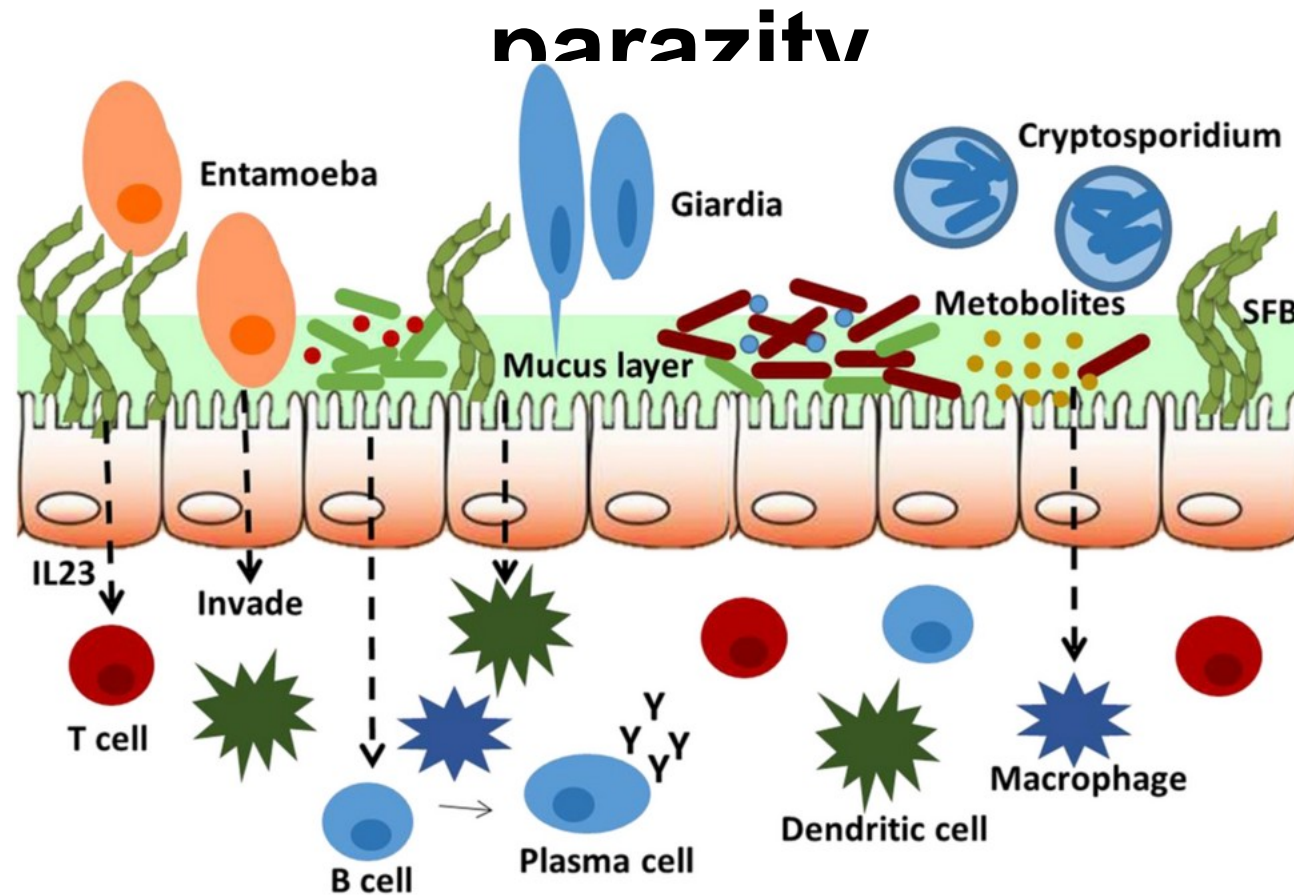


(A) Procerkoidní stadium tasemnice *Schistocephalus solidus* v tělní dutině cyklopoidního korýše. **Pam** –**parazitární mikrobiom** - může být odebrán z procerkoidů. **De** – **přímé prostředí** - je tělní dutina buchanky. **Ham** – **hostitelský mikrobiom** - může být sbírán ze střeva nebo jiných hostitelských tkání, zatímco může být sbírána z vody. (B) Oocysta *Toxoplasma gondii*, která sporulovala při vylučování kočičími výkaly. **Pam** může být odebrán z purifikovaných oocyst. Rozlišovat mezi **Ham**, **De** a **Em** je obtížné. (C) *Trypanosoma sp.* mezi červenými krvinkami. **Em** není zastoupeno. Intracelulární mikrobi potenciálně přítomní v červených krvinkách mohou být považovány za **Ham**, zatímco mikrobi v plazmě mohou být považovány za **De** parazita. **De**, přímé prostředí; **Em**, environmentální mikrobiom; **Ham**, hostitelský mikrobiom; **Pam**, mikrobiom spojený s parazity.

Mikrobiom zvířat: velryby (vlevo) a data ze střevního mikrobiomu (vpravo)



Interakce mezi střevní mikrobiotou a střevními



Lidská střevní mikrobiota se skládá ze složité kombinace mikroorganismů včetně bakterií, virů a eukaryot. Mikrobiota hraje zásadní roli v homeostáze tím, že vytváří slizniční bariéru, poskytuje ochranné reakce na patogeny a ovlivňuje imunitní systém a metabolismus hostitele. Molekuly vylučované parazity mohou měnit složení mikrobioty jak přímým působením na mikrobiální komunitu, tak nepřímým ovlivněním fyziologie hostitele. Na druhou stranu složení mikrobioty může ovlivnit přežití, fyziologii a virulenci mnoha parazitických prvoků. Vysvětlení možných interakcí mezi mikrobiotou, imunitní odpovědí a prvky může dále objasnit základní mechanismy infekčnosti, klinických variací a životního cyklu prvoků.

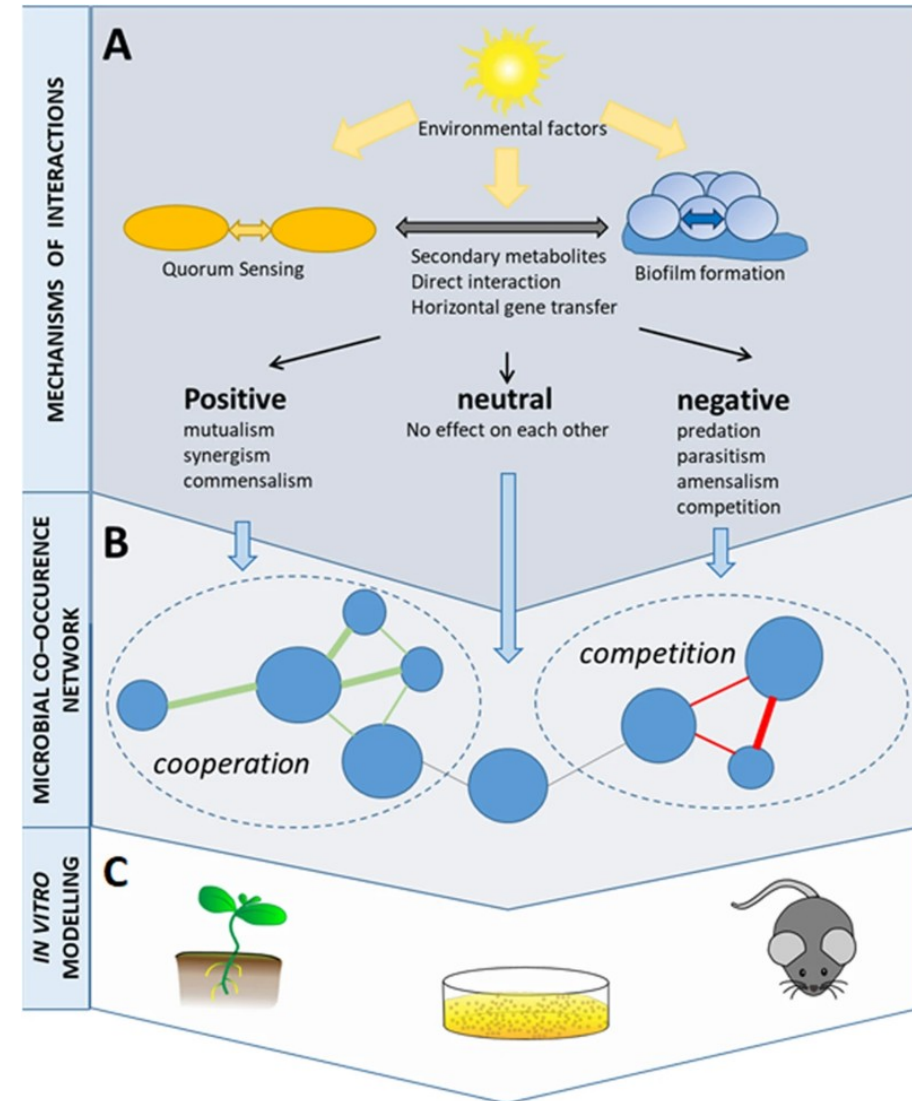
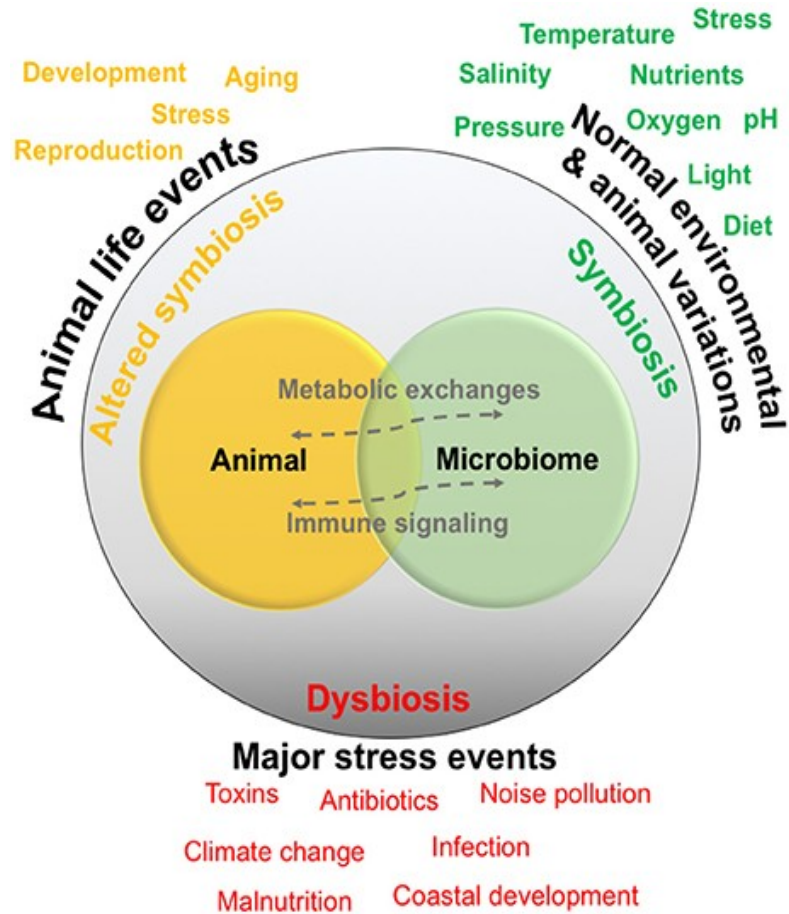
Role parazitů v evoluci mikrobů a interakcích mezi hostitelem a mikrobem

- **Prevalence parazitů** v populaci hostitele, **cesta přenosu** parazitů a **vzájemná závislost** mezi mikrobem a jeho parazitickým hostitelem **budou řídit evoluci způsobů přenosu mikroba**. Tyto interakce nepochybně řídí mikrobiální virulenci jak pro parazita, tak pro jeho hostitele.
- **Paraziti mohou ovlivňovat složení mikrobioty** svých hostitelů různými způsoby. Například paraziti mohou být:
 - (1) přenašeči nebo rezervoáry mikrobů;
 - (2) vyvíjet tlak na hostitele během infekce, což vede k evoluci obranných mikrobů;
 - (3) soutěžit s hostitelskou mikrobiotou o živiny nebo poskytovat metabolické a genetické rezervoáry na podporu růstu a přežití jiných hostitelských mikrobiálních druhů;
 - (4) modifikovat hostitelské prostředí, např. pH, ve prospěch jiných mikrobů; a/nebo
 - (5) vyvolávat imunitní odpověď hostitele, která zase ovlivňuje mikrobiom hostitele.

Jsou paraziti pro člověka důležití ?

- Podle posledních poznatků je zřejmé, že **pacienti infikovaní helminty zaznamenali méně příznaků roztroušené sklerózy (RS)** než ti, kteří infikovaní nebyli.
- Jiné výsledky naznačují, že **některé parazitické druhy by mohou snížit příznaky syndromu dráždivého tračníku (IBS), Crohnovy choroby, diabetu 1. typu a dokonce artritidy.**

Posun paradigmatu: Od patogena k symbiose



Posun paradigmatu směrem od mikrobů jakožto samostatných organismů způsobujících nemoci k holistickému pohledu na mikroorganismy jako **na komunitu propojující všechny oblasti lidského života.**

Příklad 1: Parazitismus a rakovina

Pokud lidé neumírají na stáří, nehody nebo parazitární choroby, umírají na **somatické nemoci** (např. **rakovina, kardiovaskulární choroby, duševní choroby**).

Ačkoli jsou obecně **parazitární a somatická onemocnění považována za protichůdné entity**, rostoucí počet prací naznačuje, že mnoho nemocí, které jsou **považovány za "neparazitární" původ, má ve skutečnosti infekční příčinu** (Cochran et al., 2000).

Tato zjištění mají zásadní význam, protože infekcím lze často předcházet (například očkováním) nebo je léčit, a tak lze snadno předejít i souvisejícím somatickým onemocněním.

Z tohoto pohledu je obzvláště zajímavá rakovina. Na začátku 70. let bylo asi 1 % nádorových onemocnění považováno za **parazitární nebo virového původu**. (*Schistosoma haematobium*)

Světová zdravotnická organizace nyní uznává, že až 20 % případů rakoviny je způsobeno infekčními agens, zejména **RNA a DNA viry a bakteriemi**. Například **hepatocelulární karcinom, rakovina žaludku a rakovina děložního čípku** mohou být z velké části připsány viru hepatitidy B a C, bakterii *Helicobacter pylori* a papillomavirům.

Příklad 2: Rozdíly v plodnosti populací člověka

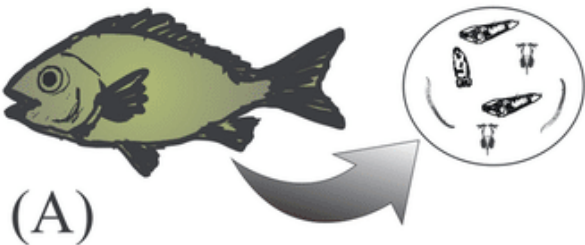
- Guégan et al. (2000) například ukázali, že **rozdíly v plodnosti v lidské populaci lze alespoň zčásti nepřímo připsat rozmanitosti společenstev patogenů.**
- **Plodnost se zvyšuje, když se rozmanitost závažných infekčních onemocnění (jako je malárie, žlutá zimnice, horečka dengue, cholera ...) také se zvyšuje.**
- **Zvýšená dětská úmrtnost spojená s nemocemi by tak mohla být spojena s kompenzačními reakcemi, jejichž cílem je přivést na svět více dětí.**
- Kromě popisu teoreticky předvídatelné adaptivní reakce tato práce také naznačuje, že **globální boj proti parazitárním onemocněním by měl paradoxně zpomalit demografii člověka, protože by v dlouhodobém horizontu způsobil snížení plodnosti (zastavením kompenzačního efektu) v zemích, které jsou v současné době nejvíce vystaveny nemocem.**

Příklad 3: Porodní hmotnost dětí

- Porodní hmotnost může být ovlivněna parazitárními tlaky.
- Ačkoliv si zdravotníci specialisté často myslí, že tato proměnná je **určena výhradně současnými environmentálními omezeními**, několik evolucionistů navrhl, že část **variací by mohla být způsobena vlivem přírodního výběru**.
- Thomas a kol. (Thomas et al., 2004) skutečně prokázali, že když **počet závažných infekčních onemocnění stoupne nad určitou hranici, bude pozorován i souběžný nárůst průměrné porodní hmotnosti**.
- Vzhledem k tomu, že **velká mláďata jsou obvykle odolnější vůči infekcím nebo lépe snášejí jejich následky**, je tento výsledek v souladu s hypotézou, že **lidé (stejně jako každý jiný savec) maximalizují svou selekční hodnotu nejen počtem svých potomků, ale také tím, že rodí děti s optimální hmotností vzhledem k místním omezením prostředí**.

Příklad: Organizace a determinanty struktury parazitárních společenstev

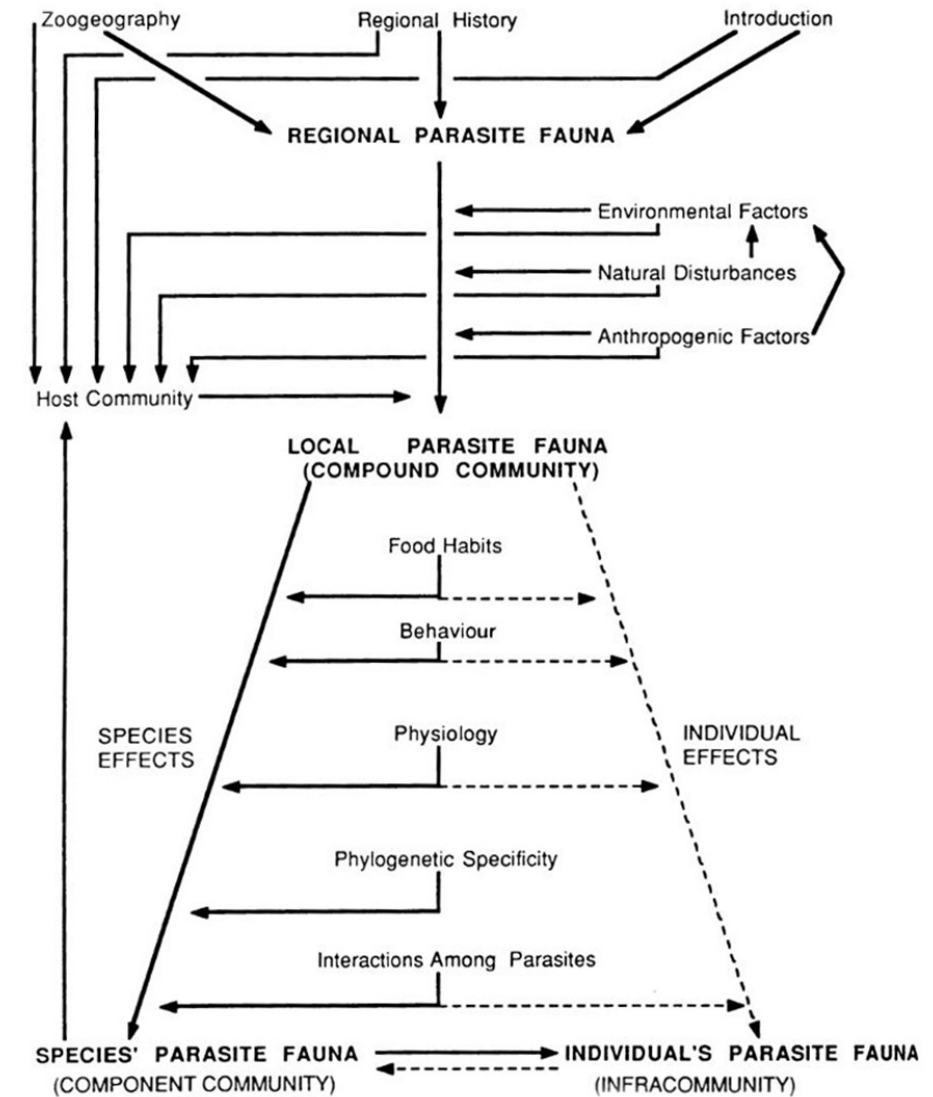
Rezervoár druhů parazitů v daném ekosystému na úrovni regionu



Lokální společenstvo parazitů na jedinci modelového hostiteli

(B)

Lokální společenstvo parazitů na populaci modelového hostitele



(A)

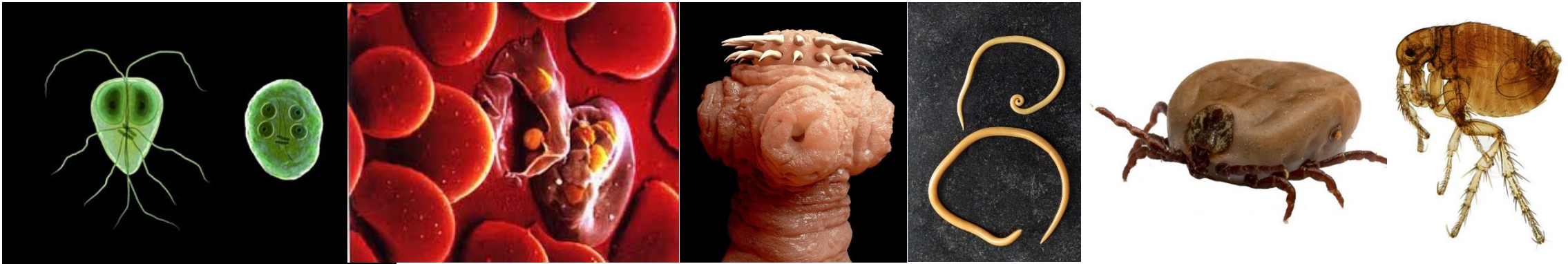
(B)

Parazitický potravinový řetězec

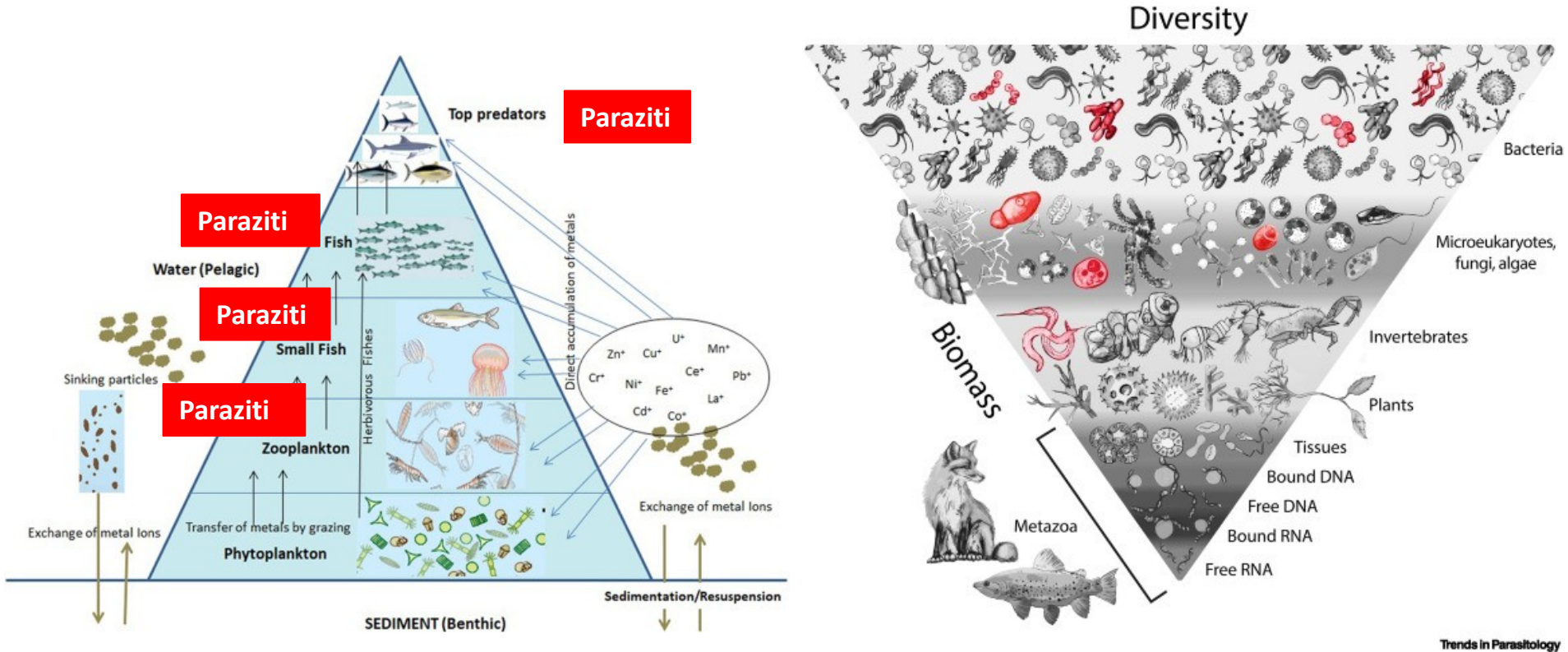
- Řetězec **začíná zelenými rostlinami** (To zda jsou krávy – býložravci - parazitem či predátorem lučních bylin je otázkou ?)
- Každý další člen **je parazitem toho předchozího**
- **Posledním členem bývají obvykle bakterie**
- V tomto potravním řetězci platí, že **větší organismus (hostitel) je zdrojem energie pro menší organismy (parazity).**

Definice parazitického potravinového řetězce

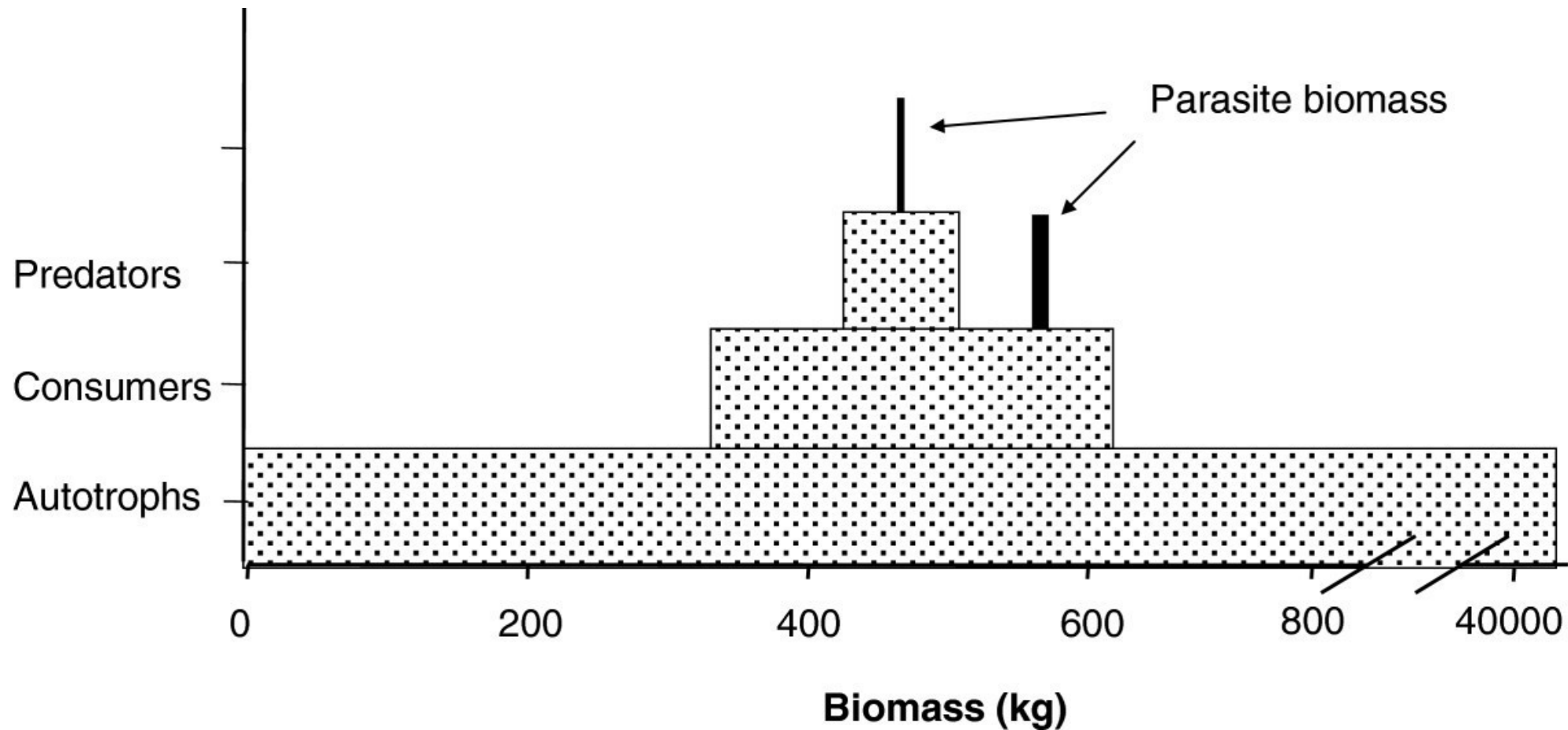
- Parazitický potravní řetězec je typem potravního řetězce, který **začíná býložravci, ale potravní energie se přenáší z větších organismů (hostitelů) na menší organismy (parazity).**
- V tomto typu potravinového řetězce je **parazitován buď producent a nebo konzument.** Energie z potravy tak přechází na menší organismy - cizopasníky



Diverzita a abundance parazitů v trofické struktuře ekosystému roste !



Aplikace pyramidy biomasy ES běžného potoka

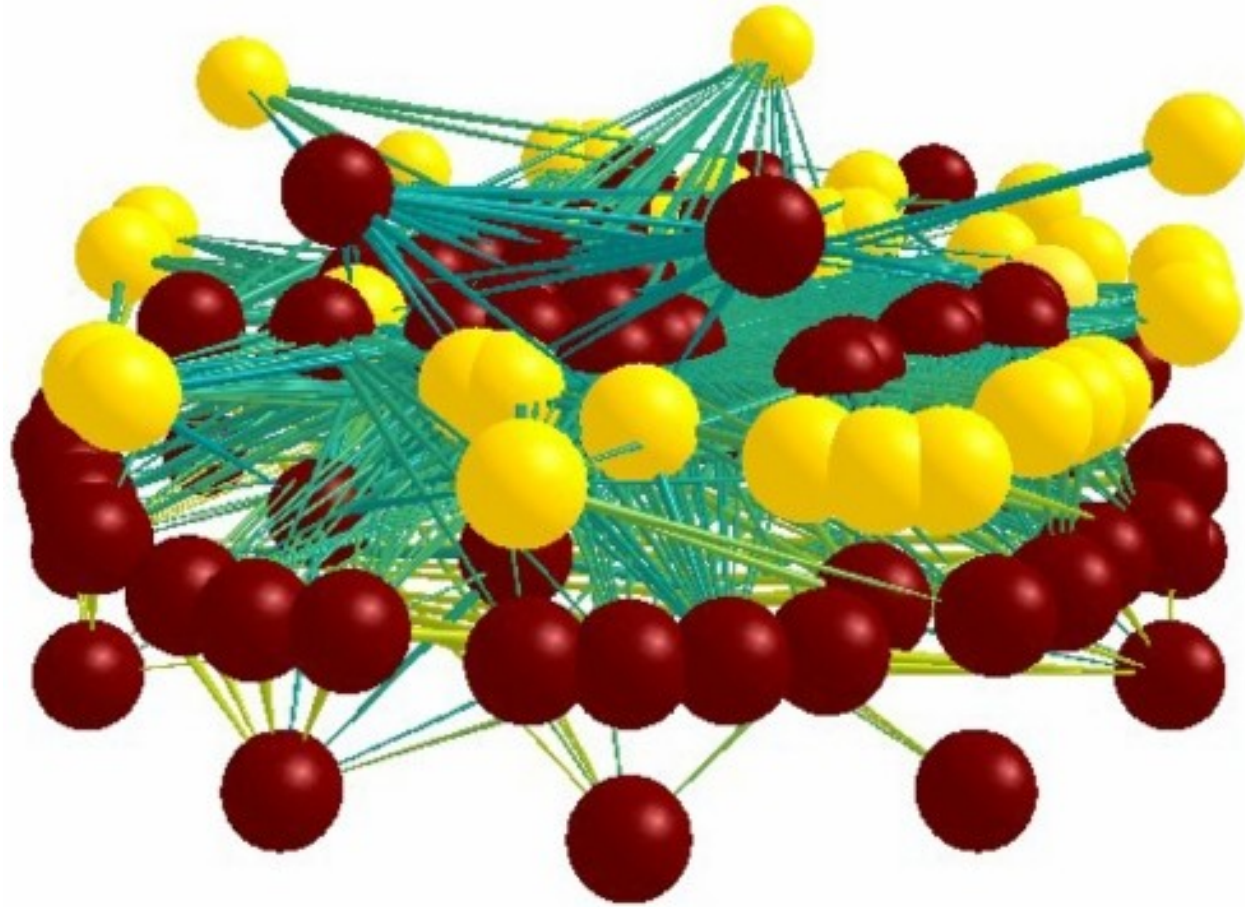


Biomasa parazitů (černě) byla v tomto systému získána ze dvou trofických úrovní !

Kolik parazitů a jaká je jejich role v ekologickém potravním řetězci?

- Pro zjištění globálních odhadů diverzity parazitů je dobré prozkoumat, **kolik parazitů je v určitém prostředí nebo ekosystému.**
- Byly provedeny studie pro slaniska podél pobřeží Kalifornie a Baja v Mexiku.
- **Počáteční výsledky potvrzují, že na 40 % druhů v jakékoli lokalitě, které žijí volně, parazituje na 60 % druhů parazitů.**
- Úvaha o **trofických vazbách parazitických druhů** však významně **mění naše vnímání toho, jak jsou strukturovány ekologické potravní sítě.**

Paraziti a potravní sítě

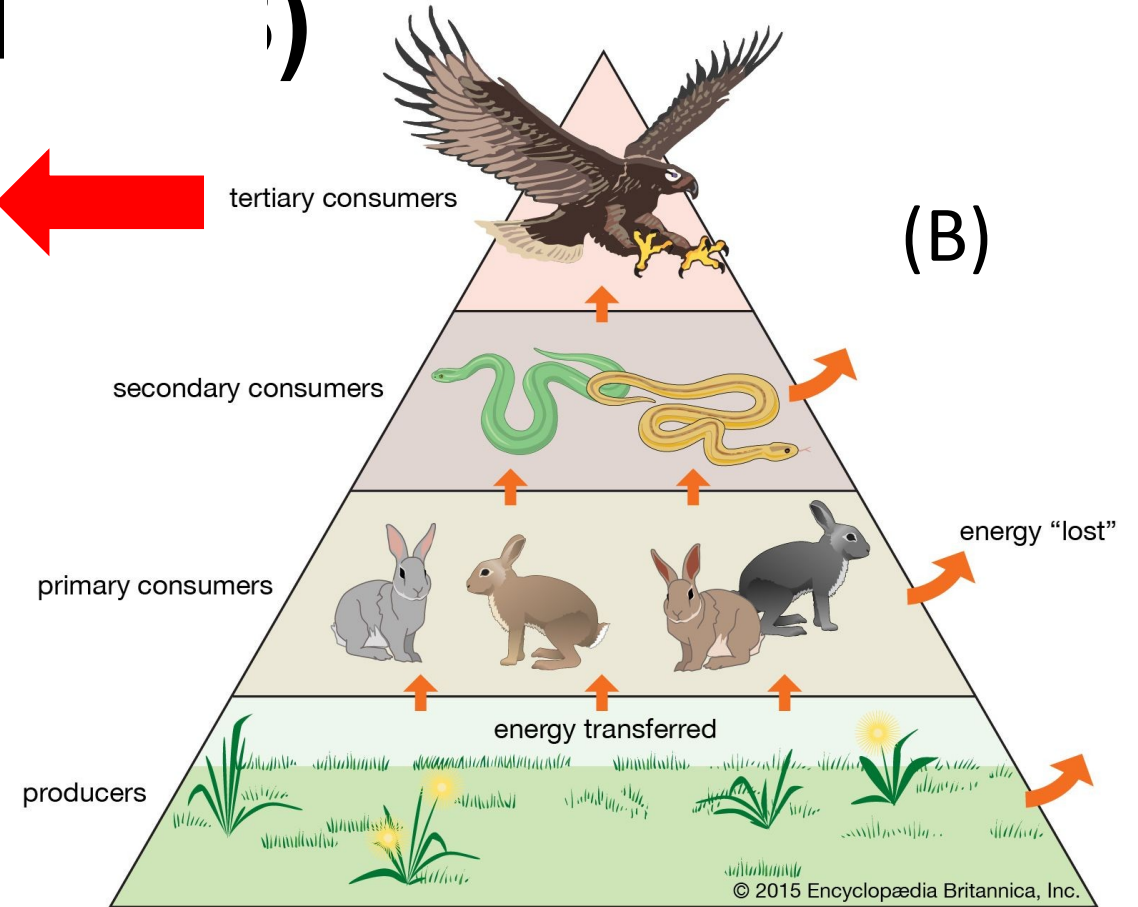
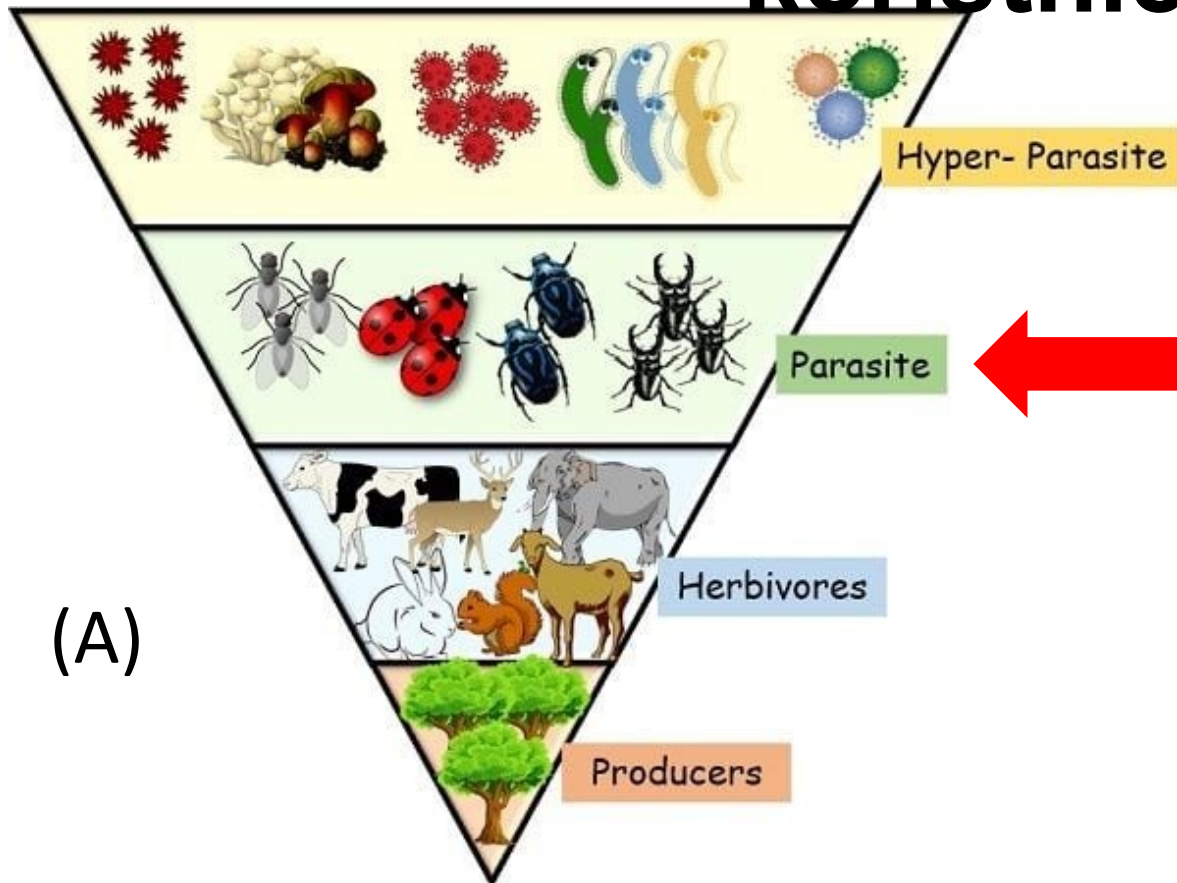


Trojrozměrná vizualizace složitosti reálné potravní sítě s parazity. Koule jsou uzly, které představují druhy. Parazité jsou koule světlé - žluté a volně žijící druhy jsou koule s tmavým stínováním. Hnědi jsou články, které spojují uzly (koule) prostřednictvím spotřeby. (konzumace), Bazální trofické úrovně jsou na dně a horní trofické úrovně jsou nahoře. Obrázek od Lafferty *et al.* (2006).

Role parazitů v ekosystému – potravní sítě

- Standardní **ekologická potravní síť** je obvykle považována za **trofickou pyramidu**, kde jsou **primární producenti na dně**, méně druhů býložravců na další úrovni a ještě méně dravých druhů výše.
- Když jsou **zahrnuti paraziti**, je tento vzor téměř doslova "**postaven na hlavu**"; V podstatě se kolem volně žijícího webu objeví **druhá síť**, a to zcela změní úroveň **konektivity**.
- **Přidání o ≈ 40 % více druhů** do společenstva vede **ke čtyřnásobnému počtu trofických spojení mezi druhy**, čímž se vytváří síť, která je mnohem těsněji propojena.
- Parazitické druhy se v mnoha ohledech jeví **jako skrytá "temná hmota"**, která **drží strukturu pavučiny pohromadě**, a to způsobem, který se velmi liší od volně žijících druhů.

Srovnání pyramidy trofické struktury ES pro řetězec parazitní (A) a pastevně kořistnicí (B)



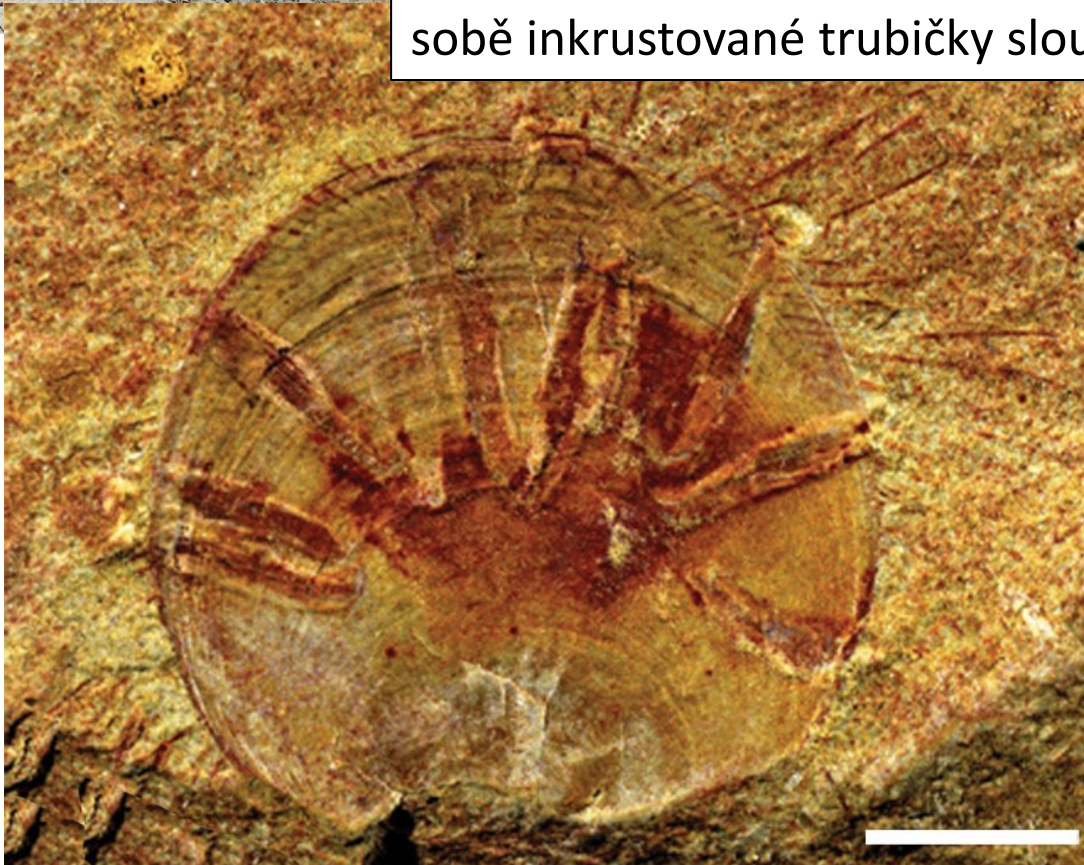
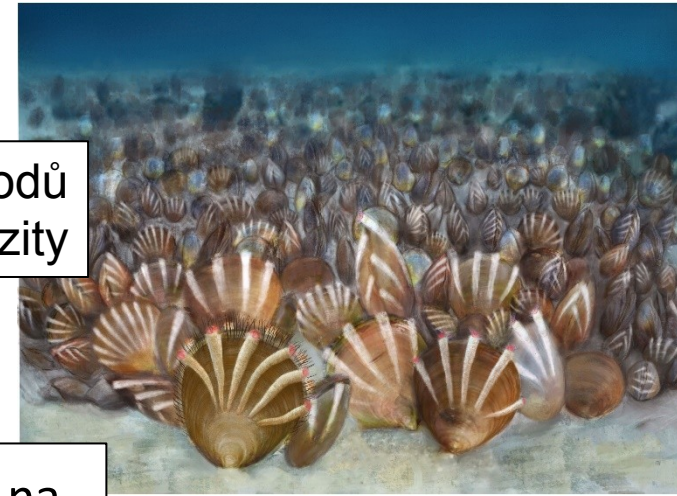
Jaký je původ parazitů na Zemi ?

Nejstarsí parazit na světě !

Rekonstrukce společenstva brachiopodů napadených pravěkými kleptoparazity

Naleziště fosilií z období kambria nedaleko Kunmingu v jižní Číně.

Zkamenělý brachiopod; stáří více než 512 mil let mající na sobě inkrustované trubičky sloužící k kleptoparazitismu.



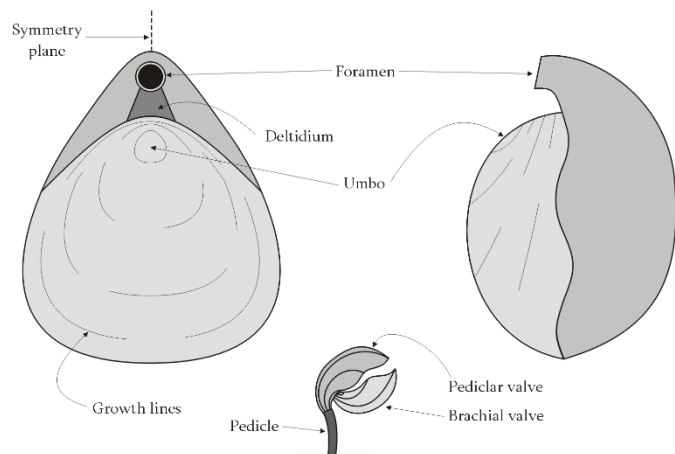
Rekonstrukce vzhledu pravěkého brachiopoda napadeného kleptoparazitem druhu (*Neobolus wulongqingensis*)



- Přestože jsou paraziti v moderních ekosystémech běžní, o **parazitismu v dávné minulosti víme jen málo**. A kdy se paraziti poprvé vyvinuli, zůstává záhadou. Tento nález **dokumentuje první známý příklad vztahu parazit-hostitel**.
- Fosilie poskytují obvykle hojné důkazy evolučních a ekologických změn, **důkazy o přímé interakci mezi fosilními organismy jsou extrémně vzácné** a zachovávají se s mnohem menší pravděpodobností.

Dnešní Brachiopoda - Ramenonožci

Ramenonožci (Brachiopoda, z řec. *brachion* - rameno a *pous* - noha, též v širším smyslu Brachiozoa) jsou kmenem mořských lophotrochozoí. Jsou bilaterálně souměrní, tělo mají uzavřené ve dvoumiskové schránce a svalnatým stvolem přirůstají k podkladu. Recentních je asi 350 druhů, popsáno je však více než **30 tisíc druhů fosilních**.



Stavba těla ramenonožců



Jazovka stopkatá
(*Lingula anatina*)



Spiriferina rostrata



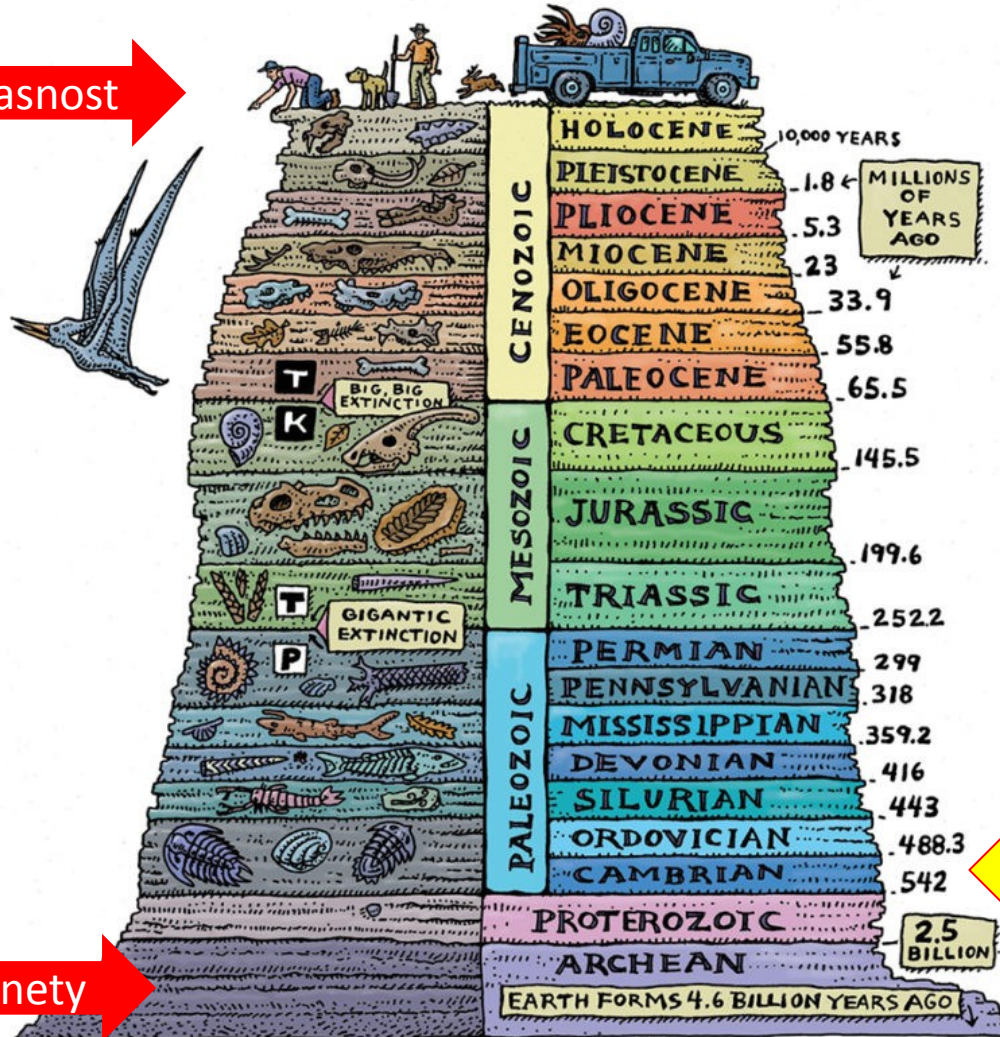
Cincinnetina sp. z ordoviku

Okolnosti tohoto vzácného nálezu

- Navzdory těmto problémům existují demonstrovány příklady fosilních parazitů. Tento nejnovější nález prokázal **nejranější interakci parazita a hostitele ve fosilních záznamech**.
- Byly prozkoumány velice zachované 515 milionů let staré fosilie z jižní Číny patřící organismům nazývaným **brachiopodi**. Brachiopodi jsou mořští bezobratlí, kteří se podobají škeblím, ale ve skutečnosti jsou zcela odlišní.
- Podrobný výzkum odhalil, že **ztvrdlé trubičky pokrývající povrch** fosilních schránek ramenonožců a **kdysi je obývali parazitičtí červi**. Je zřejmé, že červi byli paraziti, protože byl identifikován jasný negativní účinek na hostitele, **brachiopodi bez parazitů byli mnohem větší**, než napadení (**gigantismus**).
- Dotyční parazité byli téměř jistě červi, **nevíme ale přesně, jaký typ červa**. Co je ale jisté, že tito červi byli připojeni ke svému hostitelskému ramenonožci po celý svůj život.
- **Na základě orientace trubiček** cizopasníky víme, že červi byli **kleptoparaziti**, což znamená, že **kradli potravu svému hostiteli dříve, než ji mohli pozřít**.

Přehled geologických období

Současnost →



Formování planety →

Geologická období (zjednodušeno)

počátek před dneškem a délka trvání v milionech let

eon	éra	perioda	p ↕	d ↕
fanerozoikum	kenozoikum	kvartér (čtvrtohory)	3	3
		neogén	23	20
		paleogén	66	43
	mezozoikum (druhohory)	křída	145	79
		jura	201	56
		trias	252	51
		perm	299	47
	paleozoikum (prvohory)	karbon	359	60
		devon	419	60
		silur	444	24
		ordovik	485	42
proterozoikum (starohory)	neoproterozoikum	kambrium	539	54
		ediakara	635	96
		kryogén	720	85
	mezoproterozoikum	tonium	1000	280
			1600	600
	paleoproterozoikum		2500	900
hadaikum	archaikum (prahory)		4031	1531
			4567	536

Šipky označují období ze kterého pochází náš nejstarší parazit !

O 250 miliónů let starší než dinosauři !!!

Early Paleozoic
520 Mya

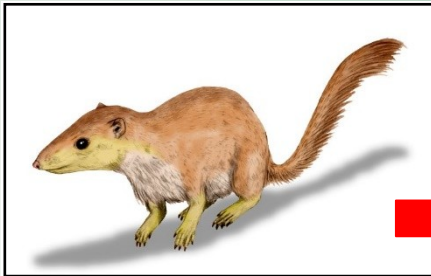
Late Paleozoic
275 Mya

Late Mesozoic
65 Mya

Cenozoic Era
Today

**Purgatorius, paleocén, 66 – 56 Mya;
nejstarší známý primát**

**LUCY – Australopithecus afarensis, 2,5 – 3,2 Mya;
nejstarší známý
humanoid**

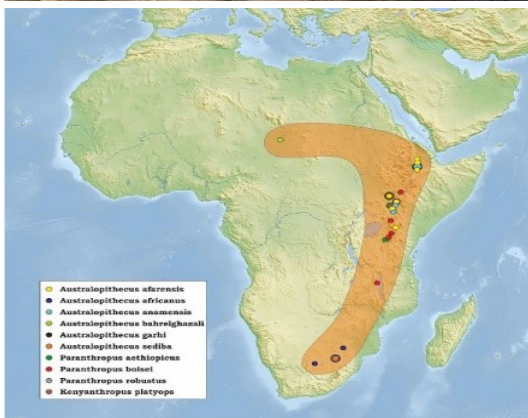
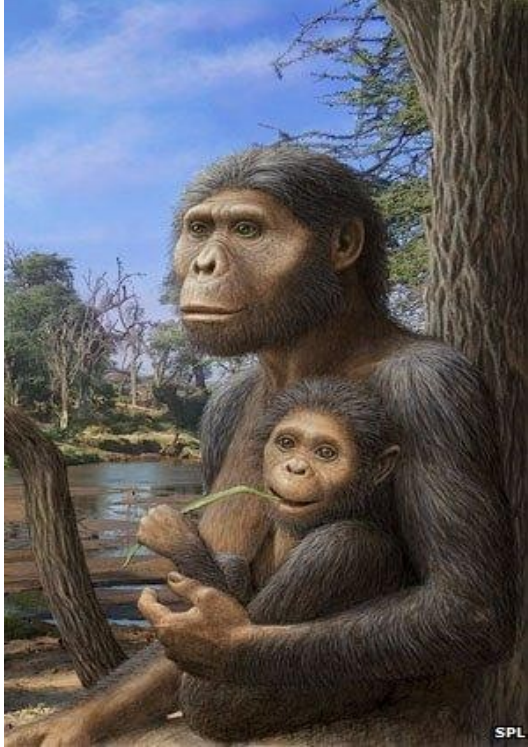


Jaký je původ parazitů člověka ? ?

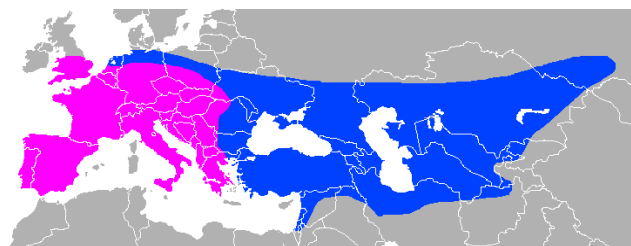


Člověk a paraziti dlouhá společná historie - koevoluce

Australopithecus africanus

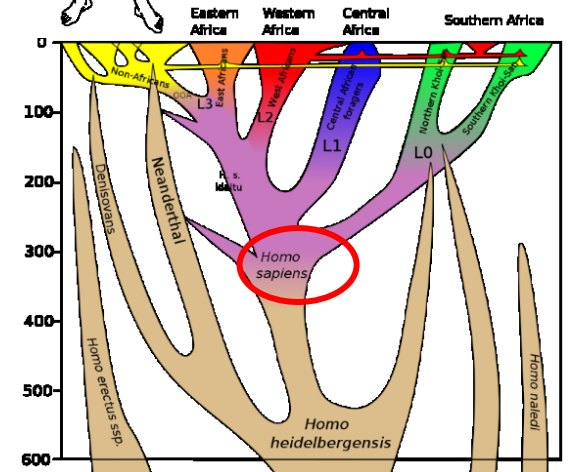
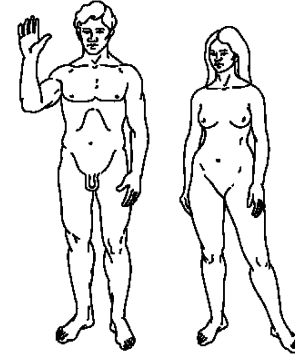


Homo neanderthalensis



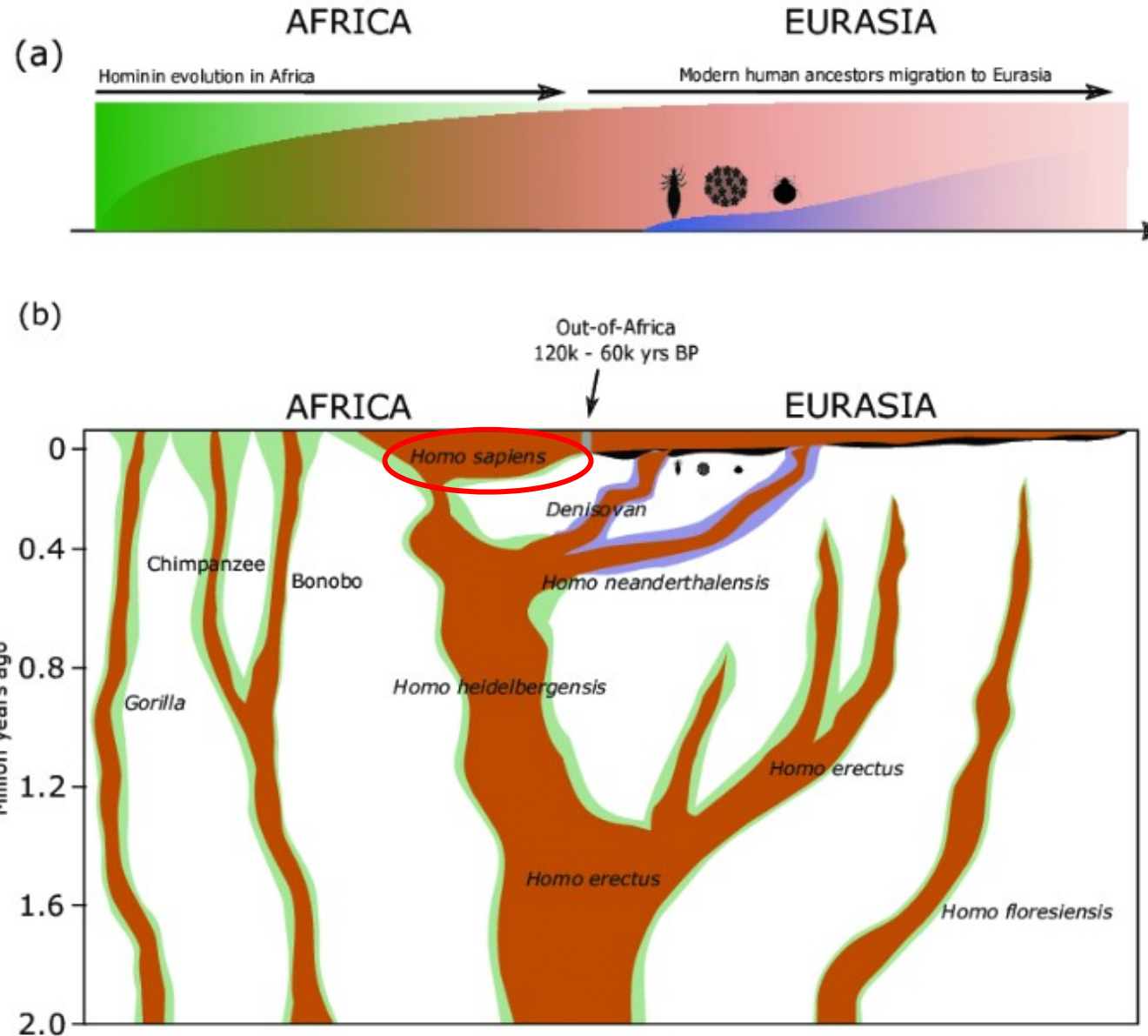
Homo heidelbergensis

Homo sapiens



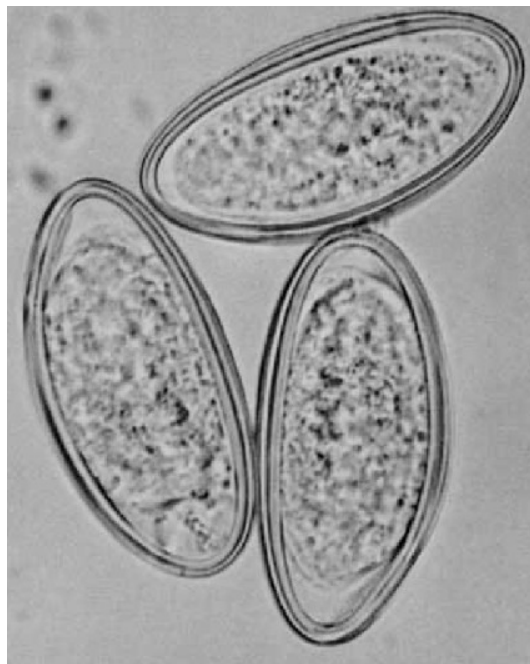
Jaký je původ patogenů - parazitů člověka ?

(a) Lidské patogeny z Afriky:
Lidské papilovirus (HPV)
Virus herpes simplex (HSV)
Virus lidské imunodeficiency (HIV)
... vyvíjející se mezi moderními lidmi migrujícími z Afriky s dalším přenosem mezi moderními lidmi migrujícími z Afriky a jinými hominidy v Eurasii (HPV, HSV)+ vši a štěnice. Důležitý zde byl sexuální přenos od neandrtálců na moderního člověka a přinesl určitě HPV, HSV a ektoparazity, kteří převládají dodnes.

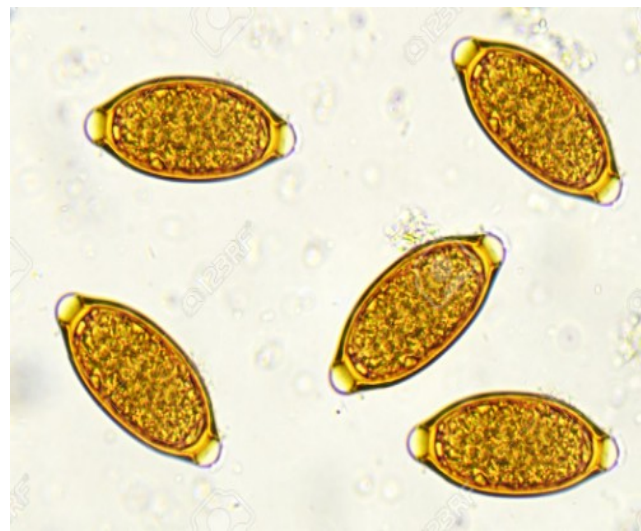


(b) Většina moderních lidských patogenů se objevila v Africe, které se přenášely mezi skupinami předků hominidů a africkými lidoopy a dále se rozcházely a rozptylovaly mimo Afriku s odpovídajícími skupinami původních hominidů: evoluce populací neandrtálců a denisovanů výhradně v Eurasii s jejich patogeny. Patogeny spojené s moderními lidmi mimo Afriku jsou znázorněny černě. Evoluce hominidů se zvlněnými okraji naznačují Předpokládané populační fluktuace v čase.

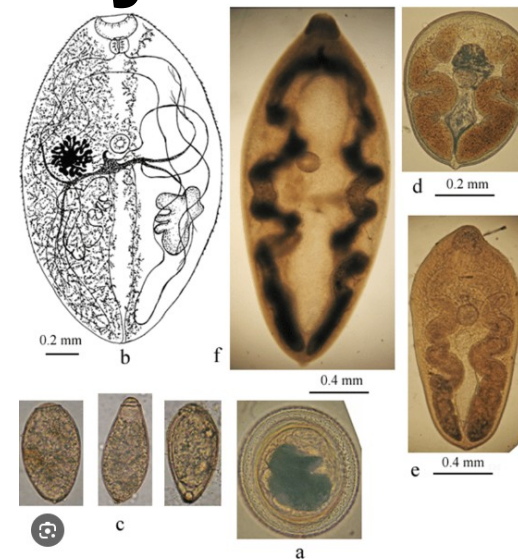
Paraziti jako „Dědictví“ a „Suvenýr“



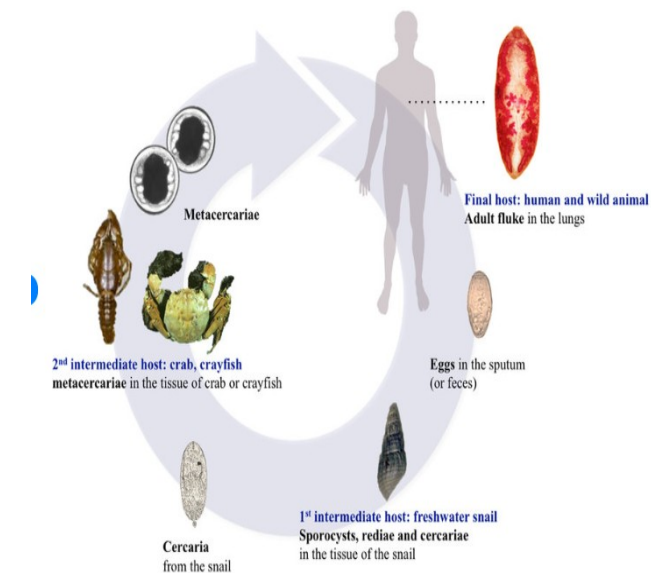
Enterobius



Trichuris



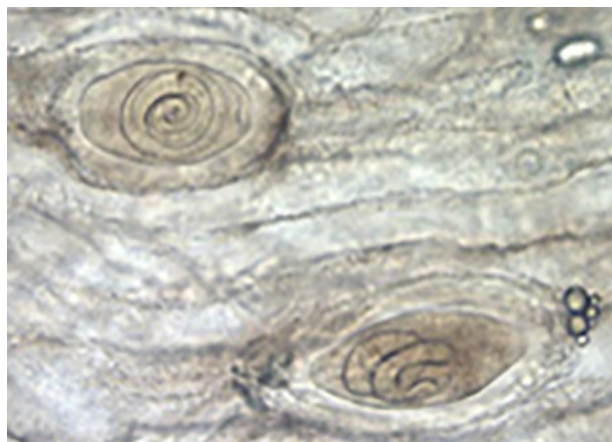
Paragonimus westermani



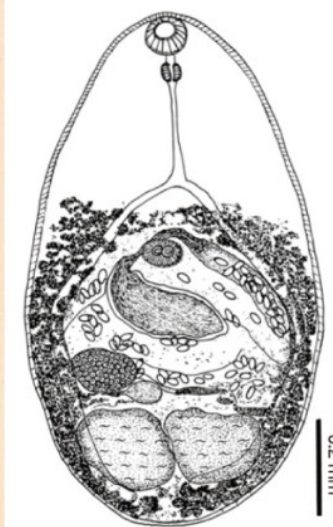
Diphyllobotrium



Trichinella



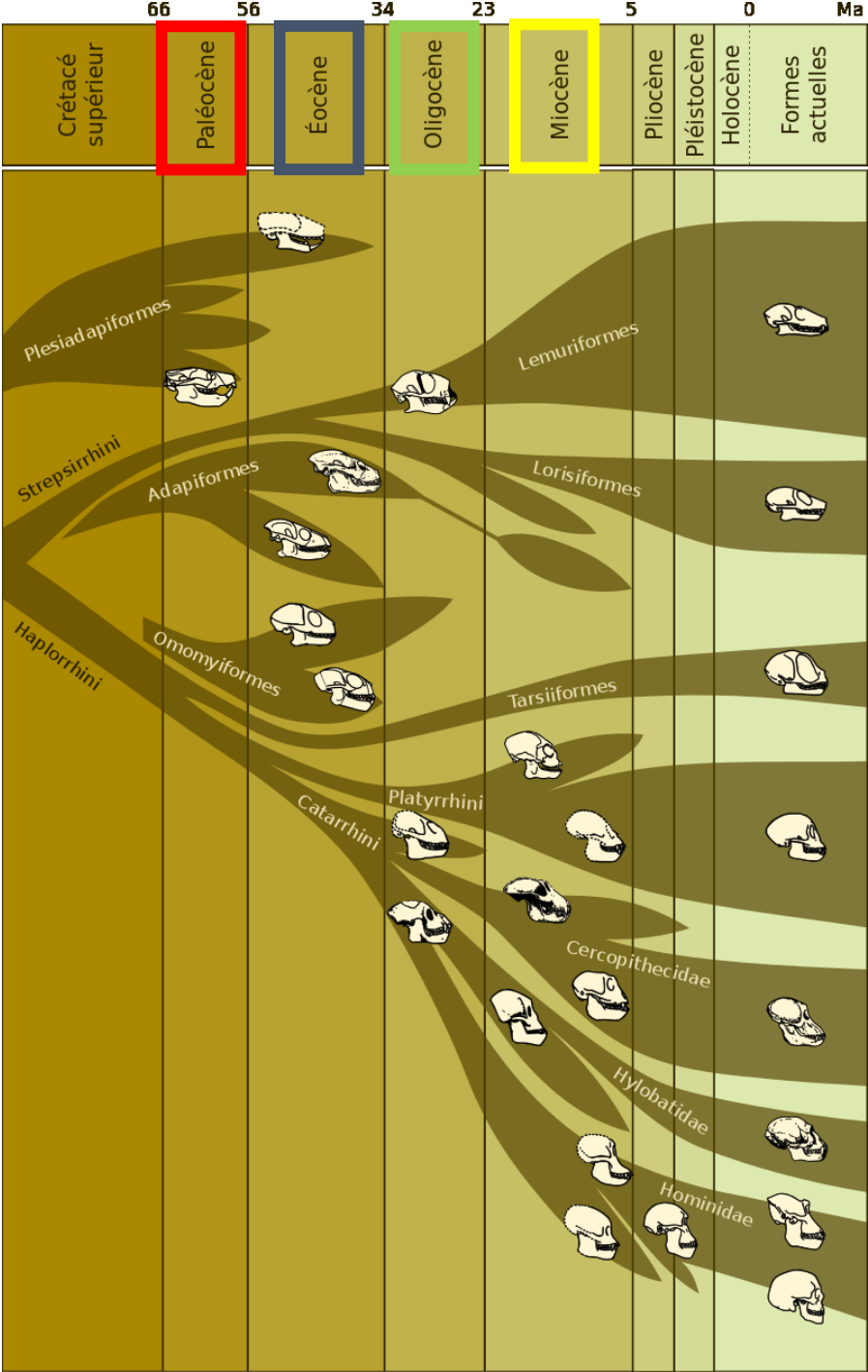
Cryptocotyle lingua



Paraziti jako dědictví po předcích (příklad vertikálního přenosu)



... a na počátku všeho byl ... *Purgatorius* – (nejstarší primát)



Strom evoluce od prvních primátů k minidům

Purgatorius, dosud nejstarší známý primát (**PALEOCÉN**)



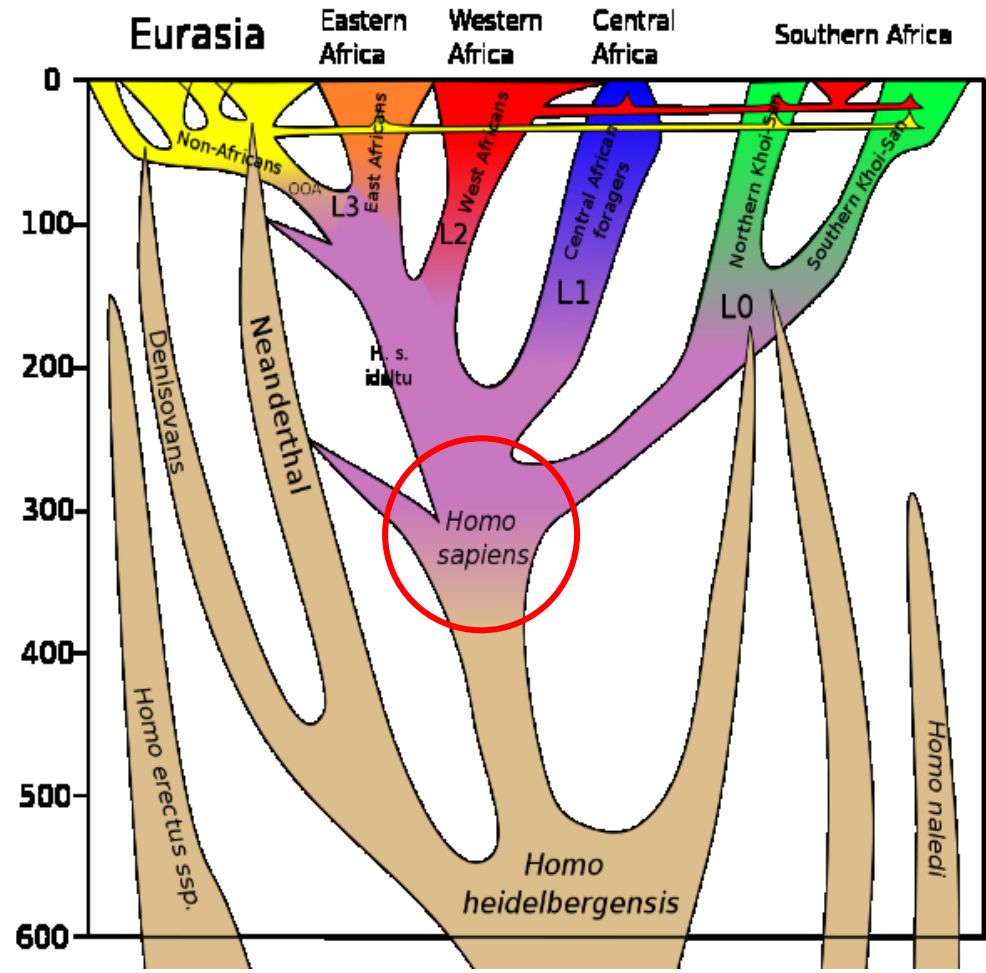
Necrolemur, jeden z nejstarších vyšších primátů (**EOCÉN**)



Aegyptopithecus, zástupce úzkonosých opic (**OLIGOCÉN**)

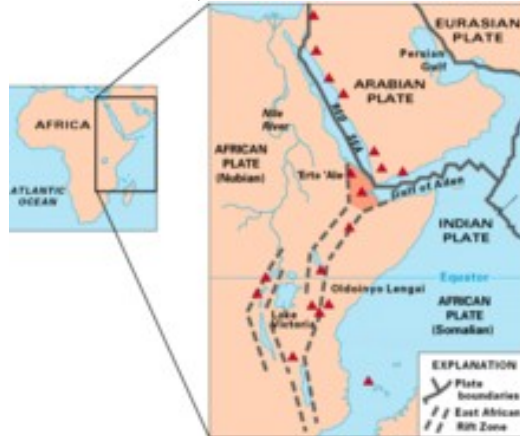


Proconsul ukazuje, jak asi mohl vypadat společný předek moderních hominoidů (**ČASNÝ MIOCÉN**)



Distribuce hominidních druhů v průběhu času.

HOMININ SPECIES DISTRIBUTED THROUGH TIME



Afarská pánev, 1974



Kostra Lucy
(1,1m/29kg)

Rekonstrukce lebky Lucy
(3,22 až 3,18 miliony let)

Australopithecus spp.

Homo spp.

H. sapiens

H. neanderthalensis

H. heidelbergensis

H. erectus

H. ergaster

H. habilis

H. rudolfensis

A. sediba

A. garhi

A. africanus

A. bahrelghazali

A. afarensis

Paranthropus robustus

A. anamensis

Paranthropus boisei

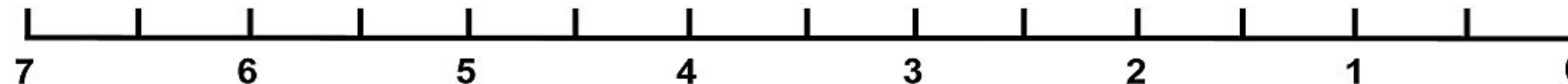
Orrorin tugenensis

Ardipithecus ramidus

Paranthropus aethiopicus

Sahelanthropus tchadensis

Kenyanthropus platyops



MILLIONS OF YEARS BEFORE THE PRESENT





Současně známe zatím celkem 16 druhů hominidů !

Proč jsme jediným žijícím lidským druhem?



Vyhynutí konkurenčních druhů rodu Homo !

- **Homo erectus** kolonizoval oblasti v západní Asii, Číně, Indonésii a Evropě před 1-2 miliony let, ale nakonec se druh zmenšil a vyhynul.
- Druh **neandrtálců** se rozšířil do středních zeměpisných šířek Eurasie před 250 000 až 400 000 lety, ale jejich druh opět vyhynul.
- Je pravděpodobné, že k nejvýznamnějšímu kognitivnímu pokroku již došlo u posledního společného předka, kterého jsme sdíleli s jinými druhy, jako jsou neandrtálci – **předka zvaného Homo heidelbergensis**.
- **Koncem pleistocénu, před 12 000 až 100 000 lety, se po celém světě rozšířil druh Homo sapiens.** Existují důkazy o tomto druhu v paleoarktickém prostředí a prostředí ve vysokých nadmořských výškách, stejně jako v tropických deštných pralesích v **Asii, Americe a Melanésii**, oblasti poblíž **Austrálie**, která zahrnuje **Fidži, Papuu-Novou Guineu, Západní Novou Guineu a Šalamounovy ostrovy**.

Purgatorius – první primát
(65 – 56 mil)



Milníky v evoluci člověka

Homo neandrtalensis
(800 – 370tis)



Denisované
(200 – 41 tis)



Homo sapiens
(200 – 2tis)



Australopithecus
afarensis – první hominid
(3,5 - 2,5 mil)



Kromaňonci (30 – 10tis)
Homo sapiens

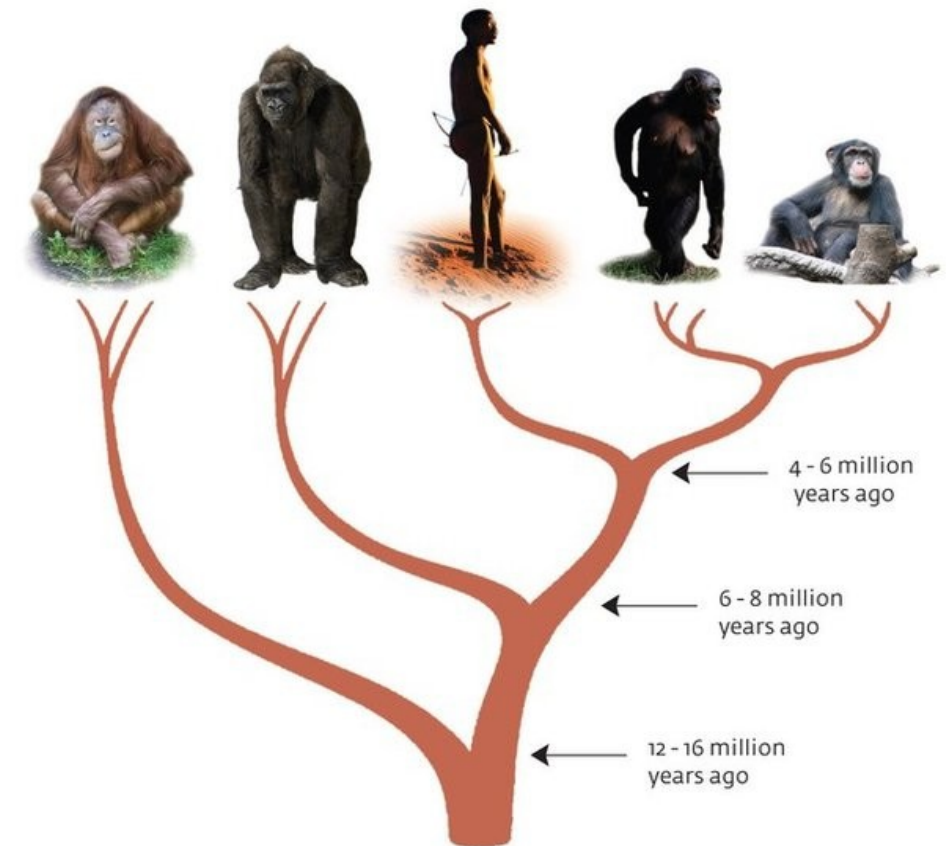
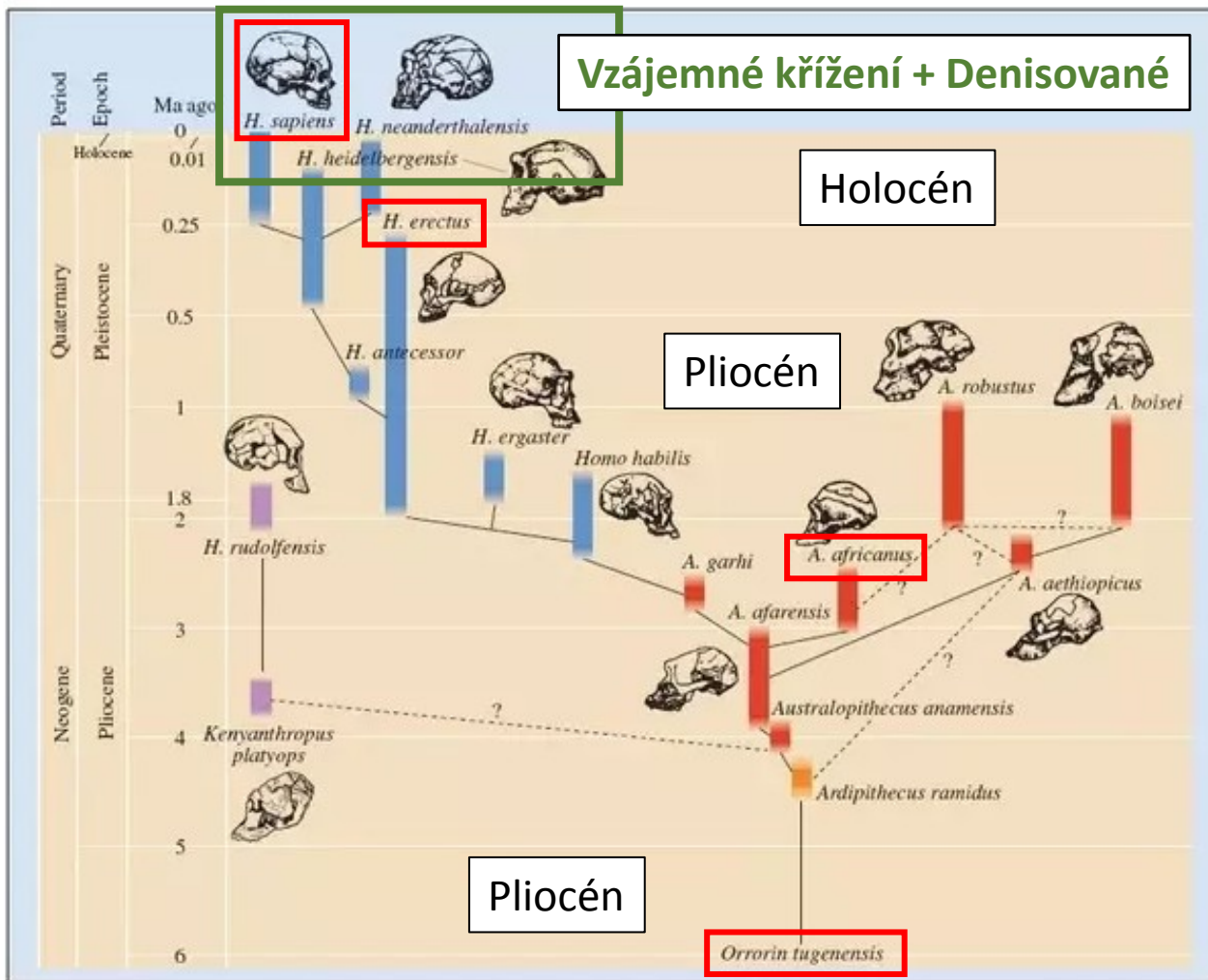


LONDÝN - **Denisované a neandertálci**, dávno vyhynulí příbuzní moderních lidí, měli k sobě mnohem blíž, než se doposud vědělo. Vědci nyní vůbec **poprvé objevili důkaz**, že byli schopni se **křížit a plodit děti**; z minulosti jsou přitom známé poznatky o **křížení zástupců Homo sapiens jak s Denisovany, tak s neandertálci**. Podle odborného časopisu Nature vědci našli kůstku dívky, která se narodila před zhruba 50 000 lety ze vztahu mezi denisovanským otcem a neandertálskou matkou.

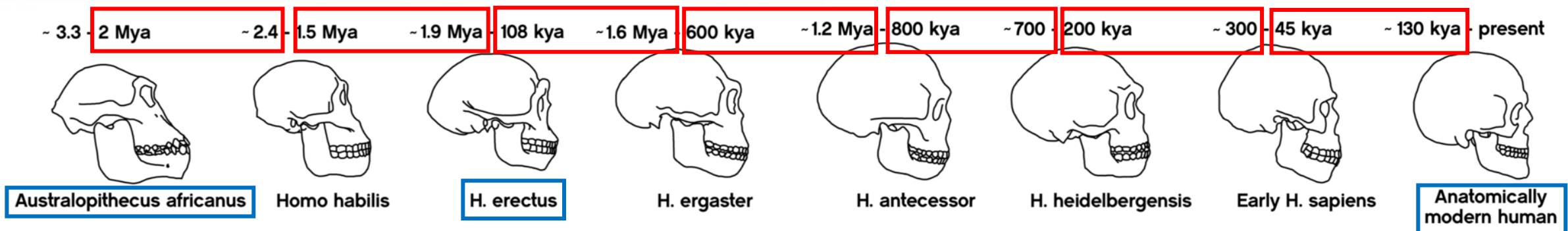
Institut Maxe Plancka pro evoluční antropologii



Institut Maxe Plancka pro evoluční antropologii se zaměřuje na otázky týkající se původu lidstva. Výzkumníci institutu studují velmi odlišné aspekty lidské evoluce. Analyzují geny, kultury a kognitivní schopnosti dnes žijících lidí a porovnávají je s geny, kulturami a kognitivními schopnostmi lidoopů a vyhynulých národů. V ústavu úzce spolupracují vědci z různých oborů: Genetici sledují genetickou výbavu vyhynulých druhů, jako jsou neandrtálci. Behavioristé a ekologové zase studují chování lidoopů a dalších savců.



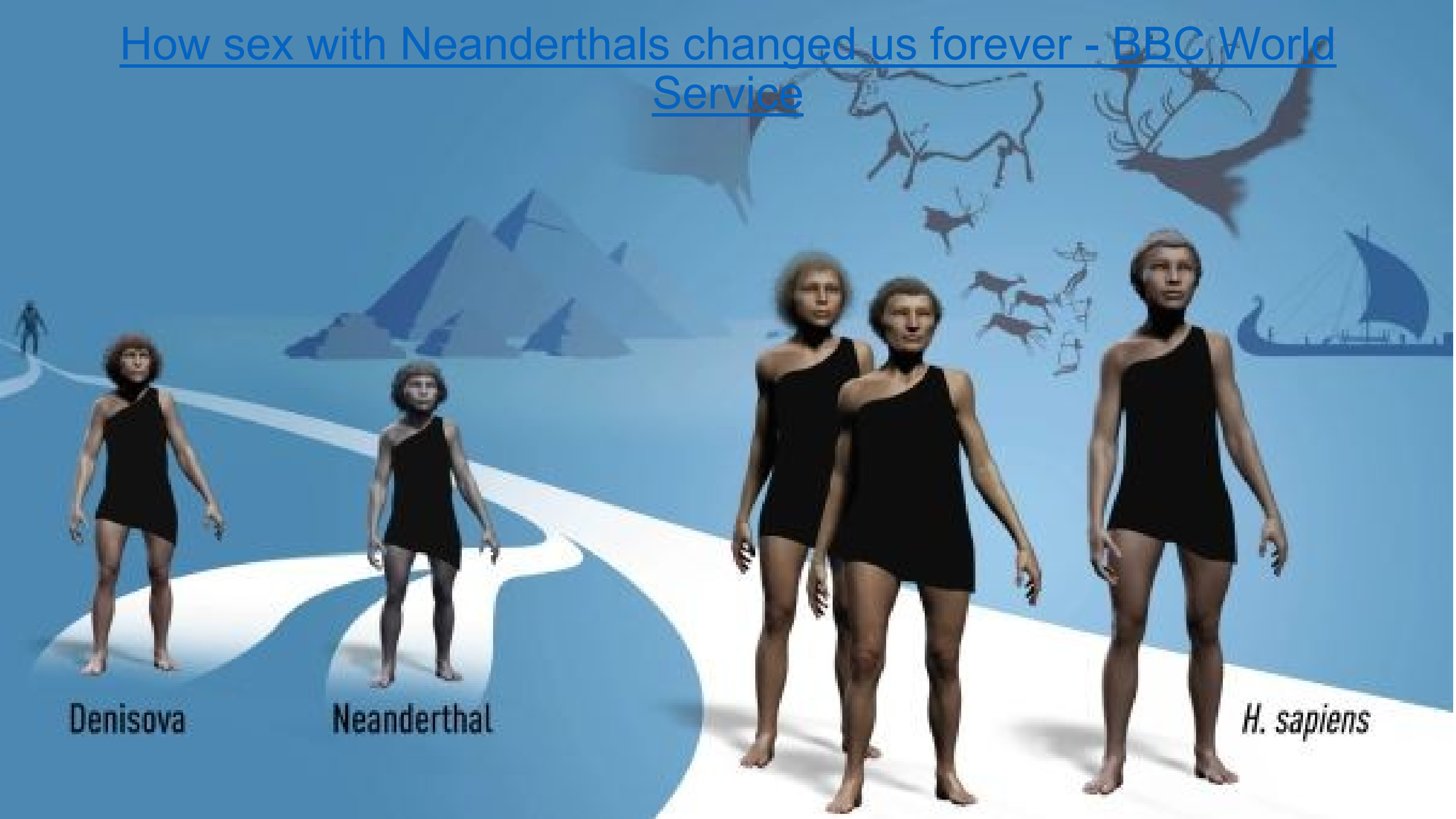
Evoluce moderního člověka



Křížení s neandrtálci ?



How sex with Neanderthals changed us forever - BBC World Service



Denisova

Neanderthal

H. sapiens

7 milionů–50 000 př. Kr.: Od hominidů k modernímu člověku.

Nejstarší příbuzní vznikají před 7 miliony lety. Australopiteci se vyvíjeli ve **dvou fázích archaičtí australopiteci a pokročili australopiteci.**

Evoluce rodu Homo zahrnuje tři základní fáze:

- 1. Vznik raných forem rodu Homo,**
- 2. Evoluce archaických druhů rodu Homo a vznik archaického Homo sapiens,**
- 3. Diferenciace archaického Homo sapiens na neandrtalce a anatomický moderního lidstva.**

Homo habilis a Homo erectus/ergaster vznikli paralelně, ale pouze Homo erectus/ergaster byl přímým předkem člověka. Neandrtálci a anatomický moderní člověk (AMC) vznikli na konci Risskeho glacialu diferenciací z afrických a evropských forem archaického Homo sapiens – neandrtálci na území Evropy a západní Asie a AMC v Africe.

Neandrtálci byli AMC geneticky velmi blízcí a obě skupiny se mohly vzájemně křížit. Neandrtálci postupně vymírají a AMC před 65 tisíci lety začíná kolonizovat svět.

Mezidruhové křížení

Kvůli anatomickým a kulturním rozdílům vědci dlouho považovali neandertálce (*Homo neanderthalensis*) a *Homo sapiens* za dva odlišné druhy, které spolu nemají nic společného. S rozvojem paleogenetiky se však ukázalo, že DNA dnešních Evropanů a Asiatů obsahuje 1 až 4 % neandertálských genů.

Vzájemná přitažlivost zkrátka **překonala druhové hranice**. Ke křížení docházelo postupně v několika vlnách zhruba před 70 tisíci lety, kdy *Homo sapiens* opustil Afriku a vydal se dobývat nové kontinenty. Jako člověk zvyklý na život v tropickém podnebí měl před sebou těžký úkol – aby přežil v chladnějších pásmech, **musel se adaptovat**.

Genetická stopa všech tří druhů

- Na druhou stranu neandertálci nebyli jediní, s kým se naši předkové na své cestě setkali. Často se v této souvislosti zmiňují také [denisované](#), kteří obývali chladné území Sibiře a Tibetu až po džungle v jihovýchodní Asii.
- DNA děnisovanů sehrála v adaptaci *Homo sapiens* významnou roli. Denisované se totiž křížili jak s neandertálci, tak s *Homo sapiens*.
- Výsledkem pak byli hominidé, kteří nesli **genetickou stopu všech tří druhů** (a podle vědců možná i dalších).

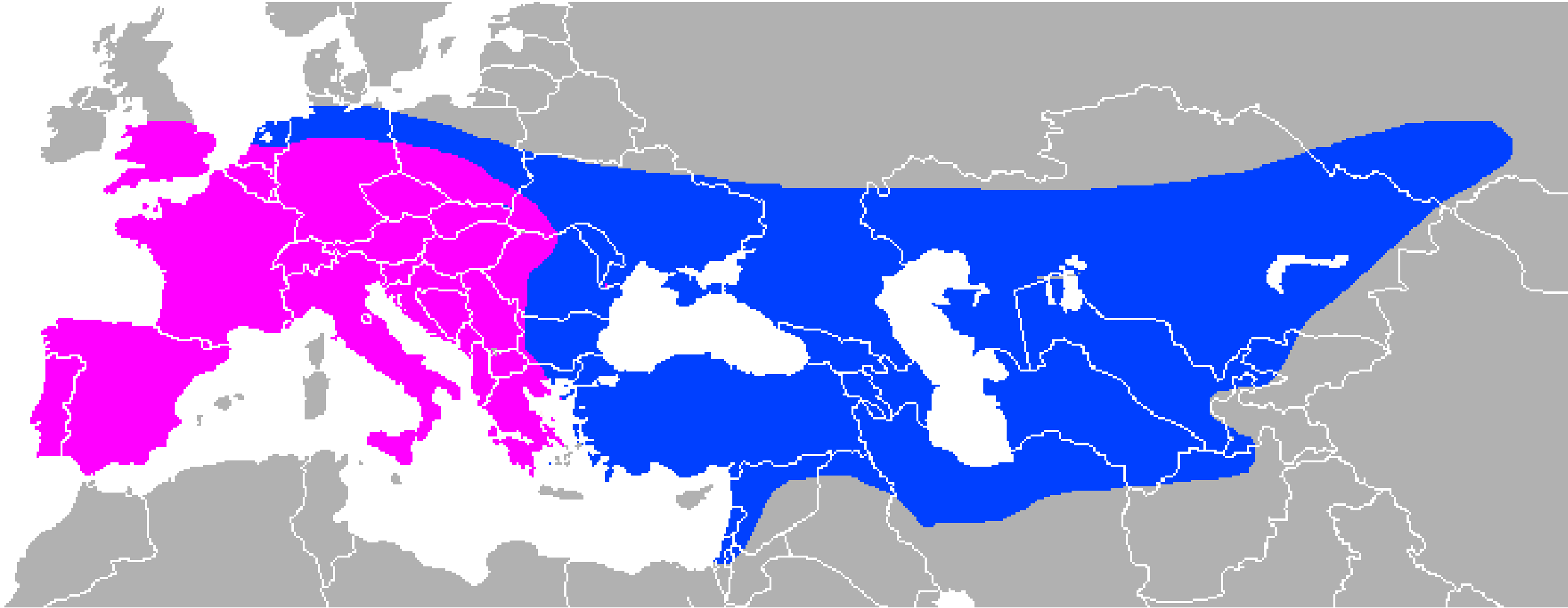
Sex s neandertálci nás ale navždy změnil !

Jejich geny nám pomáhají, ale mohou nás i zabít !

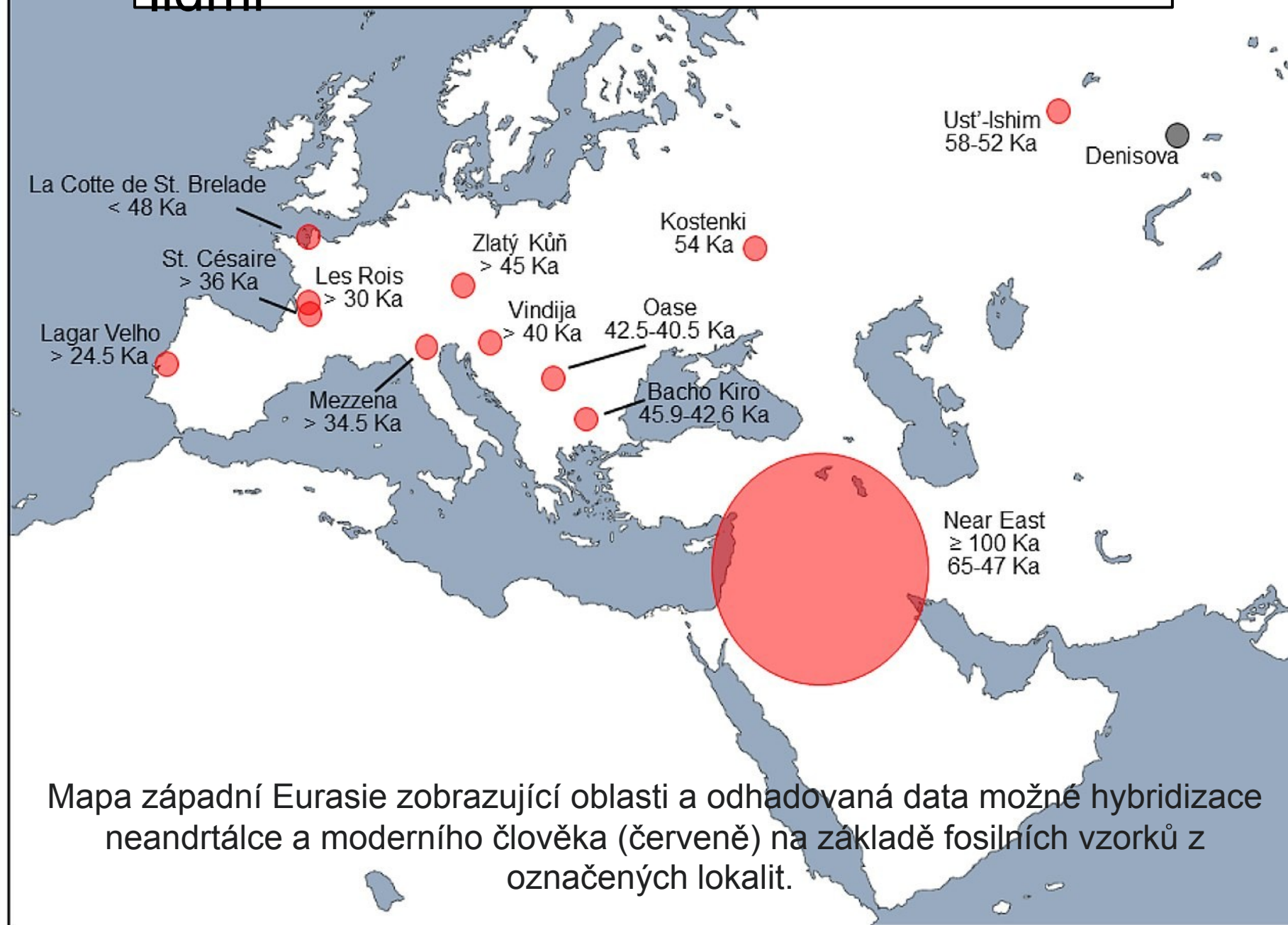


Rozšíření neandertálců

(rané formy růžově, pozdní formy modře)



Křížení mezi archaickými a moderními lidmi



Neandrtálské geny mezi námi aneb



Worth1000 Photoshop contest entries. Scarlett Johansson (L) and Shakira (R) made to look like Neanderthals



... co dokáže Photoshop !

Scarlett Johansson (L) a Shakira (P)
s mírně neandrthaloidními rysy obličeje



Které neduhy jsme od Neandrtálců zdědili ?

Neandertálští příbuzní nám předali tyto psychické a neurologické rysy:

- vyšší sklon k depresím
- nižší práh bolesti.
- poruchy autistického spektra
- epilepsii

Tyto ale mohou stát za lepší pamětí nebo zvýšenou kreativitou

- tendence k vyšší srážlivosti krve
- rychlejší hojení rány a zabránění dlouhému krvácení nebo infekci.

Dnes komplikace při nemocích **onemocnění kardiovaskulárního systému**
– zvýšené **riziko trombózy**.

Které další nemoci, které jsme po neandertálcích zdědili:

- **autoimunitní a zánětlivá onemocnění** (např. lupus, revmatoidní artritida, Crohnova choroba, diabetes 2. typu),
- **alergie či astma,**
- **zvýšené riziko obezity a vyšší hladiny cholesterolu v krvi.**
- Neandertálské geny totiž “**počítaly s obdobím hladu**” – potrava byla vzácná, a proto se efektivně ukládala ve formě tuku. **Tento metabolismus byl pro naše předky výhodný, zatímco dnes přispívá k rozvoji civilizačních chorob.**
- **Výjimku tvoří ženy** – u nich totiž genetické spojení s neandertálci představuje **výhodu v podobě vyšší plodnosti a nižšího rizika potratu.**

Máme jim za to děkovat, nebo je nemít rádi ?

- DNA neandrtalců v naší populaci přetrvala díky **vyvažujícímu pozitivnímu výběru**. To znamená, že **například geny zodpovědné za zvýšené riziko autoimunitních onemocnění zároveň zajišťují také lepší odolnost vůči infekcím**.
- Neandertálské geny tedy fungují podle pravidla, že **všechno zlé je k něčemu dobré**. Na jednu stranu **nám sice komplikují život, ale bez nich bychom se možná nikdy nestali tím, čím jsme dnes – anebo bychom tu nebyli vůbec !**
- Vědci se totiž shodují, že bez příměsi neandertálské krve by se ***Homo sapiens* přizpůsoboval životu v chladnějších oblastech daleko hůře** a jeho výprava za hranice Afriky mohla **snadno skončit evolučním fiaskem**.



© Public Domain

Neandrtalci vyhynuli asi před 40 000 lety – domnívame se, že se nedokázali přizpůsobit klimatickým změnám, které učinily jejich domovinu nehostinnou !

A detailed oil painting of a coastal scene. In the foreground, a large, powerful wave is crashing onto a sandy beach, creating a massive splash of white foam. The water is a vibrant turquoise color, contrasting with the deep blue of the ocean further out. The sky is filled with heavy, layered clouds in shades of blue and white, suggesting an overcast or stormy day. The overall composition is dynamic and captures the raw power of nature.

Děkuji za pozornost !