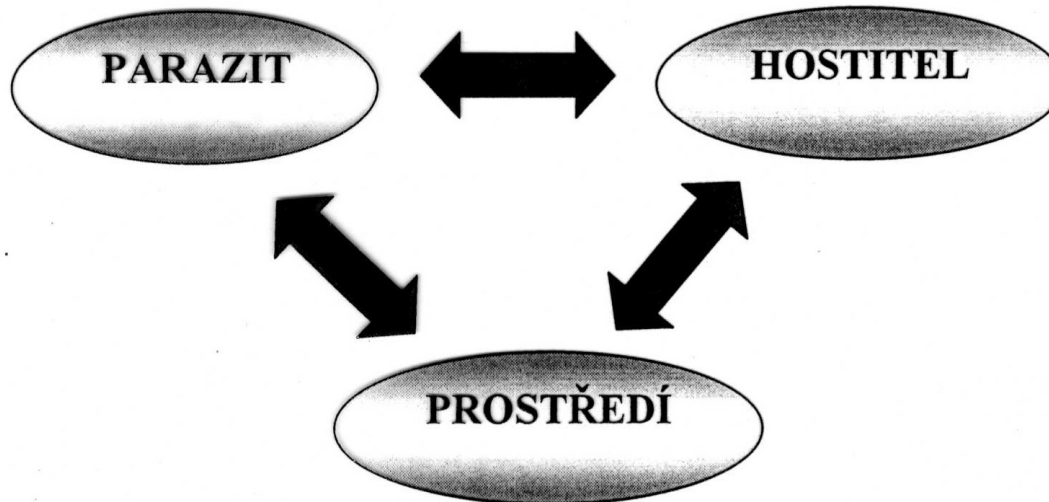


Populace parazitů

Životní cykly a populace parazitů

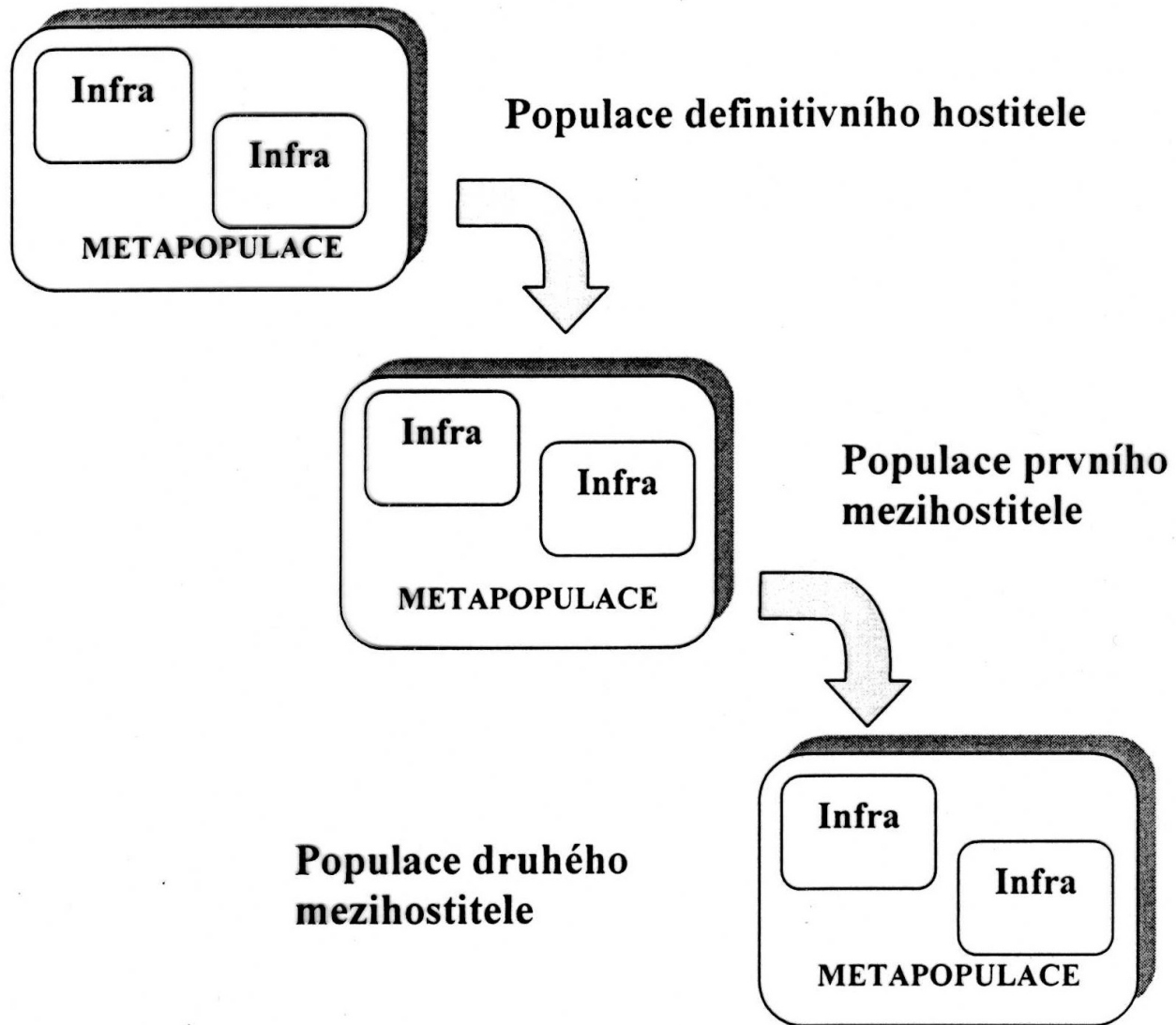
Parazit \Leftrightarrow Hostitel \Leftrightarrow Prostředí



Populace parazita se bude vyskytovat v různých typech prostředí

1. a 2. řádu \Rightarrow v závislosti na **typu životního cyklu** cizopasníka bude mít různou **prostorovou strukturu**

SUPRAPOPULACE



Populace parazitů

Epidemiologie = studium týkající se ekologických aspektů nemocí s cílem vysvětlit jejich šíření, rozmístění, prevalenci a incidenci.

Incidence (v epidemiologii) = počet nových případů onemocnění za jednotku času (míra růstu onemocnění).

Dnes:

Epidemiologie = kvantitativní věda založená na aplikaci řady statistických metod a matematického modelování umožňujících velmi efektivní vyhodnocení terénních nebo experimentálních dat.

- Dynamika parazitárních (infekčních) onemocnění = jedno z nejstarších odvětví biomatematiky.
- Řada paralel s Lotkovými a Volterovými modely dynamiky vztahů predátor-kořist.

Populace parazitů

Z historie:

V.A. Dogel (1964) = první moderní ekologie cizopasníků, komplexní chápání systému P-H-H

J.C. Holmes (1961, 1962) = klasické práce o interspecifické kompetici
Hymenolepis diminuta a *Moniliformis dubius* ve střevě krysy.

G. MacDonald (1965) = poprvé použit matematický model při studium P-H vztahů

H.D. Crofton (1971) = vypracoval standardní metodu kvantitativního studia parazitismu

R.M. Anderson & R.M. May (1974 – 1985) = vypracovali moderní teorii matematicko-epidemiologických modelů parazitismu

Populační ekologie parazitů

Epidemiologie = studium dynamických vztahů mezi populací parazita a populací hostitele.

Populace = soubor organismů (parazitů i hostitelů) téhož druhu vyskytujících se v určitém prostoru a čase spojených reprodukčními vztahy.

Platí to pro parazita i pro hostitele !!!

Co zde je jednotka studia ?

Parazit nebo hostitel ?

Charakteristiky populace parazitů

Prevalence = procento hostitelů napadených daným druhem cizopasníka; tj. počet parazitovaných hostitelů dělený celkovým počtem vyšetřených hostitelů krát 100.

Stanovuje se dvojím způsobem:

- 1) **přímým vyšetřením cizopasníků (pitvou, krevní roztěr, serologie)**
- 2) **sledováním emise infekčních stádií (koprologicky)**

Intenzita invaze = počet jedinců daného druhu parazita na/v hostiteli

Střední intenzita = průměrný počet parazitů na jednoho napadeného hostitele; tj. celkový počet parazitů dělený počtem napadených hostitelů.

Charakteristiky populace parazitů

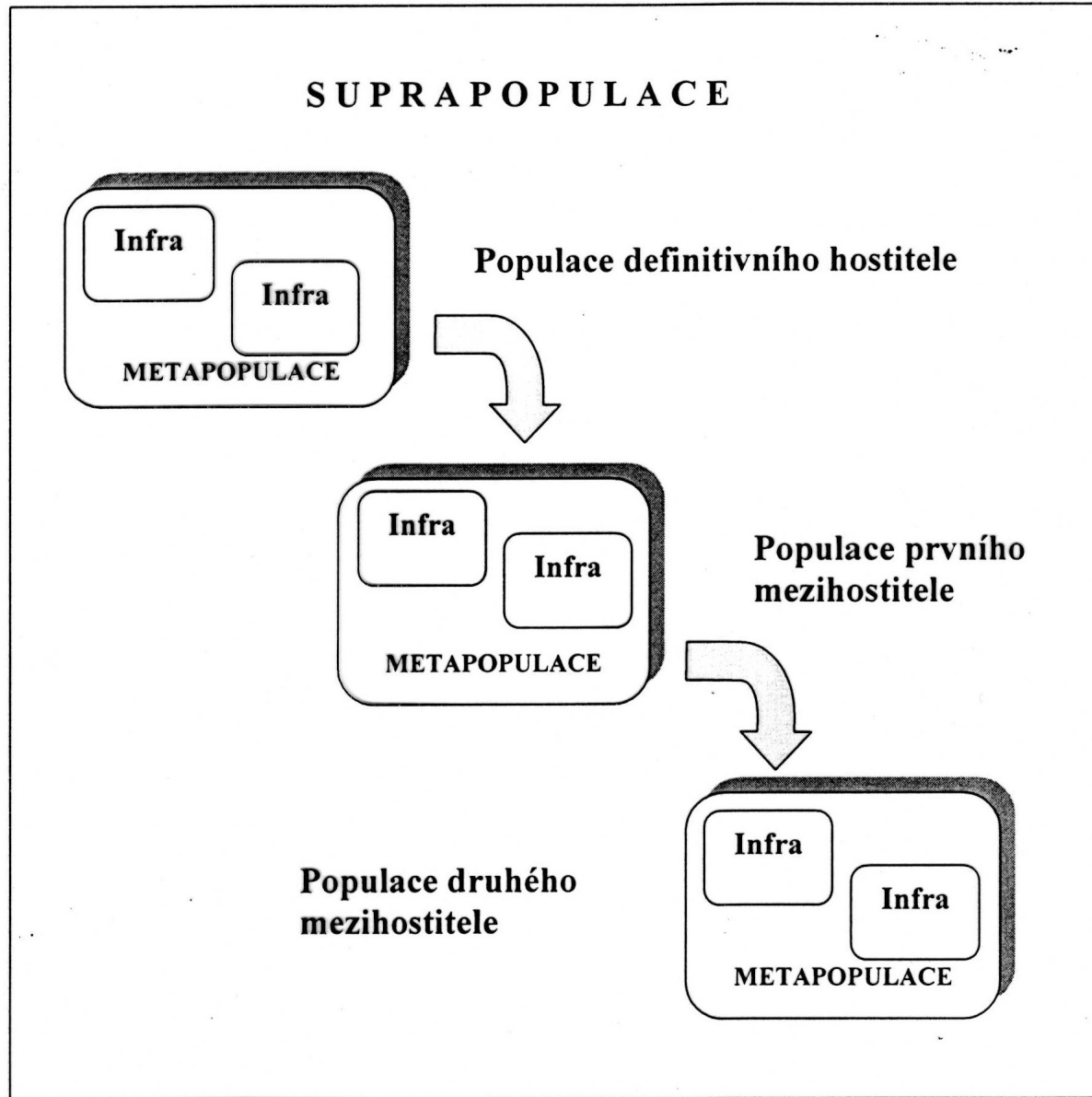
Abundance = průměrný počet jedinců daného druhu parazita z celkového počtu všech vyšetřených hostitelů (tedy napadených i nenapadených); celkový počet parazitů dělený cyklovým počtem všech vyšetřovaných hostitelů

Incidence = počet nových případů nakažených jedinců hostitele v daném časovém období z počtu nenakažených jedinců hostitele na počátku studovaného období. Často zaměňován z prevalencí.

Denzita = počet jedinců daného druhu cizopasníka na jednotku plochy, objemu nebo váhy hostitelského organismu.

Distribuce = rozmístění cizopasníků; má čtyři různé úrovně. (zoogeografické rozšíření, hostitelká specifičnost, frekvenční distribuce a lokalizace na/v hostiteli).

Schéma populace parazita



Základní termologie

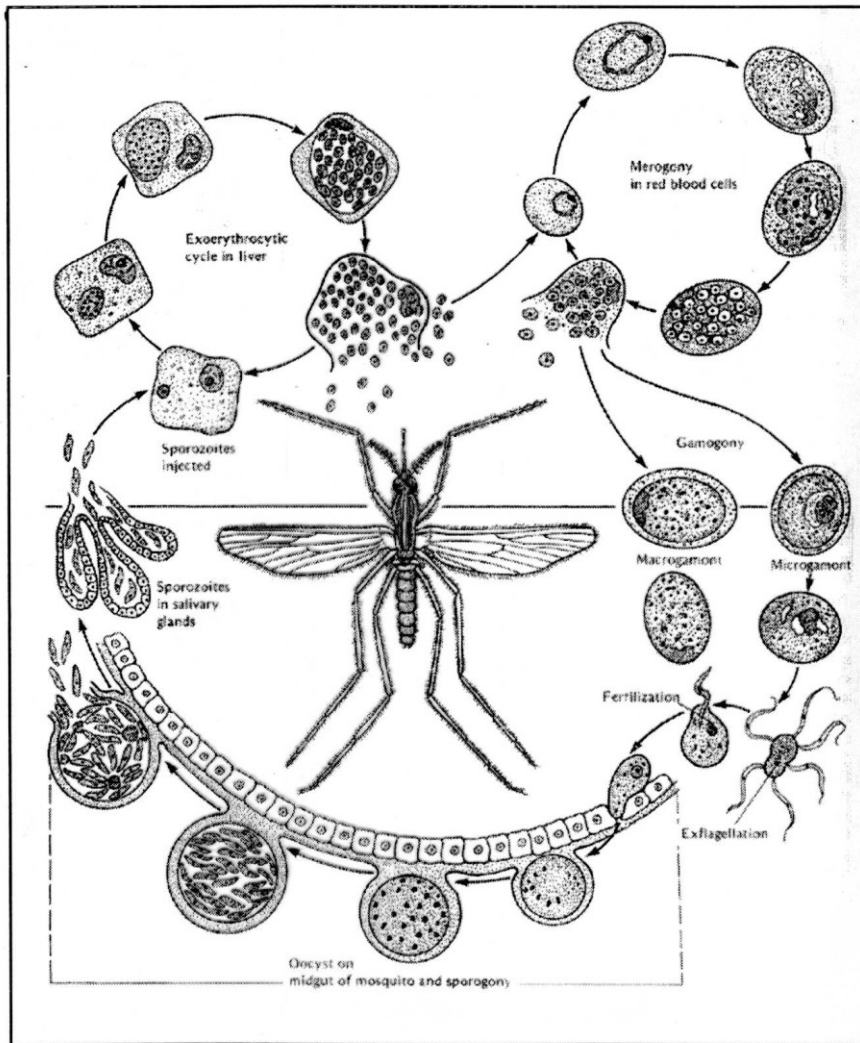
Infrapopulace = soubor všech cizopasníků určitého druhu nacházejících se na/v jednom individuu daného hostitelského druhu

Metapopulace = soubor všech infrapopulací určitého druhu parazita na/ve všech individuích určitého druhu hostitele daného ekosystému

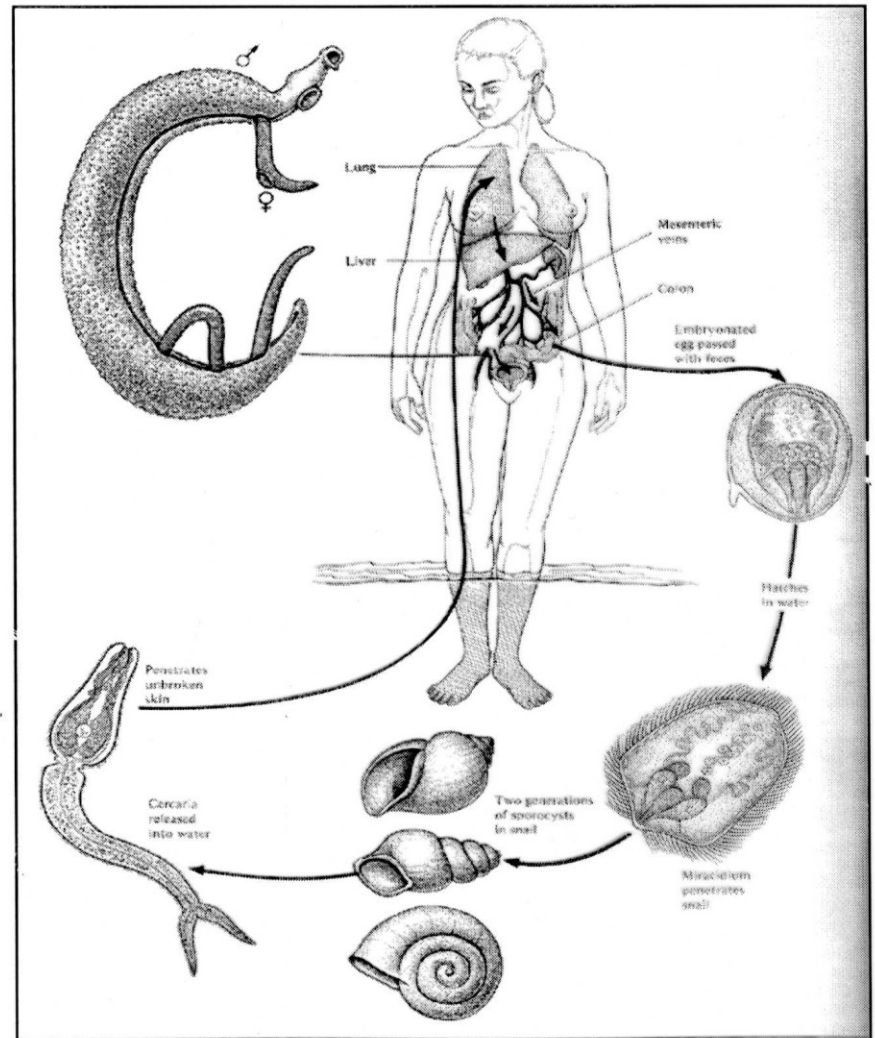
Suprapopulace = soubor všech cizopasníků určitého druhu ve všech stádiích vývoje nacházejících se na/ve všech hostitelím a mezhospitelích daného ekosystému

Epidemiologie cizopasníků

Malárie



Schistosómosa



Epidemiologie cizopasníků

MIKROPARAZITI = množí se na/v hostiteli (viry, bakterie, houby a prvoci)

MAKROPARAZITI = vyvíjejí a rostou na/v hostiteli, ale nemnoží se
(helminti a členovci)

Velikost zde není rozhodující !

mšice = mikroparaziti rostlin (množí se na jejich povrchu)

houby = makroparaziti (nemnoží se dokud hostitel není mrtev)

Epidemiologie cizopasníků

Epidemiologie = studium týkající se ekologických aspektů nemocí s cílem vysvětlit jejich šíření, rozmístění, prevalenci a míru růstu onemocnění

Epidemiologie = kvantitativní věda → matematické modelování

Mikroparaziti

Přímo se množí
na/v hostiteli

Makroparaziti

Vyvíjejí se a rostou
na/v hostiteli,
ale nemnoží se

Velikost zde není rozhodující !

Epidemiologické modely

Mikroparazit šířený vektorem
- Malárie

$$R_p = \beta^2 \frac{N_v}{N_h} f_v f_h L_v L_h$$

N_v a N_h = hustota přenašeče (V) a hostitele (H)
 f_v a f_h = podíly infikovaných (V) a (H), kteří přežívají
 L_v a L_h = časová období, po která jsou (V) a (H) nakažliví
 β^2 = míra přenosu; přenos infekce do (H) i z (H)

Makroparazit s nepřímým přenosem - Schistosomosa

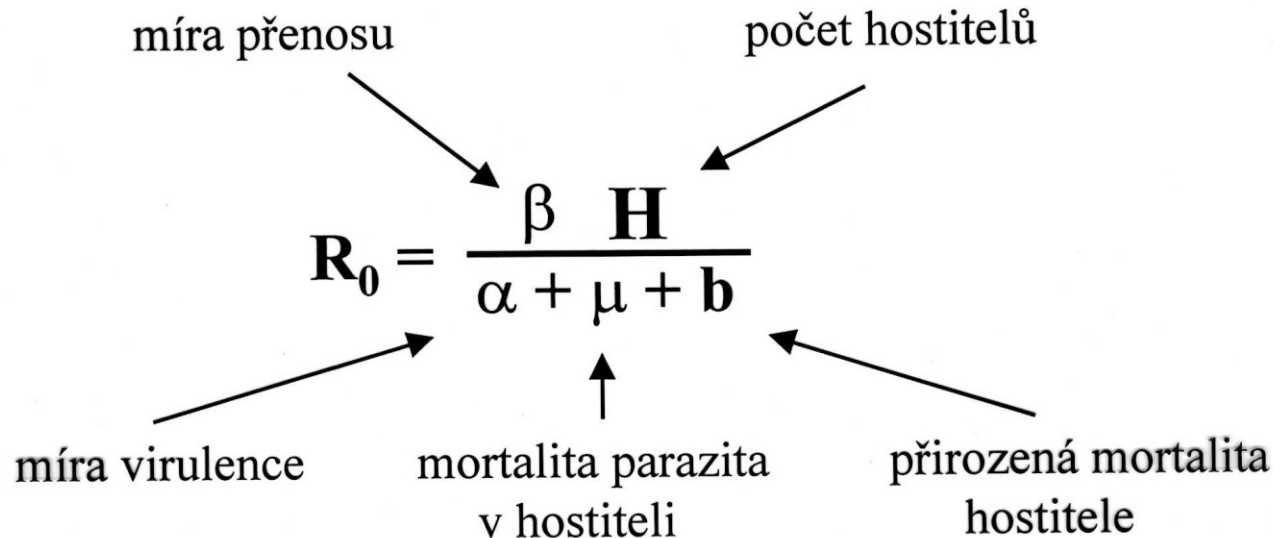
$$R_p = (\lambda_1 L_1 f_{a1}) (\beta_1 N_1 L_{i1} f_{i1}) (\lambda_2 L_2 f_{a2}) (\beta_2 N_2 L_{i2} f_{i2})$$

λ_1 a λ_2 = rychlost produkce vajíček na dospělé samici a počet cercárií na napadeného plže
 N_v a N_h = hustota definitivního hostitele (DH) a mezhospitele (MzH)
 β_1 a β_2 = rychlost přenosu cercárií na (DH) a z miracidií na (MzH)
 L_{i1} a f_{i1} = očekávané délky života a podíl přežívajících do stádia schopného nákazy

Základní reprodukční rychlost

Práh přenosu: $R_p = 1 \Rightarrow R_p > 1$ nemoc se bude šířit
 $R_p < 1$ nemoc vyhasne

Co určuje hodnotu R_p ?



Inverzní vztah reprodukční rychlosti (R_0) a virulence (α)

Základní epidemiologické modely

Mikroparaziti
šíření přímo
(*Entamoeba histolytica*)

Makroparaziti
šíření přímo
(*Ascaris lumbricoides*)

Mikroparaziti
šíření vektorem
(*Plasmodium*)

Makroparaziti
s nepřímým
přenosem
(*Schistosoma*)

Základní epidemiologické modely

Mikroparaziti

- Mikroparaziti přenášení přímo

Příklad: *Cryptosporidium bailei*
(Apicomplexa: Eimeridida)

- Mikroparaziti přenášení vektorem

Příklad: *Plasmodium spp.*
(Apicomplexa: Haemosporidida)

Makroparaziti

- Makroparaziti šíření přímo

Příklad: *Ascaris lumbricoides*
(Nematoda: Ascaridida)

- Makroparaziti s nepřímým přenosem

Příklad: *Schistosoma spp.*
(Platyhelminthes: Digenea)

Populační dynamika parazitismu

Mikroparaziti přenášení přímo:

R_p (základní reprodukční rychlost) = průměrný počet nových případů onemocnění, která vznikají z každého nově napadeného hostitele.

$R_p = 1$ je tedy práh přenosu $\Rightarrow R_p > 1$ nemoc se bude šířit
 $R_p < 1$ nemoc vyhasne

Co tedy určuje R_p ?

Mikroparaziti přenášení přímo II

- 1) R_p stoupá s hustotou jedinců náchylných k infekci (N)
- 2) R_p stoupá s rychlostí přenosu (β); tedy s počtem kontaktů hostitelů a s nakažlivostí choroby, tedy s pravděpodobností, že kontakt povede k přenosu
- 3) R_p stoupá s podílem hostitelů, kteří přežijí dostatečně dlouhou dobu na to, aby se sami nakazili (f)
- 4) R_p stoupá s průměrným časovým obdobím, po které zůstává nakažený hostitel nakažlivým (L).

Mikroparaziti přenášení přímo III

Celkově tedy: $R_p = \beta N f L$

Velikost populace

versus

Práh kritické hustoty (N_T)

Platí, že $R_p = 1 \Rightarrow N_T = \frac{1}{\beta f L}$

Mikroparaziti přenášení přímo IV

- Vysoká hodnota β = vysoce nakažlivá choroba
- Vysoká hodnota f = není pravděpodobnost, že zničí hostitele
- Vysoká hodnota L = dlouhé období nakažlivosti

Celkově tedy bude vysoké $R_p \Rightarrow N_T$ bude nízké

\Rightarrow (1) při velkých hodnotách R_p může cizopasník přežít i v malé populaci.

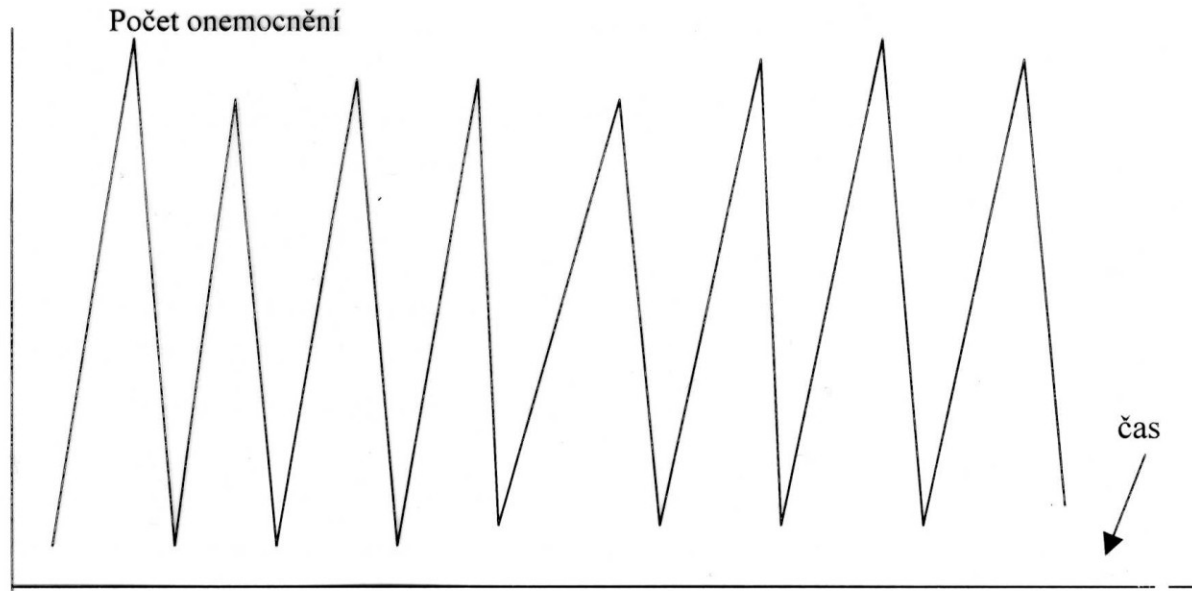
\Rightarrow (2) při malých hodnotách R_p může cizopasník přežít pouze ve velké populaci.

Mikroparaziti přenášení přímo V

- (1) Nádorovitost kořenové zeleniny – hlenka *Plasmodiophora* = malé populace
- (2) Nemoc s nízkou nakažlivostí, nebo ničící svého hostitele = velké populace
(*Spalničky mají endemický výskyt v populace větší než 500 000 jedinců*)

N = počet jedinců v populaci hostitele náchylných k onemocnění \Rightarrow imunita snižuje hodnotu N , a tím i $R_p \Rightarrow$ pokles onemocnění, který roste až po přílivu nových jedinců ($B + I$) \Rightarrow vzniká cyklus:

..... vysoký výskyt \Rightarrow málo náchylných jedinců \Rightarrow nízký výskyt \Rightarrow mnoho náchylných jedinců \Rightarrow vysoký výskyt



Mikroparaziti přenášení vektorem I

Do výpočtu R_p vstupují charakteristiky parazita i hostitele:

tedy:
$$R_p = \beta^2 \frac{N_v}{N_h} f_v f_h L_v L_h \quad \text{kde je:}$$

N_v a N_h = hustota přenašeče a hostitele (komár *versus* člověk)

f_v a f_h = podíly infikovaných vektorů a hostitelů, kteří přežívají

L_v a L_h = časová období, po která zůstávají přenašeči a hostitelé nakažliví

β = míra účinného přenosu (např. četnost bodnutí komára) vedoucí ke vzniku infekce (invaze) $\Rightarrow \beta^2$ – kousnutí přenáší infekci **do** hostitele i z hostitele

Mikroparaziti přenášení vektorem II

Životní cyklus malárie

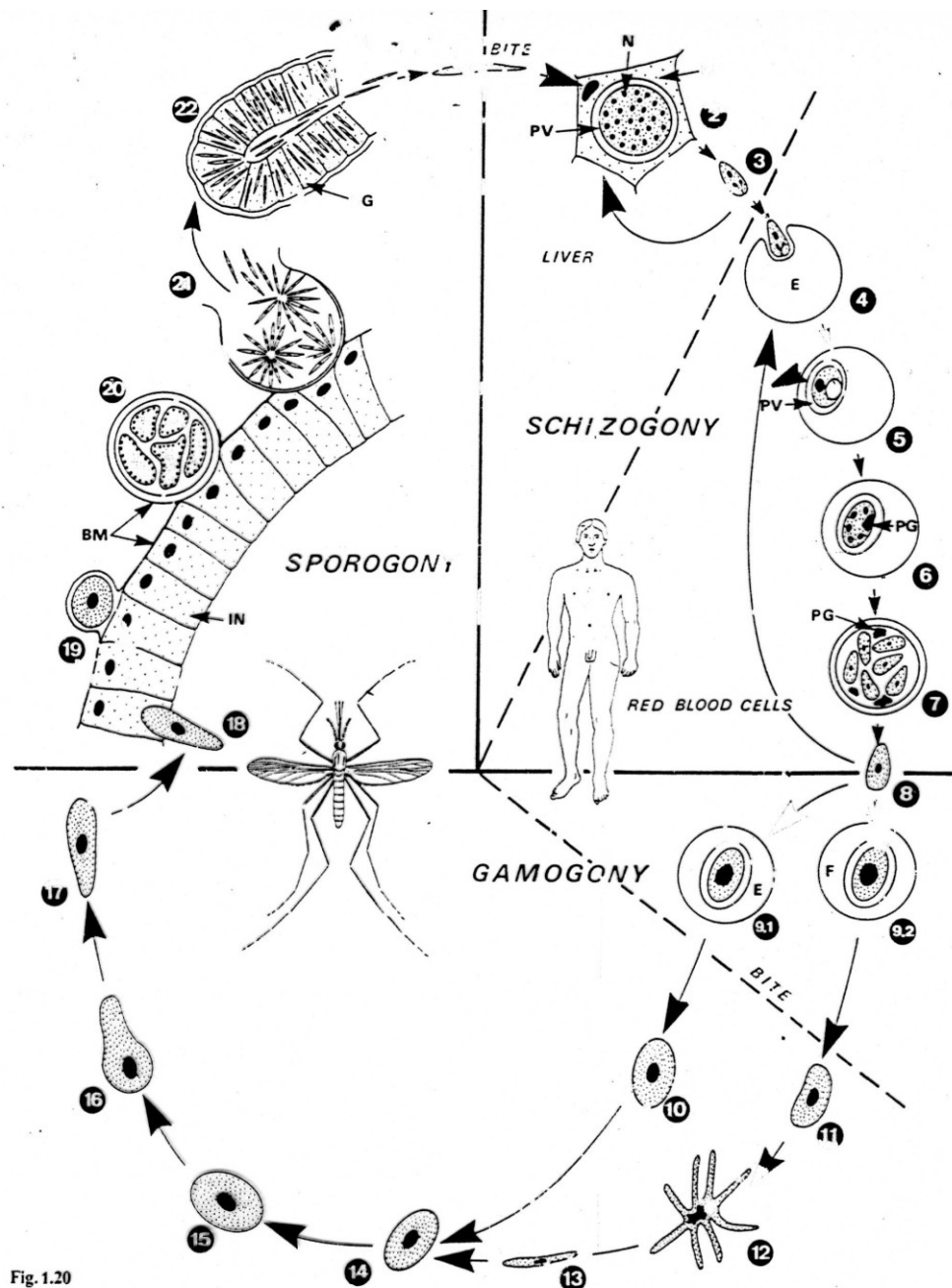


Fig. 1.20

Mikroparaziti přenášení vektorem III

Práh přenosu ($R_p = 1$) závisí na poměru:

tedy:
$$\frac{N_v}{N_h} = \frac{1}{\beta^2 f_v f_h L_v L_h}$$

Šíření nemoci \Rightarrow poměr přenašečů a hostitelů musí překročit kritickou úroveň

\Rightarrow regulace choroby \Rightarrow snížení počtu přenašečů

\Rightarrow výskyt patogenních organismů v populacích přenašečů je nízký

Mikroparaziti přenášení vektorem IV

Výskyt parazitů v přenašečích je obecně nízký !

Příklad:

Endemické oblasti malárie \Rightarrow postiženo $> 50 \%$ lidské populace

jen 1-2% populace přenašeče (komára)

Vysoká míra přežití hostitele = patogenní organismus má sklon se hromadit (relativně vysoké L_h)

Přirozená míra přežití přenašeče je nízká = inkubační doba parazita v hostiteli je dlouhá v porovnání s očekávanou délkou života přenašeče.

Mikroparaziti přenášení vektorem V

Příklad:

Inkubační doba malárie (*Plasmodium*) v komárovi je 10-12 dní

Očekávaná délka doba života komára je asi 1 týden.

Úspěšná ochrana tedy spočívá v tom, že je nutno zabít miliony nenakažených přenašečů

Makroparaziti šíření přímo I

Předmět studia makroparazitů = jednotliví paraziti

R_p = počet potomků zplozených dospělým parazitem během reprodukčního období jeho života a dospěvšího do věku, kdy se mohou reprodukovat.

Práh přenosu vymezen podmínkou: $R_p = 1$

Platí tedy: $R_p = (\lambda L_a f_a) \times (\beta N L_i f_i)$ kde:



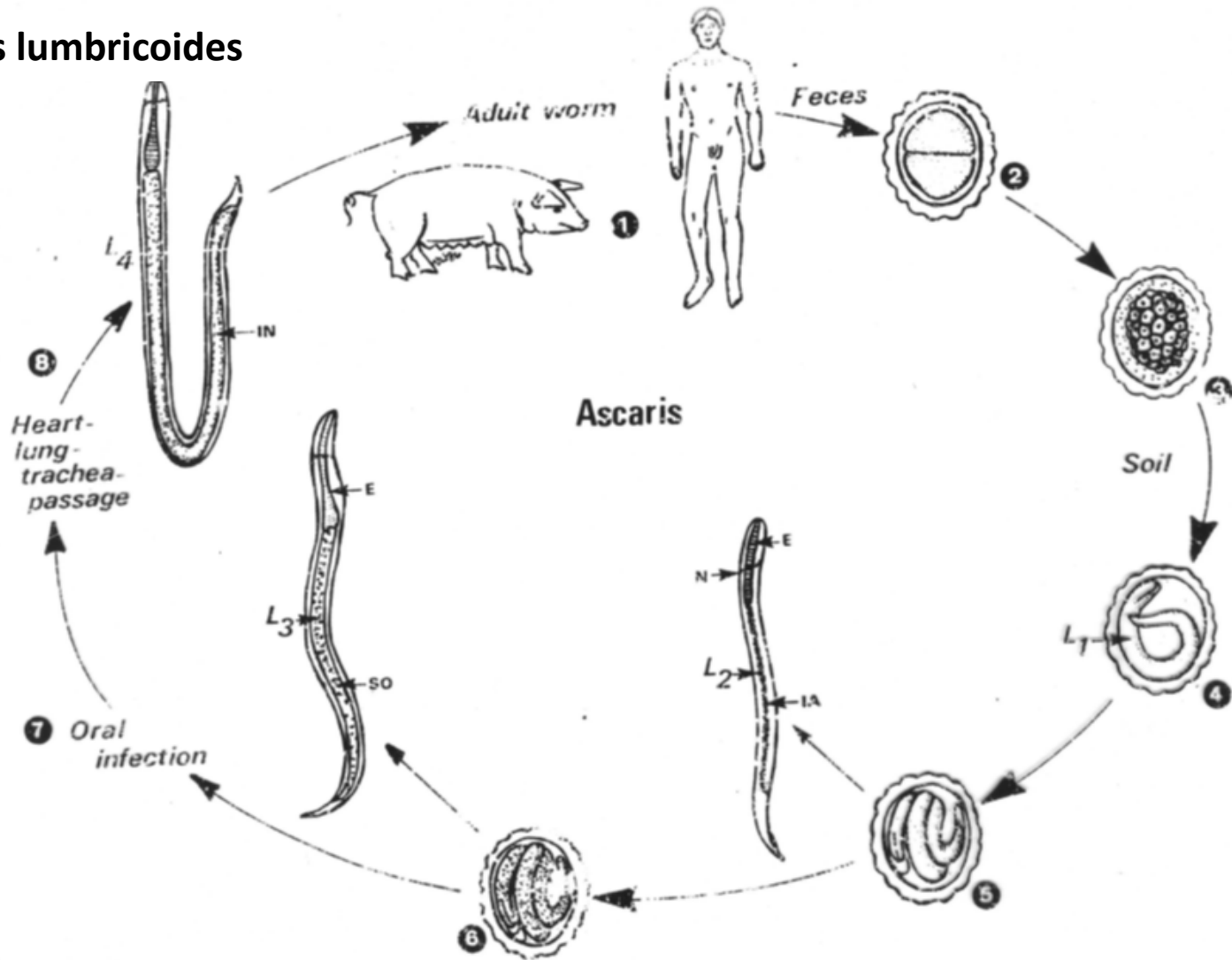
**Reprodukční
příspěvek
dospělého
parazita**



**Reprodukční
příspěvek
invazního
stádia**

Makroparaziti šíření přímo II

Ascaris lumbricoides



Makroparaziti šíření přímo III

λ = rychlost produkce vajíček na dospělého jedince

L_a = očekávaná délka života dospělého parazita v hostiteli
(závisí jak na jeho rychlosti mortality, tak na rychlosti mortality parazita)

f_a = podíl těch parazitů v hostiteli, kteří se dožijí pohlavní zralosti

β = rychlost přenosu

N = hustota jedinců

L_i = očekávaná délka života invazního stádia mimo hostitele
(závisí na jeho rychlosti mortality i na míře kontaktu s novým hostitelem)

f_i = je ta část přenosného stádia, která se stává nakažlivou

Makroparaziti šíření přímo IV

U mnoha střevních parazitů je způsob přenosu a délka života invazních stádií ovlivněn způsobem pohybu a chováním hostitele.

Vlivy na skutečnou reprodukční rychlost parazita:

- omezení délky života
- dospívání
- reprodukce v hostiteli (závisí na hustotě)

Hustota (p/h) ovlivňuje λ , L_a a $f_a \Rightarrow$ tyto parametry rostou na základě konkurence, nebo díky imunitní reakci hostitele

Paraziti přenášení nejkratší cestou mají obrovské rozmnožovací schopnosti (λ je velmi velké).

Makroparaziti šíření přímo V

Příklad:

měchovec (*Necator*) = 15 000 vaj./den

škrkavka (*Ascaris*) = 200 000 vaj./ den

⇒ Kritické prahové hustoty těchto cizopasníků jsou velmi nízké

⇒ Tito cizopasnici mají endemický výskyt v populacích člověka (společenstva lovců, sběračů)

Makroparaziti s nepřímým přenosem I

Základní reprodukční rychlost u této skupiny makroparazitů závisí na velkém počtu údajů (příklad – *Schistosoma haematobium*):

$$R_p = (\lambda_1 L_{a1} f_{a1}) (\beta_1 N_1 L_{i1} f_{i1}) (\lambda_2 L_{a2} f_{a2}) (\beta_2 N_2 L_{i2} f_{i2})$$

λ_1 a λ_2 = rychlost produkce vajíček na dospělé samici a počet cercárií na infikovaného plže

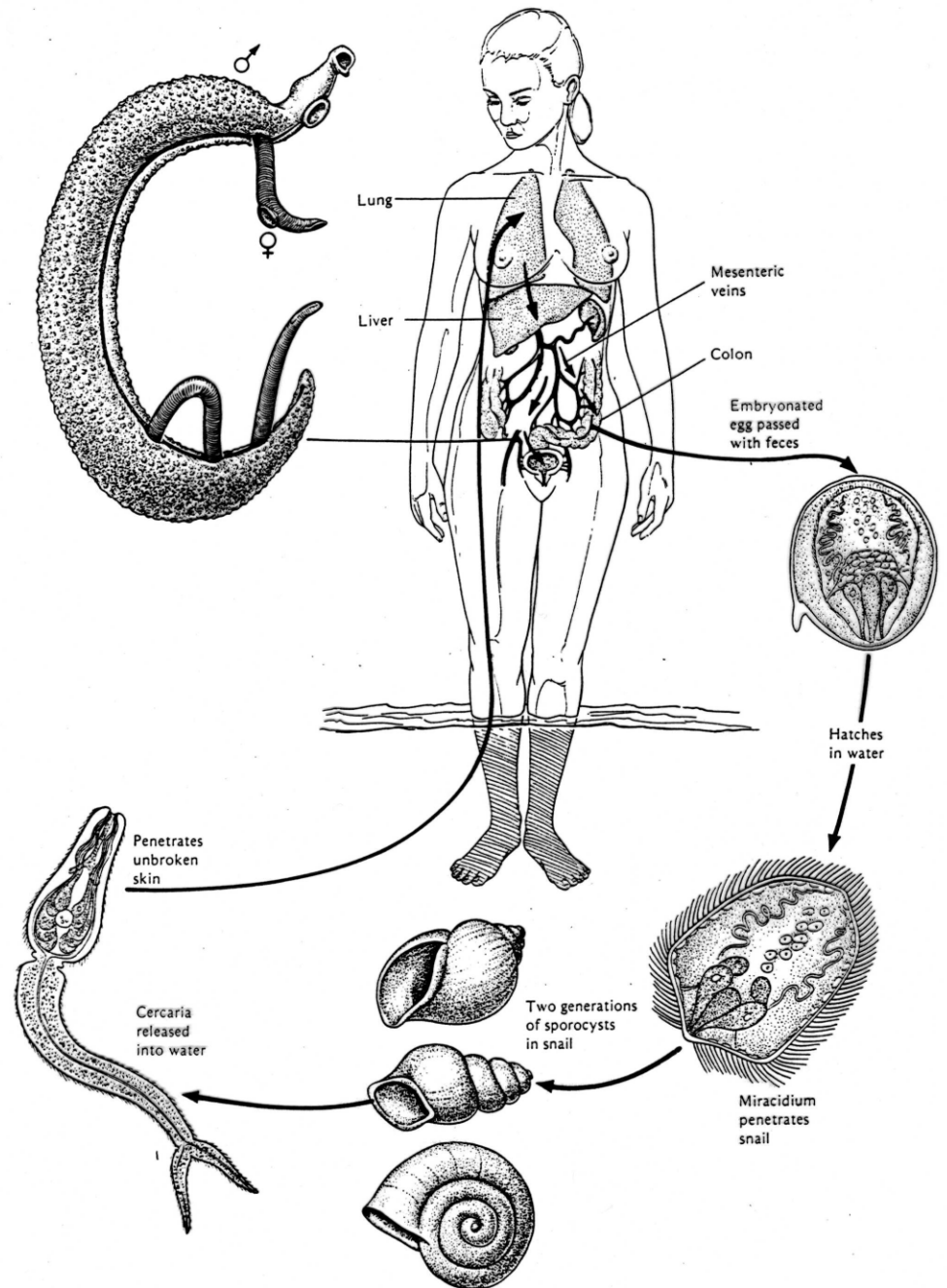
N_1 a N_2 = hustota hostitele (člověka) a hustota mezihostitele (plže)

β_1 a β_2 = rychlost přenosu z cercárií na hostitele a z miracidii na plže

L_{i1} a f_{i1} = očekávané délky života a podíl přežívajících do nakažlivého stádia v případě dospělých parazitů, miracidii, nakažených plžů a cercárií.

Makroparaziti s nepřímým přenosem II

Životní cyklus Schistosoma heamatobium



Makroparaziti s nepřímým přenosem III

Tato rovnice umožňuje pochopit epidemiologii nemoci.

Příklad: Šíření schistosomózy je omezeno = f_{a2} je nízké (tj počet infikovaných plžů, kteří přežijí a uvolní cercárie). Vývoj cercárií v plži = 28 – 30 dní; plži sami žijí jen 14 – 54 dnů).

U přímo přenášených makroparazitů je klíčová závislost na hustotě !

Prahová hustota závisí na součinu: $N_1 \times N_2 \Rightarrow$ na hojnosti lidí a plžů

Důvod k tomu je obou směrný přenos volně žijících invazních stádií.

Populaci lidí snižovat nelze \Rightarrow **regulace schistosomózy** jde proto cestou snižování hustoty plžů.