



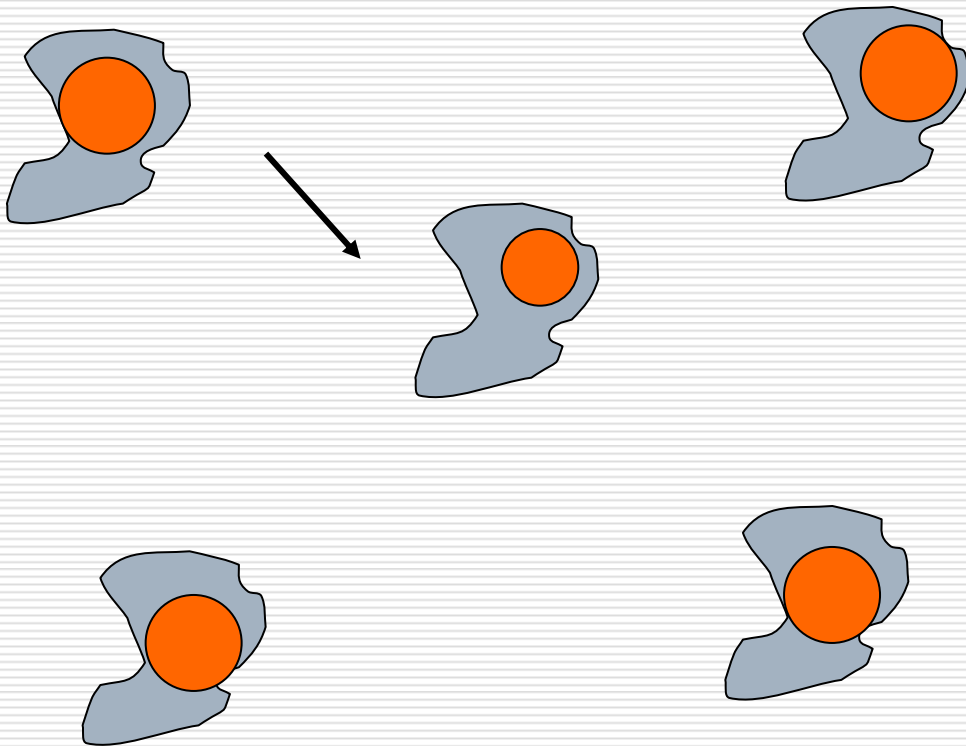
Konzervaciona biologija 2.

2. Levins-ov model

Prof dr Jelka Crnobrnja Isailović



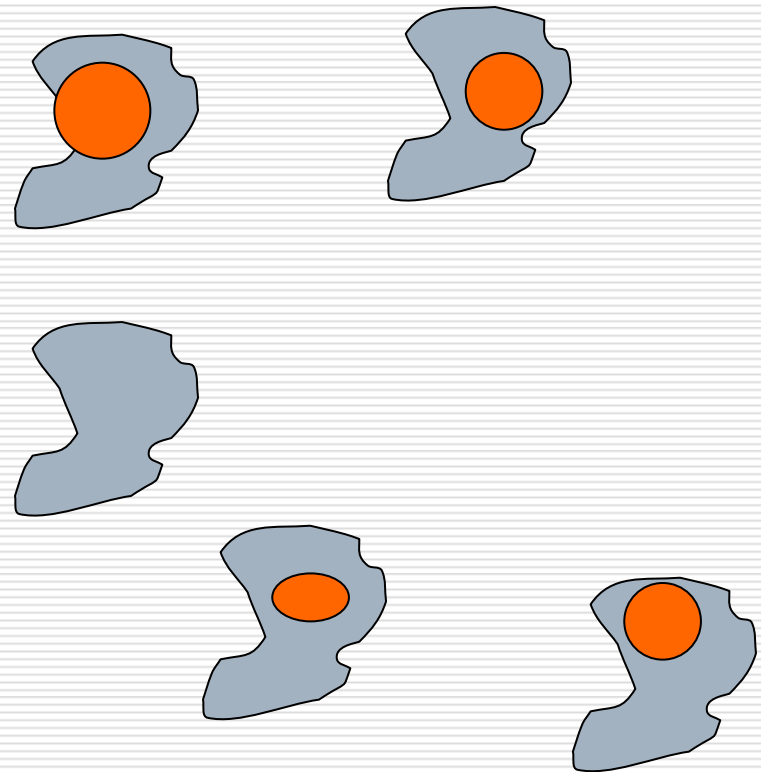
Konzervaciona biologija 2.





METAPOPULACIONI MODELI

- intenzitet emigracije
- intenzitet imigracije
- intenzitet interakcija
- veličina pojedinačnog fragmenta
- gustina lokalne populacije
- veličina lokalne populacije





Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

- intenzitet emigracije
- intenzitet imigracije
- intenzitet interakcija
- veličina pojedinačnog fragmenta
- gustina lokalne populacije
- veličina lokalne populacije

Izumiranje
metapopulacije



Konzervaciona biologija 2.

LEVINS-ov MODEL

MACARTHUR&WILSON-ov

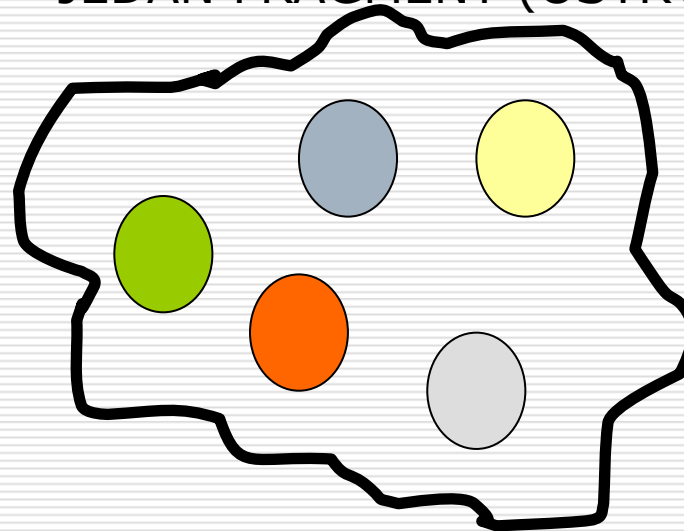
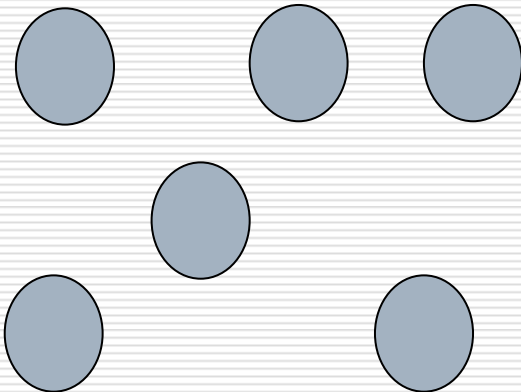
MODEL

JEDNA VRSTA

ZAJEDNICA VRSTA

FRAGMENTISAN AREAL

JEDAN FRAGMENT (OSTRVO)





Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL

$n > 2$

Veličina lokalnih populacija podjednaka.

Podjednak intenzitet migracije između svih elemenata metapopulacije

Stohastička izumiranja lokalnih populacija

Opisuje promenu n u odnosu na efekte izumiranja i kolonizacije

Proces kolonizacije



METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL

dP – brzina promene veličine metapopulacije,
izražena brojem naseljenih fragmenata tj
aktivnih lokalnih populacija u vremenu **t** ,

$$0 < P > 1$$



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL

c – parametar brzine kolonizacije lokalnih populacija

ili

verovatnoća kolonizacije lokalnih populacija



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL

e – parametar brzine izumiranja lokalnih populacija

ili

verovatnoća izumiranja lokalnih populacija



METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL

$$dP/dt = \overset{C}{cP(1-P)} - \overset{E}{eP}$$

brzina promene veličine metapopulacije
u Levins-ovom modelu



METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL

$$dP/dt = cP(1-P) - eP = 0$$

$$P_{eq} = 1 - e/c ;$$

$$e/c = 1 \rightarrow \rightarrow P_{eq} = 0$$

ravnotežna veličina metapopulacije
u Levins-ovom modelu



METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL

$$dP/dt = cP(1-P) - eP$$

$$P_2 = P_1$$

$$dP/dt = 0 \quad eP = cP(1-P)$$

$$eP/cP = (1-P)$$

$$P \rightarrow 1 \quad (1-P) \rightarrow 0 \quad e/c \rightarrow 0$$

$$P \rightarrow 0 \quad (1-P) \rightarrow 1 \quad e/c \rightarrow 1$$



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL

$$n=2, \dots, P \rightarrow \rightarrow 0$$

$$(1-P) \rightarrow \rightarrow 1$$

$$dP/dt = (c-e)P \text{ jer } cP^2 \rightarrow \rightarrow 0$$

$1/e$ vreme trajanja početne lokalne populacije



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL

$$*e/c < 1 ili c > e*$$



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL

Verovatnoća kolonizacije korelisana je sa brojem nastanjenih fragmenata

ali određena je i brojem praznih fragmenata –što ih je manje, kolonizacija je manje izvesna;

Verovatnoća izumiranja zavisi samo od proporcije nastanjenih fragmenata – što ih je više, ona je izvesno veća

C>E – postoji ravnotežna vrednost P (P_{eq}) $\rightarrow C=E$

C<E – ne postoji ravnotežna vrednost P (P_{eq})





Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – OSNOVNI EPIDEMIOLOŠKI MODEL

Epidemiološki model podrazumeva nemogućnost rekolonizacije iste lokalne populacije (istog domaćina) pošto se nakon prvog kontakta, tj. infekcije, razvija imunitet ili domaćin ugine.



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – OSNOVNI EPIDEMIOLOŠKI MODEL

Jedinke domaćina - „lokalne populacije“ parazita

**Grupe domaćina - sela i gradovi –elementi
metapopulacionog sistema**



METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – OSNOVNI EPIDEMIOLOŠKI MODEL

U slučaju širenja malih boginja, metapopulacija infektivnog agensa ne može opstati ako ne postoji minimalni broj jedinki domaćina koje mogu biti zaražene – „**kritična veličina zajednice**“ analogna „**minimalnoj vijabilnoj veličini populacije**“ – te zbog toga dolazi do „**nestajanja**“ agensa malih boginja između dve epidemije



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – OSNOVNI EPIDEMIOLOŠKI MODEL

Regioni predstavljaju mrežu “lokalnih populacija”.

Veze između “lokalnih populacija” ocenjuju se na osnovu karakteristika saobraćajne infrastrukture – mobilnost.

Prati se evolucija infekcije unutar “lokalnih populacija” sa stohastičkim oscilacijama i uzimajući u obzir specifične uzroke i pojave bolesti –projekcija specifične intervencije.



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – OSNOVNI EPIDEMIOLOŠKI MODEL

Mogućnost predviđanja vrhunca infekcije.

**Mogućnost testiranja verovatnih scenarija
vakcinacije.**

**Simulacija eksperimenta “*in silico*” radi
pravovremene intervencije**



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – “RESCUE EFFECT”

Povećanje veličine lokalne populacije usled povećane stope imigracije.

“**Pseudo-rescue effect**” – obnavljanje lokalne populacije putem imigracije, a pošto je izumrla.

t cenzus 1

$t+\tau$ cenzus 2



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – “RESCUE EFFECT”

Pozitivan efekat – povećanje stabilnosti metapopulacije usled povećanja broja lokalnih populacija

Negativan efekat – imigracija je uslovljena emigracijom **iz** postojećih lokalnih populacija:

Pojačan efekat emigracije može se negativno odraziti na opstanak postojećih lokalnih populacija.



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – HANSKI MODIFIKACIJA

Fragmenti staništa naseljeni lokalnim populacijama različite veličine

E-prazan fragment,

S – fragment naseljen malom populacijom,

L-fragment naseljen velikom populacijom,

S+L=P u Levins-ovom modelu



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – HANSKI MODIFIKACIJA

Fragmenti staništa naseljeni lokalnim populacijama različite veličine

$$dE/dt = eSS - cLE$$

c – efekat kolonizacije iz velike populacije,

eS - izumiranje malih populacija,

r – efekat pretvaranja malih populacija u velike

eL - efekat pretvaranja velikih populacija u male



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – HANSKI MODIFIKACIJA

Fragmenti staništa naseljeni lokalnim populacijama različite veličine

$$dS/dt = cLE + eLL - eSS - rS - mLS$$

c – efekat kolonizacije iz velike populacije,

eS - izumiranje malih populacija,

r – efekat pretvaranja malih populacija u velike

eL - efekat pretvaranja velikih populacija u male



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – HANSKI MODIFIKACIJA

Fragmenti staništa naseljeni lokalnim populacijama različite veličine

$$dL/dt = rS + mLS - eLL$$

c – efekat kolonizacije iz velike populacije,

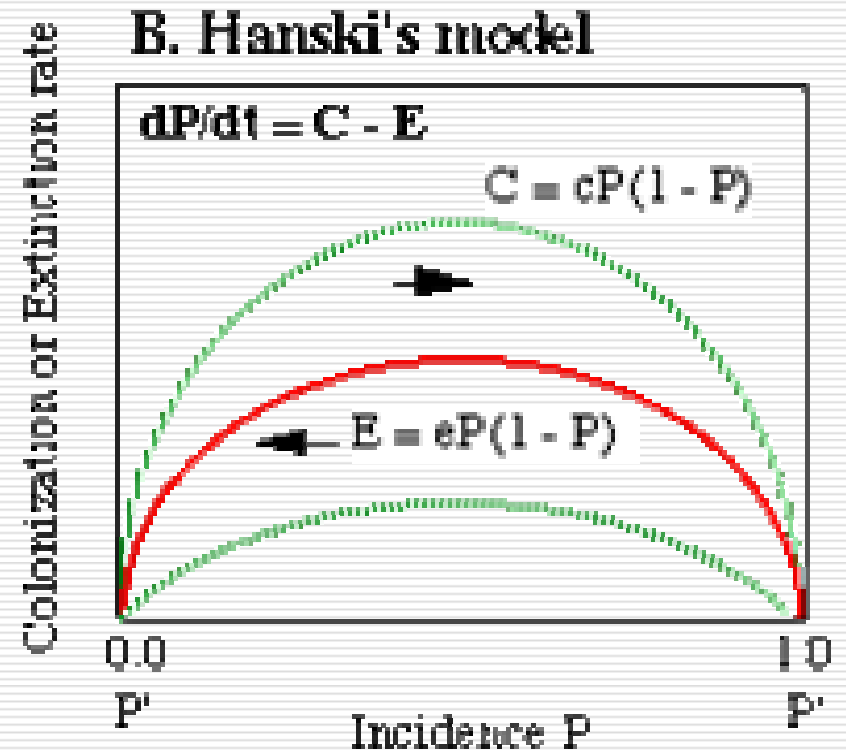
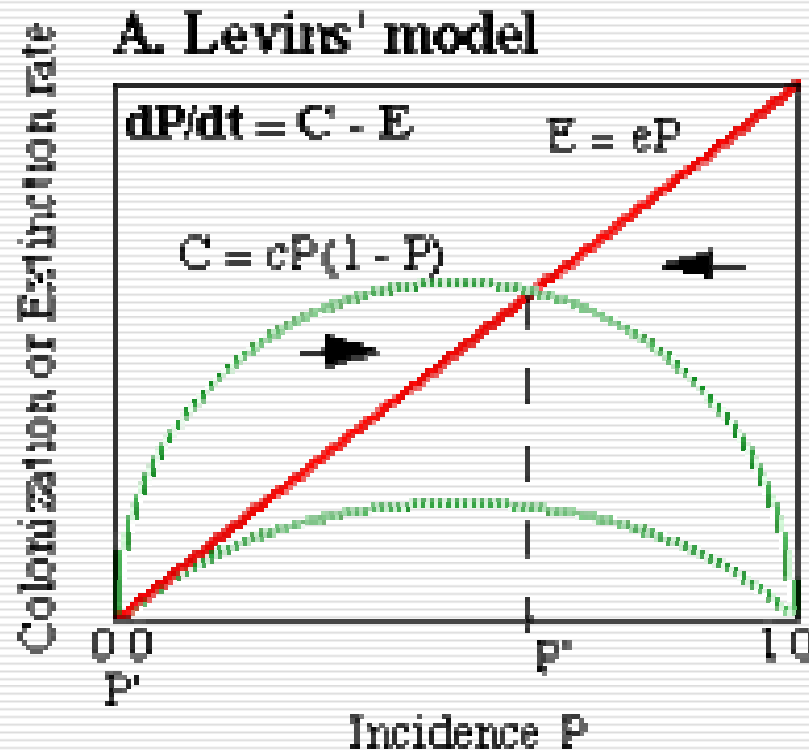
eS - izumiranje malih populacija,

r – efekat pretvaranja malih populacija u velike

eL - efekat pretvaranja velikih populacija u male



METAPOPULACIONI MODELI





Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – HANSKI MODIFIKACIJA

Hanski modifikacija menja obrazac dinamike verovatnoće izumiranja lokalnih populacija, uzimajući u obzir efekat izbavljenja (“rescue effect”):

$E = eP(1-P)$, te je verovatnoća izumiranja kvadratna funkcija P .

Verovatnoća izumiranja opada sa porastom broja kolonizovanih fragmenata zbog efekta izbavljenja:

$$C < E \quad P_{eq} = 0$$

$$C > E \quad P_{eq} = 1$$

Sva ostala stanja su tranzitna.





Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – UNIŠTENJE STANIŠTA & IZUMIRANJE METAPOPULACIJE

Levins-ov zakon:

„dovoljan uslov za opstanak metapopulacije je da, nakon redukcije broja fragmenata staništa (rezultat uništavanja staništa), preostali deo fragmenata prevazilazi broj praznih ali pogodnih fragmenata koji je postojao pre uništenja“.



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – UNIŠTENJE STANIŠTA & IZUMIRANJE METAPOPULACIJE

Levins-ov zakon

Omogućava **proračun minimalnog broja pogodnih fragmenata staništa** neophodnih za dugoročno preživljavanje metapopulacije na osnovu **informacije o broju praznih a pogodnih fragmenata staništa** u predelu u kome metapopulacija opstaje.

Nije potrebno detaljno poznavanje dinamike lokalnih populacija ili metapopulacije.



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – UNIŠTENJE STANIŠTA & IZUMIRANJE METAPOPULACIJE

Modifikacija Levins-ovog modela
uvođenjem parametra koji opisuje proces uništavanja staništa:

(1-h) – broj fragmenata koji je potpuno uništen

h – broj praznih fragmenata staništa - u stabilnoj metapopulaciji je konstanta



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – UNIŠTENJE STANIŠTA & IZUMIRANJE METAPOPULACIJE

Metapopulacija je u opasnosti od izumiranja kada je:

$$h < e/c$$



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – UNIŠTENJE STANIŠTA & IZUMIRANJE METAPOPULACIJE

Kada je metapopulacija je u opasnosti od izumiranja:

$$(1-P) \rightarrow (h-P),$$

brzina kolonizacije biva smanjena i Levins-ov model modifikovan.



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – UNIŠTENJE STANIŠTA & IZUMIRANJE METAPOPULACIJE

Modifikacija:

$$dP/dt = cP(1-P) - eP$$

$$dP_{tot}/dt = cP_{tot}(h - P_{tot}) - eP_{tot} \quad P_{tot} = Ph$$



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – UNIŠTENJE STANIŠTA & IZUMIRANJE METAPOPULACIJE

U ravnotežnom stanju,

Broj praznih fragmenata staništa u odnosu na njihov ukupni broj:

$$h - P_{tot} eq = e/c$$



METAPOPULACIONI MODELI

2. LEVINS-OV MODEL – UNIŠTENJE STANIŠTA & IZUMIRANJE METAPOPULACIJE

Nedostaci:

- Model je uprošćen (nema podataka o unutrašnjoj dinamici)***
- Model je deterministički***
- Podrazumeva veliki broj fragmenata***
- Zanemaren efekat međusobne udaljenosti lokalnih populacija***
- Zanemaren efekat veličine lokalnih populacija***
- Model podrazumeva metapopulaciju u ravnoteži***
- Model ne uzima u obzir efekat izbavljenja***



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

MINIMALNA VIJABILNA VELIČINA METAPOPULACIJE

MVM - minimalni broj lokalnih populacija koje međusobno komuniciraju, neophodnih za dugoročan opstanak metapopulacije

MASH - minimalan broj pogodnih staništa neophodan za opstanak metapopulacije
(eng. „*minimum amount of suitable habitats*“)



METAPOPULACIONI MODELI

MINIMALNA VIJABILNA VELIČINA METAPOPULACIJE

stohastička modifikacija Levins-ovog metapopulacionog modela:

H predstavlja ukupan broj identičnih fragmenata staništa
(**Q** je broj fragmenata koji su naseljeni,
E je broj fragmenata koji su nenaseljeni),

T_M - očekivano vreme izumiranja metapopulacije

T_L - očekivano vreme izumiranja lokalne populacije

P_{eq} - deo naseljenih fragmenata u ravnotežnom stanju (**P_{eq} = Q/H**)

QE - verovatnoća uspešne kolonizacije
u relativno kratkom vremenskom periodu



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

MINIMALNA VIJABILNA VELIČINA METAPOPULACIJE

stohastička modifikacija Levins-ovog metapopulacionog modela:

$$T_M = T_L e^x$$

$$x = (HP_{eq}^2 / 2(1 - P_{eq}))$$



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

MINIMALNA VIJABILNA VELIČINA METAPOPULACIJE

Uslovi pod kojima metapopulacija može opstati 100 puta duže od trajanja njene prosečne lokalne populacije:

$$(T_M > 100 T_L)$$

$$P_{eq} (H)^{1/2} \geq 3$$



METAPOPOPULACIONI MODELI

MINIMALNA VIJABILNA VELIČINA METAPOPOPULACIJE

Iz navedenih jednačina proizilazi da je minimalna vijabilna veličina metapopulacije funkcija ukupnog broja povoljnih fragmenata staništa (H):

$$P_{eq} (H)^{1/2} \geq 3$$

$$P_{eq} \geq 3 / (H)^{1/2}$$

$$P_{eq} H > (3 / (H)^{1/2}) H$$

$$P_{eq} H > 3 (H)^{1/2}$$

$$P_{eq} H = Q_{eq}$$

$$MVM = 3 (H)^{1/2}$$



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

MINIMALNA VIJABILNA VELIČINA METAPOPULACIJE

$$MVM = 3(H)^{1/2}$$

MVM ne može biti posmatrana nezavisno od ***MASH***



METAPOPULACIONI MODELI

MINIMALNA VIJABILNA VELIČINA METAPOPULACIJE

$$P_{eq}H > 3(H)^{1/2}$$

Po ovom modelu, što je više fragmenata staništa (H) u sistemu, veći mora da bude neophodni minimalni broj lokalnih populacija (Q_{eq}) koji omogućava dugoročni opstanak metapopulacije.



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

ZAKLJUČCI:

1. Ako se uništavanje staništa nastavlja, metapopulacija neminovno izumire u nekom trenutku;



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

ZAKLJUČCI:

2. Izumiranje može potrajati; u tom slučaju, predviđanje daje dovoljno vremena za restauraciju, npr. putem ubrzane rekolonizacije;



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

ZAKLJUČCI:

3. Uslovi za dostizanje ravnotežnog stanja možda se nikada neće pojaviti;



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

ZAKLJUČCI:

4. Što je više moguće fragmenata treba očuvati;



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

ZAKLJUČCI:

5. Veliki broj povoljnih fragmenata nije rešenje, ako su međusobno suviše udaljeni tj izolovani;



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

ZAKLJUČCI:

6. Udaljenost nije jedini faktor koji utiče na verovatnoću imigriranja: bitne su i karakteristike terena, tj koridori;



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

ZAKLJUČCI:

7. Veliki broj pogodnih fragmenata nije povoljan ako su suviše blizu jedan drugom zbog moguće sinhronosti dinamike lokalnih populacija;



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

ZAKLJUČCI:

8. Treba da postoji što je više moguće variranja kvaliteta fragmenata (različita pogodna mikrostaništa) da bi se sprečila sinhrona dinamika;



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

ZAKLJUČCI:

9. Rekolonizaciju treba kontrolisati tokom nekoliko uzastopnih generacija;



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

ZAKLJUČCI:

10. Veličina pogodnih fragmenata je bitna, jer mali prostor tj mala lokalna populacija trpi izraženiji uticaj demografske slučajnosti, naročito kod vrsta sa malom stopom reprodukcije;



Konzervaciona biologija 2.

METAPOPULACIONI MODELI

ZAKLJUČCI:

11. Veliki fragmenti su preporučljivi u procesu gazdovanja, jer mogu da podrže velike lokalne populacije, sa mnogo potencijalnih imigranata, kao i da sadrže veliku varijabilnost mikrostaništa.