

□ OSNOVI KONZERVACIONE BIOLOGIJE

# PROBLEM MALIH POPULACIJA

---

Prof dr Jelka Crnobrnja-Isailović

- Male populacije su podložnije izumiranju nego
- velike, čak i ako je veličina populacije stabilna.

□  $N < 50$                       KRITIČNO UGROZENA

□  $N < 250$                       UGROZENA

□  $N < 1000$                       RANJIVA



□ Tri vrste slučajnih fenomena naročito ugrožavaju male populacije:

□ -genetička slučajnost;

□ -demografska slučajnost;

□ -sredinska slučajnost.

## □ Genetički faktori: pravilo 50/500

- -Efektivna veličina populacije;
- -inbridna depresija;
- -drift;
- -efekat uskog grla;
- -gubitak genetičke varijabilnosti;
- -olakšan gubitak alela putem drifta;
- -outbreed depresija.

□ Genetički faktori: pravilo 50/500

□ -efektivna veličina populacije:

Nejednak odnos polova:  $N_e = 4N_m N_f / (N_m + N_f)$

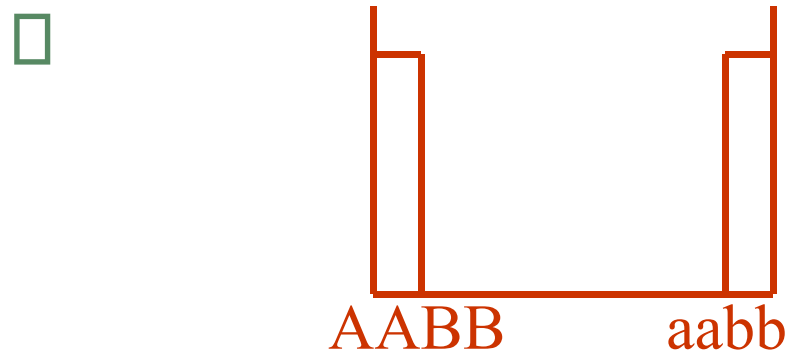
Variranje veličine porodice:  $N_e \sim 4N / (V_k + 2)$

Variranje veličine populacije  $N_e \sim t / \Sigma(1/N_{ei})$



## □ Genetički faktori: pravilo 50/500

- -inbridna depresija:
- Pad učestalosti heterozigotnih genotipova u populaciji.
- 



□ Genetički faktori: pravilo 50/500

□ -inbridna depresija:

□ Uzgojna populacija, bez protoka gena

□ Osnivačka veličina populacije 4 nesrodne jedinice

$$N_0=4 \qquad F=0$$

$$N_1 \qquad F=1-(1-1/2N)^1=1-(1-1/8)^1=0.125$$

$$N_2 \qquad F=1-(1-1/2N)^2=1-(1-1/8)^2=0.23$$

$$N_3 \qquad F=1-(1-1/2N)^3=1-(1-1/8)^3=0.33$$

$$N_{10} \qquad F=1-(1-1/2N)^{10}=1-(1-1/8)^{10}=0.74$$

$$F=74\%$$

## □ Genetički faktori: pravilo 50/500

- -inbridna depresija:
- Koeficijent inbridinga  $F$  raste stopom od  $1/2N_e$  po generaciji.
- Uzgajivači tolerišu porast inbridinga od 1% do 3% po generaciji.
- To sugeriše da je  $N_e=50$  kao minimalna efektivna veličina populacije zadovoljavajuća brojka za gajene populacije domaćih životinja.



## □ Genetički faktori: pravilo 50/500

### □ -inbridna depresija:

□ Potencijalna opasnost za male populacije, može biti eliminisana u veoma malim uzgojnim populacijama.

### □ Strategija:

□ otklanjanje štetnih alela pomoću promišljenog ukrštanja u srodstvu ali u niskom stepenu.

## □ Genetički faktori: pravilo 50/500

### □ -inbridna depresija :

□ Neke populacije okarakterisane su veoma niskim nivoom genetičke varijabilnosti ali ne izgleda da pate od inbridne depresije.

□ Veoma spor proces inbridinga & selekcija vodi prečišćavanju od štetnih alela.

## □ Genetički faktori: pravilo 50/500

### □ -inbridna depresija :

- Intenzivna fragmentacija staništa - brza pojava inbridne depresije kod autbrednih vrsta
- Ni inbriding niti niska genetička varijabilnost sami po sebi & zajedno ne izazivaju inbridnu depresiju.
- Pojava inbridne depresije varira od slučaja do slučaja.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

□ Genetički faktori: pravilo 50/500

□ -drift:

□ Proračun  $N_e = 500$  dovoljan da spreči gubitak varijabilnosti kao posledicu drifta zasnovan je na analizi samo jedne karakteristike (broj čekinja) kod jedne vrste (voćna mušica) u modelu koji ne podrazumeva delovanje selekcije.

□ Izgleda da je ovaj proračun validan samo za kvantitativne osobine čija je heritabilnost oko 0.5.

# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Genetički faktori: pravilo 50/500
- -efekat uskog grla:
- Efekat uskog grla ili naglo smanjenje brojnosti populacije, uveliko redukuje  $N_e$ .
- Posledica efekta uskog grla je efekat osnivača.
- Efekat osnivača = mala propagula ustanovljava novu populaciju koja genetički može biti znatno različita od izvorne populacije.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Genetički faktori: pravilo 50/500
- -efekat uskog grla:
- Opasnost, sa tačke gledišta konzervacionog biologa → smanjena  $N_e$  može povećati inbridnu depresiju i/ili efekat drifta.
- $N_e \searrow \longrightarrow$  inbridna depresija&drift  $\nearrow$



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Genetički faktori: pravilo 50/500
- -efekat uskog grla:
- Kvantitativna varijabilnost biće regenerisana putem procesa mutacija za nekoliko stotina do nekoliko hiljada generacija nakon što populacija ponovo postane velika.
- Predpostavlja se da epistatička varijansa raste pod uticajem blagog efekta uskog grla.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Genetički faktori: pravilo 50/500
- -gubitak genetičke varijabilnosti:
- Teoretski,
- MVP od  $N_e=500$  sprečava uticaj drifta na smanjenje genetičke varijabilnosti.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Genetički faktori: pravilo 50/500
- -gubitak genetičke varijabilnosti: efekat  $N_e$
- Efekat uskog grla ne ometa selekciju ako su u pitanju aleli česti u početnoj populaciji.
- Selekcioni odgovor je brži što je  $N$  veće, bez obzira na intenzitet selekcije.
- Generalno, selekcioni eksperimenti pri  $N=\text{const.}$  pokazali su manje varijanse drifta nego što teorija predpostavlja.



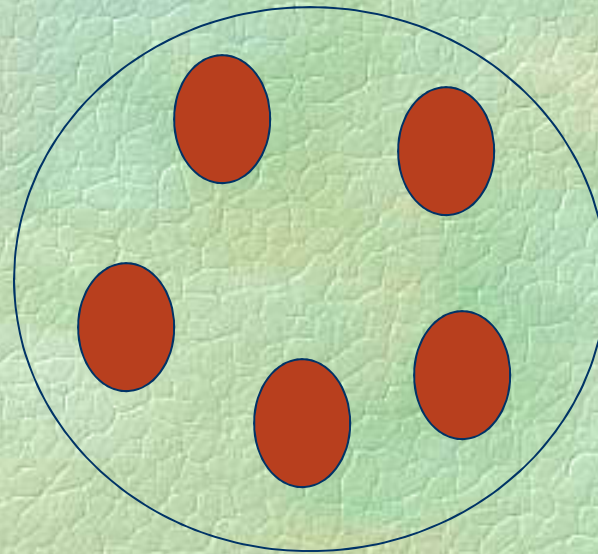
# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Genetički faktori: pravilo 50/500
- -olakšani gubitak alela putem drifta:
- Metapopulacija je grupa lokalnih populacija gde je migracija između lokalnih populacija znatno manja nego migracija unutar lokalnih populacija. Lokalne populacije često izumiru i bivaju obnovljene od strane migranata iz drugih lokalnih populacija, tako da je, na prvi pogled, stopa protoka gena između lokalnih populacija veća od realne.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Genetički faktori: pravilo 50/500
- -olakšani gubitak alela putem drifta:
- Metapopulacija





# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Genetički faktori: pravilo 50/500
- -olakšavanje gubitka alela putem drifta:
- Očuvanje predpostavljeno na osnovu ovog pristupa zahteva mnogo subpopulacija i visok stepen koordinacije medju zoološkim vrtovima i/ili pribežištima.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Genetički faktori: pravilo 50/500
- -outbreed depresija:
- Pad adaptivne vrednosti koji se povremeno javlja kod potomstva ukrštanja između genetički diferenciranih grupa, obično u  $F_2$  generaciji.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Genetički faktori: pravilo 50/500
- -outbreed depresija:
- Mogući uzroci:
  - -destrukcija kompleksa gena adaptiranih na lokalne selekzione režime;
  - -hromozomska inkompatibilnost;
  - -citoplazmatsko-genomska inkompatibilnost.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

□ Genetički faktori: pravilo 50/500

□ -outbreed depresija:

□ *Capra ibex ibex*-Tatre  $N \rightarrow 0$

□ *C.i.ibex*-Austrija

□ *C.i.aegagrus* -Turska

□

*C.i.nubiana* - Sinaj

izumiranje populacije







# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
  - demografska slučajnost - svako slučajno variranje demografskih parametara kao što su stope rođjanja i smrtnosti ili odnos polova.
  - Mala populacija – najgori slučaj:
  - Sve jedinke istog pola
  - Sve jedinke ne uspeju da prežive i reprodukuju se



# Minimalna vijabilna veličina populacije

□ Demografska i sredinska slučajnost:

□ sredinska slučajnost - sredinska variranja nevezana direktno za ili van populacije: variranja populacija drugih vrsta (predatori, kompetitori) ili fizičke sredine (klima, požari itd),

□ - slučajno variranje "sredinskih parametara".



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
  - Parametar kome je nametnuto slučajno variranje, na primer stopa rasta populacije ( $r$ ), može biti smatran demografskim parametrom pre nego parametrom koji odražava delovanje spoljašnje sredine.
  - $$r = b - \delta$$
  - $b$ =stopa radjanja
  - $\delta$ =stopa umiranja



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
  - Da li stvarno postoji demografska slučajnost?
  - Ne postoji suštinski slučajan proces, već su vidljivi rezultati nejasnih determinističkih uzroka kao specifična statistička raspodela.
  - Variranje spoljašnje sredine može promeniti demografske karakteristike - klima ili hrana mogu promeniti stopu rođanja, stopu umiranja ili odnos polova kod potomstva - osnova za modeliranje sredinske slučajnosti.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
- Ne postoji kompletno razdvajanje između demografske i sredinske slučajnosti. To je više pitanje nivoa na kome se izučava ulaz slučajnosti.

- Sredinski ulazi →  $N$
- →  $r, K$
- →  $b, \delta$

# Minimalna vijabilna veličina populacije

## □ Allee-jev efekat:

- Smanjenje stope preživljavanja ili srednjeg reproduktivnog uspeha u malim populacijama zbog:
  - Povećanog predatorskog pritiska
  - Smanjene mogućnosti za nalaženje partnera
    - Smanjene sposobnosti za lov
    - Smanjene uspešnosti parenja



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
- Analitički modeli MacArthur-a i Wilson-a:
- Oscilovanja stope radjanja i umiranja sama po sebi mogu dovesti svaku populaciju do izumiranja, mada to može dugo trajati.
- Očekivano vreme nestanka populacije
- $K$  &  $b$  &  $\delta$
- Kritična vrednost  $N = N_0$ 
  - $N < N_0$        $N > N_0$



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
- Richter-Dyn&Goel modeli:
- metapopulacija - nove subpopulacije mogu biti formirane putem disperzije jedinki;
- prednosti metapopulacije u odnosu na populaciju;
- kritičan broj subpopulacija .
-



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
  - Andrewarta&Birch model, po den Boer-u nazvan "širenje rizika" :
  - oscilovanje veličine subpopulacija;
  - veličina metapopulacije u celini stabilizovana;
  - verovatnoća izumiranja snižena kontinuiranom disperzijom između subpopulacija.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
- Shaffer je simulirao dinamiku populacije grizlija *Ursus arctos*, verujući da je kritična  $N < 1000$  jedinki podeljenih u 6 subpopulacija.
- -ograničen vremenski interval,
- -definisana starosna & polna struktura,
- -definisana mortalitet & reprodukcija
- -različite gustine populacije
- -bez genetičkih faktora ili katastrofa.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

## □ Demografska i sredinska slučajnost:

- Simulacije su dale vrlo različita predviđanja od MW i RDG modela.
- Za različite  $N$ , simulacije su stalno davale procenu 10 puta kraćeg očekivanog vremena izumiranja (definisano kao smrt poslednje adultne jedinice) nego modeli.
- Za  $N=50$ , očekivano vreme trajanja=114 godina [ za 6% simulacija  $t > 300$  godina; za 56% simulacija  $t < 114$  godina].



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
  - Analitički modeli ili modeli simulacija?
  - Predpostavke i osetljivost simulacionih modela su obično mnogo teži za razumevanje nego u slučaju analitičkih modela.
  - Velika varijansa vremena izumiranja populacije u simulacijama po MVP modelu zahteva veliki broj ponavljanja (stotine ili čak hiljade) da bi proračun bio stabilan.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
  - Razmišljanja:
  - Amplituda variranja populacije nije toliko važna koliko odnos učestalosti sredinskih fluktuacija i dužine života generacije.
  - Naročito ugrožene su populacije čija se dužina života generacije poklapa sa učestalošću sredinskih fluktuacija.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
  - Razmišljanja:
  - Varijanse stope rasta populacije su ključne za opstanak populacije - snižavanje tih varijansi zaustavlja izumiranje populacije.
  - Kritika pokušaja da se snizi verovatnoća izumiranja putem umerenih ili znatnih porasta veličine rezervata.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
  - Razmišljanja:
  - Sledi da skupina pribežišta, ukupne veličine jednake onoj jednog velikog pribežišta, neće biti podložna izumiranju zbog sredinske varijabilnosti toliko dugo dok postoji umerena migracija između tih subpobežišta.
  - Uslov:
  - Stopa migracije  $>$  stopa izumiranja subpopulacija
  - u odsustvu migracije.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
- Efekat katastrofe na izumiranje populacija:
- Genetičko-demografski model:
- metapopulacija, gde odredjen broj subpopulacija izumire u svakoj generaciji, a te lokacije ponovo naseljavaju jedinke iz preostalih subpopulacija.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
- Efekat katastrofe na izumiranje populacija:
- MVP?
- Da li postoji cirkulacija, prirodna ili antropogena, iz jedne subpopulacije u drugu?
- DA  $\longrightarrow$  stopa gubitka genetičke varijabilnosti određena je ukupnom veličinom metapopulacije.



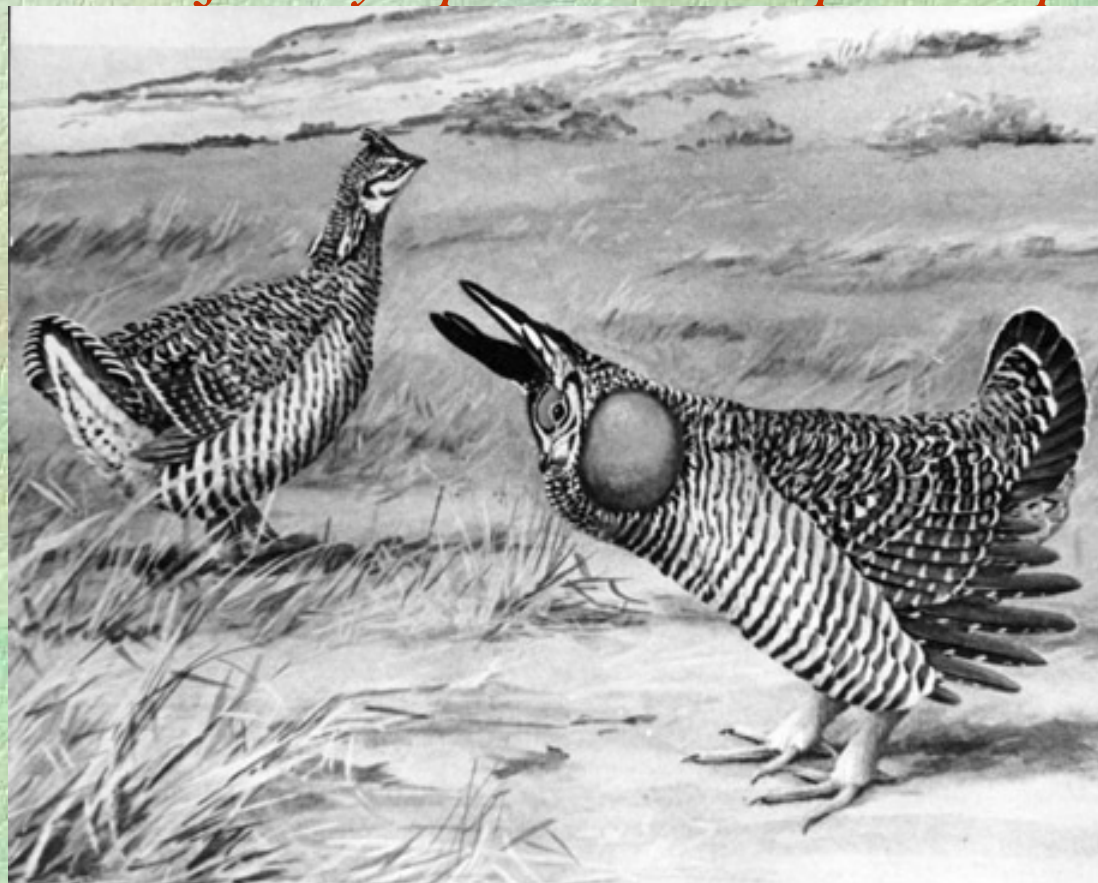
# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Demografska i sredinska slučajnost:
- Efekat katastrofe na izumiranje populacija:
- Simuliranje slučajnog variranja verovatnoće umiranja svake jedinke u slučaju katastrofe - simulira sredinsku slučajnost.
- REZULTAT:
- porast  $N_e$  ima malo efekta na medijanu vremena opstajanja; vreme opstajanja raste mnogo sporije, sa  $\log N_e$ .



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Izumiranja - *Tympanuchus cupido cupido* :





# Minimalna vijabilna veličina populacije

- ❑ do 1870 severnoistočni deo SAD;
- ❑ 1870 jedan lokalitet (lov i uništavanje staništa);
- ❑ 1908  $N = 50$  jedinki; pribežište - ostrvo;
- ❑ 1915  $N = 2000$  jedinki;
- ❑ 1916 požar;
- ❑ 1917 oštra zima;  $N = 150$ , uglavnom mužjaci;
- ❑ inbridna depresija: pad reproduktivne sposobnosti;
- ❑ 1920 epidemija, usled introdukcije ćurki;
- ❑ 1927  $N = 13$  jedinki, od toga 11 mužjaka;
- ❑ 1932  $N = 0$ .



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Izumiranja - litvanski bizon (*Bison bonasus bonasus*):





# Minimalna vijabilna veličina populacije

- XVI vek - česta vrsta u centralnoj Evropi
  - 1930 izlovljena litvanska podvrsta
  - XX vek - rezervat : 1968 - 1000 jedinki
  - stok - 17 jedinki
  - Kavkaz (1m) Litvanija - Bjalovica (16)
  - Pčžina (8)
  - 1865 (1 m & 3 f) Bjalovica 1893 (5)
  - američki bizon
- 
- ```
graph TD; A[1000 jedinki] --> B[17 jedinki]; B --> C["Kavkaz (1m) Litvanija - Bjalovica (16)"]; C --> D["Pčžina (8)"]; D --> E["1865 (1 m & 3 f) Bjalovica 1893 (5)"]; E --> A; F[američki bizon] --> A;
```



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- U suštini, skoro polovina gena litvanskog bizona u 1960 vodi poreklo od 2 životinje iz pčžinskog krda.
- Uprkos intenzivnom inbridingu, izgleda da nema inbridne depresije;
- Produženi inbriding u bjalovičkom krdu je verovatno na početku eliminisao skoro sve letalne alele pre najintenzivnijeg inbridinga.



# Minimalna vijabilna veličina populacije

- Predpostavlja se da, ako populacija preživi početni "napad" inbridinga, ne bi trebalo da bude kasnijih posledica.
- Problem je verovatnoća da će malo populacija preživeti početni "napad".
- 1968 bilo je oko 1000 litvanskih bizona, neki u zoo-vrtovima i neki vraćeni u divljinu.



# Holistički pristup očuvanju

- Ideja da je celokupna priroda izbalansirana, holistička, sastavljena iz medjusobno zavisnih entiteta datira još iz vremena stare Grčke.
- Fokusiranje na minimalne vijabilne populacije samo pojedinačnih vrsta obično nosi mogućnost konfliktnih istraživačkih programa.
- Mnoge vrste su nerazmrsivo povezane i mnogo je slučajeva gde očuvanje jedne vrste automatski zahteva i očuvanje mnogih drugih.



# Holistički pristup očuvanju

□ Veliki plavi leptir (*Maculina arion*) - V.Britanija:

□ Modifikacija zemljišta & redukcija pašnjaka → N ↘

□ Epidemija miksomatoze → kunići → →  
otvorena staništa pogodna za opstanak leptira ↘

□ → → Vrsta mrava *Myrmica sabuleti* ↘

□ → → *Maculina arion* □



# Holistički pristup očuvanju

- Na svaki način razumevanje staništa i biologije vrsta koje su u medjuodnosima mora navesti konzervacione biologe da prave dobre proračune šta bi bilo dobro da se učini za opstanak sistema, ali putem jednostavnog fokusiranja na brojeve koji mogu konstituisati minimalne vijabilne populacije. Osnovni korak u ovakvom poslu je angažovanje na planu populacione i evolucione biologije.



# Holistički pristup očuvanju

- Kombinacija:
- autekologija
- karakteristike staništa
- konstruisanje MVP
- populaciona biologija
- evolucionarna biologija



# Holistički pristup očuvanju

□ Zaključak:

□ “NEMA BEZNADEŽNIH PROBLEMA;  
POSTOJE SAMO SKUPA REŠENJA.”

□ M. Soulé