

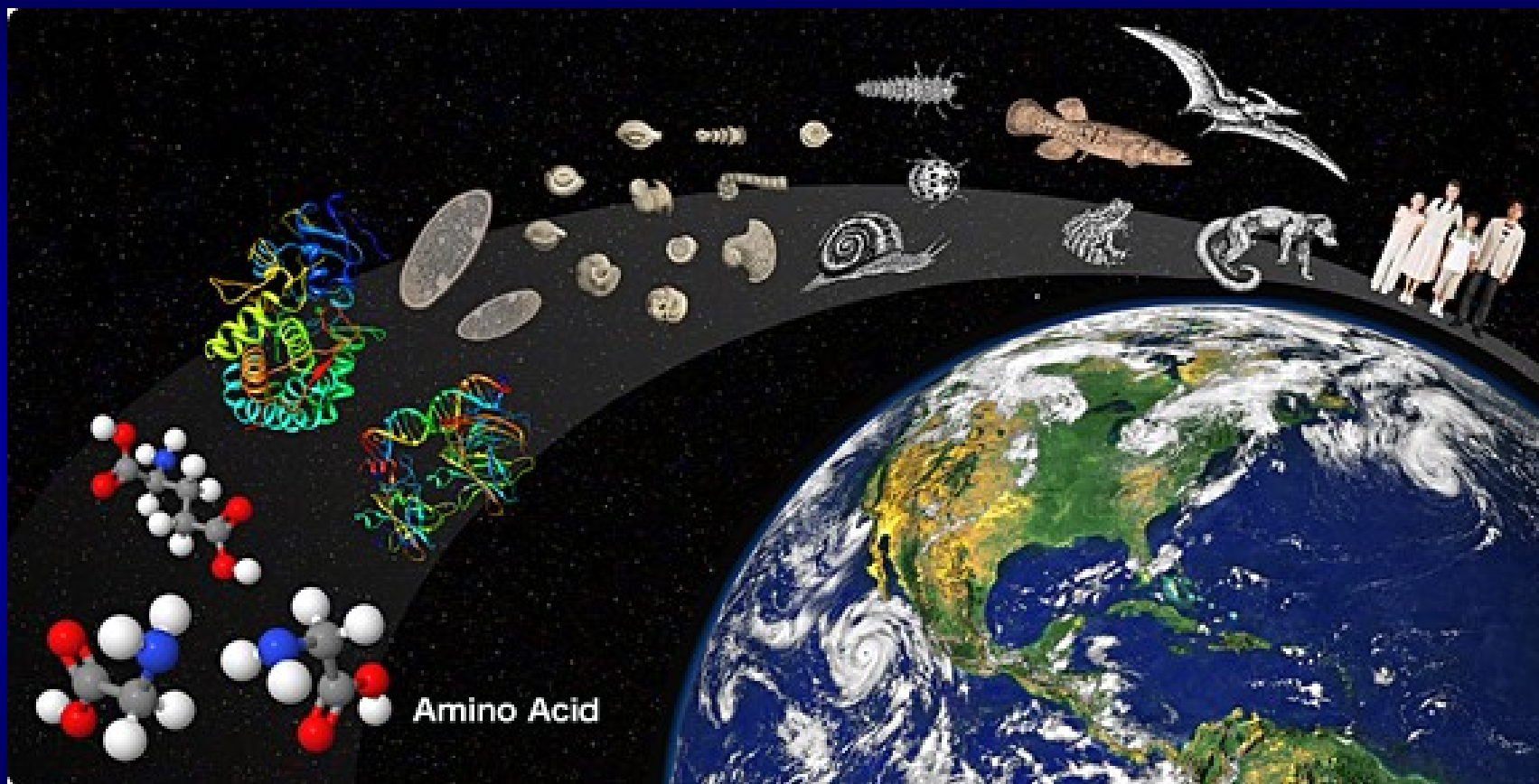


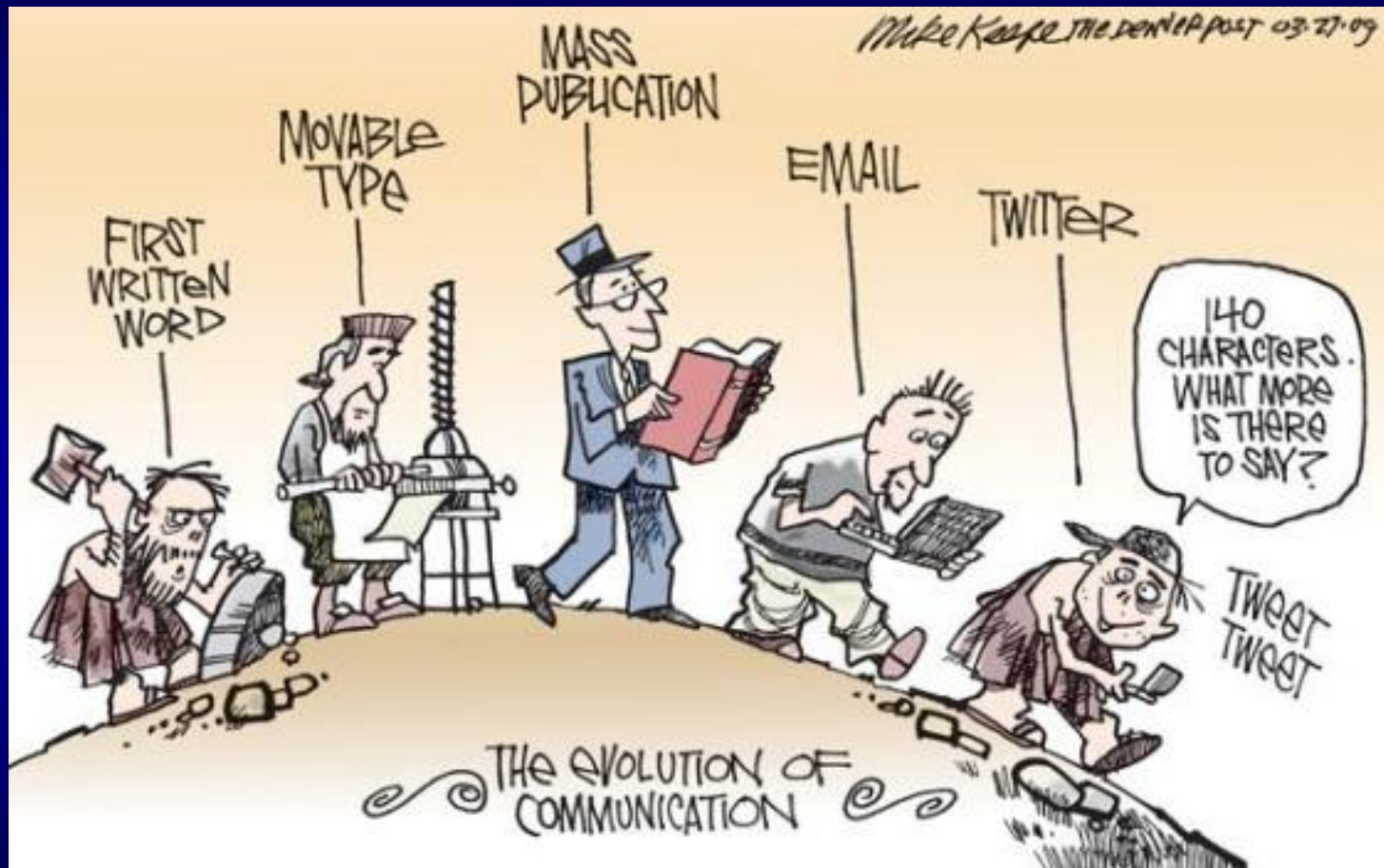
Univerzitet u Beogradu
Fakultet veterinarske medicine

Katedra za biologiju

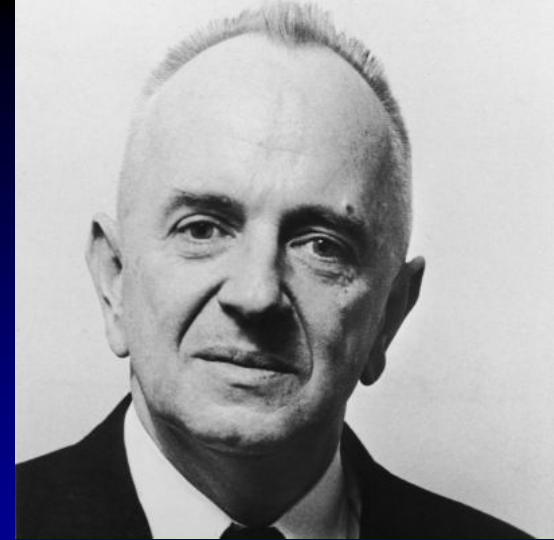
Predmet:
ZOOLOGIJA
2024/2025

POSTANAK VRSTA,
TEORIJE SPECIJACIJE.
IZUMIRANJE VRSTA.





**“Nothing in biology makes sense
except in the light of evolution.”**



Theodosius Dobzhansky

**“Ništa u biologiji nema smisla
osim onoga što je u svetlu evolucije.”**

MEHANIZMI EVOLUCIJE

1. NASLEDNOST

2. VARIJABILNOST

3. SELEKCIJA

Panmiksija i slučajno ukrštanje

Panmiksija predstavlja tip ukrštanja jedinki u populaciji pri kome se pored slučajnog sparivanja ostvaruju i sledeći uslovi:

- svaki tip ukrštanja, u proseku, daje isti broj potomaka.
- odnos polova u populaciji približno je 1 : 1
- u populaciji postoji veliki broj jedinki

U osnovi postoje dva tipa neslučajnog (asortativnog) ukrštanja:

- asortativno ukrštanje genotipova:
 - inbriding (engl. "inbreeding")
 - autbriding (engl. "outbreeding")
- asortativno ukrštanje fenotipova

Samooplođenje

Frekvence genotipova

Generacija	AA	Aa	aa	učestalost alela a
1	0	100%	0	50%
2	25%	50%	25%	50%
3	37.5%	25%	37.5%	50%
$n \rightarrow \infty$	50%	0	50%	50%

Efekat inbridinga zavisi od stepena srodstva

Stepen srodstva	Proporcije zajedničkih gena	Verovatnoća pojave homozigota
<i>Srodnici I stepena</i> Roditelji-deca Braća-sestre Dizigotni blizanci	1/2	1/4
<i>Srodnici II stepena</i> Stričevi, ujaci, tetke Nećaci Polubraća Polusestre	1/4	1/8
<i>Srodnici III stepena</i> Prvi rođaci Braća i sestre od stričeva, ujaka, tetaka	1/8	1/16

Selekcija

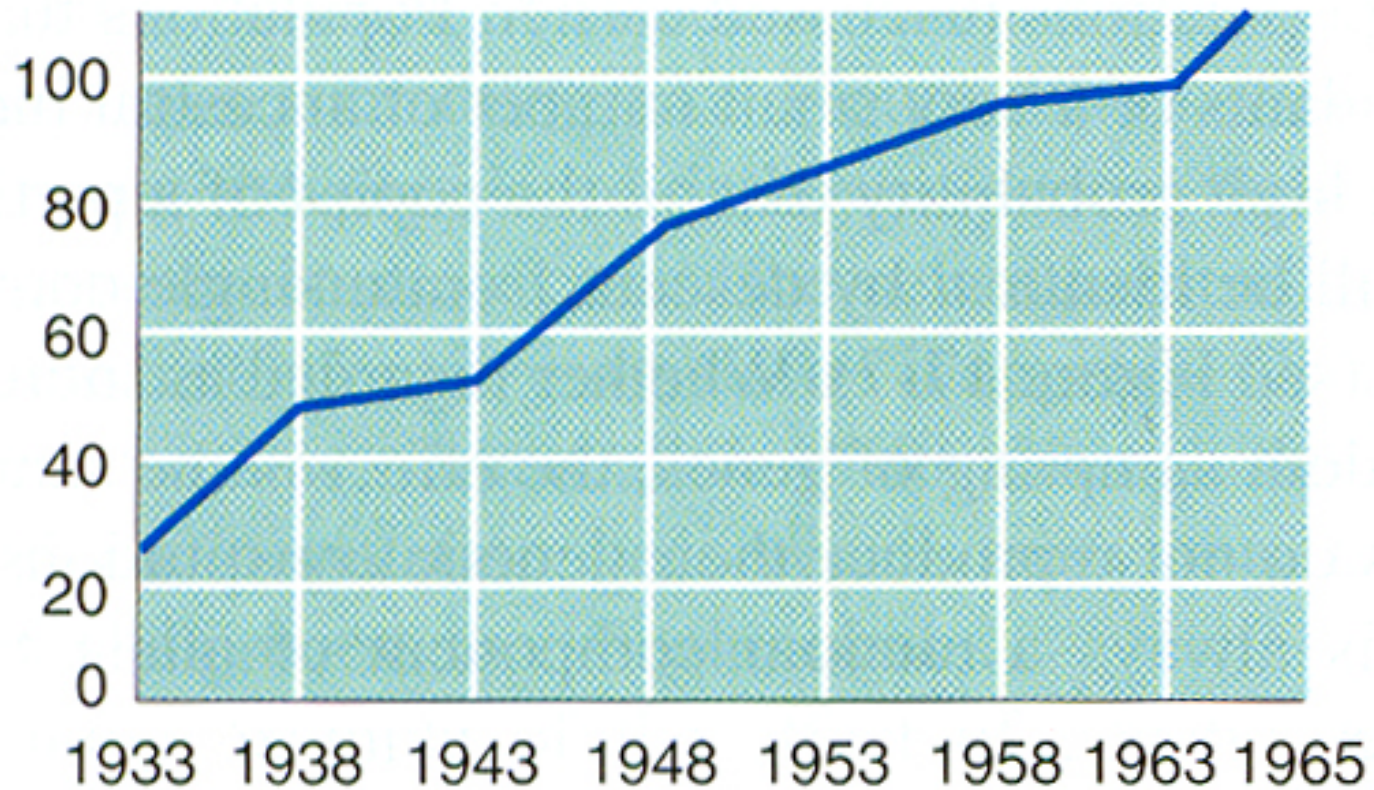
- Po Darwinu, selekcija je mehanizam održavanja adaptacija
- Selekcija deluje na fenotip, a ne na genotip
- Adaptivna vrednost (w) predstavlja relativni reproduktivni uspeh

$$w + s = 1$$

- Selekcioni koeficijent (s) određuje stepen eliminacije genotipa
- Prirodna selekcija je osnovni negentropijski faktor.

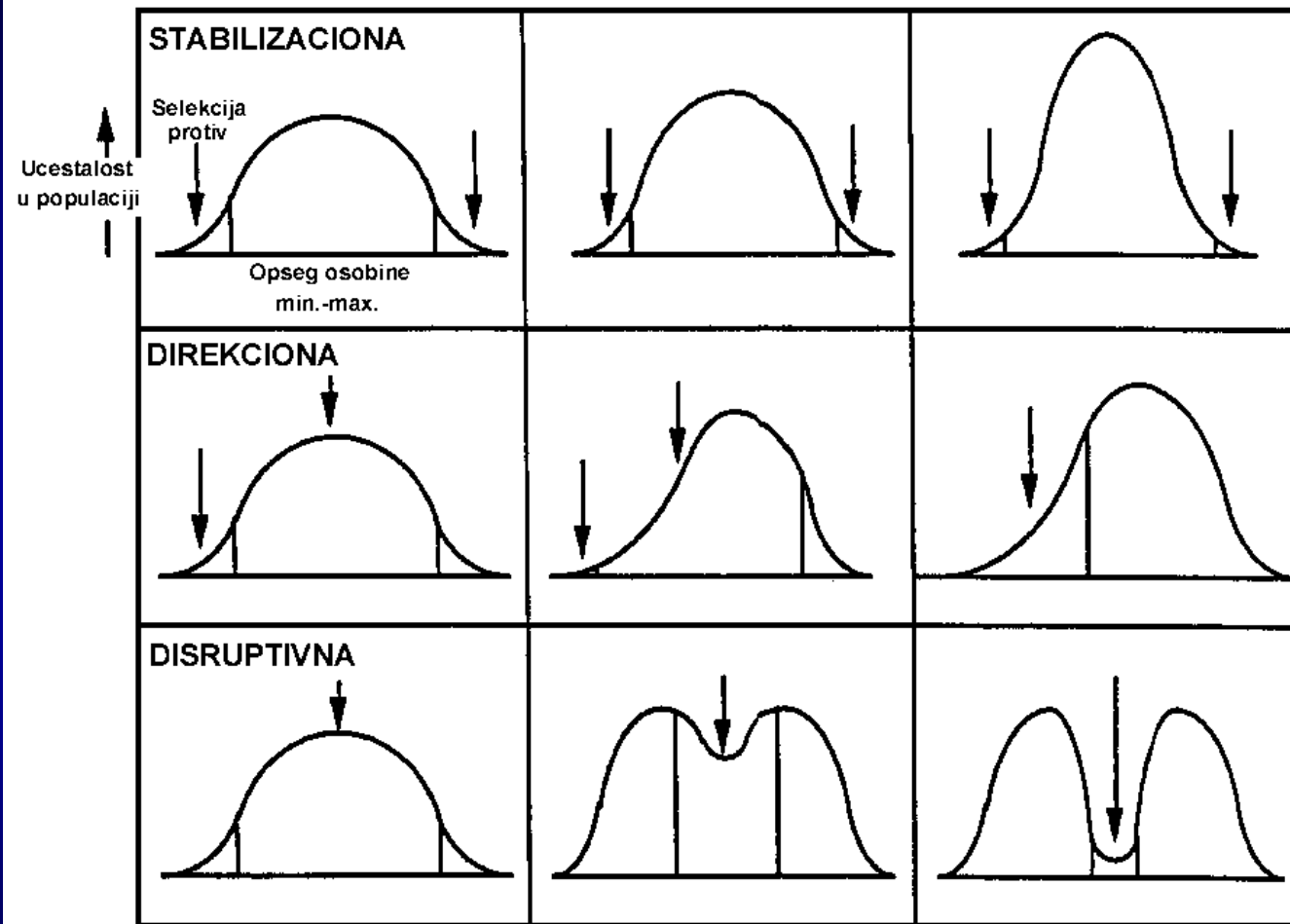
Određivanje adaptivne vrednosti i koeficijenta selekcije na osnovu broja potomaka različitih genotipova u dve uzastopne generacije

Genotipovi	AA	Aa	aa
Broj potomaka u prvoj generaciji (a)	50	20	90
Broj potomaka u drugoj generaciji (b)	80	40	90
Prosečan br. potomaka po individui (b/a)	$80/50 = 1,6$	$40/20 = 2$	$90/90 = 1$
Relativna adaptivna vrednost(w)	$1,6/2 = 0,8$	$2/2 = 1$	$1/2 = 0,5$
Koeficijent selekcije (s = 1- w)	0,2	0	0,5



Promene u prosečnoj produkciji jaja kod kokoši u populaciji izloženoj veštačkoj selekciji tokom perioda od 30 godina. Na ordinati je prikazan prosečan broj jaja po nosilji.

(iz I.M. Lerner i W.J. Libby: *Heredity, Evolution and Society*, drugo izdanje., Freeman and Co., 1976).



Osnovni vidovi selekcije za kvantitativne osobine

Natural Selection



Overproduction

Populations produce too many young: many must die



Variation

Individuals show variation: some variations are more favorable than others



Natural Selection

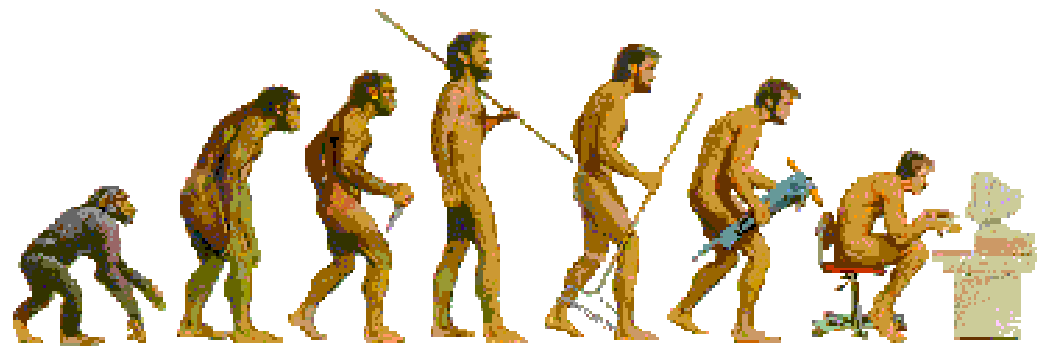
Natural selection favors the best suited at the time



Inheritance

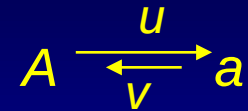
Variations are inherited. The best suited variants leave more offspring.





Mutacije

Genski aleli: A a
Učestalosti: p q



u – stopa direktnih mutacija
 v – stopa povratnih mutacija

I. $v \rightarrow 0$

$$q_1 = q_0 + u p_0$$

$$p_1 = p_0 - u p_0 = (1 - u)p_0.$$

$$\Delta p = p_1 - p_0$$

$$p_2 = (1 - u)p_0 - u(1 - u)p_0$$

$$\Delta p = -u p_0.$$

$$p_2 = (1 - u)^2 p_0$$

$$\Delta q = q_1 - q_0$$

p_t – učestalost alela A posle t generacija

$$\Delta q = u p_0.$$

$$p_t = (1 - u)^t p_0$$

II. $v \neq 0$

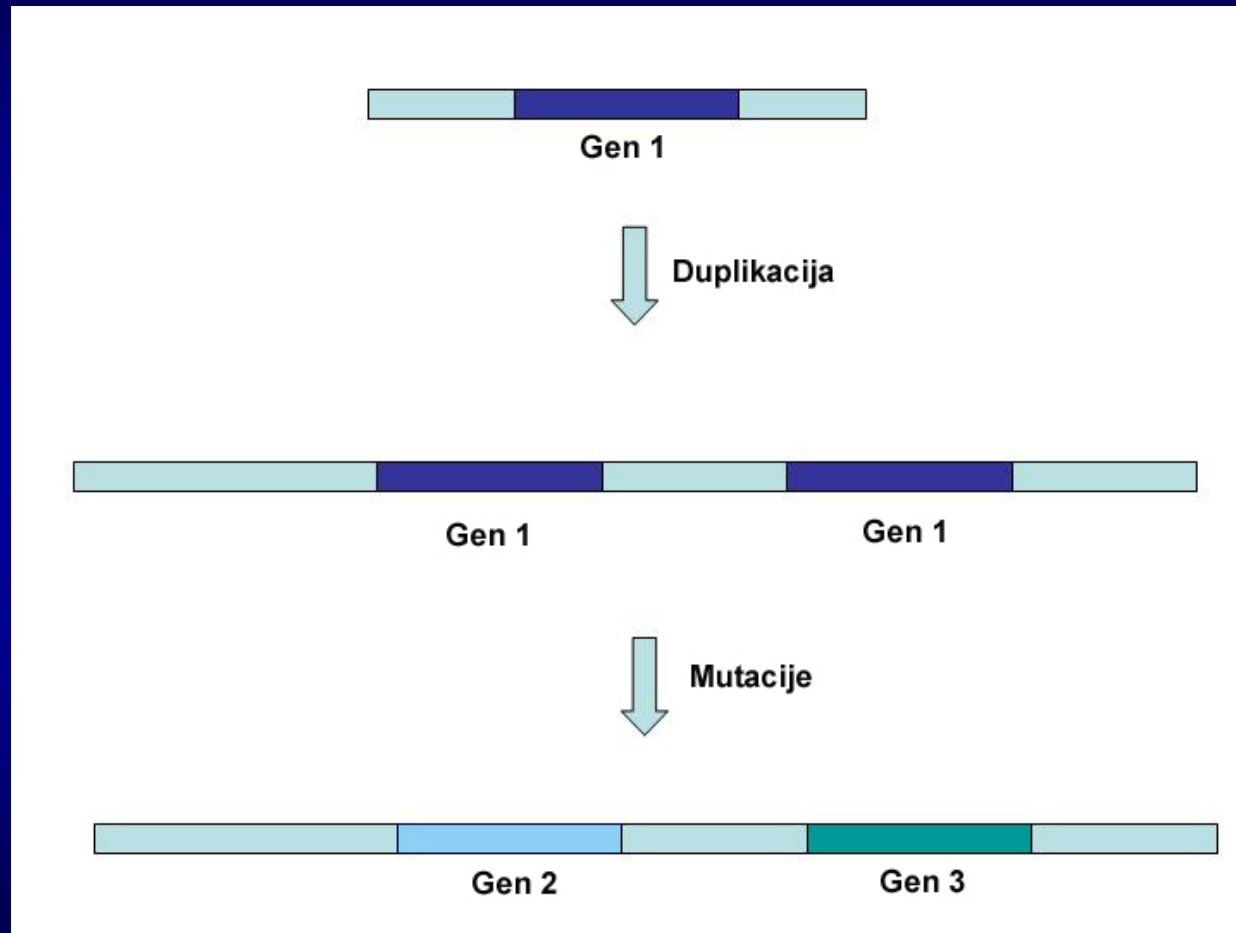
$$p_1 = p_0 - up_0 + vq_0 = p_0 - up_0 + v(1 - p_0)$$

$$p_1 = v + (1 - u - v)p_0$$

$$\Delta p = p_1 - p_0 = p_0 - up_0 + v - vp_0 - p_0$$

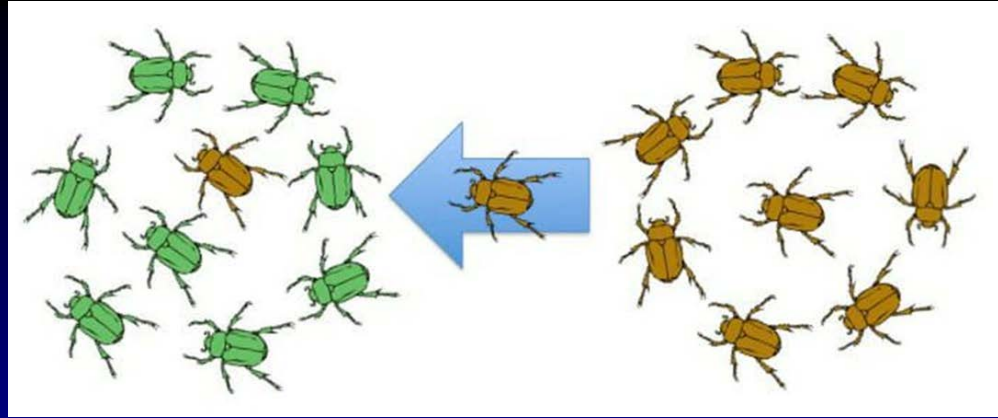
$$\Delta p = vq_0 - up_0$$

Model nastanka novog gena pomoću duplikacije i sukcesivnog akumuliranja mutacija

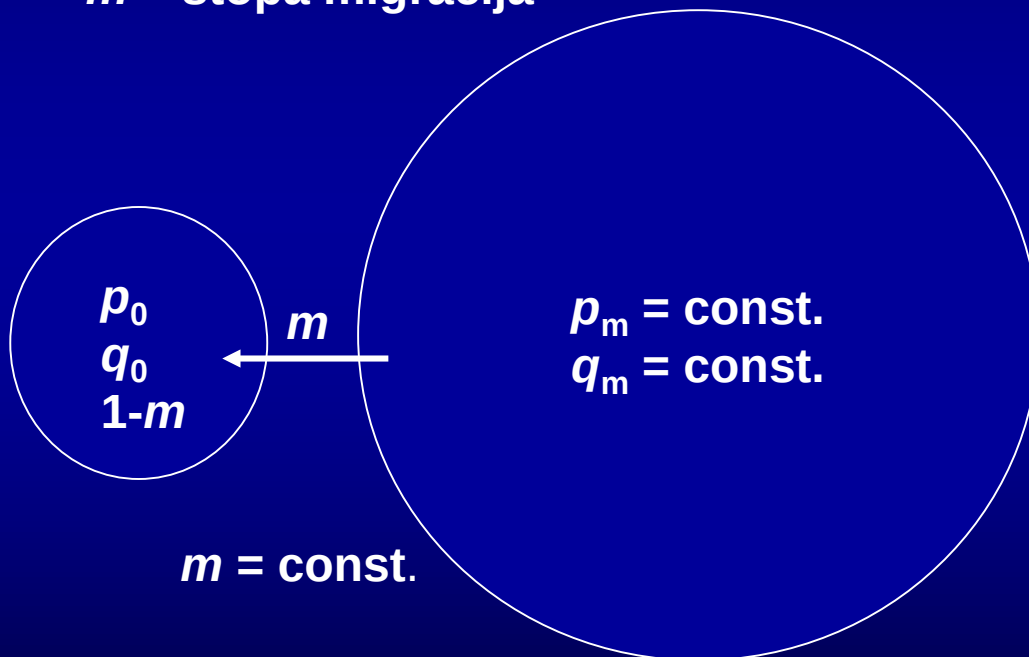


Protok gena

Genski aleli: A a
Učestalosti: p q



m – stopa migracija



$1 - m$ – br. nativnih jedinki nakon jedne generacije migracije

tzv. “kontinentalno-ostrvski” model

$$p_1 = mp_m + (1 - m)p_0 = mp_m + p_0 - mp_0$$

$$p_1 = p_0 + m(p_m - p_0)$$

$$\Delta p = p_1 - p_0 = p_0 + m(p_m - p_0) - p_0 = m(p_m - p_0)$$

$$p_1 - p_m = p_0 + m(p_m - p_0) - p_m$$

$$p_1 - p_m = (1 - m)(p_0 - p_m)$$

$$p_t - p_m = (1 - m)^t(p_0 - p_m)$$

t – broj generacija

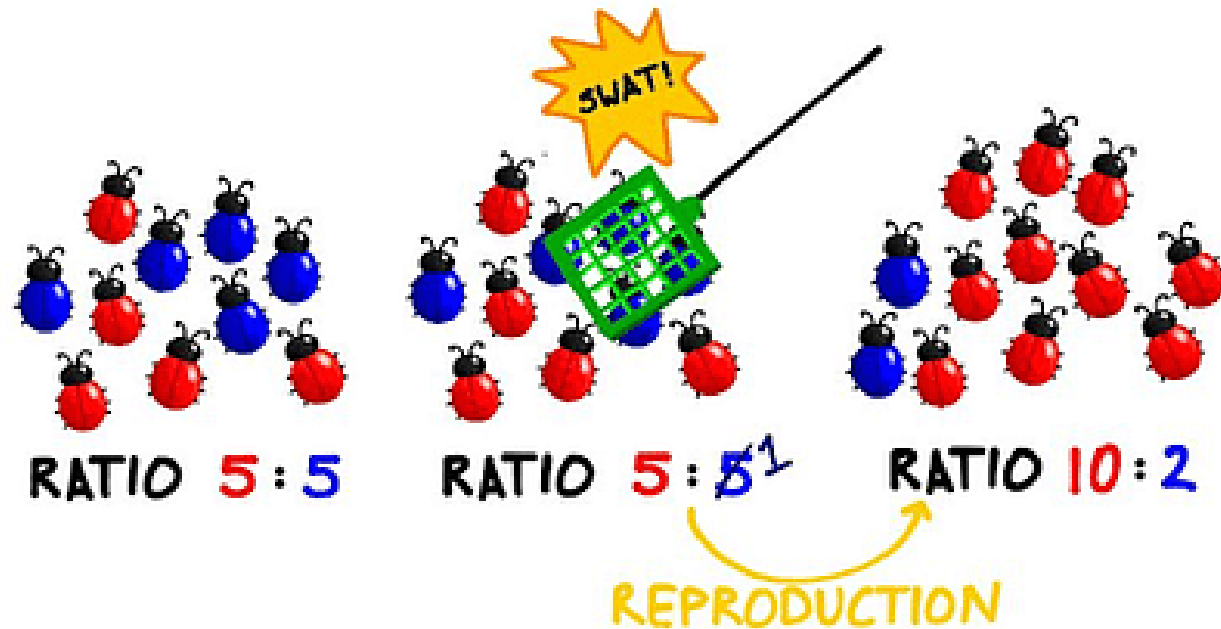
Genetički drift

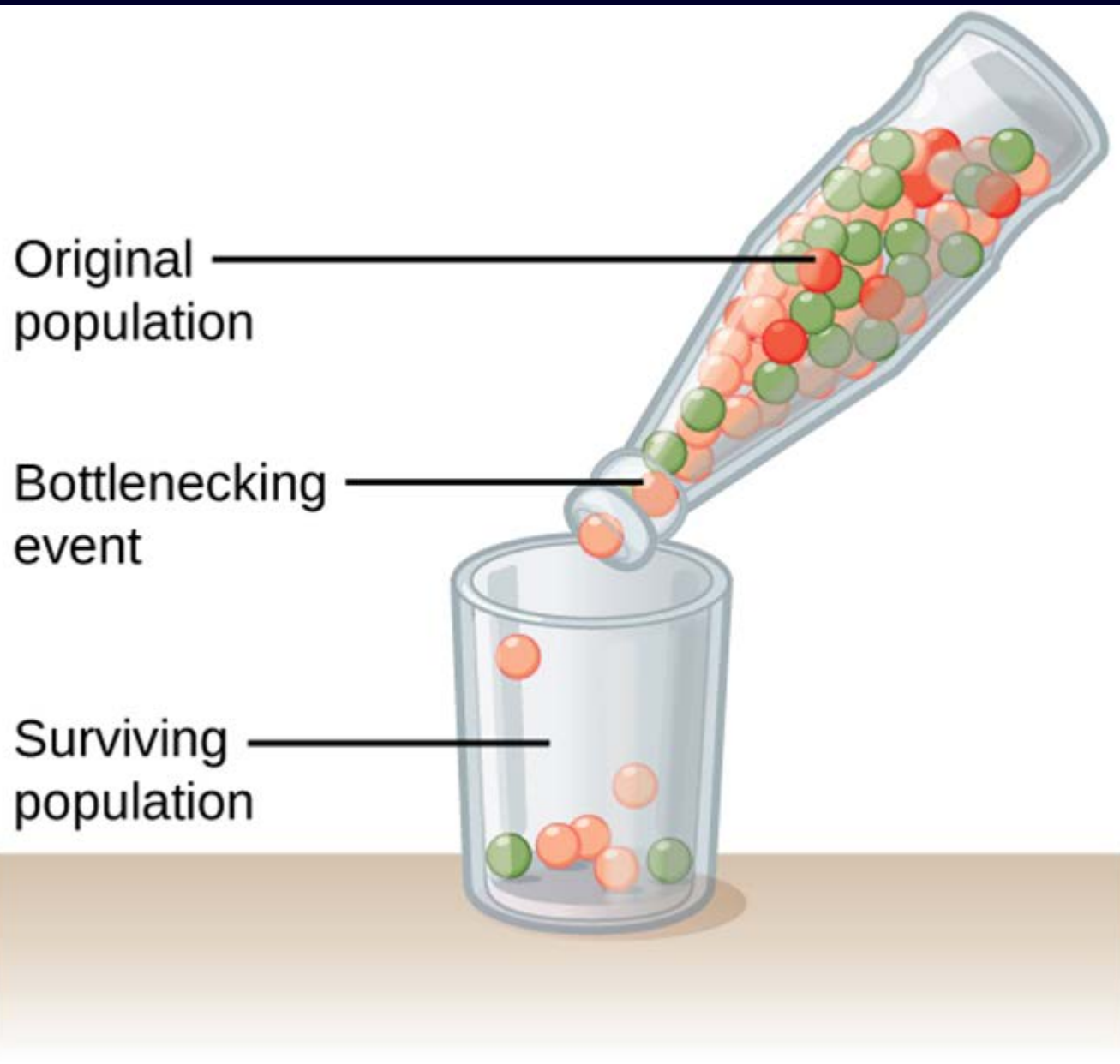


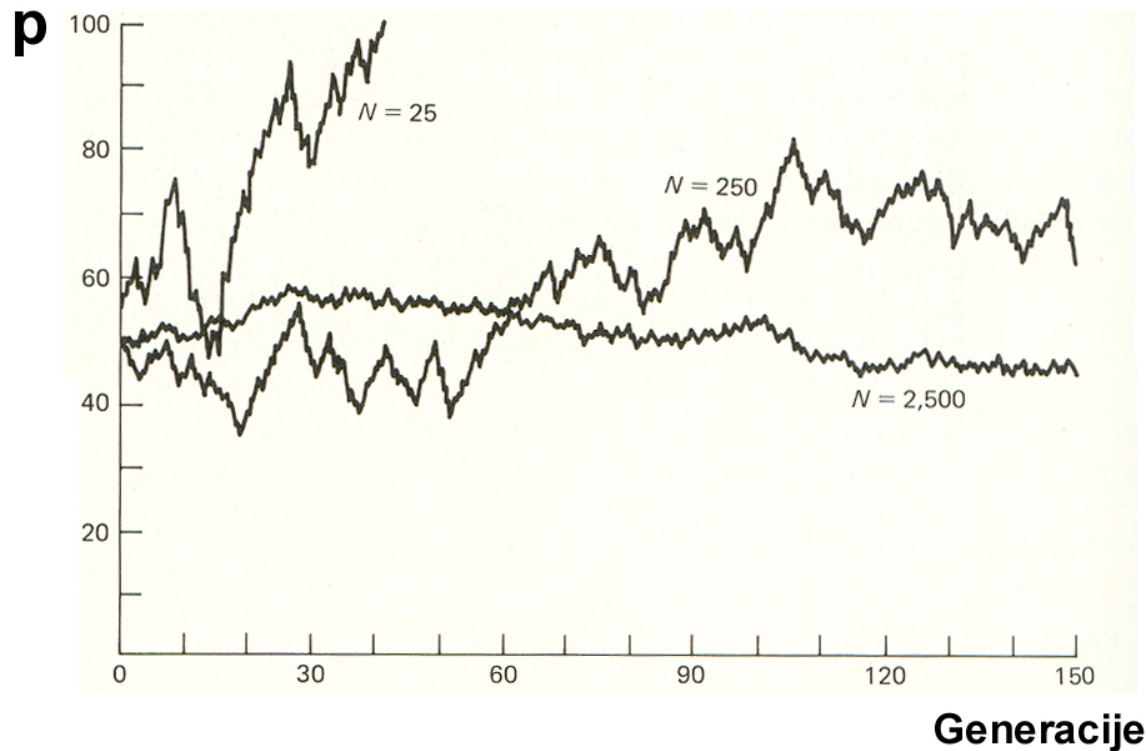
- Svodi se na “greške u uzimanju uzorka”
- fluktuacije brojnosti populacija, prolazak populacija kroz tzv. uska grla (engl. bottlenecks)
- efekat osnivača (engl. the founder effect)
- ***smer promene je nepredvidljiv!***

GENETIC DRIFT

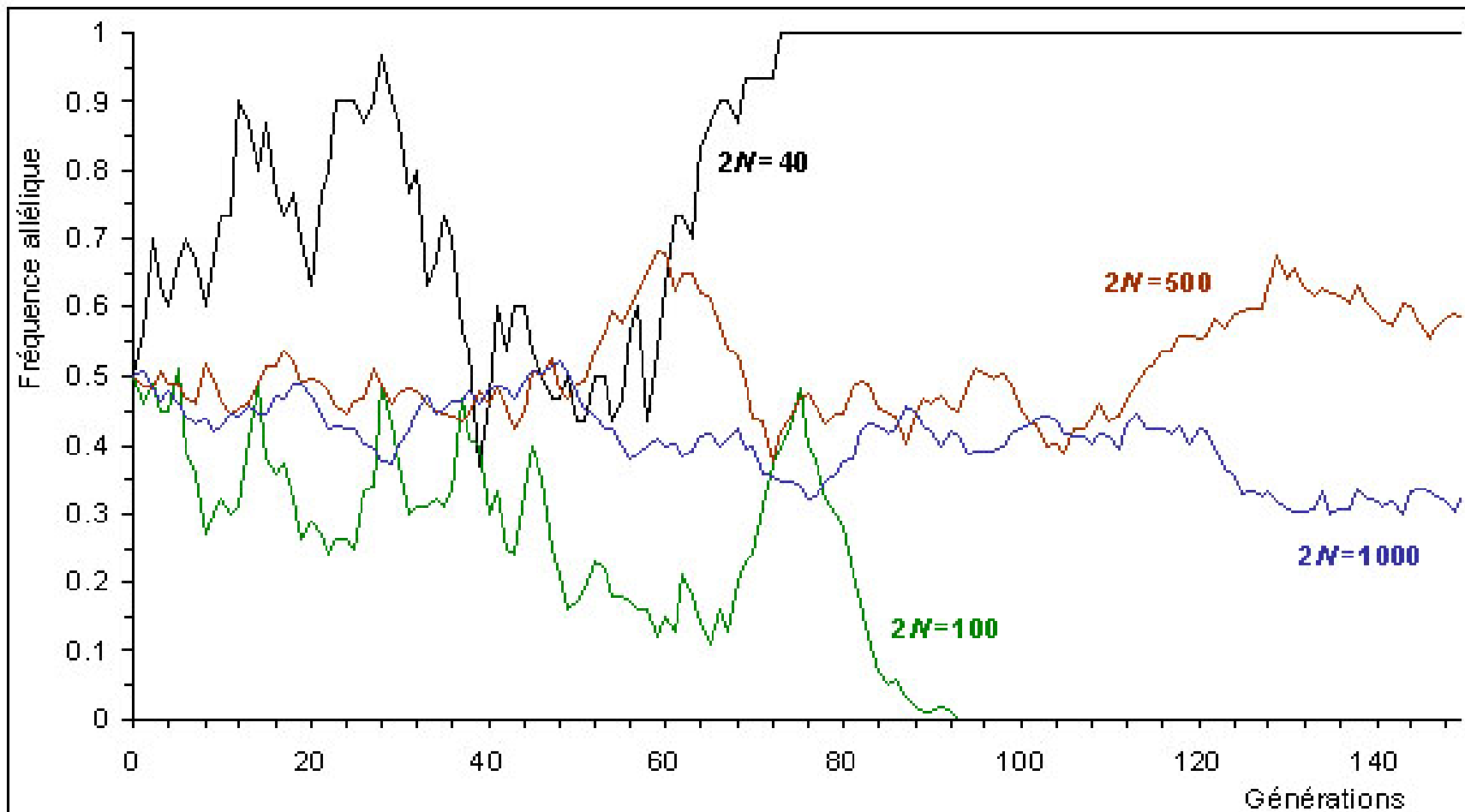
CHANGE IN ALLELE FREQUENCY
DUE TO A CHANCE EVENT



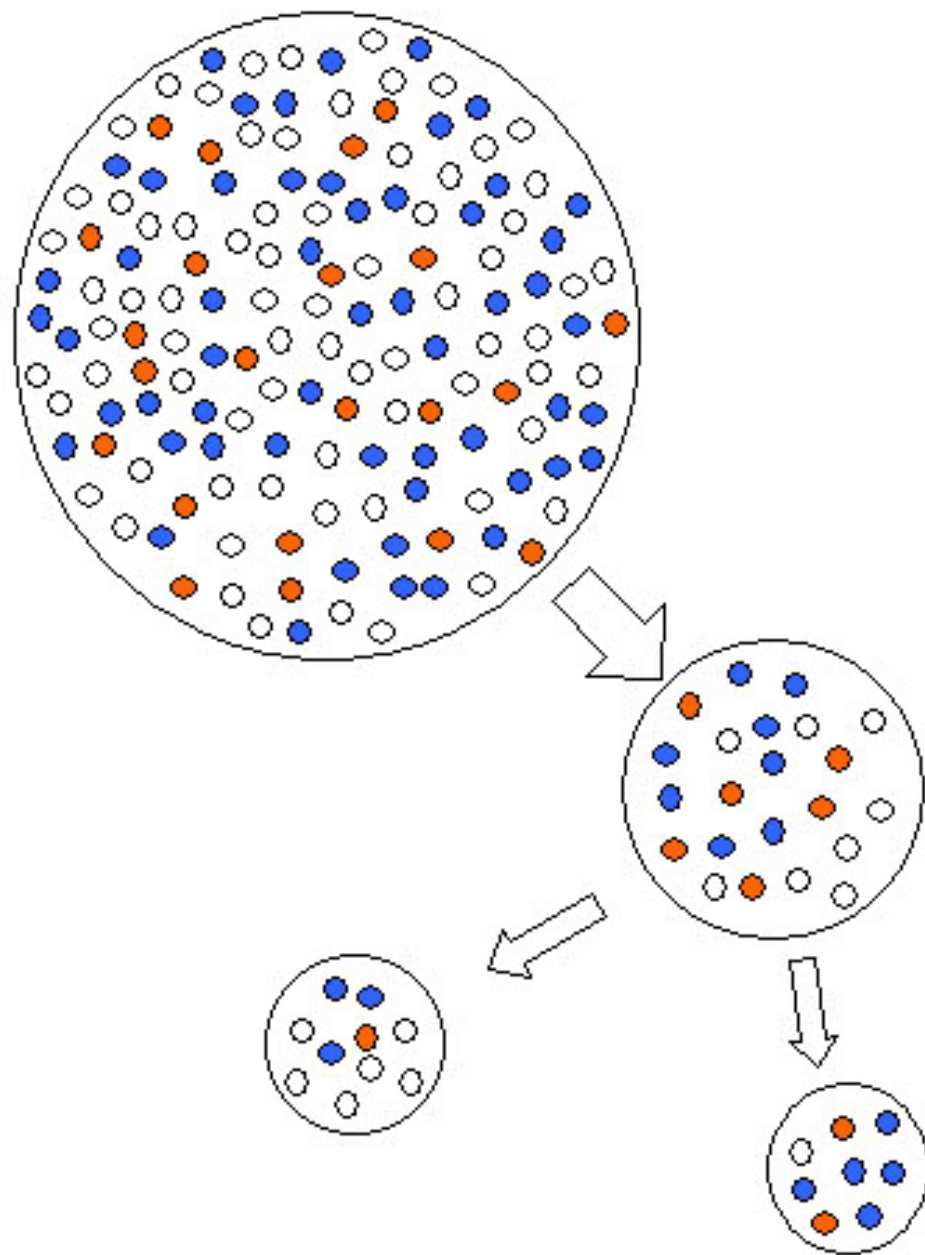




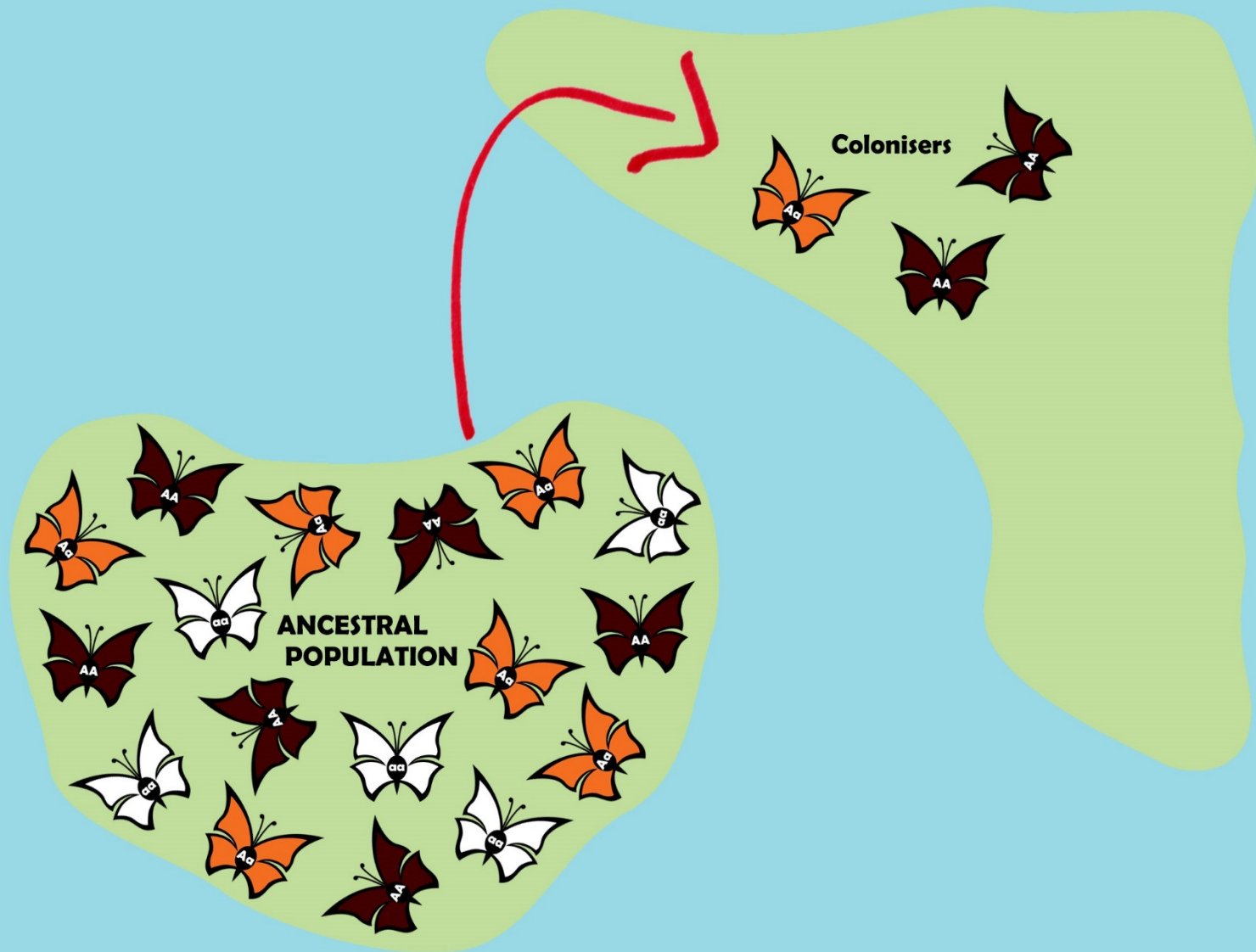
Uticaj veličine populacije na efekat genetičkog drifta. Prikazani su rezultati kompjuterske simulacije kod tri populacije sa različitim veličinama (25, 250 i 2500 jedinki). Sve populacije su krenule od iste učestalosti ispitivanog genskog alela koja iznosi 0,5. p - učestalost genskog alela A.



Genetički drift



Efekat osnivača (engl. the founder effect)



Efektivna veličina populacije


$$N_e = \frac{4N_m N_f}{N_m + N_f}$$

N_m – broj mužjaka

N_f – broj ženki

MEHANIZMI REPRODUKTIVNE IZOLACIJE

I. Prefertilizacioni

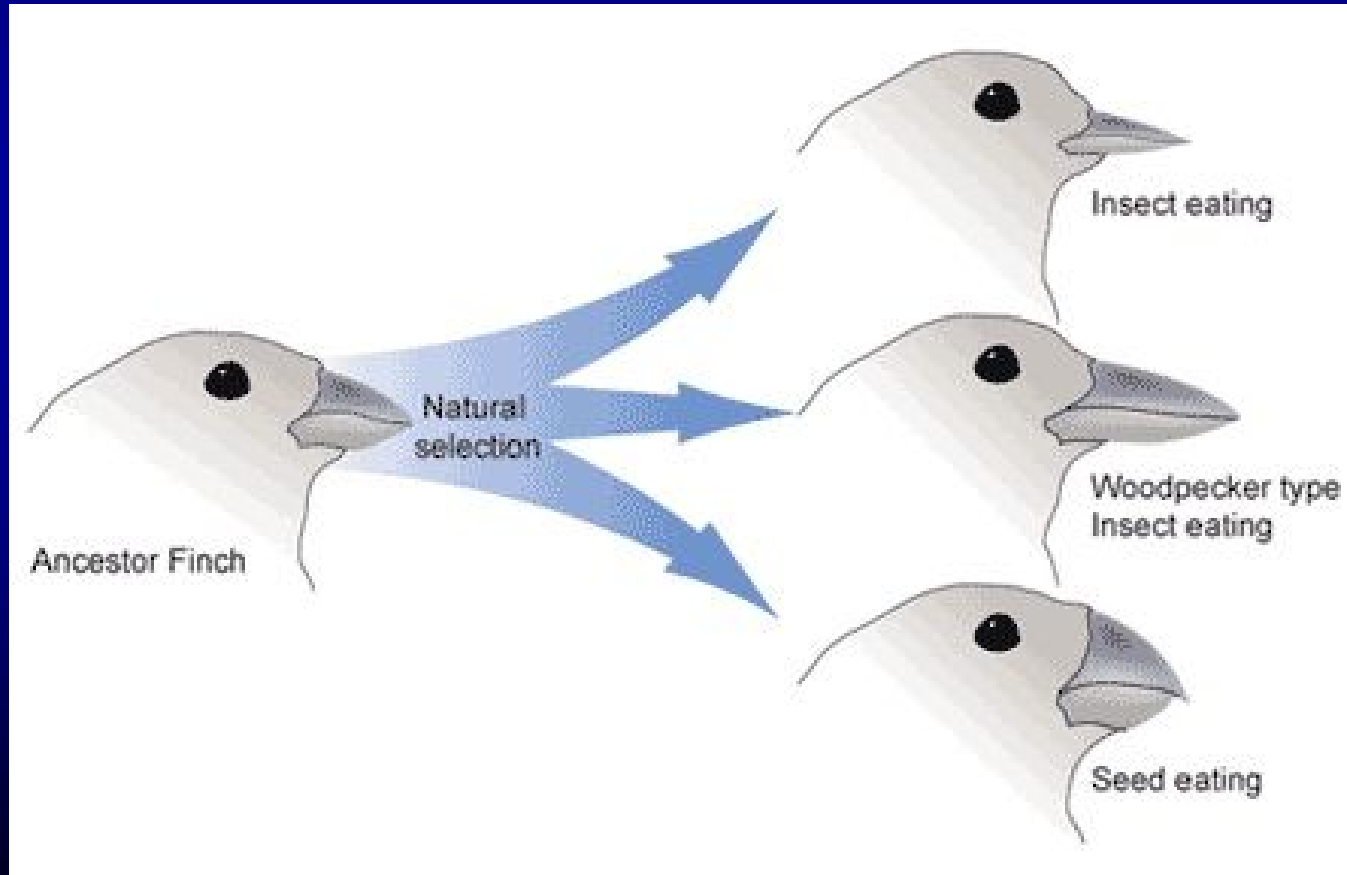
- *ekološka* izolacija (populacije su u različitim delovima staništa)
- *temporalna* izolacija (sazrevanje polnih ćelija ili sparivanje vrši se u različito vreme)
- *etološka* (seksualna) izolacija – nedovoljna seksualna privlačnost između mužjaka i ženki
- *mehanička* izolacija (nedovoljna kompatibilnost polnih organa)
- *gametska* izolacija (nemogućnost kontakta među polnim ćel.)

II. Postfertilizacioni

- *hibridna invijabilnost* (nemogućnost da hibridi kompletiraju razviće ili dostignu polnu zrelost)
- *hibridna sterilnost* (hibridi nemaju funkcionalne gamete)
- *smanjena adaptivna vrednost hibrida*
(potomci hibrida imaju redukovan vijabilitet ili fertilitet)

species = vrsta

specijacija = postanak vrsta



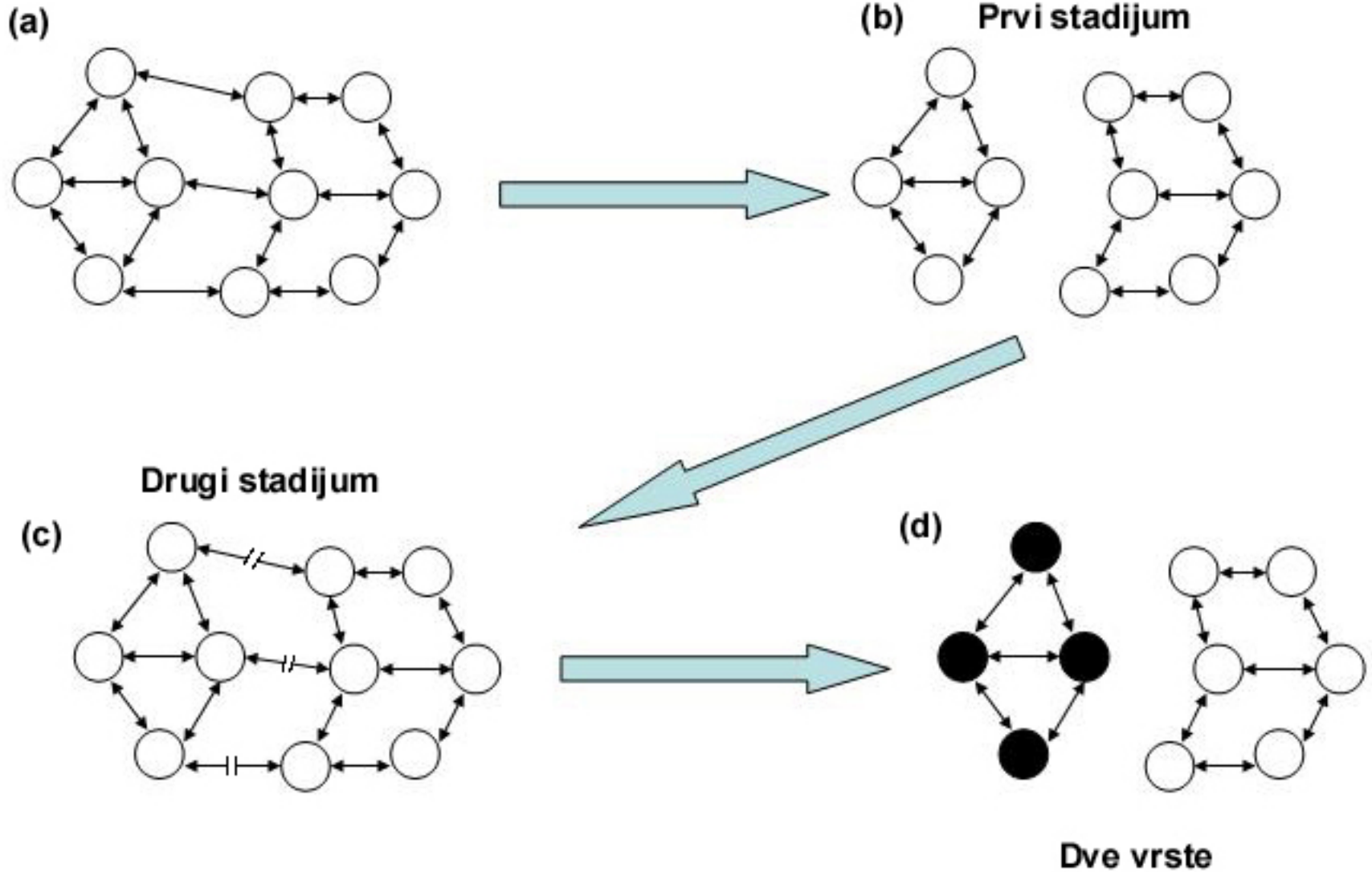
TEORIJE SPECIJACIJE

I. FILETIČKA SPECIJACIJA

II. DIVERGENTNA SPECIJACIJA

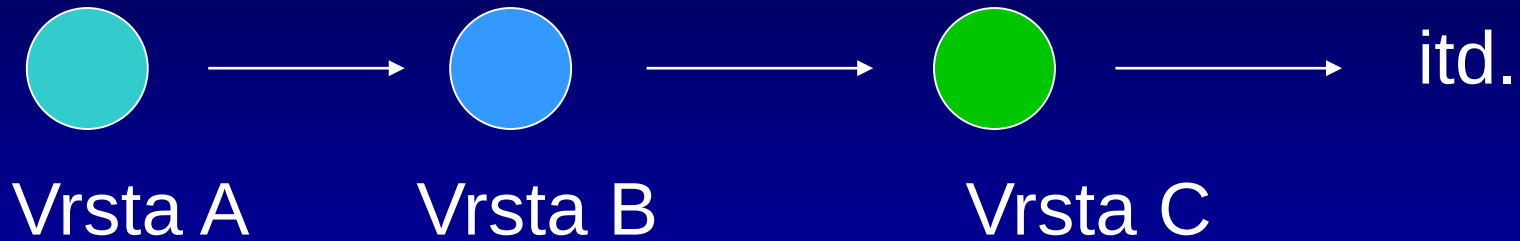
1. **Apomiktična** specijacija
2. Specijacija **hibridizacijom** vrsta
3. Specijacija putem **poliploidije**
4. **Biparentalna** specijacija
 - a) **alopatrička** (geografska)
 - b) **simpatrička**
 - c) **parapatrička**

Shematski prikaz opšteg modela procesa specijacije



Filetička specijacija

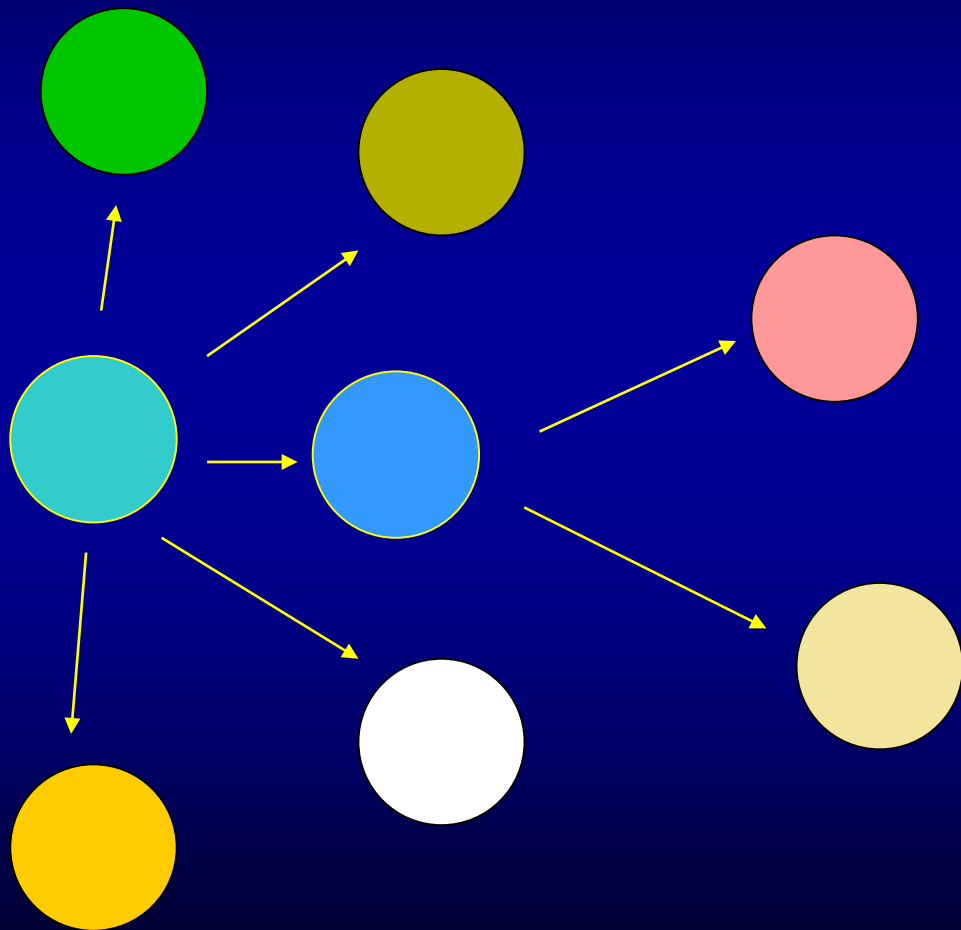
- Sukcesija bioloških vrsta u vremenu.



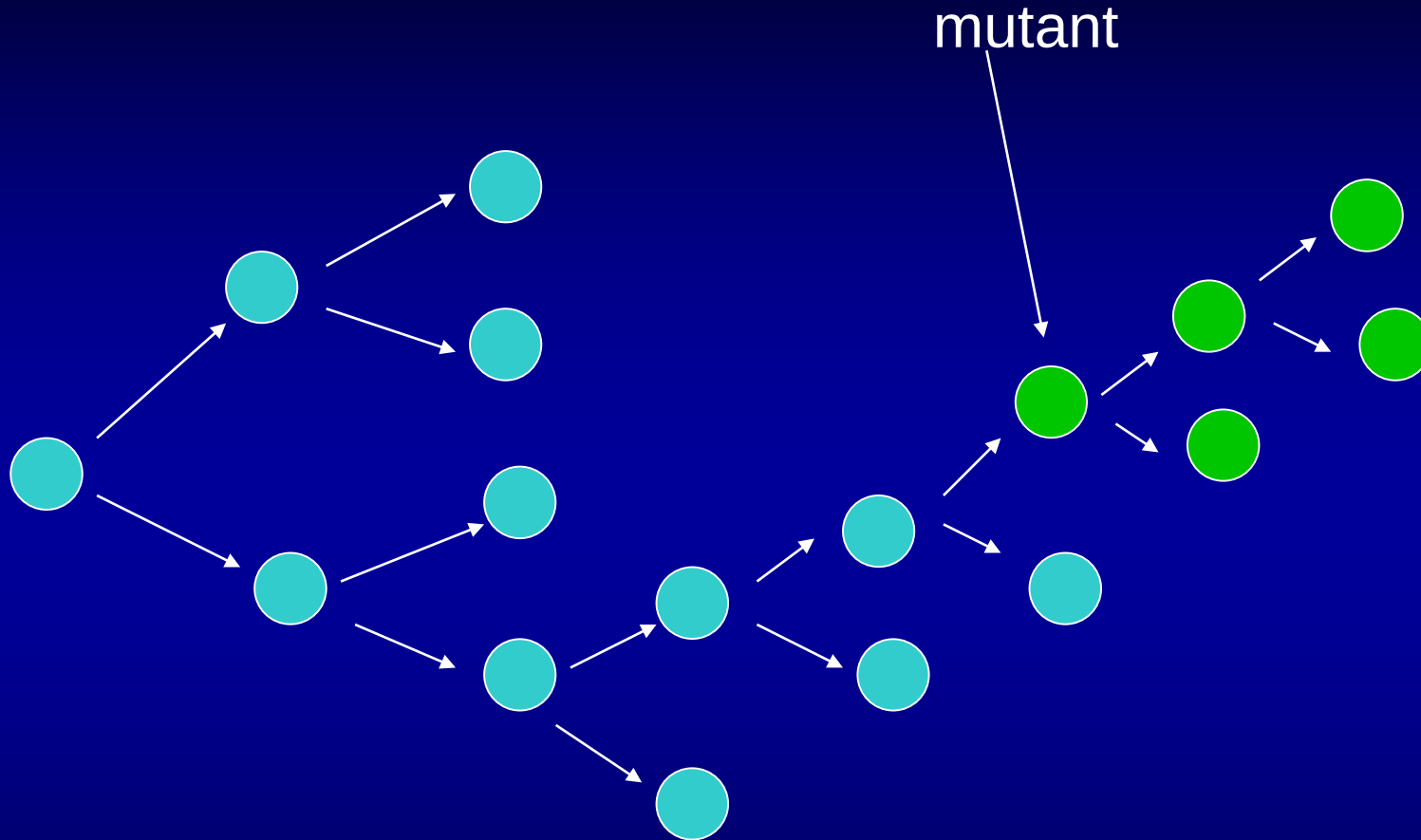
- Monotipski rodovi (samo iz jedne vrste)



Divergentna specijacija



Apomiktična specijacija



Apomiksis – svi oblici razmnožavanja jedinki pri kojima ne dolazi do sparivanja (npr. vegetativno razmnožavanje, partenogeneza isl.).

Kod apomiktičnih organizama reproduktivna izolacija postoji već na nivou jedinke, dok je kod biparentalnih organizama to ostvareno na nivou vrste

Specijacija putem hibridizacije vrsta

Canis fammiliaris (pudlica) daje plodno potomstvo sa:

Canis aureus (šakal)

Canis lupus (vuk)

Canis latrans (kojot)

Canis dingo (dingo).

Nasuprot tome kod roda *Nannospalax*, postoji veći broj vrsta koje ne mogu da hibridizuju, mada se po morfološkim kriterijumima mogu da svrstaju u istu vrstu.

Poliploidna specijacija

poliploidija: - autopoliploidija
- alopoliploidija

Primer alopoliploidije:

Brassica (kupus)
 $2n = 18$

X

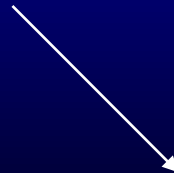
Raphanus (rotkva)
 $2n = 18$

gameti: $n = 9$

$n = 9$

hibridi

$2n = 18$ (uglavnom sterilni)

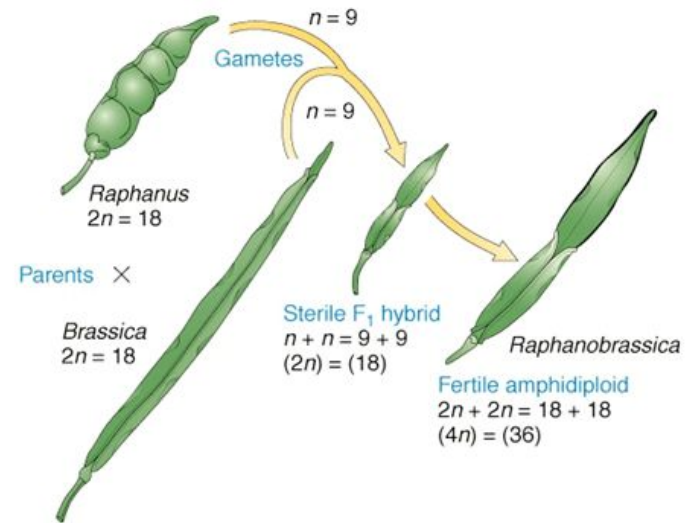


Raphanobrassica, $4n = 36$

Amphidiploid

...double diploid,

$$2n_1 + 2n_2$$



Tetraploidization of hybrid "*Raphanobrassica*"

...have balanced gametes of the type $n_1 + n_2$,
these gametes fuse to make fertile $2n_1 + 2n_2$.

Kod životinja poliploidija se javlja kod:

- nekih vrsta riba (npr. smatra se da je šaran nastao poliploidizacijom karaša):

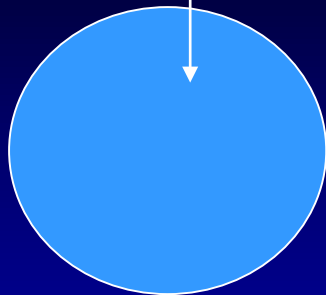
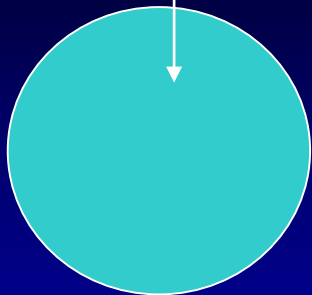
Carrasius carrasius $\longrightarrow$ *Cyprinus carpio*

- nekih repatih vodozemaca (npr. daždevnjak)

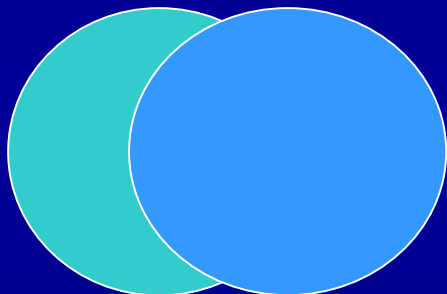


populacija 1

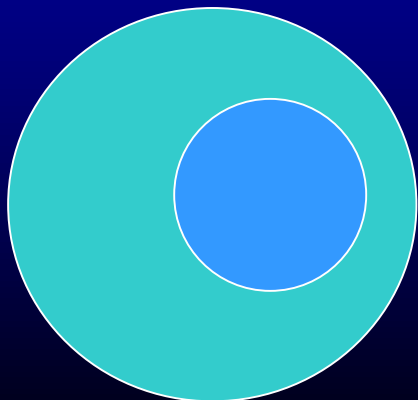
populacija 2



alopatrija



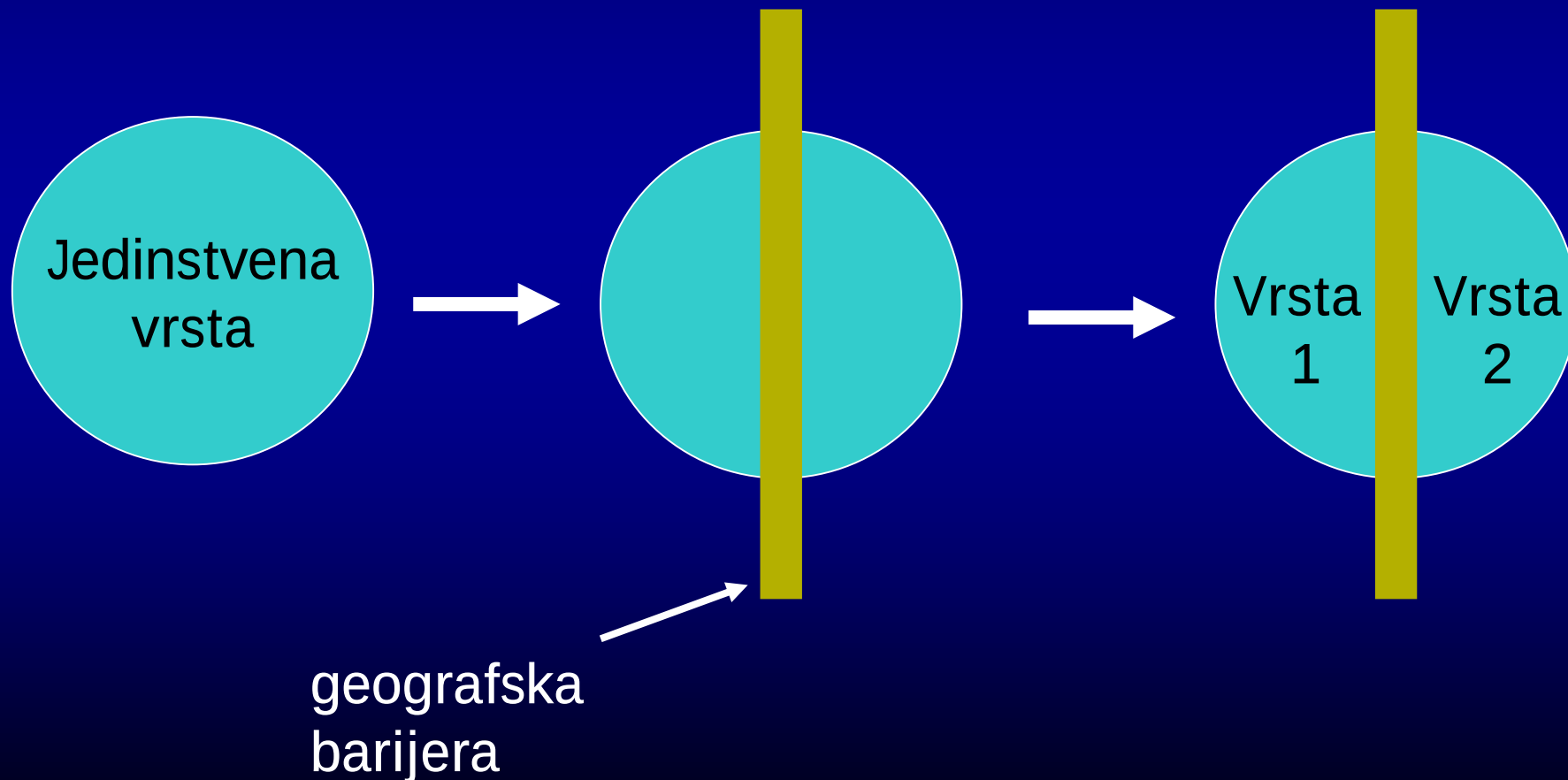
parapatrija



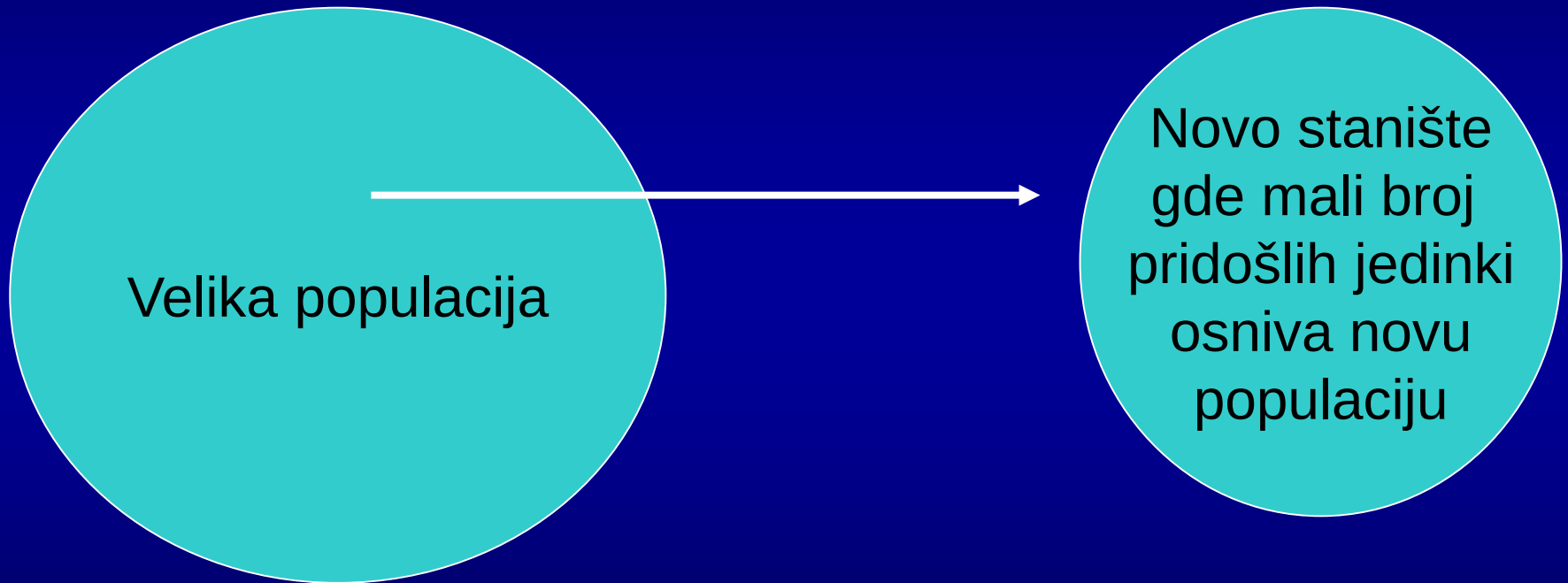
simpatrija

ALOPATRIČKA SPECIJACIJA

- najšire prihvaćen model specijacije



Efekat osnivača (engl. the founder effect)



PARAPATRIČKA SPECIJACIJA

- u sličajevima kada, u pogledu selekcionih pritisaka, postoji nagli prelaz između dve susedne populacije.
- diferencijacija kariotipova
- “stazipatrički model” – kada hromozomske forme postepeno šire svoj areal na račun roditeljske vrste, mada se na periferiji rasprostranjenja javlja uska parapatrička zona gde je još uvek moguća hibridizacija. Primer: skakavci *Morabinae* iz Australije.

SIMPATRIČKA SPECIJACIJA

- podrazumeva uspostavljanje biološke barijere ukrštanju unutar granica panmiktične populacije, bez prostornog odvajanja vrsta u nastanku.
- još Darwin je smatrao da geografska izolacija nije neophodan preduslov specijacije.
- smatra se da je simpatrička specijacija sasvim moguća kod monofagnih parazita.
- voćna mušica *Drosophila pache* iz Sonorske pustinje mutacijama svega dva gena za detoksifikaciju jednog otrovnog sterola iz kaktusa stekla je sposobnost da zauzme novu ekološku nišu.

Brzina specijacije u velikoj meri zavisi od organizacije genetičkog materijala date grupe organizama, kao i populacione strukture. Kod geografski široko rasprostranjenih vrsta, (ekološki generalisti), prosečni intenziteti selekcije sa obe strane barijere mogu biti slični, tako da je put odvajanja u nove vrste spor. Najsporiji poznati primeri spore specijacije su i tzv. živi fosili (*relikti*), organizmi koji se od svojih dalekih predaka morfološki gotovo ne razlikuju.

Sphenodon punctatum

(primer relikta)





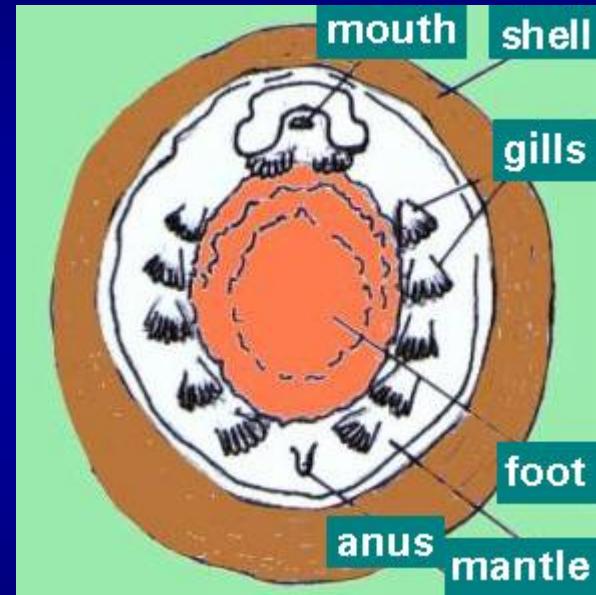
Sphenodon punctatum



Latimeria chalumnae
(primer relikta)



Neopilina galathea
(primer relikta)



Ginkgo biloba (primer relikta)



IZUMIRANJE VRSTA

Pozadinsko izumiranje – tipično, normalno ili osnovno izumiranje niskog intenziteta svih taksona tokom većeg intervala vremena

Masovno izumiranje – izuzetno visoka stopa nestanka većeg broja viših taksona na globalnoj skali tokom relativno kratkih vremenskih intervala. Procenjuje se da svega 4% od ukupnog izumiranja odlazi na masovno izumiranje vrsta.

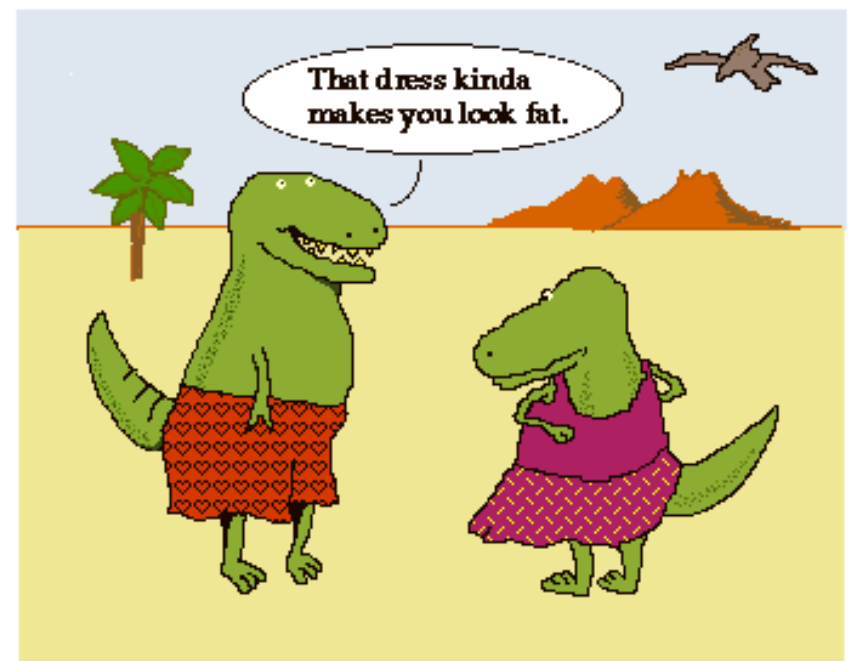
IZUMIRANJE VRSTA



Smatra se da je izumrlo preko 99%
vrsta koje su nekada živele!

UZROCI IZUMIRANJA VRSTA

1. Pseudoizumiranje
2. Istovremeno izumiranje
3. Kompeticija
4. Predatorstvo
5. Klimatske promene
6. Vulkanske erupcije
7. Obrtanje magnetnih polja
8. Teorija udara



Based on a cartoon by Hallmark Cards

The real reason the dinosaurs became extinct.



DINOSAUR

©2000 Walt Disney Pictures

WWW.SINEPORT.COM - WALLPAPER

www.charlotte.com/justgo/movies/

Barringer Meteor Crater, Arizona, USA









Udar velikog meteora na današnjem ostrvu Jukatan (Meksiko) doveo je do:

- početnog povećanja temp. okeana za nekoliko stepeni
- prašina i krhotine su dovele do "pomračenja Sunca" i naglog smanjenja temperature ("domino efekat" u većini ekosist.)
- posle sleganja prašine stvoren je "efekat staklene bašte"
- energija pokretne lopte dovela je do stvaranja velike količine oksida azota i pojave "kiselih kiša"

Nisu svi taksoni podjednako podložni izumiranju. Vrste koje su genetički varijabilnije otpornije su na promene u sredini. Verovatnoća izumiranja je povećana ukoliko organizmi imaju:

- velike dimenzije tela
- mesto pri kraju lanca ishrane
- preveliku specijalizaciju na pojedine dimenzije ekološke niše
- malu disperzivnu sposobnost
- ograničen areal rasprostranjenja

Molekularni evolucionni sat

- prema hipotezi “molekulskog sata” geni i njihovi proteinski proizvodi evoluiraju dovoljno konstantnom stopom da se mogu koristiti prilikom predviđanja vremena divergencije proučavanih taksona.
- ipak, razni nizovi DNK sekvenci mogu tokom evolucije da se menjaju veoma različitim stopama. Zato neki istraživači zastupaju postojanje. tzv. “**lokalnog molekulskog sata**” . Smatra se da je među blisko srodnim vrstama, koje imaju slične životne istorije i stope metabolizma, generacijsko vreme, itd. stopa promena za određene gene relativno stabilna.

