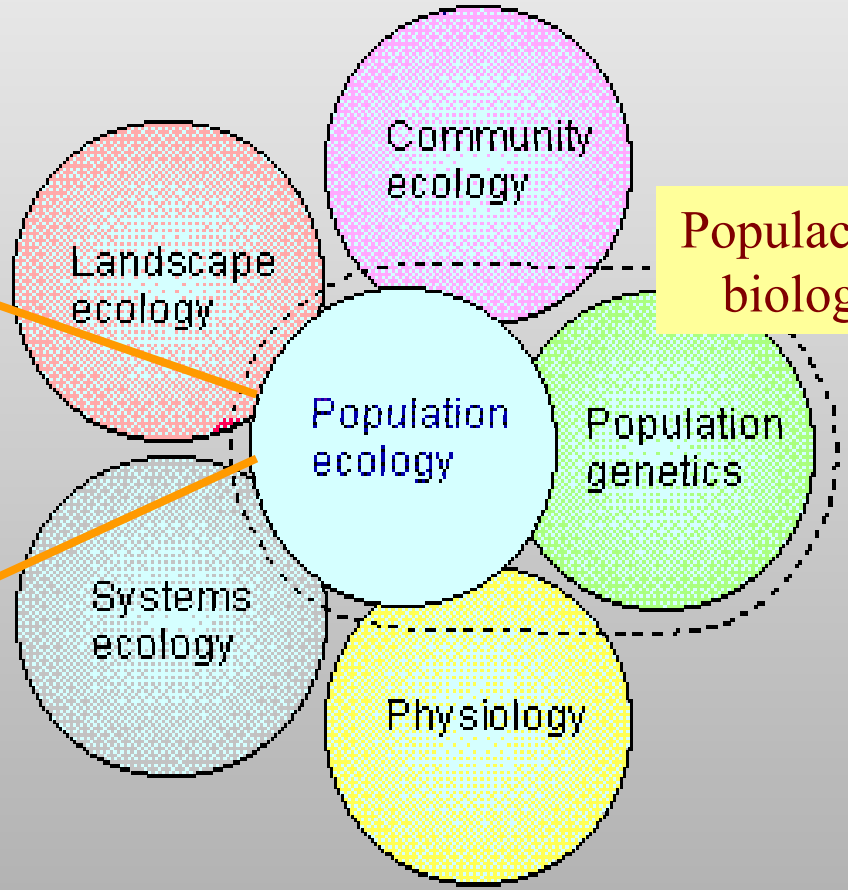
EKOLOGIJA POPULACIJA

Ekologija jedne populacije



Populacijska biologija

Interakcije između dvije ili više populacija

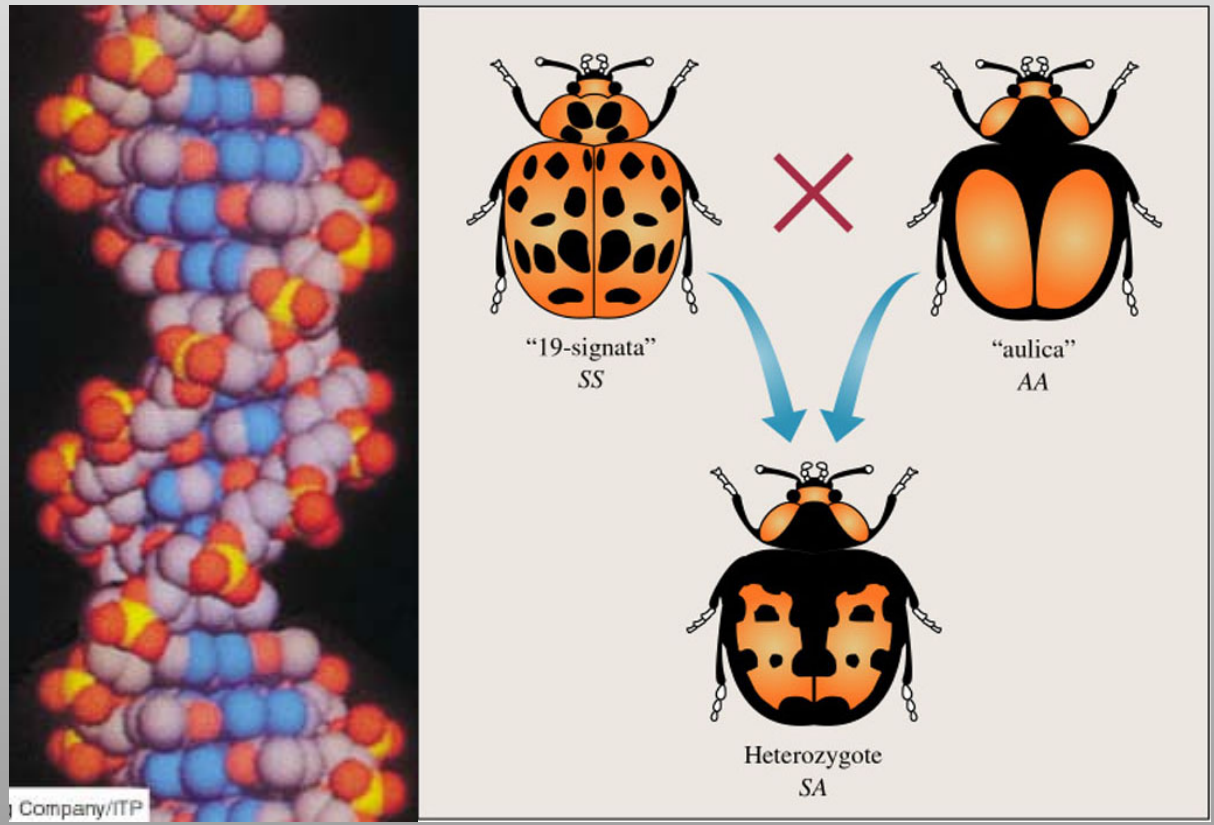
EKOLOGIJA POPULACIJA

1. Struktura populacija
2. Dinamika populacija
3. Strategije u produženju vrste (Life history)

STRUKTURA POPULACIJA

1. Genetička struktura populacija
2. Prostorna struktura populacija
3. Dobna (uzrasna ili starosna) struktura populacija

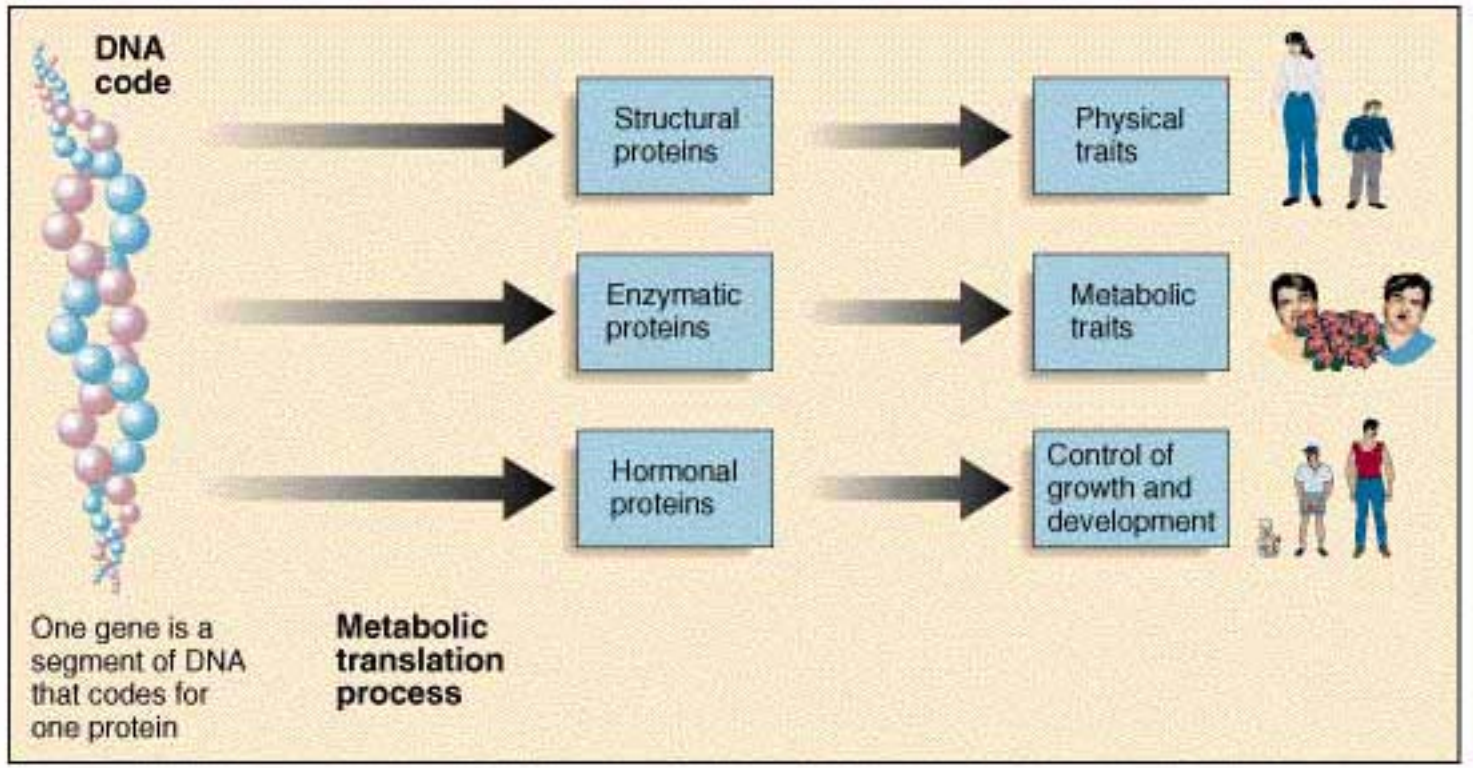
Genetička struktura populacija

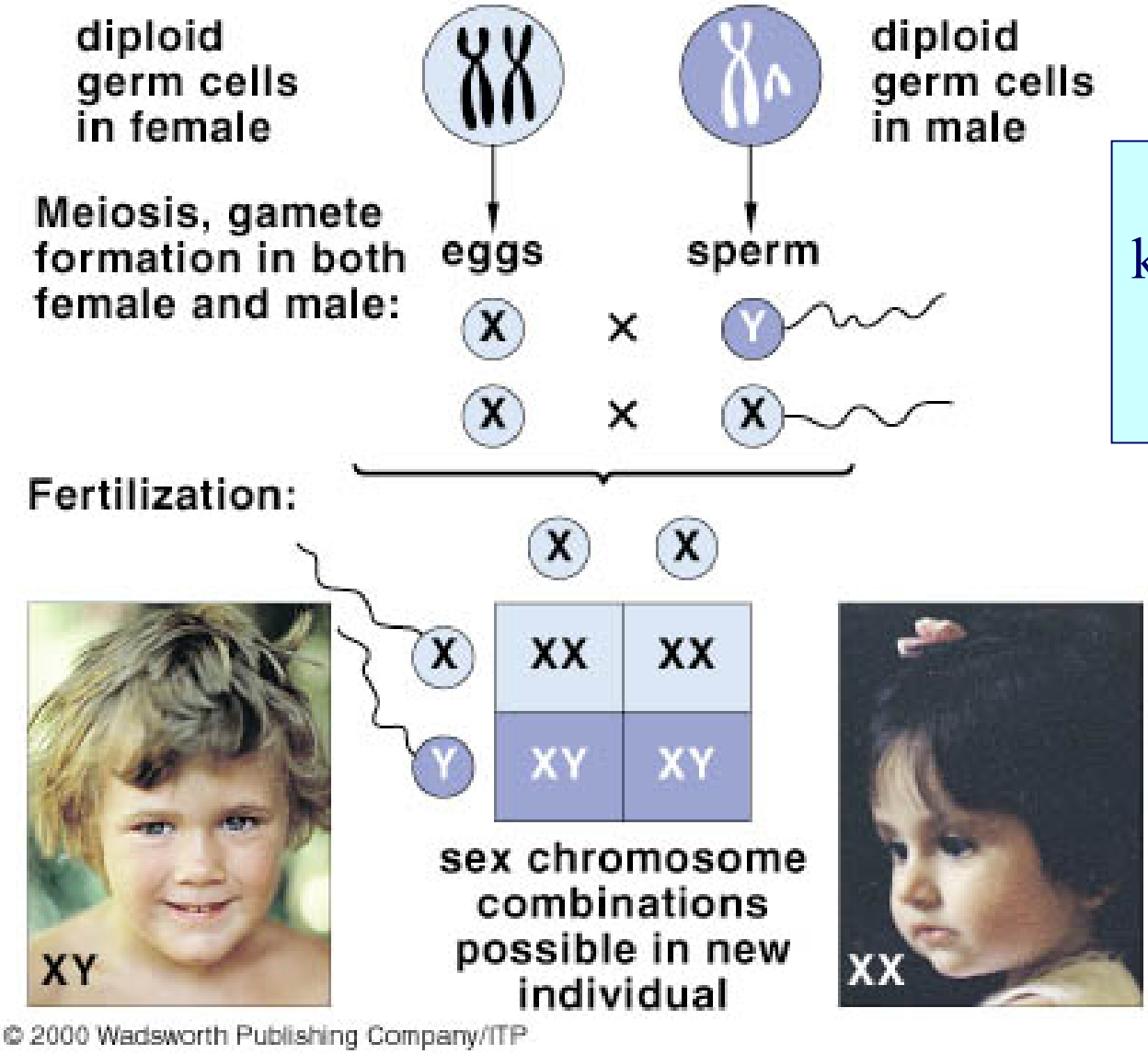


Genetička struktura populacija

- Jedinke u populaciji pokazuju **fenotipske** i **genotipske** varijacije i to čini značajan aspekt strukture populacija
- Distribucija genetičkih varijacija između jedinki u populaciji ili između djelova populacije (**subpopulacije**) čini genetičku strukturu populacija
- Genetičku strukturu populacija karakterizira specifična učestalost (frekvencija) određenih tipova značajki, odnosno gena i njihovih **alela** (suparničkih gena za određeni lokus na kromosomu) koji upravljaju razvitkom tih značajki. Genetičku strukturu populacija također karakterizira i specifična učestalost pojedinih tipova kromosoma.
- Temelj genetičke strukture populacija čini raznolikost (**polimorfizam, heterozigotnost-homozigotnost**) i distribucija alela u populaciji

Geni upravljaju proizvodnjom proteina i na taj način kontroliraju morfološke i fiziološke značajke organizama, kao i njihov razvitak i rast





X i Y kromosom koji određuju spol kod čovjeka

Genetička ravnoteža populacije određena je Hardy-Weinbergovim modelom ravnoteže

Populacija u kojoj se na određenom lokusu javljaju samo dva alela (S i A):

p = frekvencija ili proporcija alela S u populaciji

q = frekvencija ili proporcija alela A u populaciji

$$p + q = 1$$

Prema Hardy-Weinbergovom modelu ravnoteže, frekvencija genotipova u populaciji u kojoj se parenje odvija po principu slučajnosti biti će jednaka $(p + q)^2$

→

Kvadriranje $(p + q)$ analogno je slučajnom parenju između jedinki koje nose alele S i A s frekvencijama p i q

Rezultat kvadriranja je : $\boldsymbol{p^2 + 2pq + q^2}$

- p^2 — Frekvencija SS genotipa
- $2pq$ — Frekvencija SA genotipa
- q^2 — Frekvencija AA genotipa

Hardy-Weinbergova ravnoteža

Da bi populacije iz generacije u generaciju održavale konstantnu frekvenciju alela trebaju biti zadovoljeni sljedeći uvjeti:

1. Slučajno parenje
2. Nema mutacija
3. Nema imigracije
4. Svi genotipovi imaju jednaku vjerojatnost preživljavanja
5. Populacije moraju biti velike

→ Kada populacija nije u ravnoteži, to je dokaz djelovanja evolucijskih sila koje mijenjaju genetičku ravnotežu populacije:

Mutacije | **Migracije**

↓

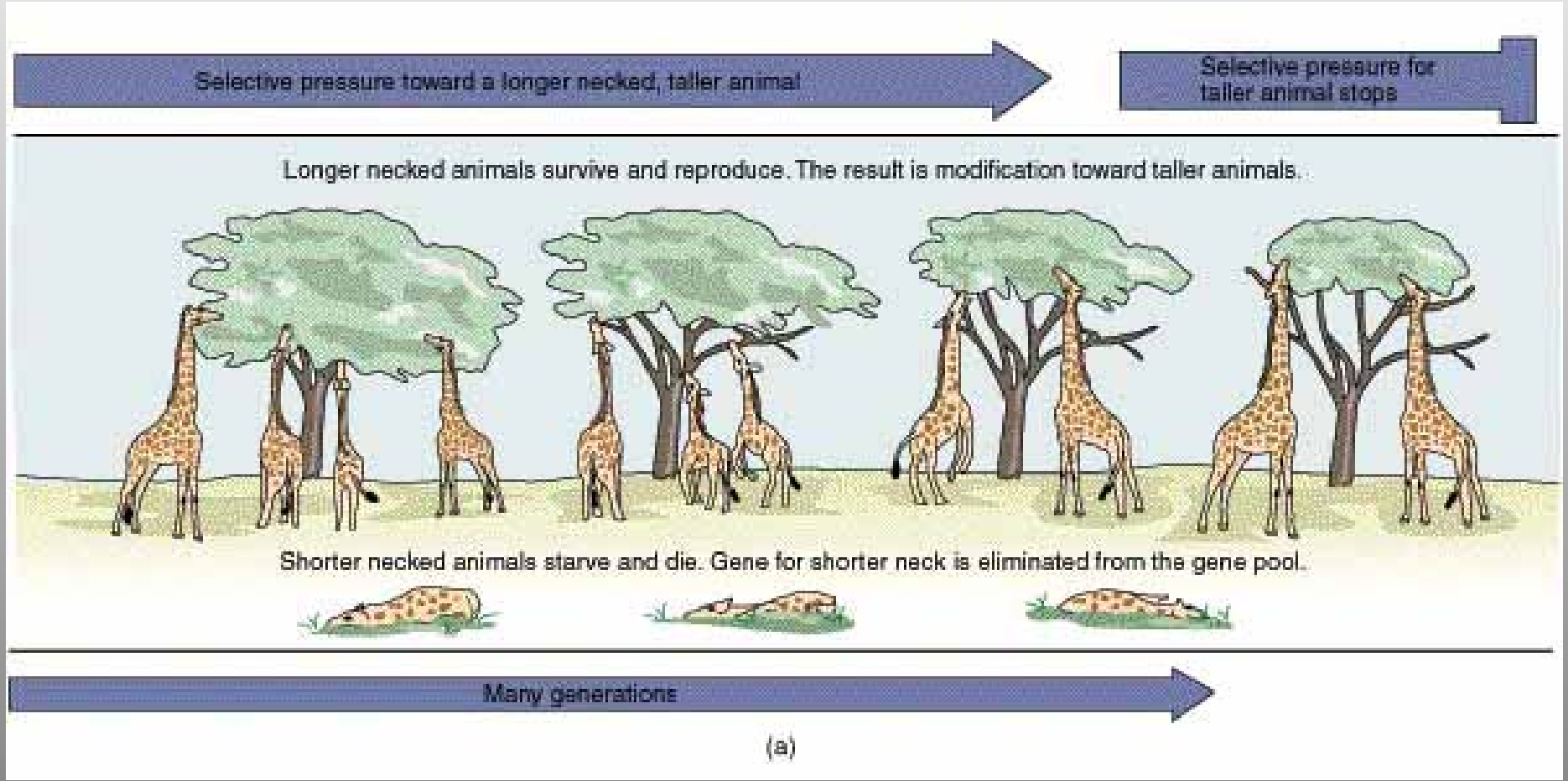
1. Genetičke varijacije **unutar** populacija **rastu**
2. Genetičke varijacije **između** populacija **opadaju**

Selekcija | **Genetički drift**

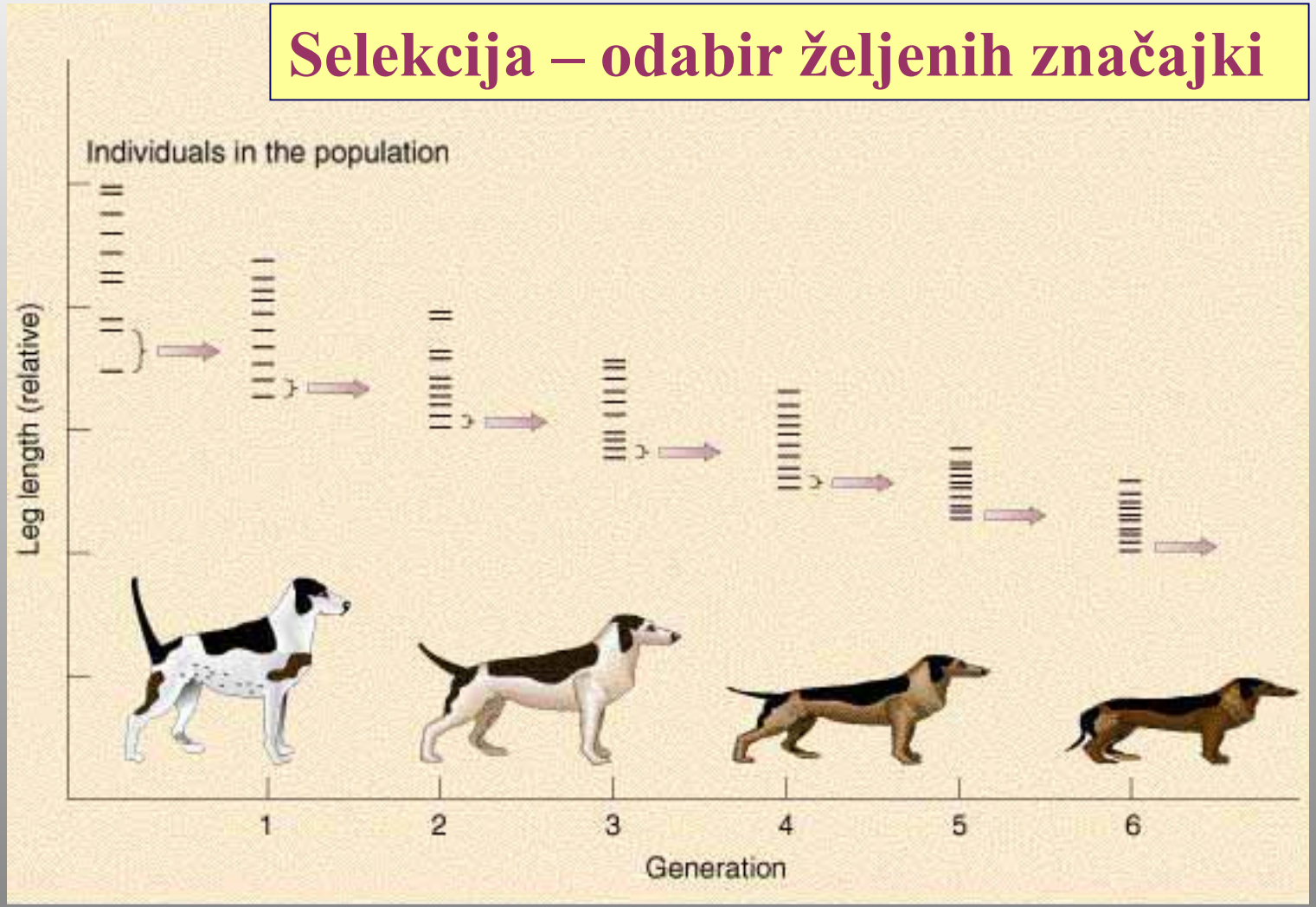
↓

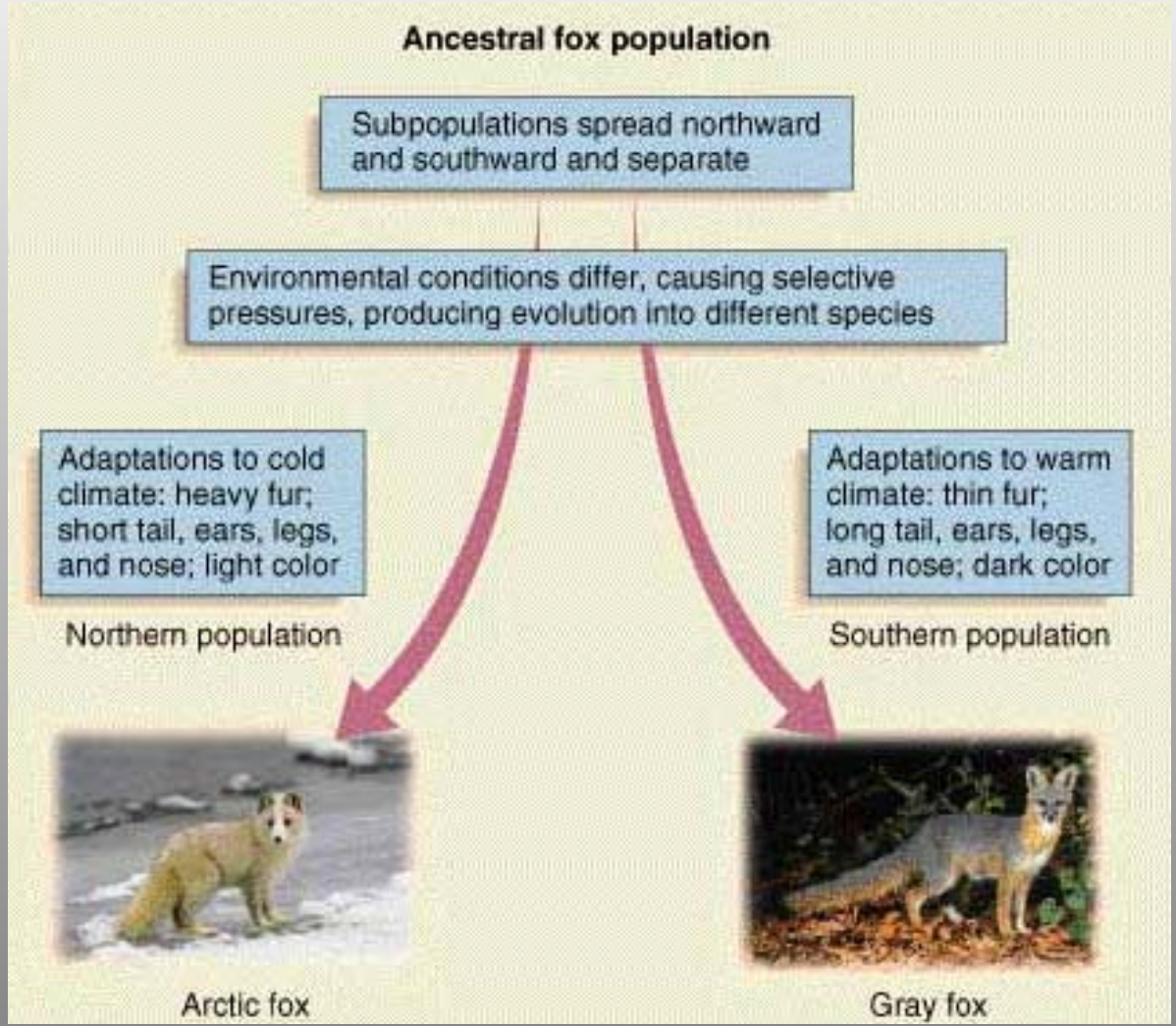
1. Genetičke varijacije **unutar** populacija **opadaju**
2. Genetičke varijacije **između** populacija **rastu**

Selekcija – odabir uspješnijih značajki



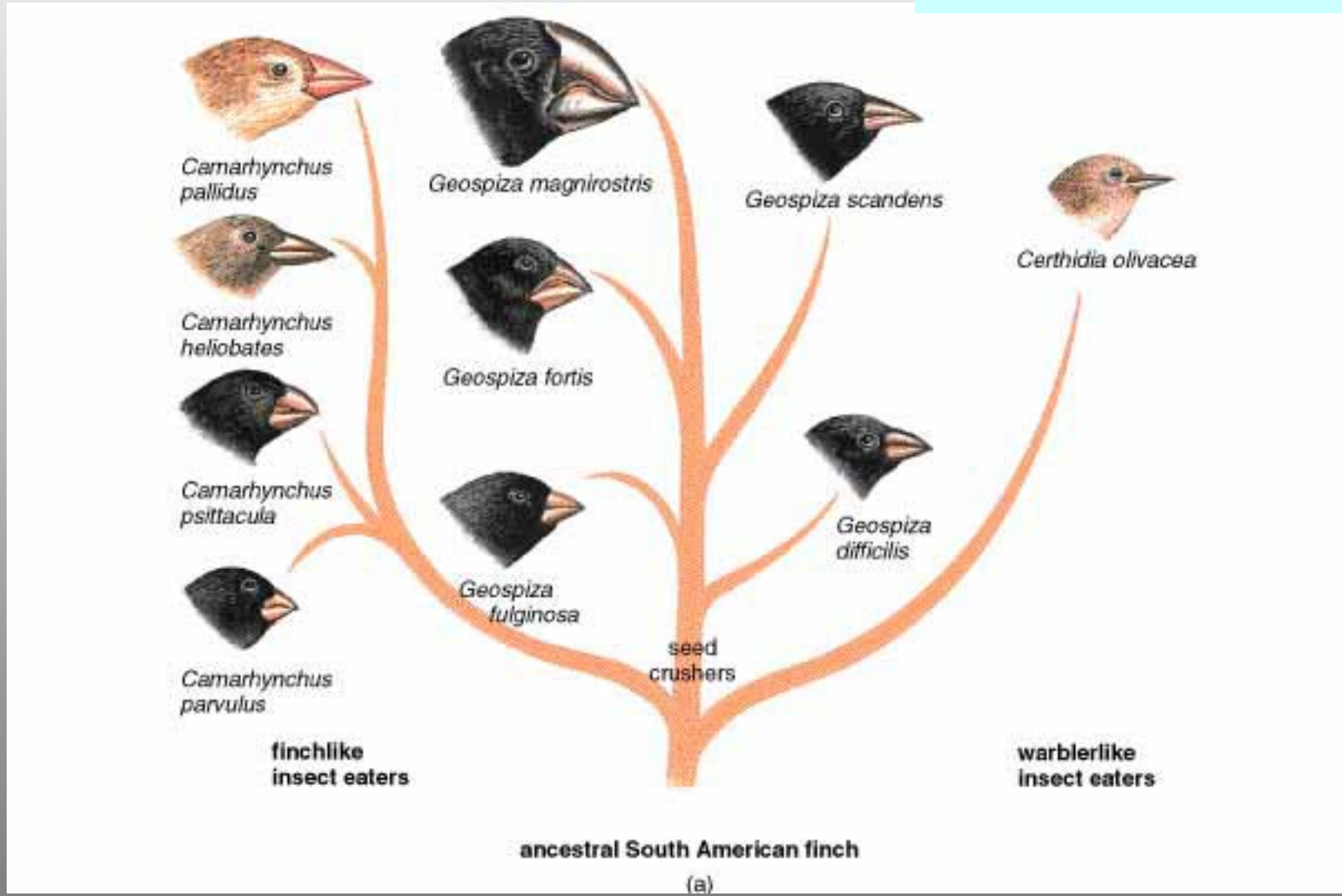
Selekcija – odabir željenih značajki





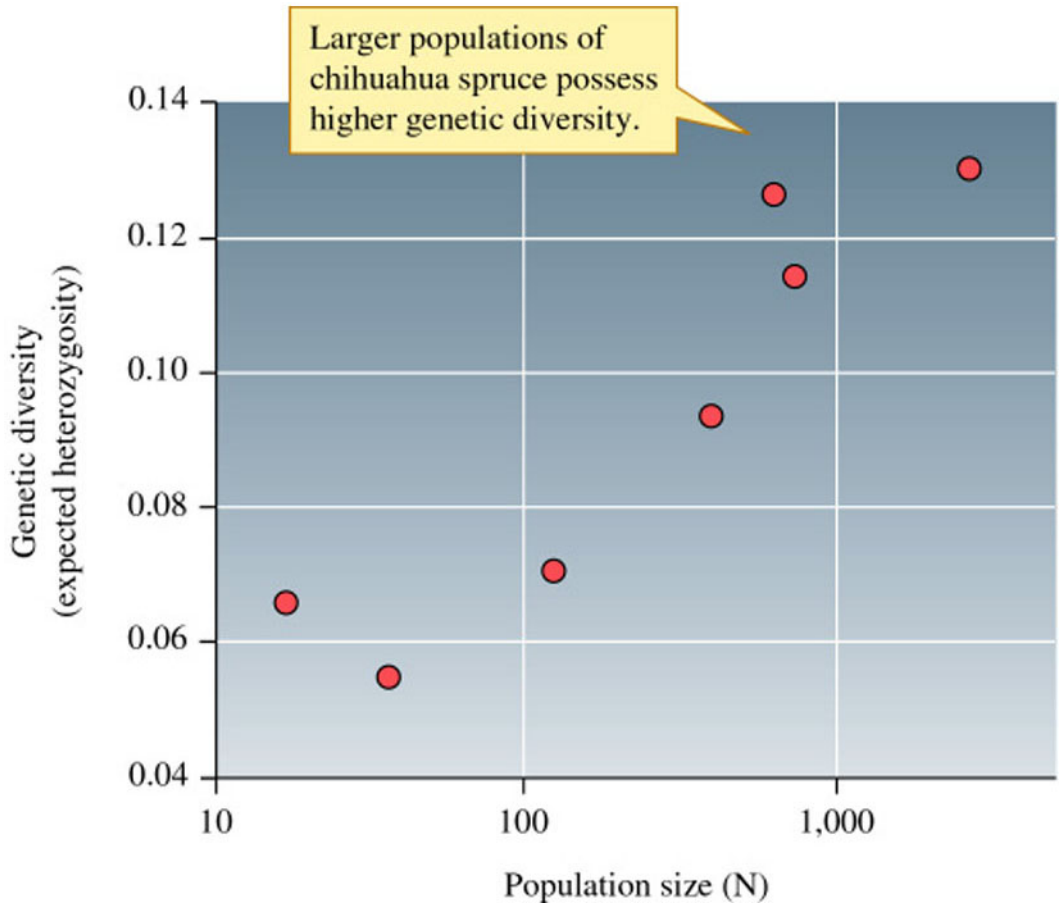
Selektivni pritisak uvjeta u okolišu odgovoran je za nastanak morfološki različitih populacija ...

... kao i novih vrsta

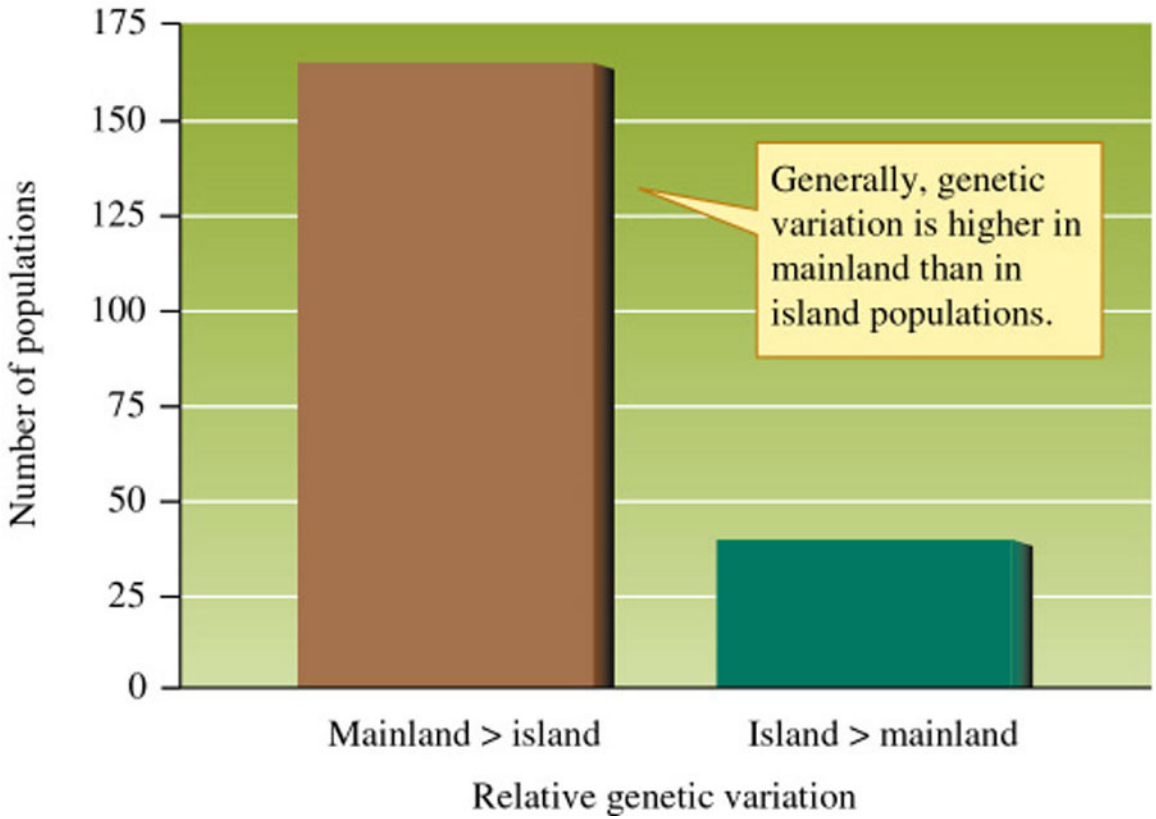


Male populacije i genetički drift

- **Genetički drift** je proces slučajnih promjena u frekvencijama alela u populacijama, pogotovo malim populacijama
- Kada je broj jedinki u populaciji mali, slučajnost može biti odlučujući faktor koji će odrediti koji će aleli u populaciji biti češći, a koji rjeđi
- U malim je populacijama zbog genetičkog drifta vjerojatnost nestanka svakog mutantnog alela vrlo velika



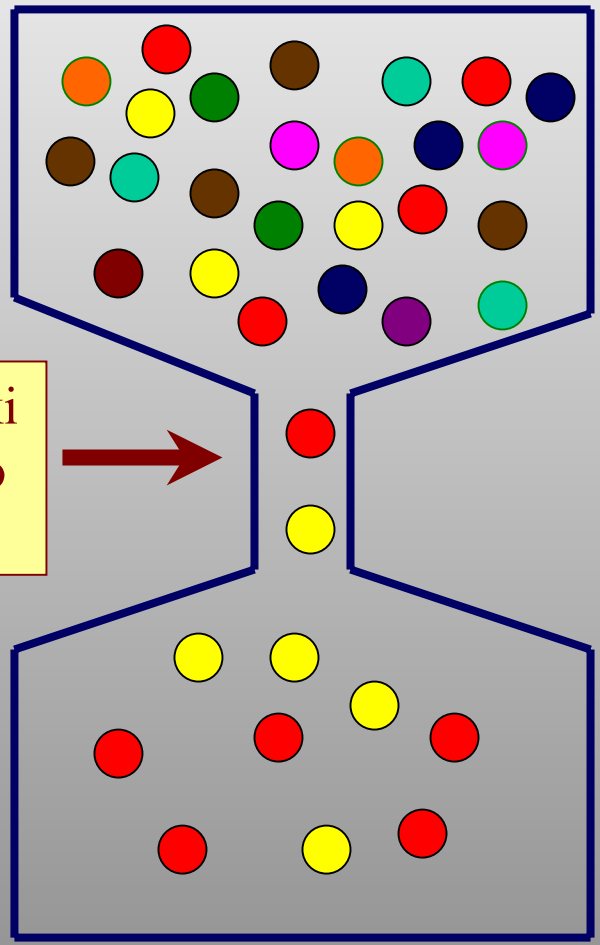
Genetička raznolikost je veća kod većih populacija



Genetička raznolikost je u pravilu veća na kopnu nego na otocima

Usko grlo (bottleneck) genetičke raznolikosti

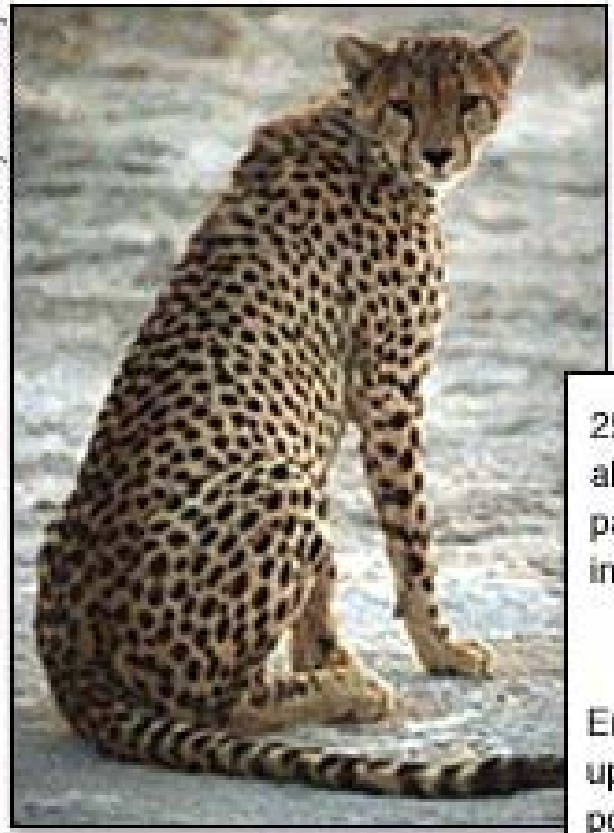
Velika roditeljska populacija koja ima veliku genetičku raznoikost



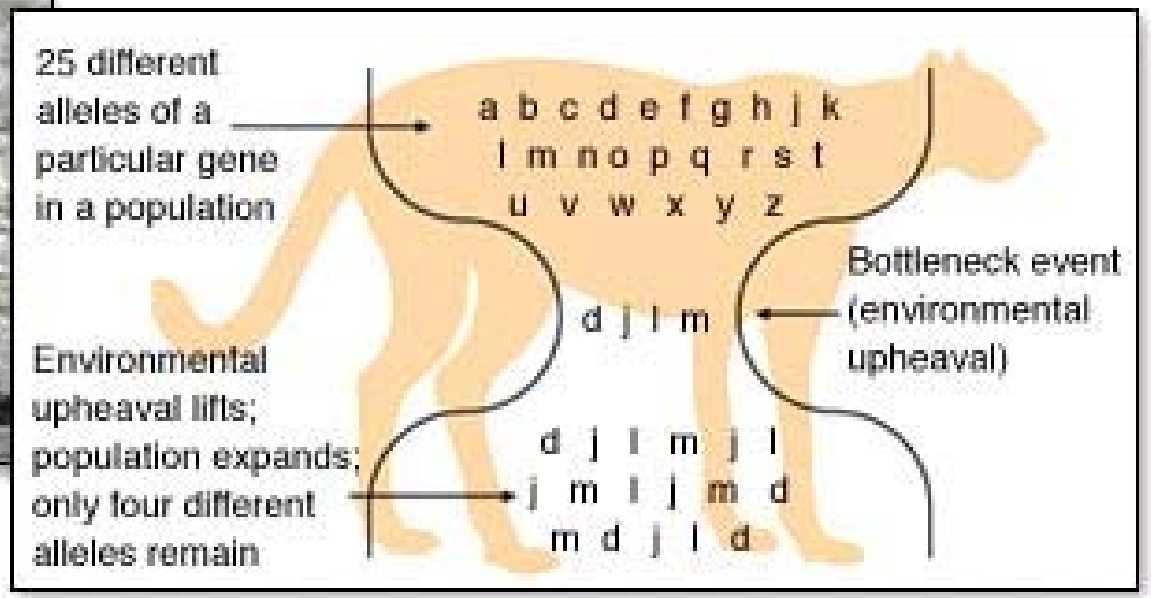
Nekoliko jedinki kolonizira novo stanište

Rezultat je smanjenje genetičke raznolikosti u kolonizacijskoj populaciji

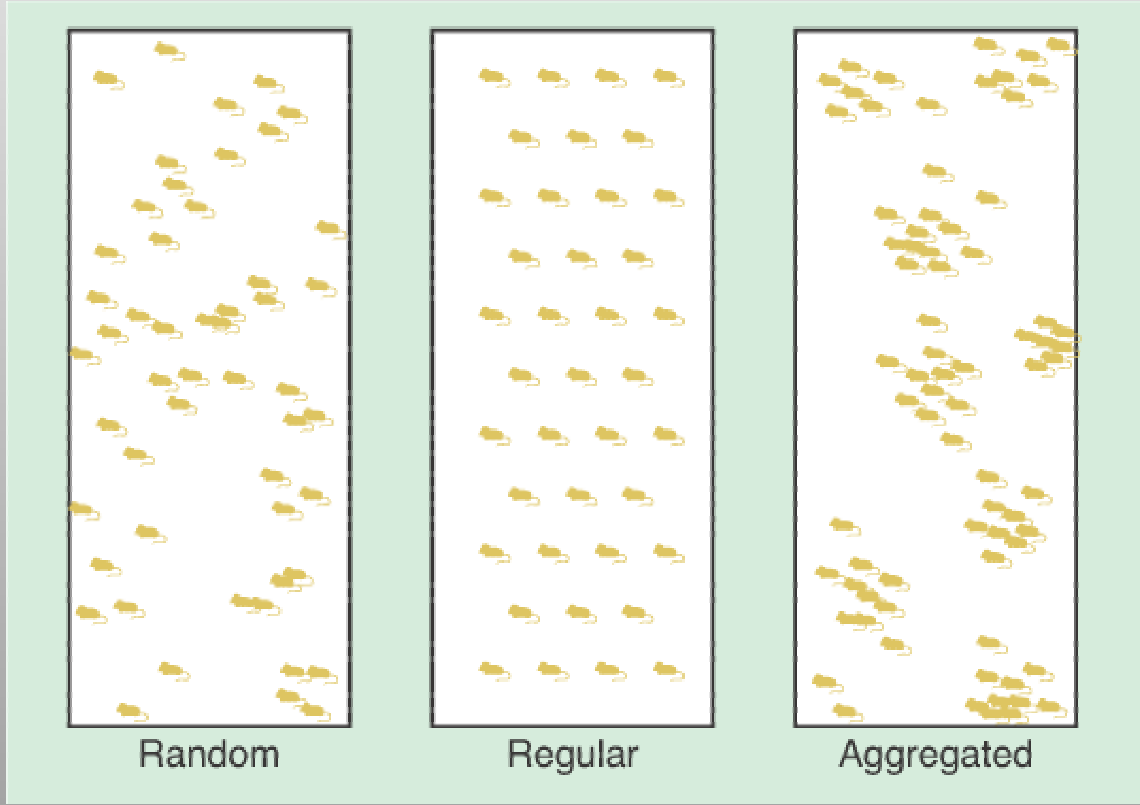
Ukoliko kolonizacijska populacija ostane mala, uslijed genetičkog drifta i križanja u bliskom srodstvu (inbreeding), doći će do daljnjeg smanjenja genetičke raznolikosti



Usko grlo (bottleneck) genetičke raznolikosti ozbiljno ugrožava populacije geparda u Africi



Prostorna struktura populacija



Prostorna struktura populacija

- Prostorna struktura populacija uključuje tri glavna elementa:
  - 1. **Distribucija** (rasprostranjenost) – definira granice unutar kojih populacija egzistira (areal), tj. geografski i ekološki raspon rasprostranjenja
  - 2. **Disperzija** (raspršenost) – definira raspored jedinki u prostoru u odnosu jedne prema drugoj
  - 3. **Gustoća** (koncentriranost jedinki) – izražava broj jedinki (ili biomasu) po jedinici prostora (volumena)

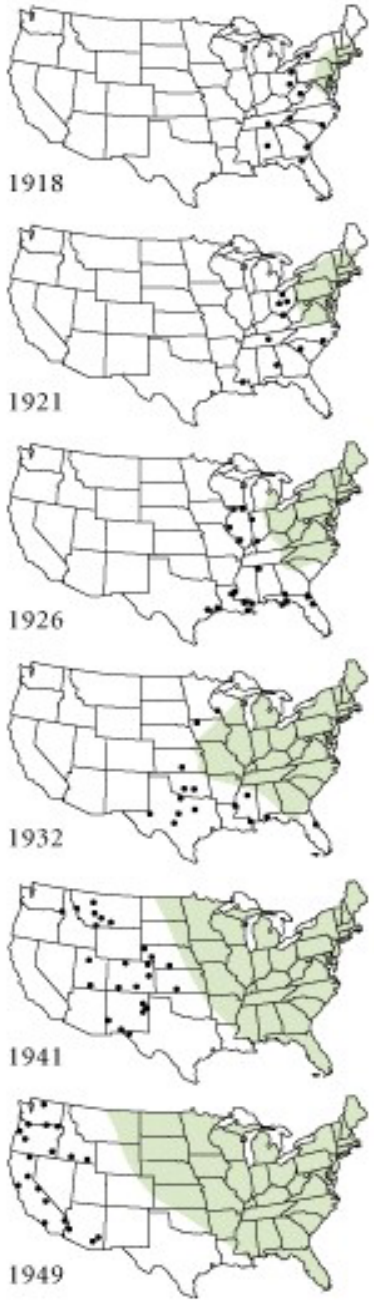
Geografska distribucija populacija

- Malo je okoliša na Zemlji u kojima nema živih organizama, ali isto tako ne postoji nijedna vrsta koja može tolerirati sve okoliše na Zemlji
- S obzirom da su za svaku vrstu na Zemlji neki okoliši previše topli, neki previše hladni, neki previše slani itd., možemo kazati da je fizički okoliš taj koji ograničava geografsku distribuciju vrsta

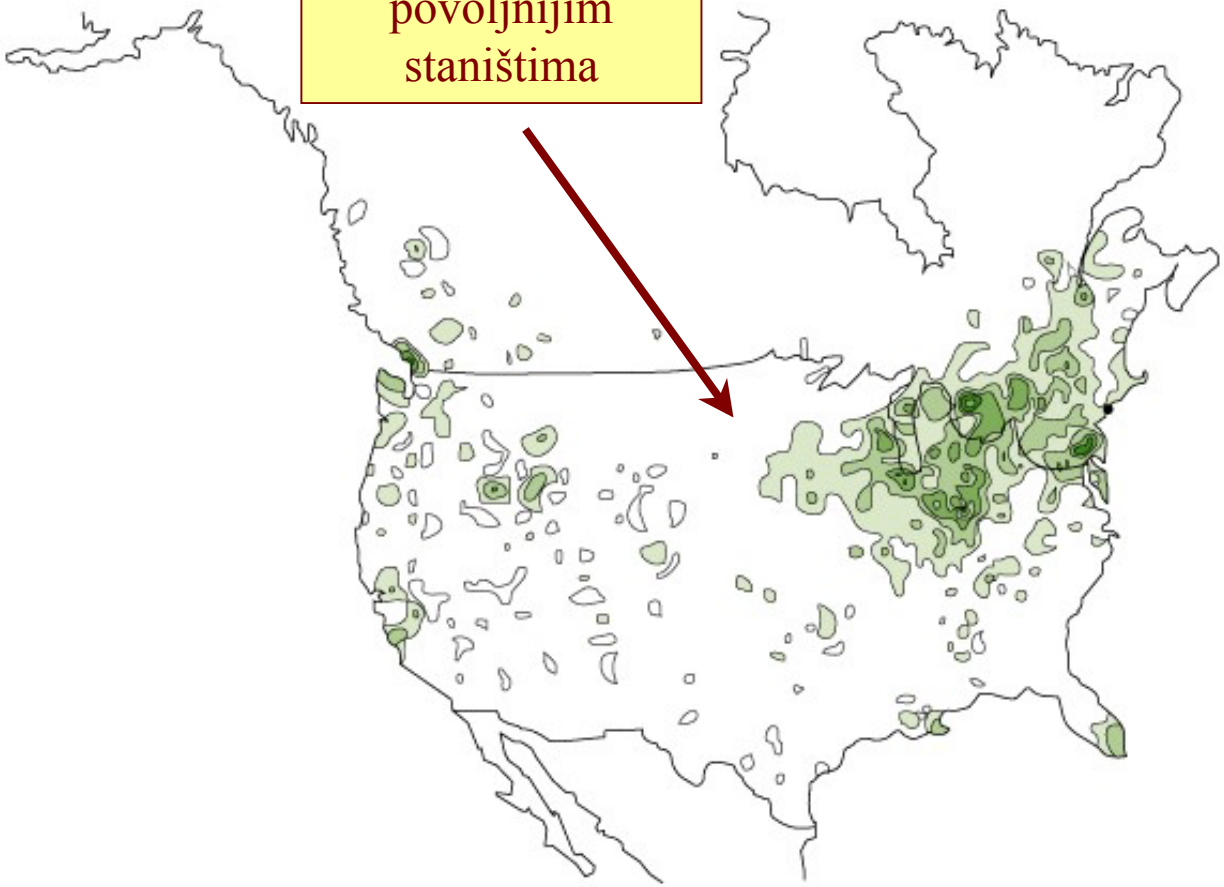
Distribucija populacija prvenstveno je određena rasponom ekološki povoljnog staništa

PRIMJER: Distribucija šećernog javora u Sjevernoj Americi ograničena je Atlanskim oceanom na istoku, niskom količinom oborina na zapadu, hladnim zimama na sjeveru, te vrućim ljetima na jugu. Povoljni uvjeti za rast šećernog javora postoje i na drugim kontinentima, ali on tamo ne raste jer se nije uspio rasprostraniti.

Ekspanzija europskog čvorka prema zapadu. Zasjenjena područja prikazuju područja gniježđenja; točke predstavljaju područja gdje su jedinke opažene prethodnih zima



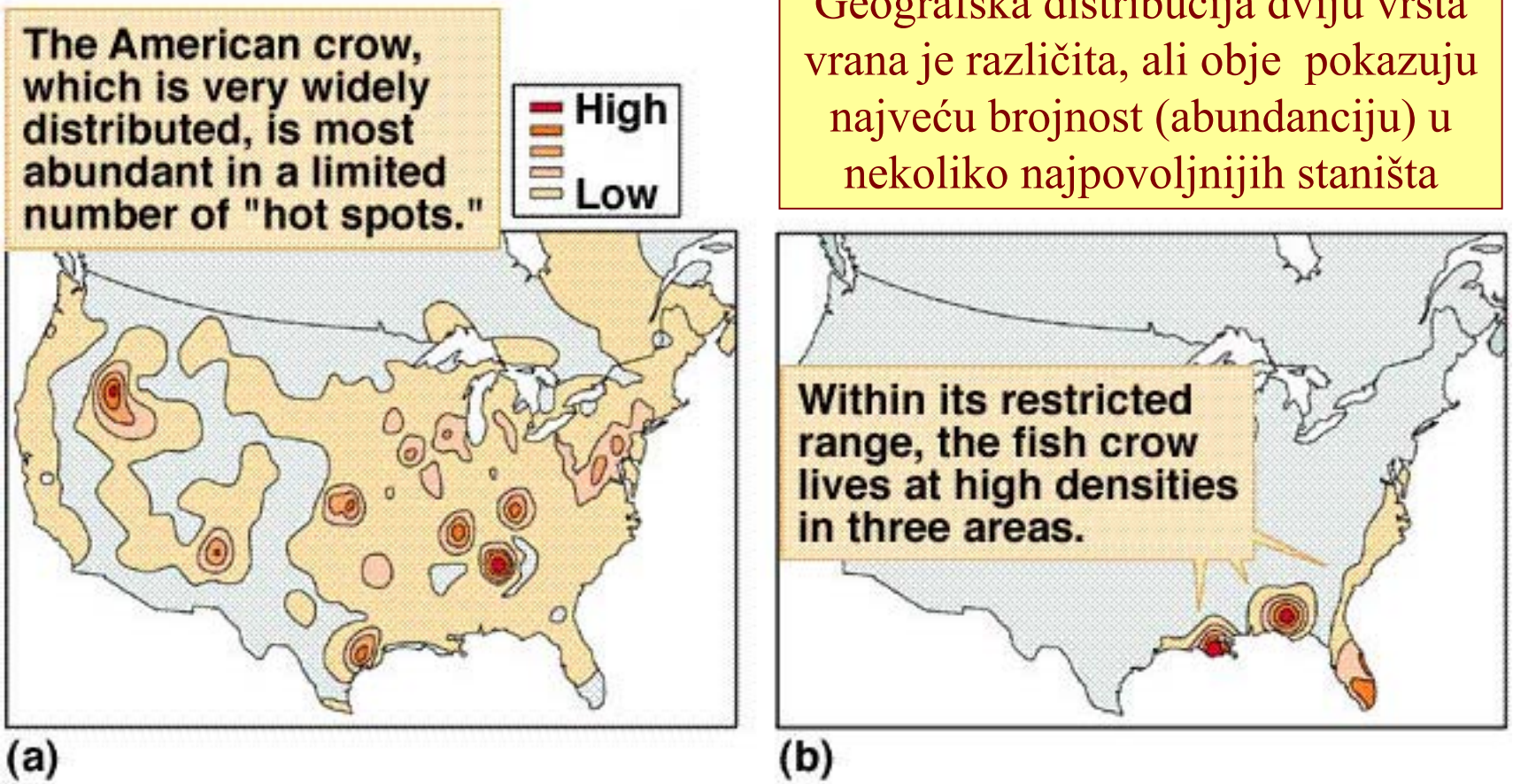
Veći broj jedinki europskog čvorka prisutan je u povoljnijim staništima

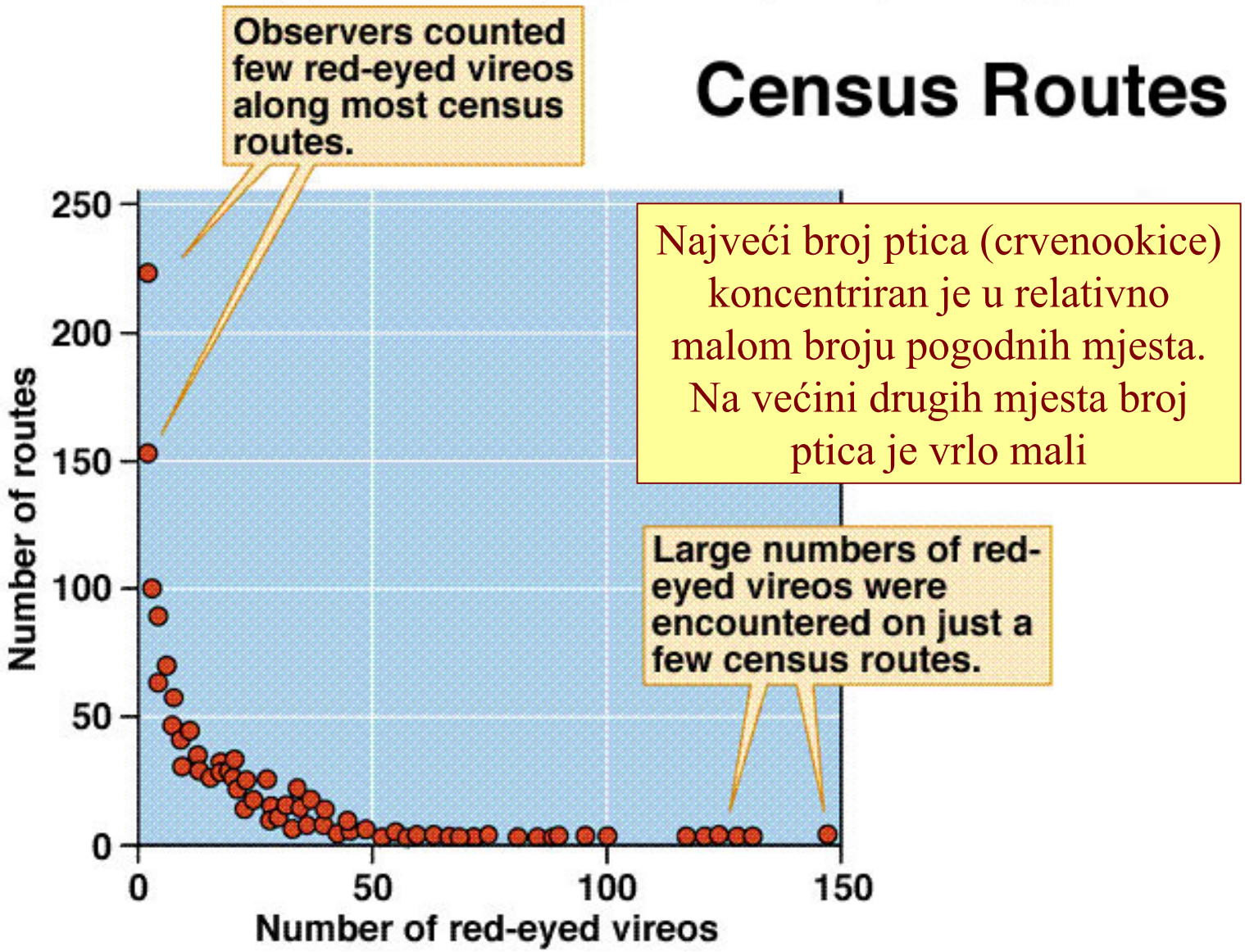


Jedinke populacije ne žive na svakom mjestu unutar svog geografskog raspona, već samo tamo gdje je stanište povoljno (gdje uvjeti u staništu ne izlaze izvan njihove ekološke tolerancije)

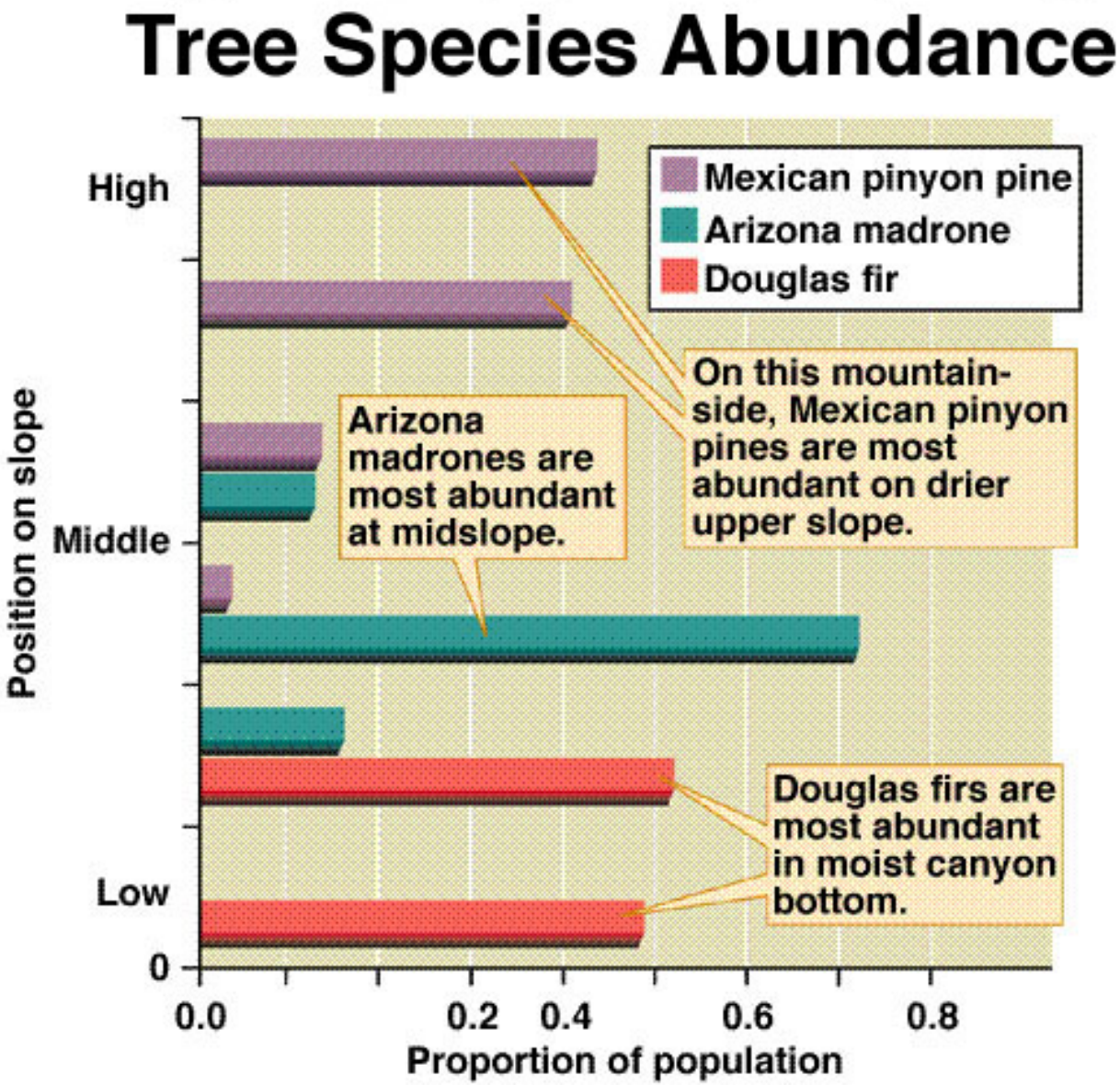
Unutar raspona ekološke tolerancije, ekološki povoljnija staništa naseljavat će veći broj jedinki nego ekološki manje povoljna staništa

Geografska distribucija dviju vrsta vrana je različita, ali obje pokazuju najveću brojnost (abundanciju) u nekoliko najpovoljnijih staništa



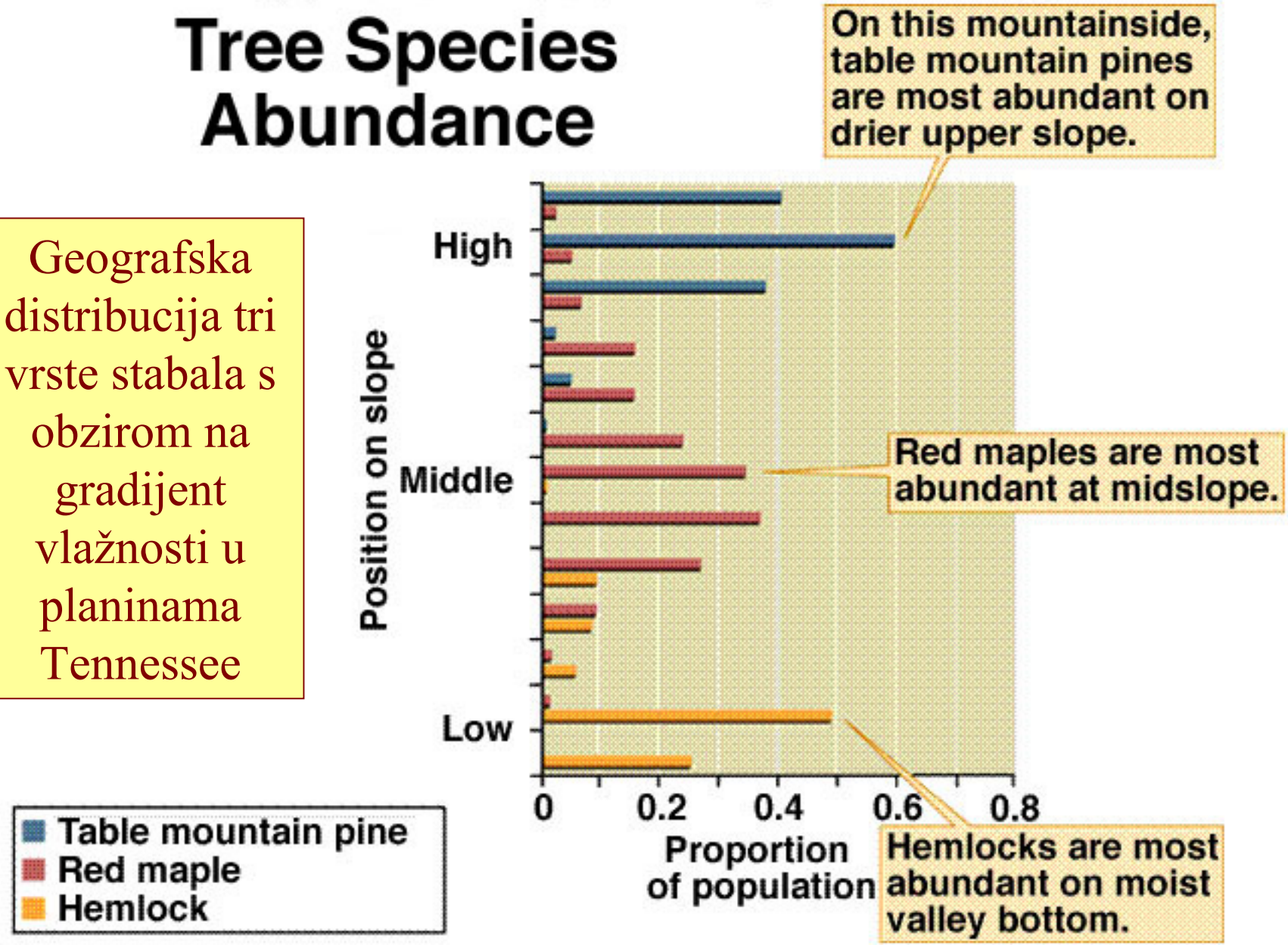


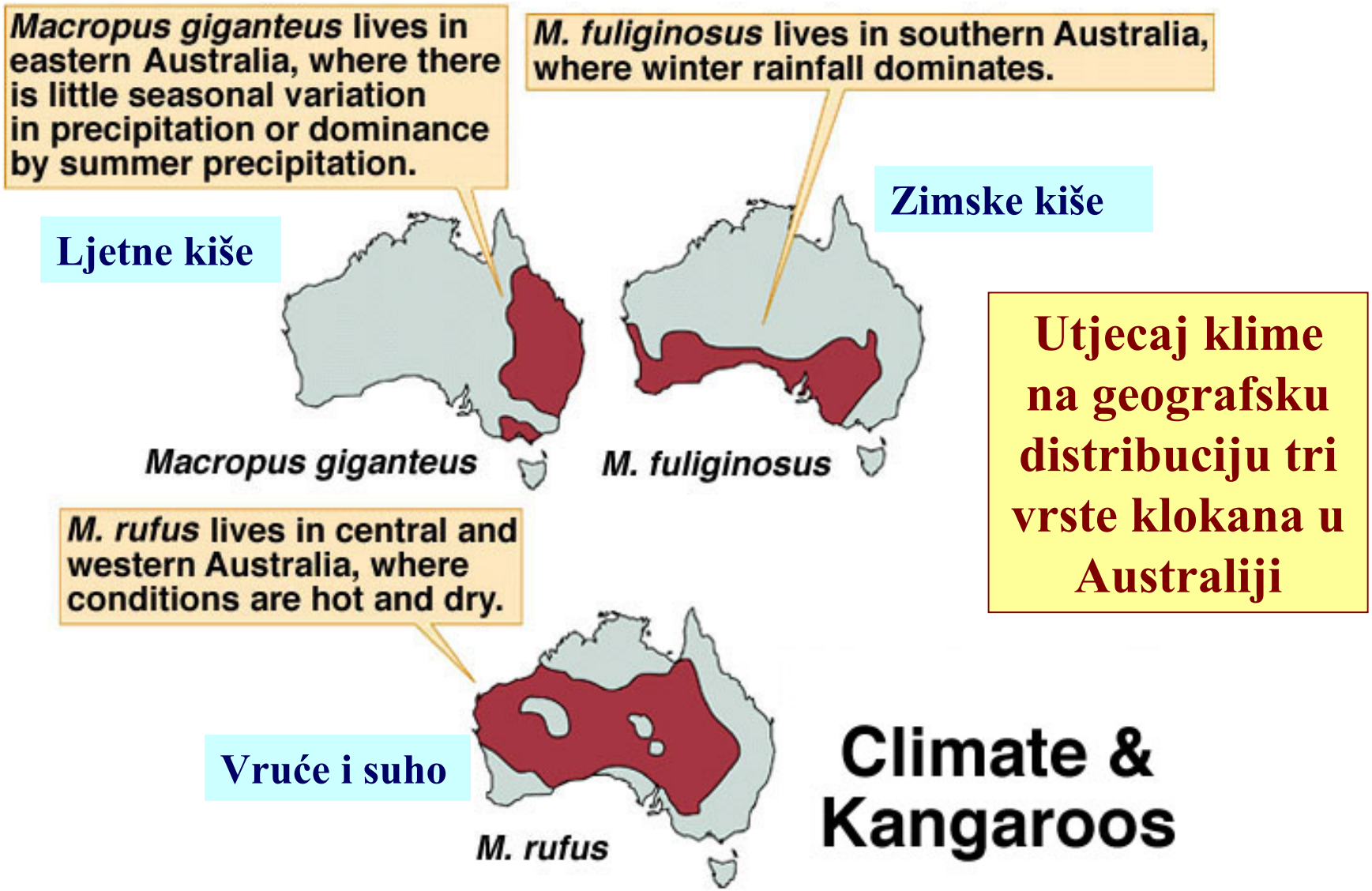
Najveći broj ptica (crvenookice) koncentriran je u relativno malom broju pogodnih mjesta. Na većini drugih mjesta broj ptica je vrlo mali



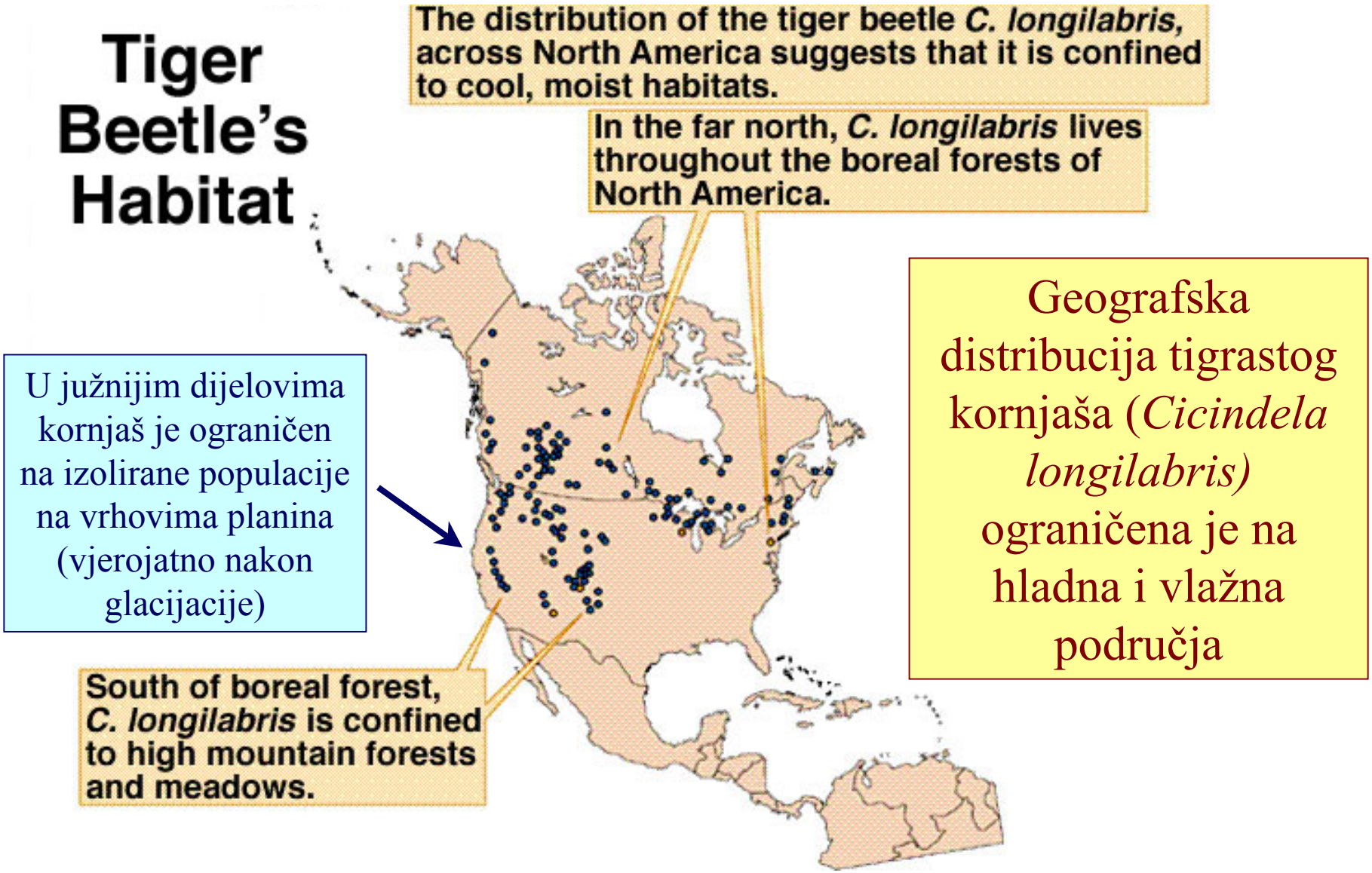
Geografska distribucija tri vrste stabala s obzirom na gradijent vlažnosti u planinama Arizone

Geografska distribucija tri vrste stabala s obzirom na gradijent vlažnosti u planinama Tennessee



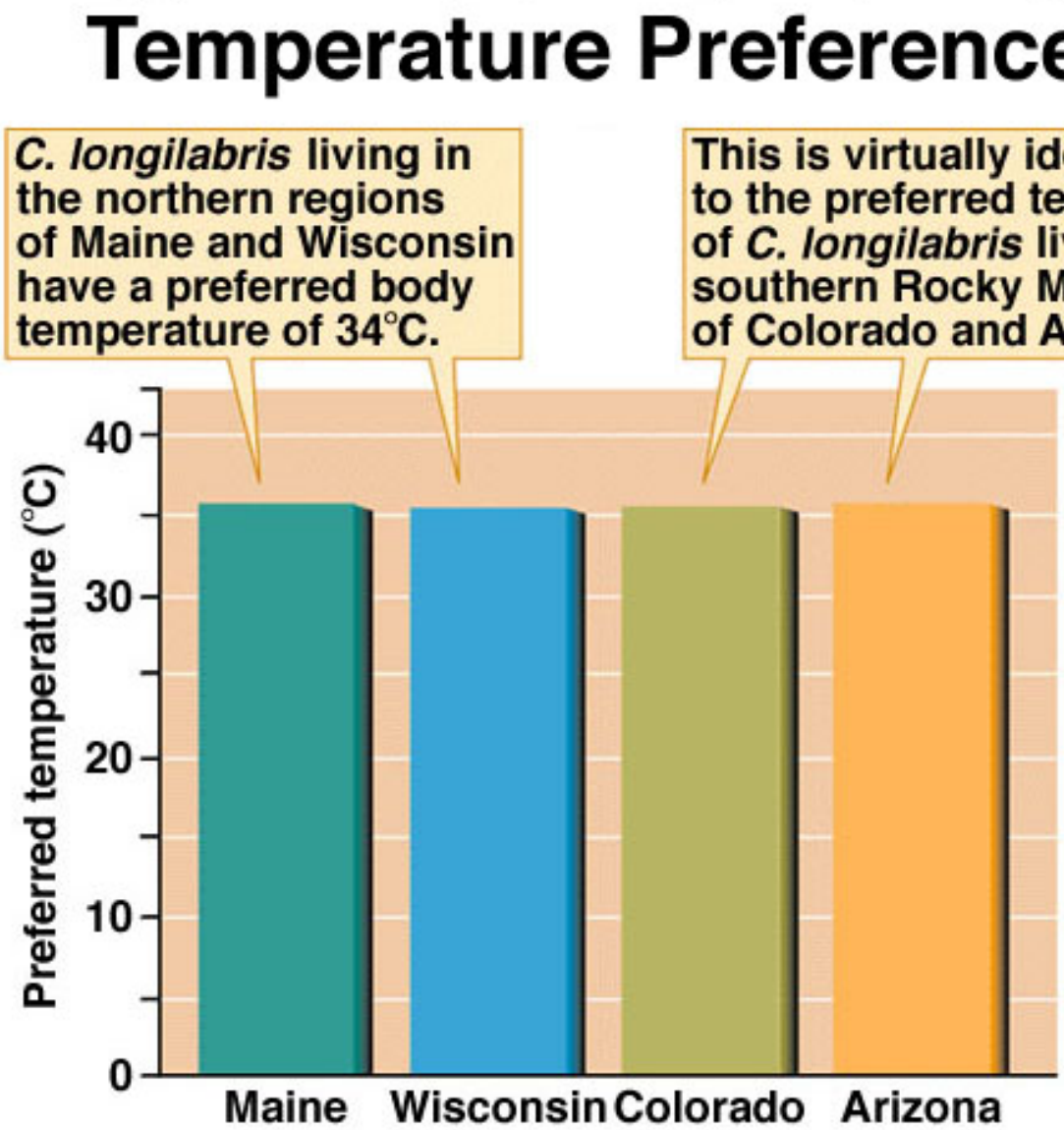


Utjecaj klime na geografsku distribuciju tri vrste klokana u Australiji



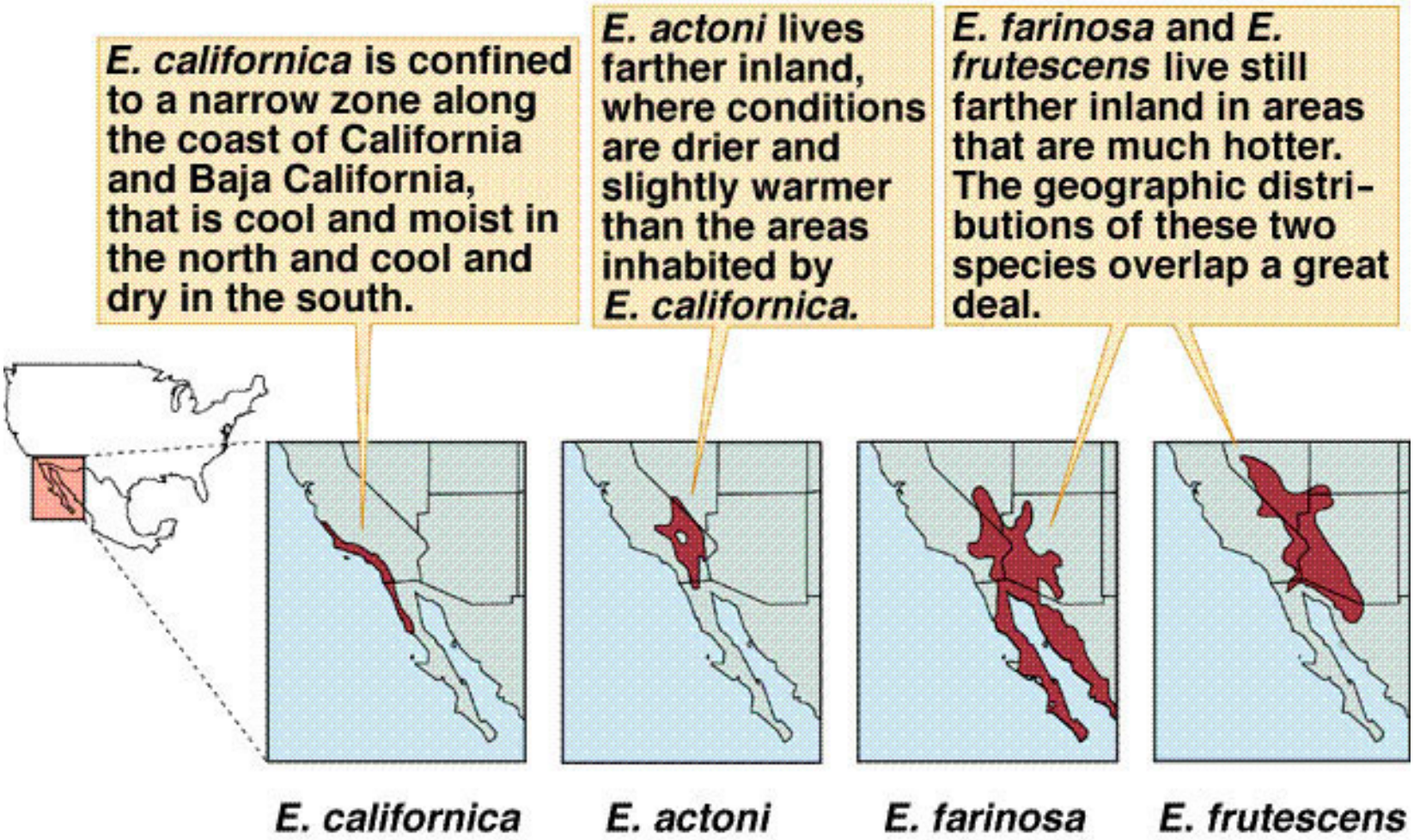
U južnijim dijelovima kornjaš je ograničen na izolirane populacije na vrhovima planina (vjerojatno nakon glacijacije)

Geografska distribucija tigrastog kornjaša (*Cicindela longilabris)* ograničena je na hladna i vlažna područja

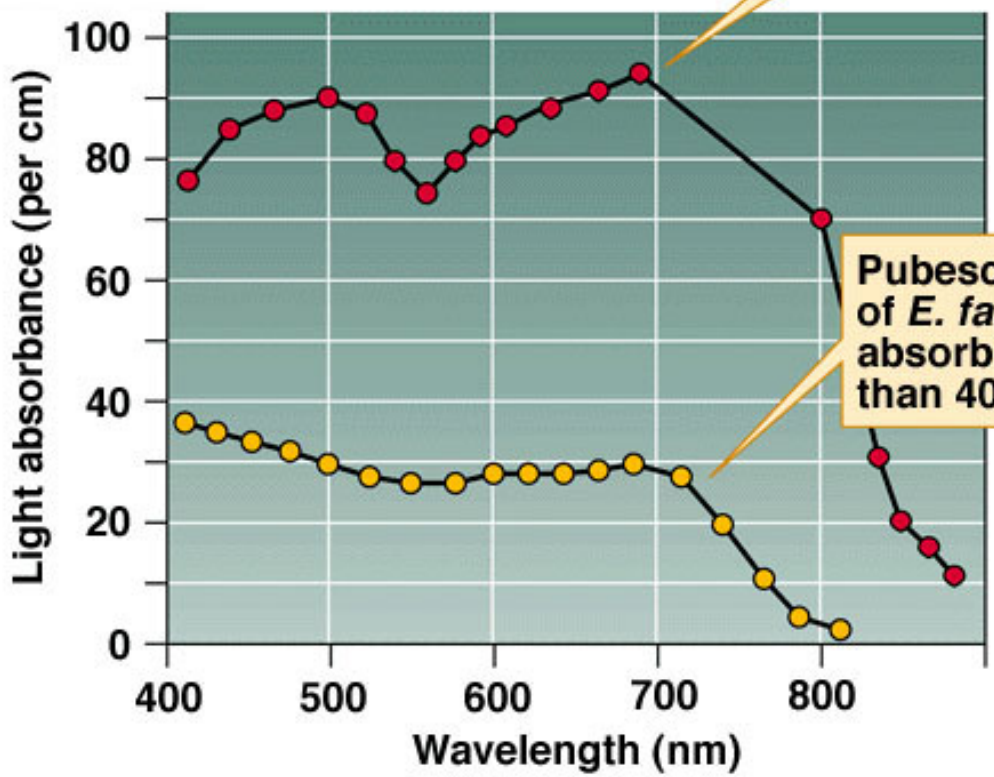


Preferentna temperatura tijela bila je identična kod različitih populacija tigrastog kornjaša, koje su međusobno udaljene i do 3000 km

Utjecaj klime na distribuciju 4 vrste biljaka iz roda *Encelia* u jugozapadnom dijelu Sjeverne Amerike



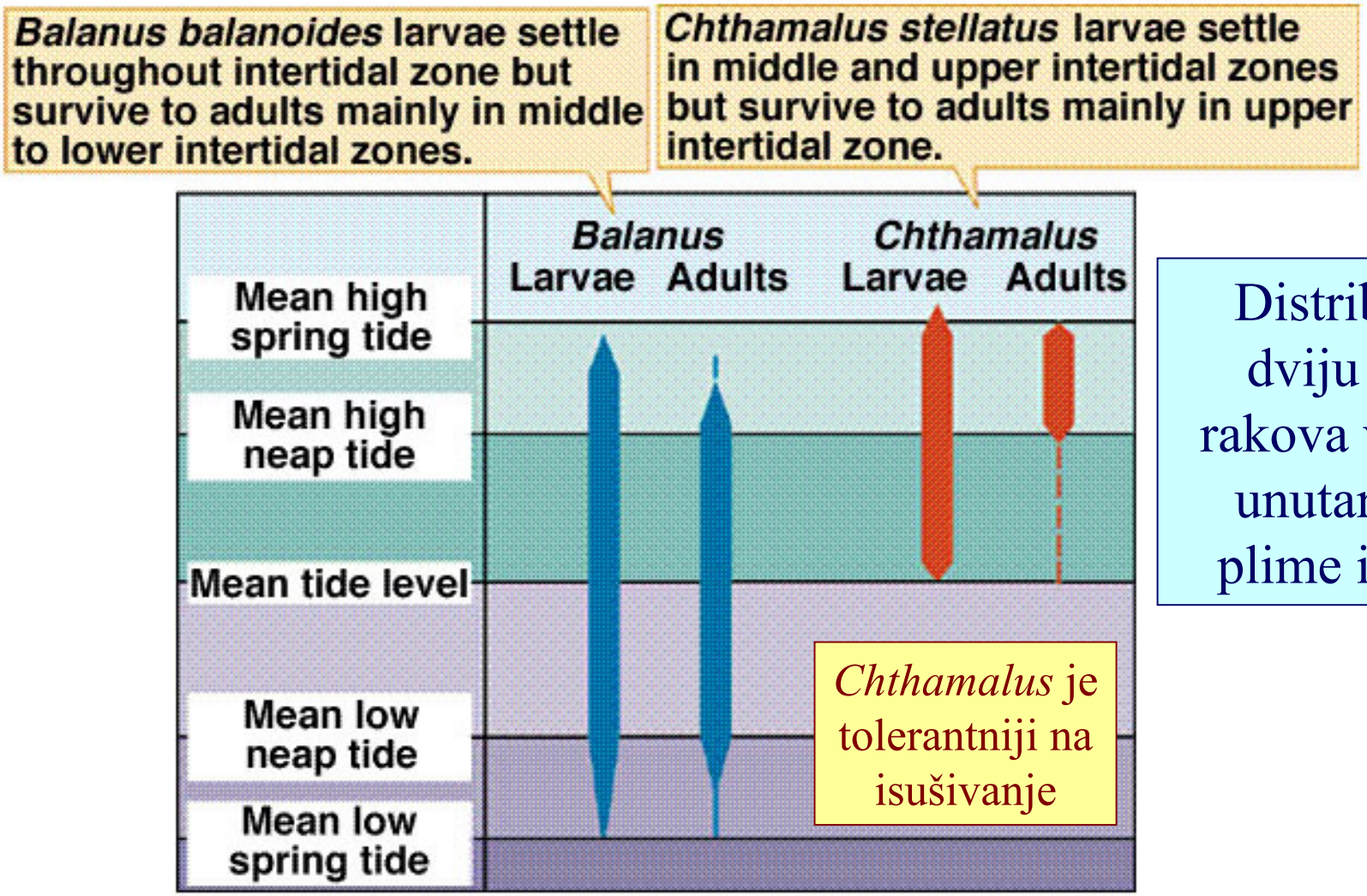
Dvije vrste *Encelia frutescens* i *E. farinosa* rastu na vrućim staništima i njihove se geografske distribucije dobrim dijelom preklapaju



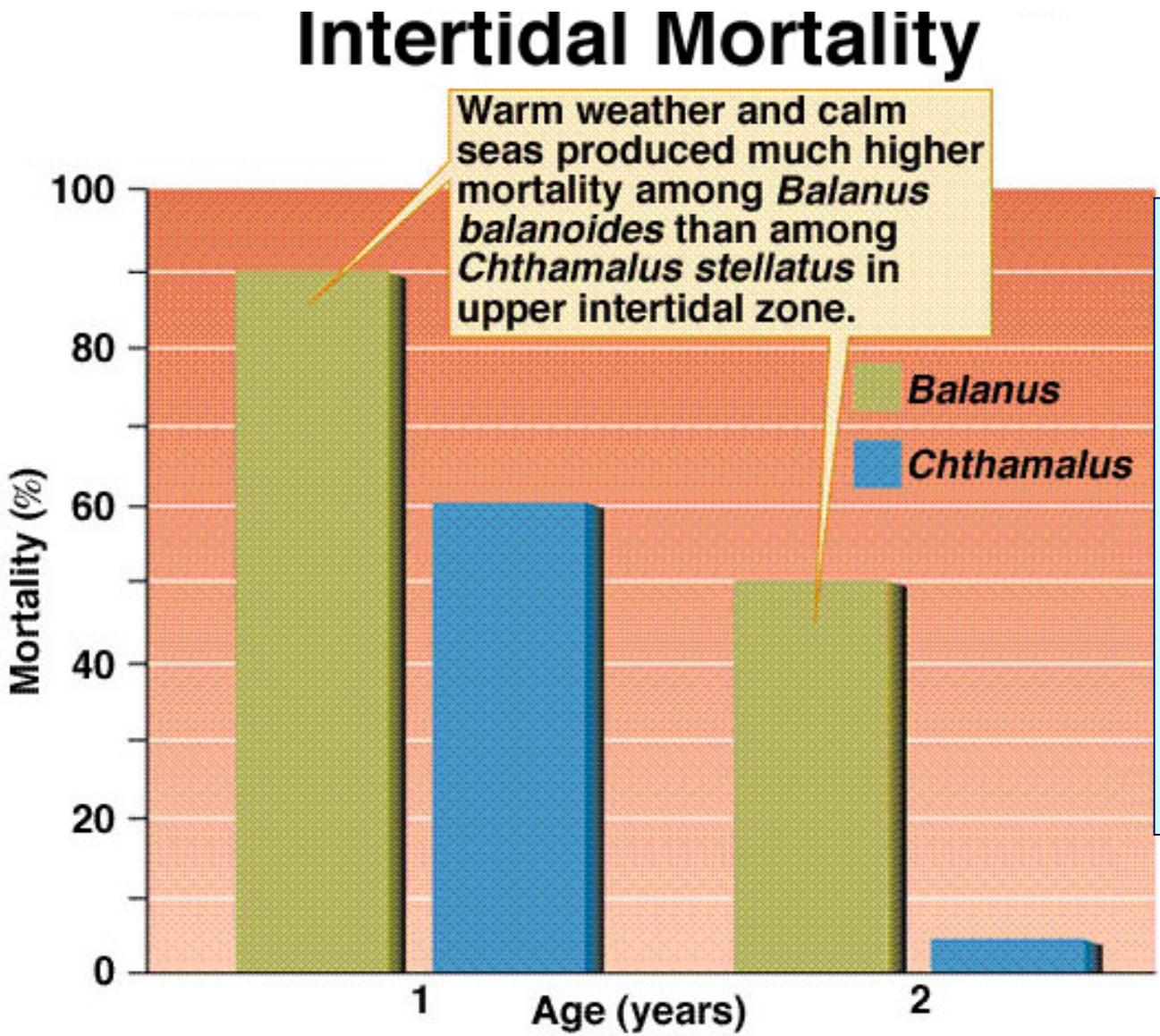
Listovi nemaju dlačica, veća apsorpcija svjetla, jače zagrijavanje listova, veća transpiracija zbog hlađenja

Listovi prekriveni dlačicama, slabija apsorpcija svjetla, manje zagrijavanje listova

Intertidal Distribution

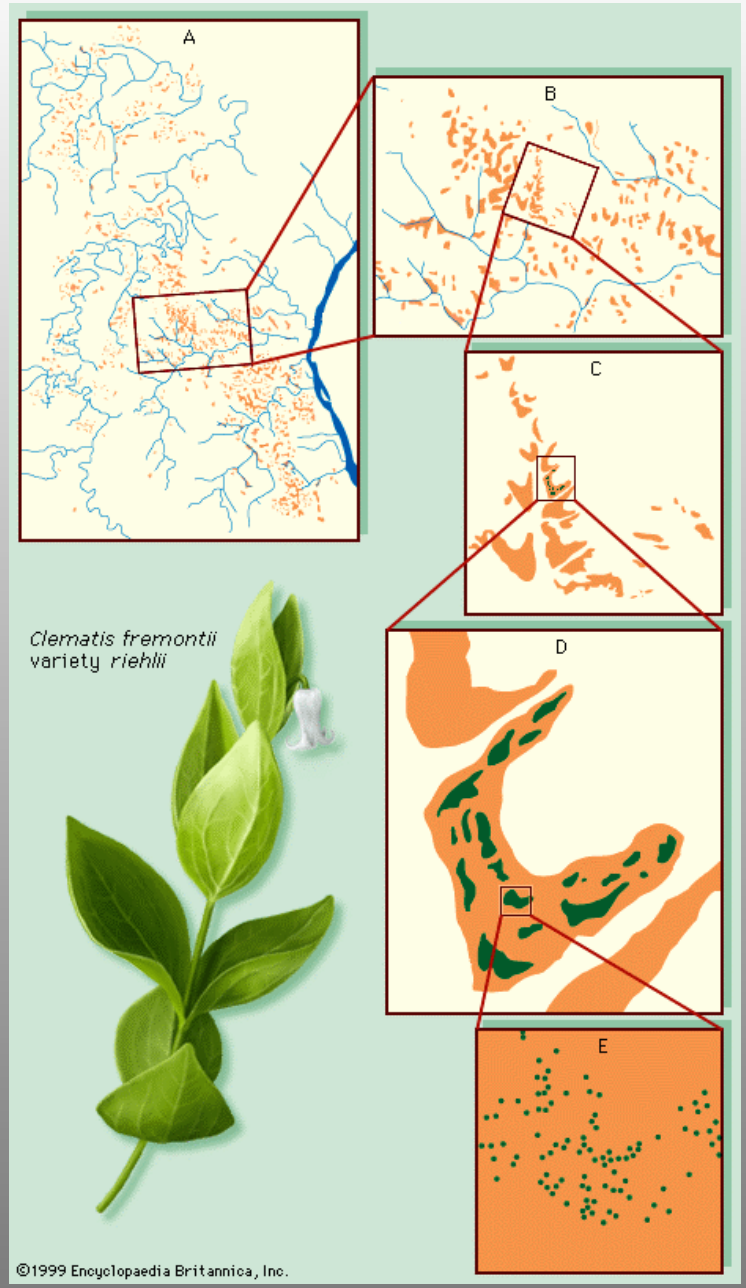


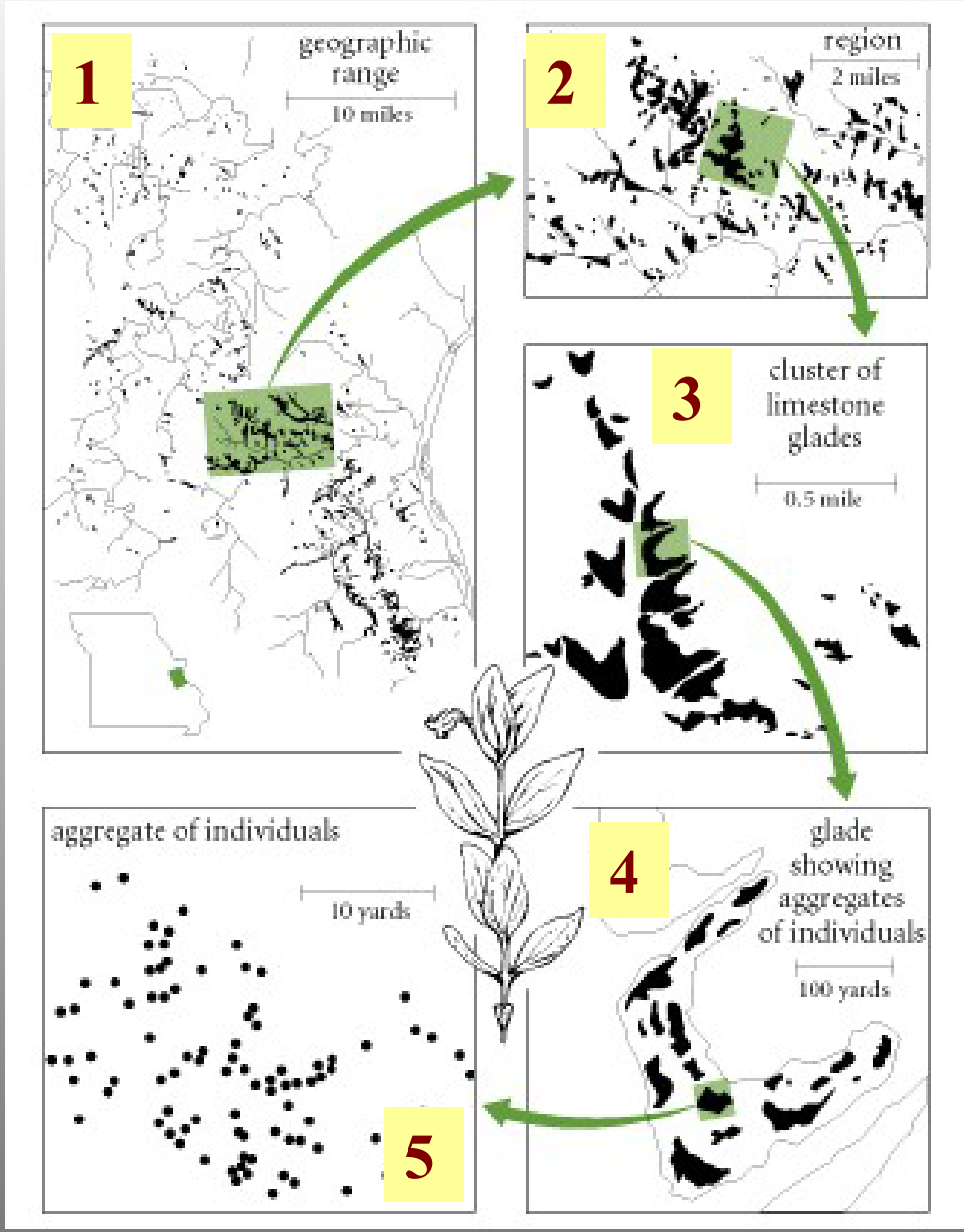
Distribucija dviju vrsta rakova vitičara unutar zone plime i oseke



U mirnim meteorološkim uvjetima razina mora rjeđe dospjeva do gornje zone plime i oseke, pa *Balanus* trpi veći mortalitet

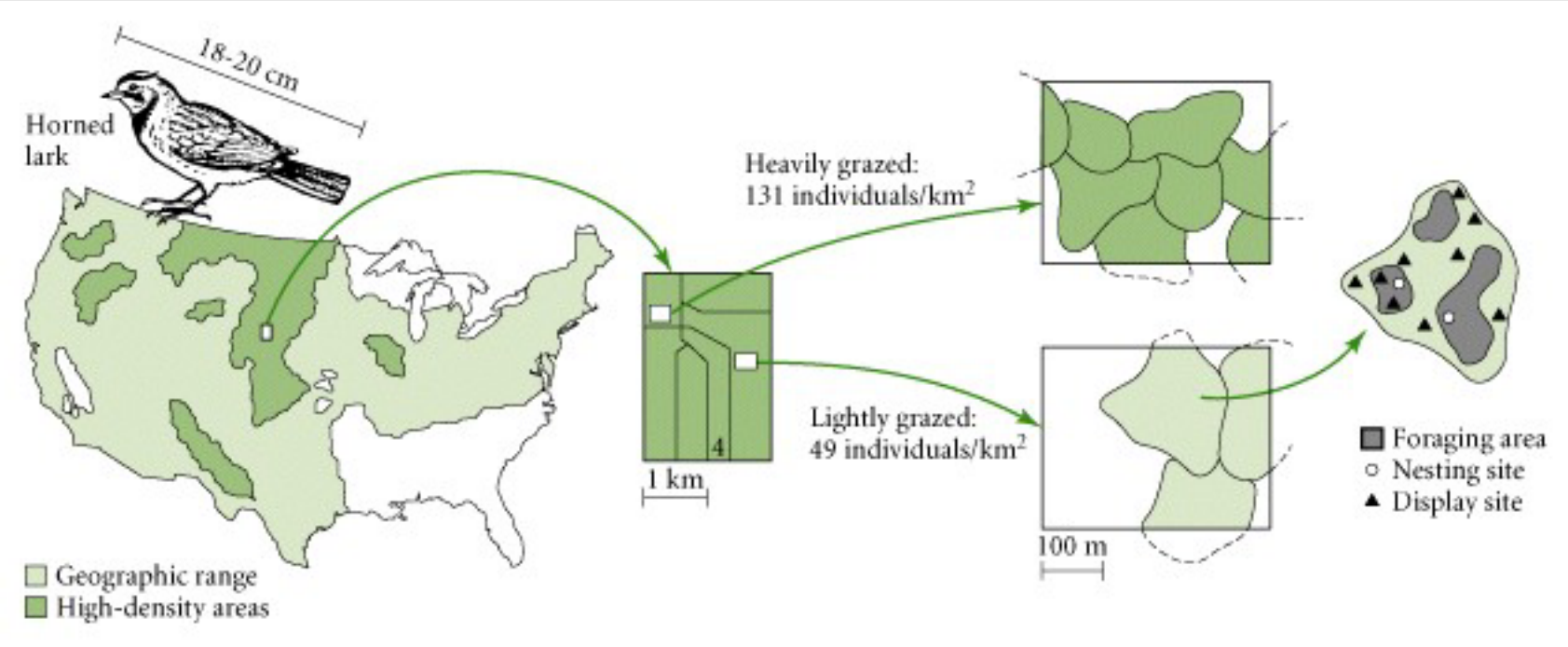
Klima, topografija, kemija tla i tekstura tla progresivno suzuju geografsku distribuciju pavitine (*Clematis fremontii* var. *riehlii*)





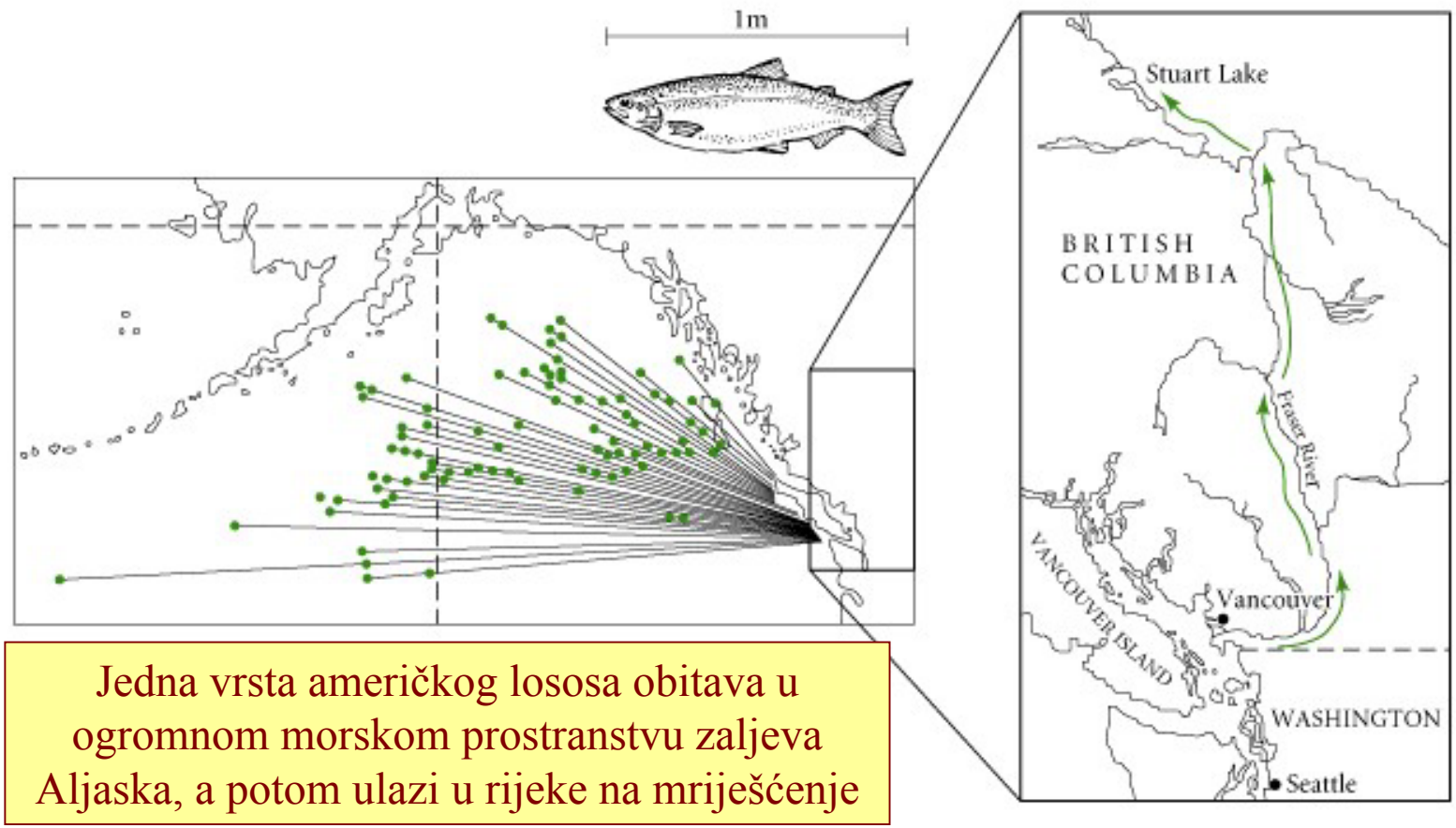
Klima, topografija, kemija tla i tekstura tla progresivno suzuju geografsku distribuciju pavitine (*Clematis fremontii* var. *riehlii*)

1. Klima
2. Suho stjenovito tlo
3. Vapnenačke stijene i povoljna vlažnost
4. Tekstura tla i hranjiva u tlu
5. Lokalna raspodjela jedinki

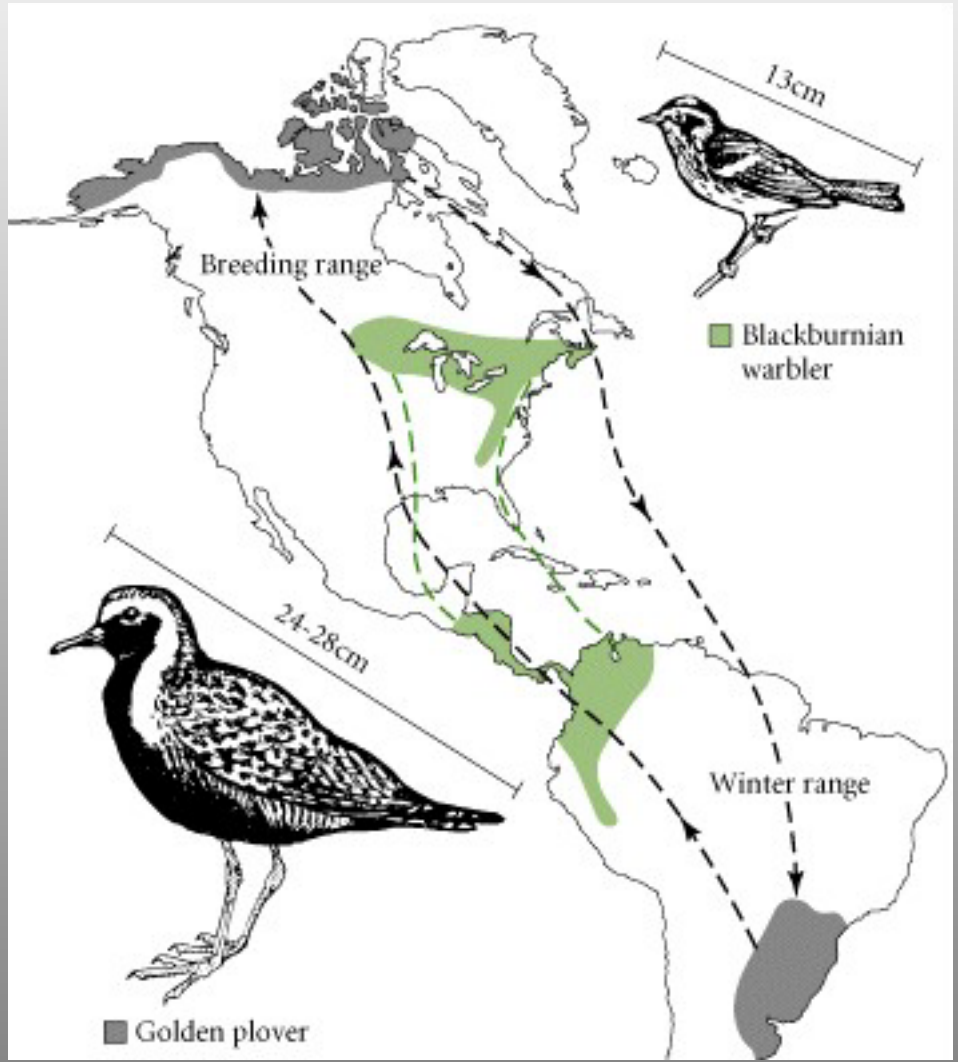


Sjevernoamerička vrsta ševe (*Eremophila alpestris*) vrlo je široko rasprostranjena po čitavom kontinentu, ali njena lokalna distribucija pokazuje vrlo fine varijacije duž staništa koja naseljava. Ova ptica čak i neke dijelove vlastitog teritorija koristi više od drugih.

Distribucija populacija uključuje sva područja koja ta vrsta okupira tijekom čitavog životnog ciklusa (**areal aktivnosti**). Na primjer: geografski raspon jegulje ne uključuje samo rijeku u kojoj živi, već i morska prostranstva kojima putuje na mriješćenje (premda se to događa samo jedanput tijekom njihovog života)

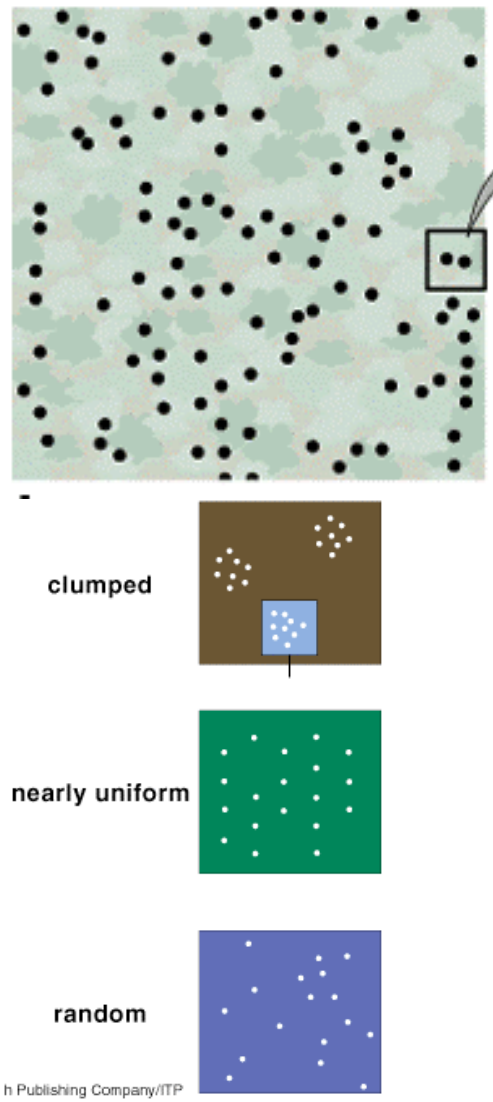


Jedna vrsta američkog lososa obitava u ogromnom morskom prostranstvu zaljeva Aljaska, a potom ulazi u rijeke na mriješćenje



Migracijske rute između područja gniježđenja i područja prezimljavanja za jednu vrstu pjevice i zviždovku, također čine njihov geografski raspon distribucije

Disperzija jedinki u populaciji

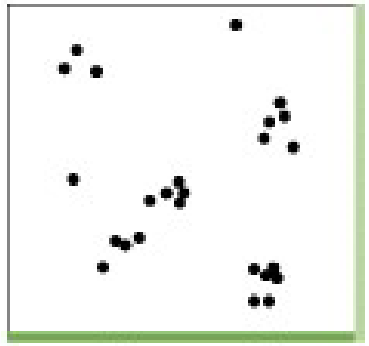


© S.J. Krasemann/Peter Arnold, Inc.

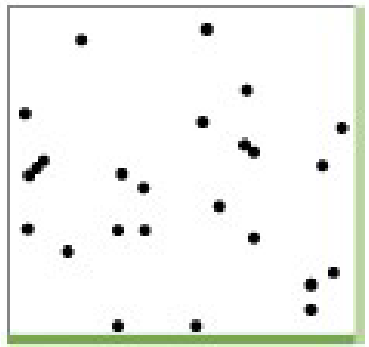
Disperzija jedinki u populaciji

Raspored jedinki u populaciji, u pogledu prostornog odnosa jedne prema drugoj, može biti:

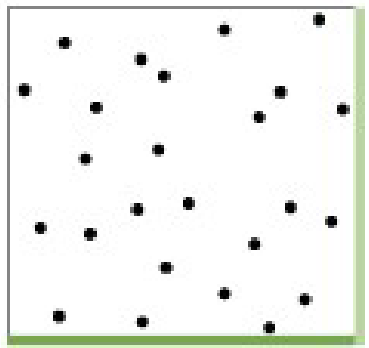
1. **GRUPNI ili HRPIČAST**
2. **SLUČAJAN**
3. **RAVNOMJERAN ili UJEDNAČEN**



Clumped

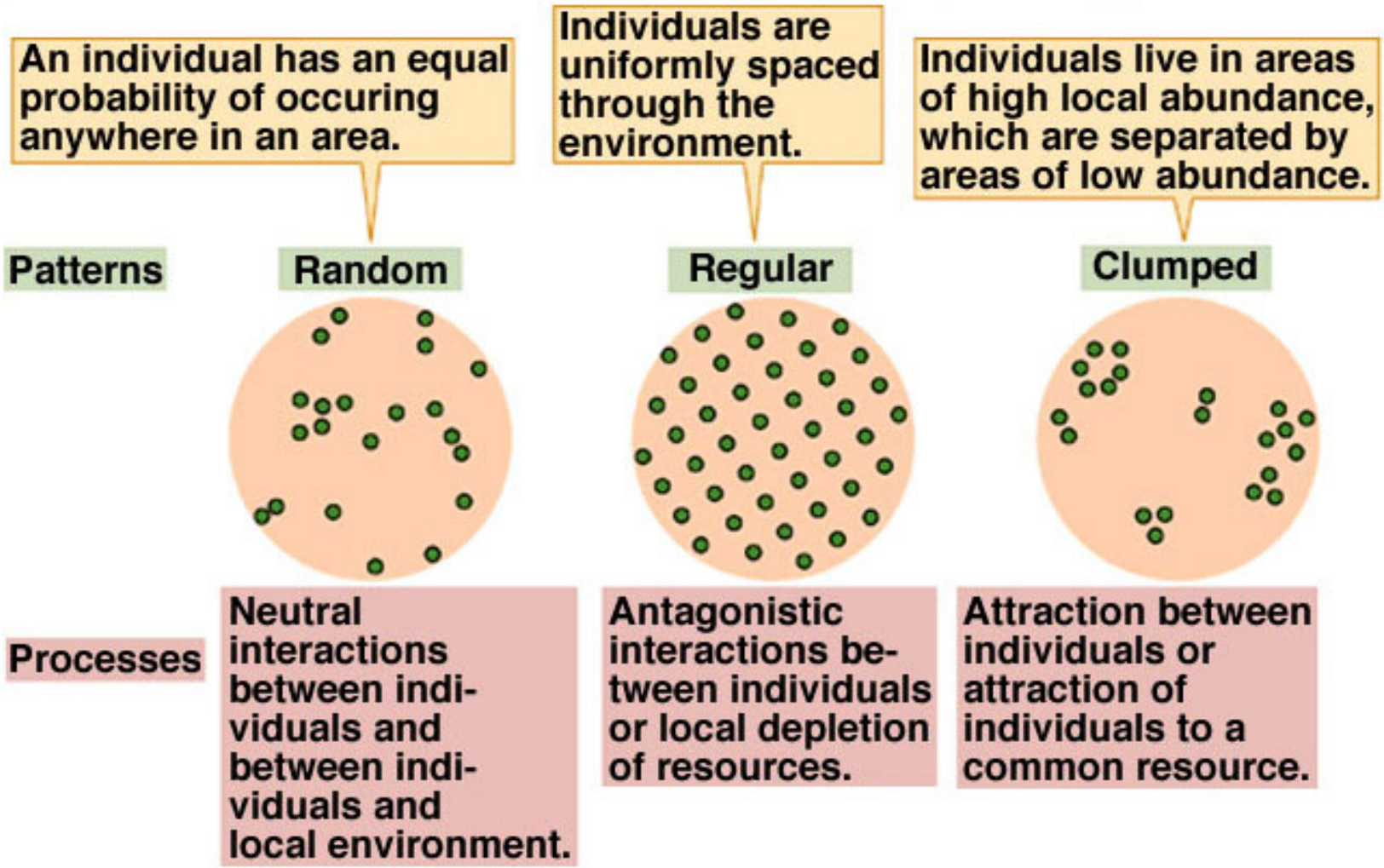


Random



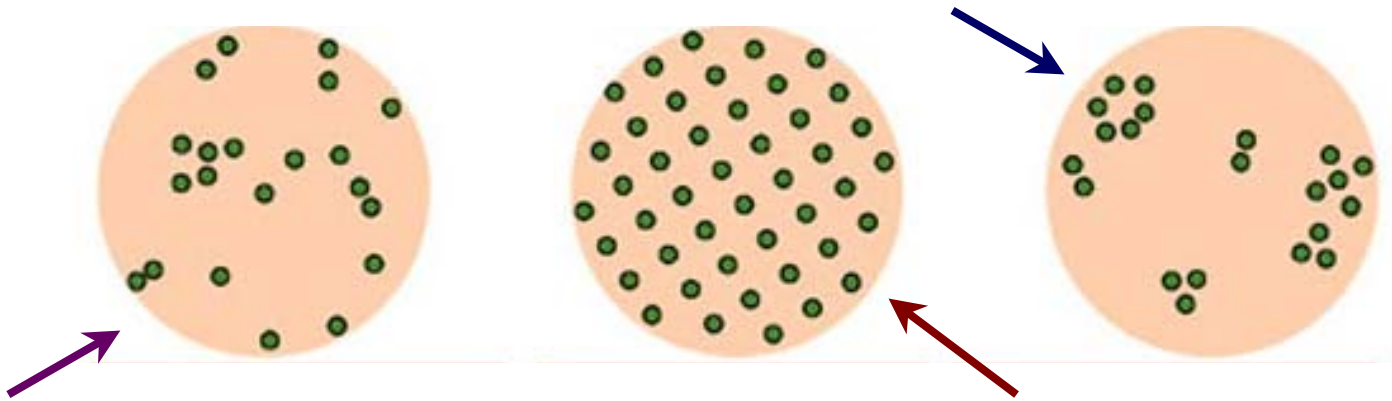
Spaced

Tipovi disperzija



Hrpičasta disperzija je najčešća u prirodi i može biti rezultat:

1. Socijalnog okupljanja jedinki (parenje, obrana)
2. Hrpičaste distribucije resursa
3. Tendencije potomaka da ostaju uz roditelje (kolonije, porodice)
4. Okupljanja na pogodnom staništu (zaklon, mikroklima)
5. Mutualističkih interakcija

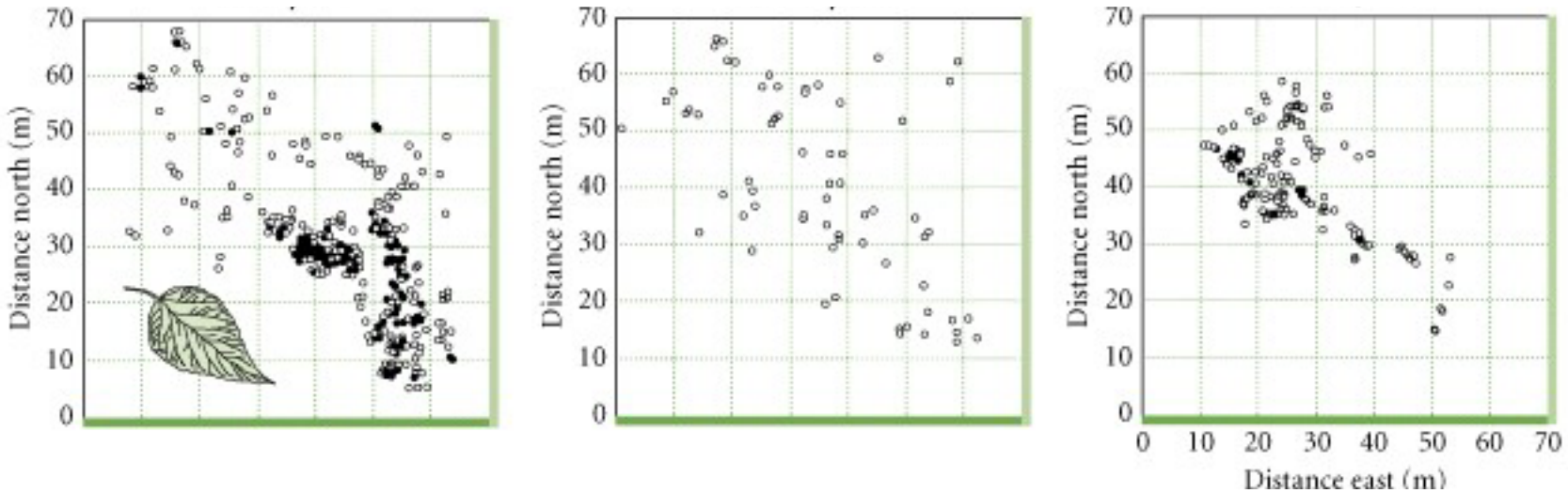


Slučajna disperzija ukazuje na nepostojanje interakcija između organizama. Moguća je u staništima s obiljem hranjiva (npr. brašnar)

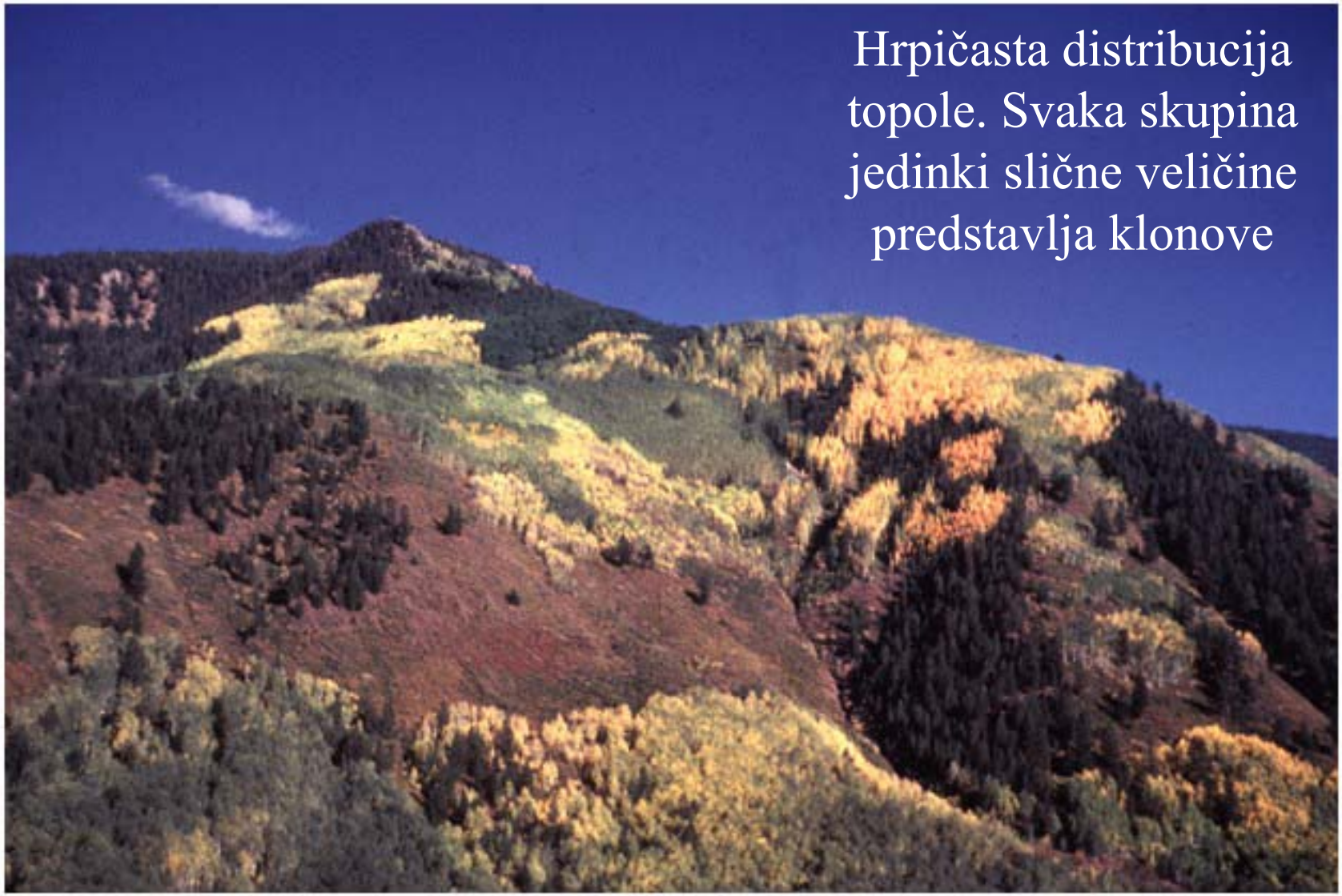
Ravnomjerna disperzija (hiperdiseprzija) je često rezultat antagonističkih odnosa između jedinki ili održavanja minimalne udaljenosti između jedinki (npr. zasjenjivanje ili kompeticija korjenja kod biljaka; teritorijalno ponašanje kod životinja itd.)

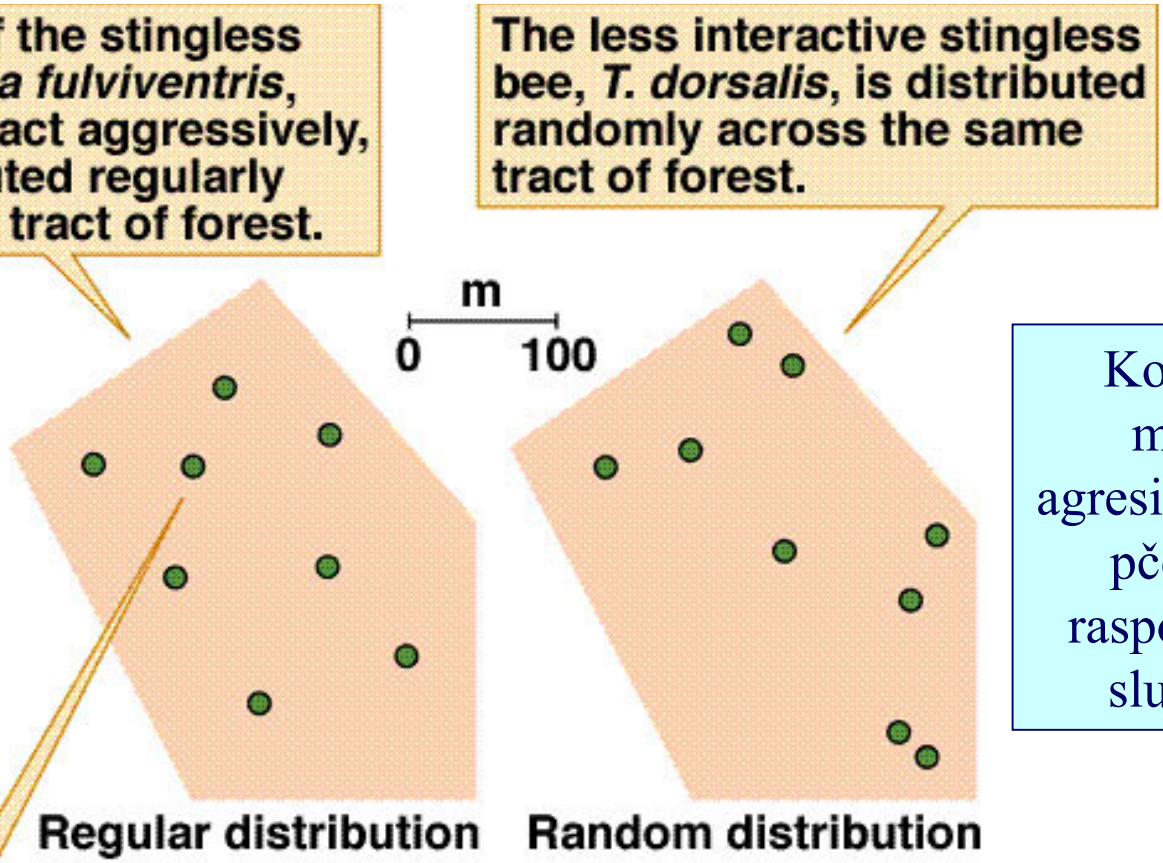
Ravnomjerna disperzija

Hrpičasta disperzija



Hrpičasta disperzija kod stabala topole rezultat je vegetativne reprodukcije. Naime, topola može stvoriti novu biljku nespolnim putem preko podzemnog horizontalnog korjenja iz kojeg izbijaju nove jedinke (sve su jedinke genetički jednake – klonovi)


Hrpičasta distribucija
topole. Svaka skupina
jedinki slične veličine
predstavlja klonove

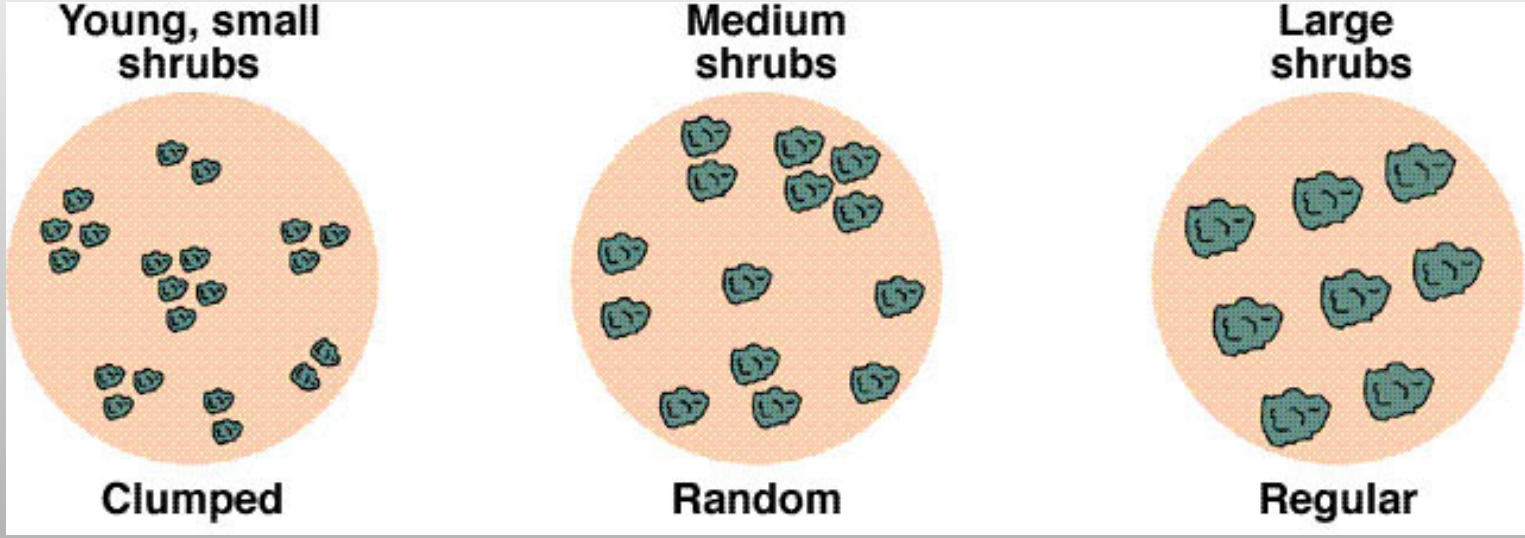


Kolonije agresivne vrste pčele imaju tendenciju ravnomjerne disperzije

Kolonije manje agresivne vrste pčele su raspoređene slučajno

Ravnomjerna disperzija kao rezultat antagonističkih interakcija

Disperzija grmova mijenja se s vremenom kako biljke rastu



Mlade biljke pokazuju hrpičastu disperziju zbog:

1. Ograničenog pogodnog mjesta za klijanje

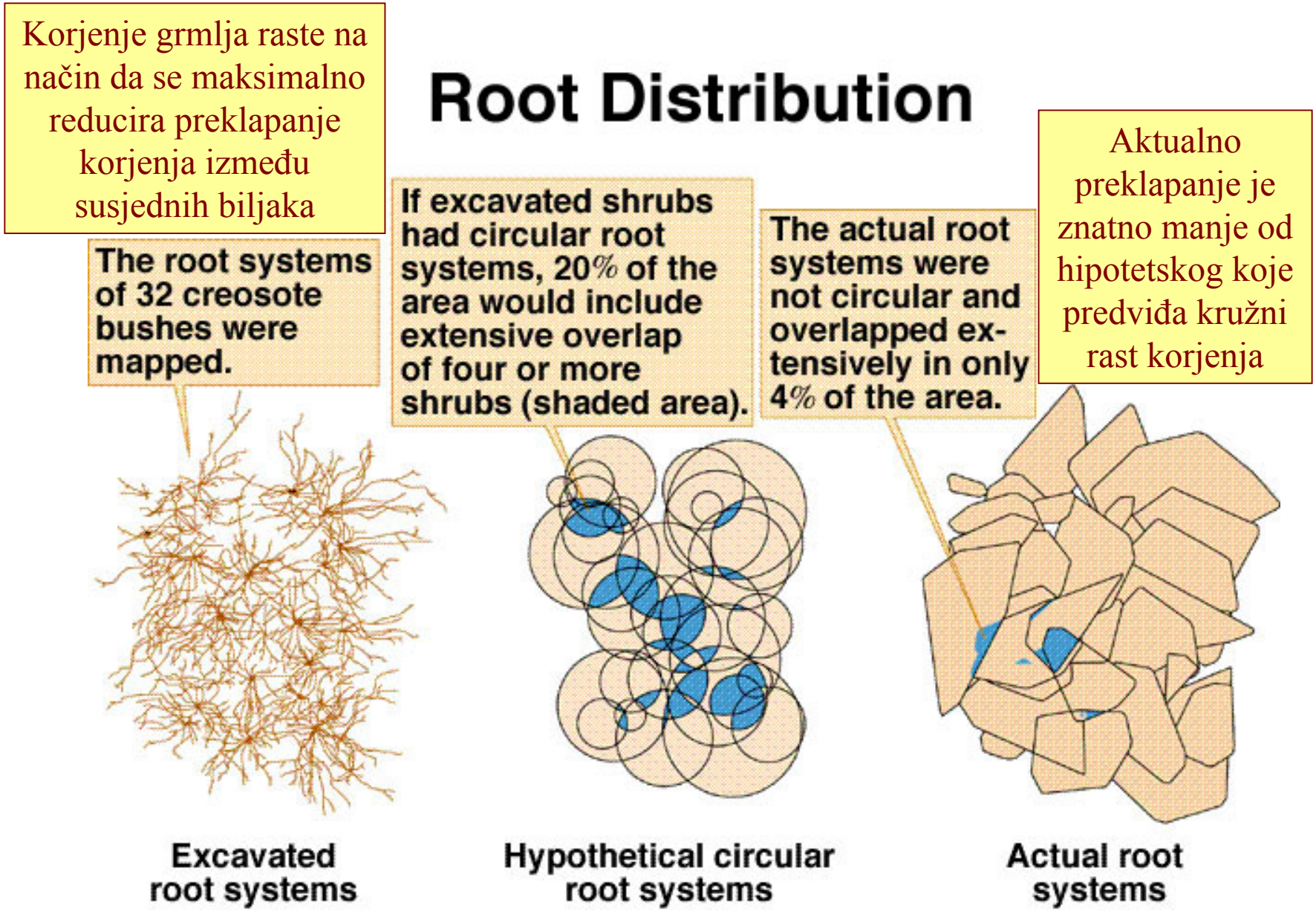
2. Sjemenke nisu rasprostranjene daleko od roditelja

3. Nespolno razmnožavanje pa mlade biljke moraju biti u blizini roditelja

Kako biljke rastu neke jedinke ugibaju što smanjuje hrpičasti raspored. Postepeno, disperzija biljaka postaje sve više i više slučajna

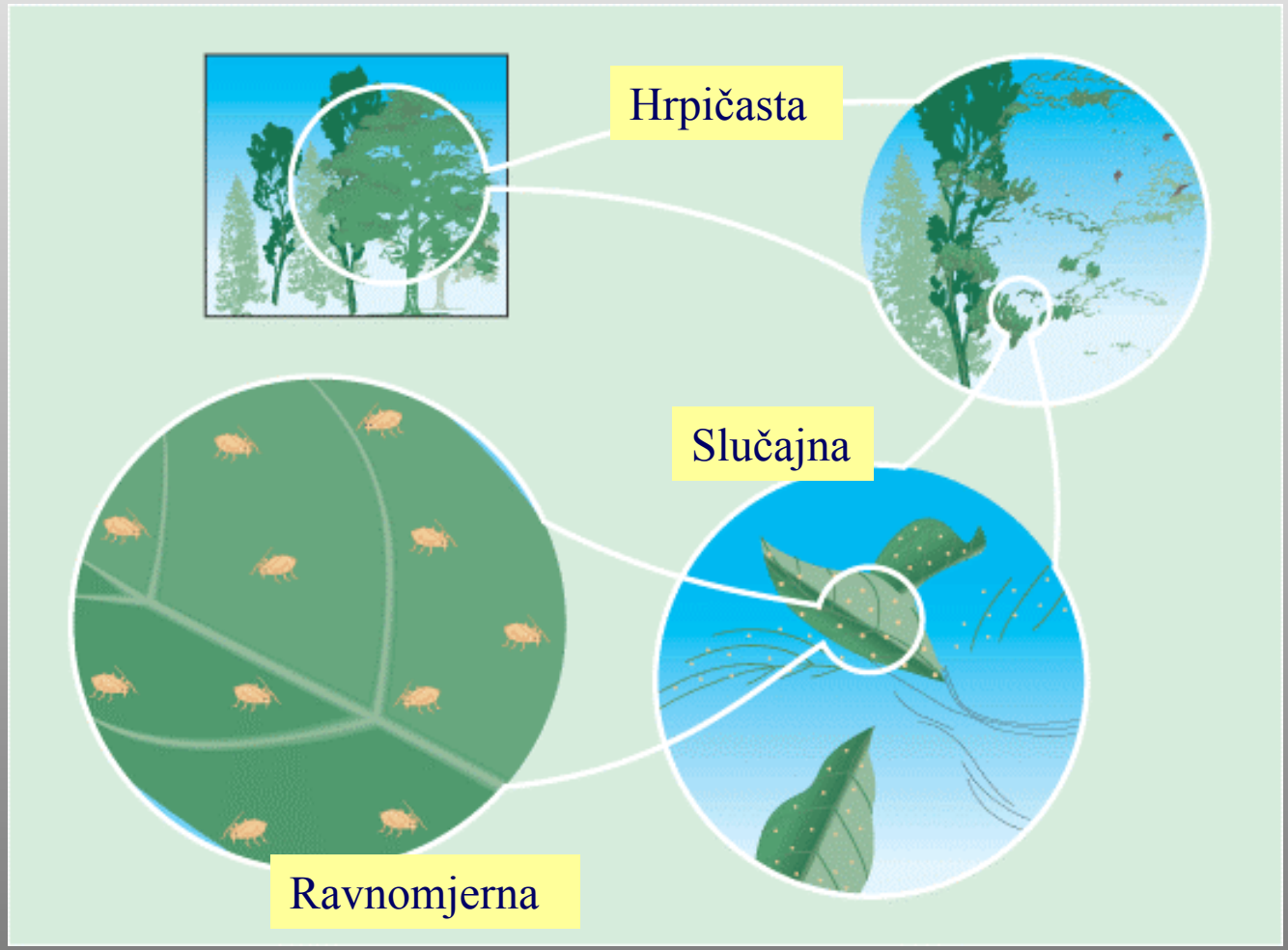
Kompeticija između preostalih biljaka povećava mortalitet onih biljaka koje su međusobno manje udaljene, što prorjeđuje skupinu i konačno dovodi do ravnomjerne disperzije

Korjenje grmlja raste na način da se maksimalno reducira preklapanje korjenja između susjednih biljaka



Aktualno preklapanje je znatno manje od hipotetskog koje predviđa kružni rast korjenja

Disperzija lisnih uši ovisit će o prostornoj skali na kojoj promatramo



Disperzija se statistički može usporediti sa slučajnom koja je definirana Poissonovom raspodjelom

TABLE 14-1 Observed and expected frequencies of adult female red mites on 150 apple leaves

Mites per leaf x	Number of leaves observed $F(x)$	Poisson distribution $P(x)$	Number of leaves expected* $F(x) \times P(x)$
0	70	0.3177	47.65
1	38	0.3643	54.64
2	17	0.2089	31.33
3	10	0.0798	11.98
4	9	0.0229	3.43
5	3	0.0052	0.79
6	2	0.0010	0.15
7	1	0.0002	0.02
8 or more	0	0.0000	0.00
Total	150	1.0000	149.99

**Expected frequencies are based on the Poisson distribution.*
(From Poole 1974.)

$P(x) = (M^x e^{-M})/x!$

$M = 172/150 = 1.15$

Na primjer:

$P(3) = (1.15^3 e^{-1.15})/(3x2x1)$

$P(3) = 0.08$ (8%)

= 12 listova sa po 3 jed.

Određivanje tipa disperzije

Omjer između varijance i srednjaka (V/S):

V/S < 1 ⇒ Ravnomjerna disperzija

V/S > 1 ⇒ Hrpičasta disperzija

→ **U našem primjeru:**

V/S = 2.1

Indeks disperzije (Clark and Evans, 1954):

Daje očekivanu udaljenost između najbližih susjeda u slučaju kada je disperzija slučajna koja se može usporediti s opaženom:

$$E(r) = ½ \sqrt{\pi/N}$$

N = broj jedinki po jedinici površine

Indeks disperzije = Izmjerena prosječna udaljenost/očekivana (E(r))

Indeks disperzije < 1 ⇒ HRPIČASTA
Indeks disperzije > 1 ⇒ RAVNOMJERNA

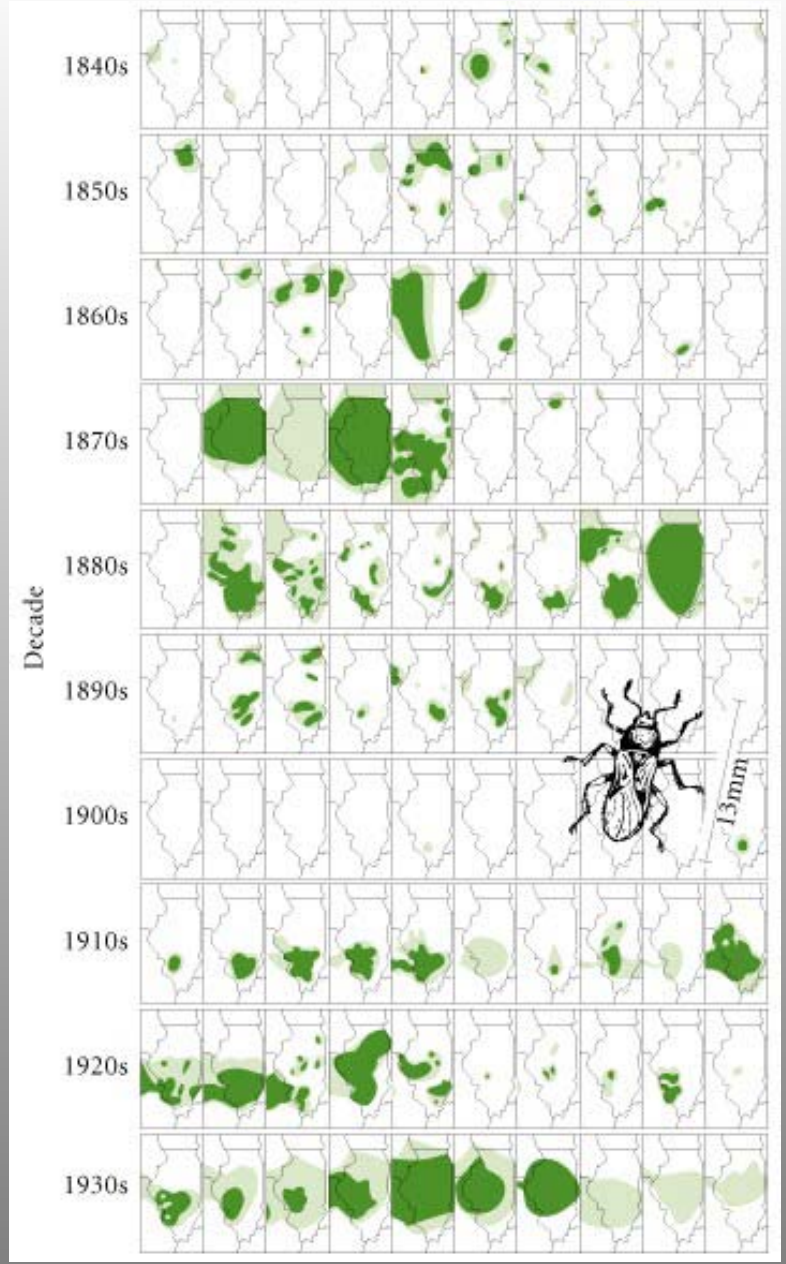
→ PRIMJER:

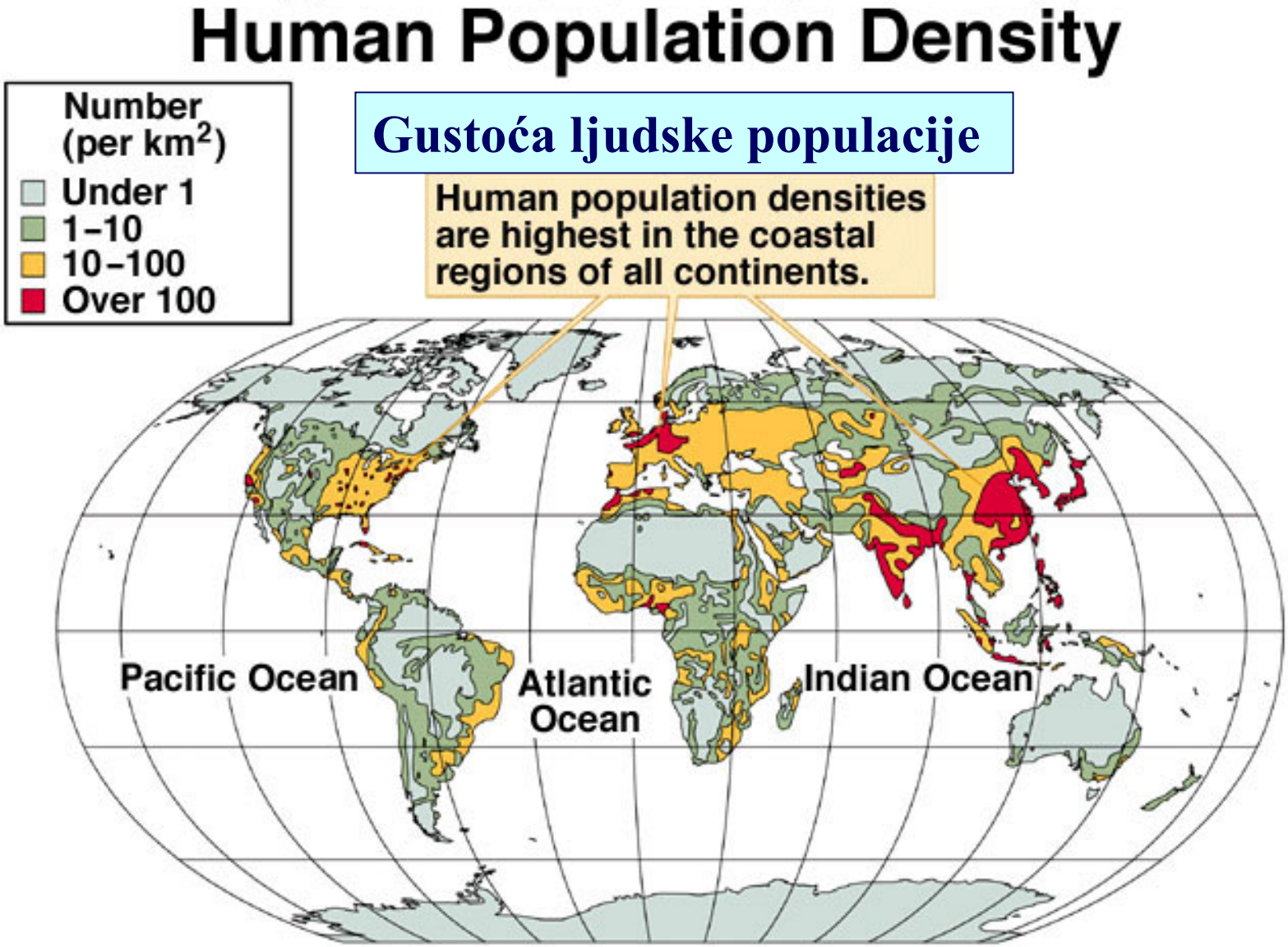
Kod gustoće od 4 jedinke po m^2, očekivana prosječna udaljenost je:

$$(\sqrt{\pi/N})/2 = 0.44$$

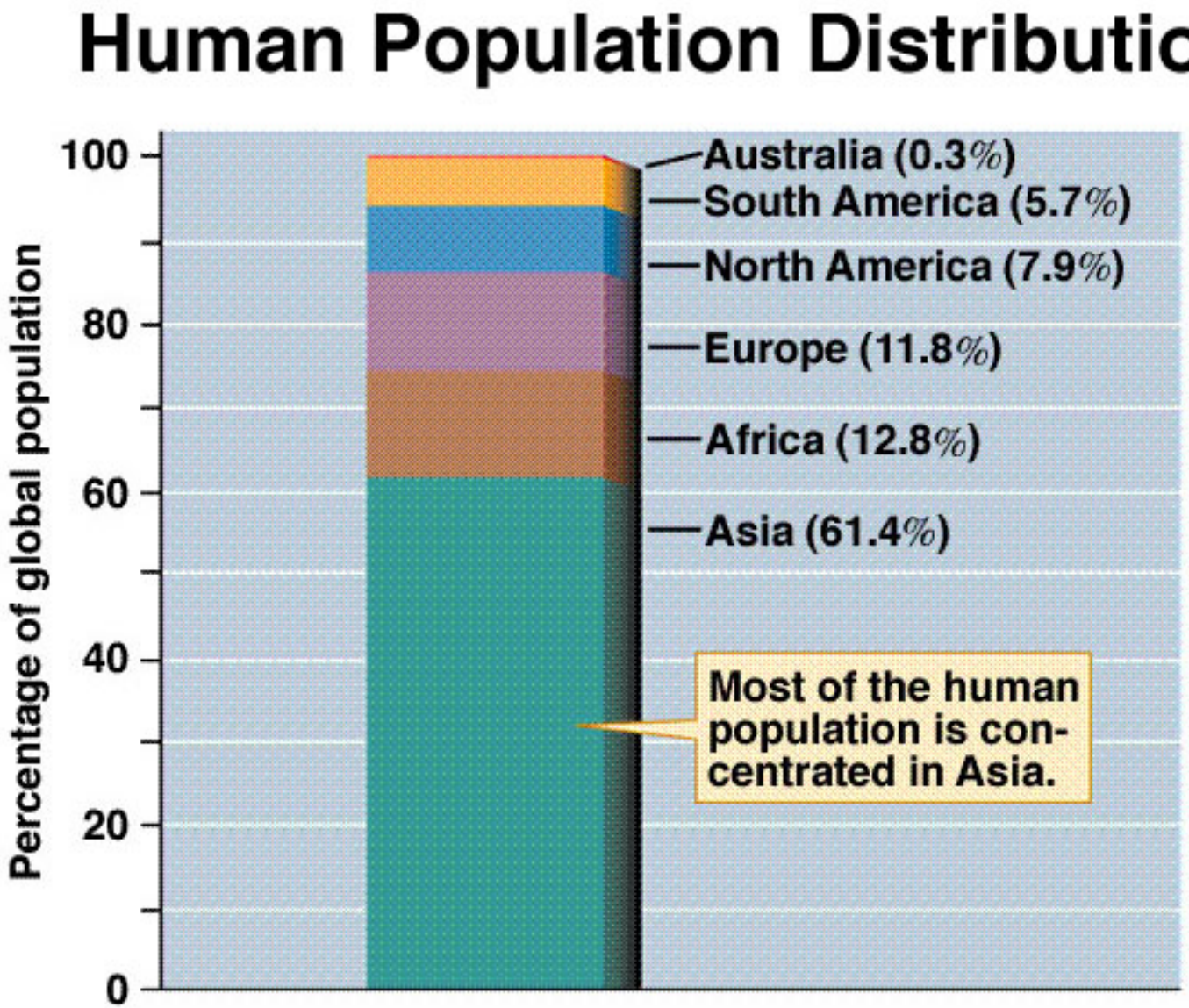
Gustoća populacija varira u vremenu i prostoru

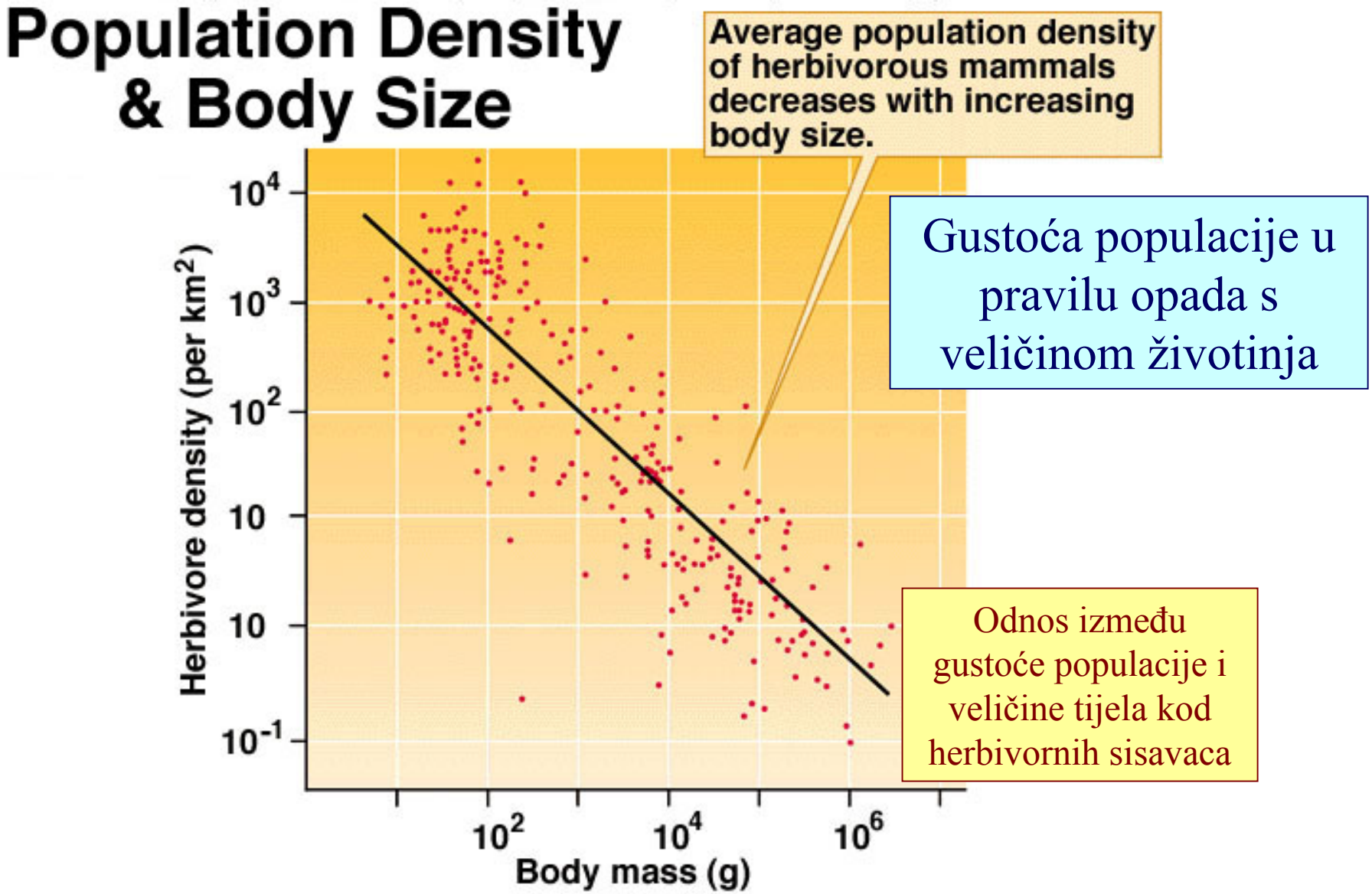
Distribucija štetočine na žitaricama u državi Illinois u razdoblju 1840-1939




Human Population Density
Number (per km²)
Under 1
1–10
10–100
Over 100
Gustoća ljudske populacije
Human population densities are highest in the coastal regions of all continents.
Pacific Ocean
Atlantic Ocean
Indian Ocean

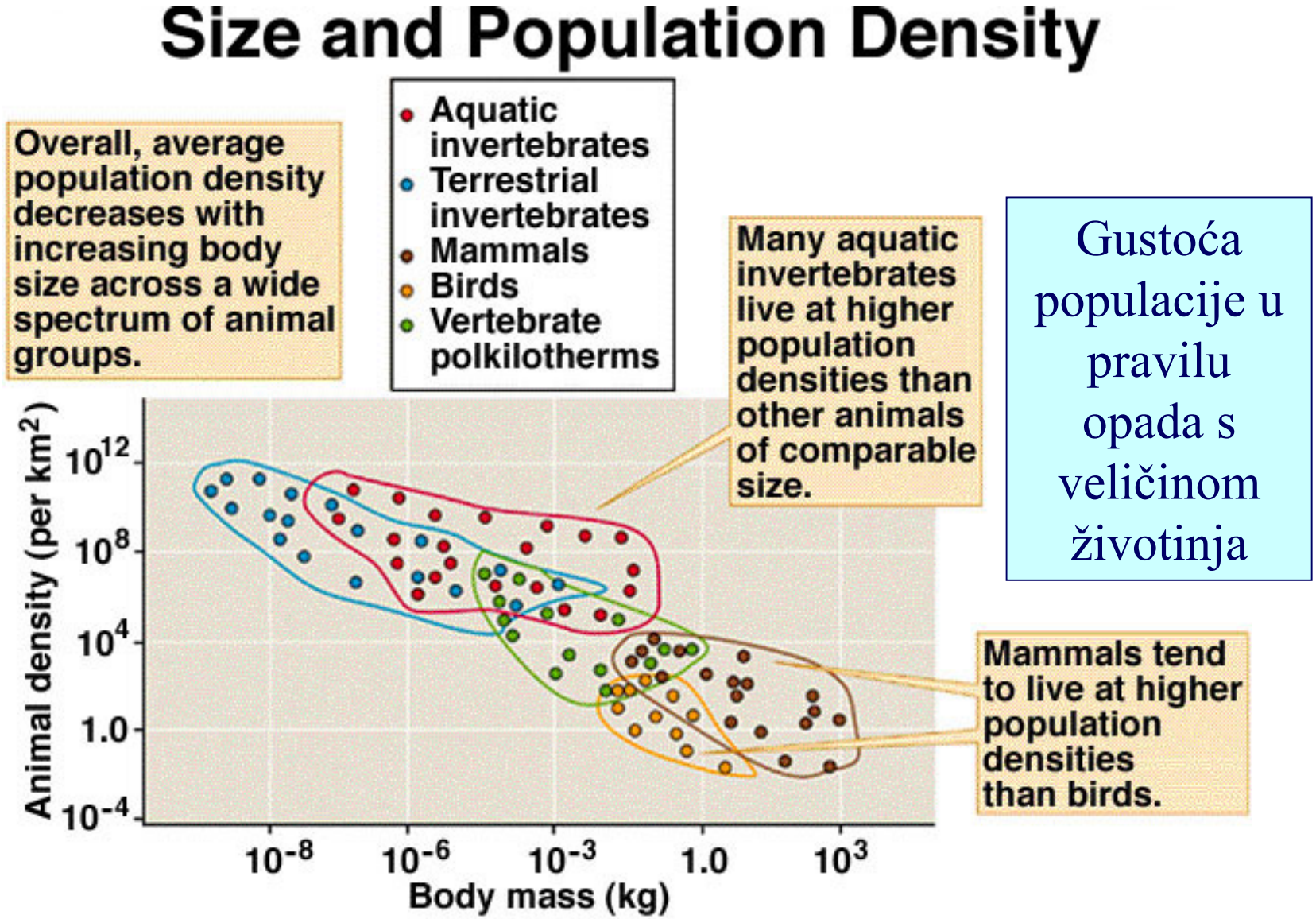
Distribucija ljudske populacije





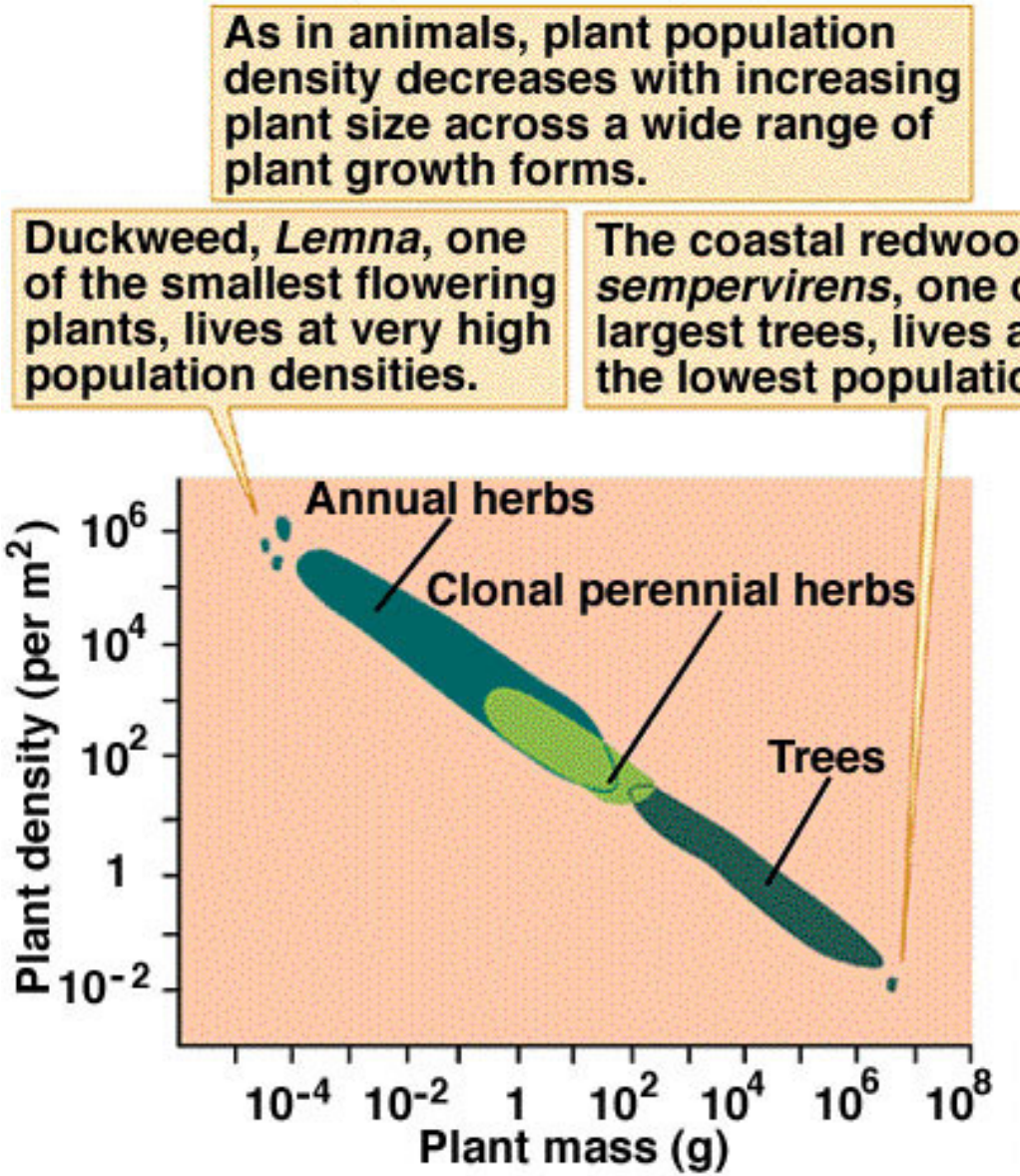
Gustoća populacije u pravilu opada s veličinom životinja

Odnos između gustoće populacije i veličine tijela kod herbivornih sisavaca



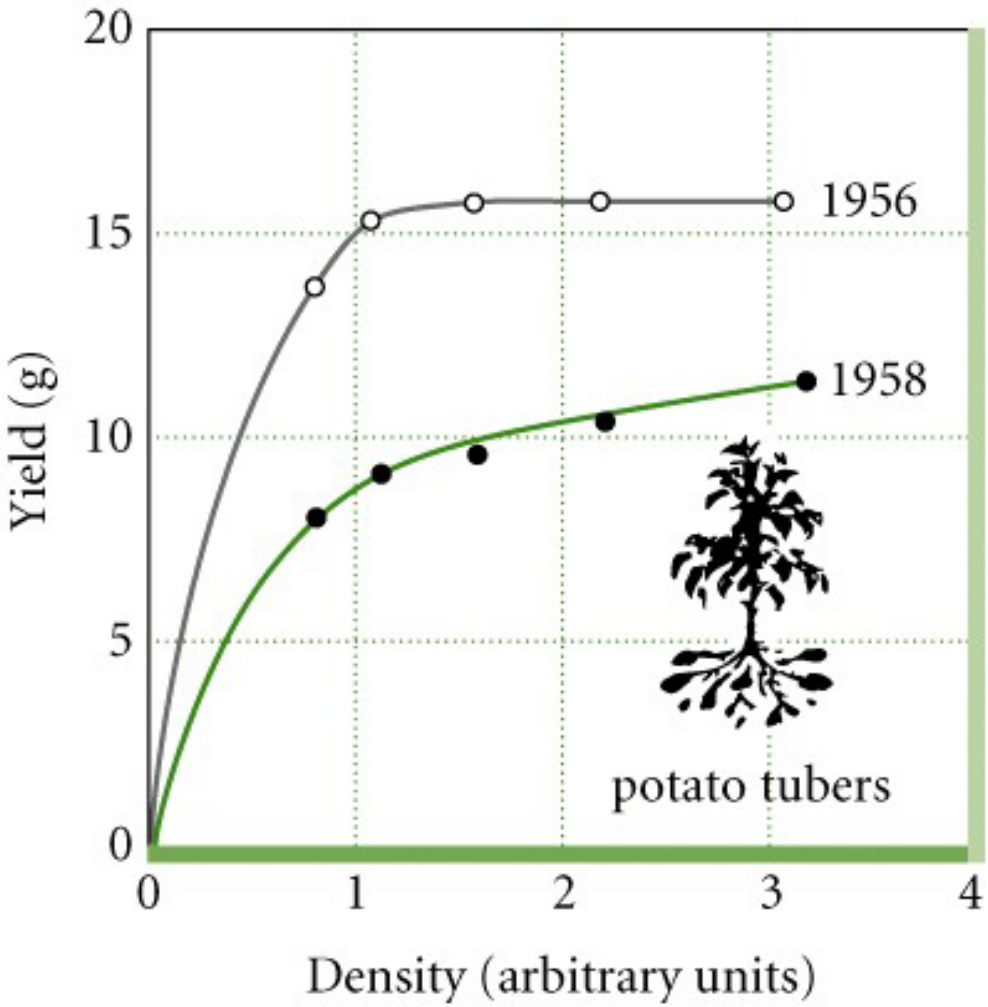
Gustoća populacije u pravilu opada s veličinom životinja

Plant Size & Population



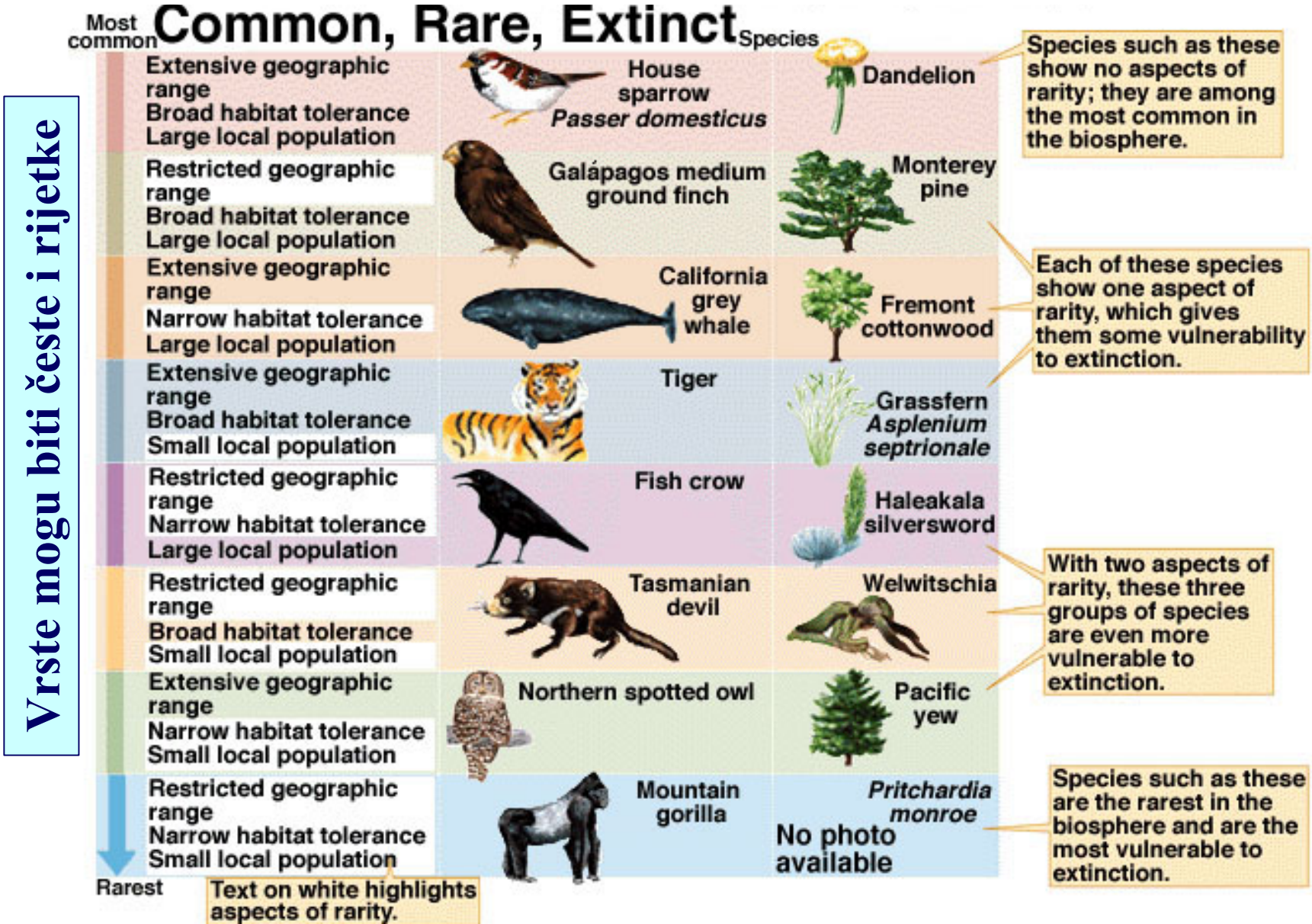
Inverzni odnos između mase organizama i gustoće populacije vrijedi i za biljke

Gustoća biljnih populacija i njhov prinos



Kako biljke rastu u početku svaka povećava svoju biomasu pa tako raste i ukupna biomasa. Međutim, daljnim rastom biljke trebaju sve više prostora i sve više hranjiva i vode iz tla. Između biljaka dolazi do takmičenja za resurse što rezultira sporijom stopom rasta i smanjenim prinosom. Kada se ukupni prinos prikaže grafički kao funkcija gustoće populacije, prinos nakon nekog vremena dostigne maksimalno moguću vrijednost koja ostaje konstantnom. Ovaj je fenomen poznat kao **zakon konstantnog konačnog prinosa.**

Vrsta može biti rijetka na tri načina: (1) mali geografski raspon; (2) mali raspon staništa; (3) male lokalne populacije

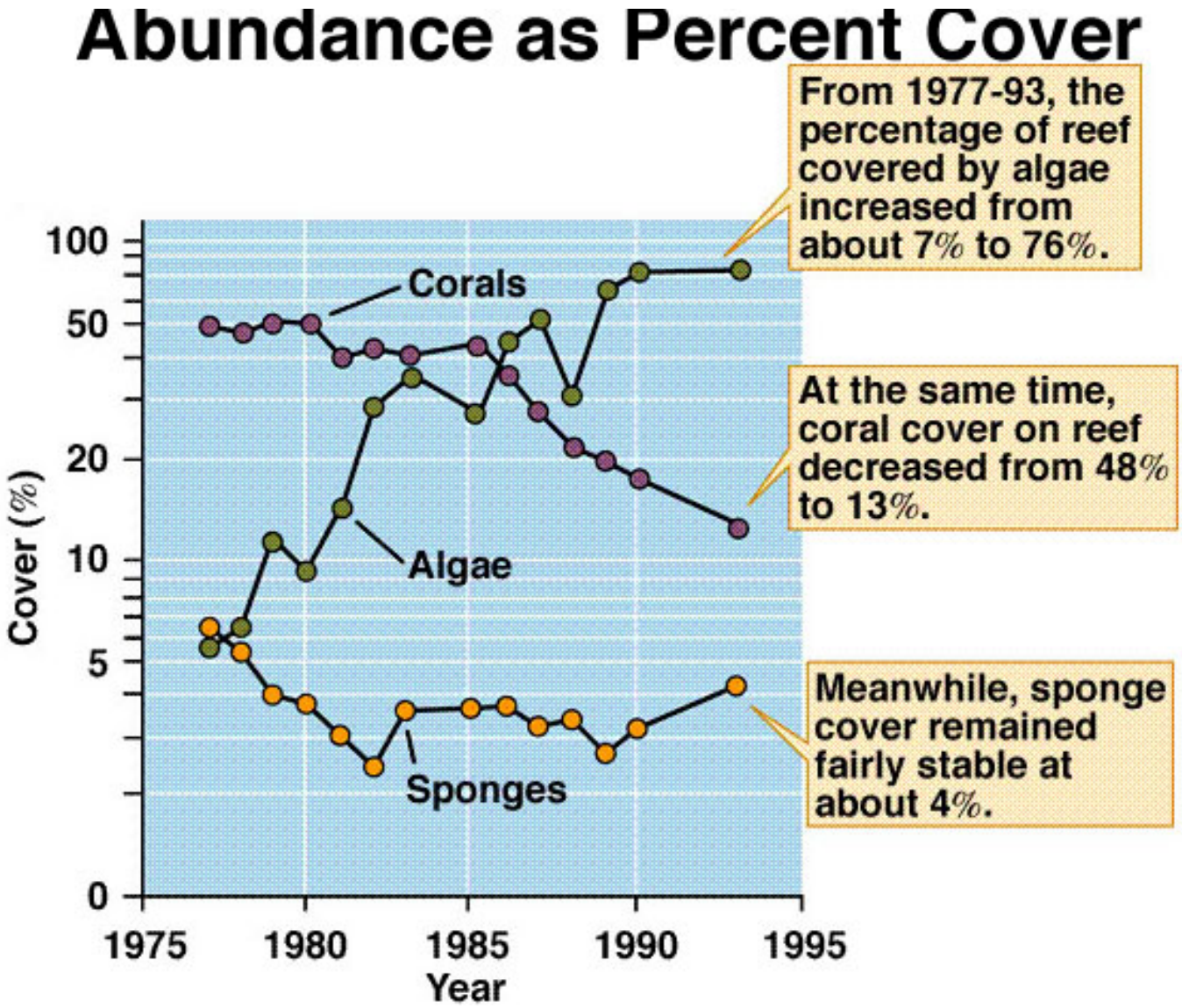


Metode procjene gustoće populacije

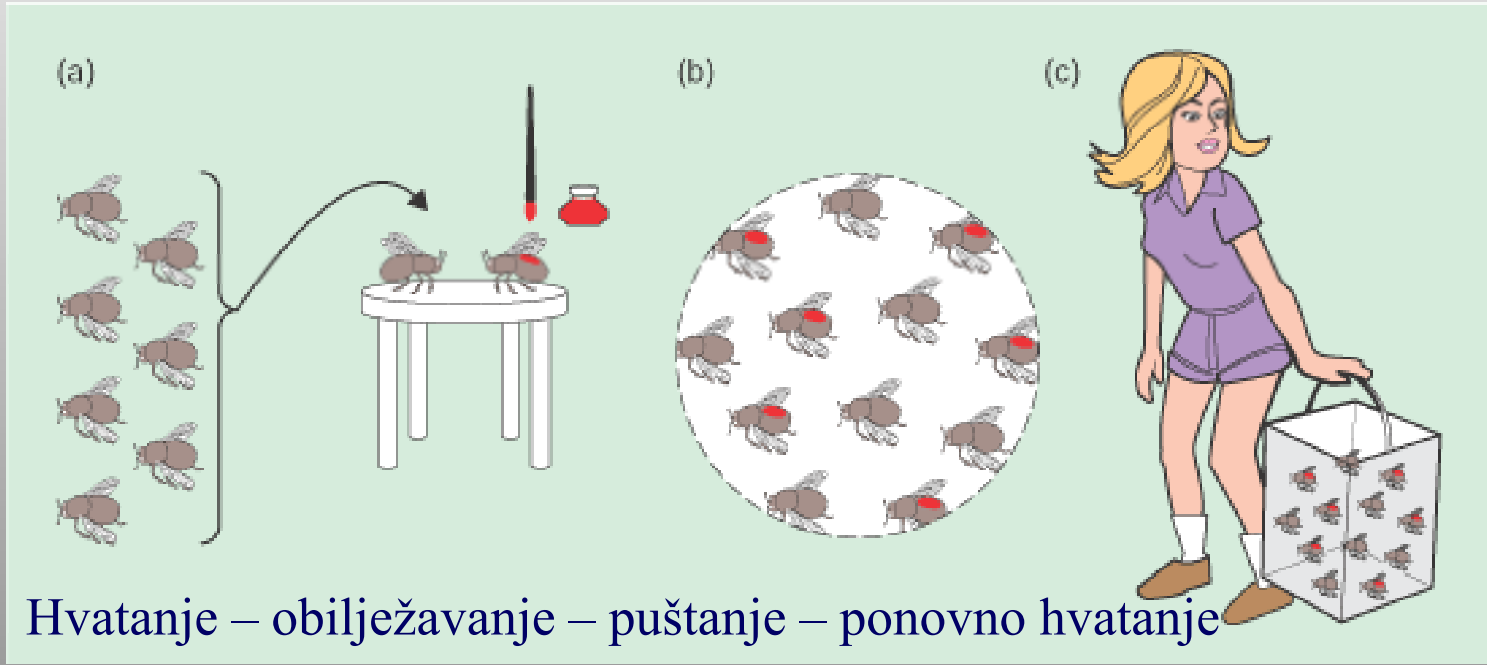
- **I. Apsolutne metode** – imaju za cilj utvrđivanje ukupnog broja jedinki u populaciji izraženog po jedinici površine (volumena):
  - **1. Totalno prebrojavanje (cenzus)**
  - **2. Metoda probnih površina (kvadrata) ili volumena**
  - **3. Metoda obilježavanja (markiranja)**
- **II. Relativne metode –** daju relativnu brojnost ili indeks gustoće:
  - **1. Relativna brojnost (skale od 1-5 ili 1-10)**
  - **2. Indeks gustoće (metoda košenja, metoda transekta, metoda lovnih klopki, ribolovni napor itd.)**

Metoda kvadrata (probnih površina)

Veličina populacija biljaka i sesilnih morskih organizama se može izraziti i kroz postotak pokrovnosti



Metoda markiranja (mark-recapture)



Hvatanje – obilježavanje – puštanje – ponovno hvatanje

Metoda markiranja (mark-recapture)

Lincoln-Petersonov indeks veličine populacije:

$$M/N = m/n \Rightarrow N = Mn/m$$

Ovaj indeks ima tendenciju precjenjivanja veličine populacije, pa je Bailey predložio slijedeću korekciju

$$N = M\,(n + 1)/m + 1$$

N = veličina populacije

M = ulovljene i obilježene jedinke, te nakon toga puštene

n = ponovno ulovljene jedinke

m = broj obilježenih jedinki među ponovno ulovljenim

Metoda markiranja podrazumijeva određene pretpostavke

- Sve jedinke u populaciji imaju jednaku šansu da budu ulovljene
- Između markiranja i ponovnog hvatanje jedinki, populacija nije porasla uslijed pojačane reprodukcije ili imigracije
- Markirane jedinke ugibaju ili emigriraju jednakom brzinom
- Sve markice su ostale pričvršćene za organizme

Metoda markiranja se može provesti i fotografiranjem

Mark and recapture estimates based on photographs place the current population of humpback whales in the North Atlantic at about 5,000.

The North Atlantic humpback whale population spends April through December on its highly productive northern feeding grounds.

The population migrates south and stays from January to March on its breeding grounds around Hispañola and Puerto Rico.

Humpback Whale Population

Efektivna veličina populacije

- Male su populacije izložene velikom riziku od gubljenja genetičke raznolikosti kroz mehanizam genetičkog drifta, što u krajnjem slučaju ugrožava egzistenciju tih populacija
- Obična procjena veličine populacije ne pruža dovoljno informacija o tome koliko je populacija ranjiva i to zbog više mogućih razloga:
  - Sistem parenja može spriječavati pojedine jedinke da se pare
  - Jedan spol može u prosjeku proizvoditi više potomaka od drugog
  - Varijanca u proizvodnji potomaka može biti različita kod mužjaka i ženki
  - Razlike u reproduktivnom uspjehu pojedinih dobnih kategorija u populaciji mogu biti velike

Navedene se poteškoće mogu zaobići računanjem Efektivne veličine populacije (N_e)

Efektivna se veličina populacije definira kao veličina idealizirane populacije u kojoj je broj reproduktivno aktivnih ženki i mužjaka jednak (omjer spolova je 1:1), a parenje se događa slučajno, što znači da svaki mužjak ima jednaku vjerojatnost da se pari sa svakom ženkom)

Najčešće je $N_e < N$

Efektivna veličina populacije (N_e) ovisi o relativnom reproduktivnom uspjehu mužjaka i ženki, kao i o varijancama (V) tih reproduktivnih uspjeha

N_e opada s porastom V!

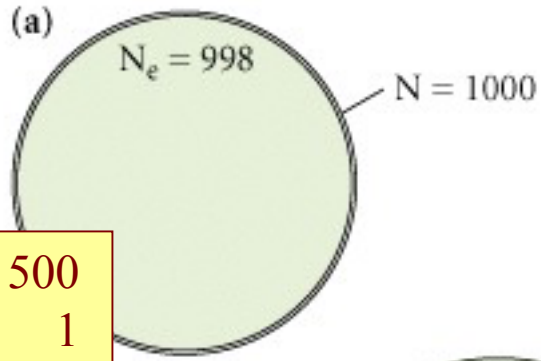
$$N_m = \frac{N_m K_m - 1}{(K_m + V_m/K_m) - 1} \qquad N_ž = \frac{N_ž K_ž - 1}{(K_ž + V_ž/K_ž) - 1}$$

$$N_e = 4\,[1/N_m + 1/N_ž]^{-1}$$

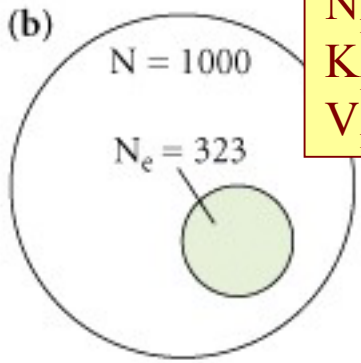
N_m , $N_ž$ – broj reproduktivno aktivnih mužjaka i ženki

K_m , $K_ž$ – prosječan broj potomaka koje proizvode mužjaci i ženke tijekom životnog vijeka

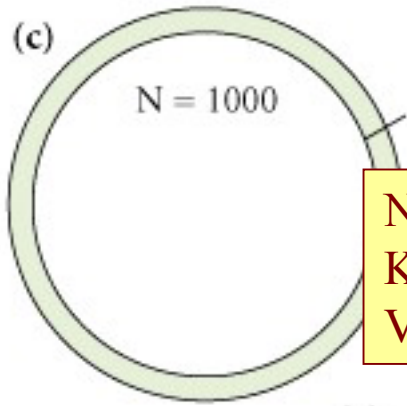
V_m , $V_ž$ – varijance broja potomaka koje proizvode mužjaci i ženke



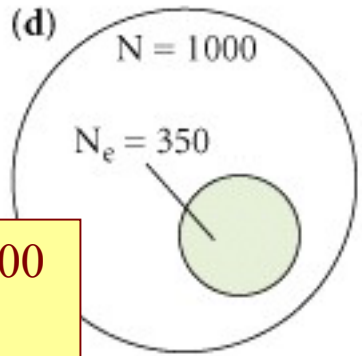
$N_m = N_ž = 500$
$K_m = K_ž = 1$
$V_m = V_ž = 1$



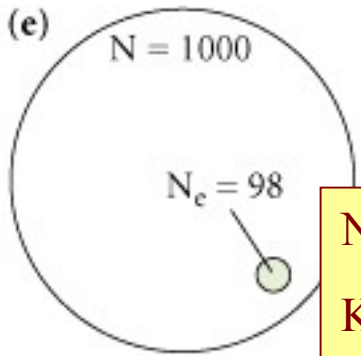
$N_m = N_ž = 500$
$K_m = K_ž = 1$
$V_m = V_ž = 3$



$N_m = N_ž = 500$
$K_m = 3$; $K_ž = 1$
$V_m = V_ž = 1$



$N_m = 100$; $N_ž = 500$
$K_m = K_ž = 1$
$V_m = V_ž = 1$

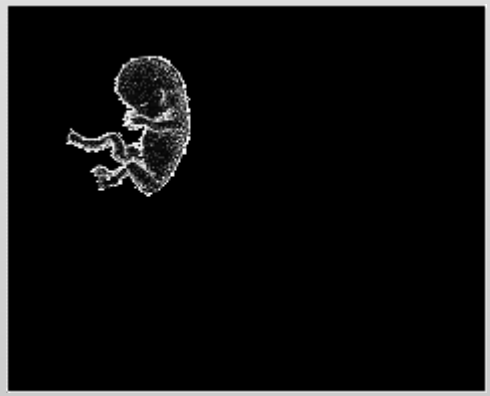


$N_m = 50$; $N_ž = 50$
$K_m = K_ž = 1$
$V_m = V_ž = 1$

Problem modularnih organizama

- Mnogi organizmi imaju determiniran proces razvitka koji ih vodi od zigote do odraslog organizma koji ima određeni oblik. Pri tome se oblik odraslih organizama bitno ne mijenja, osim što se eventualno mijenja njihova veličina i biomasa (svi psi imaju 4 noge, dva oka i dva uha; svi kukci imaju 6 nogu; sve ribe imaju jedna usta itd). Takvi se organizmi zovu **unitarni organizmi** (npr. svi kralježnjaci i kukci)

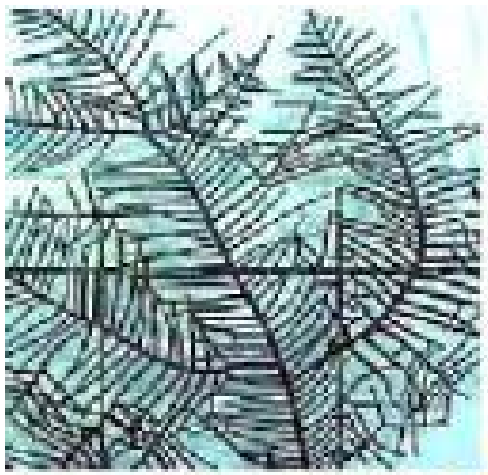
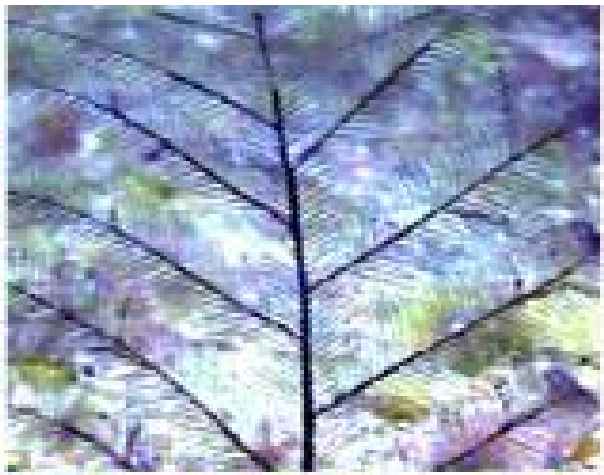
- Kod mnogih drugih organizama rast se događa kroz neodređena ponavljanja jedinica koje čine strukturu njihovih organizma (npr. rast grana i lišća kod stabala; polipi kod koralja i mahovnjaka itd). Takvi su organizmi uglavnom razgranati a njihovi ogranci mogu biti neovisni u svom nastajanju i umiranju. Ovakvi se organizmi nazivaju **modularni organizmi**

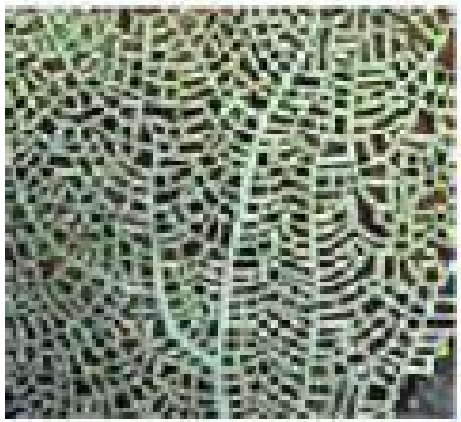
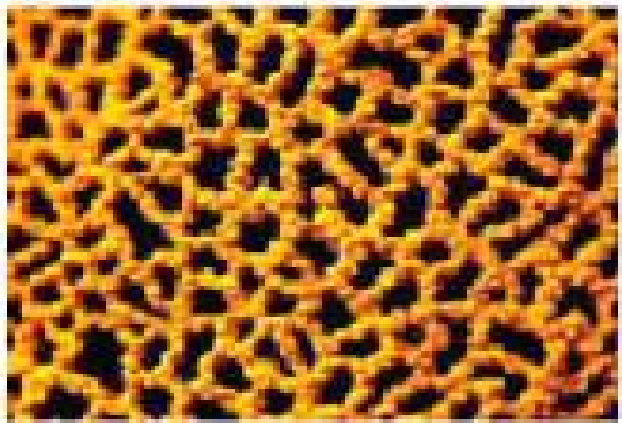
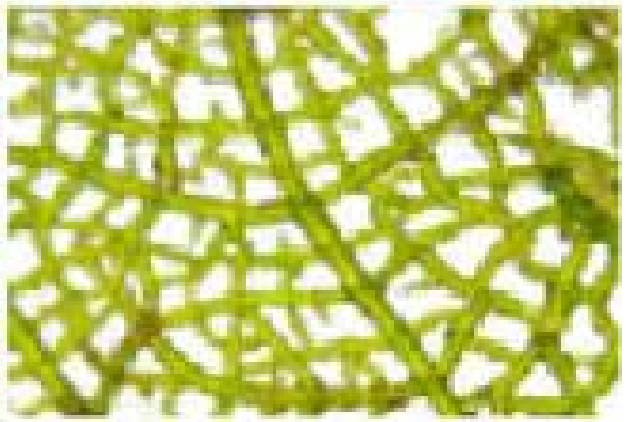


- Kod modularnih organizama postoji jasan problem u određivanju njihovog broja, te stope rasta i umiranja

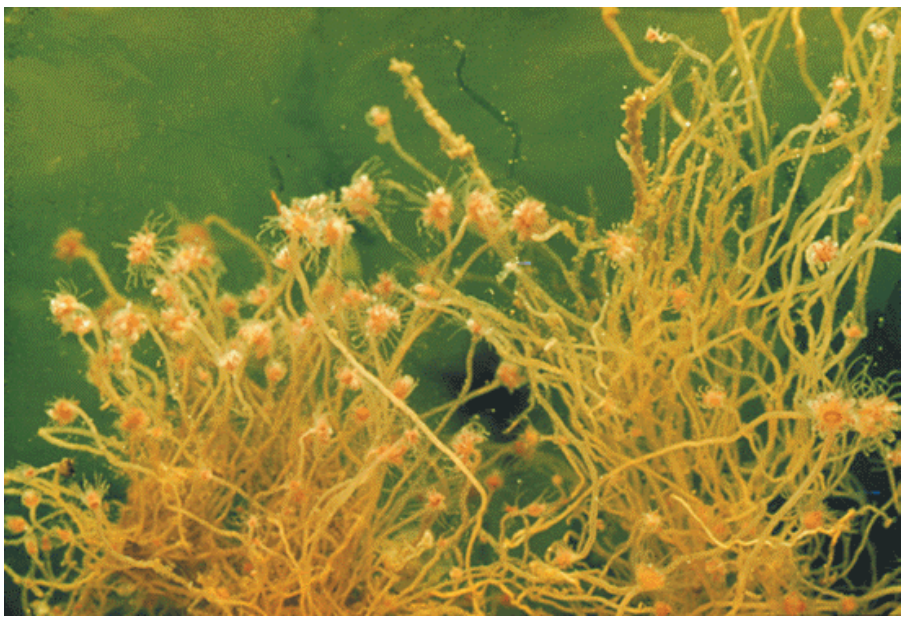
Modularni organizmi

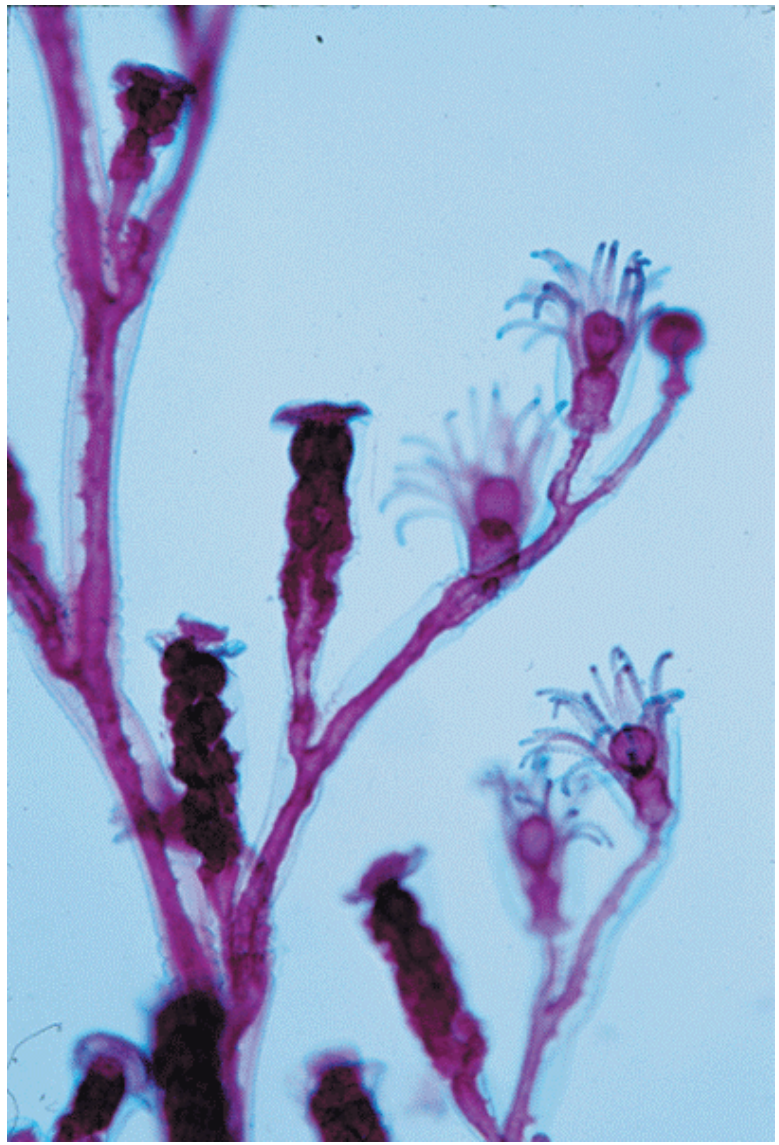
Modularni organizmi

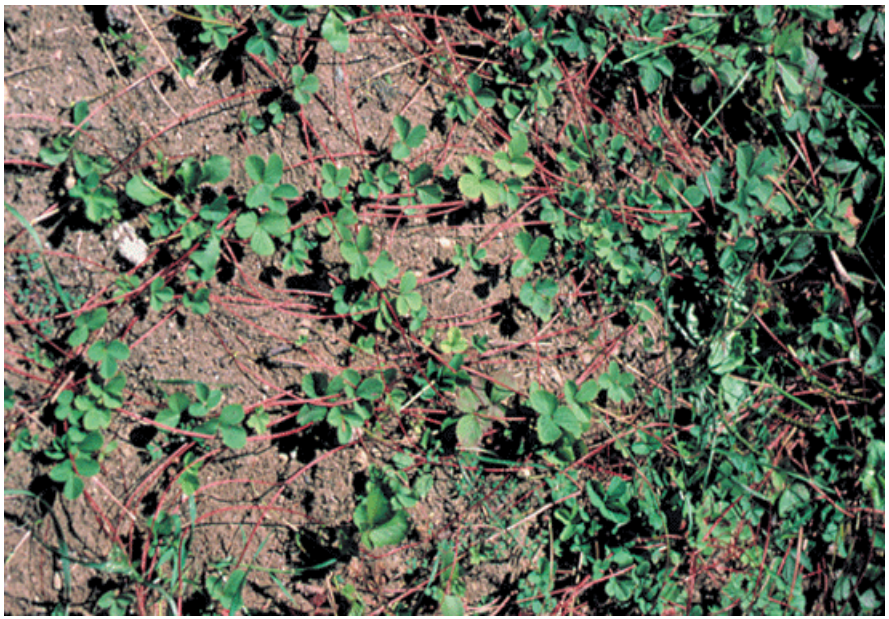




Modularni organizmi

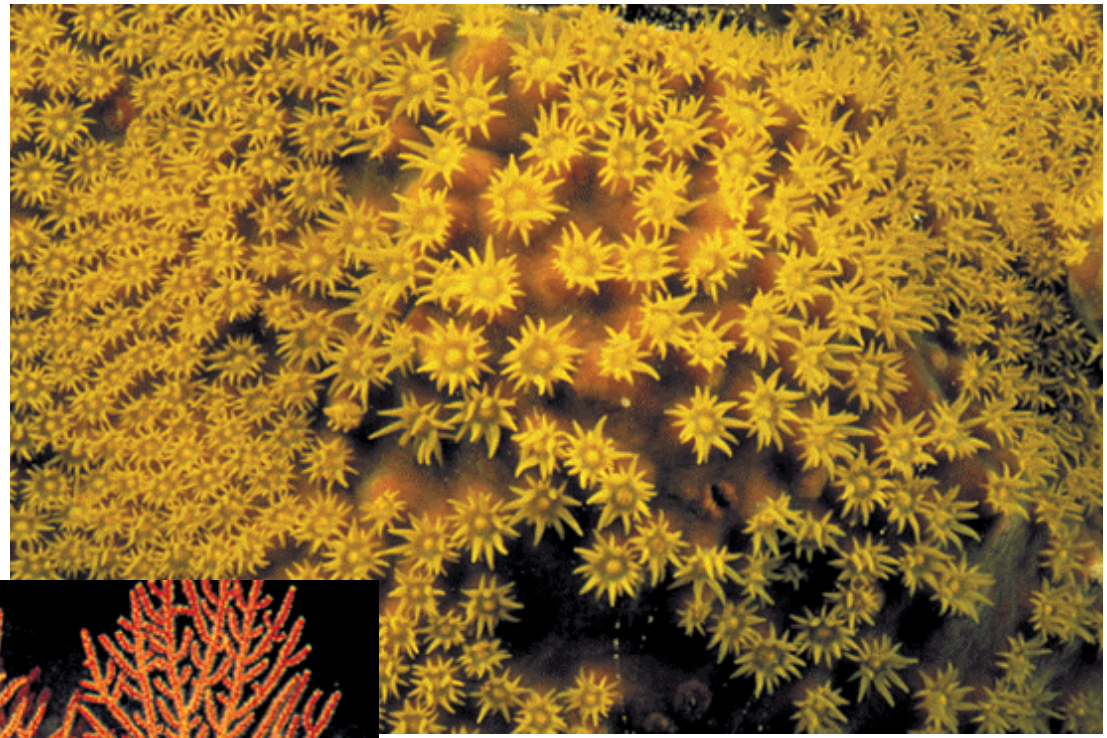




Modularni organizmi

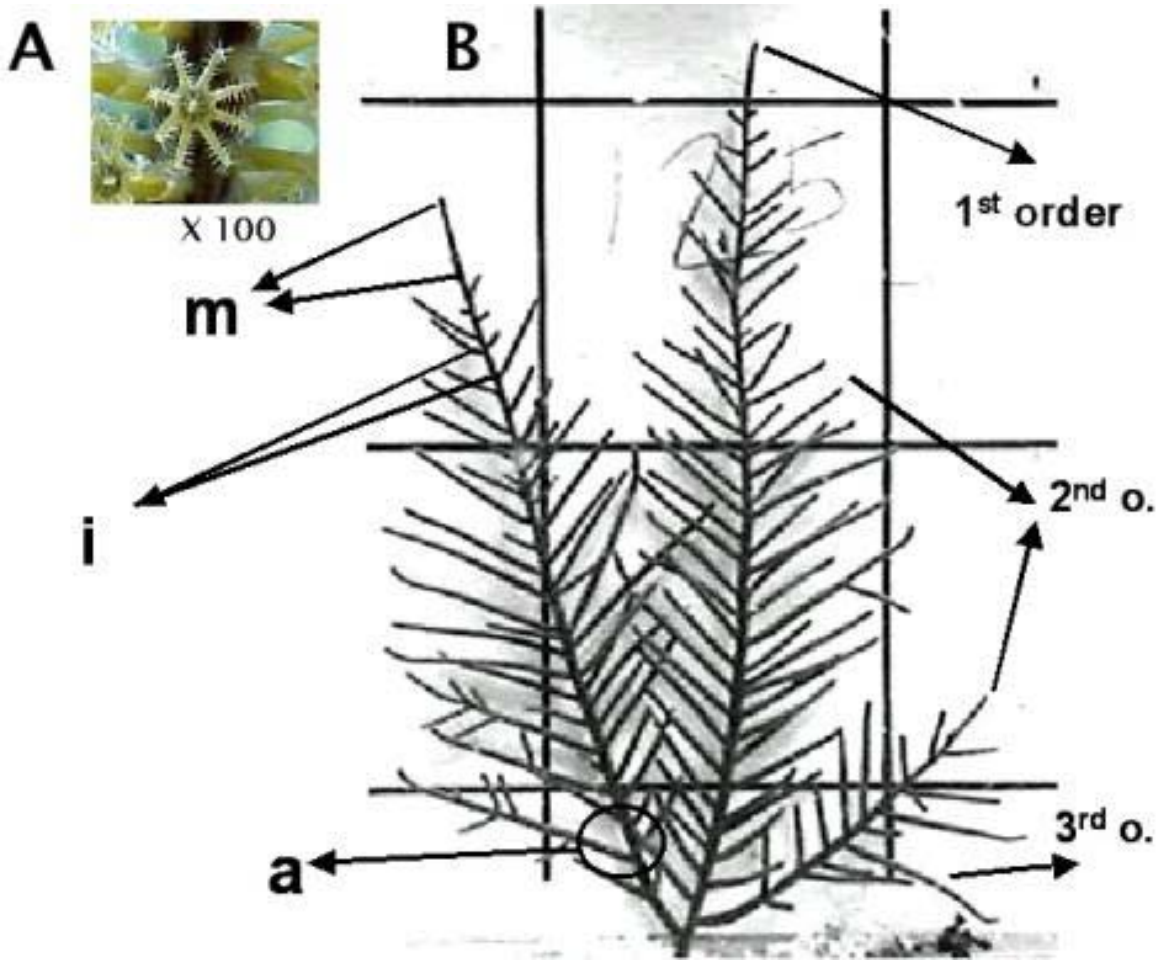


Modularni organizmi



Modularni organizmi

Struktura tijela modularnih organizama



Rast modularnih organizama

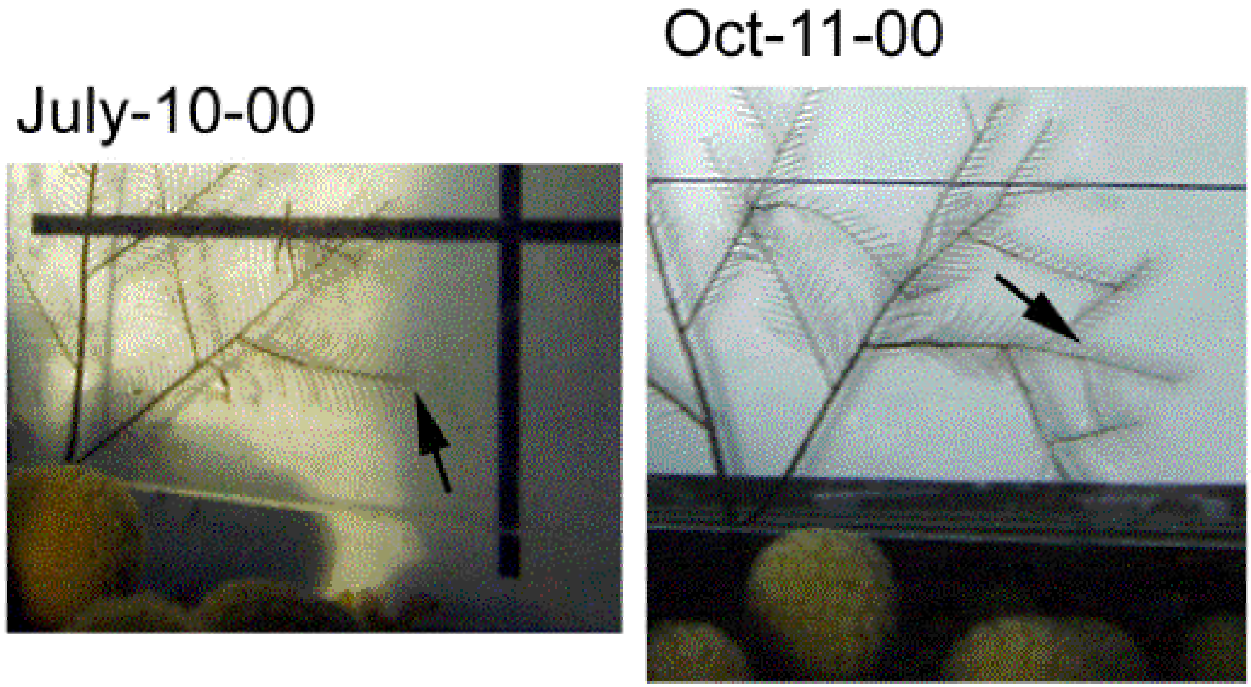


Fig. 10. Sequential images of the same colony of *Macrorhynchia robusta* (Lee Stocking island, Bahamas, 6.5 m), The arrows remark the same point in the colony. Please note multiple branching in the right image.

Rast modularnih organizama

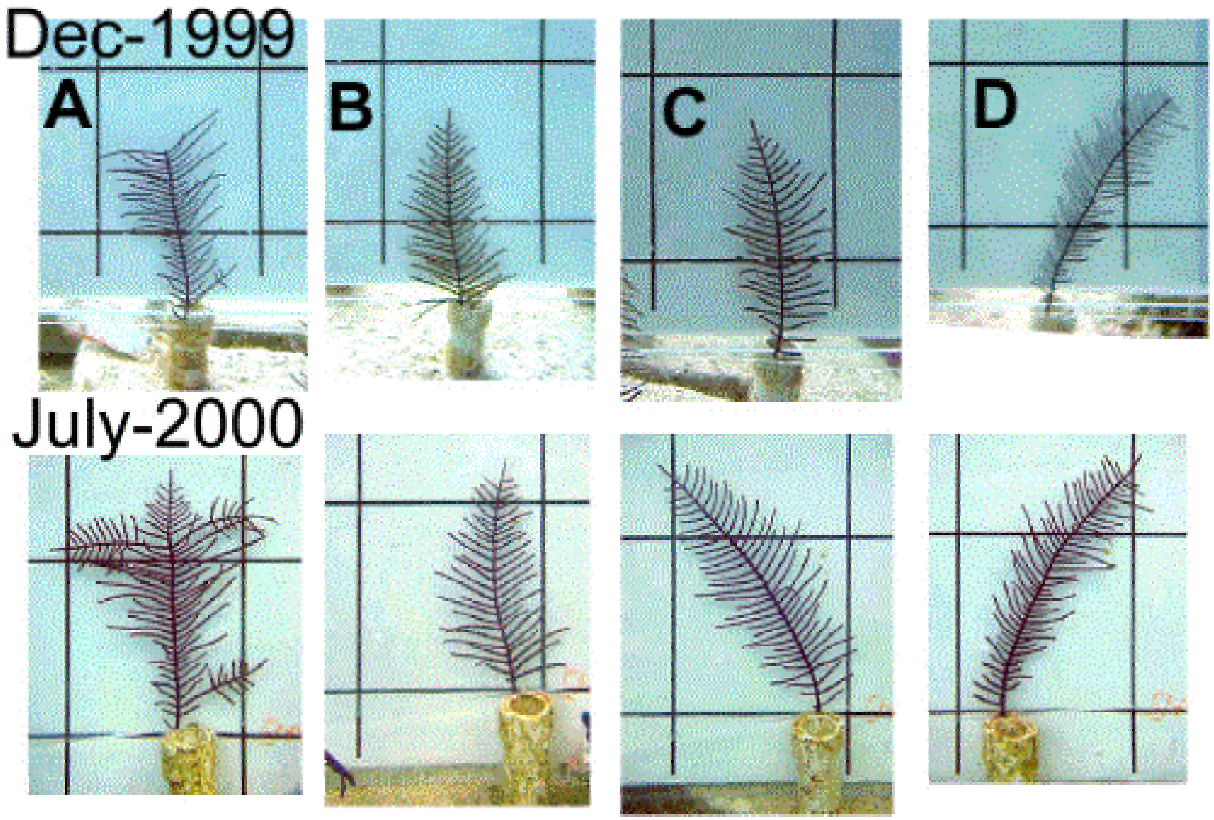


Figure 11. Sequential digital images of three colonies (A and B are the two halves of one colony) of *Pseudopterogorgia bipinnata* (Bahamas), on the same experimental tray (concrete blocks and 4 PVC tubes).

Teritorijalnost i prostorna struktura populacija

- Jedan od fenomena vezanih za ponašanje životinja koji utječe na prostornu strukturu populacija je **teritorijalnost**
- Teritorijalnost je oblik prostorne izolacije kada jedinka ili skupina jedinki aktivno brani svoj areal aktivnosti ili neki njegov dio **(teritorij)**
- Ovaj je oblik ponašanja vrlo rasprostranjen i nalazimo ga gotovo kod svih skupina životinja
- Obrana teritorija ima funkciju osiguravanja potrebnih resursa koje taj teritorij pruža (hrana, zaklon itd.)
- Neke su životinje teritorijalne tijekom čitavog životnog ciklusa, dok se druge, što je češće, ponašaju teritorijalno samo tijekom nekih faza svog životnog ciklusa (npr. za vrijeme parenja, ležanja na jajima, podizanja mladih itd.)
- Teritorijalnost smanjuje gustoću populacije i često vodi k ravnomjernoj disperziji jedinki

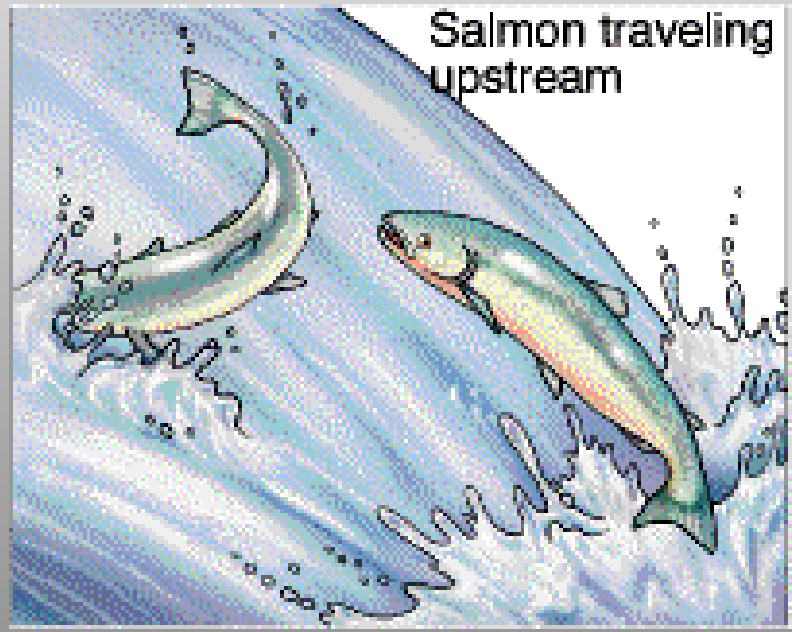
Rasprostranjenje organizama i prostorna struktura populacija

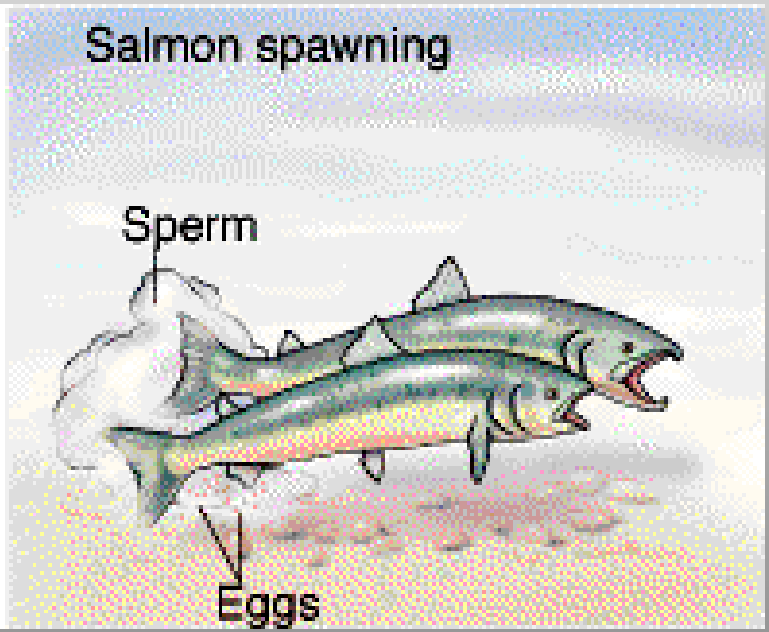
- Jedinke imaju tendenciju kretanja između populacija i takvo se kretanje obično naziva **rasprostranjenje**
- Kada govorimo u odnosu na određenu populaciju, ova kretanja jedinki možemo označiti kao **migracije**, pri čemu razlikujemo **emigraciju** (odlazak iz populacije) i **imigraciju** (dolazak u populaciju)
- Gibanje mladih jedinki od mjesta rađanja naziva se **natalno rasprostranjenje**
- Rasprostranjenje je vrlo teško direktno mjeriti, pogotovo duž velikih udaljenosti, pa se mnoge procjene rasprostranjenja rade na temelju genetičke strukture populacija
- Prva direktna mjerenja rađena su na vinskoj mušici

Tipovi migracija s obzirom na životni ciklus organizama

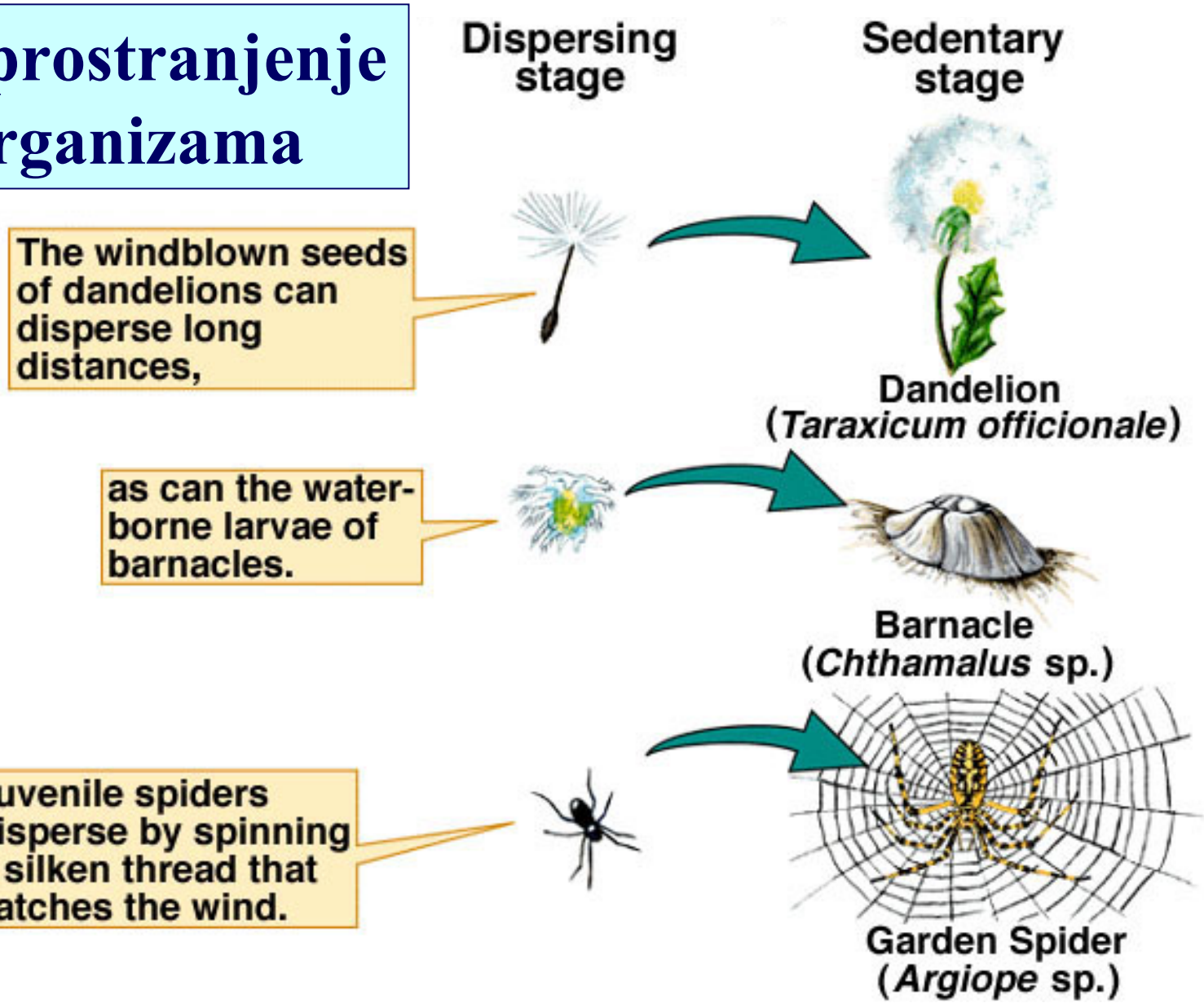
Stanište 1	I. Višekratne povratne migracije	Stanište 2
	1. DNEVNE MIGRACIJE	
Epilimnion	***Planktonske biljke i životinje***	Hipolimnion
Područje prehrane	***Šišmiši, mnoge ptice***	Područje odmora
	2. GODIŠNJE MIGRACIJE	
Voda	***Žabe, daždevnjaci***	Kopno
Planine	***Jelen, los***	Doline
Paleoarktik	***Ptice selice***	Savane
Tundra	***Karibu***	Umjerene šume
Antarktička mora	***Kit***	Tropska mora
Stanište 1	**II. Jednokratne povratne migracije**	**Stanište 2**
Sargaško more	***Jegulja***	Europske rijeke
Američke rijeke	***Losos***	Pacifički ocean
Staništa ličinki	***Mnogi kukci (leptiri, muhe itd.)***	Staništa odraslih
Stanište 1	**III. Migracije u jednom smjeru**	**Stanište 2**
Sjeverna Europa	***Više vrsta leptira***	Južna Europa

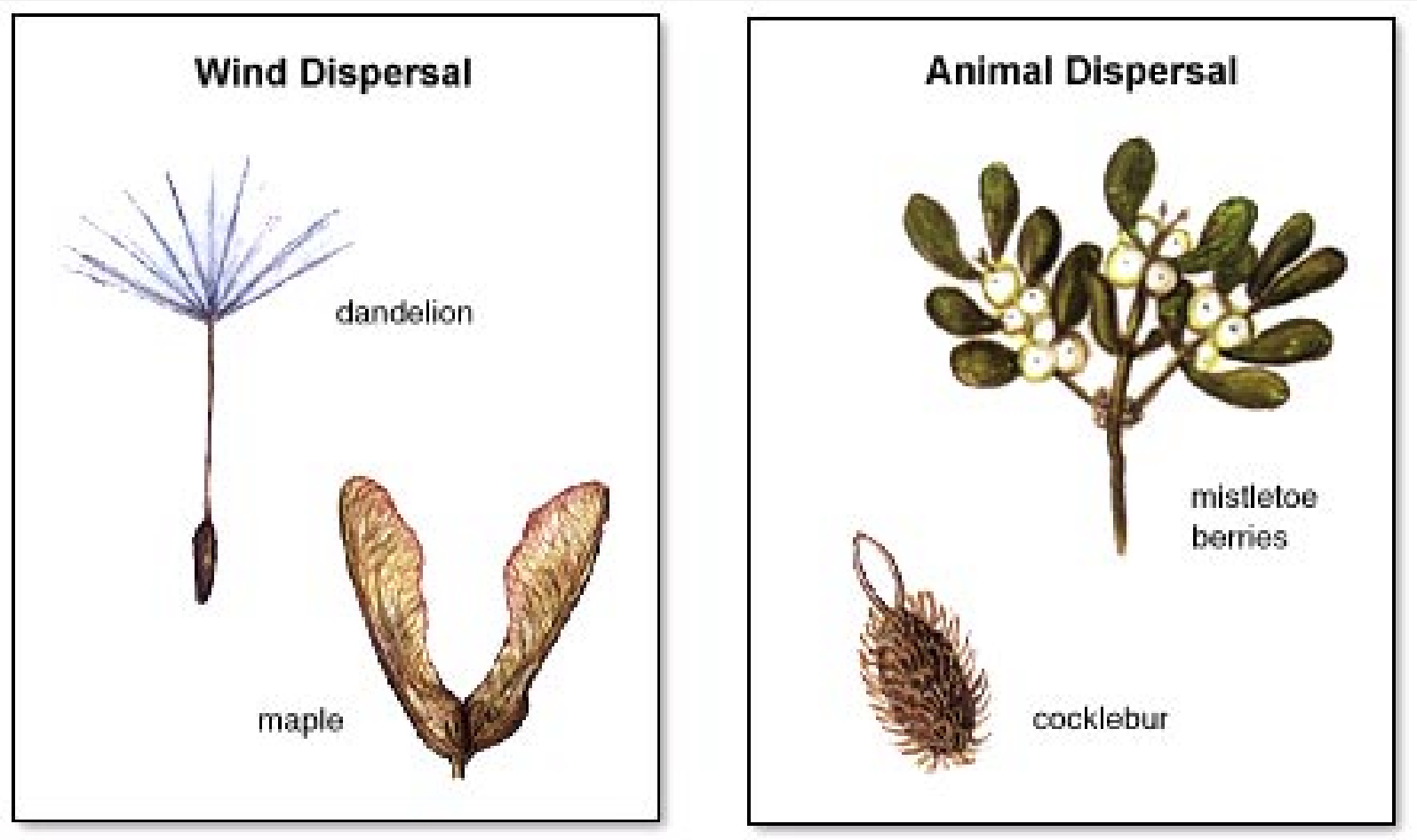
Losos u cilju parenja poduzima opsežne migracije iz morskog okoliša prema gornjim tokovima rijeka gdje se mrijesti





Rasprostranjenje organizama





Plodovi/sjemenke biljaka prilagođenih na rasprostranjenje putem vjetra i putem životinja

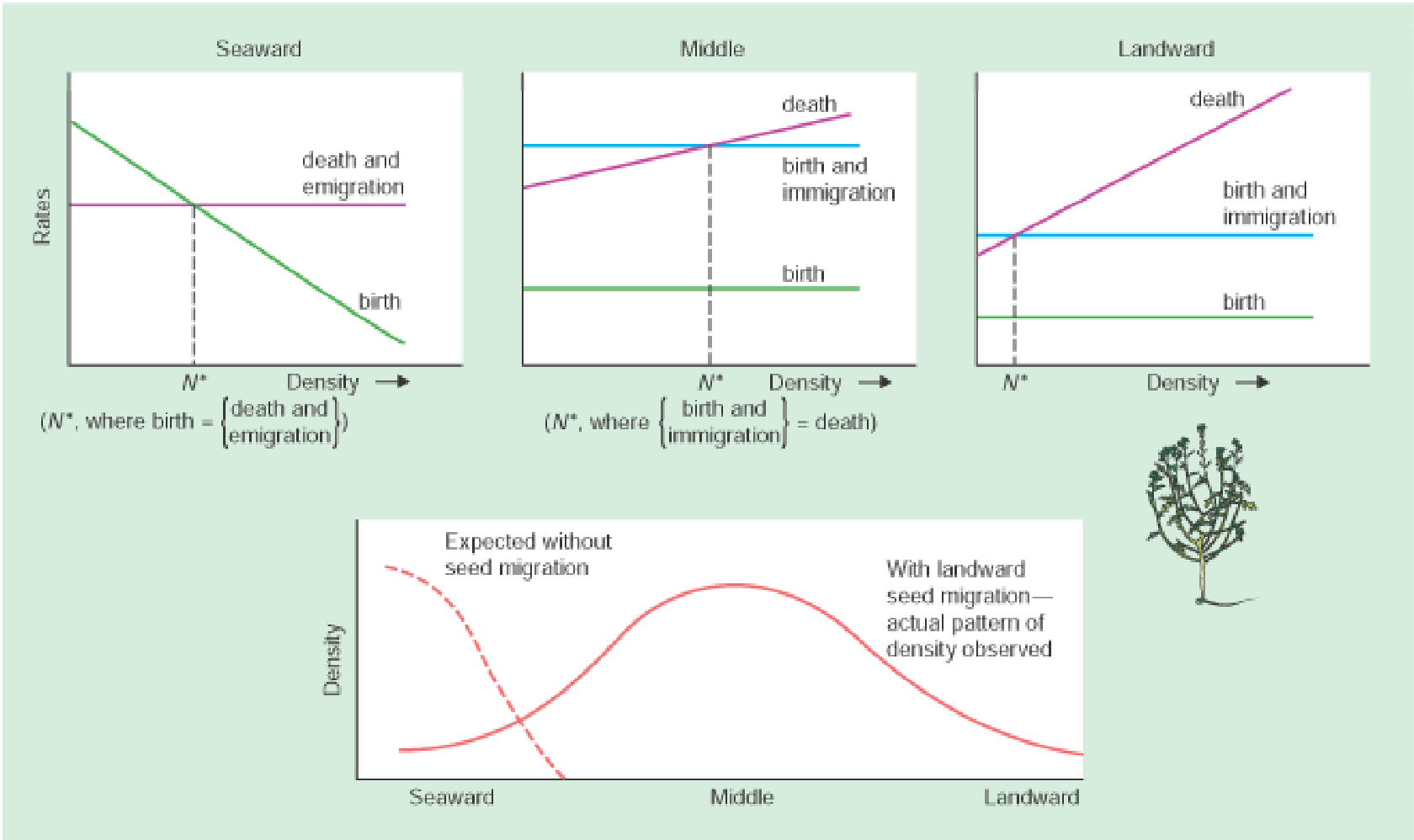
Kod četinara se oplodnja događa uz pomoć vjetra, a vrlo često vjetar ima važnu ulogu i u rasprostranjenju njihovog sjemenja

Rasprostranjenje biljaka i sesilnih životinja u vodenim okolišima odvija se preko sjemenki i ličinačkih stadija. Pri tome im najčešće pomaže gibanje zraka, vode ili životinja

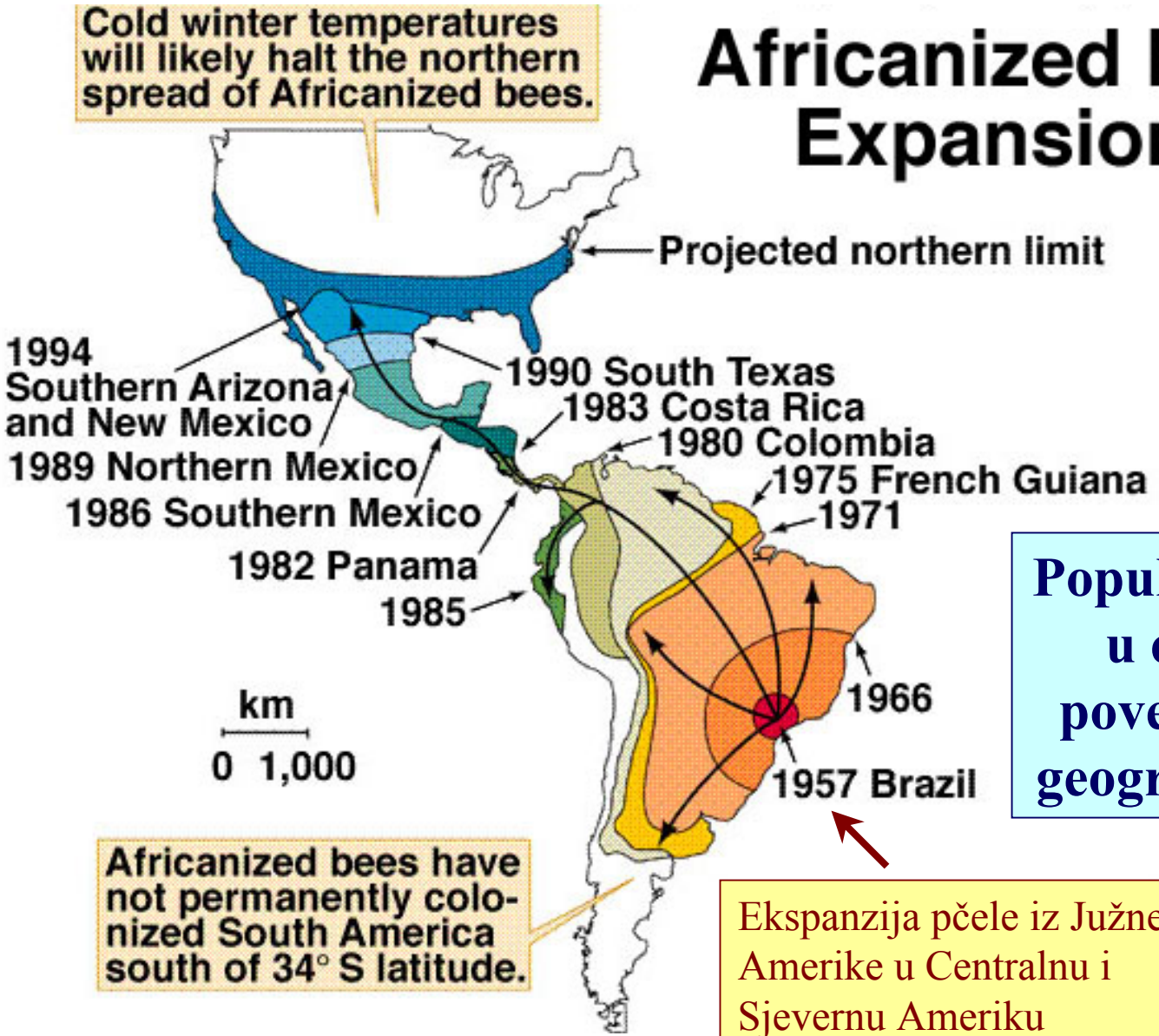
Ponekad biljke razvijaju različite mehanizme kojima aktivno sudjeluju u rasprostranjenju sjemenaka

“Balističko rasprostranjenje sjemenaka”

Rasprostranjenje određuje abundanciju



Jednogodišnja biljka *Cakile edentula* najveće gustoće populacija dostiže u središtu pješćanih dina dok njihova gustoća opada kako prema moru, tako i prema kopnu. Proizvodnja sjemenaka nadilazi mortalitet jedino u blizini mora, ali se u središtu dina i prema kopnu to nadoknađuje rasprostranjenjem sjemenaka iz područja bližeg moru

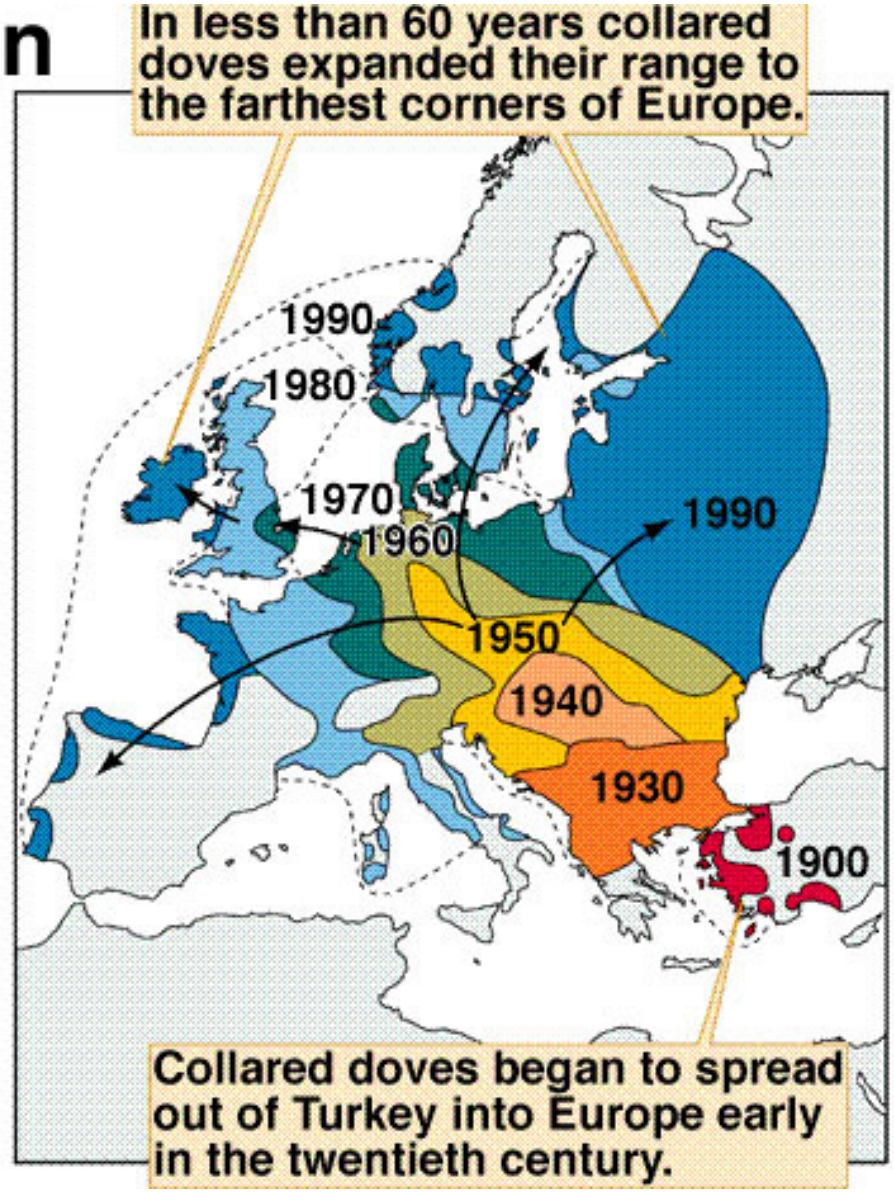


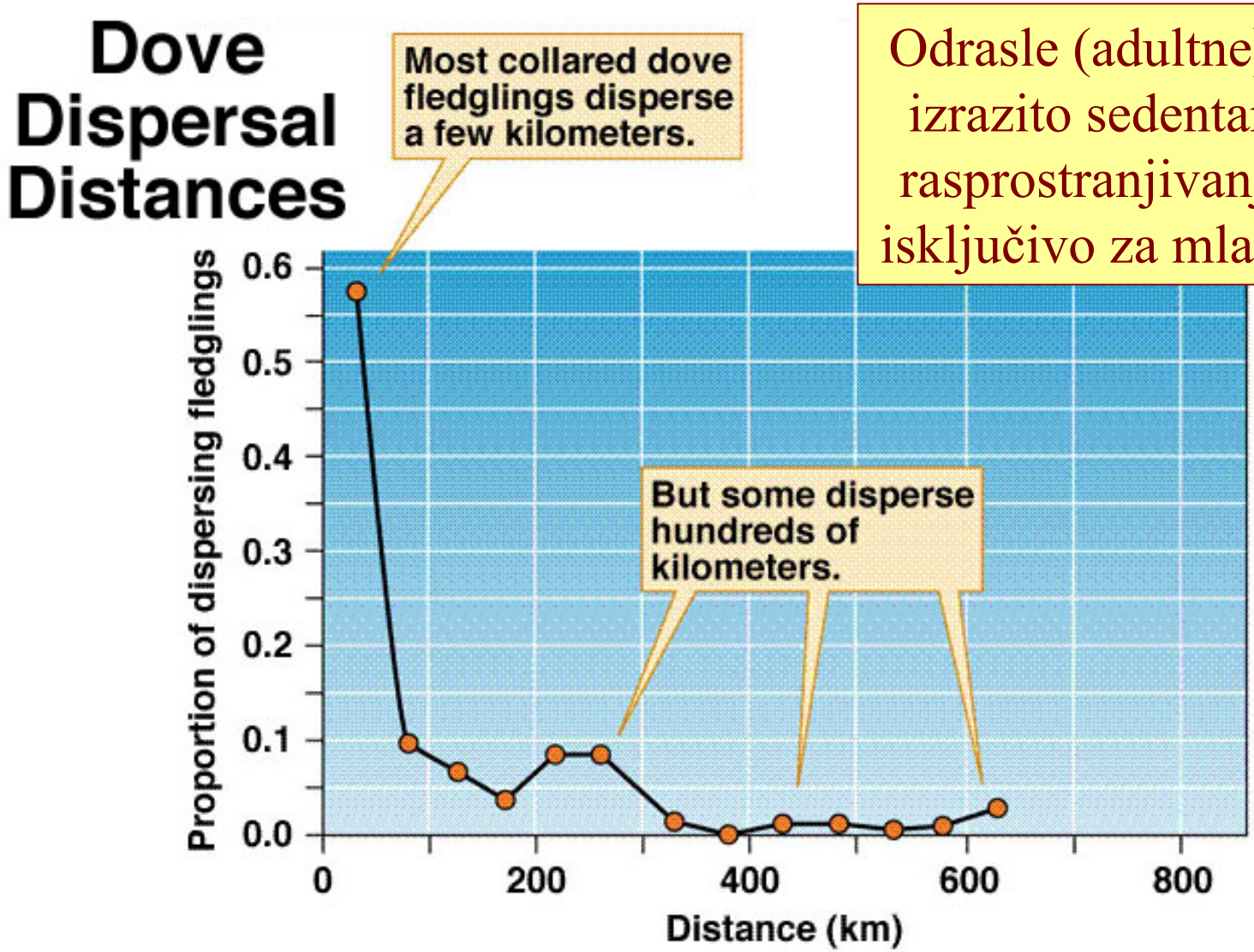
Populacije koje su u ekspanziji povećavaju svoj geografski raspon

Ekspanzija pčele iz Južne Amerike u Centralnu i Sjevernu Ameriku

Dove Expansion

Ekspanzija grlice u Europi

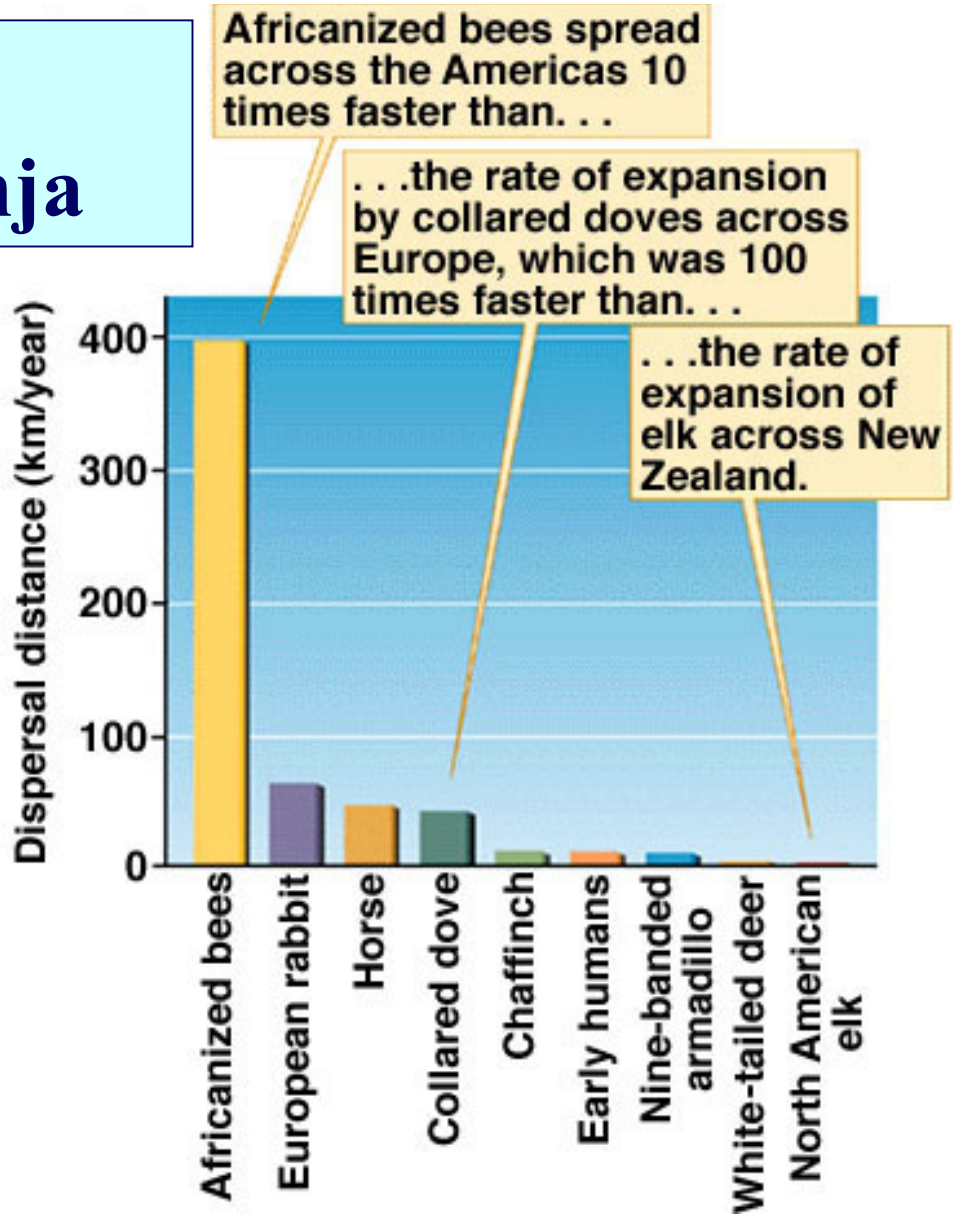




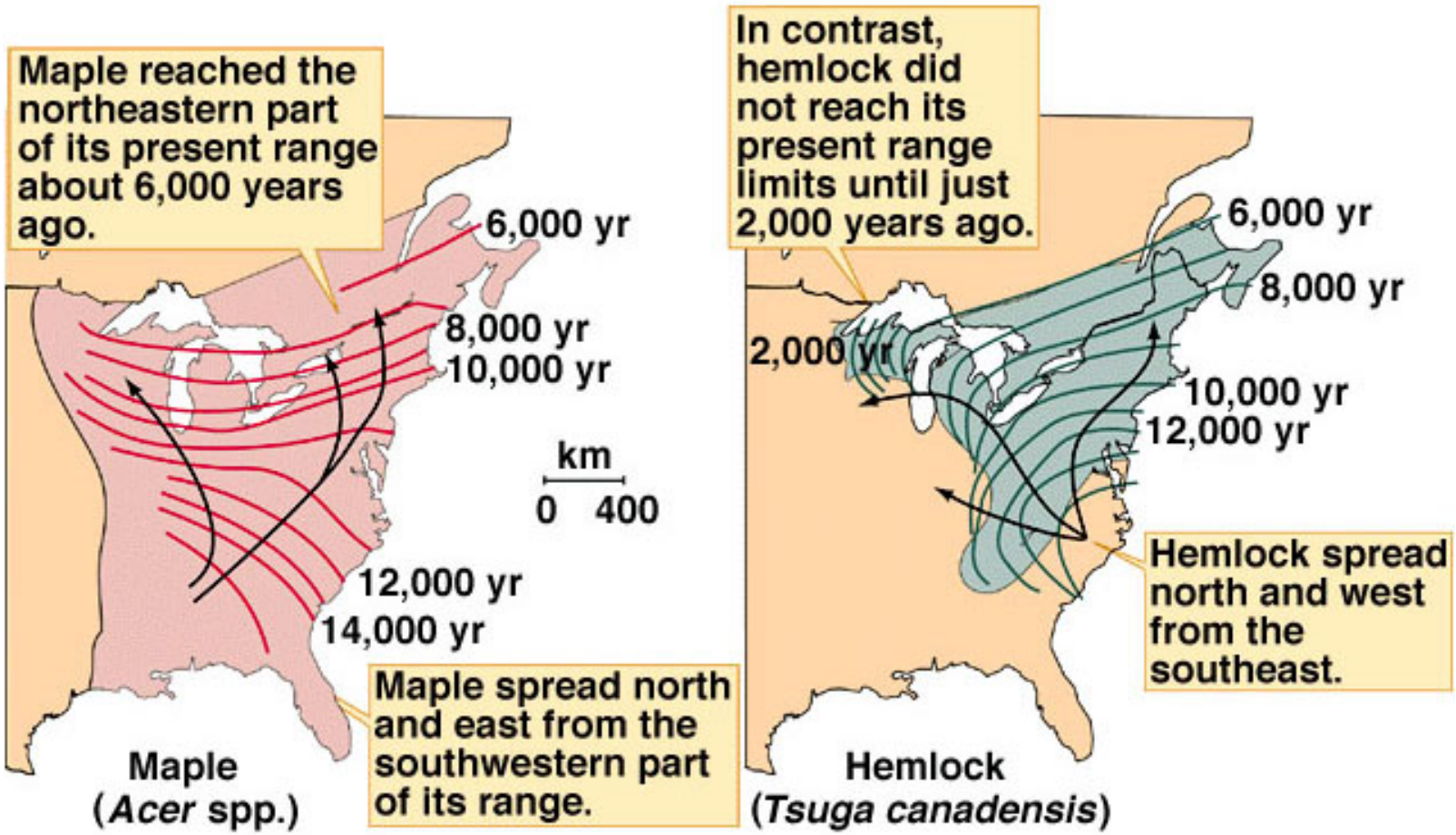
Odrasle (adultne) grlice su izrazito sedentarne, pa je rasprostranjivanje vezano isključivo za mlade jedinke

Brzina rasprostranjenja

Brzina rasprostranjenja različitih vrsta sisavaca i ptica varira i do tri reda veličine, ali je općenito mala u usporedbi s brzinom rasprostranjenja pčela. Dok se pčele rasprostranjuju brzinom od oko 400 km godišnje, dotle na primjer brzina rasprostranjenja jelena iznosi svega oko nekoliko stotina metara godišnje



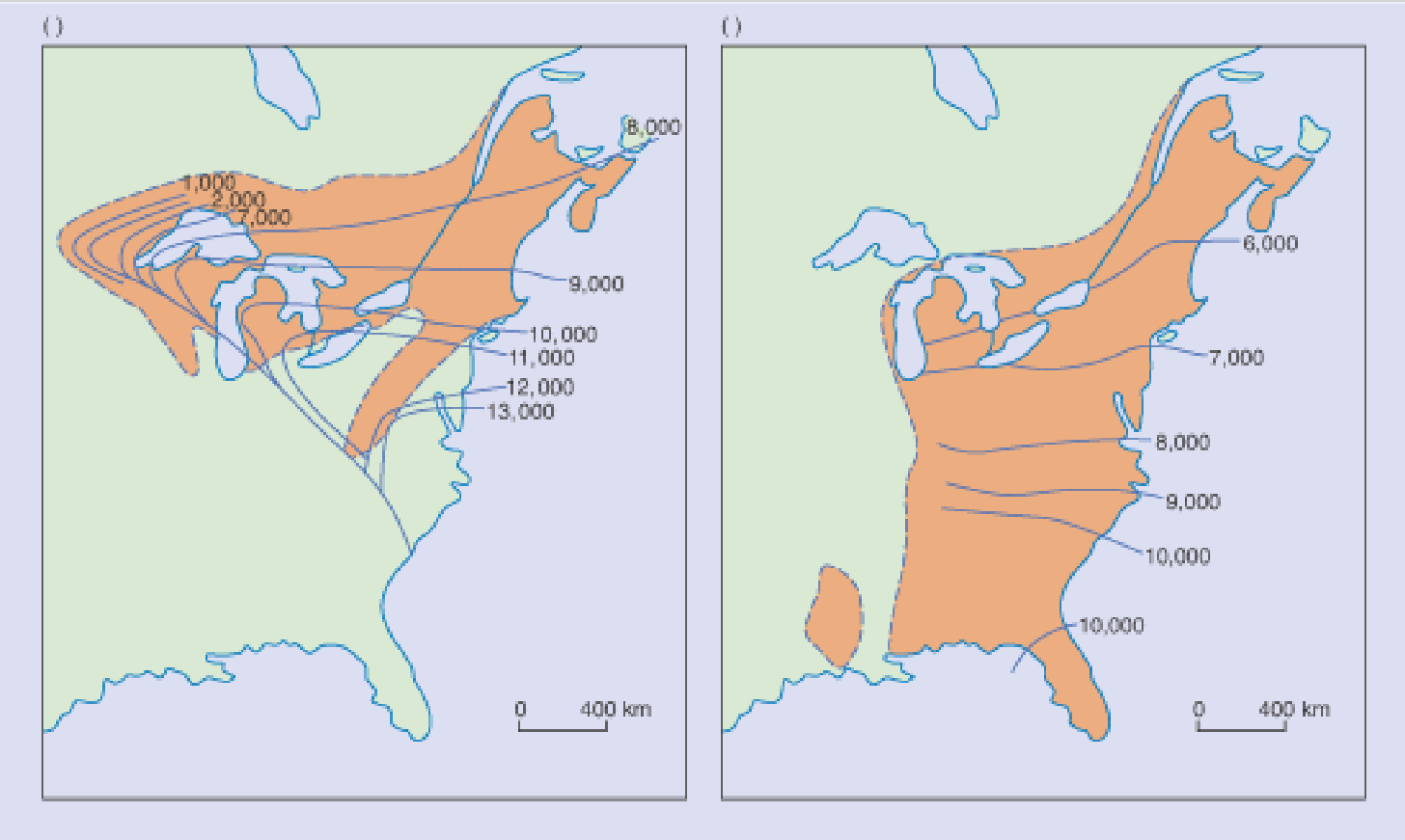
Ekspanzija biljaka prema sjeveru sjevernoameričkog kontinenta nakon povlačenja glečera prije 16000 god.



Javor se rasprostranjivao brže i dostigao svoju sjevernu granicu prije 6000 godina

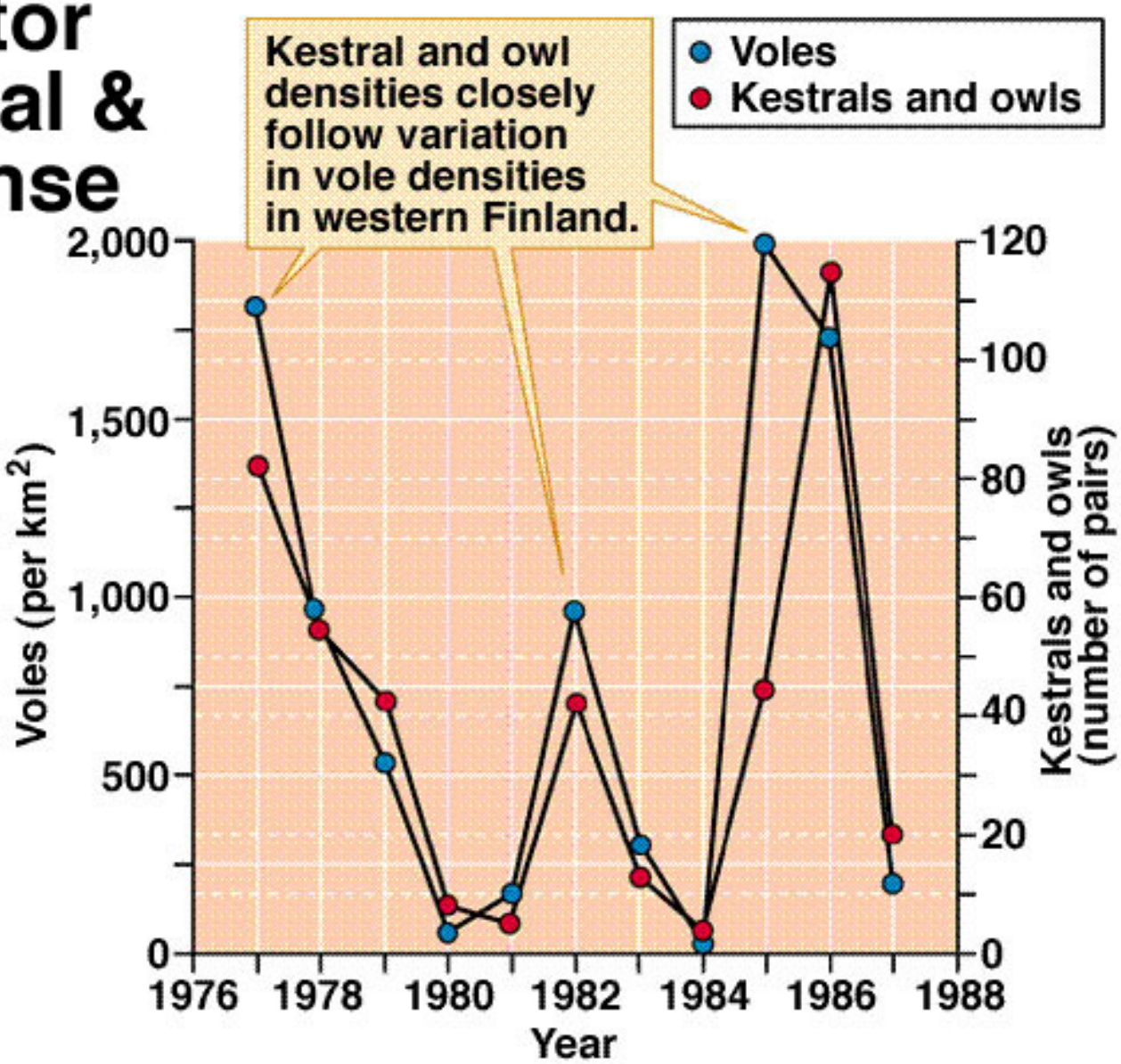
Kanadska čuga (crnogorično stablo) se rasprostranjivala sporije, te je svoju sjevernu granicu dostigla prije 2000 god

Ekspanzija bora (*Pinus strobus*) i bukve (*Fagus grandifolia*) prema sjeveru sjevernoameričkog kontinenta nakon povlačenja glečera. Brojevi na slici predstavljaju broj godina u prošlost.



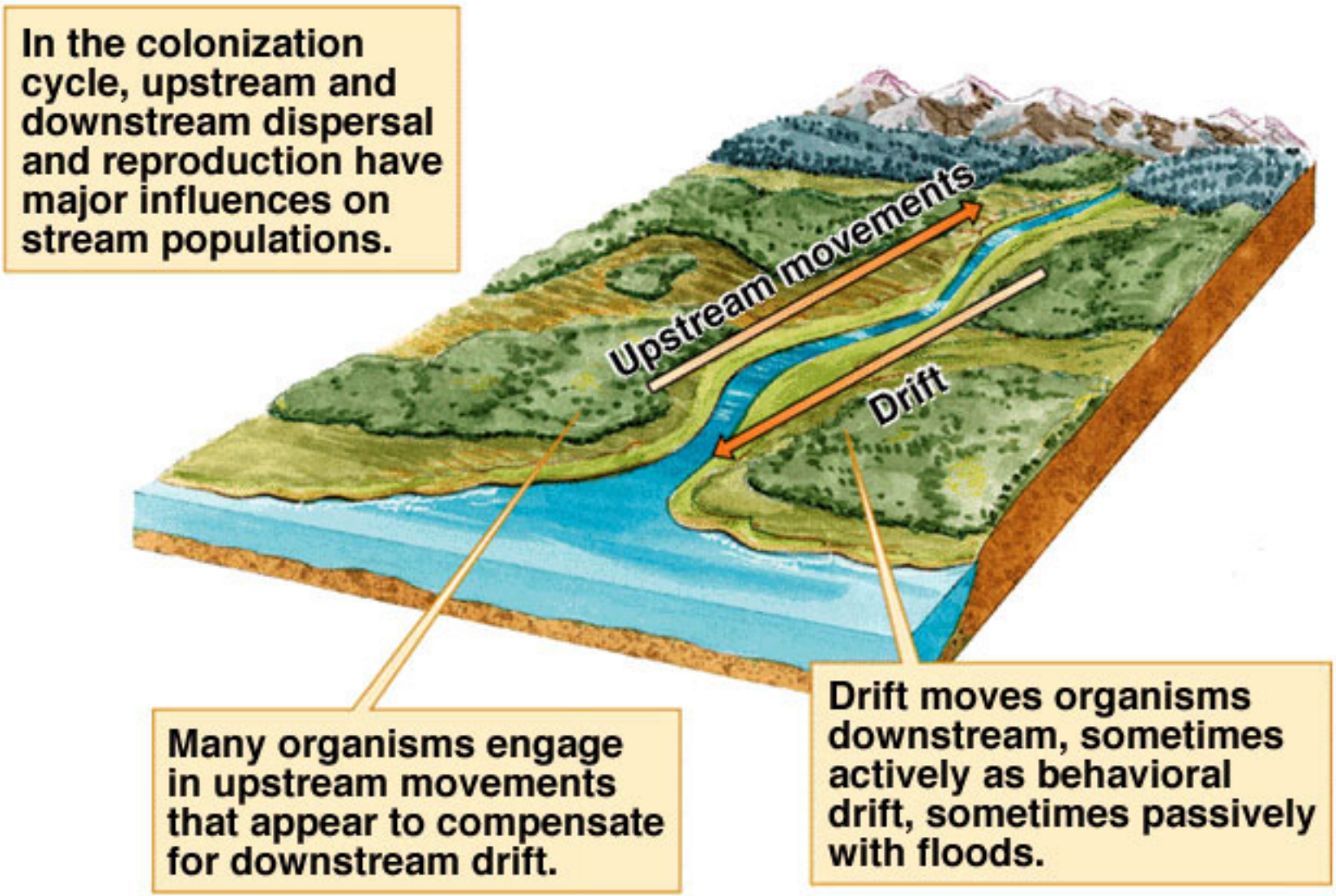
Predator Dispersal & Response

Rasprostranjenje predatora (vjetruše i sove) ovisilo je o brojnosti njihovog plijena (voluharice) na različitim lokacijama. Na taj je način broj predatora striktno pratio promjene brojnosti plijena

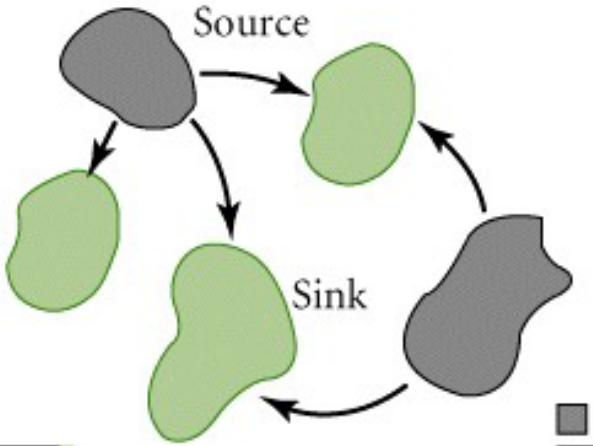


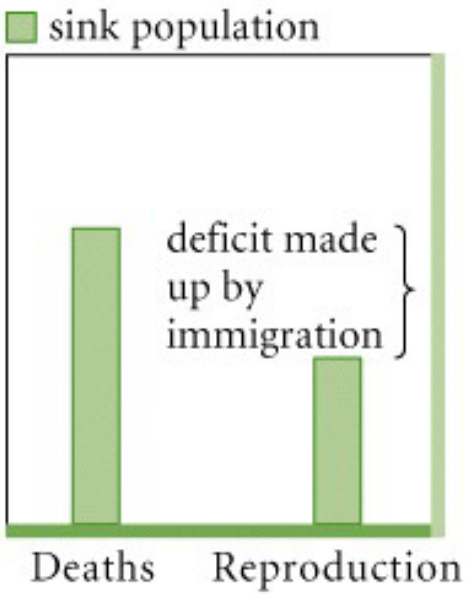
Rasprostranjenje u tekućicama

Uzvodno i kompenzacijsko nizvodno strujanje **(kolonizacijski ciklus)** vrši uz reprodukciju najvažniji utjecaj na populacije u tekućicama



Populacije iz visoko kvalitetnih staništa proizvode višak potomaka (produkcija veća od smrtnosti) (**izvorišne populacije**), koji se rasprostranjuju u manje povoljna staništa, u kojima imigracija nadoknađuje slabu produktivnost populacije (smrtnost veća od produkcije) (**prihvatne populacije**)





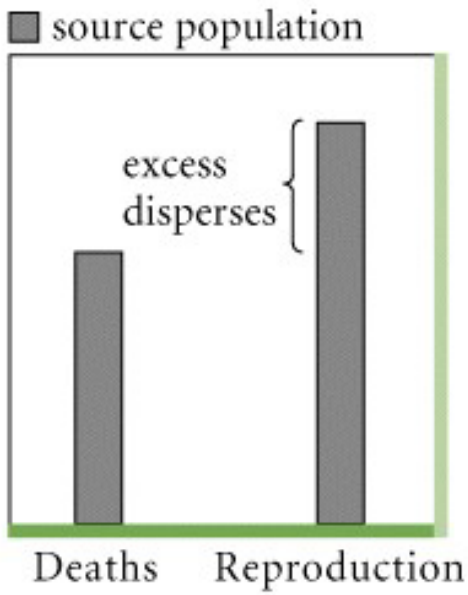


TABLE 14-2 Comparison of the density and productivity of blue tit (*Parus caeruleus*) populations from deciduous and evergreen oak woodlands

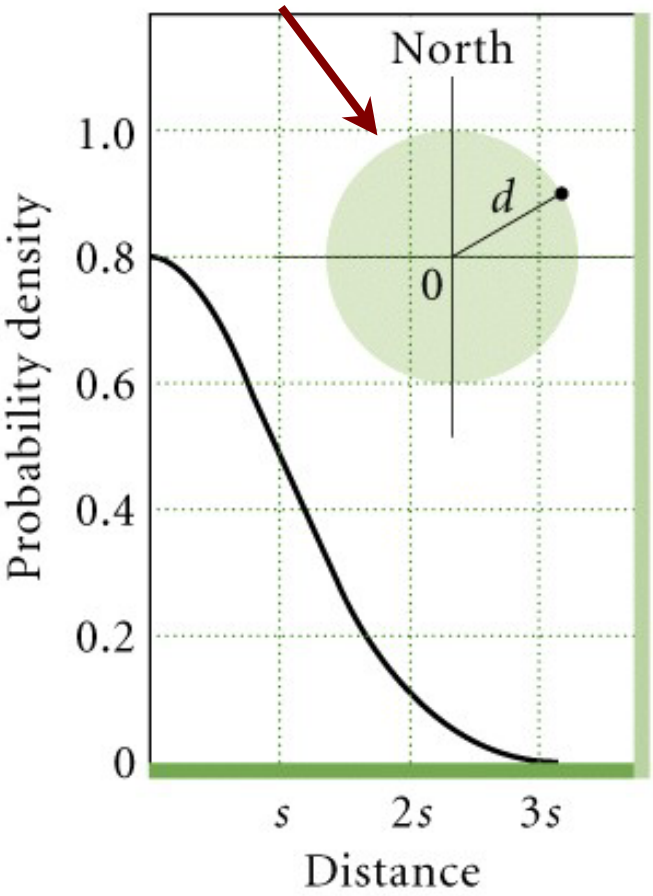
	Habitat	
	Deciduous oak	Evergreen oak
Breeding density (pairs/100 ha)	90	14
Laying date (average)	April 10	April 21
Clutch size	9.8	8.5
Survival to fledging	0.60	0.43
Fledglings per parent	2.9	1.8
Probable number of recruits per parent	0.59	0.37
Likelihood of death of parent	0.50	0.50
Net productivity per parent	+0.09	−0.13
Type of population	Source	Sink

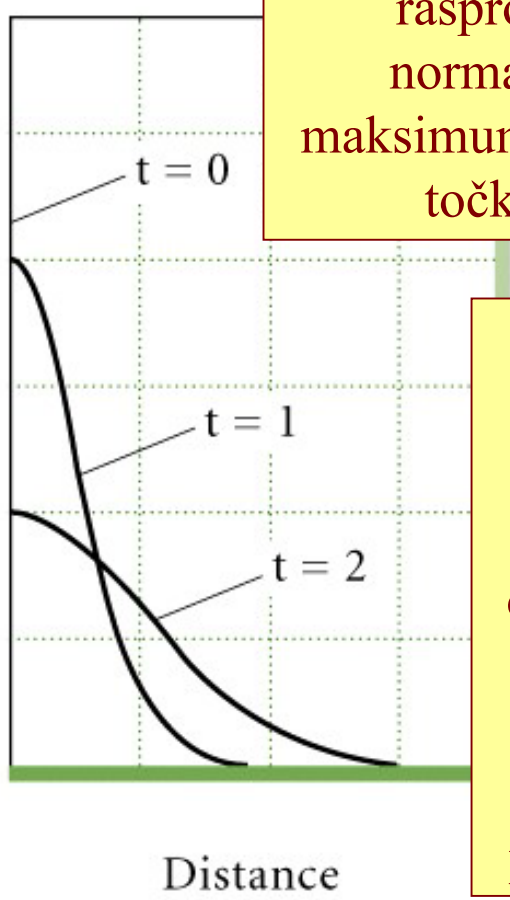
(From Blondel et al. 1993.)

Za plavu sjenicu šume listopadnog hrasta predstavljaju povoljnije stanište koje podržava izvorišne populacije; dok su šume zimzelenog hrasta manje povoljne i podržavaju prihvatne populacije

Matematički opis rasprostranjenja

Rasprostranjenje može biti u bilo kojem pravcu od ishodišne točke





Vjerojatnost nalaženja jedinke na nekoj udaljenosti od početne točke rasprostranjenja opisana je normalnom razdiobom, čiji maksimum koincidira s ishodišnom točkom (udaljenost = 0)

Pogodan pokazatelj (indeks) udaljenosti rasprostranjenja predstavlja standardna devijacija (s) normalne razdiobe udaljenosti rasprostranjenja, koja raste u direktnoj proporciji s vremenom

Primjer: Rasprostranjenje vinske mušice (Crumpacker and Williams, 1973)

Mušice su obilježene fluorescentnom bojom i zatim lovljene u lovkama smještenim (u 8 smjerova) u pravilno razmaknutim koncentričnim krugovima do udaljenosti od 351 m od točke puštanja

Nakon jednog dana rasprostranjenja prosječna standardna devijacija udaljenosti rasprostranjenja iznosila je $s_1 = 155$ m

Varijanca udaljenosti rasprostranjenja nakon 2 dana je $2s_1^2 = 2 \times 155^2 = 48.050$ m^2 = 209,2 m; nakon 4 dana = $4s_1^2 = 4 \times 155^2 = 96.100$ m^2 = 310 m; ili općenito nakon t dana = ts_1^2

Ukoliko vinska mušica u prosjeku živi 23 dana, može se očekivati da će se tijekom životnog vijeka pomaknuti za oko 724 m ($23 \times 155^2 = 524.423$ m^2 = 724 m)

Veličina susjedstva

- Veličina susjedstva predstavlja indeks broja jedinki u populaciji koje su potencijalno u jakim interakcijama
- Veličina susjedstva je broj jedinki unutar kruga čiji je radijus dvostruka standardna devijacija udaljenosti rasprostranjenja (s) tijekom prosječnog reproduktivnog života jedinke
- Površina kruga radijusa r je $2\pi r^2$, pa je površina kruga radijusa r = 2s jednaka $2\pi 2s^2$ ili $4\pi s^2$
- U primjeru s vinskim mušicama površina kruga je $4\pi s^2 = 4\pi\ 155^2 = 301.907{,}8\ m^2$
- Ako znamo gustoću populacije (kod vinske mušice iznosi oko 0.38 mušica na 100 m^2, tada se veličina susjedstva može izračunati kao: GUST. POPUL. x POVRŠINA KRUGA x PROS. ŽIVOTNI VIJEK
- Dakle, za vinske mušice veličina susjedstva iznosi

$(0.38/100\ m^2) \times (301.97{,}8\ m^2) \times (23) = 26.386{,}7$ jedinki

Procjena parametara rasprostranjenja za tri vrste kopnenih puževa

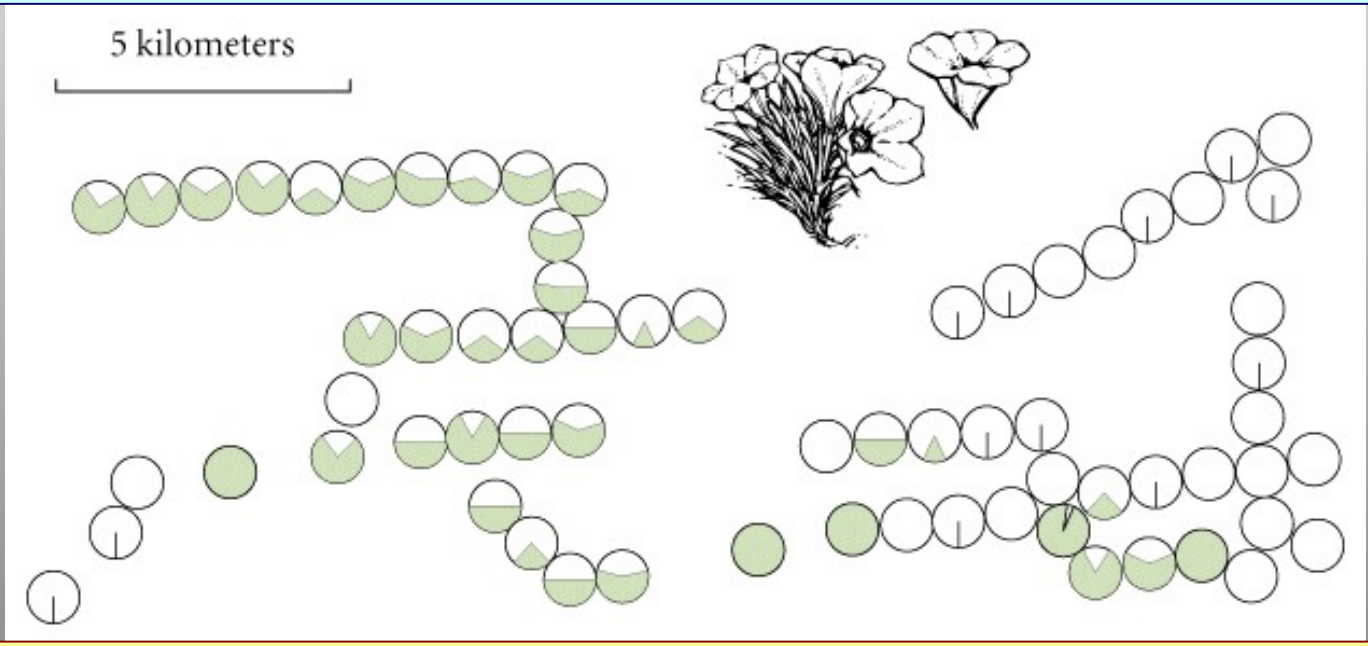
TABLE 14-3 Estimates of dispersal parameters for three populations of land snails (*Cepaea nemoralis*) in Europe

s (meters) after 1 year	Individuals per m^2	Neighborhood size (number of individuals
5.5	20	7,603
9.7	2.0	2,365
10	1.4	1,759

(From Greenwood 1974.)

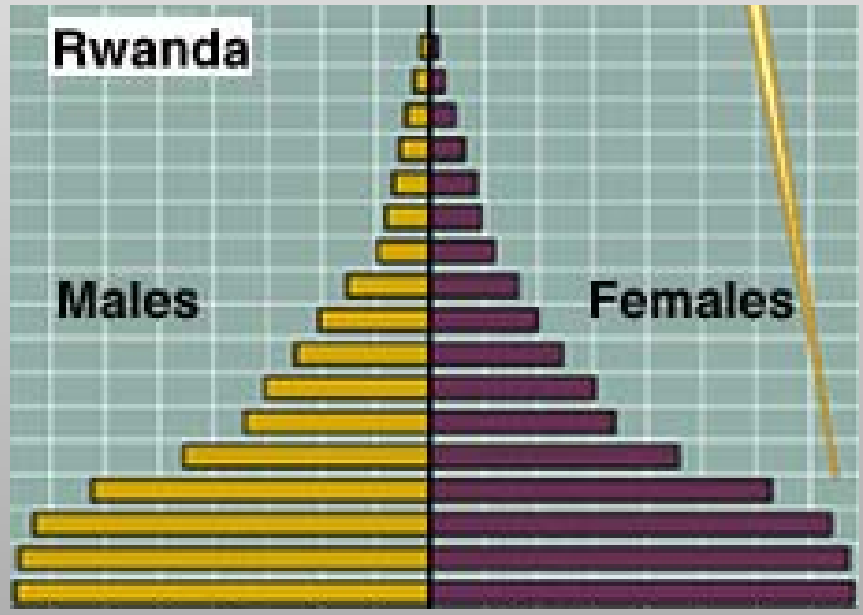
Genetička struktura populacija kao pokazatelj rasprostranjenja organizama

Kretanje jedinki može utjecati na genetičku strukturu populacije, ukoliko izmjena jedinki između populacija unosi nove genetičke varijacije brzinom koja je dovoljna da nadvlada prirodnu selekciju, mutacije i genetički drift



Frekvencija plavih cvjetova (zeleni dio kruga) kod biljke *Linanthus parryae* duž malog područja južne Karoline. Frekvencije genotipova variraju značajno na vrlo malom području, što ukazuje da su rezultat rasprostranjenja organizama (selekcija još nije stigla promjeniti genetičku strukturu)

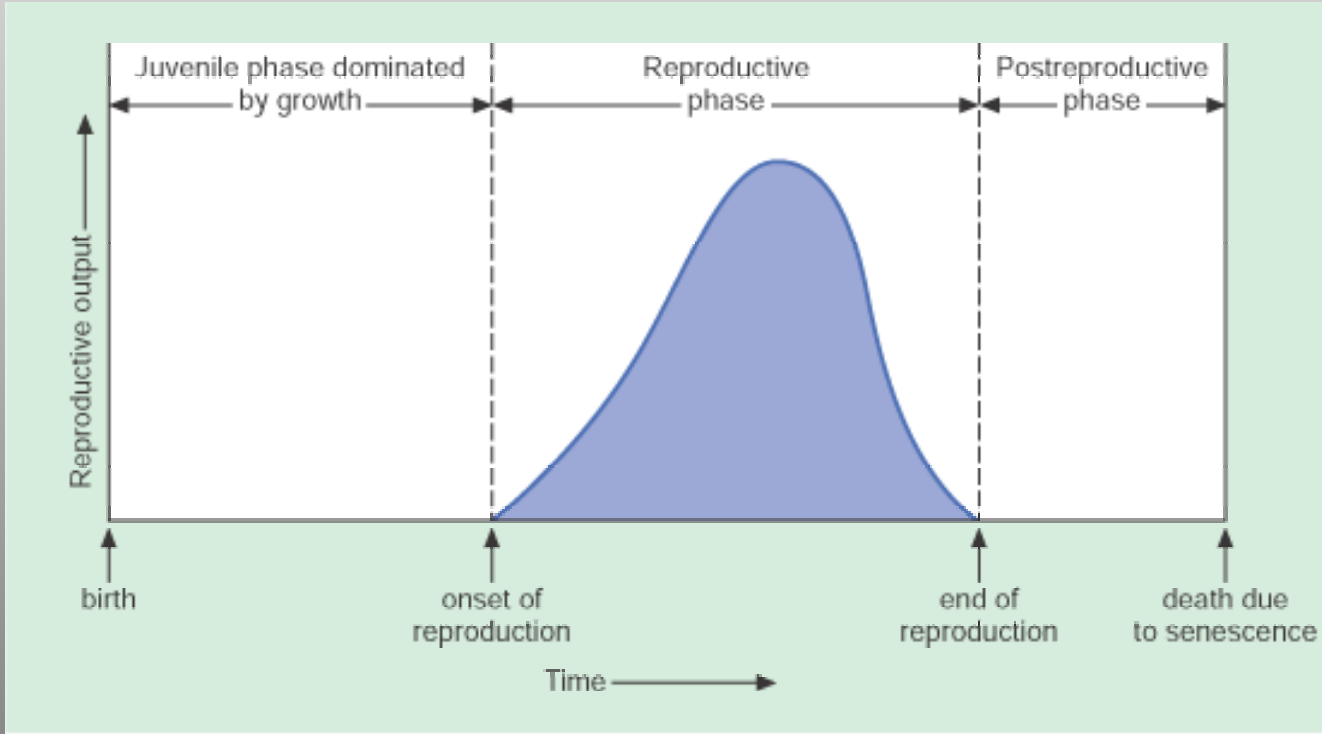
Dobna struktura populacija



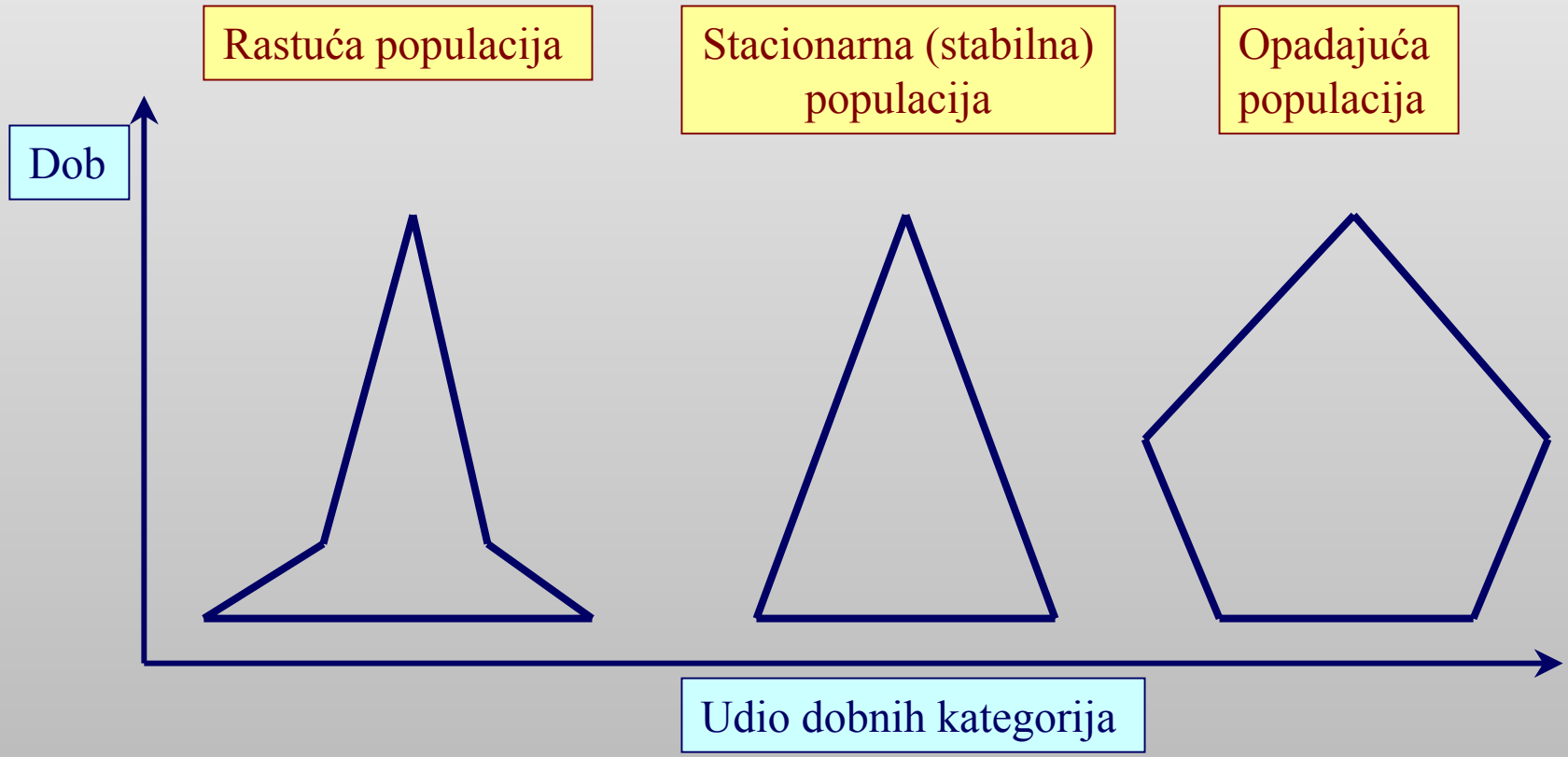
Dobna struktura populacija

- Dobna struktura populacije odražava reproduktivni uspjeh i preživljavanje jedinki u populaciji, kao i njihov potencijal za budući rast populacije (dobna struktura populacije je pokazatelj pravca kretanja populacije u danom trenutku)
- S obzirom na reproduktivnu aktivnost jedinki u populaciji mogu se razlikovati tri osnovne ekološke kategorije uzrasnih klasa
  - **Predreproduktivna kategorija** – jedinke u razdoblju razvitka do spolne zrelosti
  - **Reproduktivna kategorija** – jedinke u razdoblju spolne zrelosti
  - **Postreproduktivna kategorija** – jedinke u razdoblju od gubitka sposobnosti reprodukcije do smrti
- Relativno trajanje ovih faza vrlo je različito kod različitih vrsta

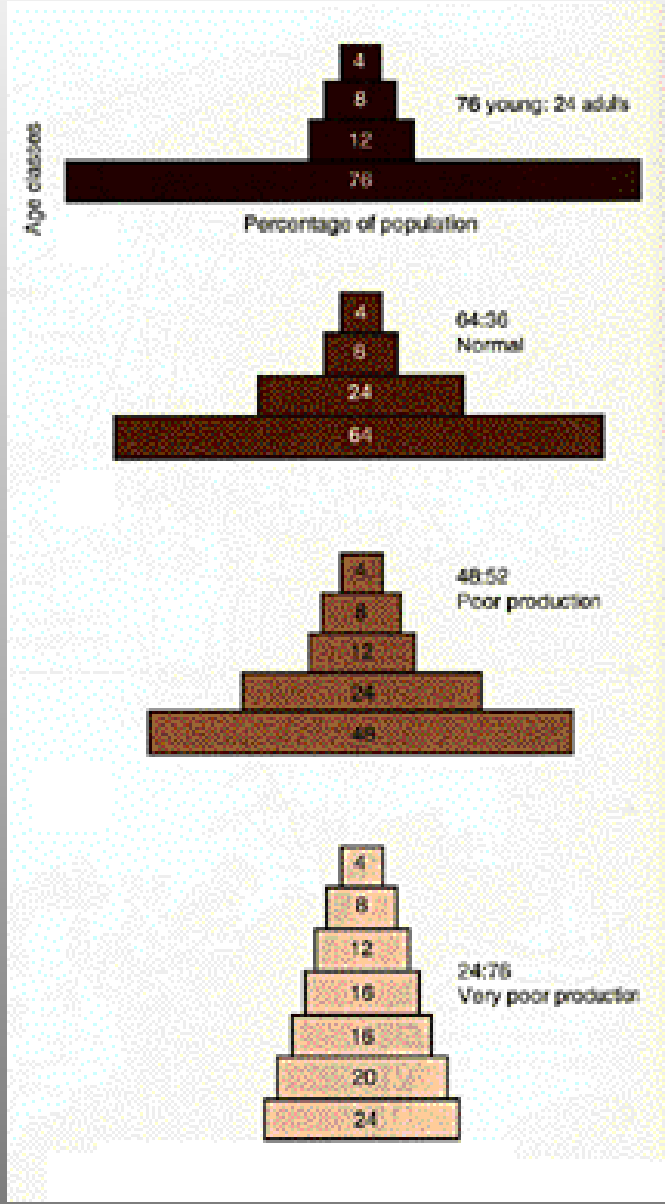
Predreproduktivna, reproduktivna i postreproduktivna faza u životnom ciklusu jedinke



Shematski prikaz osnovnih tipova dobne strukture populacija



Omjer mladi : odrasli



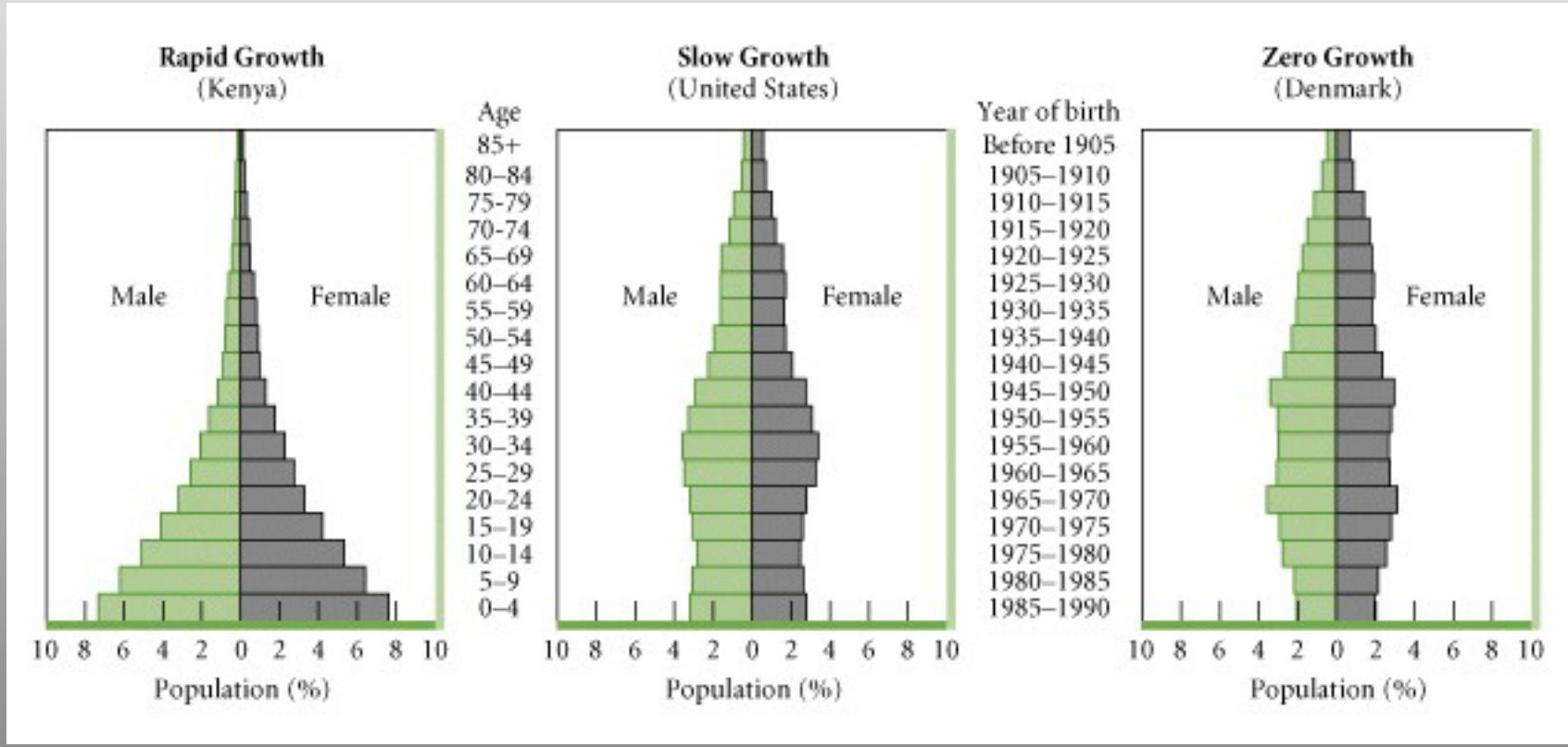
64 : 30 (“normalna” proizvodnja)

48 : 52 (slaba proizvodnja)

24 : 76 (vrlo slaba proizvodnja)

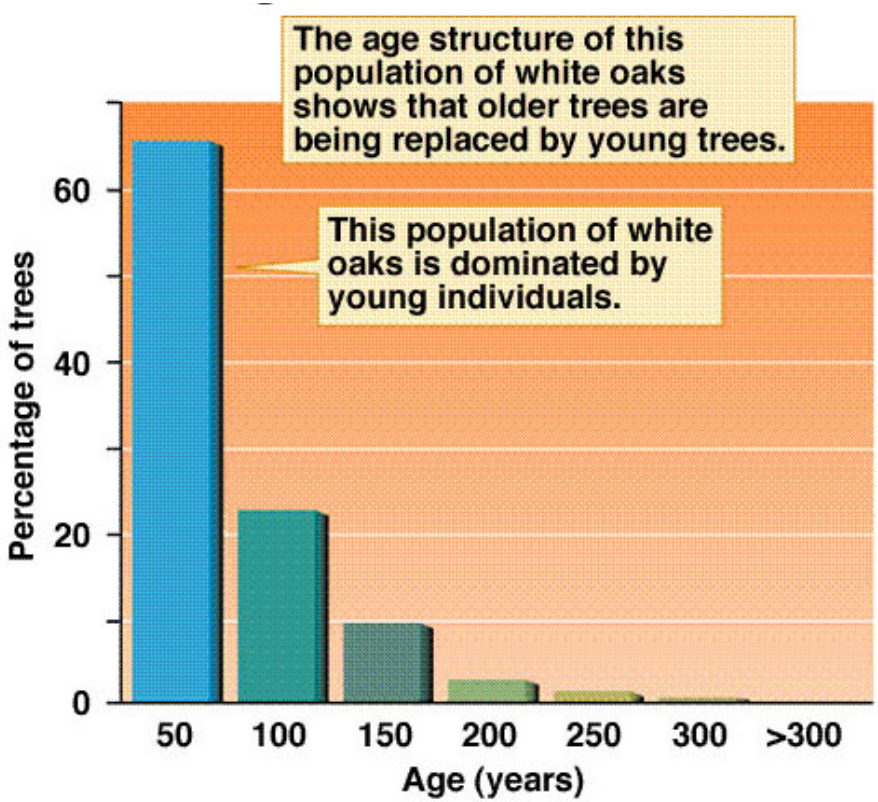
76 : 24 (visoka proizvodnja)

Tipovi uzrasnih piramida

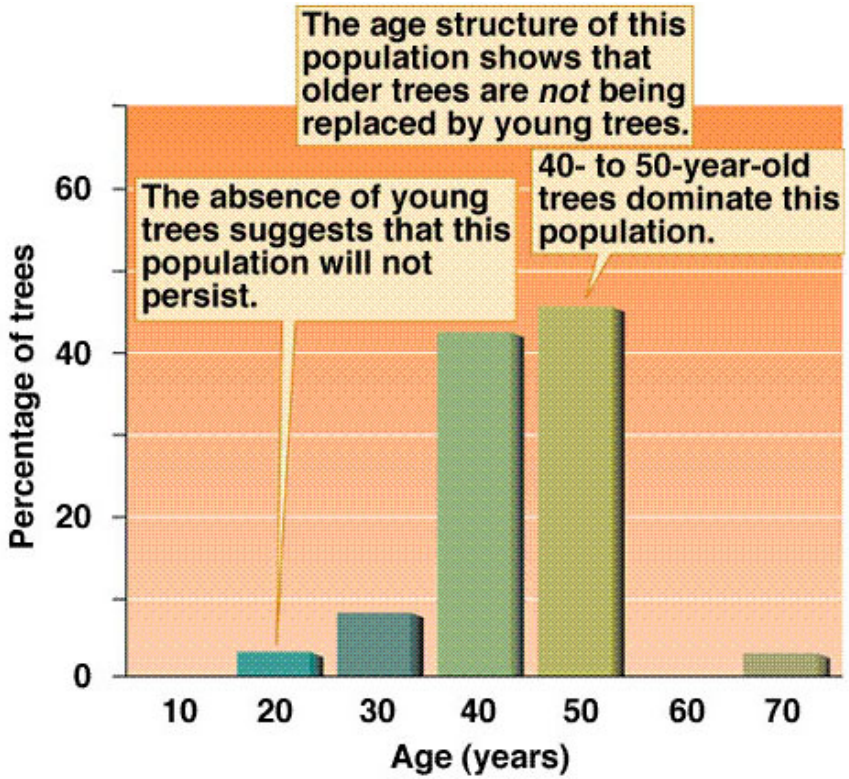


Distribucija dobnih kategorija dviju vrsta drveća

Bijeli hrast

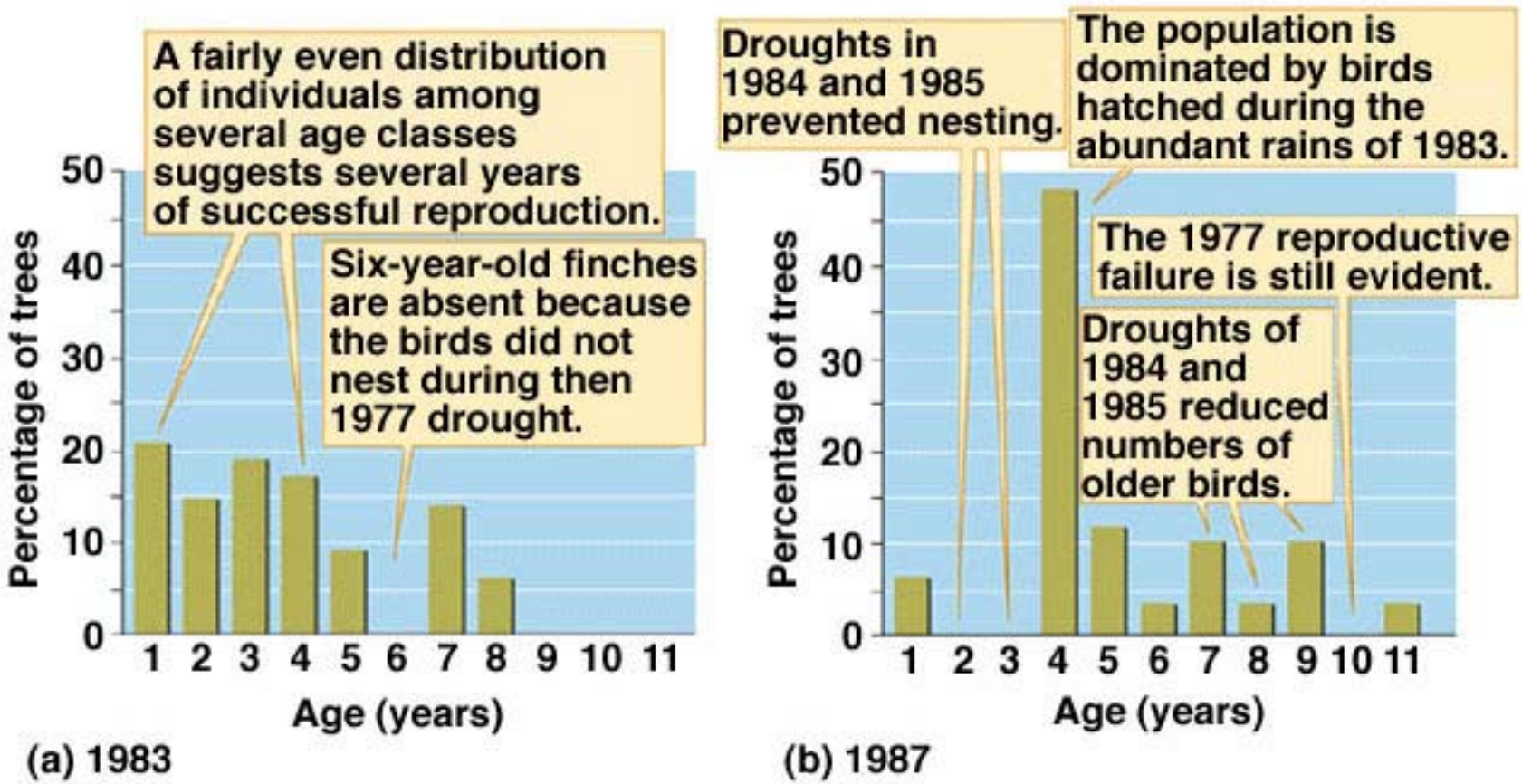


Pamukovo drvo



Dobna struktura kaktusove zebe na otoku Genovesa u otočju Galapagos

U varijabilnim okolišima dobna struktura populacija može biti vrlo složena, jer se reprodukcija može događati povremeno kada su uvjeti povoljni



Dva bitna elementa koja određuju dobnu strukturu populacije su fekunditet i mortalitet/preživljavanje

- **Fekunditet**
  - Proizvodnja novih jedinki u populaciji (faktor rasta populacije)
  - **Stopa fekunditeta (rađanja)** – proizvodnja novih jedinki u populaciji po jedinici vremena ($B = \Delta N/ \Delta t$); ili izražena po jedinki ($b = \Delta N/N\Delta t$), koja se najčešće izražava u postocima ili promilima
  - **Specifična stopa fekunditeta** – prikazana samo za određenu dobnu kategoriju ili spol (u pravilu ženski spol)
  - **Fiziološki (apsolutni; maksimalni) fekunditet** – fiziološki maksimalno moguća proizvodnja novih jedinki (**reprodukcijski potencijal**)
  - **Ekološki (parcijalni ili ostvareni) fekunditet** – proizvodnja novih jedinki u danim ekološkim uvjetima

- **Mortalitet (smrtnost)**
  - Pojava suprotna fekunditetu (faktor smanjenja populacije)
  - **Stopa mortaliteta** – Broj uginulih jedinki u populaciji u jedinici vremena ($D = -\Delta N/\Delta t$); ili izražena po jedinki ($d = -\Delta N/N\Delta t$), koja se najčešće izražava u postocima ili promilima
  - **Opća stopa mortaliteta** – odnosi se na cijelu populaciju
  - **Specifična stopa mortaliteta** – prikazana samo za određenu dobnu kategoriju ili spol
  - **Fiziološki (minimalni) mortalitet** – smrtnost uslijed fiziološke starosti
  - **Ekološki (ostvareni) mortalitet** – smrtnost ostvarena u danim ekološkim uvjetima
  - **Prividni mortalitet –** smrtnost na jednom razvojnom stadiju ili jedne dobne kategorije (smrtnost je različita na različitim razvojnim stadijima organizama, npr. jaja, ličinke, odrasli; kao i kod različitih dobnih kategorija)
  - **Ukupni (stvarni) mortalitet** – smrtnost izražena u odnosu na početnu veličinu populacije

Pri visokom ukupnom mortalitetu, čak i njegova vrlo mala variranja mogu imati značajne posljedice; dakle, relativni značaj jednog faktora mortaliteta za kretanje populacije ovisi o razini ukupnog mortaliteta na kojoj taj faktor djeluje

Povećanje mortaliteta za 1%	Broj jedinki u vremenu t_0	Broj jedinki u vremenu t_1	Relativno smanjenje veličine populacije
70% ↓ 71%	200 200	60 58	3.3%
98% ↓ 99%	200 200	4 2	50%

Također je važno je li faktori mortaliteta djeluju istovremeno ili sukcesivno

- **Preživljavanje**
  - Tijekom jednog vremenskog intervala (od vremena t do vremena t+1) pojedini organizam može uginuti ili ostati na životu. Prema tome vrijedi:

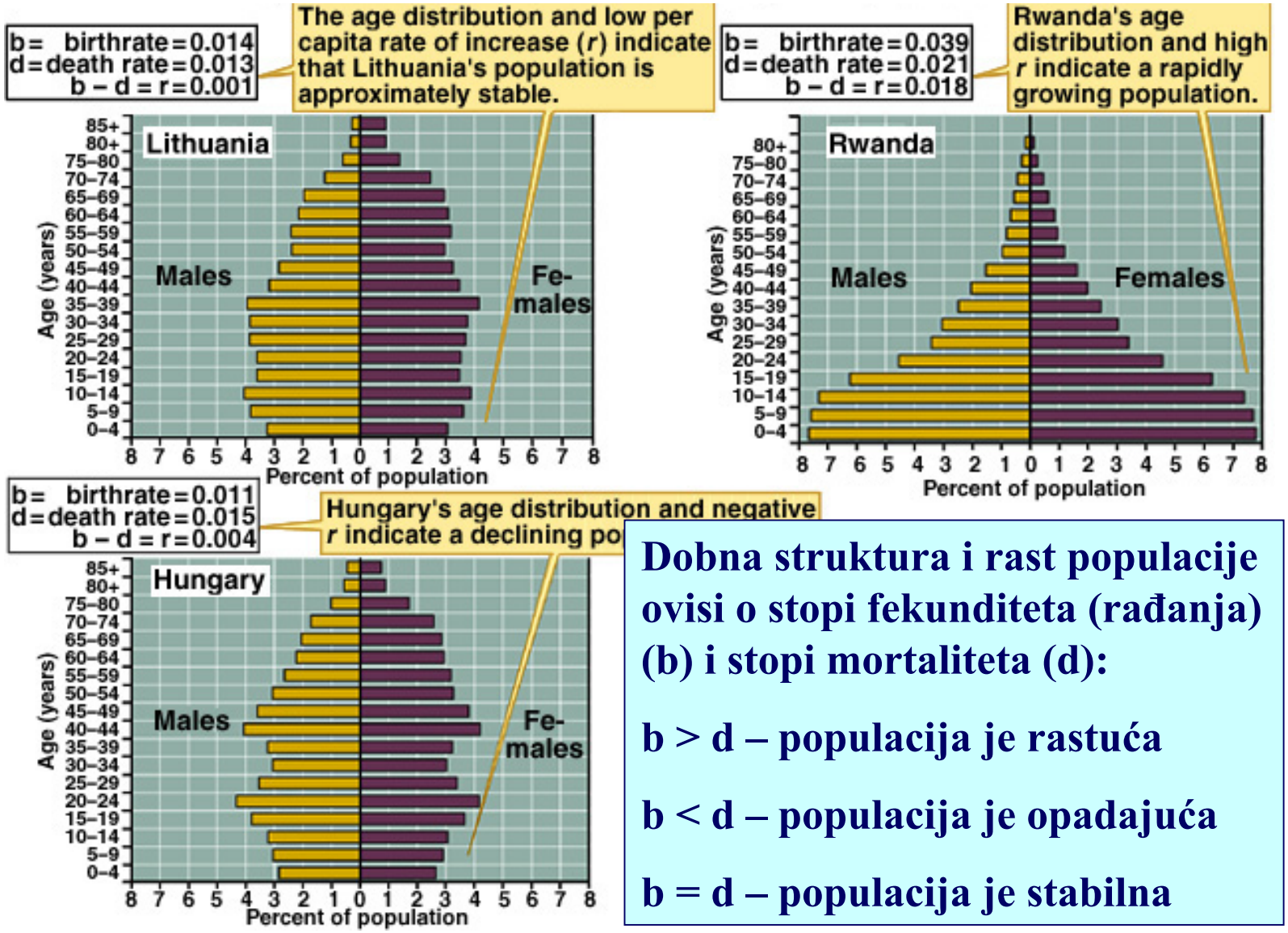
Stopa preživljavanja + stopa mortaliteta = 1

  - Stopa preživljavanja se može izraziti kao omjer između broja jedinki u jednoj jedinici vremena i broja jedinki u prethodnoj jedinici vremena (konačna ili intervalna stopa preživljavanja):

$$s = N_1/N_0$$

ili općenitije napisano:

$$s = N_t/N_{t-1}$$



Dobna struktura i rast populacije ovisi o stopi fekunditeta (rađanja) (b) i stopi mortaliteta (d):

b > d – populacija je rastuća

b < d – populacija je opadajuća

b = d – populacija je stabilna

Tablica života: Zbir podataka koji uključuje dobno-specifične stope fekunditeta (rađanja), mortaliteta i preživljavanja

- Stope fekunditeta i mortaliteta odnosno preživljavanja u pravilu se značajno mijenjaju sa starošću, pa ih je potrebno izraziti posebno za svaku dobnu kategoriju (takve stope se nazivaju **dobno-specifične**)
- Zbir takvih podataka naziva se **tablica života**
- Vrlo često se tablice života u cijelosti temelje na ženkama (to može biti problem samo kod onih vrsta kod kojih je omjer spolova jako iskrivljen)

Dobna kategorija (x)

x	n_x	d_x	l_x	s_x	q_x	k_x	e_x	b_x
0	843	121	1.000	0.857	0.143	0.154	2.114	0
1	722	195	0.857	0.729	0.271	0.316	1.467	3.0
2	527	211	0.625	0.600	0.400	0.511	1.011	6.2
3	316	172	0.375	0.456	0.544	0.785	0.686	4.3
4	144	90	0.171	0.374	0.626	0.983	0.503	2.1
5	54	39	0.064	0.278	0.722	1.280	0.344	0.6
6	15	12	0.018	0.200	0.800	1.609	0.222	0.3
7	3	3	0.004	0.000	1.000		0.000	0.1
8	0		0.000					

Dobne kategorije mogu biti različito definirane (vremenski interval, razvojni stadij).

U našem primjeru: x_0 – jedinke stare od 0 do 1 godine; x_1 – jedinke stare od 1 do 2 godine itd.

Broj preživjelih jedinki na početku svake dobne kategorije (n_x)

x	n_x	d_x	l_x	s_x	q_x	k_x	e_x	b_x
0	843	121	1.000	0.857	0.143	0.154	2.114	0
1	722	195	0.857	0.729	0.271	0.316	1.467	3.0
2	527	211	0.625	0.600	0.400	0.511	1.011	6.2
3	316	172	0.375	0.456	0.544	0.785	0.686	4.3
4	144	90	0.171	0.374	0.626	0.983	0.503	2.1
5	54	39	0.064	0.278	0.722	1.280	0.344	0.6
6	15	12	0.018	0.200	0.800	1.609	0.222	0.3
7	3	3	0.004	0.000	1.000		0.000	0.1
8	0		0.000					

Broj jedinki koji je uginuo tijekom svakog vremenskog intervala (d_x)

$d_x = n_x - n_{x+1}$

$d_3 = n_3 - n_4 = 316 - 144 = 172$

$n_x = n_{x-1} - d_{x-1}$

$n_3 = n_2 - d_2 = 527 - 211 = 316$

Proporcija početne veličine populacije koja je preživjela do početka svake dobne kategorije (l_x)

Preživljavanje od jedne dobne kategorije do druge (s_x)

x	n_x	d_x	l_x	s_x	q_x	k_x	e_x	b_x
0	843	121	1.000	0.857	0.143	0.154	2.114	0
1	722	195	0.857	0.729	0.271	0.316	1.467	3.0
2	527	211	0.625	0.600	0.400	0.511	1.011	6.2
3	316	172	0.375	0.456	0.544	0.785	0.686	4.3
4	144	90	0.171	0.374	0.626	0.983	0.503	2.1
5	54	39	0.064	0.278	0.722	1.280	0.344	0.6
6	15	12	0.018	0.200	0.800	1.609	0.222	0.3
7	3	3	0.004	0.000	1.000		0.000	0.1
8	0		0.000					

$l_x = n_x/n_0$

$l_3 = n_3/n_0$

$= 316/843 = 0.375$

$s_x = n_{x+1}/n_x$

$s_3 = n_4/n_3$

$= 144/316 = 0.456$

$l_x = s_0 s_1 s_2 \ldots s_{x-1}$ ili $l_x = \Pi s_i$ (i = od 0 do x-1)

$l_3 = s_0 s_1 s_2 = 0.857 \times 0.729 \times 0.6 = 0.375$

Mortalitet od jedne dobne kategorije do druge (q_x) ("konačna stopa mortaliteta")

x	n_x	d_x	l_x	s_x	q_x	k_x	e_x	b_x
0	843	121	1.000	0.857	0.143	0.154	2.114	0
1	722	195	0.857	0.729	0.271	0.316	1.467	3.0
2	527	211	0.625	0.600	0.400	0.511	1.011	6.2
3	316	172	0.375	0.456	0.544	0.785	0.686	4.3
4	144	90	0.171	0.374	0.626	0.983	0.503	2.1
5	54	39	0.064	0.278	0.722	1.280	0.344	0.6
6	15	12	0.018	0.200	0.800	1.609	0.222	0.3
7	3	3	0.004	0.000	1.000		0.000	0.1
8	0		0.000					

$s_x + q_x = 1$

$q_x = 1 - s_x$

$q_3 = 1 - s_3 = 1 - 0.456 = 0.544$

$q_x = (l_x - l_{x+1})/l_x$

$q_3 = (l_3 - l_4)/l_3$

$q_3 = (0.375 - 0.171)/0.375 = 0.544$

Trenutačna (eksponencijalna) stopa mortaliteta ili "snaga ubijanja" (k_x)

x	n_x	d_x	l_x	s_x	q_x	k_x	e_x	b_x
0	843	121	1.000	0.857	0.143	0.154	2.114	0
1	722	195	0.857	0.729	0.271	0.316	1.467	3.0
2	527	211	0.625	0.600	0.400	0.511	1.011	6.2
3	316	172	0.375	0.456	0.544	0.785	0.686	4.3
4	144	90	0.171	0.374	0.626	0.983	0.503	2.1
5	54	39	0.064	0.278	0.722	1.280	0.344	0.6
6	15	12	0.018	0.200	0.800	1.609	0.222	0.3
7	3	3	0.004	0.000	1.000		0.000	0.1
8	0		0.000					

Trenutačna stopa mortaliteta izražava mortalitet u svakom trenutku vremena (u kontinuiranom vremenu)

Preživljavanje u jedinicama vremena *t* slijedi jednadžbu:

$$s(t) = e^{-kt}$$

$$k_x = -\ln (s_x)$$

Budući da je $s_x = n_{x+1}/n_x$, k_x se može izračunati i kao:

$k_x = \ln (n_x) - \ln (n_{x+1})$ ili $k_x = \ln (n_x/n_{x+1})$

$k_3 = \ln (n_3) - \ln (n_4) = \ln (316) - \ln (144) = 0.785$

$k_3 = -\ln (s_3)$

$= -\ln (0.456) = 0.785$

Očekivano trajanje života (e_x)

x	n_x	d_x	l_x	s_x	q_x	k_x	e_x	b_x
0	843	121	1.000	0.857	0.143	0.154	2.114	0
1	722	195	0.857	0.729	0.271	0.316	1.467	3.0
2	527	211	0.625	0.600	0.400	0.511	1.011	6.2
3	316	172	0.375	0.456	0.544	0.785	0.686	4.3
4	144	90	0.171	0.374	0.626	0.983	0.503	2.1
5	54	39	0.064	0.278	0.722	1.280	0.344	0.6
6	15	12	0.018	0.200	0.800	1.609	0.222	0.3
7	3	3	0.004	0.000	1.000		0.000	0.1
8	0		0.000					

Očekivano trajanje života je težinski srednjak razdoblja preživljavanja:

$$e_x = 1/l_x \, \Sigma(i-x)(l_i - l_{i+1})$$

Primjer: Izračunavanje vrijednosti e_3

$$e_x = 1/l_x \quad x \quad \Sigma(i-x)(l_i - l_{i+1})$$

$$e_3 = 1/l_3 \quad x \quad \Sigma(i-3)(l_i - l_{i+1})$$

$1/l_3 = 1/0.375$

$= \mathbf{2.67}$

i	i - x	$l_i - l_{i+1}$	$(i - x)(l_i - l_{i+1})$
7	7-3 = 4	0.004-0.000 = 0.004	4 x 0.004 = 0.016
6	6-3 = 3	0.018-0.004 = 0.014	3 x 0.014 = 0.042
5	5-3 = 2	0.064-0.018 = 0.046	2 x 0.046 = 0.092
4	4-3 = 1	0.171-0.064 = 0.107	1 x 0.107 = 0.107
3	3-3 = 1	0.375-0.171 = 0.240	0 x 0.240 = 0.000
			$\Sigma = \mathbf{0.257}$

$$e_3 = 1/l_3 \quad x \quad \Sigma(i-3)(l_i - l_{i+1})$$

$$e_3 = 2.67 \quad x \quad 0.257 \quad = \quad 0.686$$

Stopa fekunditeta (b_x)

x	n_x	d_x	l_x	s_x	q_x	k_x	e_x	b_x
0	843	121	1.000	0.857	0.143	0.154	2.114	0
1	722	195	0.857	0.729	0.271	0.316	1.467	3.0
2	527	211	0.625	0.600	0.400	0.511	1.011	6.2
3	316	172	0.375	0.456	0.544	0.785	0.686	4.3
4	144	90	0.171	0.374	0.626	0.983	0.503	2.1
5	54	39	0.064	0.278	0.722	1.280	0.344	0.6
6	15	12	0.018	0.200	0.800	1.609	0.222	0.3
7	3	3	0.004	0.000	1.000		0.000	0.1
8	0		0.000					

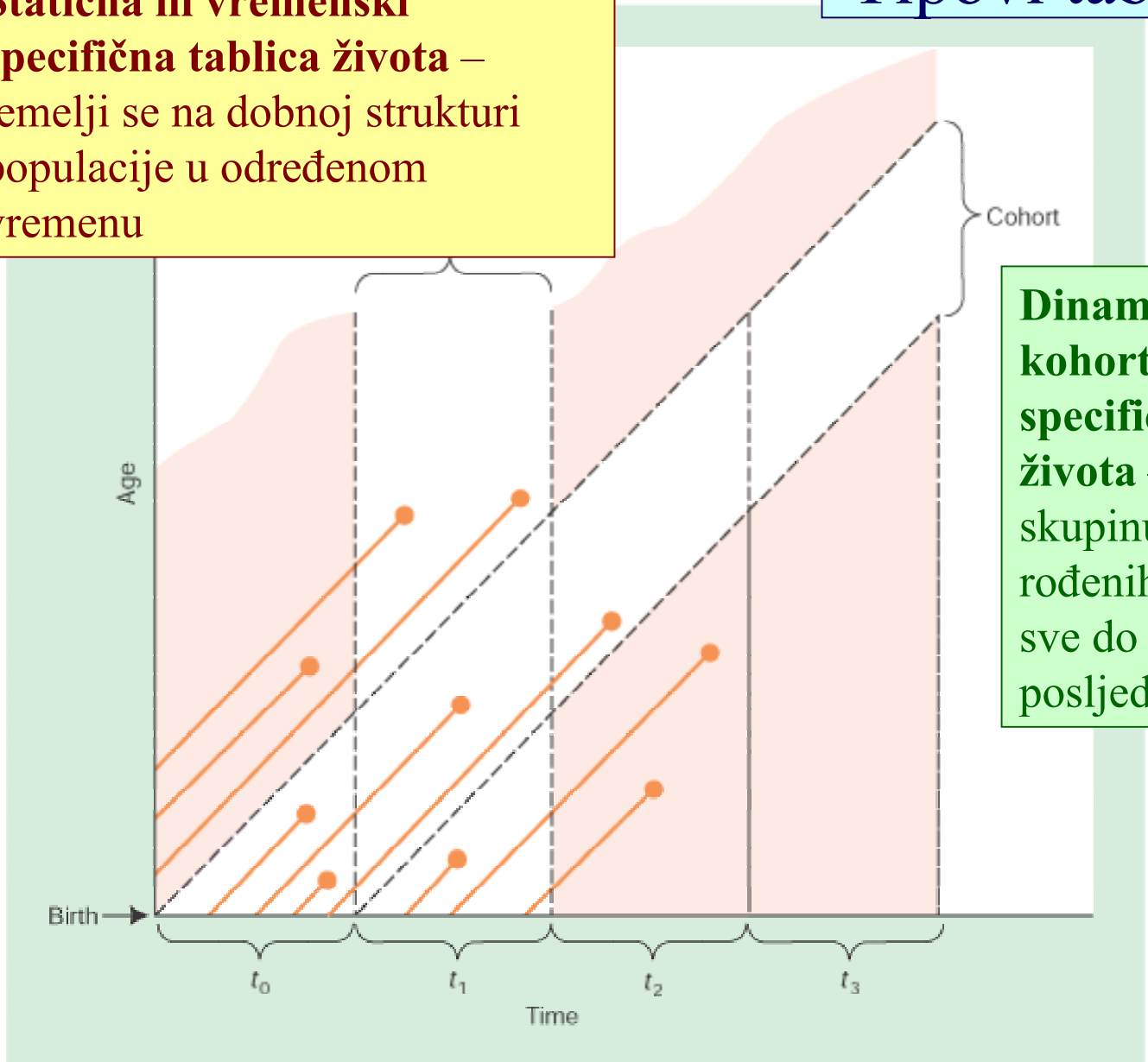
Stopa fekunditeta je broj ženskih potomaka po ženki tijekom svakog vremenskog intervala (od jedne dobne kategorije do druge)

Varijable u tablici života

Varijabla	Objašnjenje
x	Dobna kategorija
n_x	Broj jedinki koji je preživio do početka dobne kategorije x
d_x	Broj jedinki koji je uginuo u intervalu između x i x+1
l_x	Preživljavanje novorođenih jedinki do dobi x ($l_x = \Pi s_i$)
s_x	Proporcija jedinki dobi x koje prežive do dobi x+1
q_x	Proporcija jedinki dobi x koje uginu u razdoblju do dobi x+1
k_x	Eksponencijalna stopa mortaliteta između dobi x i x+1 ($-\ln s_x$)
e_x	Očekivano trajanje života jedinki dobi x; $e_x = 1/l_x \, \Sigma(i-x)(l_i - l_{i+1})$
b_x	Stopa fekunditeta u dobi x

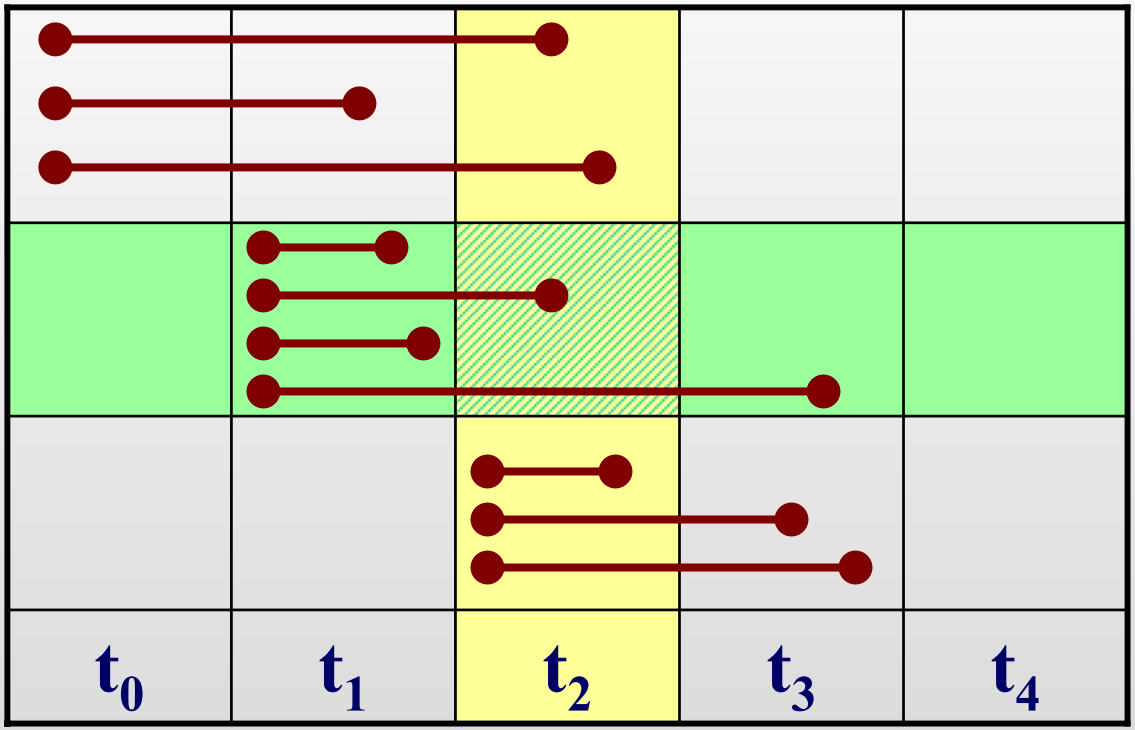
Tipovi tablica života

Statična ili vremenski specifična tablica života – temelji se na dobnoj strukturi populacije u određenom vremenu



Dinamična, kohortna ili dobno-specifična tablica života – prati jednu skupinu organizama rođenih istovremeno sve do smrti posljednje od njih

Tipovi tablica života



Dinamična, kohortna ili dobno-specifična tablica života

x	n_x
0	4
1	2
2	1
3	0

Statična ili vremenski specifična tablica života

x	n_x
0	3
1	2
2	2
3	0

Dinamična (kohortna) tablica života za darvinovu zebicu

TABLE 14-5 Life table of the 1978 cohort of Darwin's ground finch *Geospiza scandens* on Isla Daphne Major, Galápagos

Age (x)*	Number alive	Survivorship (l_x)	Mortality rate (q_x)	Survival rate (s_x)	Expectation of life (e_x)	Exponential mortality (k_x)
0	(210)†	1.000	0.566	0.434	2.84	0.835
1	91	0.434	0.143	0.855	4.91	0.157
2	78	0.371	0.102	0.898	4.64	0.107
3	70	0.333	0.072	0.928	4.11	0.075
4	65	0.309	0.045	0.955	3.39	0.046
5	62	0.295	0.322	0.678	2.53	0.389
6	42	0.200	0.455	0.545	2.50	0.607
7	23	0.109	0.349	0.651	3.11	0.429
8	15	0.071	0.056	0.944	3.50	0.057
9	14	0.067	0.224	0.776	2.71	0.266
10	11	0.052	0.077	0.923	2.32	0.070
11	10	0.048	0.604	0.396	1.50	0.926
12	4	0.019	0.263	0.737	2.00	0.305
13	3	0.014	(0.004)	0.714	(1.50)	0.337
>14	(3)	(0.000)	(1.000)	0.000	. . .	. . .

Statičnu tablicu života je moguće konstruirati za organizme kod kojih je moguće odrediti starost.

Edward Deevey (1947) je konstruirao statičnu tablicu života za planinsku ovcu (*Ovis dalli*), na temelju starosti u trenutku smrti. Starost je odredio pomoću dužine rogova koji kod ove vrste rastu tijekom cijelog života

Tablica života za planinsku ovcu

TABLE 14-6 Life table for the Dall mountain sheep (*Ovis dalli*) constructed from the ages at death of 608 sheep in Denali National Park

Age interval (years)	Number dying during age interval	Number surviving at beginning of age interval	Number surviving as a fraction of newborns (l_x)
0–1	121	608	1.000
1–2	7	487	0.801
2–3	8	480	0.789
3–4	7	472	0.776
4–5	18	465	0.764
5–6	28	447	0.734
6–7	29	419	0.688
7–8	42	390	0.640
8–9	80	348	0.571
9–10	114	268	0.439
10–11	95	154	0.252
11–12	55	59	0.096
12–13	2	4	0.006
13–14	2	2	0.003
14–15	0	0	0.000

(Based on data of O. Murie, quoted by E. S. Deevey Jr., 1947.)

Krivulja preživljavanja/mortaliteta

- Krivulje preživljavanja/mortaliteta prikazuju ovisnost stope preživljavanja/mortaliteta o starosti jedinki u populaciji
- Krivulje preživljavanja se obično kreiraju na način da se na os y nanose vrijednosti l_x ili n_x a na os x dob. Vrijednosti na osi y se vrlo često logaritmiraju kako bi bilo moguće praviti usporedbe između različitih vrsta ili studija (logaritamska transformacija vrijednosti na osi y standardizira krivulje preživljavanja i čini ih usporedivim)
- Krivulje mortaliteta se obično konstruiraju na način da se na os y nanesu vrijednosti q_x ili k_x, a na os x dob

Podaci iz tablice života mogu se upotrijebiti za konstrukciju krivulje preživljavanja

To allow comparisons to other studies, number of Dall sheep surviving and dying within each year of life is converted to numbers per 1,000 births.

Subtracting number of deaths from number alive at the beginning of each year gives the number alive at the beginning of the next year.

Age (years)	Number of survivors at beginning of year	Number of deaths during year
0-1	1,000	199
1-2	801	12
2-3	789	13
3-4	776	12
4-5	764	30
5-6	734	46
6-7	688	48
7-8	640	69
8-9	571	132
9-10	439	187
10-11	252	156
11-12	96	90
12-13	6	3
13-14	3	3
14-15	0	

1,000-199

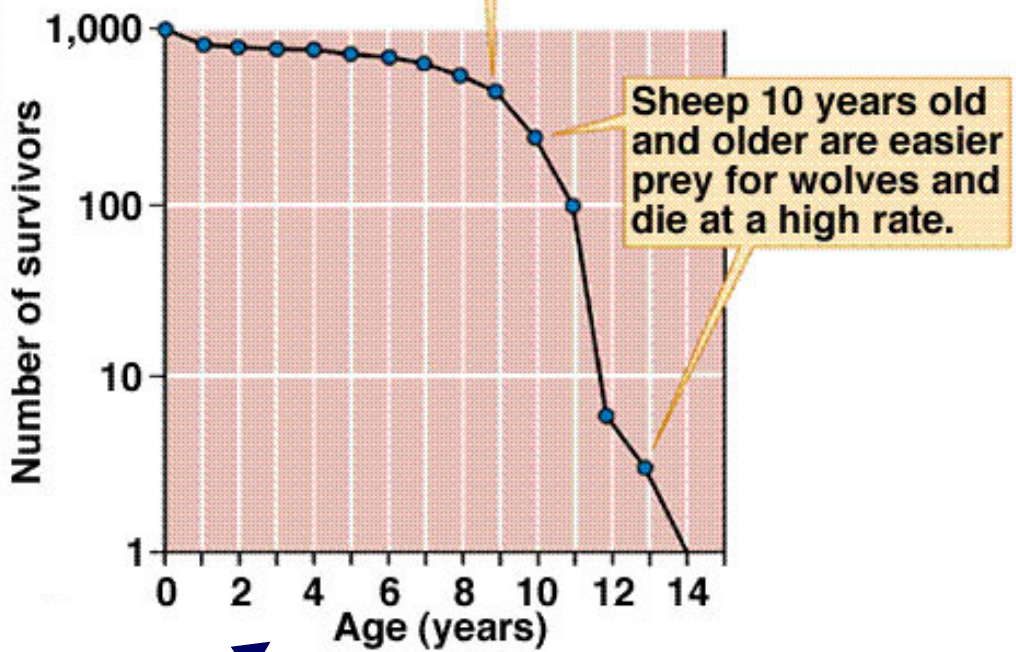
801-12

789-13

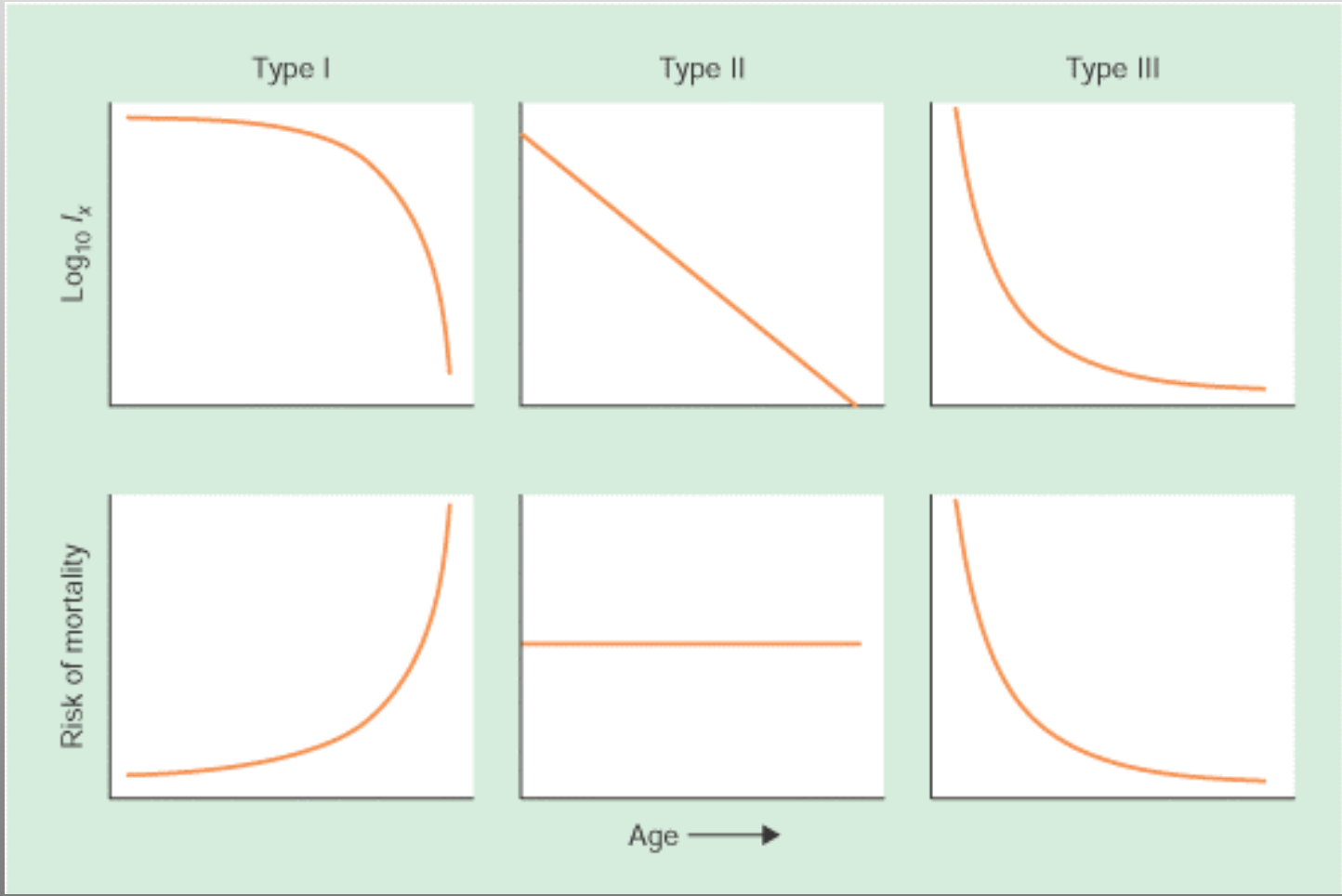
etc.

Dall sheep surviving their first year of life have a high probability of surviving to about age 9.

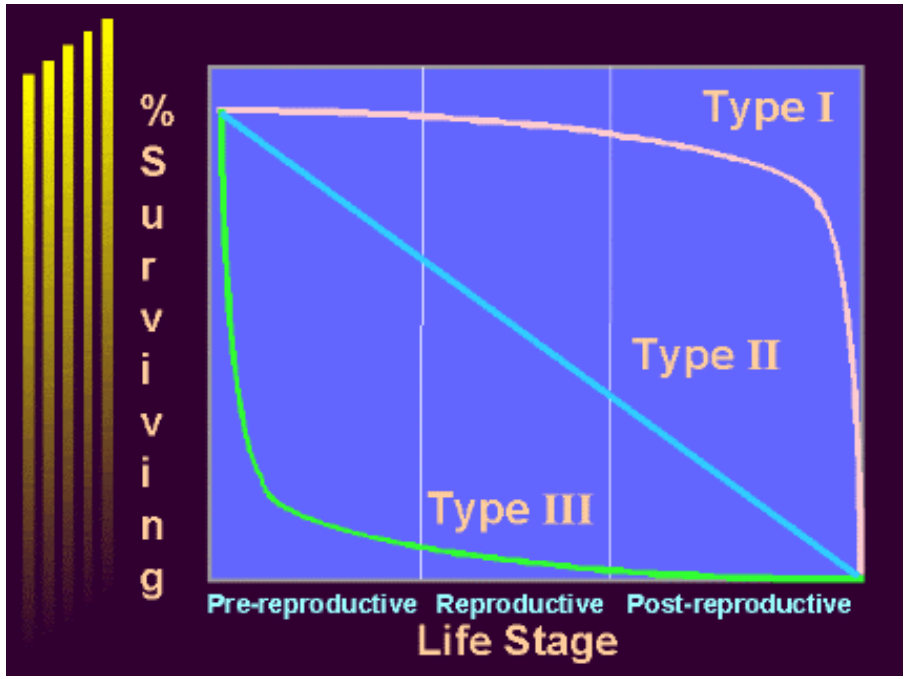
Sheep 10 years old and older are easier prey for wolves and die at a high rate.

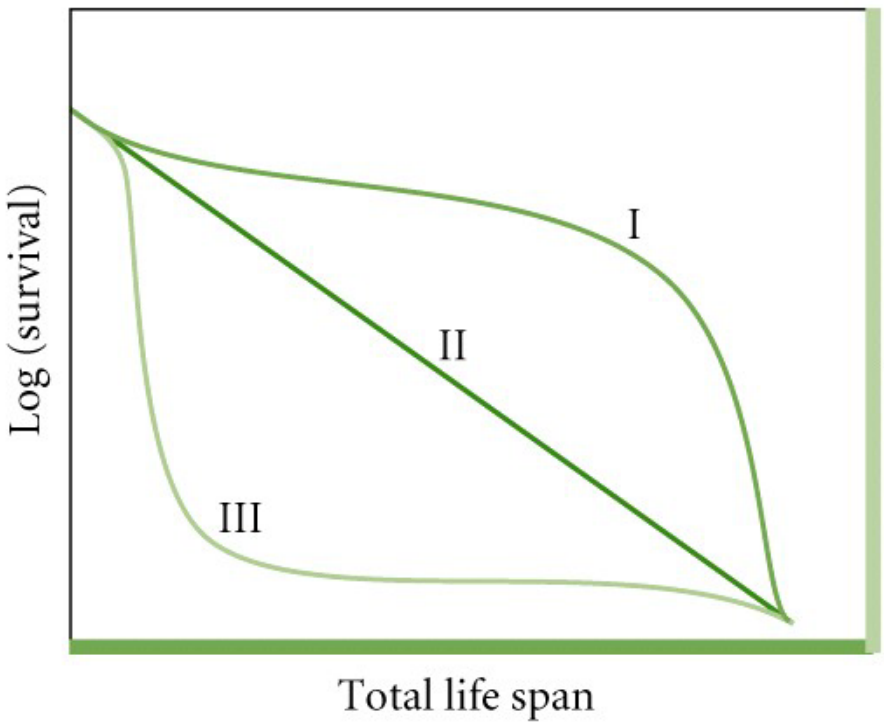


Tri tipa krivulja preživljavanja i krivulja mortaliteta



Tri tipa krivulja preživljavanja

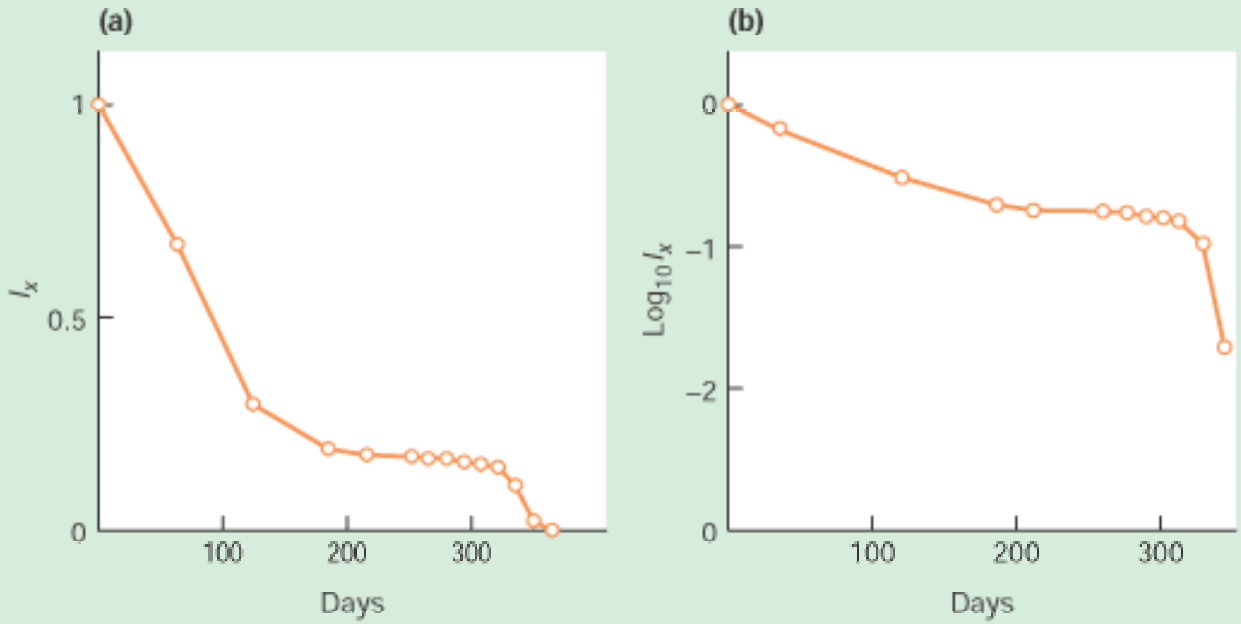




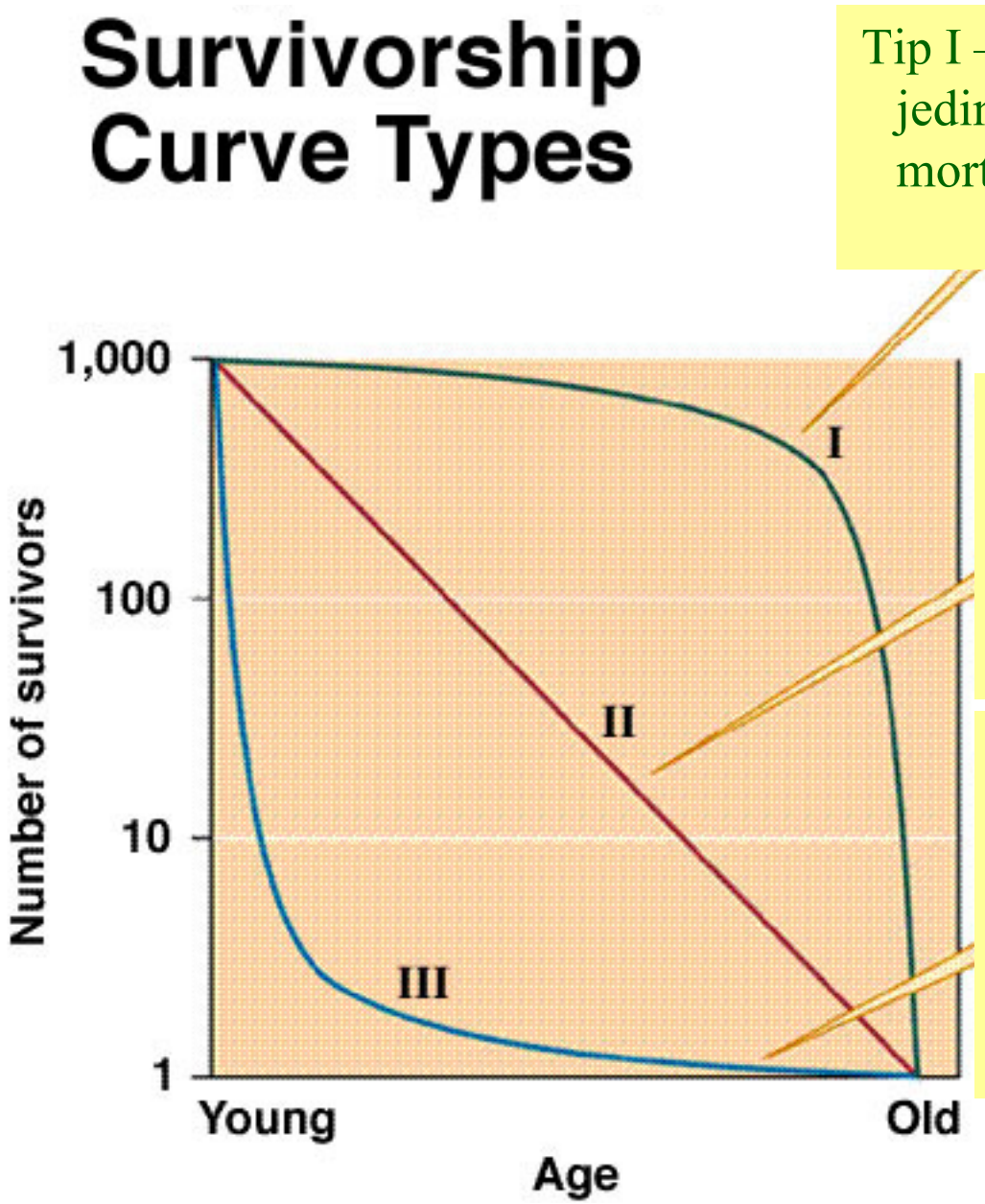
Na osi x je obično dob, ali može biti i razvojni stadij (koji je također u korelciji sa starošću)

Zašto je vrijednost preživljavanja bolje prikazivati na logaritamskoj skali

Na primjer, ukoliko se početna populacija od 1000 jedinki u jednom vremenskom intervalu smanji na 500 jedinki (50%), to će na grafu na kojem su nanesene obične vrijednosti za preživljavanje izgledati daleko dramatičnije nego smanjenje populacije sa 50 jedinki na 25 jedinki (opet 50%). Ipak, u oba je slučaja rizik od smrti jednak za jedinke u obje populacije. Ukoliko se primjeni logaritamska skala smanjenje populacije na polovicu uvijek izgleda isto, bez obzira na veličine tih populacija



Graf s logaritamskom skalom pokazuje da je nakon umjerene stope preživljavanja tijekom prvih 200 dana uslijedilo razdoblje vrlo visokog preživljavanja. Ovakva procjena rizika od smrti nije vidljiva iz prvog grafa

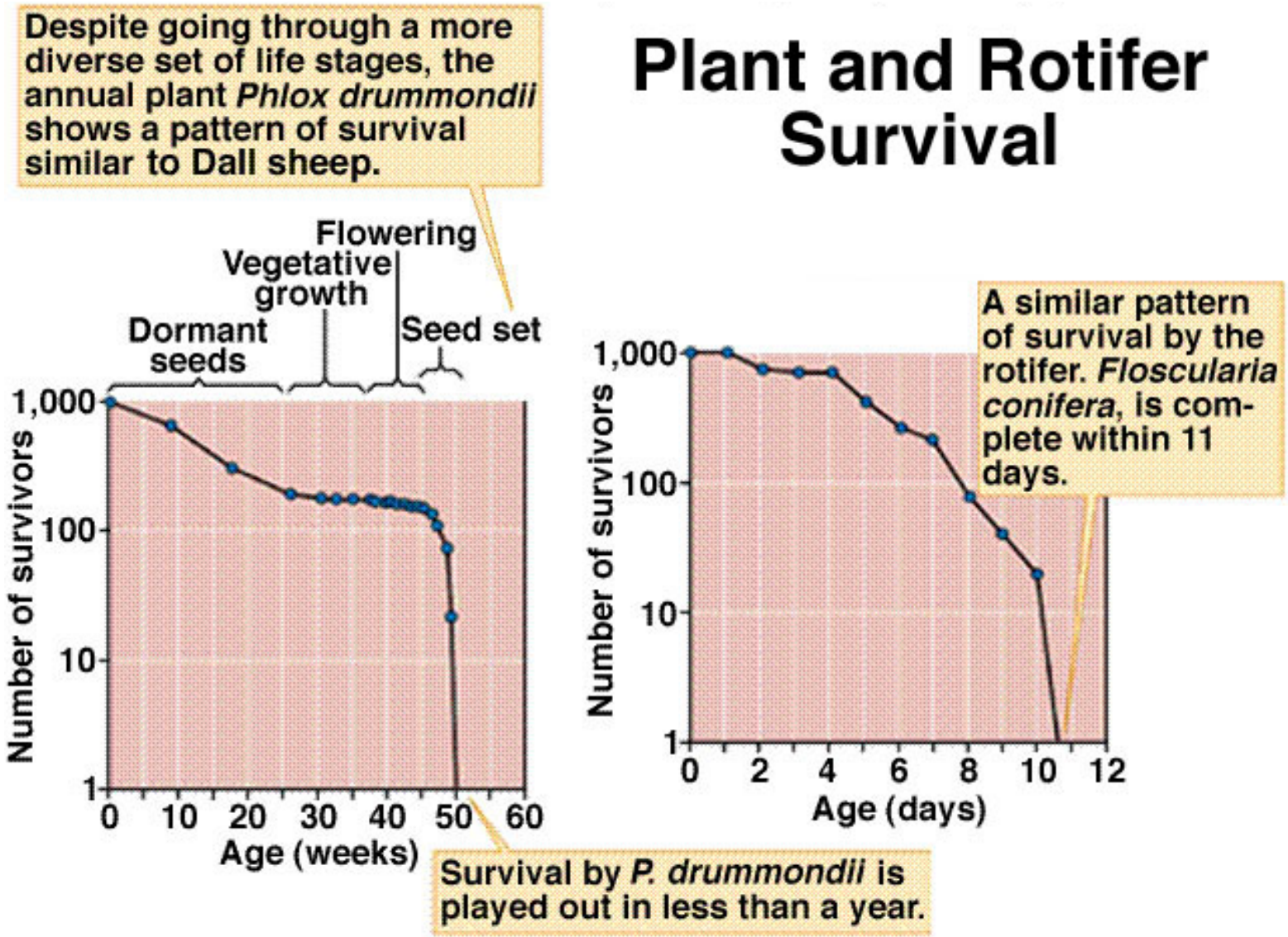


Tip I – preživljavanje mladih jedinki je veliko, a većina mortaliteta se događa kod starijih jedinki

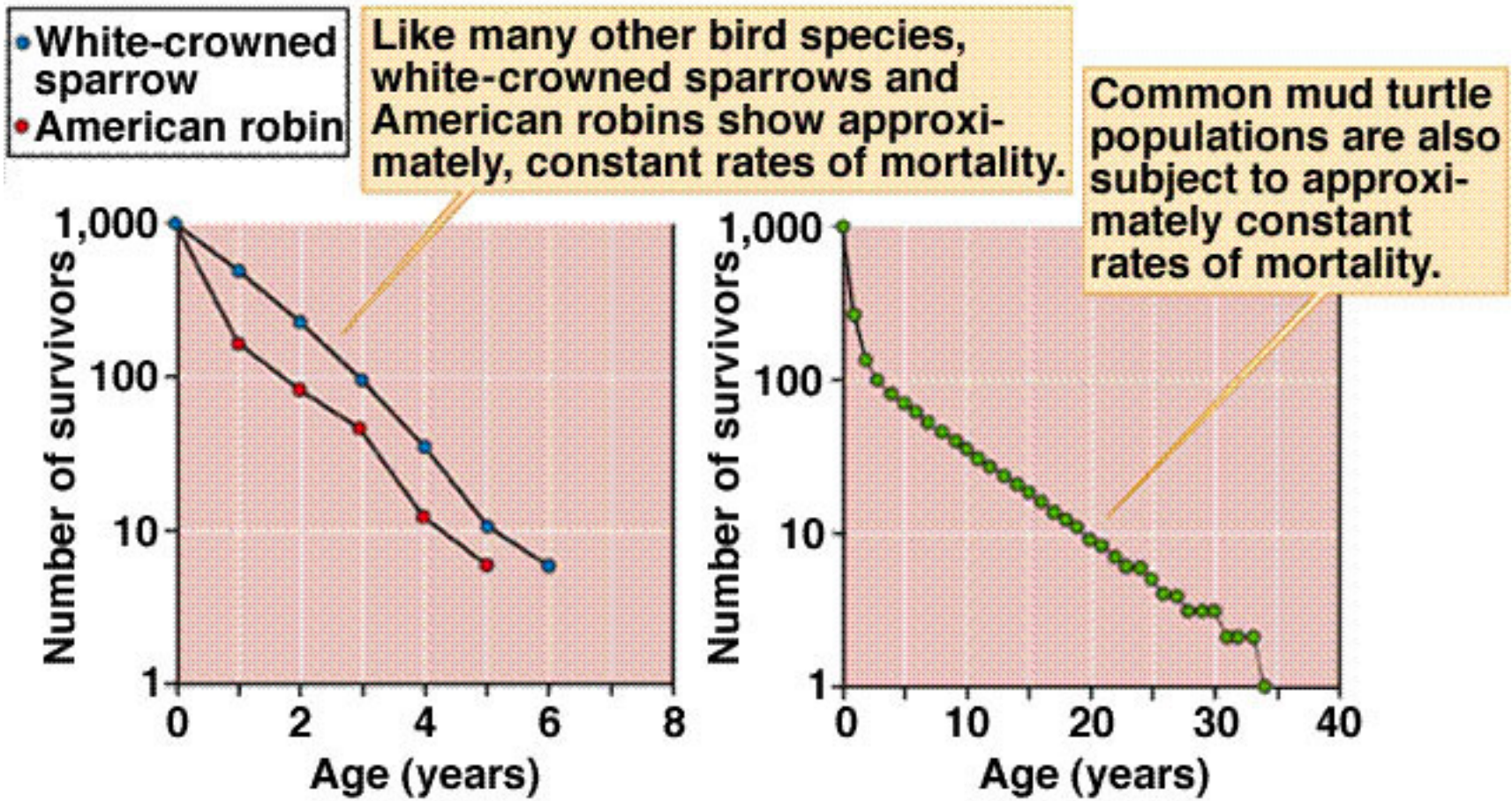
Tip II – preživljavanje je podjednako bez obzira na starost jedinki (stopa mortaliteta je konstantna tijekom života)

Tip III – stopa smrtnosti je najveća kod mladih jedinki, dok nakon određene starosti stopa mortaliteta postaje znatno manja

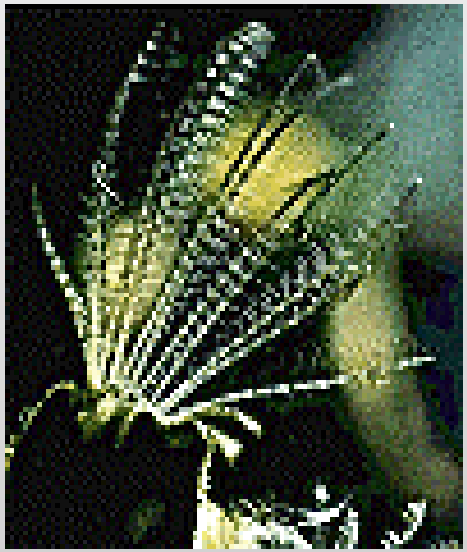
Krivulja tipa I – visoka stopa preživljavanja mlađih dobnih kategorija

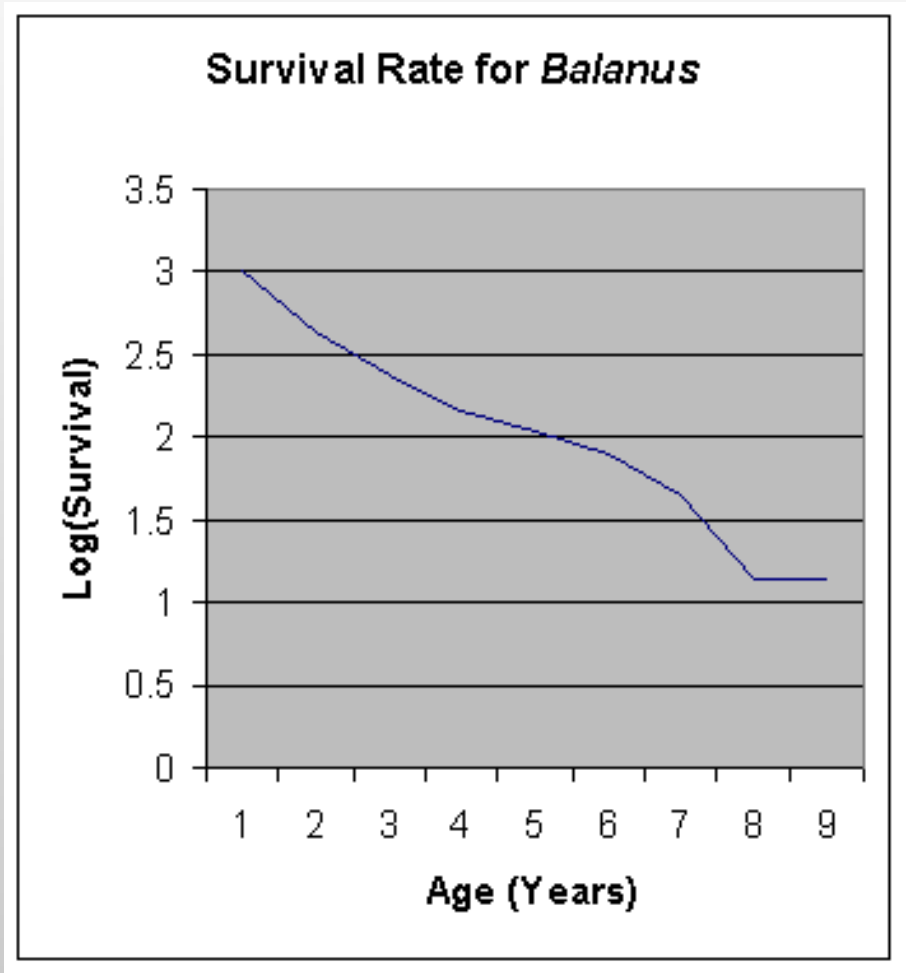


Krivulja tipa II – konstantna stopa preživljavanja

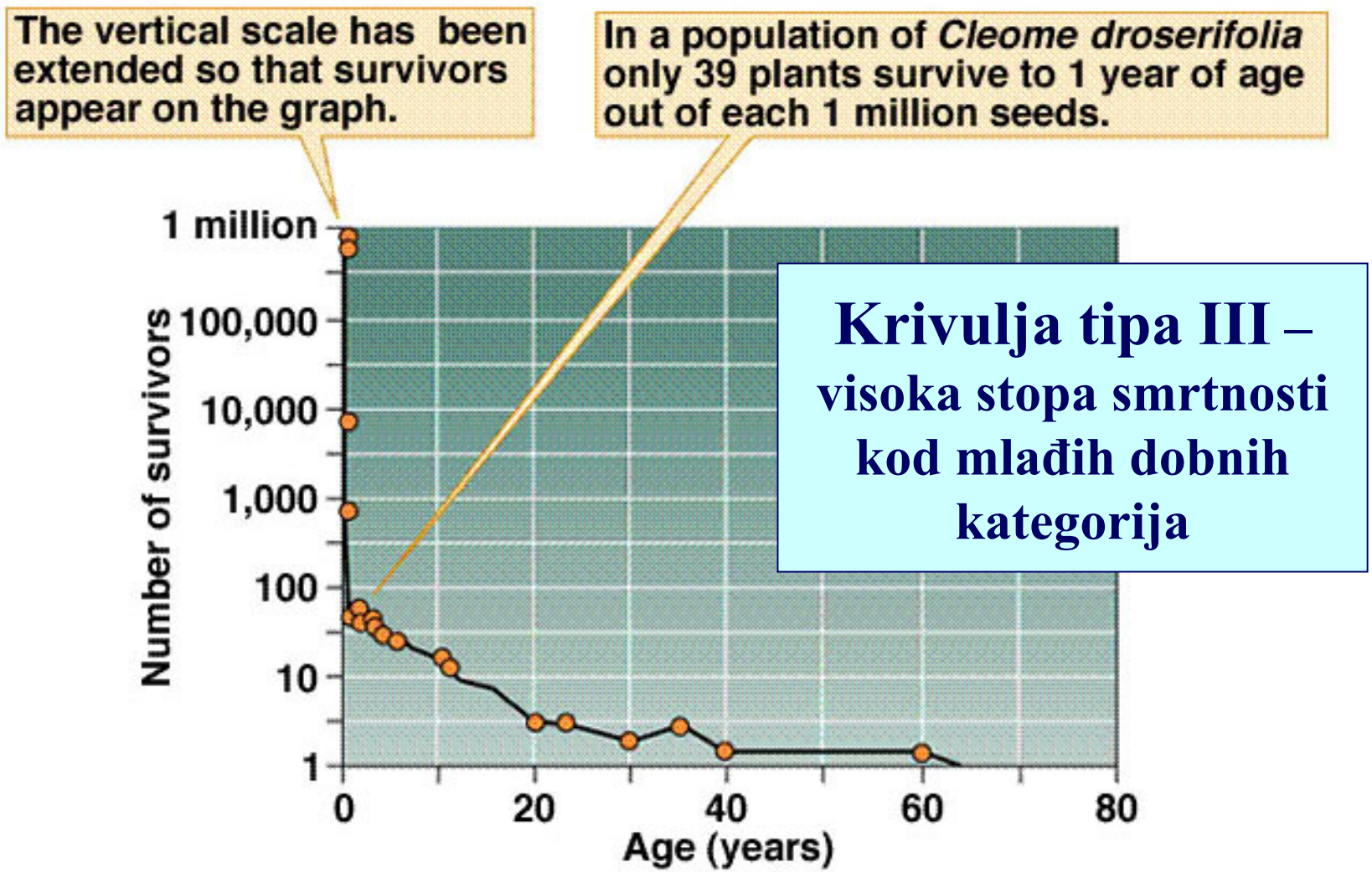


Krivulja tipa II



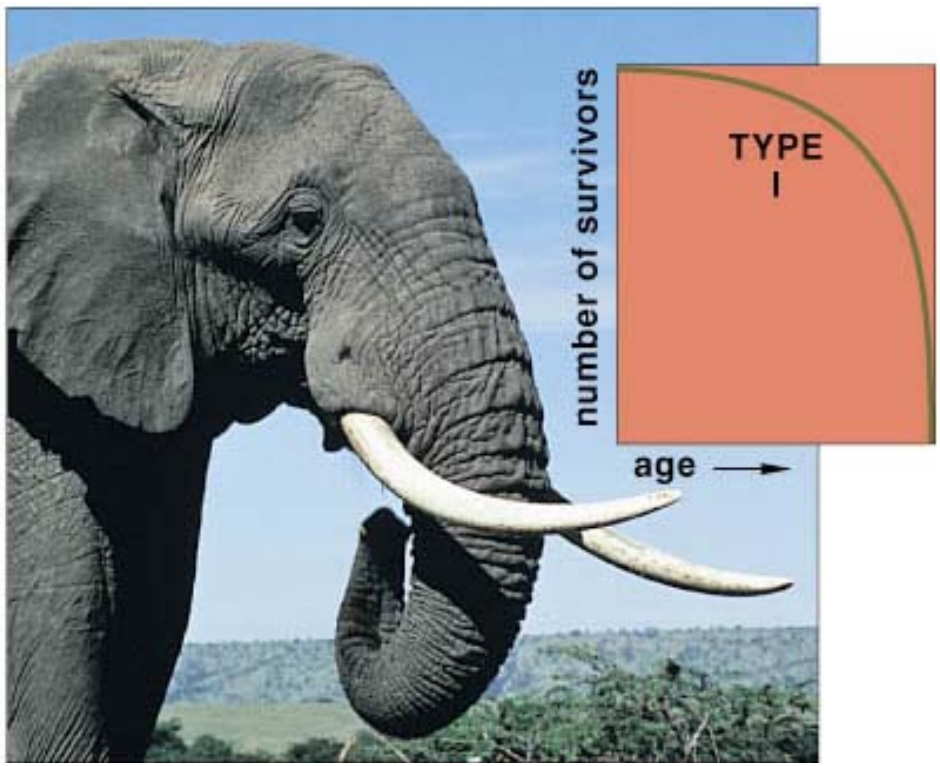


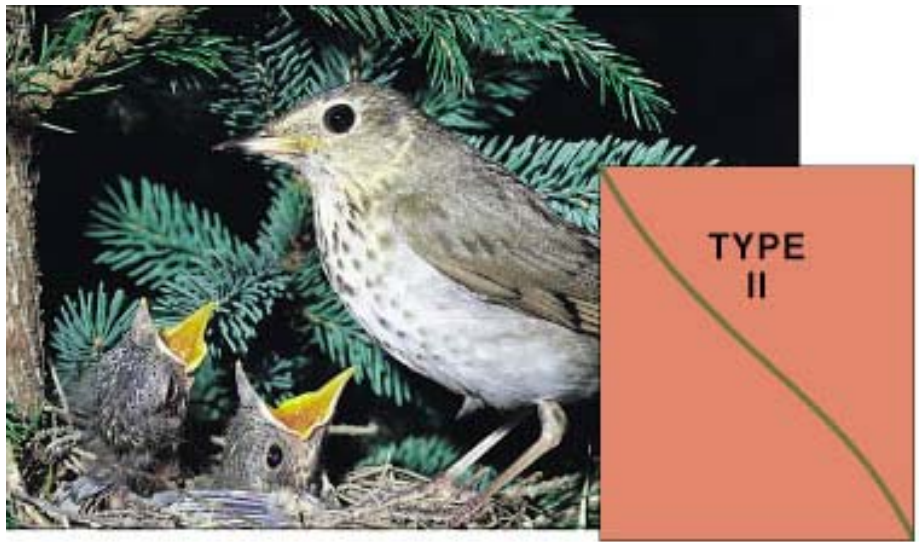
Perennial Plant Mortality

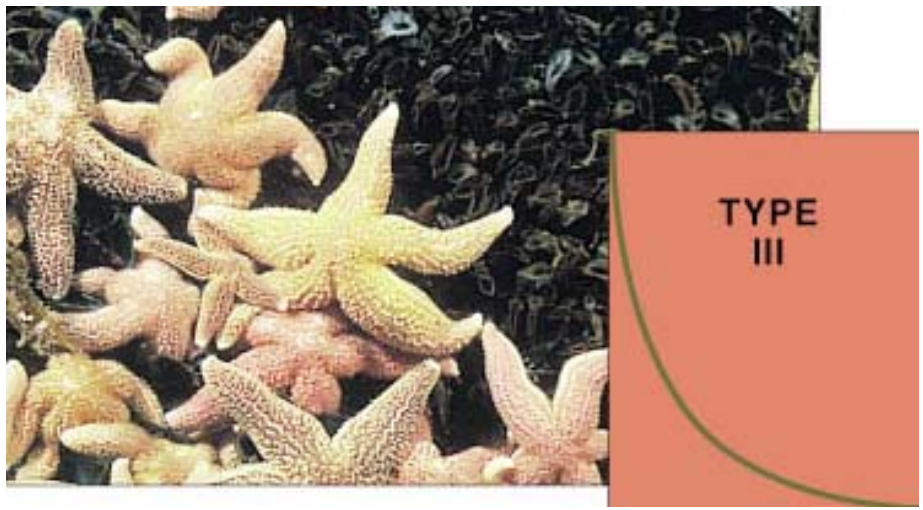


Krivulja tipa III – visoka stopa smrtnosti kod mlađih dobnih kategorija

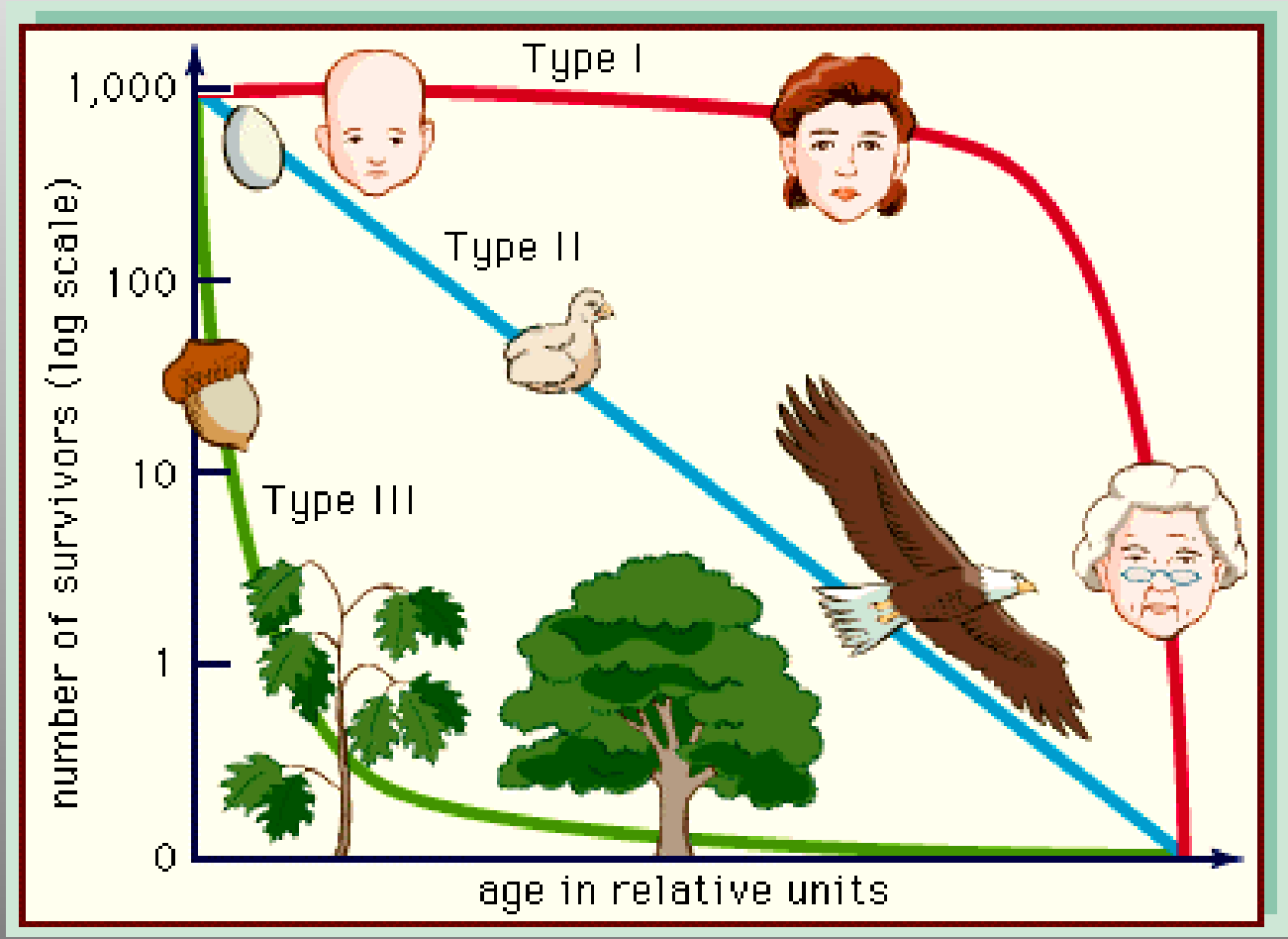
Primjeri organizama koji slijede tri tipa krivulja preživljavanja



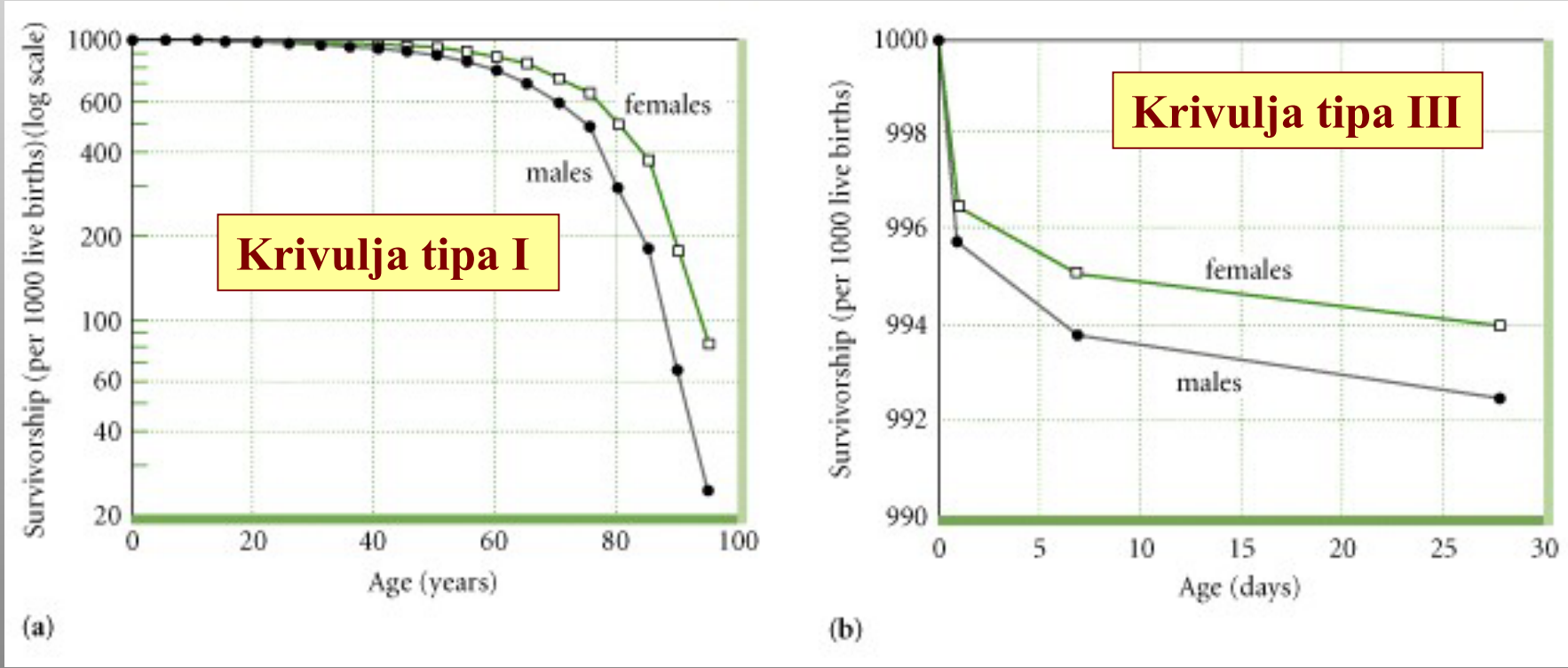
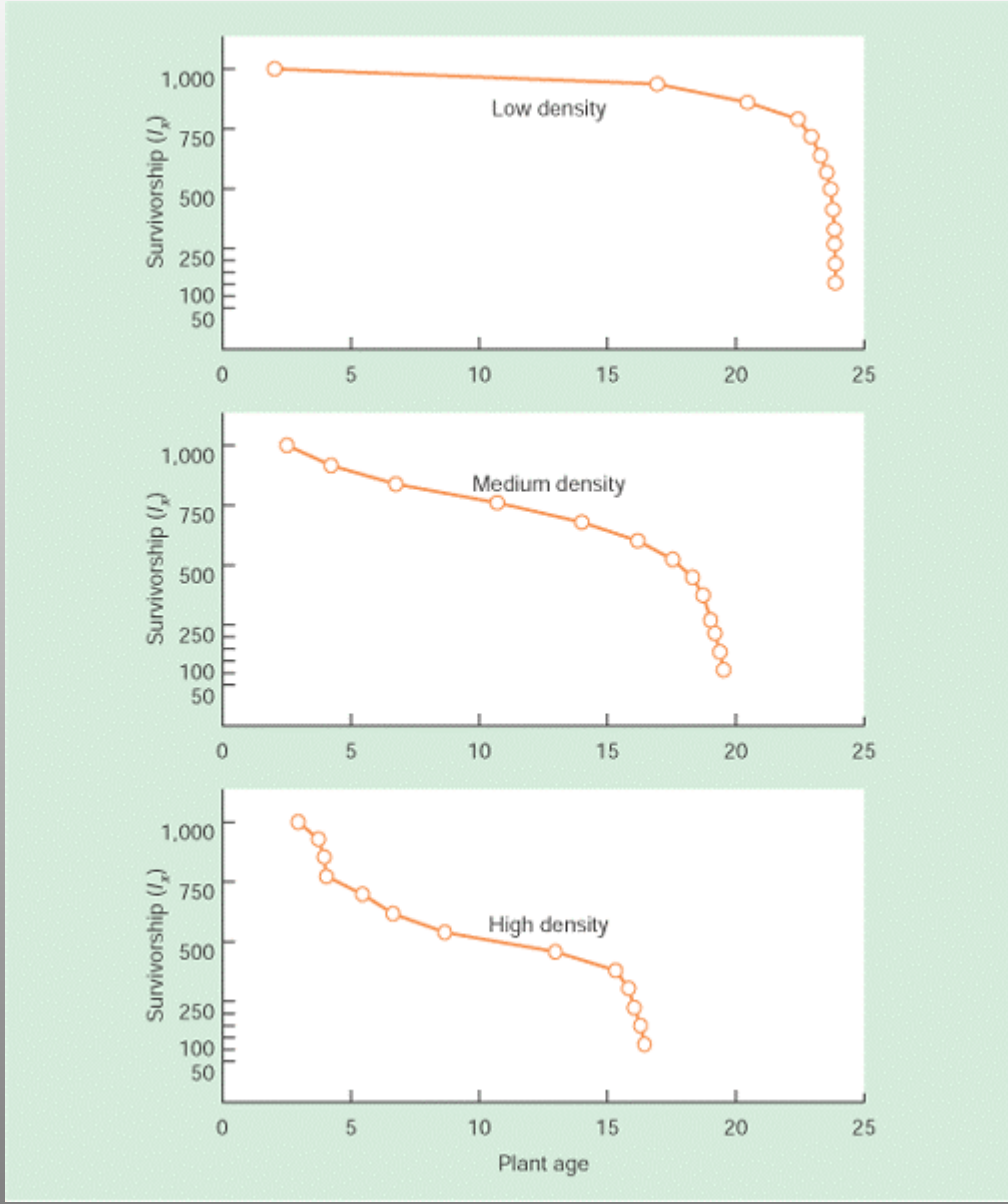




Primjeri organizama koji slijede tri tipa krivulja preživljavanja



Krivulje preživljavanja za ukupnu ljudsku populaciju, te za dojenčad do 30 dana starosti (podaci za USA)



Krivulja preživljavanja za biljku *Erophila verna* koja raste na pješćanim dinama, mijenja se u ovisnosti o gustoći populacije