

# Evolucija

# Evolucija je znanost o postanku i razvoju života na Zemlji

- ▶ **Kemijska evolucija** → postanak prvih jednostavnih pa sve složenijih molekula na novonastalom planetu (Zemlja) - preduvjet za biološku evoluciju
- ▶ **Biološka evolucija** → tijek razvoja živih organizama (od prve prave stanice do modernog čovjeka)

## Miller-Ureyev pokus; objašnjenje kemijske evolucije

električno izbijanje

$H_2O$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$

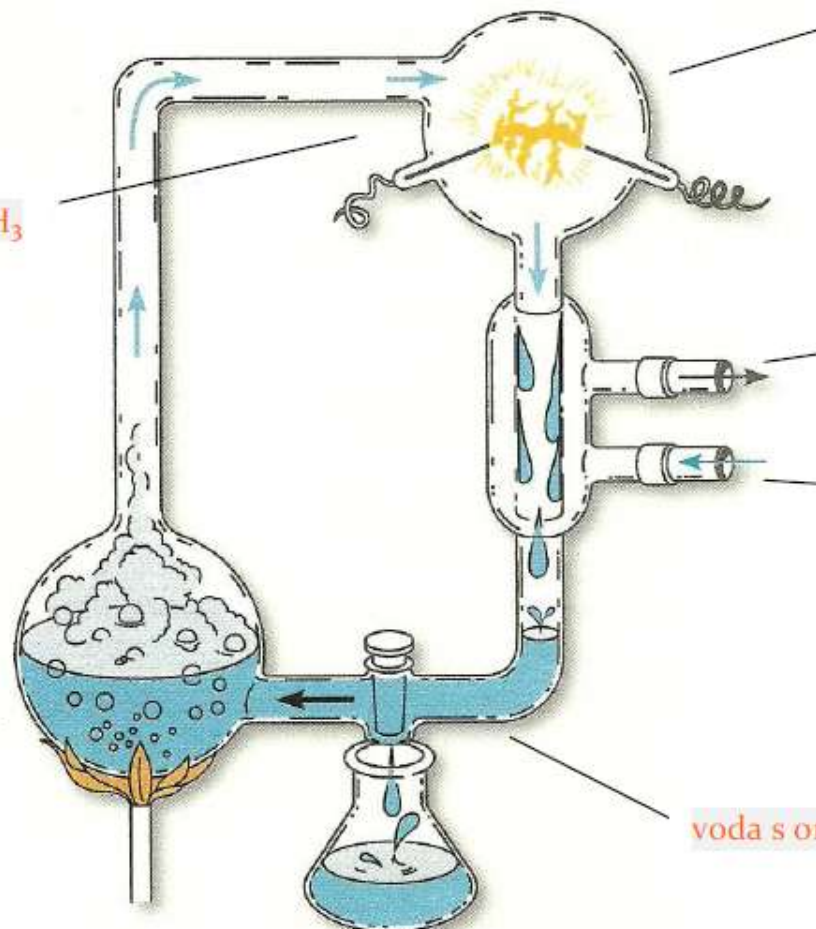
izlaz vode

(hladilo)

ulaz vode

zagrijana voda

voda s organskim tvarima



Millerov pokus

# Postanak i procjena starosti Svemira, Sunčevog sustava i Zemlje

- ▶ Svemir je imao svoj početak i prošao je tzv. **kozmičku evoluciju** → ona je započela tzv. velikim praskom prije oko 13 milijardi godina.
- ▶ Starost sunčevog sustava je oko 5 milijardi godina.
- ▶ Zemlja je vjerojatno nastala spajanjem nekoliko manjih planeta koji su se oblikovali od prašine i plinova prije 4.8 milijardi godina.

# Probionti su kuglaste nakupine organskih makromolekula s dvoslojnom membranom.

- ▶ Osobine probionta: probionti su "jednostanični"
- ▶ (prostor obavijen membranom može se smatrati prvobitnom stanicom), "prokarioti" (nisu unutrašnjim membranama podijeljeni na odjeljke - organele),
- ▶ heterotrofni (mogu kroz membranu uzimati tvari iz okoliša, mogu sadržavati enzime koji razgradnjom nekih od tih tvari oslobađaju energiju), anaerobni (opstaju u okolišu u kojem nema molekula kisika).

# Filogenija - evolucijske odnose između vrsta, prati postanak živih bića od zajedničkoga pretka.

- ▶ prokarioti pa eukarioti,
- ▶ jednostanični pa višestanični,
- ▶ beskralješnjaci pa kralješnjaci,
- ▶ vodeni pa kopneni,
- ▶ poikilotermni (ribe, vodozemci, gmazovi) pa homeotermni (sisavci, ptice),
- ▶ čovjek je jedna od najmlađih vrsta.

# *Dokazi evolucije*

- ▶ Dokazi iz biogeografije
- ▶ Dokazi iz paleontologije
- ▶ Dokazi iz poredbene anatomije
- ▶ Dokazi iz poredbene embriologije
- ▶ Dokazi iz molekularne biologije

# Biogeografija proučava raspored živih organizama na Zemlji.

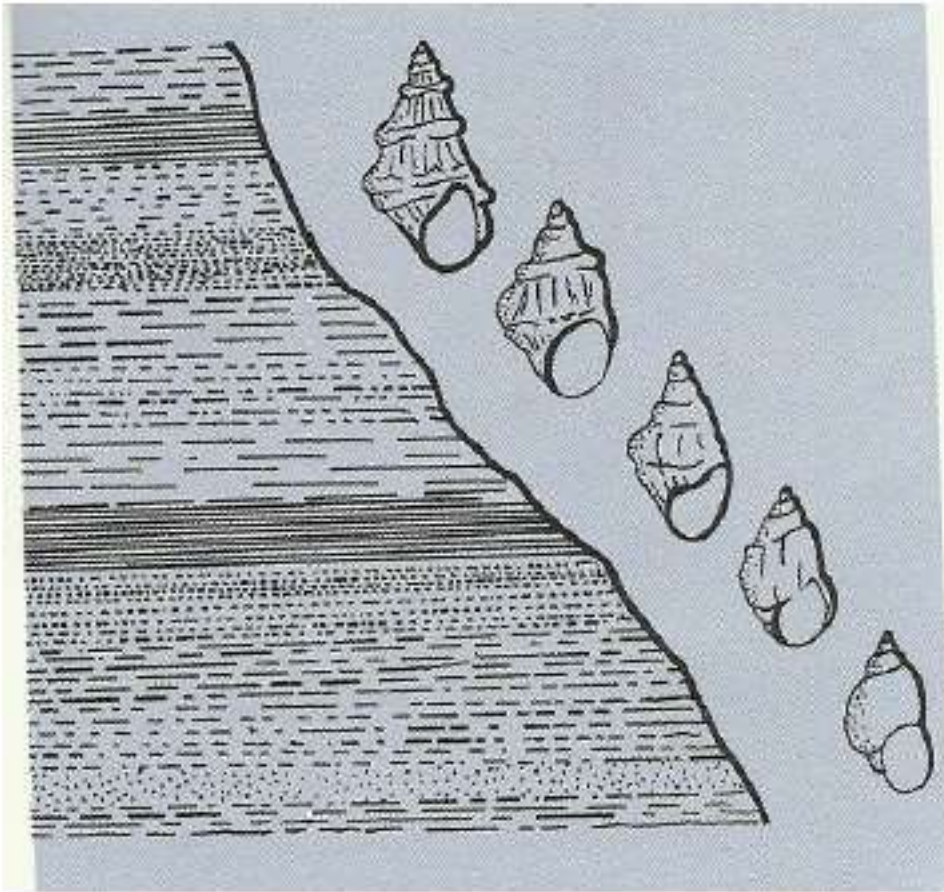
- ▶ upućuje na događanja u prošlosti. Npr. tigrove nalazimo samo u Aziji, lavove samo u Africi, ljenjivce u Americi.
- ▶ Specifična je fauna Australije i Novog Zelanda (ti su se dijelovi rano odvojili od ostalih) → bogata fauna tobolčara i jednootvora



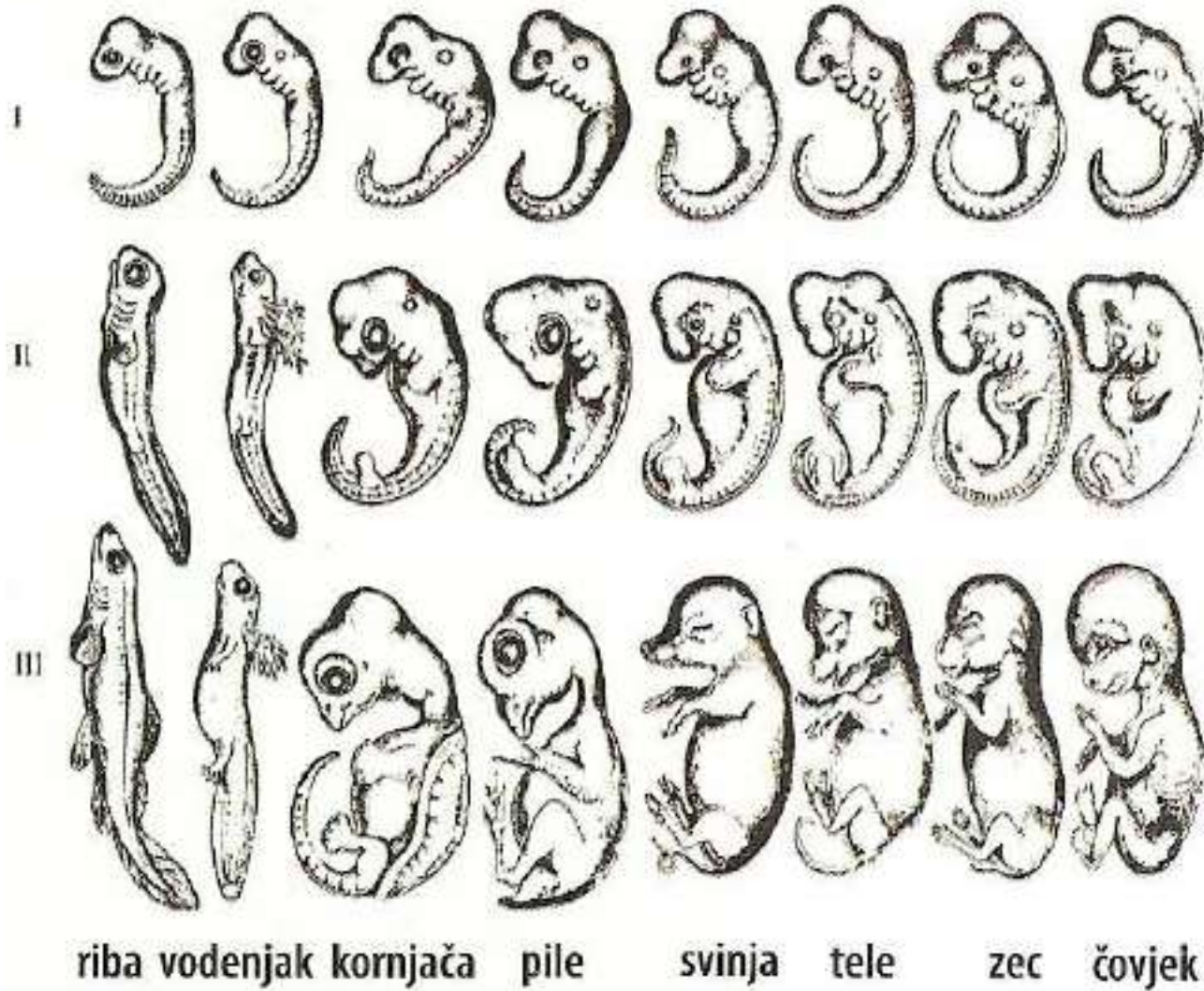
# Paleontologija je znanost koja proučava fosilne ostatke živih bića na Zemlji (fosile)

- ▶ **Okamenjivanje** (petrifikacija) - zamjena organskih tvari anorganskim ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ )
- ▶ **Pougljenjivanje** (karbonizacija) - nepotpuna oksidacija tvari pod visokim tlakom. Tako često nastaju fosili biljaka
- ▶ **Bitumenizacija** - biljni materijal prekrije voda, bez kisika
- ▶ **Konzerviranje** - očuvanje materijala pri visokim (mumificiranje) ili niskim (smrzavanje) temperaturama
- ▶ **Otiskivanje** - nastanak otiska u stijeni
- ▶ **Inkrustacija** - na površini organskog ostatka se istaloži mineralna kora od aragonita, kalcita ili kremenca

... $^{13}\text{C}$  u ukupnoj količini ugljika u organizmu u živih organizama je stalan jer ga stalno unose u sebe prehranom (kruženje tvari u prirodi), no nakon uginuća organizam više ne unosi u sebe  $^{13}\text{C}$  nego se taj izotop u njemu samo raspada...



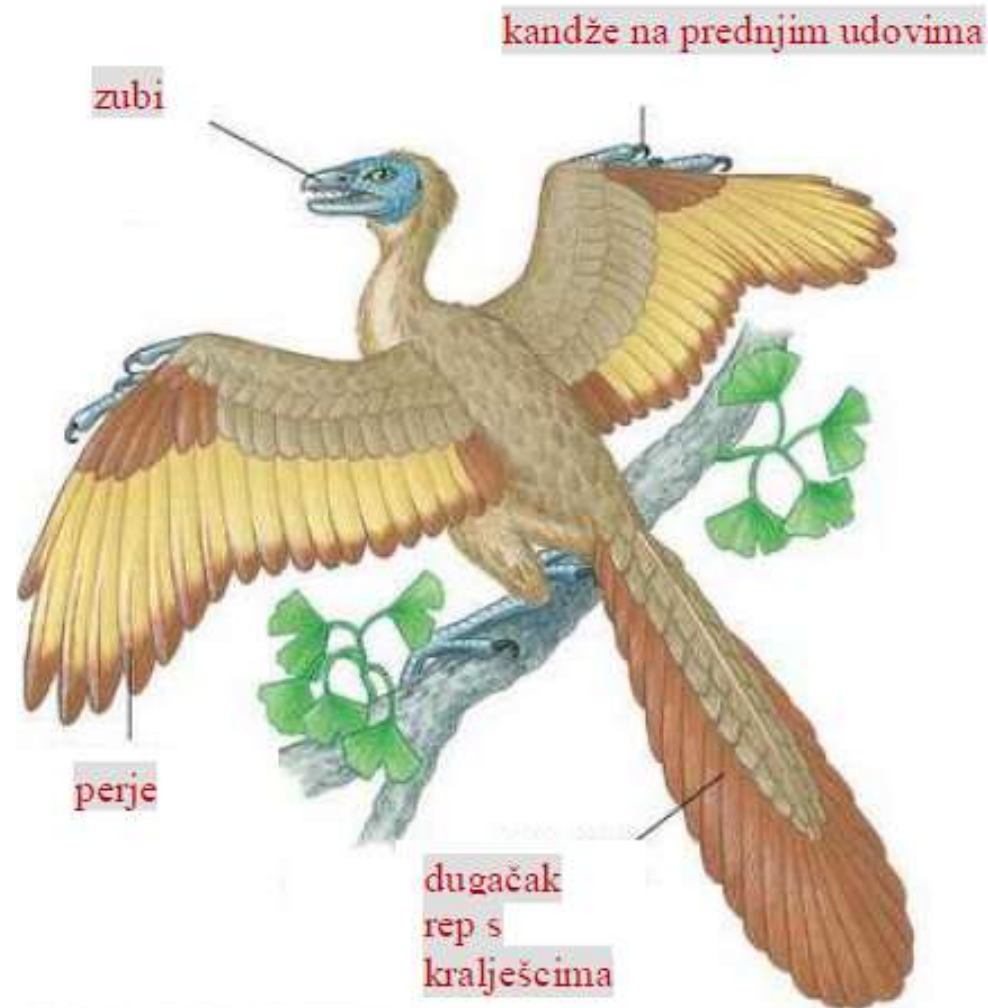
*Razvojni niz barskog puža ogrca*



*Faze embrionalnog razvoja*

GEOLOŠKA RAZDOBLJA				značajni oblici živih bića
eon	era	period	epoha	prvi hominidi
	kenozoik	kvartar	holocen	(čovjek)
			pleistocen	sisavci se naglo razvijaju i
		tercijar	pliocen	

# Zajedničko podrijetlo ptica i gmazova na primjeru fosila praptice



# Postanak sisavaca

- ▶ Prvi sisavci su se mogli razviti iz drevnih gmazova (zvjerogmazova) - oni su bili maleni poput miša, a hodali su četveronoške.
- ▶ Prvi sisavci pojavili su se nešto prije nego praptice.

# *Osnovne postavke selekcijske teorije evolucije DARWINIZAM*

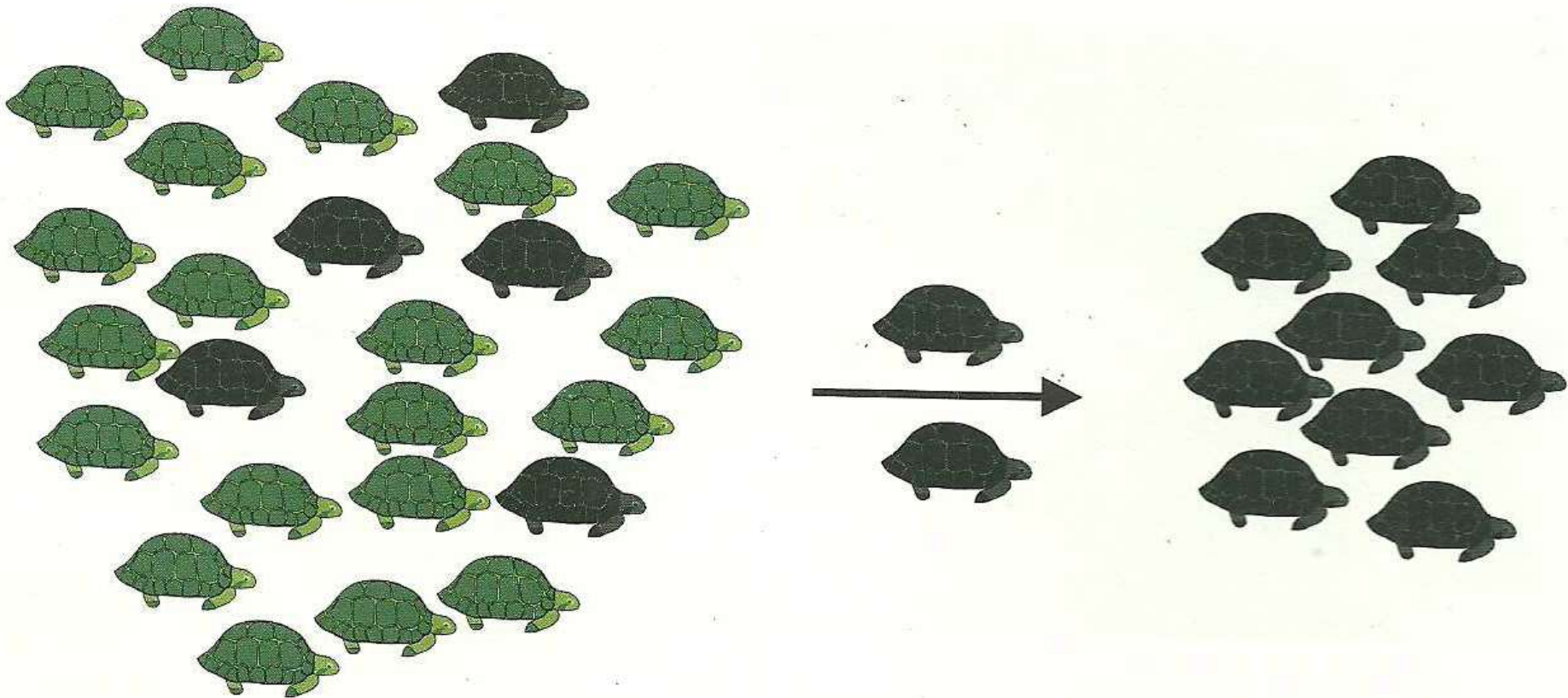
- ▶ među jedinkama iste vrste postoje razlike (morfološke, fiziološke, u ponašanju... **varijabilnost**)
- ▶ obično se pri spolnom razmnožavanju pojavljuje veći broj potomaka nego što ih može iz okoliša dobiti dovoljno životnih resursa (hrana, prostor...)
- ▶ među potomstvom nastaje **nadmetanje**, "borba za opstanak"
- ▶ opstaju oni koji su najpodobniji zahtjevima okoliša, oni mogu imati potomstvo i prenijeti na njega svoje podobne osobine **prirodni odabir**

Gomilanjem sitnih nasljednih varijacija tijekom duljeg vremena nastane velika promjena pa se pojavi nova vrsta (pripadnici srodnih populacija više ne daju plodno potomstvo)



# Temeljne sile evolucije

- ▶ Mutacije > prirodna selekcija > genetički drift >
- ▶ Genetičko skretanje (drift) dovodi do neočekivanih i skokovitih promjena u učestalosti pojedinih alela



# IZOLACIJSKI MEHANIZMI

- ▶ Niz mehanizama kojima su vrste izolirane u procesu reprodukcije.
- ▶ Izolacijski mehanizmi zaštićuju „genetički integritet“ vrste. Ona sprječavaju križanje raznih vrsta.

# Vanjski izolacijski mehanizmi (mehanizmi prije parenja)

- ▶ ekološki (životinje preferiraju različita staništa prilikom parenja, npr. neke se žabe vole pariti u dubokoj, a neke pak u plićoj vodi).
- ▶ Mogu biti morfološki (npr. mužjak je jednostavno premalen ili preslab da bi mogao uhvatiti ženku prilikom parenja, to može biti i različita struktura spolnih organa pojedinih vrsta - kukci).
- ▶ Mogu biti etološki (parenje onemogućeno zbog različitog ponašanja)

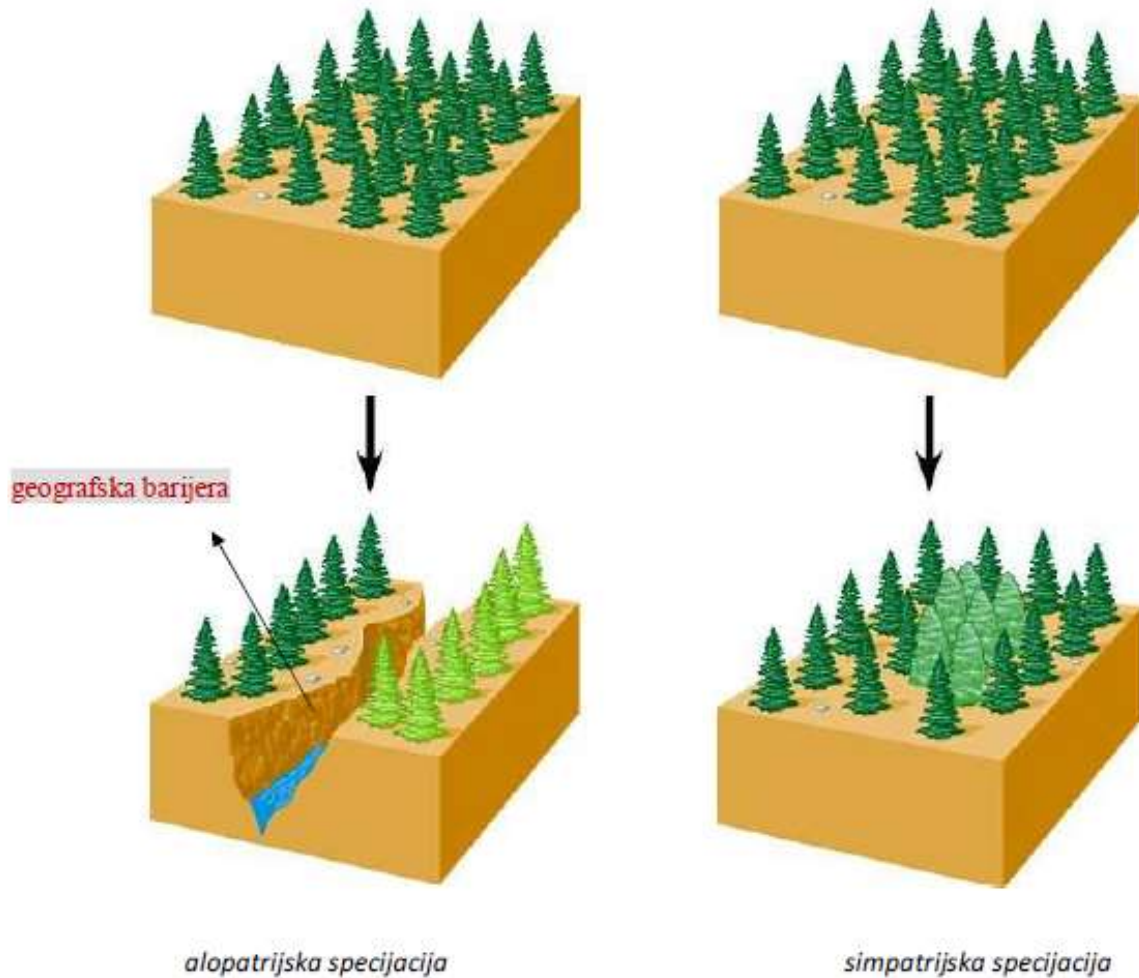
# Unutarnji izolacijski mehanizmi (mehanizmi nakona parenja -

- ▶ jaja i spermiji se jednostavno ne mogu spariti (dviju različitih vrsta)

# Konvergentna i divergentna evolucija

- ▶ **KONVERGENTNA EVOLUCIJA** Pojava da pripadnici nesrodnih vrsta u istim uvjetima okoliša stječu slične prilagodbe (analogne organe) - npr. morski pas (riba) i dupin (sisavac): oblik tijela, peraje
- ▶ **DIVERGENTNA EVOLUCIJA** Razvoj nekoliko različitih vrsta iz jedne - npr. Darwin je na otočju Galapagos otkrio mnogo vrsta zeba koje su se razvile iz zajedničkog pretka koji je doletio s kopna, a razlikuju se oblikom kljuna ovisno o ishrani (kukci, sjemenke, nektar...)

# SPECIJACIJA - proces nastajanja novih vrsta



# Usporedba Lamarckove i Darwinove teorije evolucije

- ▶ Darwin će, isto kao i Lamarck, tvrditi da je okoliš promjenjiv, ali ne i da mu se organizmi moraju prilagoditi, nego kaže da će oni koji su najpodobniji zahtjevima okoliša ostati, a ostali nestati - prirodni odabir.

# Selekcija

- ▶ **prirodna selekcija** - najčešće preživljavaju i imaju najbrojnije potomstvo organizmi koji su najbolje prilagođeni uvjetima okoliša i (u viših organizama) najprivlačniji spolnim partnerima, a oni slabo prilagođeni češće umiru bez potomstva pa se time vrste postupno mijenjaju.
- ▶ **umjetnu selekciju** - sadi sjeme najpogodnijih primjeraka biljaka (veći, ukusniji, zdraviji plodovi...) i omogućava parenje najpogodnijih primjeraka životinja (više mlijeka, ukusnije meso, pouzdaniji psi čuvari...)



# Sukcesivna evolucija označava kolebanja u sastavu gena

- ▶ male nasljedne promjene u genofondu (zaliha gena) neke populacije → iz naraštaja u naraštaj dolazi do kolebanja omjera homozigotnih i heterozigotnih jedinki

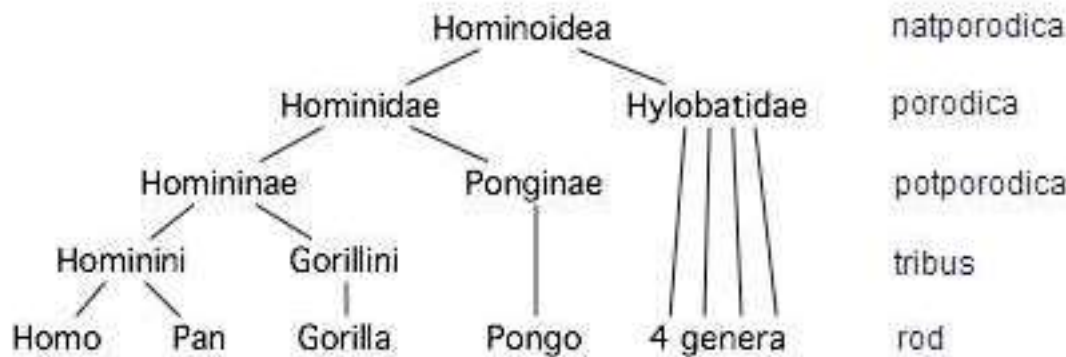
# *Evolucija čovjeka*

- ▶ **Primati**
- ▶ Rod čovjeka (Homo) ubraja se u razred sisavaca (Mammalia). Primati su red, razreda sisavaca.
- ▶ Dokazi da čovjek potječe od izumrlih primata: sličnost u građi tijela, dokazi iz paleontologije, dokazi molekularne biologije (čimpanze su genetski i po nekim bjelančevinama sličniji ljudima nego drugim primatima)

ETAPA	OSOBI NE
Australopitek	Prije 4 milijuna godina, hodali uspravno ( <i>Australopithecus africanus</i> ), volumen mozga kao viši majmuni, nepce izduženo kao u majmuna, zdjelica široka i plosnata, nisu izrađivali oružje, ali su ga upotrebljavali
Homo habilis	Izrađuje oružje, počinje se razvijati govor
Homo erectus	Viši od 1.50 metra, posve uspravni, bolje izrađuje oružje, grade nastambe, veliki mozak usporedive veličine s današnjim, neke primitivne karakteristike (nisko čelo, jaki nadočni lukovi, masivne lubanje)
Neandertalac	Izrađuje oruđe, upotrebljava vatru, mrtve sahranjiva uz posebne obrede
Kromanjonac	Današnji čovjek njegov je neposredni

# Sličnosti i razlike između hominida i čovjekolikih majmuna

- ▶ Čovjekoliki majmuni, opice ili hominoidi, dijele se na dvije porodice: Hylobatidae i
- ▶ Hominidae (Hominidi) → orangutani, čimpanze, gorile i čovjek.
- ▶ Hominidi su veći, nemaju rep, većinom su arborealne, tj. kreću se po krošnjama drveća, svežderi.
- ▶ Hylobatidae također nemaju rep, no znatno su manji od hominidi, isključivo su arborealni, uglavnom svežderi, a imaju istu zubnu formula kao hominidi.



# EKOLOGIJA pojmovi

- ▶ **Populacija** je skupina jedinki iste vrste koje žive na istom prostoru i međusobno se razmnožavaju - npr. svi mungosi na jednom otoku koji se mogu međusobno pariti (a ne mogu se pariti s mungosima s drugih, predalekih otoka niti sa psima na istom otoku)
- ▶ **Životna zajednica = biocenoza** (biotička komponenta ekosustava) je skup populacija živih organizama na određenom prostoru (staništu) - npr. jezerska biocenoza (sve biljke i životinje itd. u jednom jezeru), bentoska biocenoza (sve biljke i životinje itd. koje žive na dnu i pri dnu u nekom dijelu mora)
- ▶ **Stanište = biotop** je prostor (dio nežive prirode) s određenim skupom nebioloških ekoloških uvjeta (fizikalnih i kemijskih), na kojem živi neka jedinka, populacija ili životna zajednica - npr. morsko dno u plićaku oko jednog otoka

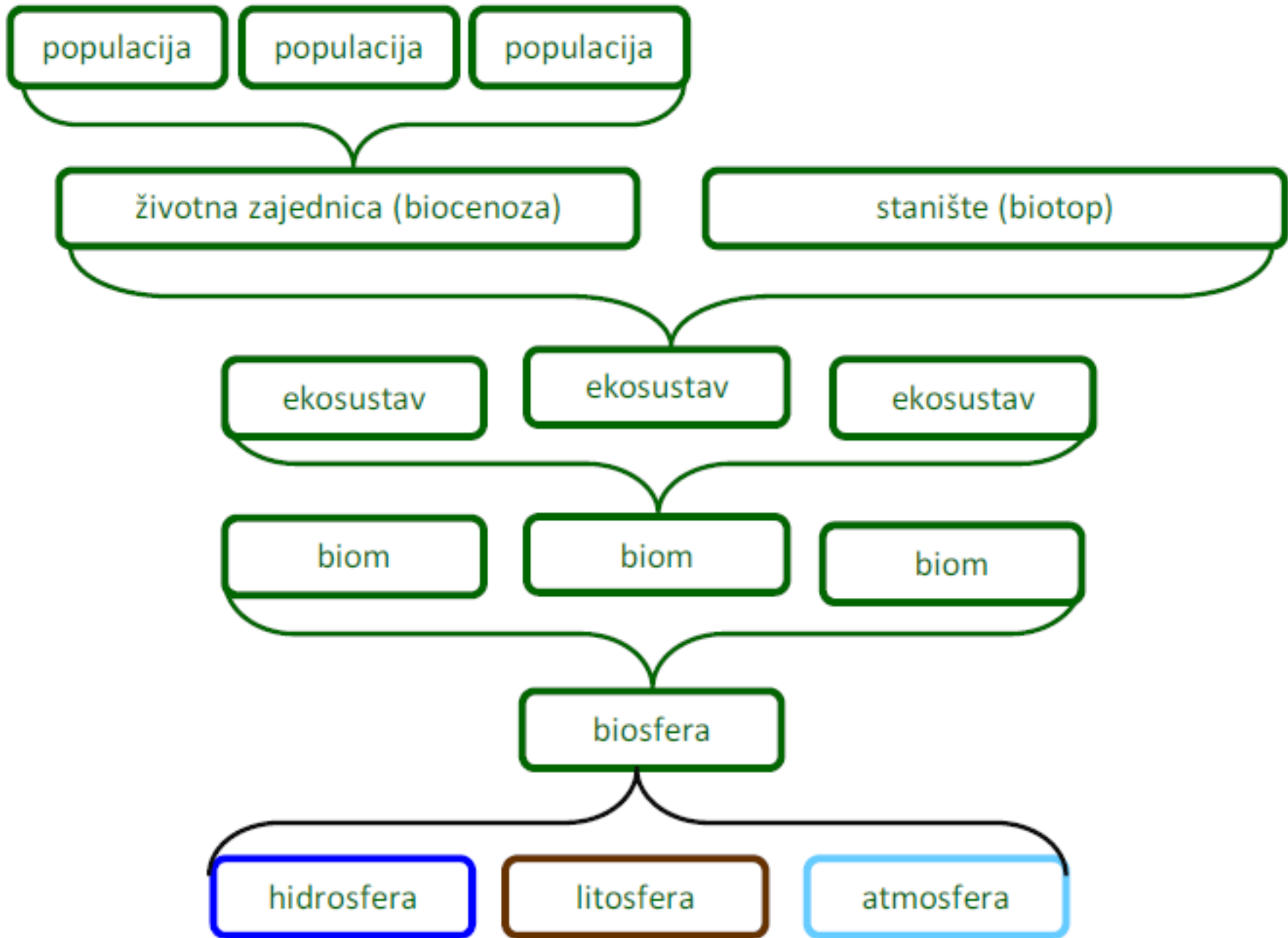
# EKOLOGIJA pojmovi

- ▶ **Ekosustav** je skup životne zajednice i njenog staništa - npr. jezerski ekosustav = jezerska biocenoza zajedno sa samom vodom i dnom jezera i slojem zraka nad njegovom površinom
- ▶ vodeni ekosustavi: jezerski, riječni, morski (bentoski, pučinski),
- ▶ podzemnovodeni...
- ▶ kopneni ekosustavi: šumski, travnati, polupustinjski, pustinjski...

**ekosustav = životna zajednica + stanište**

# EKOLOGIJA pojmovi

- ▶ **Biom** je skup ekosustava koji čine cjelinu na dijelu Zemlje. Biomi se dijele i nazivaju prema klimazonalnoj zajednici na kopnu: tundra, tajga, travnjak, pustinja, šume umjerenog pojasa, mediteranska vegetacija, tropske vlažne šume...
- ▶ **Biosfera** je prostor na Zemlji naseljen živim bićima
- ▶ **Dijelovi biosfere** su: hidrosfera (voda), litosfera (stijene i tlo), atmosfera (zrak)





# EKOLOGIJA pojmovi

- ▶ **Ekološka niša** je položaj neke vrste (ili populacije, jedinke itd.) u ekosustavu, način na koji ona živi i ostvaruje svoje životne potrebe, uloga u prometu tvari i energije (pojednostavljeno je definirana samo kao položaj vrste u hranidbenoj mreži, ali puna definicija uključuje sve životne aspekte). Može se definirati i kao skup svih ekoloških valencija neke vrste.

# EKOLOGIJA pojmovi

- ▶ **Biljna zajednica (fitocenoza)** je skup populacija biljnih organizama na određenom prostoru (dio biocenoze koji čine samo biljke) - npr. svo drveće i nisko raslinje u nekoj šumi
- ▶ **Životinjska zajednica (zoocenoza)** je skup populacija životinjskih organizama na određenom prostoru (dio biocenoze koji čine samo životinje) - npr. sve ribe, vodozemci, puževi, kukci itd. u nekom jezeru
- ▶ **Fauna** je skup svih životinjskih vrsta nekog područja (sistematski pojam)
- ▶ **Flora** je skup svih biljnih vrsta nekog područja (sistematski pojam)
- ▶ **Vegetacija** je skup svih biljnih zajednica (fitocenoza) nekog područja (ekološki pojam)

# EKOLOGIJA pojmovi

- ▶ **Areal** ili područje rasprostranjenosti (određene vrste ili druge sistematske kategorije ilim životne zajednice) je skup svih staništa na kojima ta vrsta itd. živi
- ▶ **Endem** je vrsta (ili druga sistematska kategorija) koja naseljava samo malo, ograničeno područje - npr. u dijelovima Hrvatske biljke dubrovačka zečina, hrvatska sibireja, velebitska degenija; vodozemac čovječja ribica



dubrovačka zečina



hrvatska sibireja



velebitska degenija



# EKOLOGIJA pojmovi

- ▶ **Kozmopolit** je vrsta (ili druga sistematska kategorija) koja naseljava vrlo široki raspon staništa. Kozmopolit ima vrlo široku ekološku valenciju - može živjeti u raznolikim životnim uvjetima. Primjeri kozmopolita: lišajevi, lisica, maslačak
- ▶ **Ekološki minimum** je donja granica intenziteta jednog ekološkog čimbenika (npr. temperatura, vlažnost, svjetlost) pri kojoj je još moguća egzistencija određene organske vrste - npr.  $0^{\circ}\text{C}$  je ekološki minimum temperature za slatkovodne organizme jer se ispod te temperature voda smrzne pa oni ne mogu preživjeti
- ▶ **Ekološki maksimum** je gornja granica intenziteta jednog ekološkog čimbenika pri kojoj je još moguća egzistencija određene organske vrste - npr. Maksimalna koncentracija iona nekog teškog metala u vodi pri kojoj neka vodena vrsta može opstajati u toj vodi

# EKOLOGIJA pojmovi

- ▶ **Ekološki optimum** je stupanj intenziteta jednog ekološkog čimbenika pri kojemu je njegovo djelovanje na određenu organsku vrstu najpovoljnije - npr. bakterije koje žive u ljudskim crijevima najbrže se množe na ljudskoj tjelesnoj temperaturi (36-37° C)
- ▶ **Ekološka valencija** je amplituda kolebanja jednog ekološkog čimbenika u čijim je granicama moguć opstanak određene vrste (skup svih vrijednosti između ekološkog minimuma i ekološkog maksimuma za taj čimbenik)

minimum

donja granica tolerancije

gornja granica tolerancije

maksimum

RASPON OPTIMUMA

velika

zona netolerancije

ZONA FIZIOLOŠKOG STRESA



zona netolerancije

ZONA FIZIOLOŠKOG STRESA

VRSTA NE OPSTAJE

populacija

mala

VRSTA NE OPSTAJE

nizak

gradijent

visok

# *Odnosi između živih bića i abiotičkih čimbenika okoliša*

Glavni abiotički čimbenici su:

- ▶ temperatura
- ▶ voda i vlaga
- ▶ svjetlo



- ▶ **Poikilotermne** životinje su životinje s nestalnom tjelesnom temperaturom (tjelesna temperatura ovisi o temperaturi okoliša): beskralješnjaci, ribe, vodozemci, gmazovi. Biljke i gljive su poikilotermne, kao i prokarioti.
- ▶ **Homeotermne** životinje su životinje sa stalnom tjelesnom temperaturom (održavaju stalnu tjelesnu temperaturu djelovanjem metabolizma bez znatnog utjecaja temperature okoliša): ptice, sisavci.
- ▶ **Prednosti homeotermnih u odnosu na poikilotermne životinje:** veća rasprostranjenost na Zemlji (homeotermne životinje mogu živjeti pri nižim temperaturama jer mogu održavati svoju tjelesnu temperaturu iznad temperature okoliša, dovoljno visoko za odvijanje

# Prilagodbe homeotermnih životinja na sezonsku promjenu temperature u okolišu:

- ▶ - **mitarenje** (ptice - gube dio perja) / **linjanje** (sisavci - gube dio dlaka) - u proljeće kad temperature postaju više
- ▶ - **zimski san** - mirovanje tijekom najhladnijeg dijela godine (usporavanje metabolizma radi štednje energije)

# Prilagodbe biljaka na količinu vode i vlage u staništu:

- ▶ - **biljke vlažnih staništa** - npr. žabnjak - veliki listovi, vrlo tanke epiderme, mnogo puči, puči često izbočene
- ▶ - **biljke sušnih staništa** - npr. kaktusi, agave - mali, dlakavi, kožasti listovi ili bodlje umjesto lišća, pohrana pričuvne vode u zadebljaloj nadzemnoj stabljici (biljke koje imaju takvu stabljiku nazivaju se sukulenti) ili u podzemnom dijelu (primjeri podzemnih stabljika: lukovica, gomolj), puči

# Prilagodbe kopnenih životinja za život na kopnu:

- ▶ organi za disanje kisika iz zraka (kukci - uzdušnice, kopneni kralježnjaci - pluća)
- ▶ zaštita površine tijela od isušivanja (kukci - hitinska kutikula, kopneni kralježnjaci - koža)
- ▶ organi za kretanje po tlu (i zraku) (noge, krila)

# Prilagodbe životinja različitim svjetlosnim uvjetima u okolišu:

- ▶ dnevne (diurnalne) životinje - aktivne danju - npr. gušterice, većina ptica - dobro
- ▶ razvijen dnevni vid, mehanizmi za hlađenje tijela ako žive u vrućim područjima
- ▶ - noćne (nokturalne) životinje - aktivne noću - npr. šišmiš, sova - imaju oči posebno osjetljive na svjetlo (često vrlo velike), vide u infracrvenom području i/ili imaju osobito razvijena druga osjetila a ne vid
- ▶ životinje koje mogu biti aktivne i danju i noću - npr. voluharica, mačka - oči koje se mogu prilagoditi i velikoj i maloj osvjetljenosti (veliki raspon regulacije veličine zjenice) \* životinje aktivne samo u sumrak/zoru - npr. srna
- ▶ životinje koje žive u prostorima do kojih ne dopire svjetlo (morske dubine, spilje) - npr. čovječja ribica - slijepe, nebojane, razvijena druga osjetila (njuh, sluh)

# *Odnosi između živih bića u biocenozi (biotički čimbenici)*

- ▶ **Glavni biotički čimbenici** = odnosi između živih bića
- ▶ **odnosi razmnožavanja** - između jedinki iste vrste
- ▶ **simbioza** - odnos između jedinki različitih vrsta iz kojeg obje vrste crpe korist (il jedna crpi korist, a nijedna ne trpi štetu)
- ▶ **nametništvo** - odnos nametnika i domaćina (domadara)
- ▶ **predatorstvo** - odnos grabežljivca i plijena
  
- ▶ **Mimikrija** je pojava da organizmi oblikom, bojom itd. nalikuju na druge žive ili nežive stvari. Primjeri mimikrije: bogomoljka (grančica), leptir letilist (list)

## Prilagodbe grabežljivaca

- ▶ ptica grabljivica (jastreb): razvijen vid osobito za određene obrasce boja i oblika (plijen), kljun, pandže
- ▶ zvijer (vuk): razvijen njuh osobito za miris plijena, lovi u čoporu, zubi

## Prilagodbe plijena za zaštitu od grabežljivaca:

- ▶ sisavci biljojedi (zec, srna): razvijena osjetila (vid, njuh, sluh), brzo kretanje, život u skupinama, zaštitna obojenost (stapanje s okolišem), nepotpuno spavanje

## Načini izražavanja gustoće populacije

- ▶ brojem (ili masom - biomasom) jedinki na jedinici površine (ili volumena u vodenim ekosustavima)
- ▶ brojkama od 1 (rijetka vrsta) do 5 (vrlo brojna vrsta)

- ▶ Kako odnosi između jedinki iste vrste utječu na brojnost/ gustoću populacije
- ▶ - **reproduktivni potencijal** (sposobnost razmnožavanja) i **kompeticija** (nadmetanje za hranu, životni prostor i sl.): na jednom staništu može živjeti samo ograničeni broj jedinki neke vrste



# *Glavne osobine biocenoza i ekosustava*

## **Razlike u osobinama vodenih i kopnenih ekosustava:**

- ▶ u vodenim ekosustavima život se prostire kroz sve slojeve (od dna do površine) zbog velike gustoće vode
- ▶ u vodenim ekosustavima manje su temperaturne promjene zbog velikog toplinskog kapaciteta vode
- ▶ u vodenim ekosustavima s dubinom vrlo brzo raste tlak

- ▶ **Bentos** čine svi vodeni organizmi pričvršćeni za podlogu ili načinom života vezani uz podlogu (dno) - dijele se prema stupnju pokretljivosti:
- ▶ pričvršćeni za podlogu (npr. alge, koralji, spužve) slabo pokretni (ježinci, trpovi, neki školjkaši - npr. periska) s velikim radijusom kretanja (pridnene vrste riba - zubatac, cipal i sl.)
- ▶ **Nekton** čine svi slobodnoplivajući organizmi primjeri: srdela, morski pas, dupin
- ▶ **Plankton** čine svi slobodnolebdeći vodeni organizmi (ne pokreću se vlastitim snagama plivanjem, nego ih nosi gibanje vode), većina planktona su vrlo sitni organizmi
- ▶ **Značenje planktona u vodenim ekosustavima:** fitoplankton vrši oko 90% sveukupne fotosinteze na Zemlji, plankton je hrana za veće organizme (npr. kitovi)

- ▶ **Fitoplankton** je autotrofni ("biljni") plankton
- ▶ **Zooplankton** je heterotrofni ("životinjski") plankton
- ▶ **Glavni čimbenici koji utječu na raspored organizama (biocenoza) u moru:** osvjetljenost (prozirnost), gustoća morske vode, slanost, sastav (hranjivost) morske vode, temperatura, izmjena plime i oseke
- ▶ **U osvjetljenom sloju** u vodenim (morskim) ekosustavima (maksimalno do 200 m dubine) žive autotrofni (fotosintetski) organizmi (proizvođači), a na većim dubinama u
- ▶ **neosvjetljenom sloju** mogu živjeti samo heterotrofni (i kemoautotrofni)

- ▶ **Šumske biocenoze** (osobito tropske vlažne šume) su najsloženiji (najveća raznolikost vrsta) i organskom proizvodnjom najbogatiji (najveći intenzitet fotosinteze među kopnenim biocenzama) tip kopnenih biocenoza

# Slojanje (vertikalni raspored vrsta) u šumskoj biocenozi

visoko drveće
srednje visoko drveće
nisko drveće
grmolika vegetacija
zeljaste biljke
tlo – organski ostaci (ponajviše otpalo lišće)

– tropske šume imaju najviše slojeva

- ▶ **Sukcesija** je niz promjena biocenoza na nekom staništu u određenom vremenskom razdoblju. Primjeri sukcesija su: **zaraštavanje jezera** (prirodni proces, ali unos fosfata i nitrata iz umjetnih gnojiva i sl. može ga prekomjerno ubrzati; povećava se količina organskih tvari u vodi, raste sve više algi i vodenih biljaka, čijim odumiranjem nastaje tlo, jezero postaje pliće i naposljetku nestaje), **obnavljanje šume nakon požara** (postupno izrasta prvo nisko raslinje pa grmlje pa drveće)
- ▶ Sukcesije nastaju prirodno, ali često i **djelovanjem čovjeka** (krčenje šuma, melioracija, požari, zagađenje voda...)

# Sezonske promjene u biocenozi u skladu s klimatskim promjenama

- ▶ jesen/zima (zahlađenje) - gubitak klorofila (zelene boje) i odumiranje te opadanje lišća s drveća, ugibanje jednogodišnjih biljaka i nadzemnih dijelova višegodišnjih zeljastih biljaka
- ▶ proljeće/ljeto (zatopljenje) - pupanje, listanje, cvjetanje, klijanje

# Glavni tipovi (kopnenih) bioma i klimatske prilike područja na kojima se prostiru:

- ▶ tundra - polarna klima
- ▶ tajga - šume četinjača - hladna kontinentalna klima
- ▶ šuma umjerenog pojasa - vazdazelene i kontinentalne - umjerenjena kontinentalna klima
- ▶ mediteranska vegetacija - u suhim ili polusuhim primorskim područjima umjerenog pojasa (mediteranska klima)
- ▶ travnjak - travnjaci umjerenog pojasa (stepa, prerija, pampa) i tropskog pojasa (savana)
- ▶ tropska kišna šuma - topla i vlažna tropska (ekvatorijalna) klima
- ▶ pustinja - u područjima s vrlo malom količinom padalina (vlage) u svim klimatskim pojasevima (topele i hladne pustinje)



# Raspored biljnog pokrova

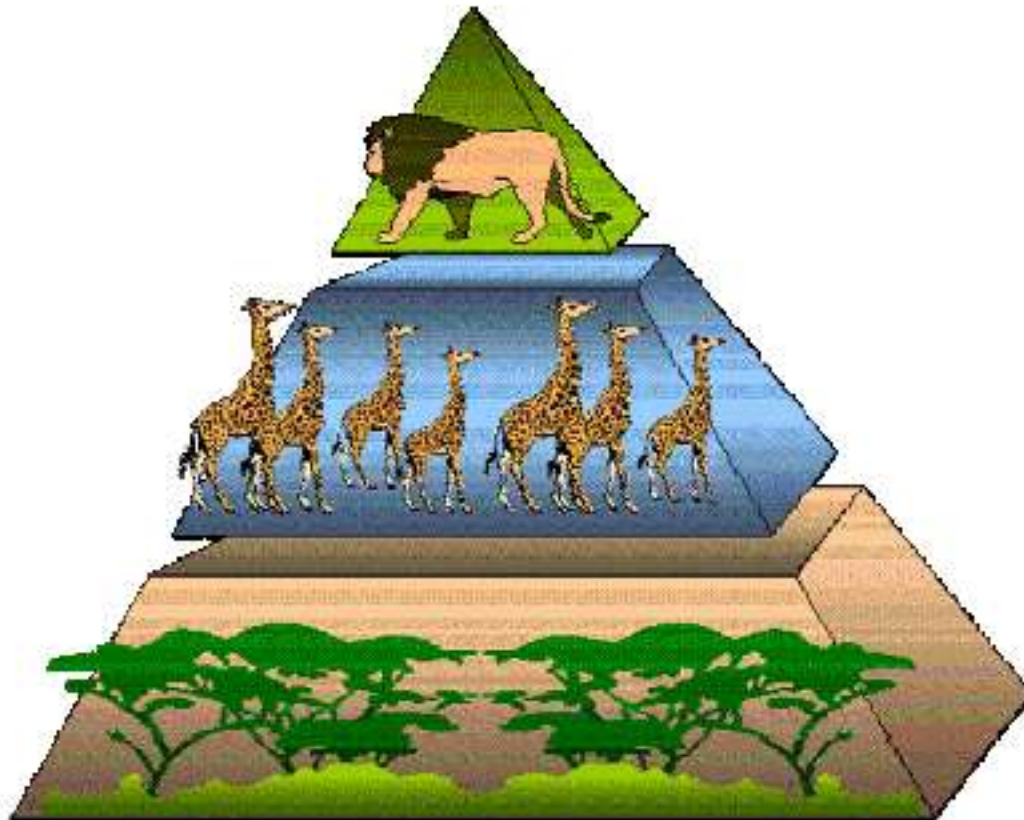
- ▶ **Horizontalni** (ovisno o geografskoj širini; na visini 0-100 m nad morem) **raspored biljnog pokrova** ovisno o klimatskim prilikama (od polova prema ekvatoru): ledenjaci (bez biljnog pokrova), tundre (mahovine, lišajevi), tajge (crnogorične šume), listopadne šume umjerenog pojasa (odnosno stepe, polupustinje, pustinje - ovisno o vlažnosti) i primorske vazdazelene šume, oko ekvatora tropske vlažne šume (prašume)
- ▶ **Vertikalni** (ovisno o nadmorskoj visini; u umjerenom pojasu, npr. Hrvatska) **raspored biljnog pokrova** ovisno o klimatskim prilikama (odozdo prema gore): travnjaci, hrastove šume, bukove šume, miješane šume bukve i jele, pretplaninske bukove šume, planinske šikare, planinski bor (krivulj), planinski travnjaci (pašnjaci), zona vječnog snijega i leda (bez biljnog pokrova)

# *Odnosi ishrane u biocenozi, kruženje tvari i protjecanje energije u ekosustavu*

- ▶ **Proizvođači** su svi autotrofni organizmi (prvenstveno zelene biljke) koji proizvode organsku tvar koristeći Sunčevu energiju (fotosintezom)
- ▶ **Potrošači** su heterotrofni organizmi koji se hrane proizvođačima ili drugim potrošačima i koriste dio tako dobivene energije za svoje metaboličke procese (ta energija u obliku topline napušta ekosustav)
- ▶ **Glavni tipovi potrošača:** biljojedi (primarni potrošači), mesojedi i svejedi
- ▶ **Razlagači** su saprofiti koji razgrađuju tijela uginulih organizama - tako vraćaju hranjive tvari u ciklus, čime omogućuju rast i razvoj proizvođača. Razlagači su prvenstveno bakterije.
- ▶ **Prehrambena piramida s obzirom na broj i biomasu te količinu energije na pojedinoj**
- ▶ **prehrambenoj razini:** na nižim razinama (proizvođači pa primarni potrošači...) veći je broj organizama, biomasa i količina energije

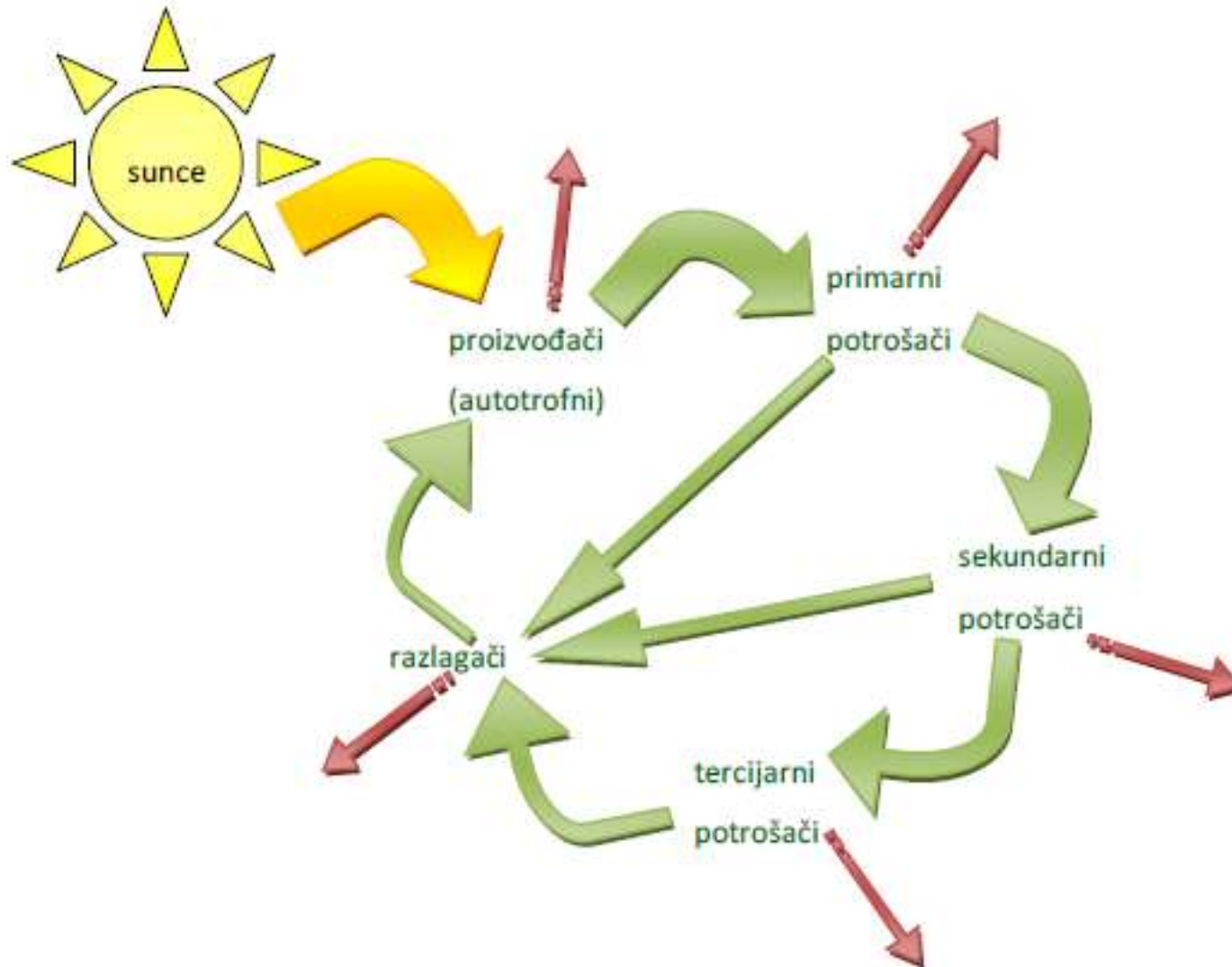


- ▶ **Kruženje tvari:** autotrofni organizmi, heterotrofni organizmi - primarni potrošači, sekundarni potrošači, tercijsni potrošači, razlagači

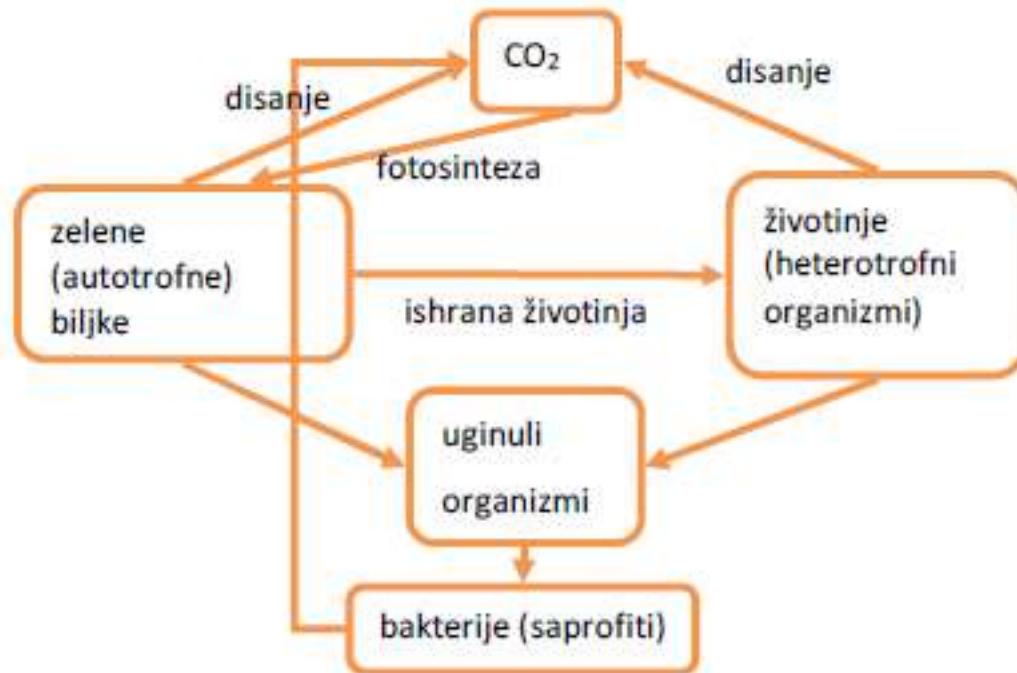


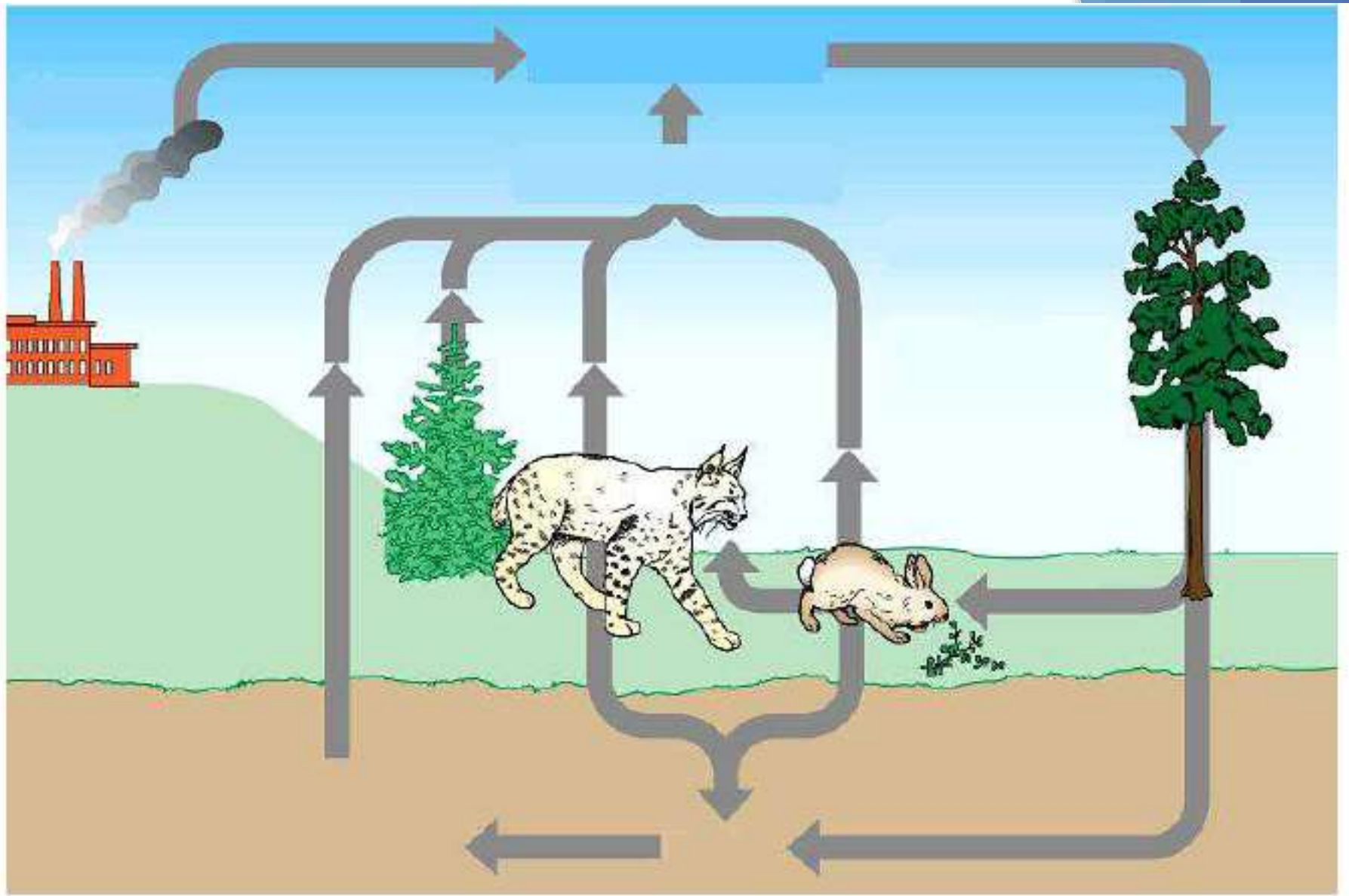


- ▶ **Protjecanje energije:** autotrofi vežu dio Sunčeve energije u organske molekule, na svakom se stupnju dio energije "gubi", pretvara u toplinu (troši za životne procese organizama)



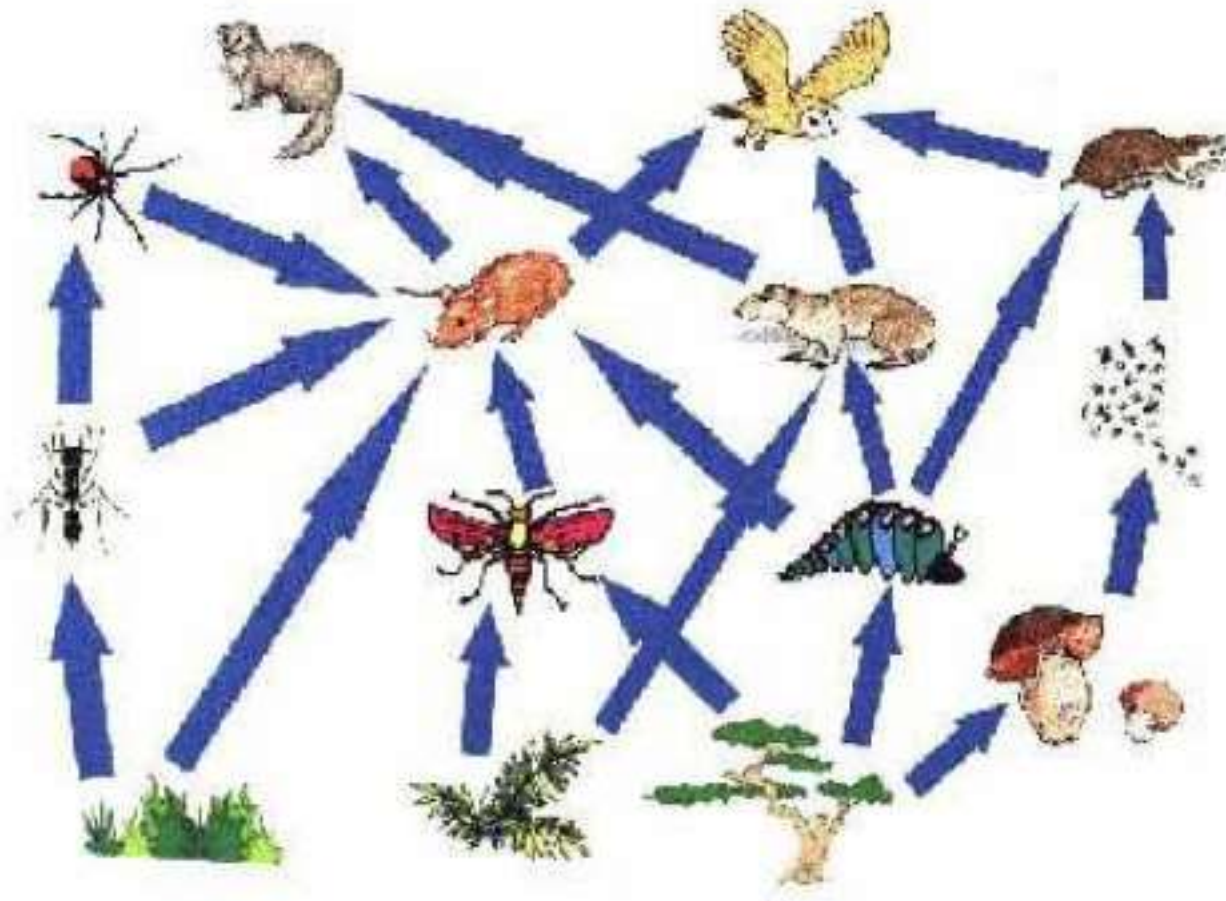
**Biogeokemijski cikel ogljika** (ne treba znati shemu/sliku napamet nego ju treba znati objasniti)







## Hranidbena mreža – skup svih isprepletenih hranidbenih lanaca u nekom ekosustavu



- ▶ Primarnu organsku proizvodnju čine proizvođači (autotrofni)
- ▶ Sekundarnu organsku proizvodnju čine potrošači (heterotrofni)

# *Štetni utjecaji čovjeka na biosferu*

- ▶ **Štetno djelovanje čovjeka na biosferu:** krčenje šuma, isušivanje močvara, regulacija vodotoka, gradnja naselja, industrijskih zona, povećavanje prometa i širenje prometne mreže te onečišćenje vode, zraka i tla

- ▶ **Posljedice krčenja šuma:** erozija (degradacija) tla (gubi plodnost), izumiranje biljnih i životinjskih vrsta, poremećaj regulacije kolebanja temperature, vlažnosti i vjetra (sve to doprinosi širenju pustinja)
- ▶ **Posljedice isušavanja močvara (melioracije):** izumiranje vodenih biljaka i životinja, drastična promjena ekosustava
- ▶ **Posljedice onečišćenja voda:** izumiranje biljnih i životinjskih vrsta (ne samo onih u vodi), opasnost za čovjeka (uzročnici zaraznih bolesti, kancerogene tvari)
- ▶ **Potreba pročišćavanja otpadnih voda** Prirodne vode (osobito tekućice) imaju veliku sposobnost samopročišćavanja (autopurifikacije), ali nedovoljnu da bi se samim tim poništio utjecaj čovjeka (industrije), pa je industrijske i komunalne otpadne vode potrebno prije ispuštanja u
- ▶ **Izvori onečišćavanja zraka:** plinovi (sumporov dioksid, dušikovi oksidi, ugljikov monoksid, ozon, amonijak, ugljikovodici, sumporovodik, halogenovodici, freoni) i krute čestice (teški metali, čađa). Izvori onečišćavanja zraka su prirodni (vulkanske erupcije, požari) i antropogeni (spaljivanje fosilnih goriva, industrija).

- ▶ Pojava efekta staklenika
- ▶ Značenje ozonskog sloja u atmosferi
- ▶ Onečišćenje zraka koje uzrokuje nastajanje ozonskih rupa
  - let nadzvučnih zrakoplova
  - halogenirani ugljikovodici (freoni)
  - detonacija nuklearnog oružja
- ▶ Ončišćenje zraka koje uzrokuje pojavu kiselih kiša
- ▶ Štetne posljedice kiselih kiša

- ▶ Glavni načini onečišćavanja tla i njihove posljedice  
gnojenje promjene u kemijskom sastavu i kiselosti tla  
pesticidi akumulacija otrovnih tvari u živim organizmima  
teški metali (iz industrije i otpada) -||-
- ▶ nagli rast ljudske populacije - vidi utjecaji na brojnost  
ljudske populacije
- ▶ urbanizacija - porast gradova i povećanje udjela gradskog  
stanovništva gradovi su ovisni o unosu sirovina izvana  
(prehrambeni proizvodi, materijal za izgradnju, električna  
energija...) i veliki izvor onečišćenja (otpada) pa lokalno i  
globalno opterećuju kruženje tvari i energije te nepovoljno  
utječu na biosferu

- ▶ **Važnost zamjene fosilnih izvora energije alternativnim (vjetar, solarna energija)**
- ▶ **Ekonomska i ekološka važnost izdvajanja sekundarnih sirovina iz otpada**
- ▶ **Zaštita voda i zraka je globalni problem**
- ▶ **Nacionalni parkovi Hrvatske**

# Posljedice unošenja stranih vrsta

- ▶ mungos na Mljetu
- ▶ kaulerpa u Jadranu