

Ekosustavi u ekološkoj poljoprivredi

PROF. DR. SC. IRENA JUG



- **EKOSUSTAV** je skup biotskih i abiotskih elemenata i procesa koji imaju utjecaja na ponašanje i život određene jedinice u definiranom prirodnom okruženju.
- Svaki ekosustav ima svoje specifične biotske i abiotske elemente i svako dodavanje novih elemenata u taj sustav često zna imati vrlo negativne posljedice, a u ekstremnim slučajevima čak može doći do izumiranja pojedinih vrsta koje su živjele u tom ekosustavu.
- Vrlo je važno očuvati ekosustave u trenutnom stanju bez unosa dodatnih elemenata koji mu mogu naškoditi.

- Ukoliko se ne može izbjeći dodavanje novih elemenata u neki ekosustav onda je vrlo važno pokušati smanjiti utjecaj tih novih elemenata i time izbjeći moguće katastrofalne posljedice
- Prirodni odabir je dovoljno dobro utjecao na prirodnu raznolikost i prirodni sklad vrsta, pa nema potrebe da ljudi pokušaju to popraviti ili učiniti boljim.
- Uz to sve su se vrste dobro prilagodile svojim prirodnim staništima i zbog toga gotovo svaka čovjekova intervencija u ekosustavu ima više negativnih od pozitivnih posljedica

BILJNA EKOFIZIOLOGIJA – znanstvena disciplina koja proučava interakciju između biljaka i njihovog okoliša povezujući biljnu fiziologiju s ekologijom

- Stupanj prilagodljivosti pojedinih biljnih vrsta na uvjete okoliša očituje se njihovom morfološkom i fiziološkom adaptacijom.
- Promjena morfoloških svojstava i fizioloških mehanizama utječe na:
 - ✓ opstanak i rast biljaka,
 - ✓ njihovu produktivnost
 - ✓ međusobne odnose (kompeticija, alelopatija, herbivori i dr.)

EKOFIZIOLOGIJA – proučavanje okolišnih činitelja i zakonitosti njihovog djelovanja na:

fiziološke procese



biljni organi



biljka



ekosustav



AGROFITOCENOZA

Biljnu ekofiziologiju čine:

- **Opća biljna ekofiziologija** - koja proučava prilagodljivost pojedinačnih vrsta u poljskim i šumskim zajednicama s naglaskom na morfološke i fiziološke mehanizme te njihov utjecaj na rast i opstanak biljaka, njihovu produktivnost i kompeticiju.
- **Eksperimentalna biljna ekologija** - proučava i primjenjuje laboratorijske tehnike potrebne za proučavanje biljne fiziološke ekologije.
- **Fiziološka ekologija** - proučava prilagodljivost fizioloških procesa pod utjecajem promjene okoliša i kondicija staništa te njihove ekološke konzekvence.
- **Biljna okolišna biofizika**
- **Fiziologija stresa biljaka**

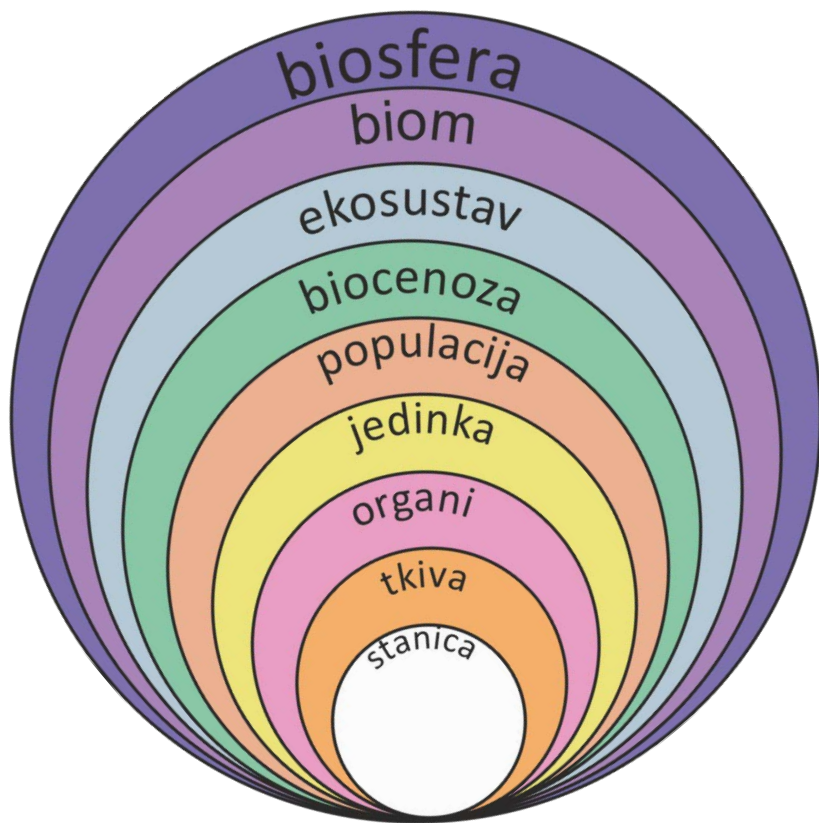
- Životnu sredinu čini kompleks **biotskih** i **abiotskih čimbenika** koji djeluju na biljke ili životinje koje žive na tom mjestu/staništu.
- Te čimbenike označavamo kao životne ili ekološke, odnosno, najčešće ih nazivamo vanjski čimbenici ili **činitelji okoliša**.
- Faktori okoliša imaju različit značaj za pojedine organizme ovisno o njihovom intenzitetu i kvaliteti pa su neki od njih za pojedinu biljnu vrstu neophodni životni uvjeti, dok za drugu imaju manji značaj.

- Mjesta koja se odlikuju posebnim kompleksom ekoloških faktora nazivaju se **biotopi** ili **životna staništa** i to su osnovne topografske jedinice u ekologiji koje se jasno razlikuju po vanjskom izgledu (*fiziognomiji*), npr. teško je zamjeniti jedan šumski s nekim vodenim biotopom.



EKOLOŠKA LJESTVICA





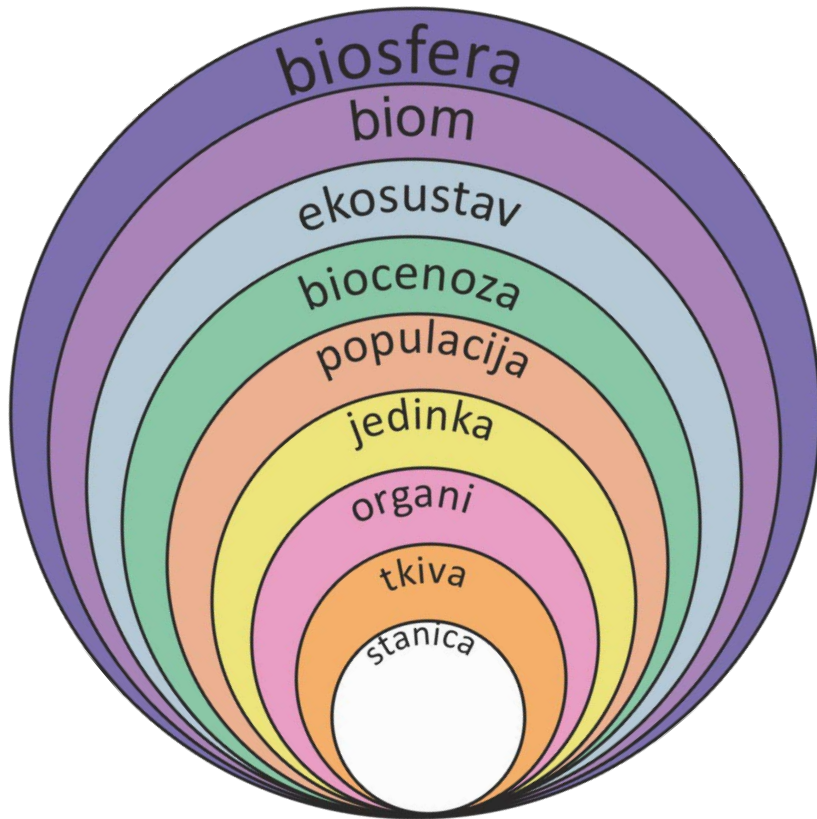
Jedinka - pojedinačni organizam koji živi u svom staništu

Populacija - svi predstavnici iste vrste koji žive na istom staništu i vezani su međusobnim odnosima, u prvom redu razmnožavanjem

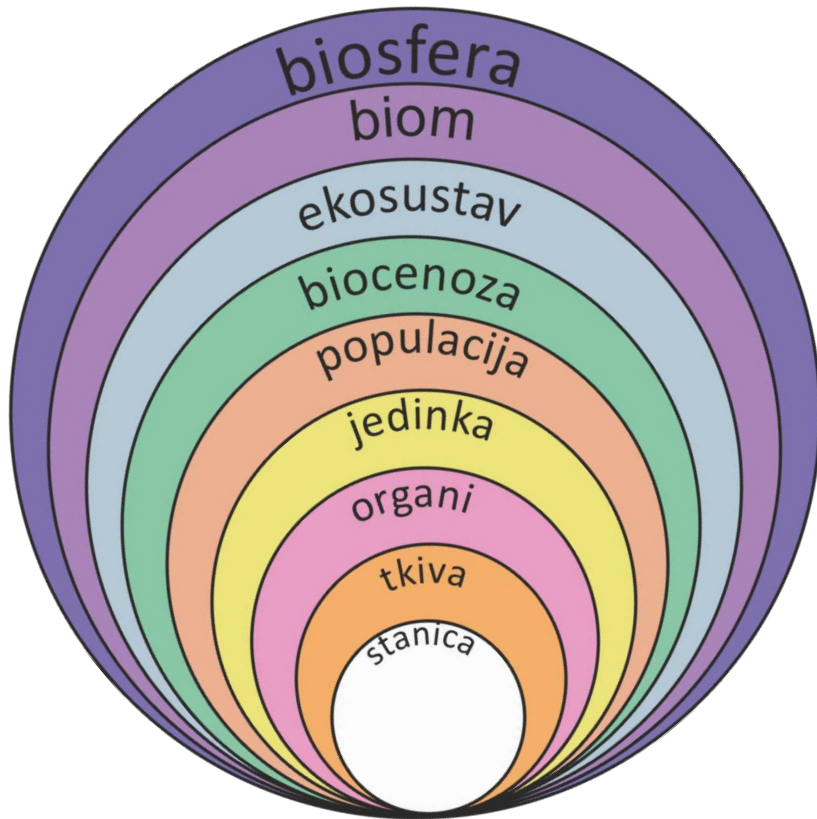
Stanište - životni prostor sa životnim uvjetima (ekološkim čimbenicima), u kojem jedinka živi i na koji je prilagođena

Vrsta - skupina srodnih organizama koji:

1. imaju slična obilježja
2. imaju jednake ili slične životne potrebe
3. mogu se međusobno razmnožavati, dajući plodno potomstvo.



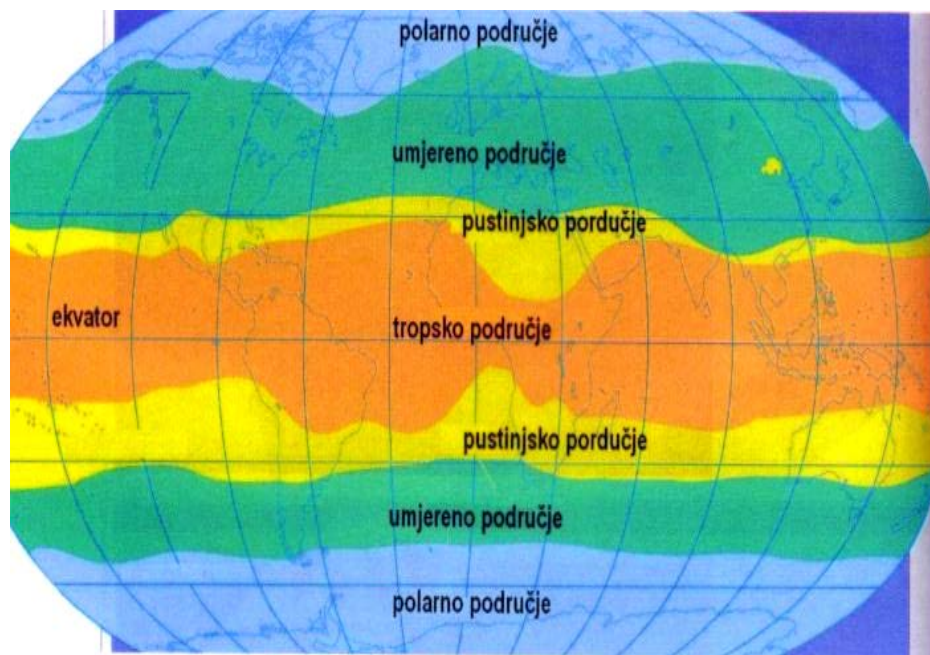
- Svako stanište odlikuje se posebnim kompleksom bioloških faktora, te je naseljeno karakterističnom skupinom živih bića (biocen ili biocenoza = životna zajednica).
- Biocenoza i biotop formiraju cjelinu višeg reda, tzv. ekosustav ili biogeocenozu koja je temeljna jedinica ekologije



- Više ekosustava integriraju se u velike zajednice ili biome (listopadna šuma, stepa, tajga itd.), a biomi se ujedinjuju u samo tri biociklusa (mora, slatke vode i kopno) koji čine jedinstvo žive i nežive prirode, označeno i kao biosfera.
- Biosfera je nezamjenjiv transformator energije Sunca u kemijsku energiju organskih (ugljkovih) spojeva.

Geobiosfera - BIOMI

Biomi su velike kontinentalne cjeline sastavljene od više ekosustava kojim je zajednička klimatska zona (zonobiomi).



- POLARNI BIOM
- TUNDRA
- TAJGA
- LISTOPADNA ŠUMA
- SREDOZEMNA MAKLIJA
- PUSTINJA
- TRAVNJAK
- TROPSKA PRAŠUMA

Svjetski biomi

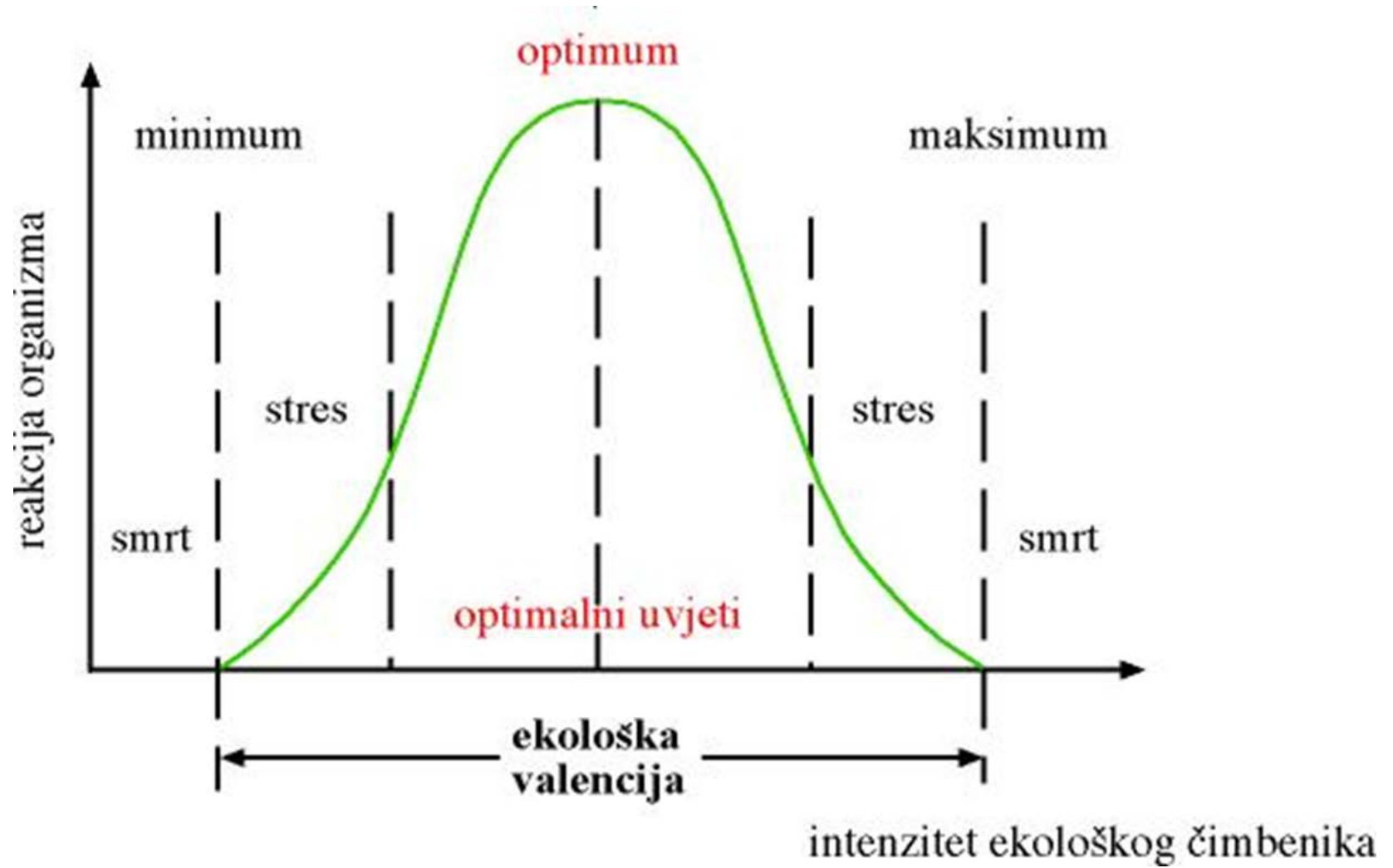
- utjecaj abiotskih činitelja na biotske činitelje – **akcije**
- odgovor živih organizama na njih – **reakcije**
- međusobni utjecaji živih organizama – **koakcije**

Energija je središnja tema u konceptu ekosustava te oni imaju ograničene resurse i mogu održati samo populaciju određene veličine (*nosivost ekosustava*), odnosno njihov kapacitet ograničava veličinu populacije (***ograničavajući čimbenici*** - npr. prostor, svjetlost, hranjive tvari itd.)

- Vanjsku sredinu reprezentira kompleks ekoloških faktora čije je osnovno svojstvo promjenjivost po vremenu (dan - noć, jutro, podne, godišnja doba itd.) i prostoru (geografska širina i duljina, nadmorska visina, udaljenost kopna od mora i dr.).
- Živi organizmi reagiraju na promjene vanjskih faktora ekološkim prilagodbama (adaptacije) što doprinosi vrlo izraženoj dinamici unutar ekološkog sustava.

- Adaptacije pojedinih vrsta na neku ekološku akciju mogu biti vrlo različite, što sukladno njihovim mogućnostima (promjena intenziteta ili smjera fizioloških procesa => morfološke promjene) rezultira posebnom ekološkom formom (npr. kserofite, halofite i dr.)
- U kom stupnju će živi organizmi biti prilagođeni biotopu ovisi o njihovoj **ekološkoj valenci** ili amplitudi variranja nekog faktora unutar koje je moguć život pojedine vrste.

- Organizmi široke ekološke valence nazivaju se **eurivalentni** (- ječam, krumpir, kruška, jabuka) i mogu opstati u velikom broju različitih sredina, nasuprot **stenovalentnim** organizmima koji su ekološki jako specijalizirani (maslina, pamuk)





```
graph TD; A[Činitelji okoliša] --- B[biotski činitelji]; A --- C[abiotski činitelji]
```

Činitelji okoliša

biotski činitelji

abiotski činitelji

Abiotski čimbenici:

- **Klimatski**
 - Temperatura
 - Voda
 - Svjetlost
 - Zrak
- **Edafski**
 - biološke fizikalne i kemijske odlike tla i druge značajke u procesu geneze tipa tla kao i matičnog supstrata na kojem se određeni tip tla razvio
- **Orografski**
 - Svojstva reljefa, nadmorske visine, inklinacije, ekspozicije, itd.

Biotski čimbenici:

- Utjecaj biljaka na biljke
Utjecaj životinja na biljke
Utjecaj mikroorganizama na biljke
- Antropogeni utjecaj
 - posredno – mijenjajući fizikalno kemijske uvjete sredine
 - neposredno – djelujući na organizme (krčenje šuma, privođenje tla kulturi, agrotehničke mjere, itd.)

Činitelji okoliša	Detalji	Primjeri
svjetlo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ intenzitet ▪ kvalitet ▪ duljina osvjetljenosti 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ duljina dana ▪ oblačnost ▪ zasjenjenost ▪ IC, UV
voda u tlu	<ul style="list-style-type: none"> ▪ količina ▪ kvalitet 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ potencijal vode ▪ oblici vode u tlu ▪ anoksija ▪ zaslanjenost
oborine	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ukupne oborine ▪ sezonska distribucija ▪ intenzitet 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ visoke / niske ▪ zimske ▪ nevrijeme
tlo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ struktura ▪ org. tvar ▪ hraniva ▪ pH, zaslanjenost, aeracija 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ mehanički sastav ▪ tekstura ▪ ekstrakcija vode ▪ dinamika hraniva
biljna hraniva	<ul style="list-style-type: none"> ▪ makro i mikro elementi, korisni elementi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ proteini, enzimi, ionski transport, itd.
temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ stupanj akumulacije ▪ ekstremi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ organogeneza ▪ oštećenja
vlažnost (atm. suša)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ suh zrak (interakcija temp. i zraka 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ oštećenja visokom ETP
vjetar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ brzina vjetra, turbulencija, vjetrozaštita 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ poljeganje ▪ abrazija ▪ polinacija
biotski efekti	<ul style="list-style-type: none"> ▪ kompeticija, životinje, patogeni, antropogeni učinak 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ odnosi između biljaka ▪ ispaša
ostalo	Vatra, snijeg, onečišćenja	Zemljotres, kisele kiše

Abiotski čimbenici

- **Klimatski čimbenici:** svjetlost, temperatura, vlažnost i zrak,
- **Edafski čimbenici:** fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla, ali i matične stijene (supstrata) tla
- **Orografski ili fiziografski čimbenici:** svojstva reljefa (nadmorska visina, nagib terena, ekspozicija, razvedenost reljefa i dr.).

Klima

- ✚ produkt vremena, odnosno svakodnevnog stanja svjetla, temperature, oborina, vlage, vjetra i tlaka zraka na nekom staništu, ili širem području

Sunce

Bez Sunca i njegovog zračenja život na Zemlji ne bi postojao. Ono omogućuje potrebnu toplinu, održava vodu u tekućem stanju, omogućuje fotosintezu i tvorbu organskih tvari, itd. Količina sunčeve radijacije na vanjskoj granici atmosfere (na visini od 83 km), označava se kao *solarna konstanta* ($\sim 1,366 \text{ kW m}^{-2}$).

- Zemlja, u prosjeku, reflektira (označava se kao *albedo*) 50 do 60% zračenja (na polarnim područjima više, a ekvatorijalnom pojasu tek 20 do 30 %).
- Gotovo ukupno ultraljubičasto zračenje se apsorbira u gornjim slojevima atmosfere koja raspršuje kraće valne duljine i zaslužna je za plavu boju neba.
- Biljke apsorbiraju veći dio vidljivog spektra (400-700 nm), kao i dio UV (ultraljubičastog) zračenja, dok klorofil reflektira zeleno svjetlo.

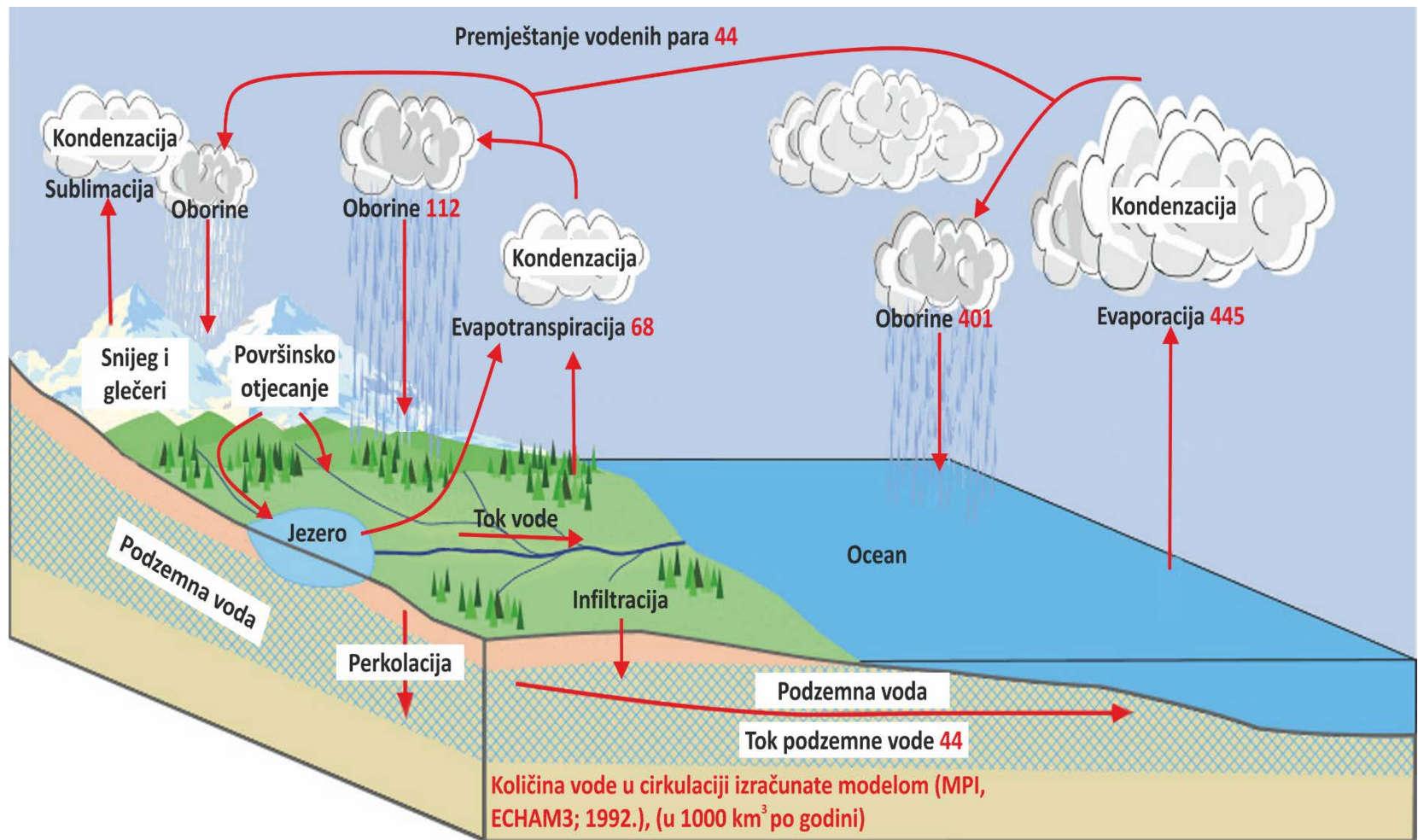


Sunčevo zračenje i energentski budžet Zemlje
 (izvor: Vukadinović, V., Jug, I., Đurđević, B.:Ekofiziologija bilja, 2014.)

- Zračenje Sunca putuje u obliku fotona, čija je energija obrnuto proporcionalna valnoj duljini.
- kraće valne duljine sadrže više energije, pa su γ , X i UV_C zrake (< 280 nm) vrlo štetne, ali na sreću zbog apsorpcije u atmosferi vrlo malo ih dospije do površine Zemlje.
- UV zračenje se dijeli na: UV_A (320 – 400 nm), UV_B (280 – 320 nm) i UV_C (100 – 280 nm).
- Iako vidljivo zračenje koje odgovara fotosintetski aktivnom dijelu spektra (FAR; 400 – 700 nm) sadrži manju specifičnu energiju, ono donosi na Zemlju najviše energije zbog velikog broja fotona (najviše na ~500 nm)

Voda

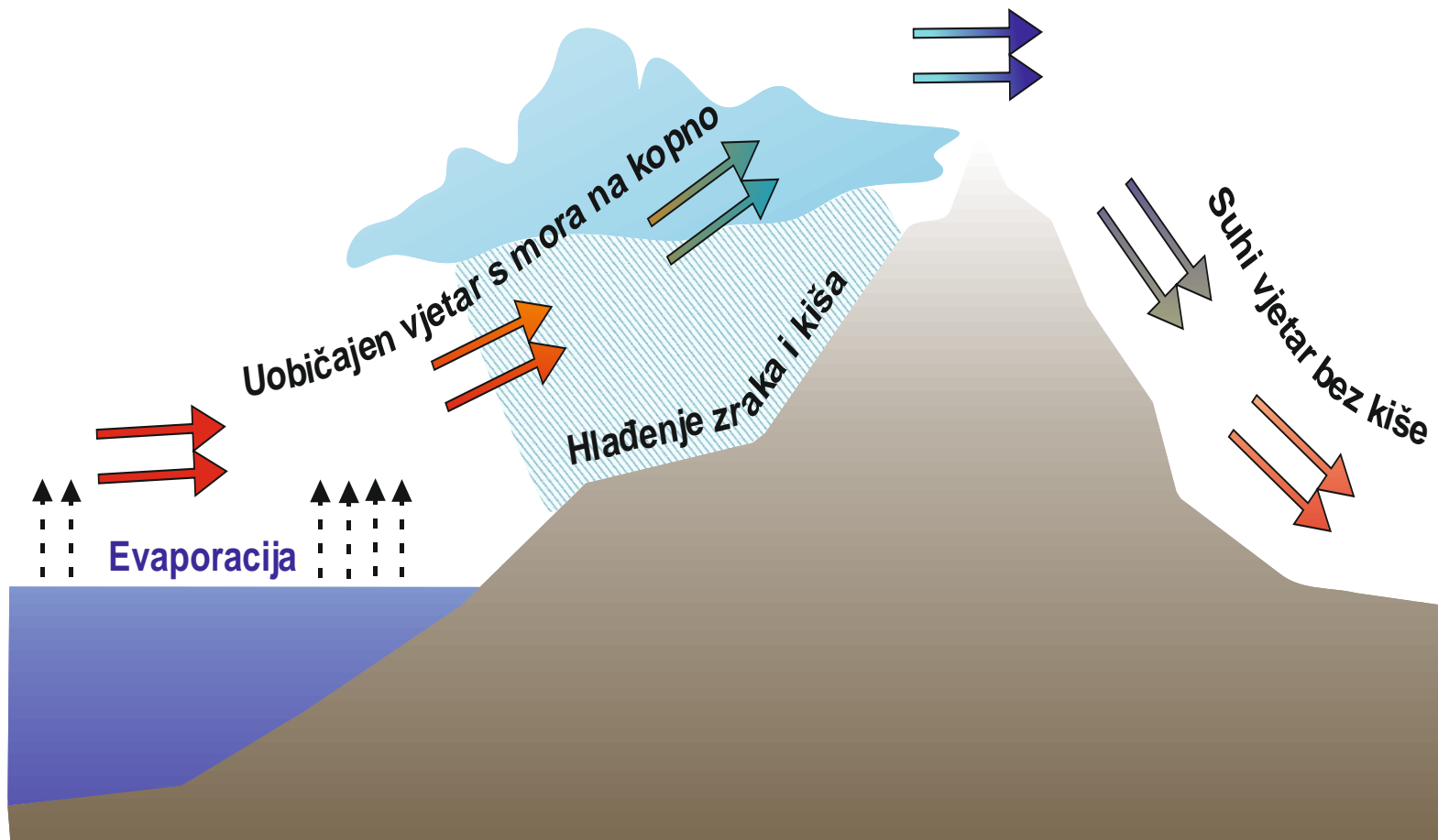
- Voda je, odmah iza Sunca, najvažnijih čimbenik okoliša koji omogućava postojanje života na Zemlji, a manjak slatke vode jedna od najvećih briga čovječanstva.
- Oceani pokrivaju 71 % površine Zemlje i sadrže 97 % cjelokupne vode, dok slatkovodni resursi čine tek 3 % ukupne vode.
- 75 % slatke vode čine ledenjaci i polarni led što ostavlja manje od 1 % dostupne slatke vode u tekućem obliku.
- Obnovljivi izvori pitke vode na Zemlji procjenjuju se na 7×10^6 km³.



Hidrološki ciklus (izvor: Vukadinović, V., Jug, I., Đurđević, B.:Ekofiziologija bilja, 2014.)

Vjetar

- Vjetar je važan okolišni čimbenik koj snažno utječe na intenzitet gubitka vode iz biljka transpiracijom, raznosi sjemenke i oprašuje biljke.
- Brzina vjetra varira na različitim zemljopisnim pozicijama, a osim nadmorske visine, reljefa i vegetacija značajno utječe na brzinu vjetra.
- Sezonski vjetrovi su također važni jer suhi pušu od kontinenta prema oceanima tijekom ranog ljeta, a zimi nose vlagu s oceana na kopno.



Regionalni utjecaj topografije na raspored oborina
 (izvor: Vukadinović, V., Jug, I., Đurđević, B.:Ekofiziologija bilja, 2014.)

Temperatura

- različita područja na Zemlji odlikuju se specifičnim temperaturnim uvjetima: oko polova su najniže temperature, oko ekvatora su najviše temperature, itd.
- Na svaki stupanj geografske širine ili na svakih 100 km od ekvatora ka polovima, kao i na svakih 100 m nadmorske visine, srednja godišnja temperatura se smanjuje za 0,5 °C
- Jasno zoniranje temperature duž gradijenta geografske širine i nadmorske visine, uvjetuje postojanje različitih klimatskih područja što značajno utječe na rasprostranjenost biljnih zajednica

Edafski čimbenici

Tlo je rastresit sloj smješten između litosfere i atmosfere, supstrat biljne ishrane i biljno stanište koje čine kruta, tekuća, plinovita i živa faza. Formiranje tla je složen proces na koji utječe niz pedogenetskih činitelja (matični supstrat, organizmi, klima, reljef i vrijeme). Proces formiranja tla započinje mehaničkim, kemijskim ili biološkim trošenjem stijene. Vertikalni presjek tla naziva se pedološki profil, a čine ga slojevi ili horizonti različitih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava.

Fiziografski (orografski) čimbenici

- Geografska širina, nadmorska visina, nagib Zemljine osi, revolucija Zemlje, položaj regije unutar kontinentalnih kopnenih masa, blizina većih vodenih površina i zemljopisne značajke kao što su planine, doline, prevoji i dr. imaju znatan utjecaj na klimu i vegetaciju područja.
- Planine utječu na dva načina: mijenjaju količinu i raspored oborina te čine klimatsku granicu između pojedinih područja. Naime, zračne mase nailaskom na planine se uzdižu i hlade što uzrokuje kondenzaciju vodene pare, odnosno padaline u obliku kiše ili snijega.

- Toplina, vlaga, strujanje zraka i količina svjetla variraju od lokaliteta do lokaliteta, brda, doline, površine zemlje i ispod vegetacije.
- Južne padine na sjevernoj hemisferi dobivaju više sunčeve energije u odnosu na sjeverne obronke što utječe na raspoloživost topline i vlage, te je stopa isparavanja često dvostruko veća na južnim, u odnosu na sjeverne obronke.
- Južni obronci su najčešće naseljeni različitom prirodnom vegetacijom što dodatno utječe i na fizikalno-kemijska svojstva tla i prirodu biljnog pokrova.

AGROFITOCENOZU čine jedinke iste vrste, jednake morfološke građe, starosti, zahtjeva i potreba prema abiotским čimbenicima, najčešće istog kapaciteta produkcije te umjetnom selekcijom izdvojene i prilagođene biljke zajedničkom životu u istovrsnom okruženju i posebno prilagođenom i nadziranom okolišu.

- Biljke unutar takve zajednice ispoljavaju specifičnu konkurenciju na čimbenike okoliša (kompeticija prema svjetlu, vodi, hranivima i dr.) jer su potpomognute antropogenim djelovanjima (obrada tla, gnojidba, sklop, zaštita od bolesti, štetnika i herbivora itd.). Stoga je kod agrofitocenoza jedino važno kakva je primarna produkcija organske tvari cijele agrofitocenoze, odnosno usjeva, a ne pojedinih biljaka.

BIOTSKI ČIMBENICI

- odnosi između biljaka, životinja, mikroorganizama i čovjeka
- alelopatija, simbioza, kompeticije
- antropogenizacija prirodnih staništa, onečišćenje tla, vode i zraka
- Najšire prihvaćen sustav klasifikacije interakcija između organizama je razvio Odum (1971.g.)
 - Negativni efekti (-)
 - Pozitivni efekti (+)
 - Neutralni efekti (0)

ALELOPATIJA

- ❖ veliki broj biljnih vrsta izlučuju aktivne kemijske tvari koje mogu djelovati inhibitorno ili stimulatивно
- ❖ grč. allelon-naizmjeničan, pathos- utjecaj
- ❖ javlja se između različitih vrsta "divljih" i "kulturnih" biljaka, ali postoji i u odnosu prema mikroorganizmima.
- ❖ djelovanje spomenutih kemijskih supstanci mijenja karakter i intenzitet fiziološko-biokemijskih procesa u biljkama (klijanje, rast, mineralna ishrana, fotosinteza i disanje)



značaj alelopatije može se promatrati sa stanovišta kruženja fiziološki aktivnih tvari u prirodi.



tri faze:

🌱 sinteza specifičnih kemijskih supstanci u biljci i izlučivanje u vanjsku sredinu korijenom ili drugim biljnim organima

🌱 nakupljanje, transformacija i kemijska reakcija izlučenih supstanci s različitim komponentama u vanjskoj sredini u što se ubrajaju metaboliti mikroorganizama kao i heterotrofnih organizama

🌱 usvajanje izlučenih ili nastalih aktivnih tvari od strane istih ili drugih biljaka i njihovo fiziološko djelovanje.

- Ovi nusproizvodi metabolizma uglavnom pripadaju organskim kiselinama, aminokiselinama, alkoholima, fenolnim spojevima, nukleotidima, terpenima, steroidima, kumarinima i dr.
- Izlučuju se u obliku para, plinova i vodotopljivih komponenti iz korijena i nadzemnih dijelova, a osim na biljke i mikroorganizme, djeluju i na životinje i čovjeka.

Klasifikacija kemijskih tvari koje sudjeluju u alelopatskim odnosima:

- ⓐ *antibiotici* - inhibitori u međuodnosima mikroorganizama
- ⓐ *fitoncidi* - izlučevine viših biljaka koje djeluju na mikroorganizme
- ⓐ *marazmini* - izdvajaju ih mikroorganizmi i djeluju na više biljke
- ⓐ *kolini* - kemijski inhibitori viših biljaka koji djeluju na više biljke.

ANTIBIOTICI:

- specifični spojevi mikroorganizama koji djeluju inhibitorno na druge mikroorganizme
- Najpoznatiji – PENICILIN

FITONCIDI:

- biokemijski spojevi viših biljaka koje djeluju toksično na mikroorganizme, a nazivaju se i biljni antibiotici
- prisutnost ovih spojeva – imunitet biljaka prema bolestima
- alilni sulfidi kod roda *Brassica*, laktoni kod tulipana, saponini kod bršljana, kinoni u stablu jabuke, itd.
- jedna vrsta može imati više različitih fitoncida

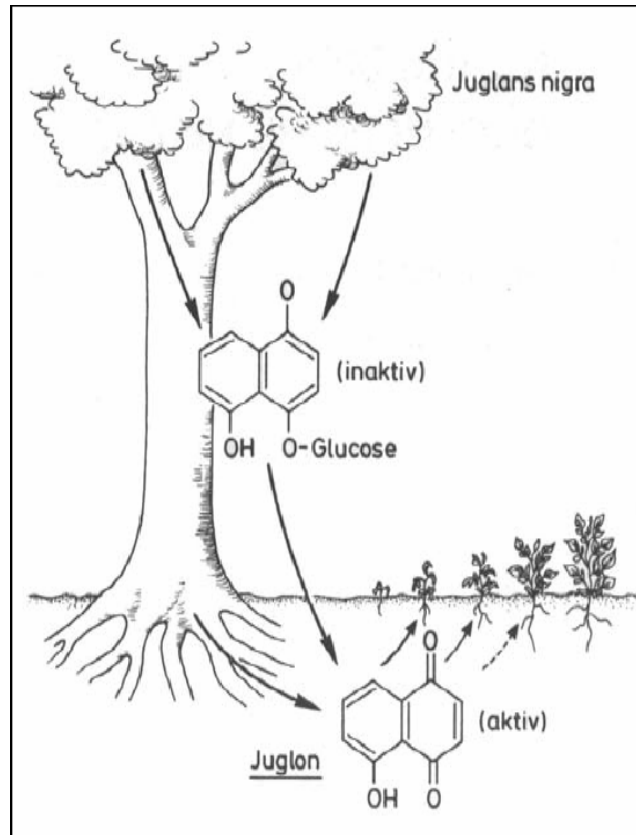
MARAZMINI:

- organske tvari mikroorganizama koji djeluju inhibitorno na više biljke
- utječu na sušenje biljnih organa
- ponekad ovi spojevi imaju i baktericidno djelovanje
- *Fusarium lycopersici* – likomarazmin

KOLINI:

- biokemijske tvari koje luče više biljke i koje inhibitorno djeluju na druge više biljke sprječavajući njihov rast i razvoj
- masne kiseline, eterična ulja, fenoli, alkaloidi, itd.

-orah (*Juglans nigra*) izlučuje glikozid koji nema direktno alelopatsko djelovanje, ali podliježe hidrolizi i oksidaciji u tlu pri čemu prelazi u toksični **juglon**, koji djeluje na zeljaste kulture



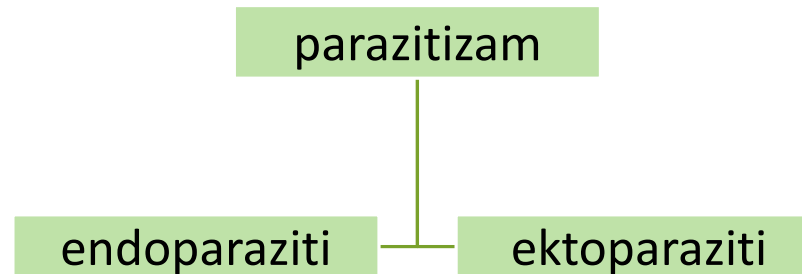
- Neki sekundarni metaboliti biljaka imaju alelopatski učinak na druge tako da ih „štite” od herbivora i parazita
- Npr. kora vrbe sadrži **salicilnu kiselinu** (aspirin), liječenje malarije **kininom** (alkaloid iz kore kininovog drveta *Cinchona officinalis*), itd.
- Pokrovni usjevi mogu biti uspješno upotrebljeni u borbi protiv korova, naročito u ekološkoj poljoprivredi

SIMBIOZA

- ✿ Pod simbiozom se podrazumjeva koegzistencija dva organizma.
- ✿ Ona uključuje različite odnose ili korist za pojedine organizme te se može podjeliti na parazitizam, komensalizam i mutualizam.
- ✿ Ukoliko odnosi organizama uključenih u simbiotski odnos nisu obvezni, tada govorimo o **protokooperaciji** (primjer: oprašivanje biljaka od strane insekata)

PARAZITIZAM

- je odnos između vrsta u kojem jedna strana ima koristi (parazit), a druga štete (domaćin).



- Parazitske biljke koriste organske spojeve koje sintetizira domaćin
- preko 3000 vrsta biljaka ostvaruje parazitsku zajednicu s drugom biljnom vrstom.
- Najčešći paraziti: vilina kosica (*Cuscuta*), volovod (*Orobanche*)



Cuscuta – vilina kosica = na stabljici



Orobanche, Cynomorium = na korijenju

Viscum album



☛ Cuscuta – vilina kosica = na stabljici

☛ Orobanche, Cynomorium = na korijenu

- Parazitske biljke – blijede boje, bez klorofila, sitnih listova ili bez njih, reduciranog rasta, stvaraju haustorije
- Reakcija biljke domaćina: strukturna prilagodba (npr. kod suncokreta – brza lignifikacija stijenki provodnog tkiva na mjestima kontakta parazita)
- Poluparazitske biljke – parazitiraju na drugim biljkama, ali mogu obavljati fotosintezu

KOMENSALIZAM

- je odnos između vrsta u kojem jedna strana ima koristi, a druga niti koristi niti štetu
- EPIFITE





3. MUTUALIZAM

-je odnos između vrsta u kojem obje strane imaju koristi



Lišajevi – gljive i alge

Lišajevi – gljive i alge



kvržične bakterije



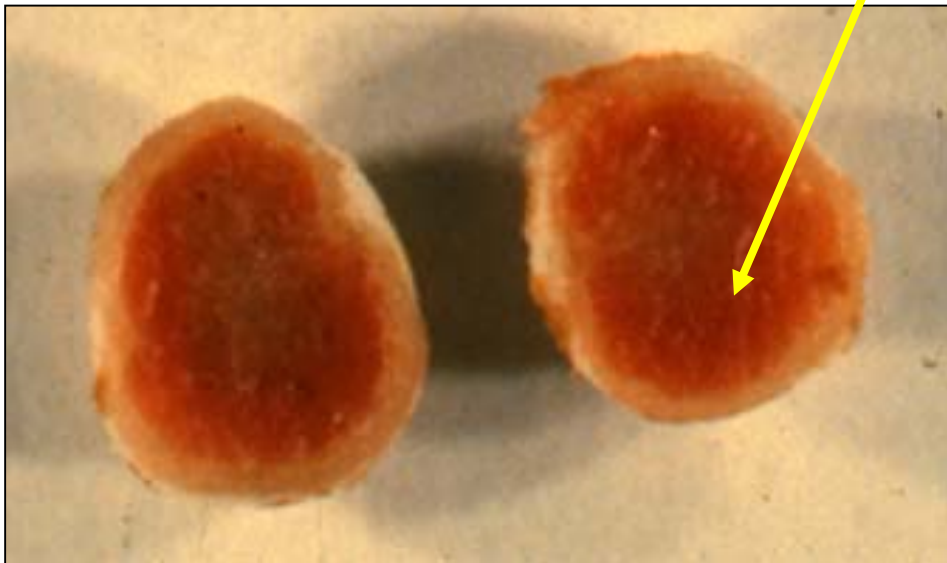
mikoriza

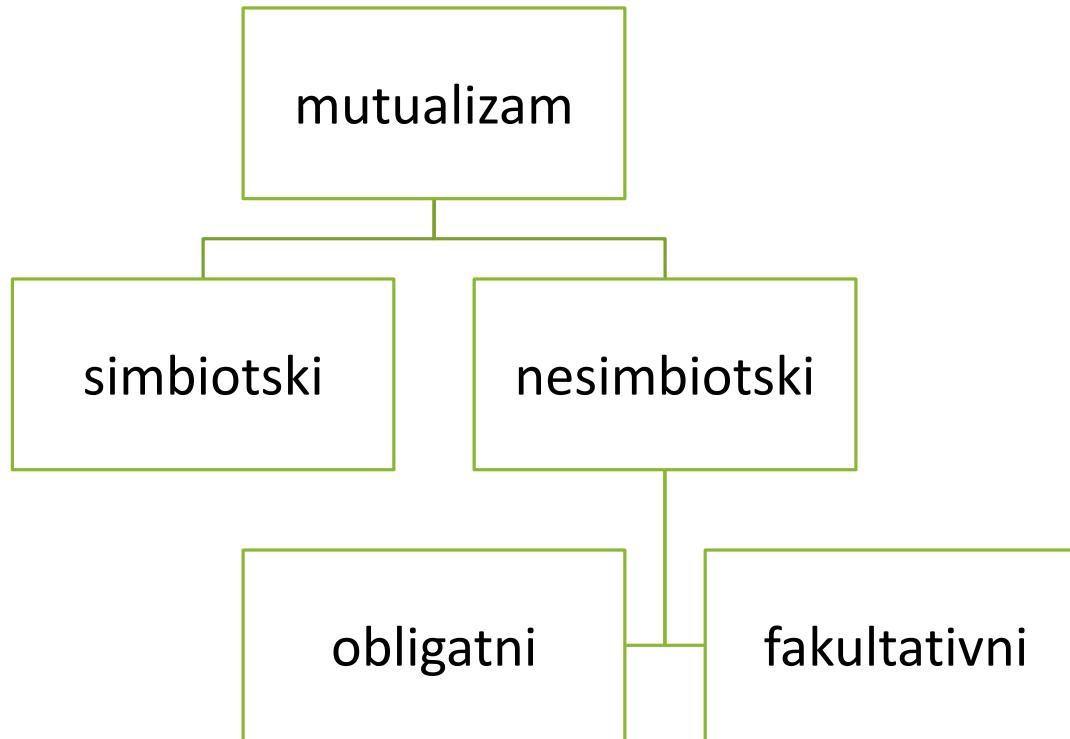
LIŠAJEVI

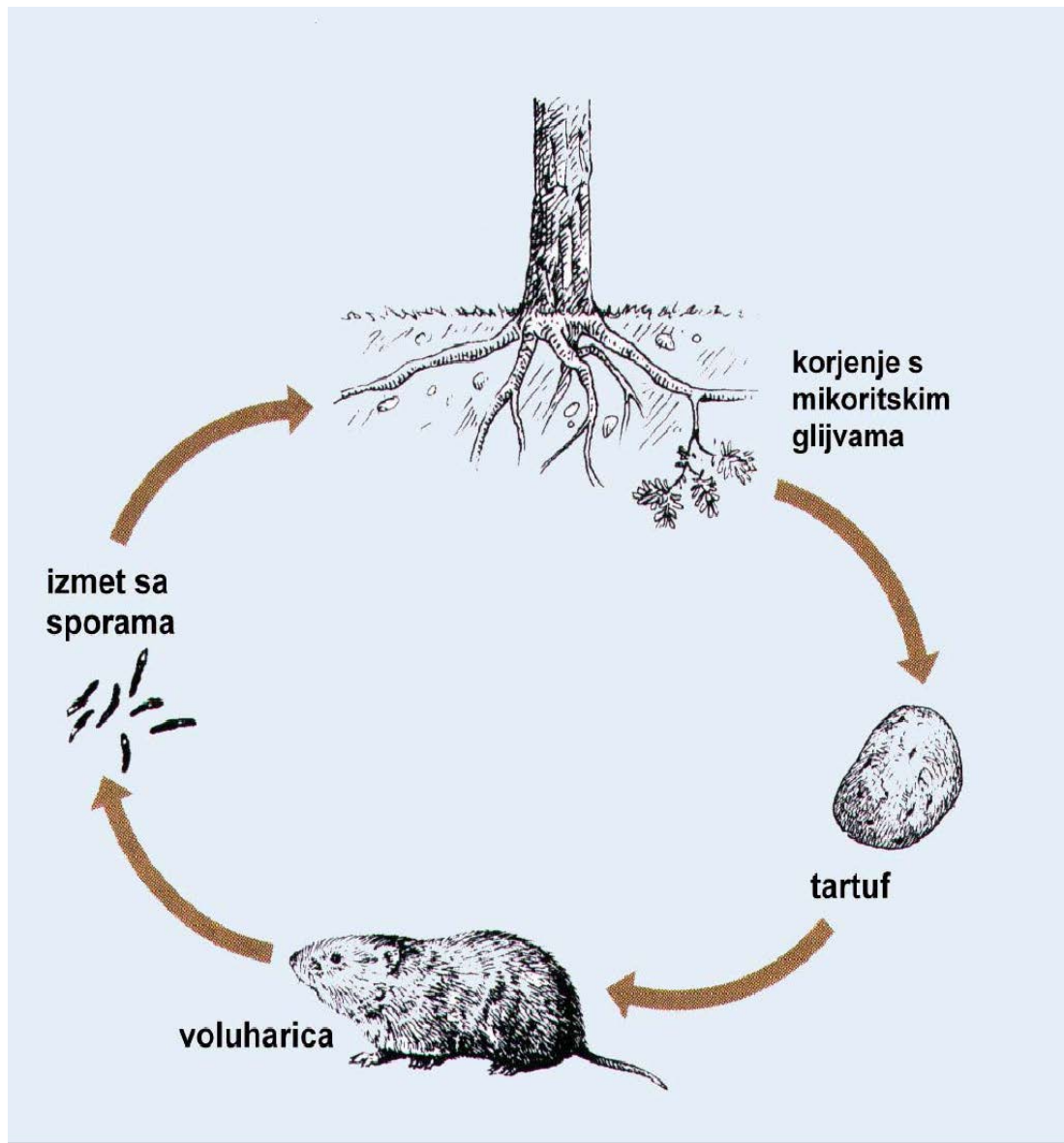
- **PIONIRI VEGETACIJE** - Naseljavaju sve dijelove Zemlje i često su u golim, hladnim ili vrućim mjestima skoro jedini stanovnici. Tu lagano započinju svoj naseljenički život i stvaraju plodno tlo za mahovine i ostale biljke.
- **BIOINDIKATORI ZAGAĐENJA** – Na mjestima gdje postoji veliko zagađenje, posebno ugljičnim dioksidom –nekih vrsta u slučaju zagađenja gotovo nema, dok su neke vrste upravo indikacija zagađenja .
- U nekim europskim zemljama (Njemačka, Italija, Švicarska) upotreba lišajeva postaje obavezna u mjerenju zagađenosti zraka. Različite vrste se koriste za praćenje različitih zagađivača okoline, jer nisu svi lišajevi jednako osjetljive na iste promjene.



**Nodule
(kvržice)**







KOMPETICIJA

se kod biljaka javlja kad više biljaka iste vrste (intraspecifična) ili kad biljke različite vrste (interspecifična) koriste iste resurse, odnosno prostor (vanjski ili ekološki faktori) koji su većinom ograničeni pa dolazi do natjecanja za:

- 🌱 vodu
- 🌱 svjetlo
- 🌱 kisik
- 🌱 mineralne tvari
- 🌱 CO₂
- 🌱 prostor za razvoj korijena

-
- ❁ kompeticija nema uvijek negativne posljedice jer utječe na formiranje veličine populacije i njenu distribuciju.
 - ❁ izbjegavajući kompeticiju biljke se adaptiraju na drugačije životne uvjete (npr. klimatske) što uzrokuje *zonaciju* ili na istom, ograničenom prostoru pronalaze životni prostor na različitoj visini-*stratifikacija*

MEĐUSOBNI ODNOSI BILJAKA I ŽIVOTINJA

- Herbivori
- Karnivorne biljke

HERBIVORI: odnos između životinja biljojeda i biljaka.

- sa stajališta poljoprivredne proizvodnje, negativni efekti:
 - smanjenje fotosintetske površine
 - smanjenje organske tvari
 - smanjenje tržišne vrijednosti proizvoda (oštećivanjem usjeva)

KARNIVORNE biljke: odnos između biljaka koje se hrane insektima i drugim sitnim životinjama

- u tropskom području – oko 450 vrsta cvjetnica
- karnivore rastu na staništima siromašnim elementima biljne ishrane
- hvataju plijen pomoću specifičnih listova



Pokazatelj	Prirodni ekosustav	Održivi agroekosustav	Konvencionalni agroekosustav
Proizvodnja	niska	niska/ srednja	visoka
Produktivnost	srednja	srednja/ visoka	niska/ srednja
Biološka različitost	visoka	srednja	niska
Elastičnost	visoka	srednja	niska
Stabilnost	srednja	niska/ srednja	visoka
Prilagodljivost	visoka	srednja	niska
Ljudska interakcija	niska	srednja	visoka
Ovisnost o vanjskim inputima	niska	srednja	visoka
Autonomija	visoka	visoka	niska
Održivost	visoka	visoka	niska

izvor: Vukadinović, V., Jug, I., Đurđević, B.:Ekofiziologija bilja, 2014.)

Čimbenici rasta	Čimbenici rasta + limitirajući čimbenici	Čimbenici rasta + limitirajući čimbenici + čimbenici redukcije
1. CO ₂	1. voda	1. korovi
2. svjetlost	2. hraniva	2. pesticidi
3. temperatura	a) N b) P c) K d) Ca e) Mg	3. bolesti
		4. polutanti



**Potencijal
rodnosti**



**Ograničenje vode
i/ili hraniva**



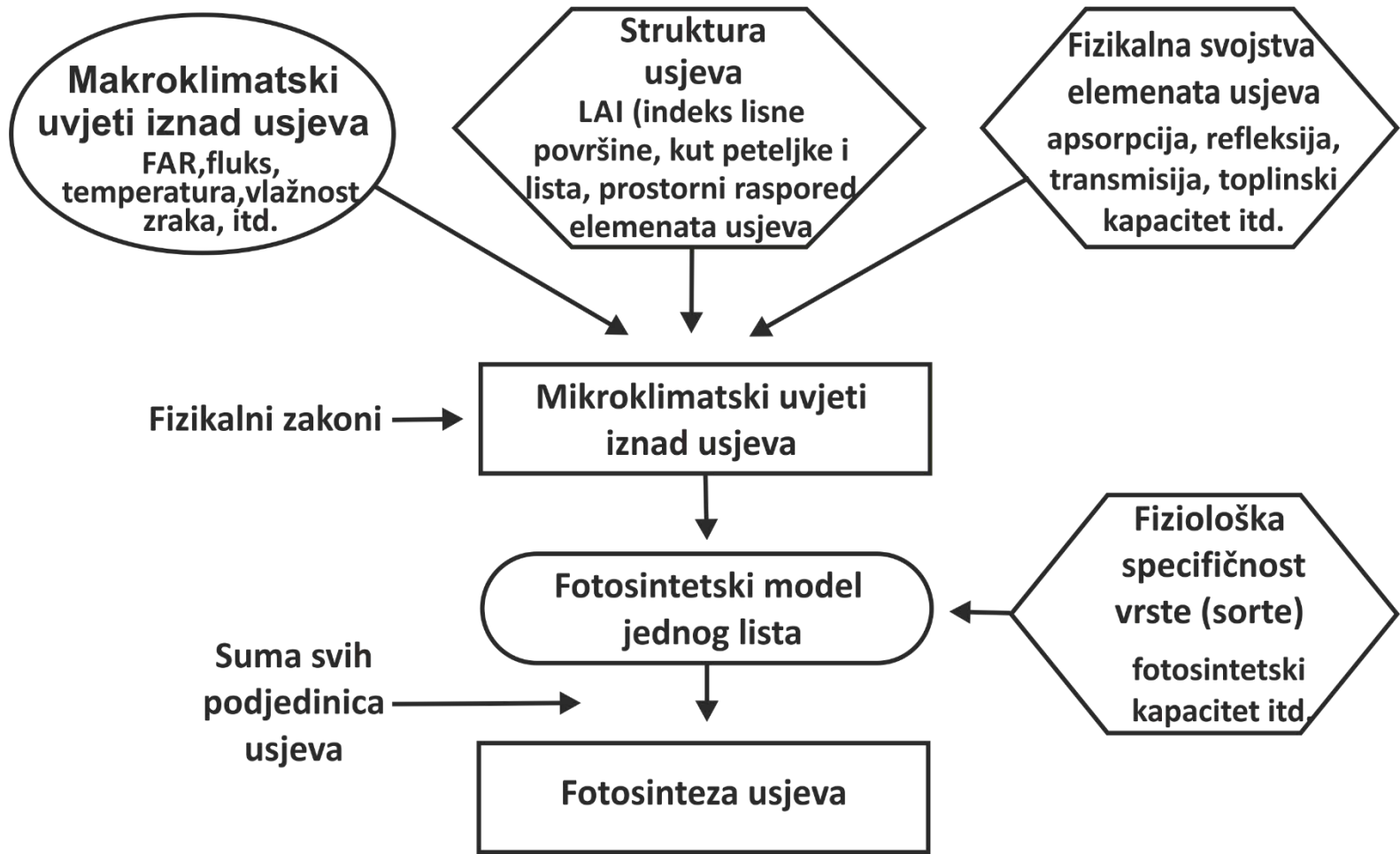
**Aktualna
rodnost**

(izvor: Vukadinović, V., Jug, I., Đurđević, B.:Ekofiziologija bilja, 2014.)

Zakovitosti rasta biljaka

Rast svake populacije podvrgnut je određenim, izrazito složenim zakonitostima i agroekološkim uvjetima.

Kod populacija prirodnih zajednica, čiji se rast temelji na reprodukciji jedinki (npr. štetnici, mikroorganizmi i sl.), najčešće se koriste eksponencijalni i logistički model analize rasta



- rast biljaka rezultat je dvojakog smjera utjecaja. S jedne strane djeluje na rast biološki potencijal vrste (fotosinteza, usvajanje hraniva, tvorba organske tvari i dr.), a suprotni učinak imaju različita ograničenja, kako abiotskog (ograničeni resursi), tako i biološkog karaktera (konkurencija, disanje, stres i dr.).

Dvije zakonitosti imaju opći i globalni značaj u razumjevanju primarne produkcije organske tvari:

- Liebigov zakon minimuma: rast (ili širenje populacije) ovisi o čimbeniku koji najviše nedostaje (*faktor minimuma*) i
- Shelfordov zakon tolerancije: svaka biljna vrsta može opstati i uspješno se razmnožavati samo unutar određenih uvjeta okoliša (klimatski i edafski čimbenici).

Eksponecijalni model rasta

Potječe od *Thomas Robert Malthus* (1766-1834) koji je prvi shvatio kakav potencijal rasta ima neka vrsta analizirajući njihove geometrijske serije. Npr. pojedina jednogodišnja biljka proizvodi R potomaka, tada populaciju čini broj od N biljaka u generacijama $t=0,1,2,\dots$, što daje:

$$N_t = N_0 \times \exp(r \times t) = N_0 \times e^{rt}$$

$$N_1 = N_0 \times R$$

$$N_t = N_0 \times R^t$$

N - Broj jedinki u populaciji u vremenu t (nakon t vremenskih jedinica)

N_0 - početna veličina populacije

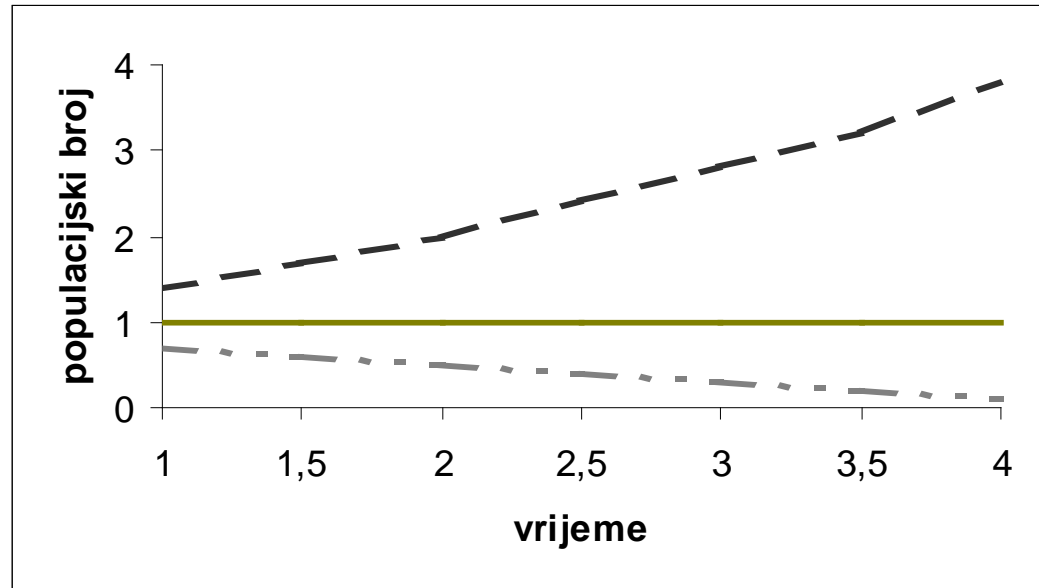
t - Broj vremenskih intervala

r - Individualna eksponencijalna stopa rasta

e – baza prirodnog logaritma

3 rezultata prema ovom modelu:

- Populacija eksponencijalno opada ($r < 0$)
- Populacija eksponencijalno raste ($r > 0$)
- Nema promjene u populaciji ($r = 0$)



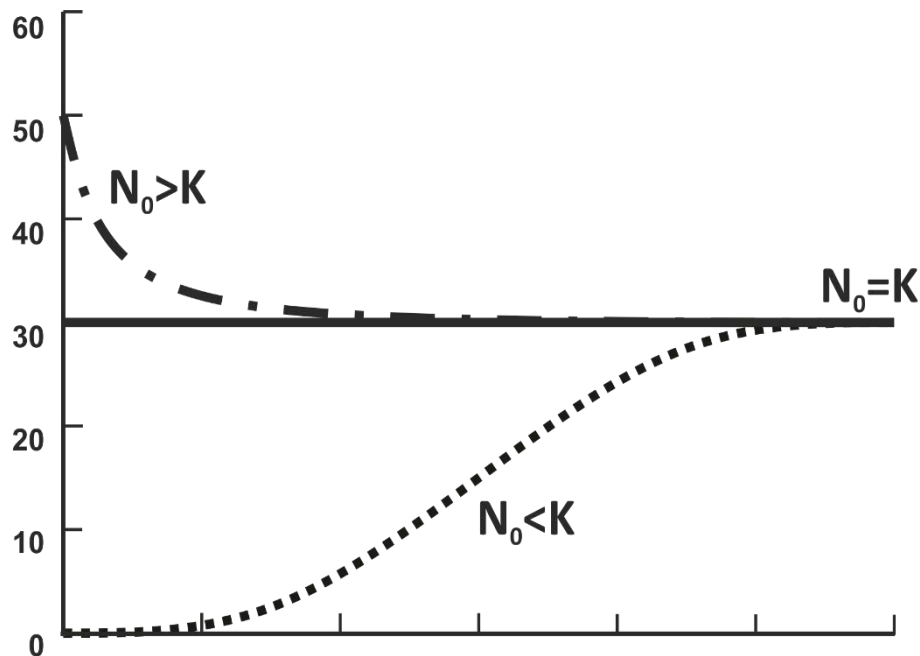
- Eksponencijalni model rasta jednostavan je jer podrazumjeva neprekidnu reprodukciju, identičnost svih organizama i nepromjenjivost čimbenika okoliša.
- Često se koristi u mikrobiologiji (rast bakterija), razmnožavanju insekata, ribarstvu, karanteni biljaka ili insekata i sl.
- eksponencijal rast neke populacije odvija se samo neko vrijeme jer u prirodnoj sredini nakon nekog vremena ponestaje resursa (hrane, vode, prostora i dr.), raste pritisak konkurentnih organizama, predatora itd., pa se rast usporava i zaustavlja.

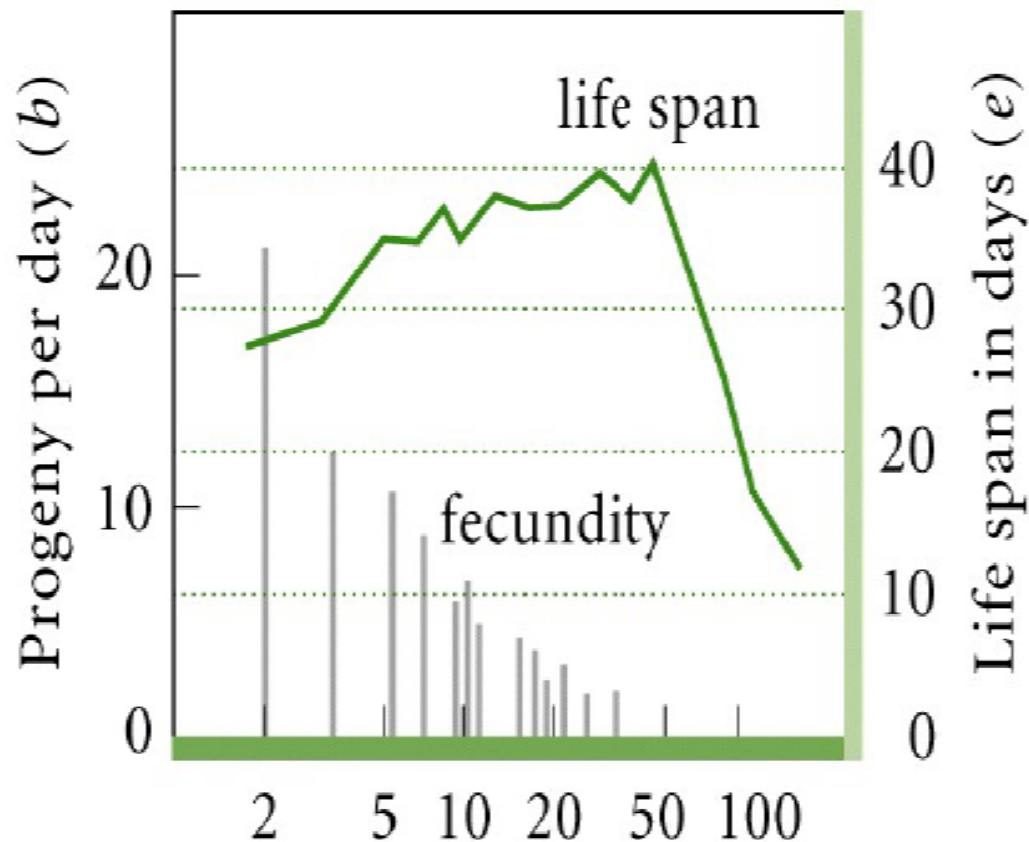
Logistički model rasta

Logistički model razvio je Belgijanac *Pierre Franois Verhulst* (1838.) koji je shvatio da rast populacije ima konačnu, gornju granicu koja ovisi o njenoj gustoći:

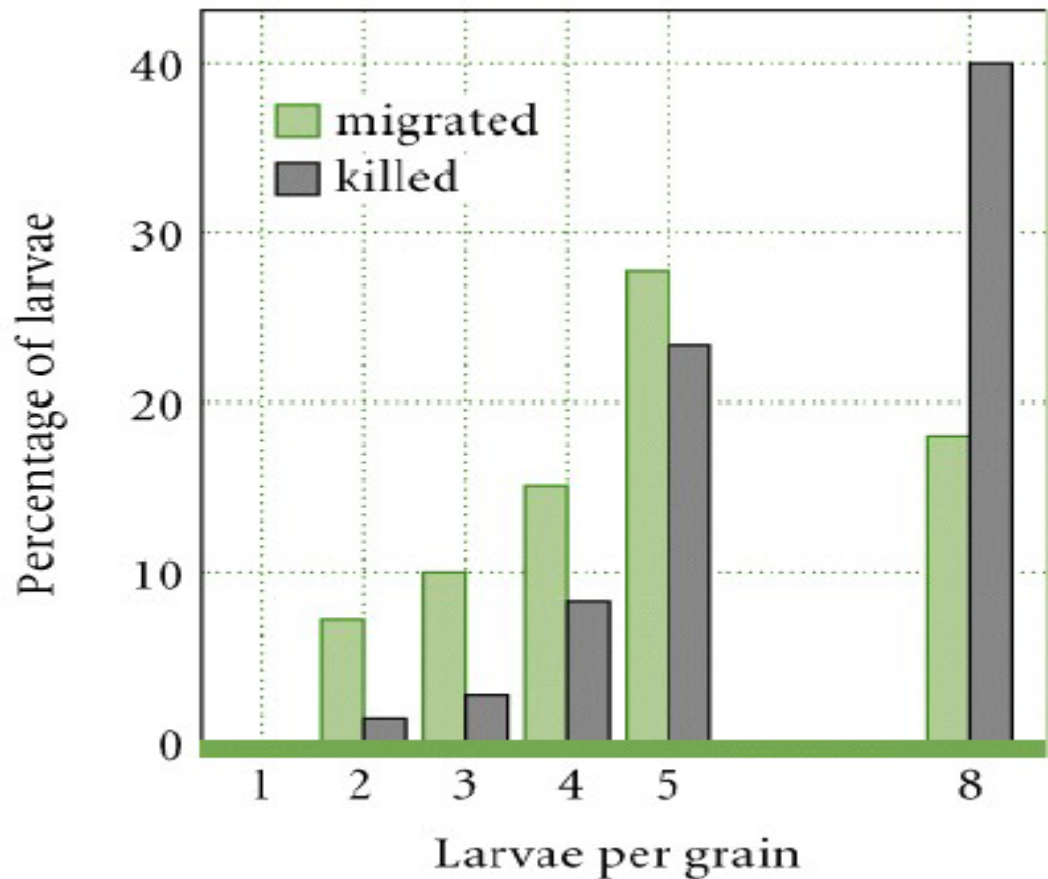
$$r = r_0 \left(1 - \frac{N}{K} \right)$$

- Kod niske gustoće populacije ($N \ll K$), najveći je njen rast i jednak je r_0
- Rast populacije opada s porastom broja jedinki N i pada na 0 kada je $N = K$ ($K =$ limit rasta), odnosno kad brojnost populacije nadmaši K , rast postaje negativan i broj jedinki opada





Eksperimenti koje je proveo Pearl (1927) na vinskoj mušici bili su prvi eksperimentalni radovi koji su pokazali kako gustoća populacije djeluje na stope nataliteta i mortaliteta



Crombie (1944) je pokazao da je udio ličinki žitnog moljca koji je bio ubijen ili koji je napustio zrno pšenice bio to veći što je gustoća ličinaka na zrnu bila veća

- Dinamika populacije u logističkom modelu prikazuje se sljedećom diferencijalnom jednažbom

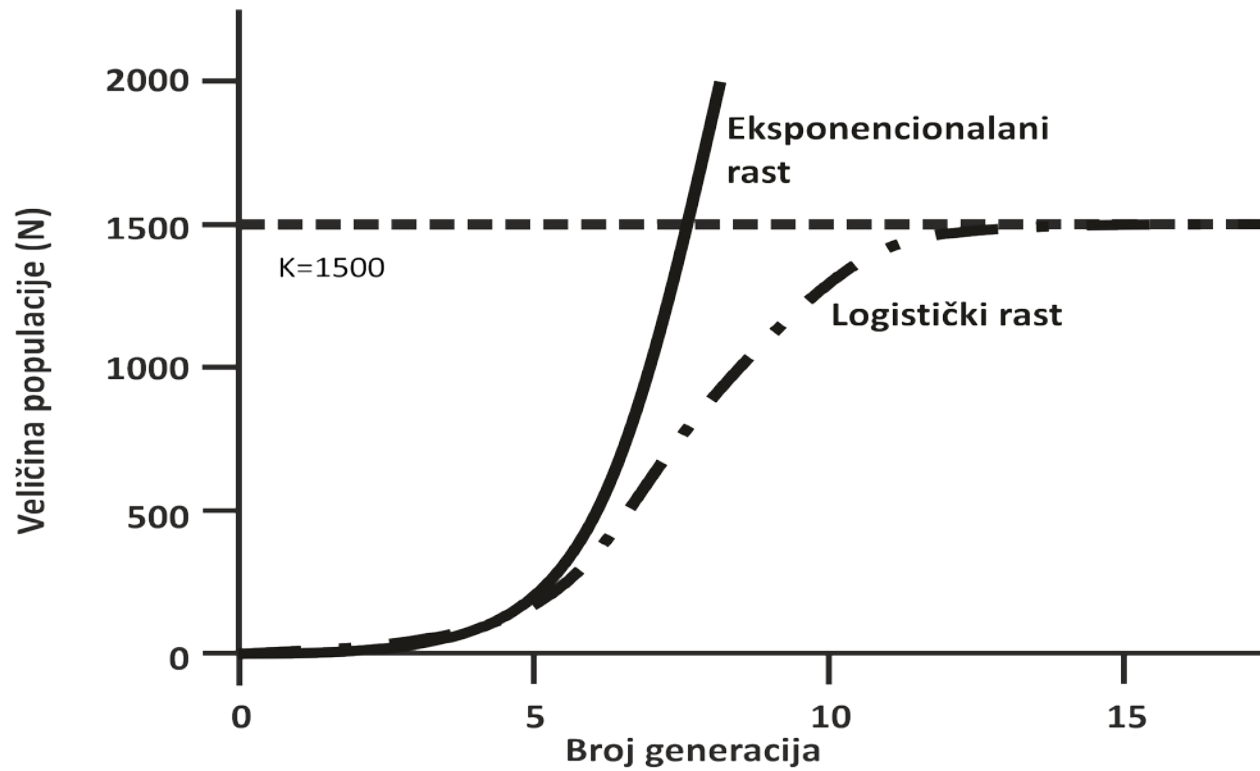
$$\frac{dN}{dt} = rN = r_0 N \left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

Samo su tri mogućnosti logističkog rasta:

1. Populacija raste i dostiže plato ($N_0 < K$)
2. Populacija opada i dostiže plato ($N_0 > K$)
3. Nema promjene u populaciji ($N_0 = K$ ili $N_0 = 0$)

- Logistički model ima dvije ravnotežne točke i to kad je $N = 0$, odnosno $N = K$. Prvo ravnotežno stanje je nestabilno te mala promjena ravnoteže upravlja rastom populacije, dok je drugo ravnotežno stanje stabilno jer i mala smetnja vraća populaciju u stabilno stanje.
- Logistički model kombinira dva ekološka procesa: reprodukciju i kompeticiju, a oba utječu na brojnost (ili gustoću) populacije i to r_0 na reprodukciju, a r_0/K na kompeticiju.
- Parametar r_0 je zapravo najveća moguća brzina rasta populacije, dok K ima biološko značenje za populaciju (npr. biljna kompeticija za prostor ili svjetlost).

- stabilnost ekosustava ovisi o većem broju faktora pa postoji i više složenih ekoloških modela koji pokušavaju utvrditi mjeru stabilnosti nekog ekosustava, odnosno kad će doći do neravnoteže koja može dovesti do cikličnih promjena u sustavu ili pak sukcesije.
- Treba naglasiti da je logistički način rasta populacije, uključujući i rast unutar agrofitocenoze, u odnosu na eksponencijalni rast, realniji i puno bliži prirodnom rastu.



HOMEOSTAZA – (od grč. riječi hómoios – sličan, isti; stásis – stajanje) svojstvo organizma da održava svoje unutarnje uvjete stabilnima i relativno konstantnima.

Dva su osnova pristupa proučavanju dinamike *homeostaze* ekosustava: **deterministički** i **kaotični**, pri čemu je važno naglasiti da se fenomen kaotične dinamike ekosustava javlja samo kod višegodišnjih ciklusa populacijske dinamike, a nikad unutar jedne godine.

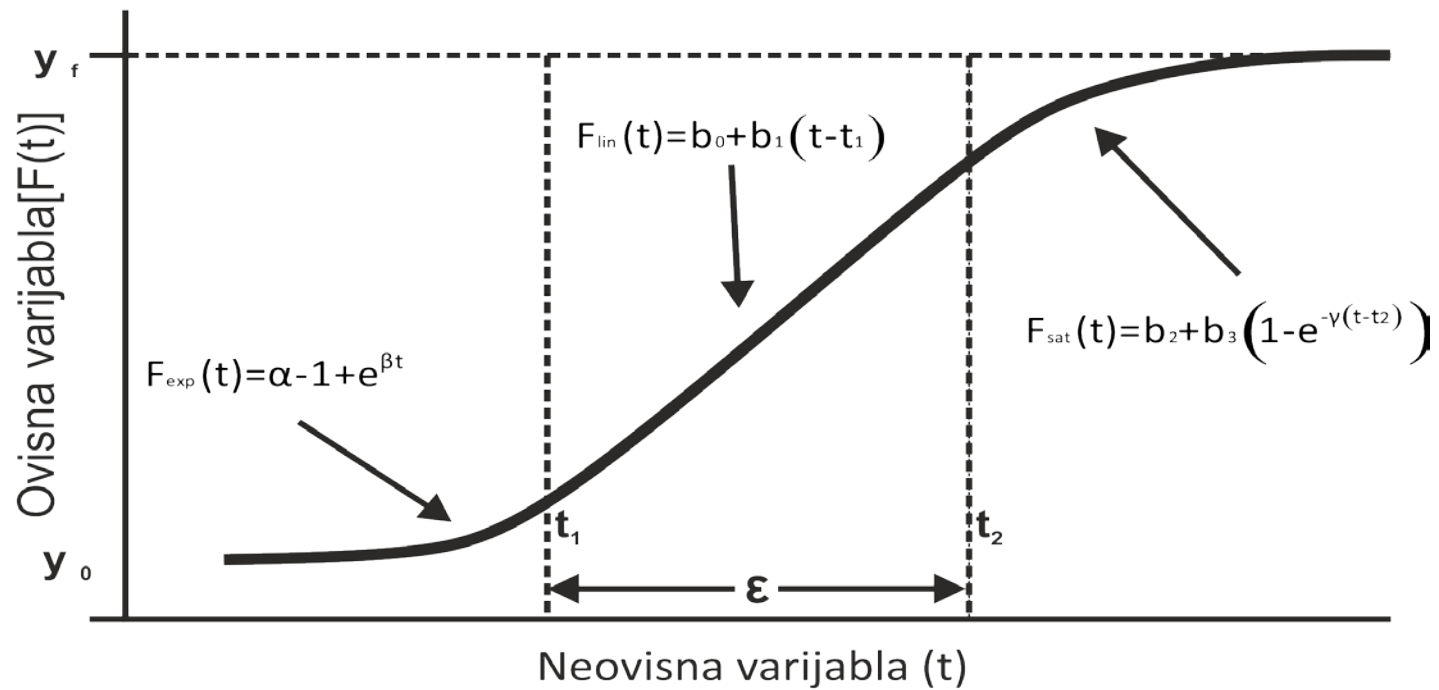
Agrofitocenoze, u principu, imaju vrlo malu stabilnost jer unutar njih nedostaje većina faktora autoregulacije, ali moguće ih je održati stabilnim samo neprestanim intervencijama čovjeka, dakle agrotehnikom.

Fazni model rasta

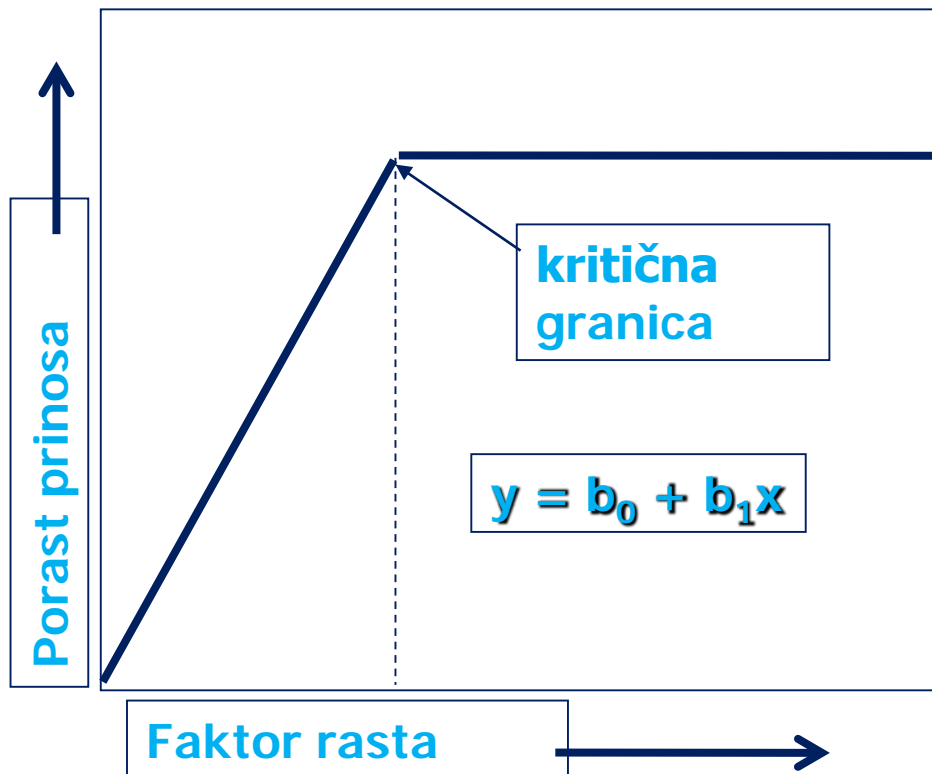
Većina živih organizama pokazuje jasnu ritmiku rasta, odnosno postoje razdoblja njihovog života u kojima je brzina rasta različitog intenziteta i tipa.

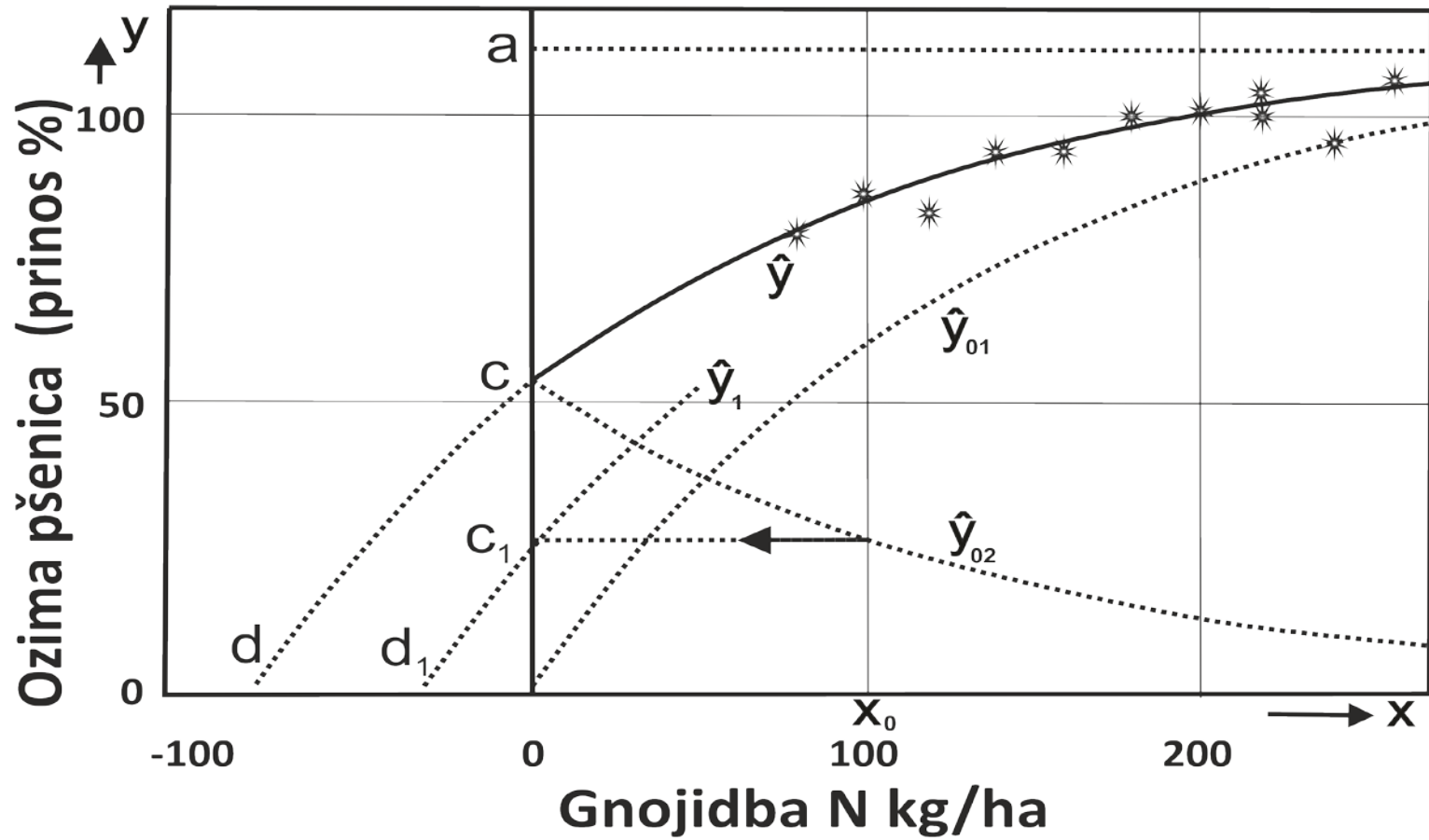
Najčešće takav fazni rast rezultira krivuljom u obliku slova **S** ili ***sigmodnom krivuljom*** koja ima početni eksponencijalni dio, srednji linearan i završni asimptotskog tipa (saturacijska faza).

Richardova funkcija objedinjuje sva tri modela rasta:



- Fazni model rasta jasno pokazuje značaj vremena kao fizikalne veličine (posebna dimenzija rasta populacije) koja se označava kao **fiziološko vrijeme**.
- Na fiziološko vrijeme utječe velik broj biotskih (temperatura, svjetlost itd.) i abiotskih čimbenika (koncentracija hormona, intenzitet metabolizma itd.) pa rast i razvitak mogu imati u nekom periodu oblik linearne, logističke, Weibullove, normalne ili pak neke druge funkcije.
- Pokušaj kvantitativne procjene činitelja rasta prisutno je dugo vremena u ishrani bilja pa je težnja da se unaprijed utvrdi utjecaj nekog činitelja na povećanje priroda vidljiva iz velikog broja različitih „zakona” ili „pravila”





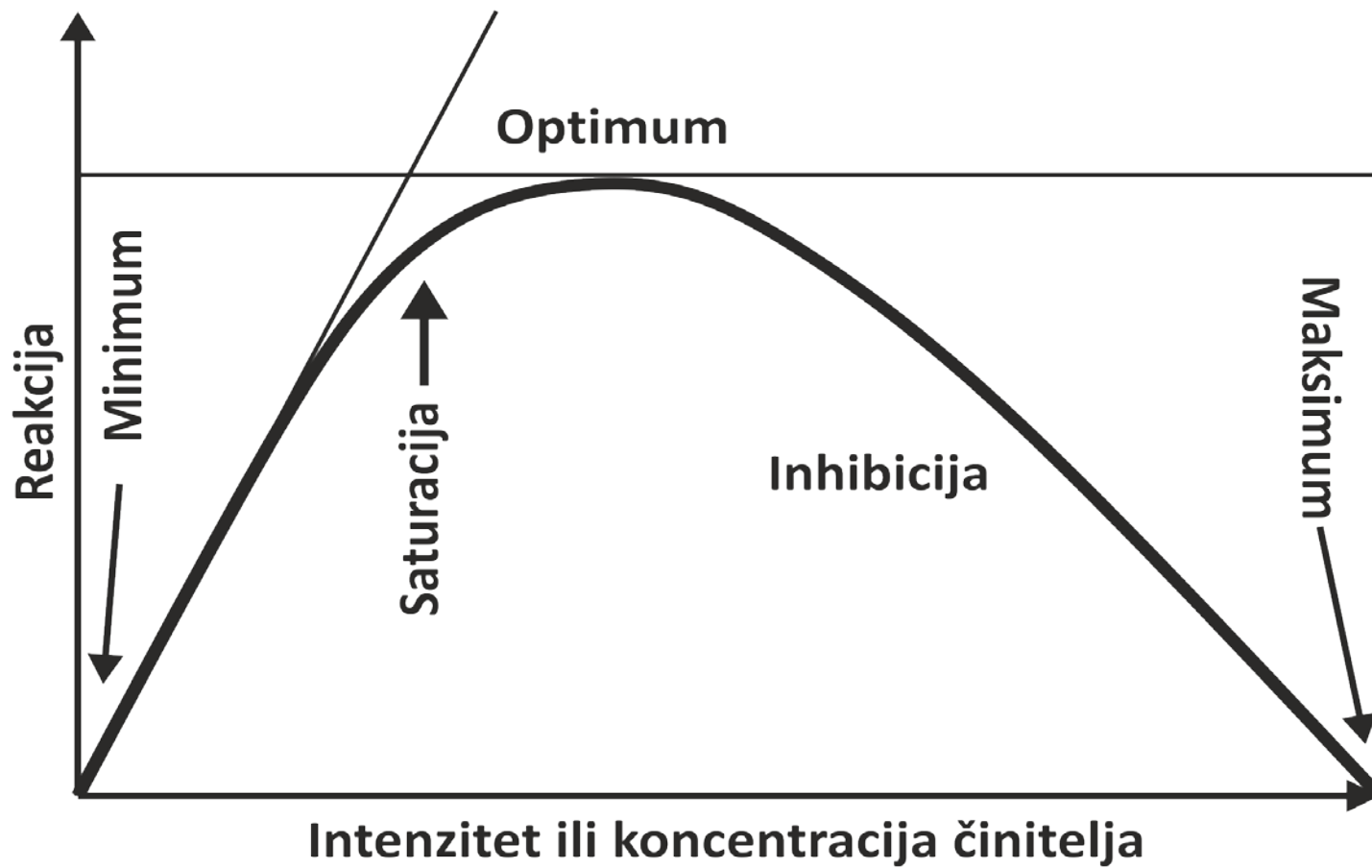
Homeostatski mehanizmi

- Homeostazom označavamo **stanje dinamičke ravnoteže živih komponenti ekološkog sustava**, premda oni nisu nimalo statični jer podliježu stalnim promjenama pod utjecajem mnogobrojnih abiotskih i biotskih faktora.
- ekosustav treba promatrati kao složeni dinamički sustav jer posjeduje vrlo različite mogućnosti prilagođavanja i održavanja određene dinamičke ravnoteže biološke komponente (**održivost ekosustava**), što se kod sezonskih promjena ekoloških faktora manifestira ciklusima u sastavu biocenoze uz promjenu količine tvari i energije unutar svakog ekosustava

- Kod jačih promjena intenziteta faktora (ili pojave novog čimbenika, npr. požar, poplava, jak napad bolesti ili štetnika) svaki ekosustav mora biti sposoban reagirati na bilo koji stres (otpornost ekosustava) ili pak slijedi jasna promjena sastava biocenoze koja se u ekologiji naziva **sukcesija**.
- Prirodni ekosustav čiji se sastav vrsta značajno ne mijenja u duljem vremenskom periodu (200-500 god.) naziva se **zreli ekosustav ili klimaks zajednica**.
- klimaks zajednice nisu izrazito statične, već doživljavaju manje promjene, ali u njima ne dolazi do kumulativne izmjene zastupljenosti i brojnosti vrsta pa je u dužem razdoblju stanje tog ekosustava relativno stabilno.

TAKVO, RELATIVNO STABILNO, STANJE EKOSUSTAVA NAZIVA SE DINAMIČKA RAVNOTEŽA ILI HOMEOSTAZA

- Jedan od naj značajnih principa djelovanja ekoloških faktora je **saturacija**, odnosno, porastom intenziteta nekog čimbenika dostiže se **prag djelovanja** iznad kojeg on počinje primjetno utjecati na ekosustav. Daljim porastom intenziteta postiže se najveći učinak, tj. optimum (**zasićenje ili saturacija**) tog čimbenika nakon čega je njegovo djelovanje preintenzivno i započinje djelovati inhibicijski, sve do letalnog učinka



- Unutar prirodnog ekosustava dolazi do jasne konkurencije između jedinki iste vrste prema lokalnim ekološkim čimbenicima (intraspecifična kompeticija) i između pojedinih vrsta (interspecifična kompeticija), ali i kooperacije koje se događaju unutar grupe, izoliranih jedinki (Alleov efekt) ili između jedinki različitih vrsta (sinergizam, simbioza).
- Važno je naglasiti da što je više različitih vrsta organizama u ekosustavu (biološka raznolikost ili biodiverzitet), on je otporniji na promjene i lakše uspostavlja homeostazu.

- Intenzitet djelovanja nekog abiotskog činitelja iznad optimalnog u agronomiji se označava kao **luksuzno** djelovanje
- Optimizacija faktora prinosa, sukladno ekološkim uvjetima i potencijalu rodности najznačajnije je pitanje primarne organske produkcije.
- Povećanja intenziteta osvjetljenosti čvrsto i pozitivno korelira s ukupnom masom akumulirane organske tvari (**biološki prinos**) i nešto slabije s veličinom prinosa (**poljoprivredni prinos**), odnosno porast poljoprivrednog prinosa uz porast intenziteta osvjetljenosti prati samo do određene granice porast ukupne biološke mase.
- Omjer biološkog (ukupnog) i poljoprivrednog (merkantilnog) prinosa naziva se **žetveni indeks**