

EKOLOGIJA EKOSISTEMA

- 1. Koncept ekosistema**
- 2. Trofičke razine u ekosistemu**
- 3. Proizvodnja i protok energije kroz ekosistem**
- 4. Kruženje tvari kroz ekosistem**
- 5. Regeneracija hranjiva u ekosistemu**



REGENERACIJA HRANJIVA U EKOSISTEMIMA



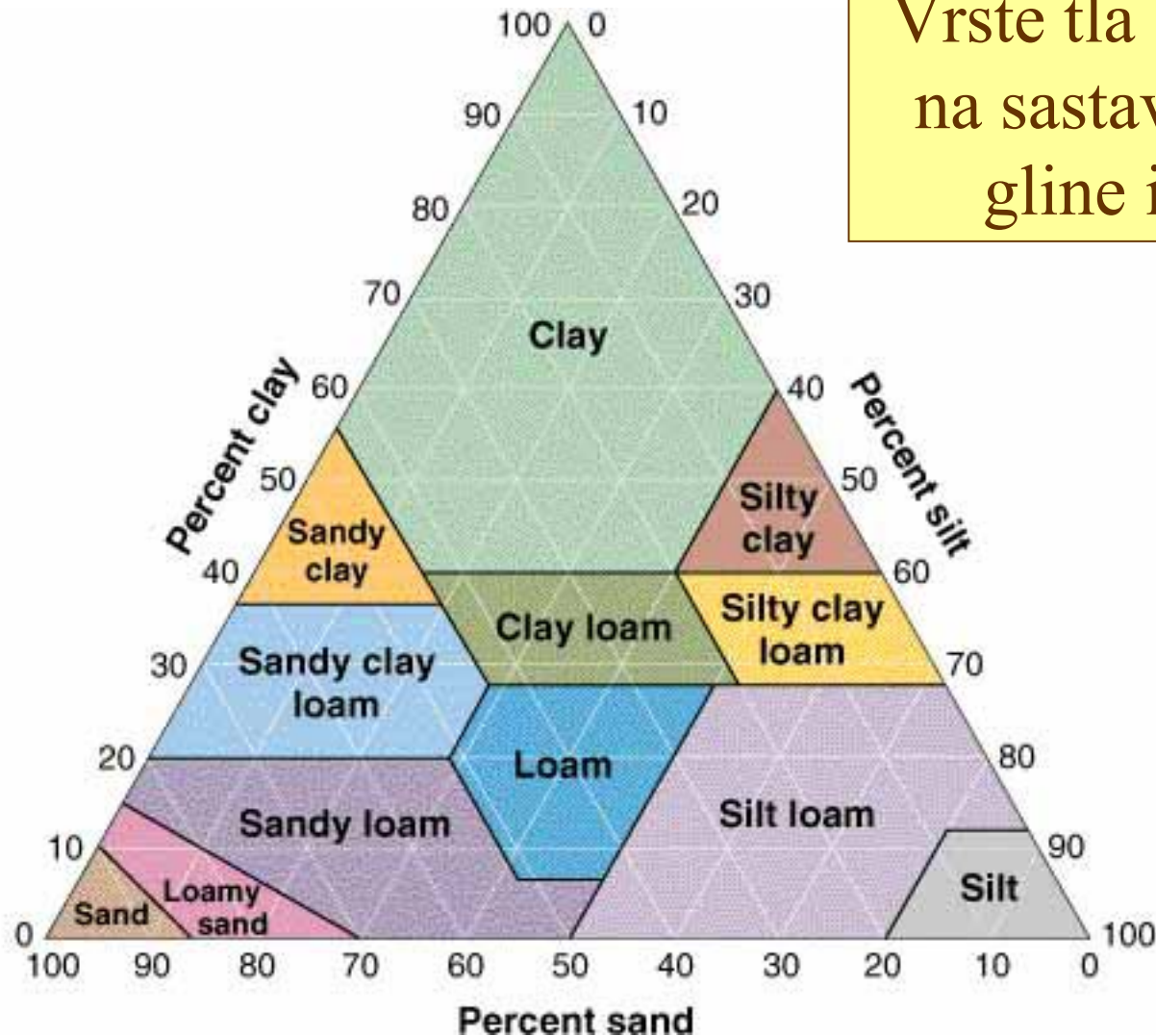
Regeneracija hranjiva u kopnenim i morskim ekosistemima

- Da bi se mogla održati proizvodnja kakvu nalazimo u pojedinim ekosistemima, hranjiva moraju biti regenerirana unutar sustava (stopa dotoka hranjiva izvan sustava u pravilu nije dovoljna za danu proizvodnju)
- Regeneracija hranjiva u forme prikladne za njihovu ponovnu asimilaciju predstavlja ključ razumijevanja regulacije funkcioniranja ekosistema
- Iako su kemijske i biokemijske transformacije koje su uključene u proces regeneracije u osnovi iste, procesi razgradnje se razlikuju između kopnenih i vodenih sustava:
 - U kopnenim sustavima većina hranjiva kruži kroz detritus u površinskom dijelu tla
 - U većini vodenih sustava sediment je isključivi izvor regeneriranih hranjiva

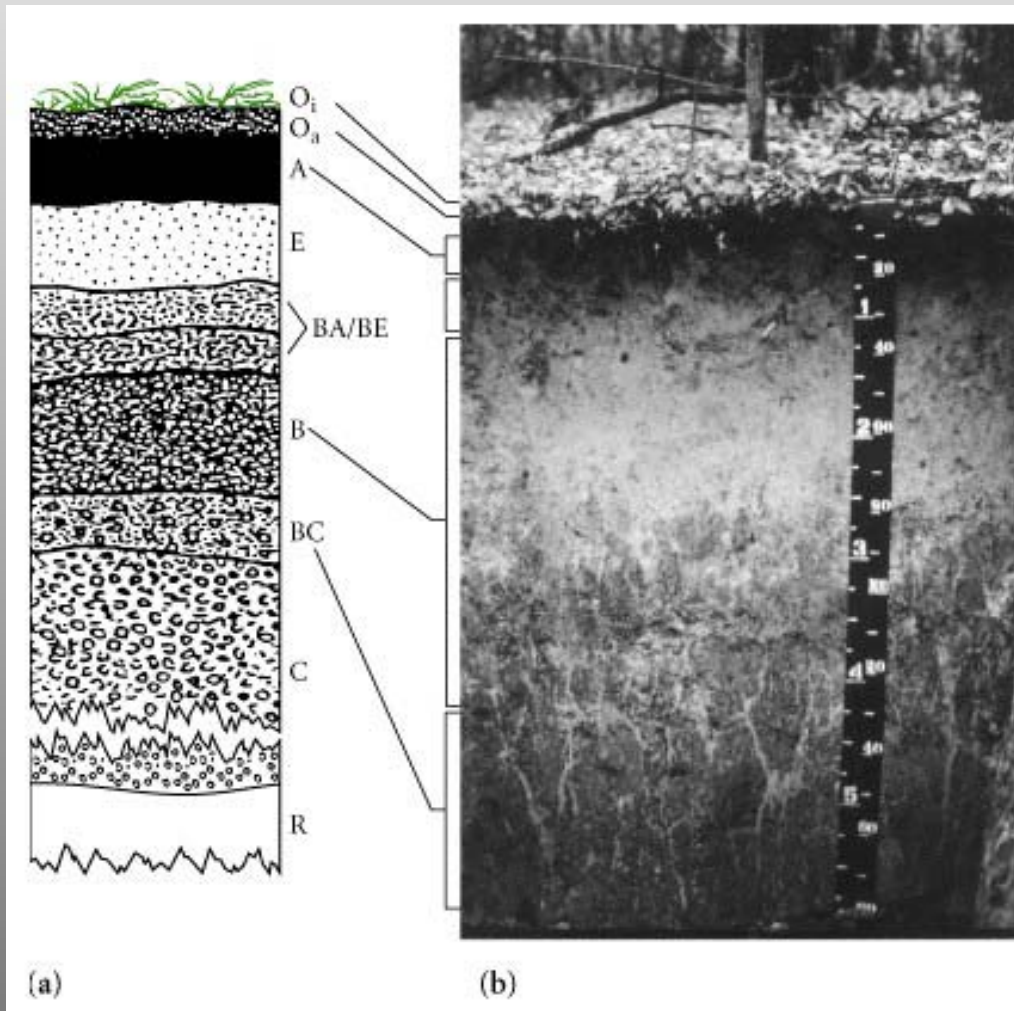
Procesi regeneracije hranjiva u kopnenim ekosistemima događaju se u tlu

- Tlo je medij koji okružuje neizmjenjene prvobitne stijene na površini Zemlje. Tlo uključuje minerale koji vode porijeklo od prvobitnih stijena, izmijenjene minerale koji se iznova formiraju u zoni trošenja stijena, organski materijal kojeg stvaraju biljke, zrak i vodu u porama, živo korjenje biljaka, mikroorganizme, te veće organizme kojima je tlo stanište u kojem žive (brojni člankonošci)
- Karakteristike tla određuju slijedeći faktori: klima, karakteristike prvobitne stijene, vegetacija, lokalna topografija, te starost tla
- Tla su dinamički sustavi koji se neprestano mijenjaju i nalaze se u stanju stalnog protoka (novi materijali u tlo dolaze putem oborina, uginulih dijelova vegetacije, trošenjem stijena, dok podzemne vode odnose materijal iz tla)
- Dubina tla ovisi o brzini trošenja prvobitnih stijena (veća je gdje je erozija putem oborina velika), te o dotoku materijala (npr. nanosi mulja putem rijeka)

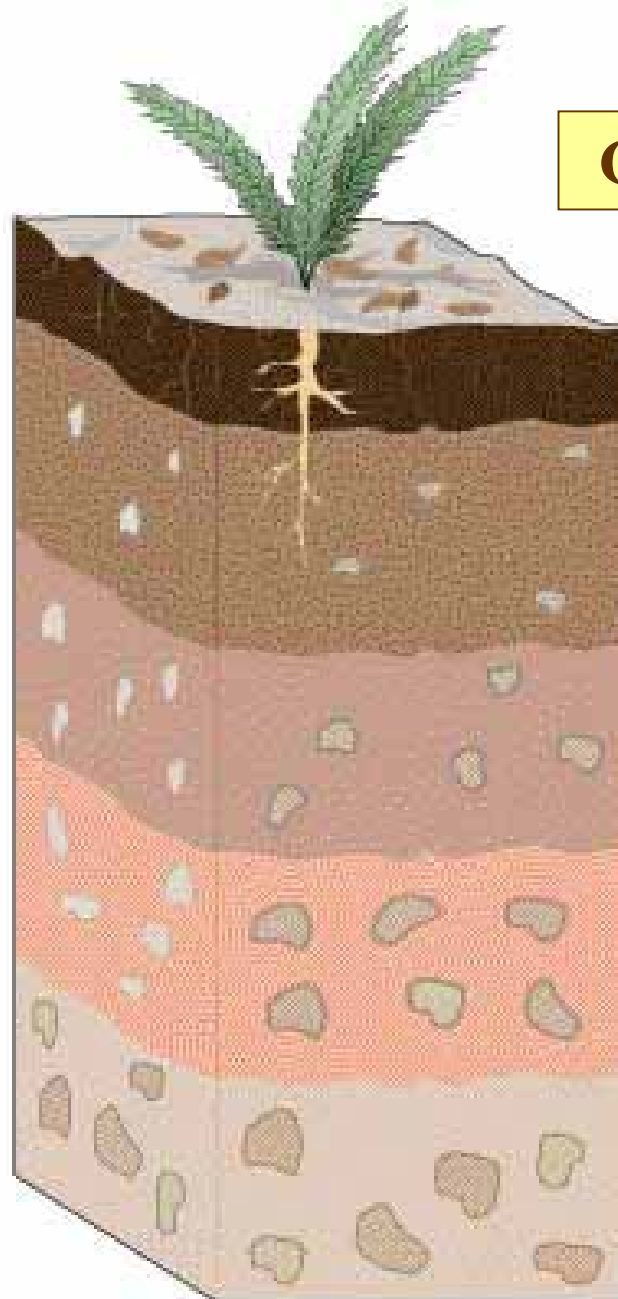
Vrste tla s obzirom
na sastav pijeska,
gline i mulja



Profil tla ukazuje na to da se faktori koji sudjeluju u formiranju tla mijenjaju s dubinom



U okomitom presjeku tla mogu se razlikovati slojevi koji se nazivaju **horizonti**. Oni se bitno razlikuju u svojim temeljnim značajkama



Glavni horizonti u tlu

O Horizon: Humus.
(surface litter, decomposing
plant matter)

A Horizon: Topsoil.
(mixed humus and leached
mineral soil)

E Horizon: Zone of
leaching. (less humus, minerals
resistant to leaching)

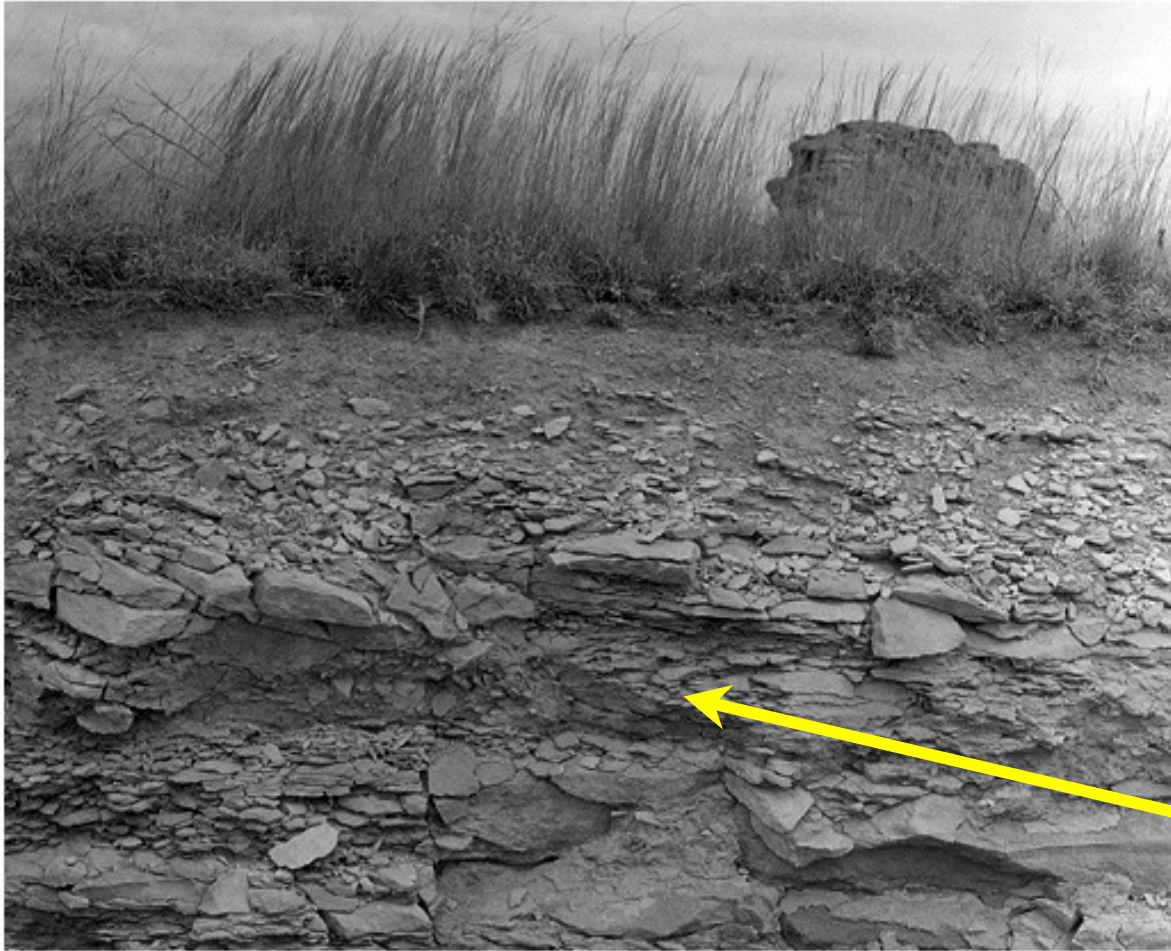
B Horizon: Subsoil
(accumulation of leached
minerals like iron and
aluminum oxides)

C Horizon: Weathered
parent material. (partly
broken-down minerals)

Temeljni horizonti tla

HORIZONT	TEMELJNE ZNAČAJKE
0	Prvenstveno mrtva organska tvar. Većina organizama tla živi u ovom sloju
A₁	Sloj bogat humusom koji se sastoji od djelomično razgrađenog materijala pomiješanog s mineralima
A₂	Područje snažnog ispiranja minerala iz tla. S obzirom da se minerali otapaju u vodi (mobiliziraju) u ovom je sloju koncentrirano korjenje biljaka
B	Sloj s malo organskog materijala čiji je kemijski sastav sličan sastavu stijena koje okružuje. Minerali mulja, te oksidi aluminijska i željeza ispiru se iz A ₂ sloja te se ponekad talože u ovom sloju
C	Prvotni slabo raspadnut materijal sličan osnovnoj stijeni. U ovom se sloju koncentriraju kalcijev i magnezijev karbonat (pogotovo u suhim područjima) katkad tvoreći tvrd nepropusan sloj
R	Prvobitna stijena

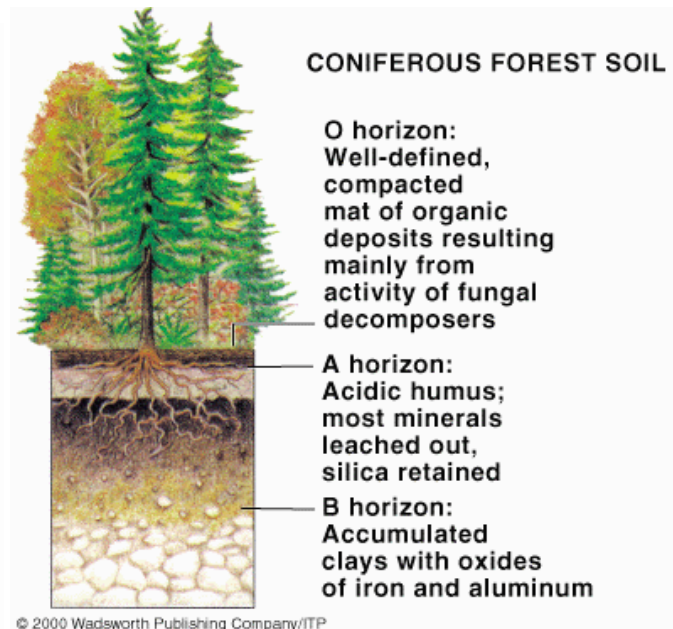
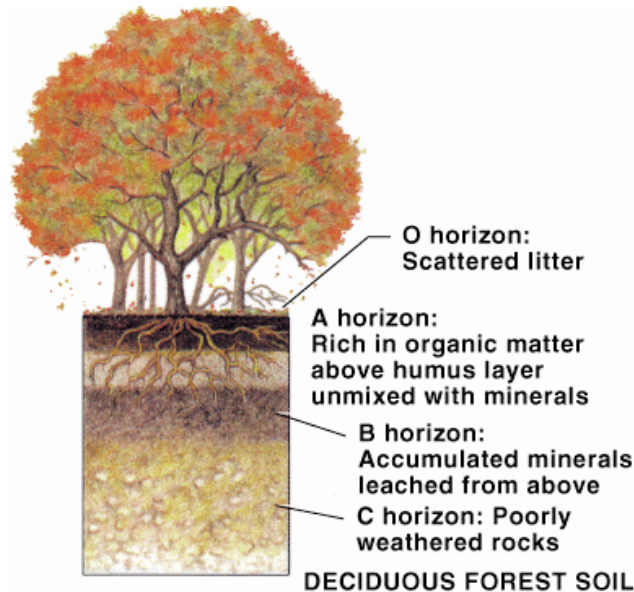
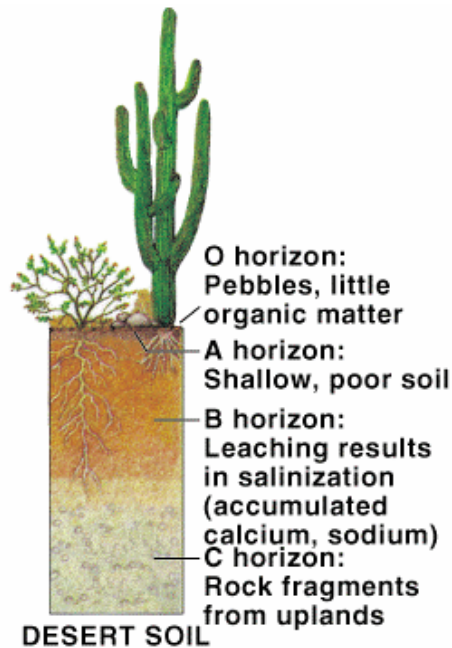
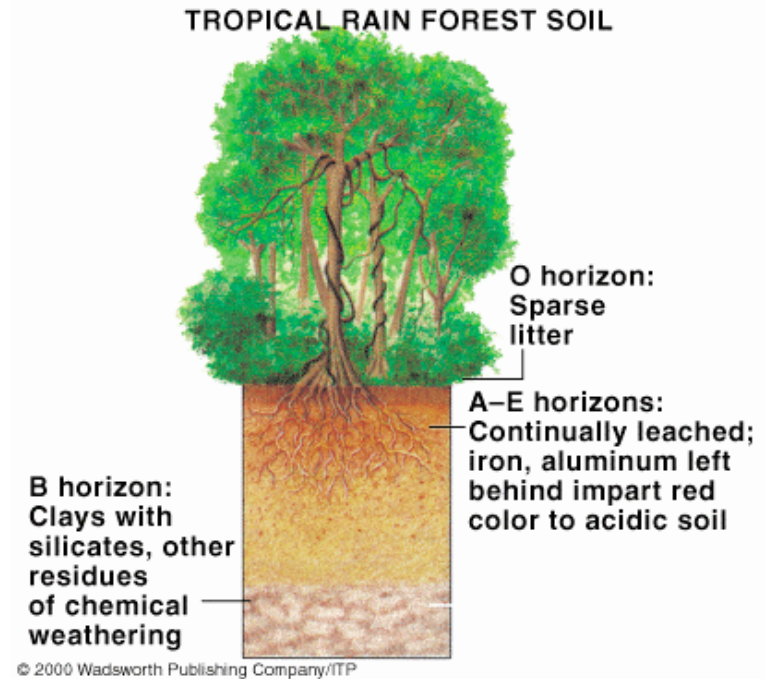
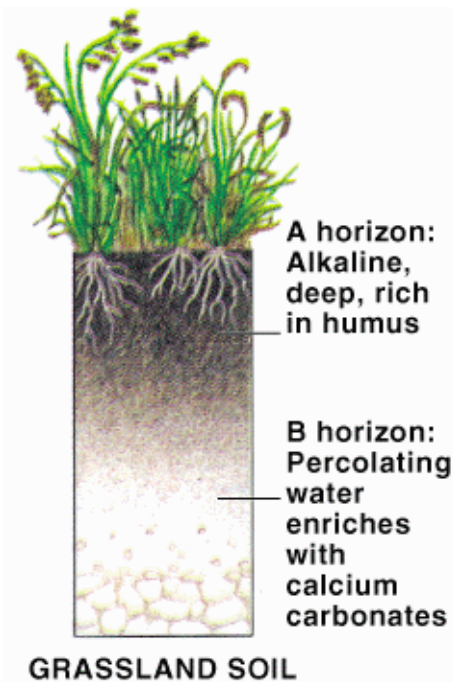
Profil tla u aridnom području (Kansas, USA)



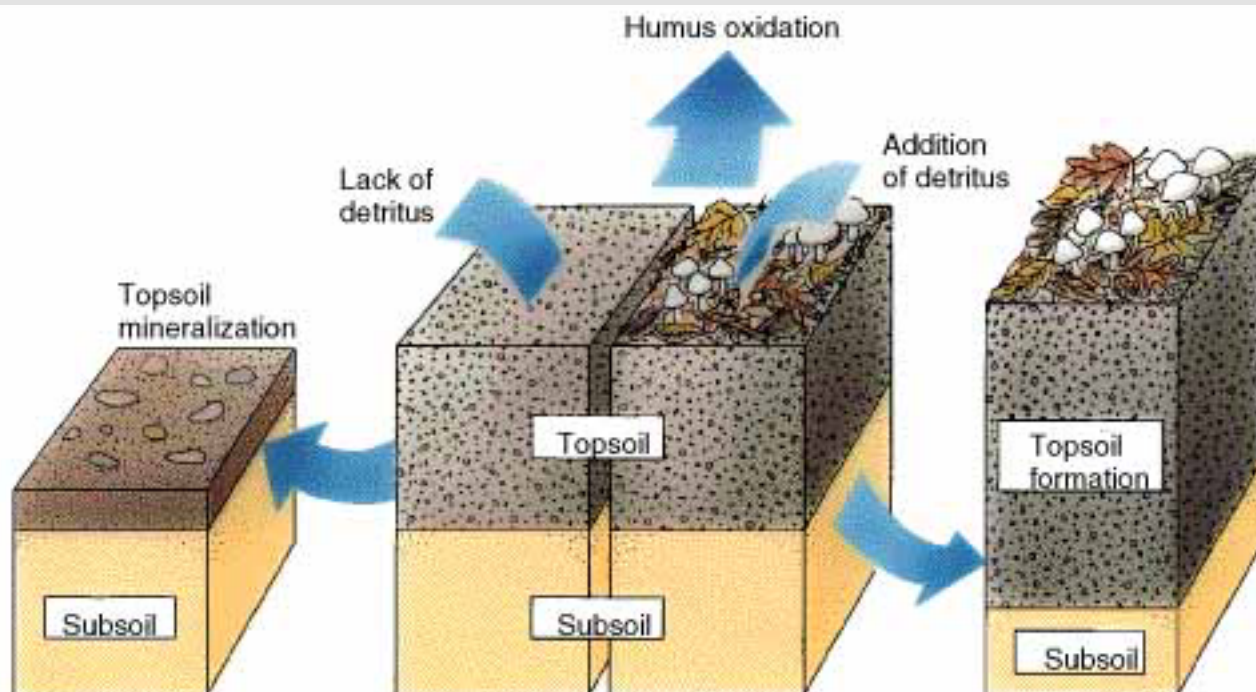
U aridnim područjima trošenje stijena je vrlo sporo pa su tla plitka, s osnovnom stijenom u blizini površine)

Tlo je nerazvijeno, bez izraženih horizonata

Tipovi tala u različitim biomima



Stvaranje i gubitak humusa



Loss of humus results in topsoil mineralization and consequent loss of:

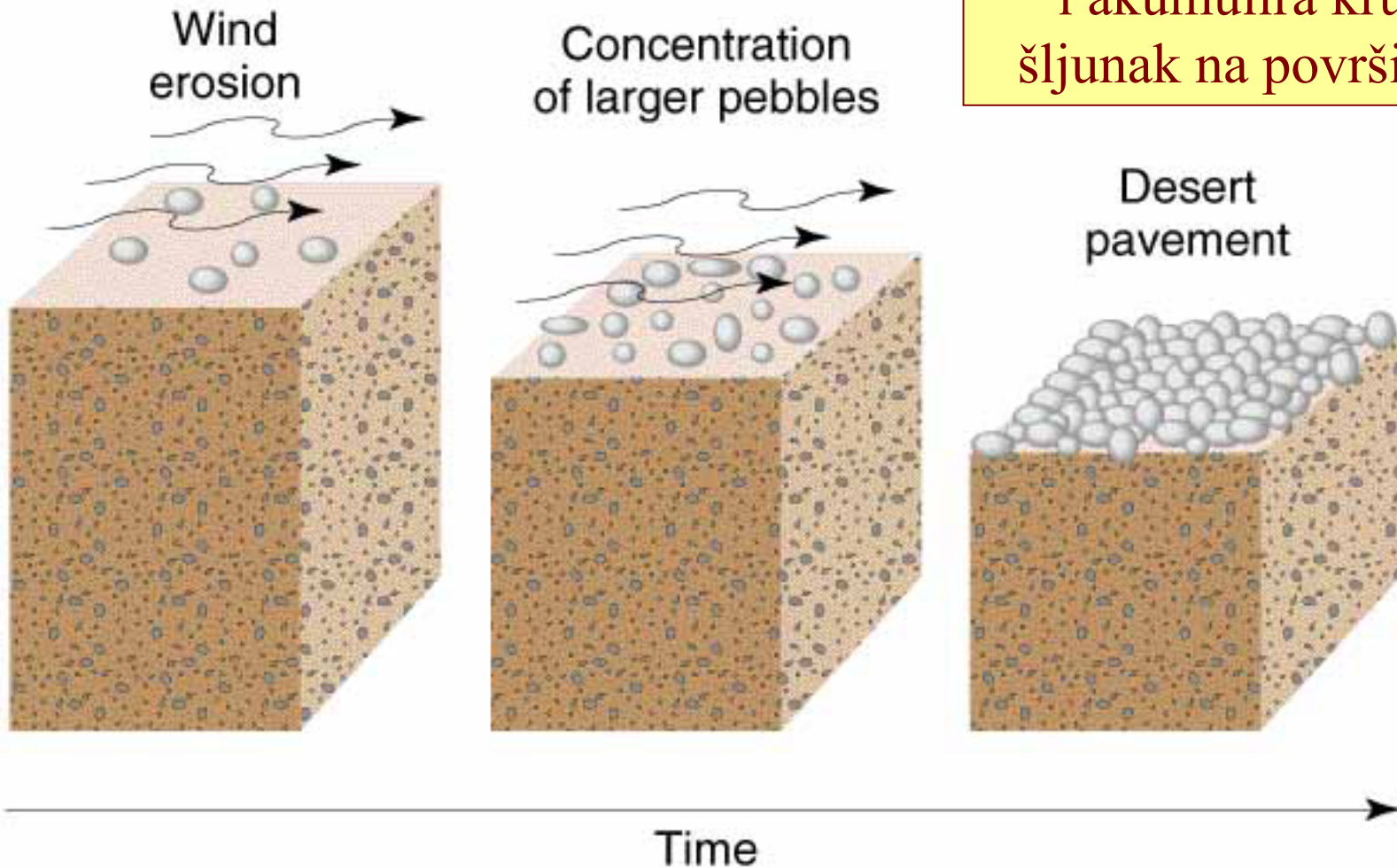
- Water-holding capacity
- Nutrient-holding capacity
- Water infiltration
- Aeration

Gain of humus results in topsoil formation and consequent gain in:

- Water-holding capacity
- Nutrient-holding capacity
- Water infiltration
- Aeration

Erozija pod utjecajem vjetra može tla učiniti neplodnim

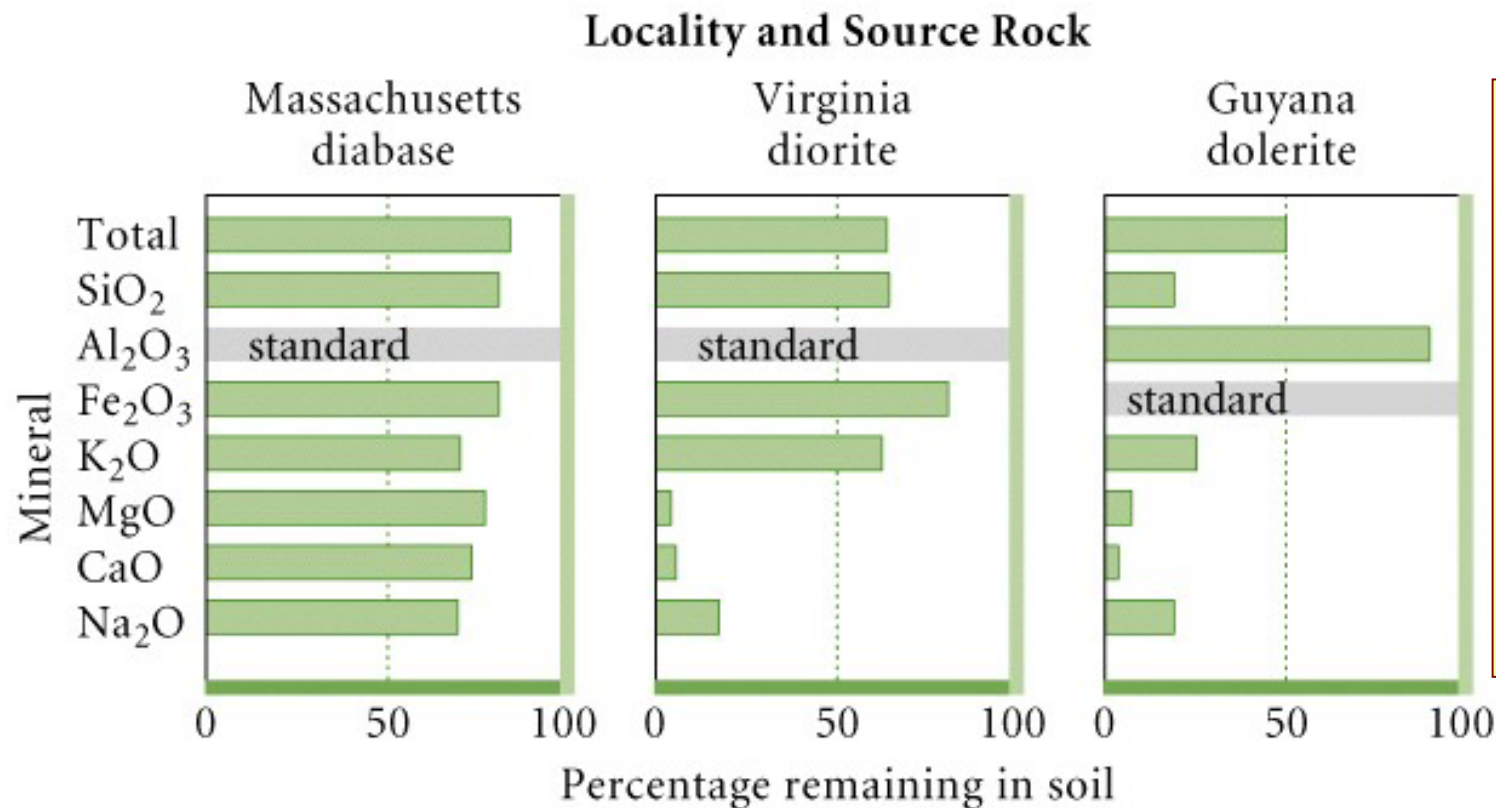
Vjetar odnosi čestice tla i akumulira krupni šljunak na površini tla



Trošenje stijena je fizikalni i kemijski proces razgradnje stijena koji se događa u blizini površine zemlje

- Trošenje stijena se događa jedino tamo gdje površinska voda prodire u tlo
- Višestruko smrzavanje i otapanje vode u pukotinama razbija stijene u manje dijelove, čime se povećava površina stijene koja je izložena djelovanju kemijskih faktora
- Početak kemijskog djelovanja događa se kada voda otapa neke od najtopljivijih minerala (npr. NaCl i CaSO_4), dok se neki drugi spojevi otapaju znatno sporije (npr. oksidi titana, aluminijski, željezni i silicij))
- Ključ za trošenje stijena je premještanje određenih elemenata u mineralima (kalcij, magnezij, natrij, kalij) nakon čega slijedi reorganizacija preostalih oksida aluminij, željezo i silicij u nove minerale

Trošenje stijena se najintenzivnije događa u tropskim uvjetima, gdje su visoke temperature i obilne oborine



Uklanjanje minerala iz granitnih stijena kao rezultat trošenja na različitim geografskim širinama



GEOGRAFSKA ŠIRINA

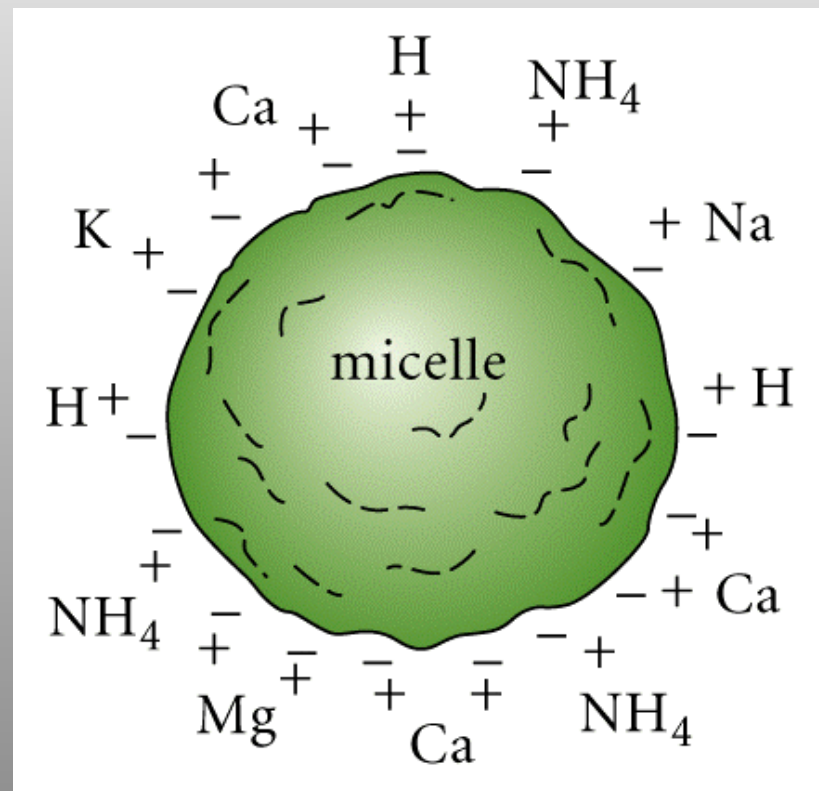
Čestice gline i humusa zadržavaju hranjive tvari u tlu

Biljke minerale iz tla dobivaju u formi otopljenih iona

Ukoliko biljke odmah ne uzmu ione, oni će biti isprani iz tla ukoliko se ne vežu za stabilne čestice tla (glina i humus)

Čestice gline i humusa ili njihovi kompleksi (micele) imaju negativni električni naboj na površini kojim privlače katione (pozitivno nabijene ione)

Negativni ioni (anioni) važni za prehranu biljaka (npr. nitrati, fosfati) se za čestice mogu apsorbirati preko ionskih mostova, za što su potrebne dodatne količine vodikovih iona (dakle, kiselijski uvjeti u tlu)



Većina hranjiva u kopnenim sustavima kruži kroz detritus

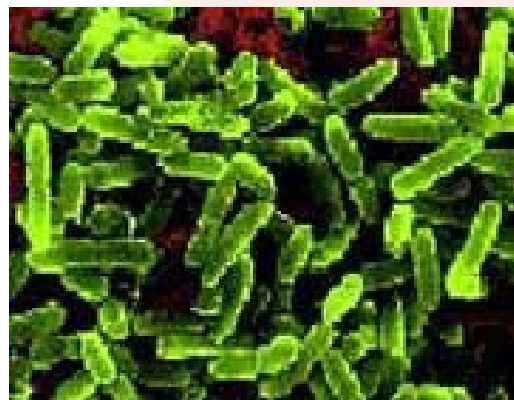
- Vulkanske stijene kao što su granit i bazalt ne sadrže ništa dušika, svega 0.3% fosfata, te 0.1% sulfata. Dakle, trošenjem se u tlo dodaje vrlo malo ovih hranjiva (inputi putem precipitacije i fiksacije dušika su također mali), pa proizvodnja biljaka ovisi o brznoj regeneraciji hranjiva iz detritusa
- U kopnenim ekosistemima, u kojima dominira detritivorni lanac prehrane, detritusa ima posvuda
- Regeneracija hranjiva iz detritusa događa se kroz aktivnosti različitih skupina organizama koji se hrane detritusom (kolutičavci, puževi, kukci, bakterije, gljive)

Razgradnja biljnih ostataka

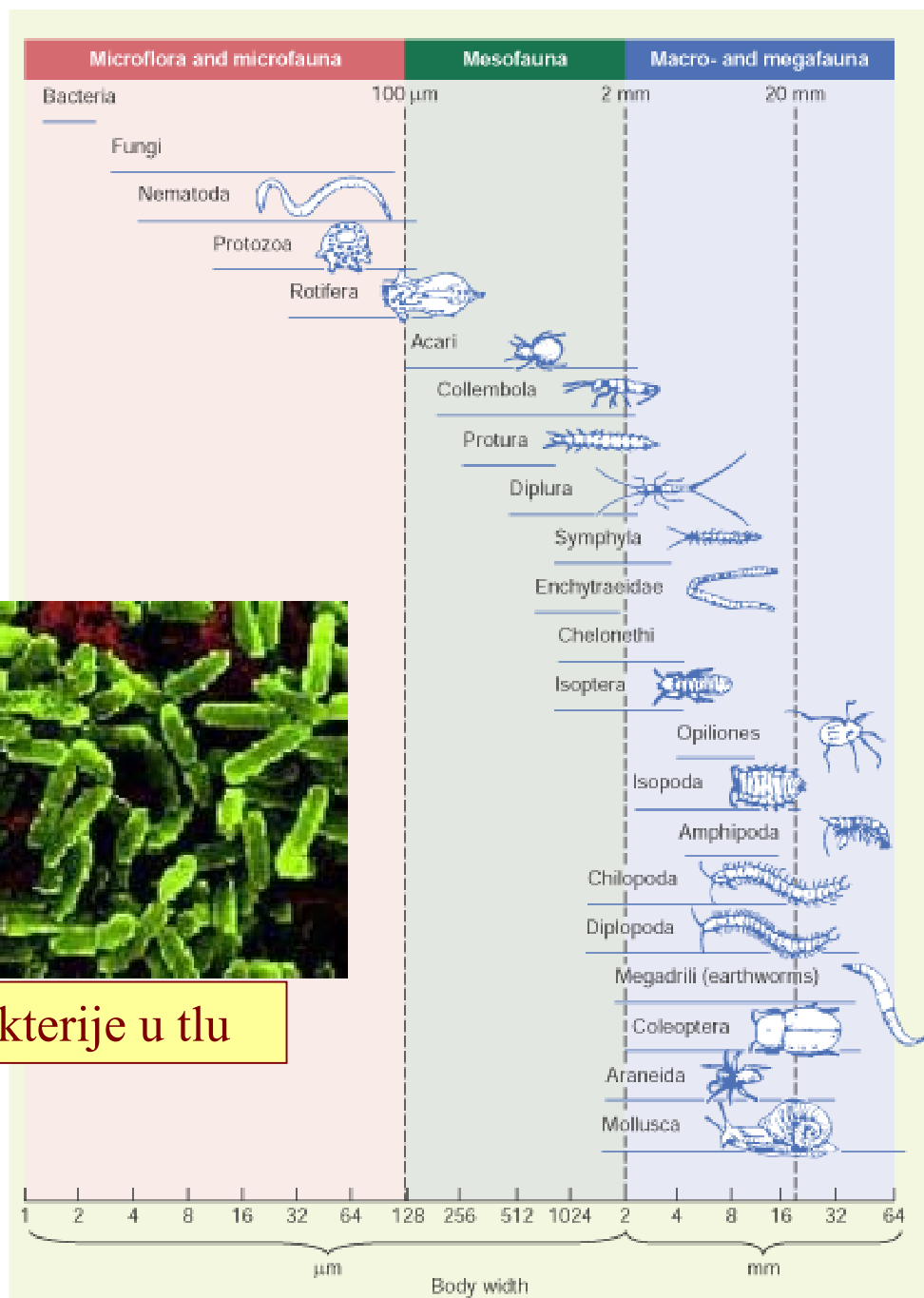
- Razgradnja biljnih ostataka događa se kroz tri procesa:
 - 1. Otjecanje otopljenih minerala i malih organskih spojeva s vodom (oko 10-30% supstanci se otapa u hladnoj vodi te se ukloni ispiranjem; soli, šećeri, aminokiseline)
 - 2. Konzumacija od strane većih konzumenata (stonoge, gujavice, kukci, puževi)
 - 3. Razgradnja putem gljivica i konačna mineralizacija putem bakterija
- Brzina razgradnje ovisi o temperaturi, vlažnosti i sastavu biljnih tkiva

U razgradnji uginulih ostataka u tlu sudjeluju različite skupine detrivora koje pokrivaju vrlo široki veličinski raspon

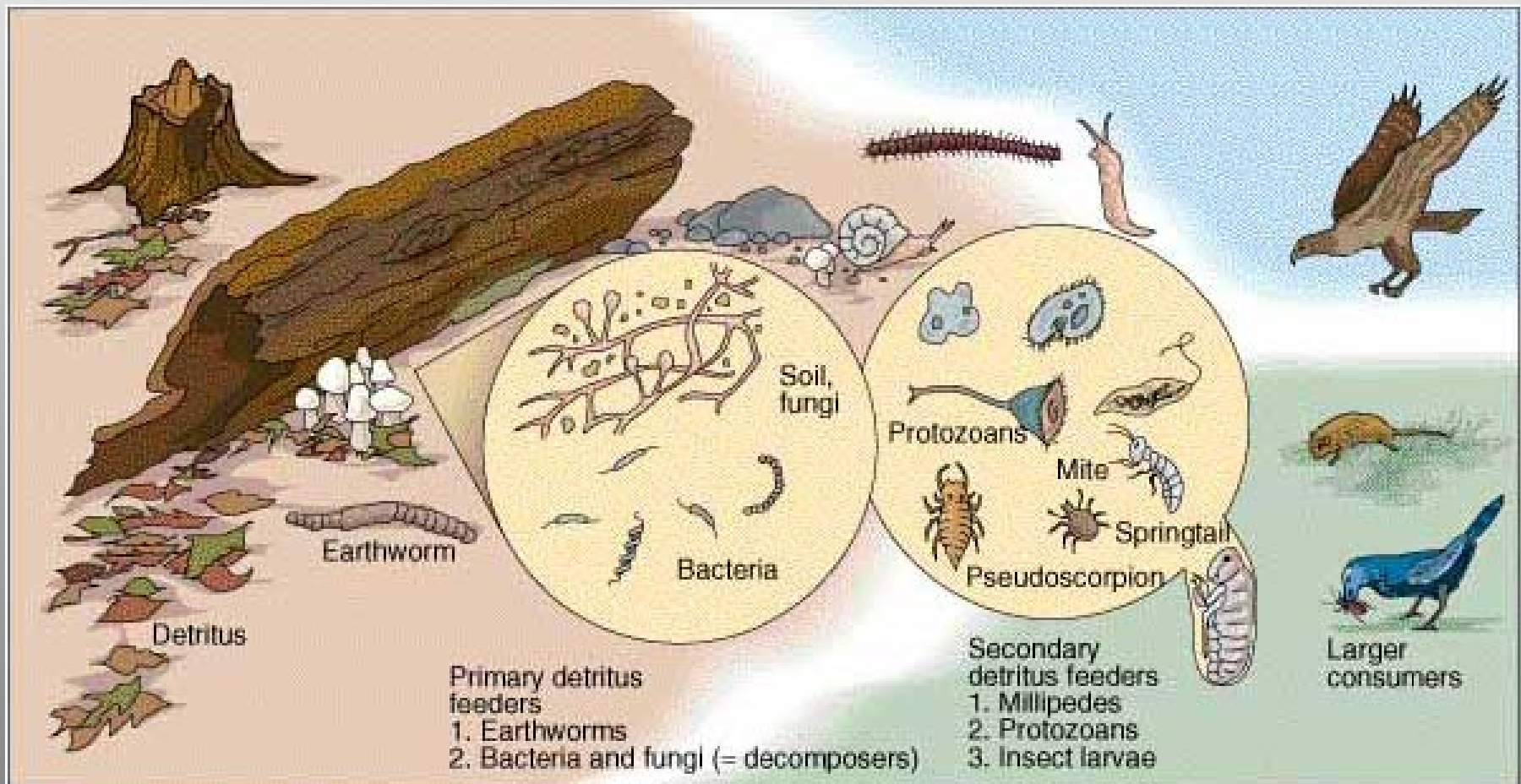
Krupniji razgrađivači u tlu



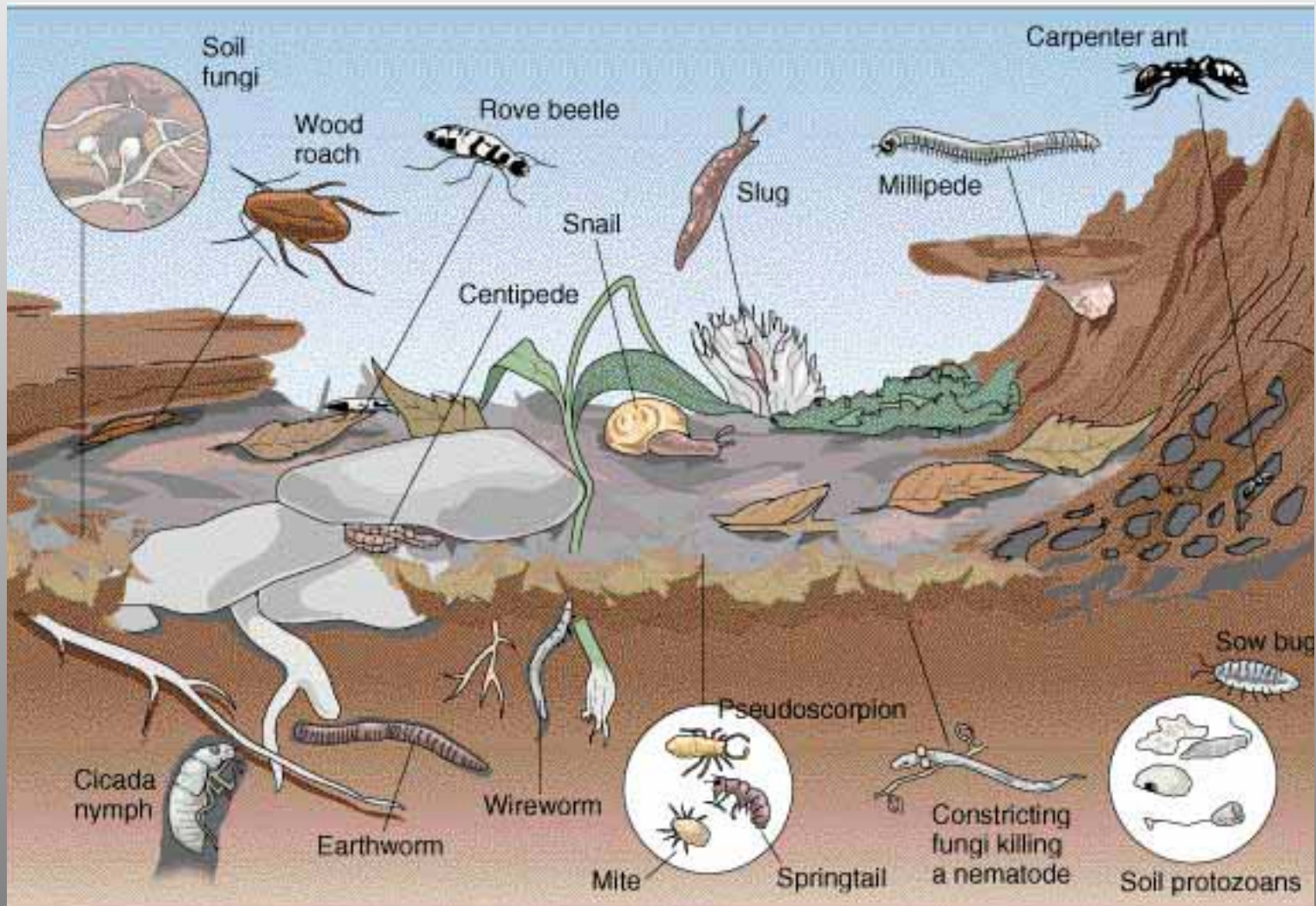
Bakterije u tlu

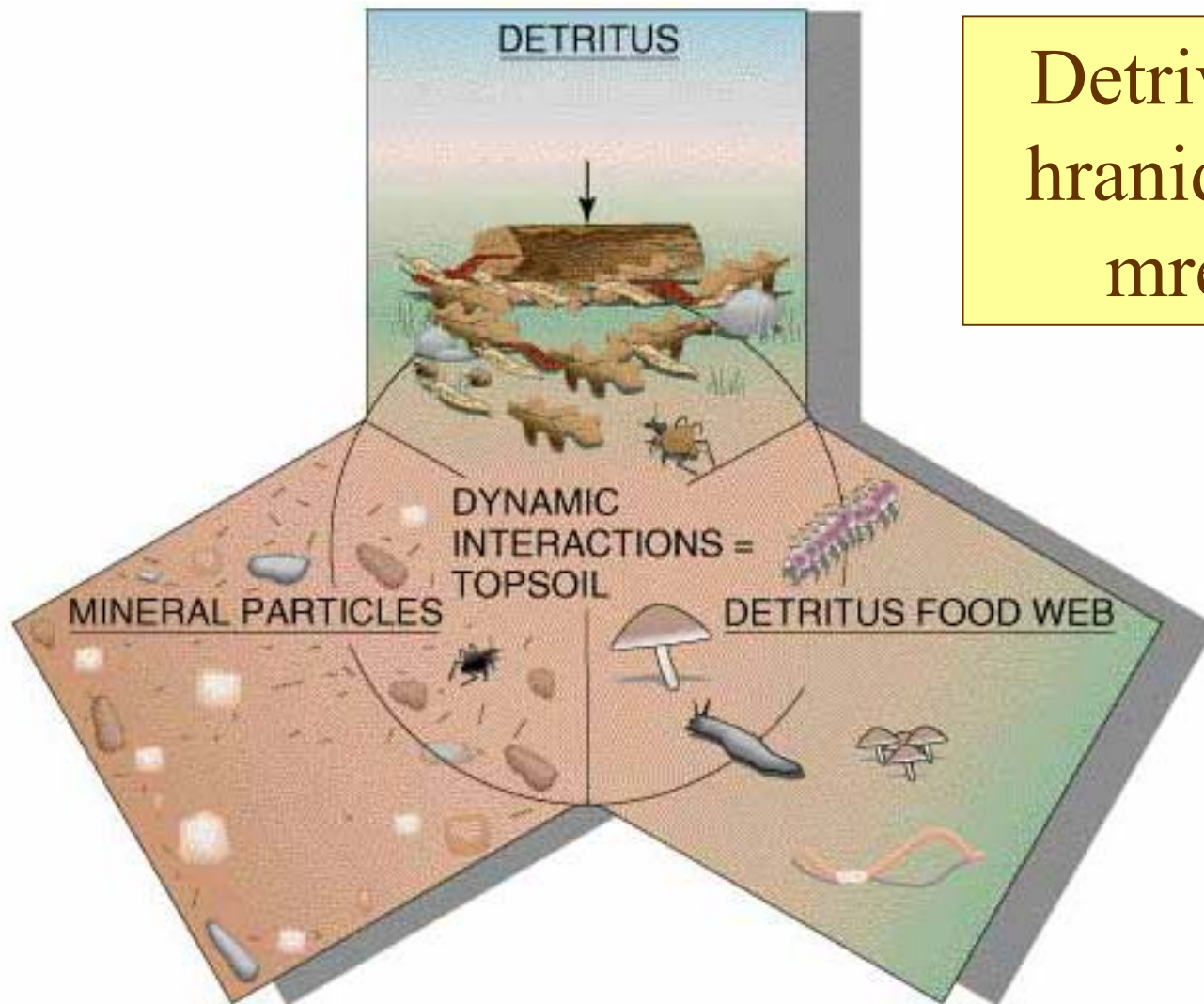


Detrivori na/u tlu

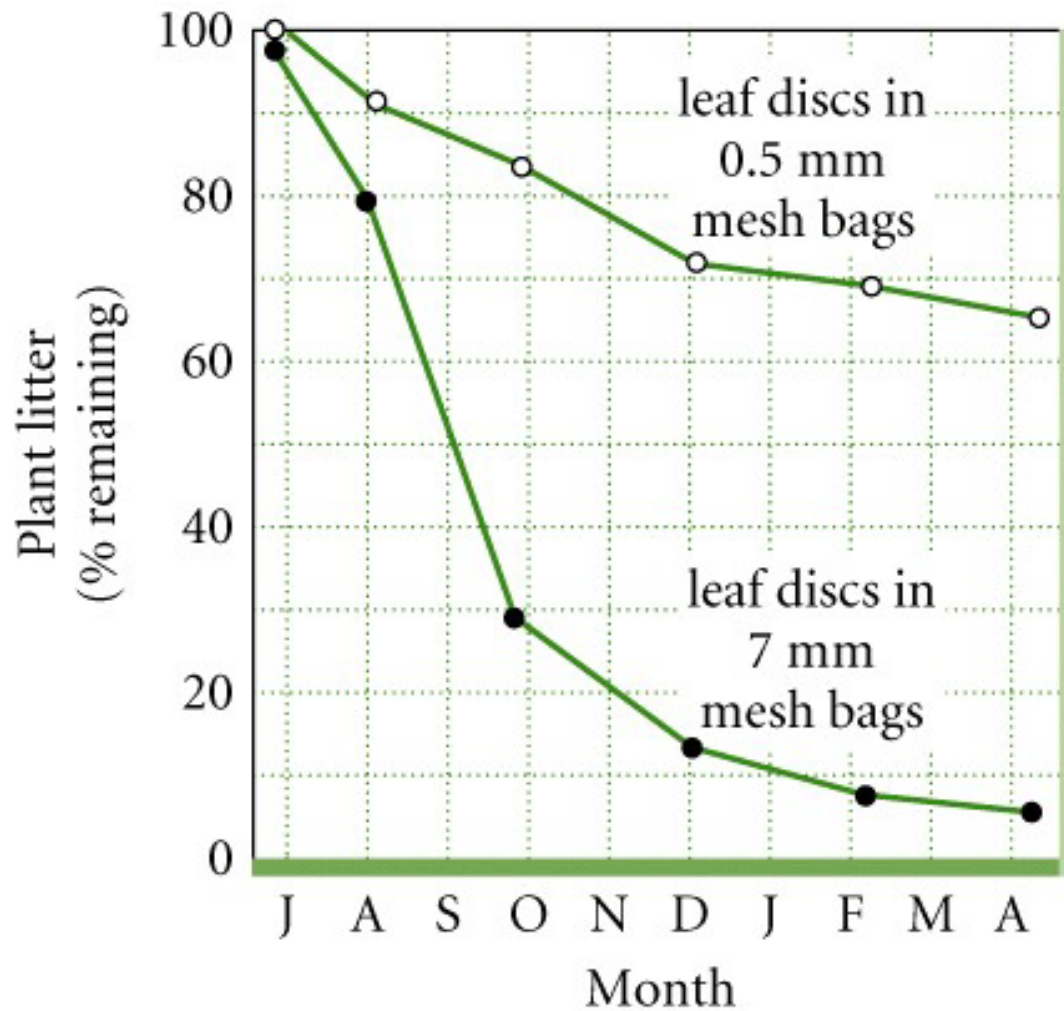


Detrivori na/u tlu





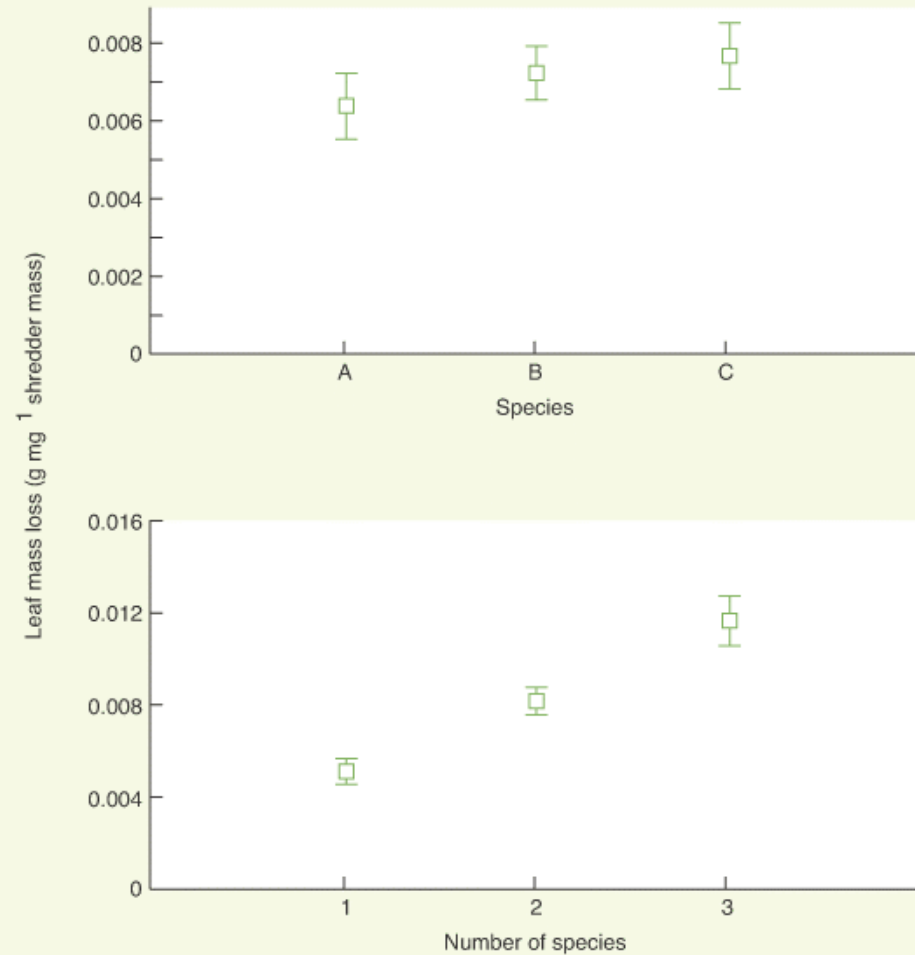
Detrivorna
hranidbena
mreža



Veliki detritivori asimiliraju manji dio energije detritusa, ali značajno ubrzavaju razgradnju i konzumaciju detritusa

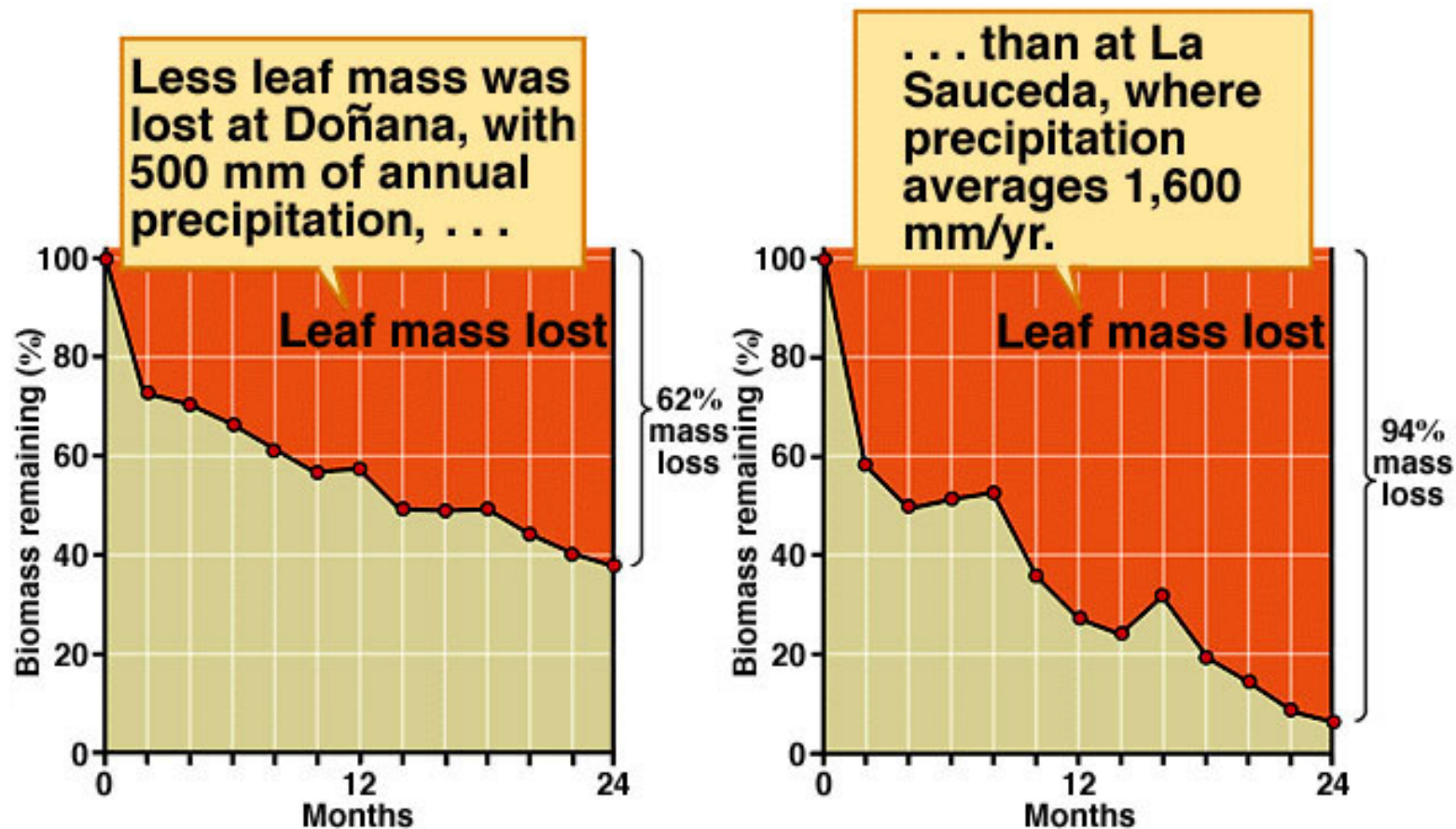


Brzina razgradnje je
veća kada više vrsta
zajednički sudjeluje u
razgradnji



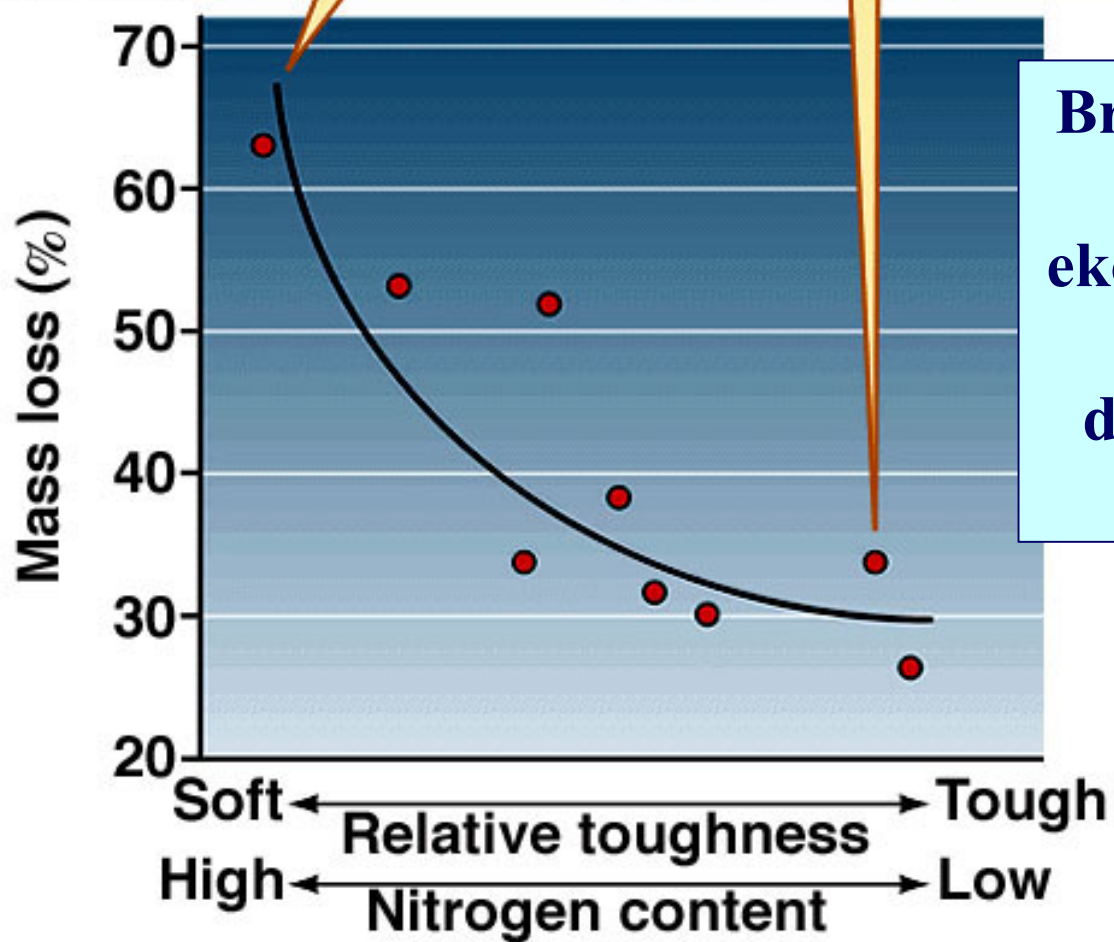
Brzina razgradnje u kopnenim ekosistemima je veća u područjima s većom količinom oborina

Leaf Decomposition



Soft leaves with higher nitrogen content lost more mass.

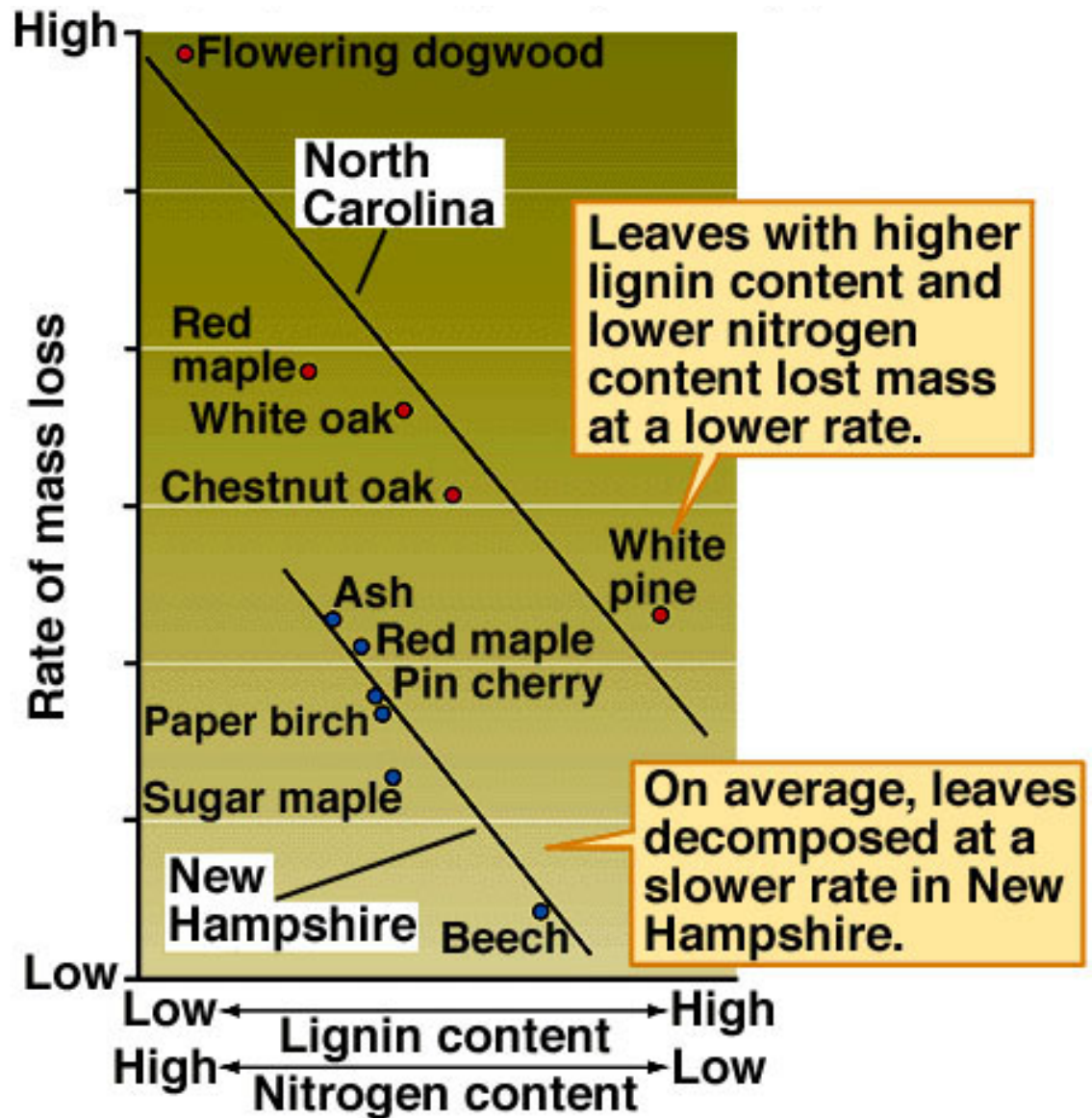
Tough leaves with lower nitrogen content lost less mass.



Brzina razgradnje
u kopnenim
ekosistemima raste
sa sadržajem
dušika u biljnim
ostacima

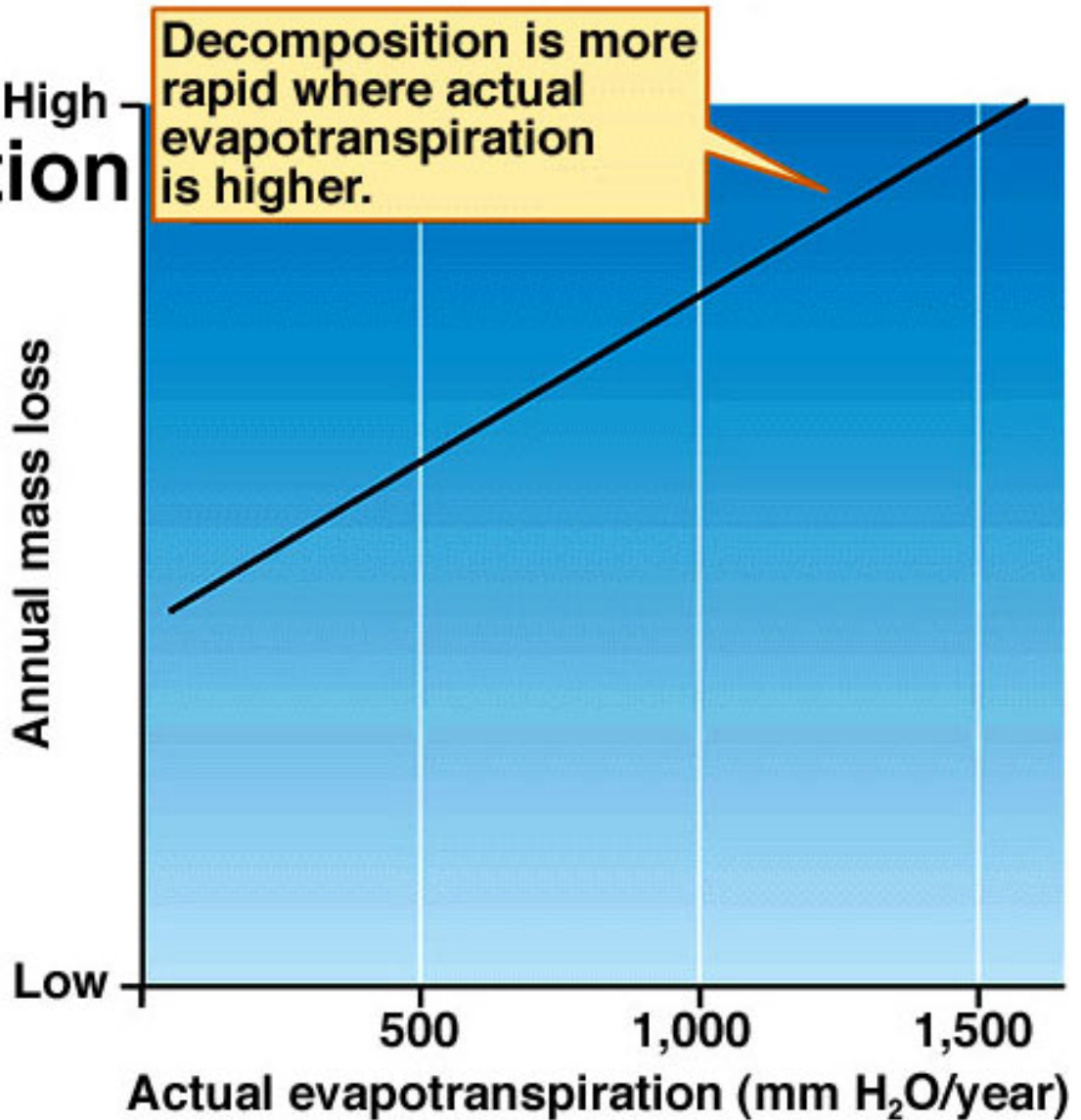
Lignin & Nitrogen in Leaves

Brzina razgradnje
u kopnenim
ekosistemima
opada sa
sadržajem lignina
u biljnim
ostacima



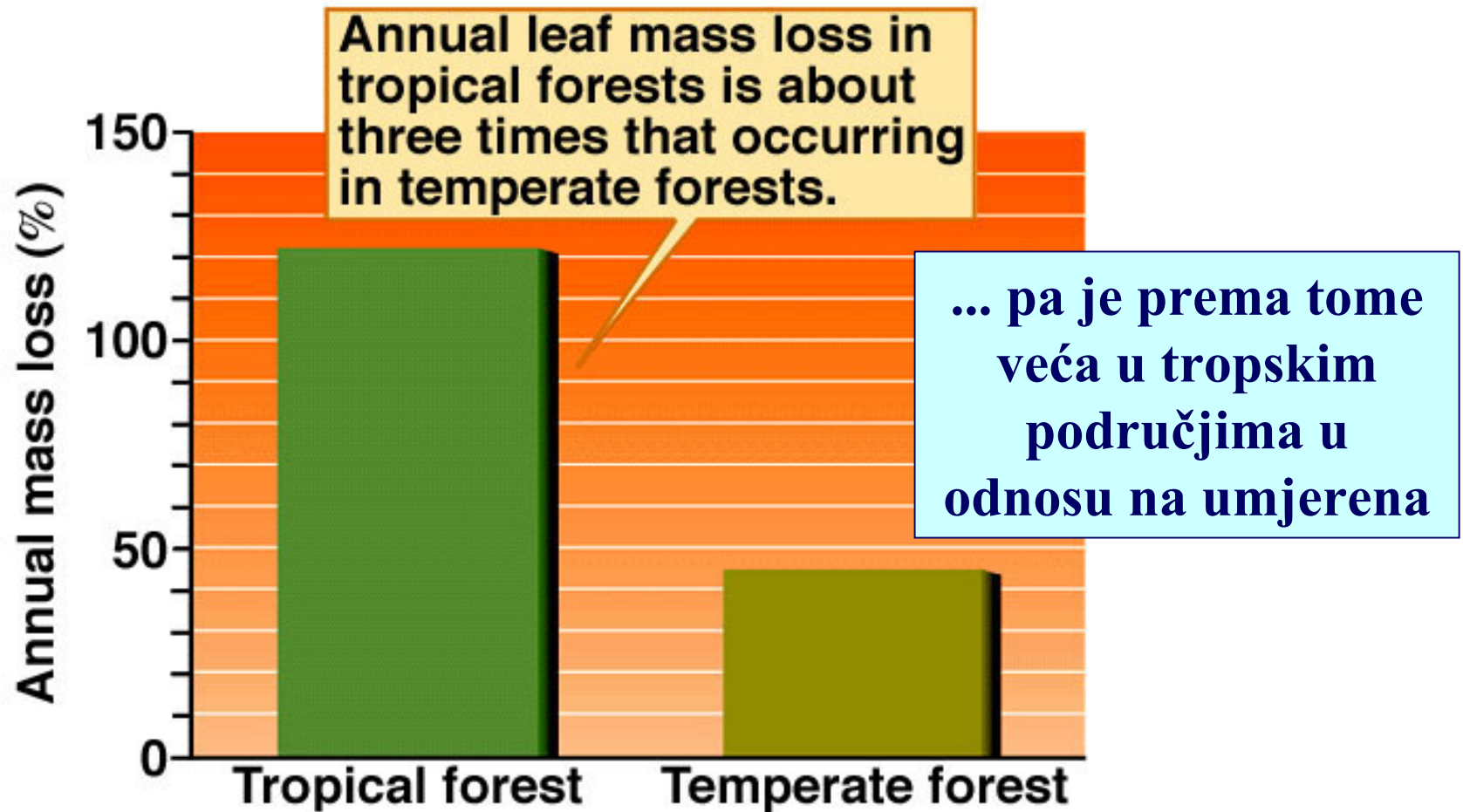
AET & Decomposition

Decomposition is more rapid where actual evapotranspiration is higher.

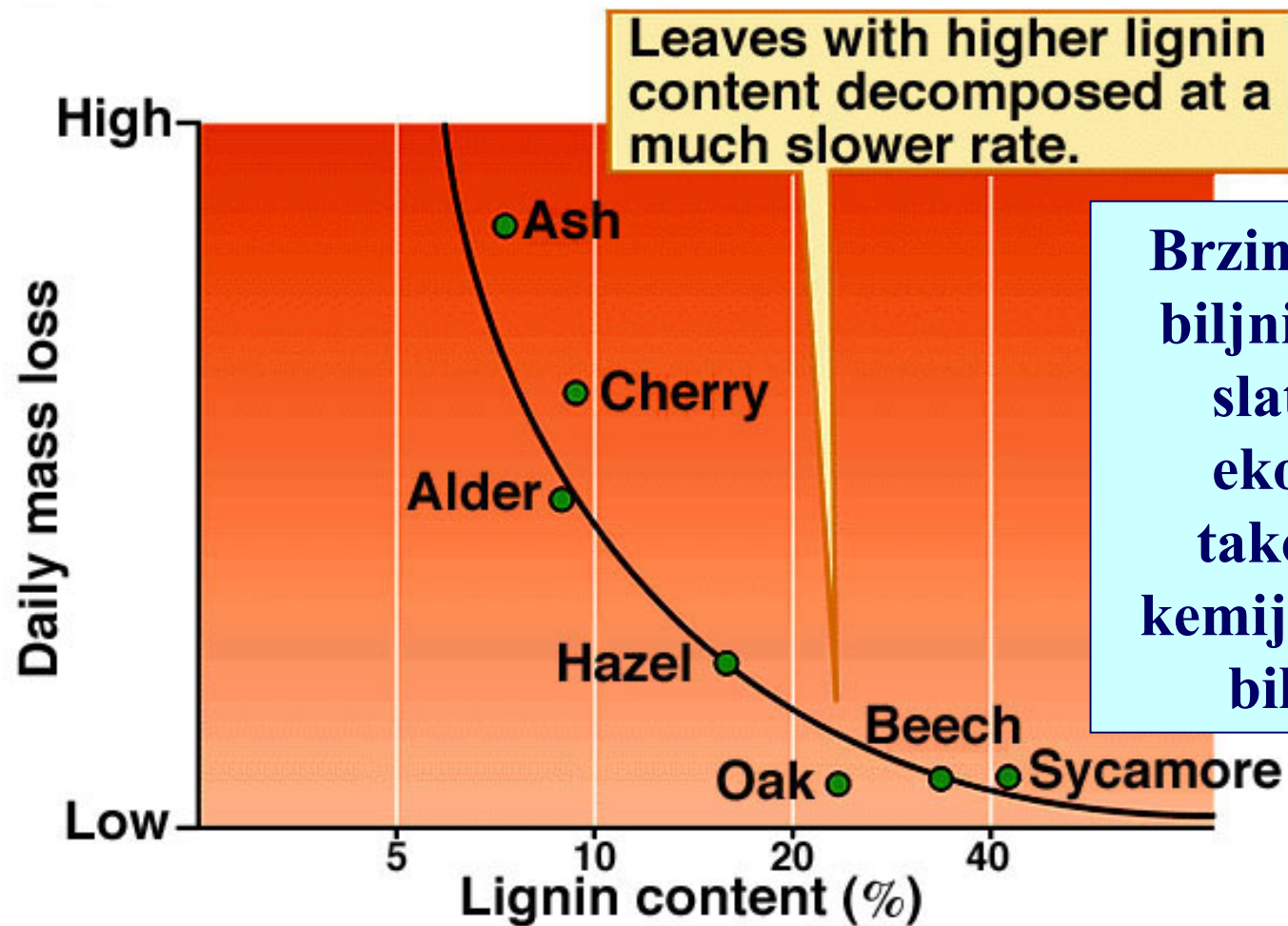


Brzina razgradnje u kopnenim ekosistemima je veća u toplijim i vlažnijim uvjetima...

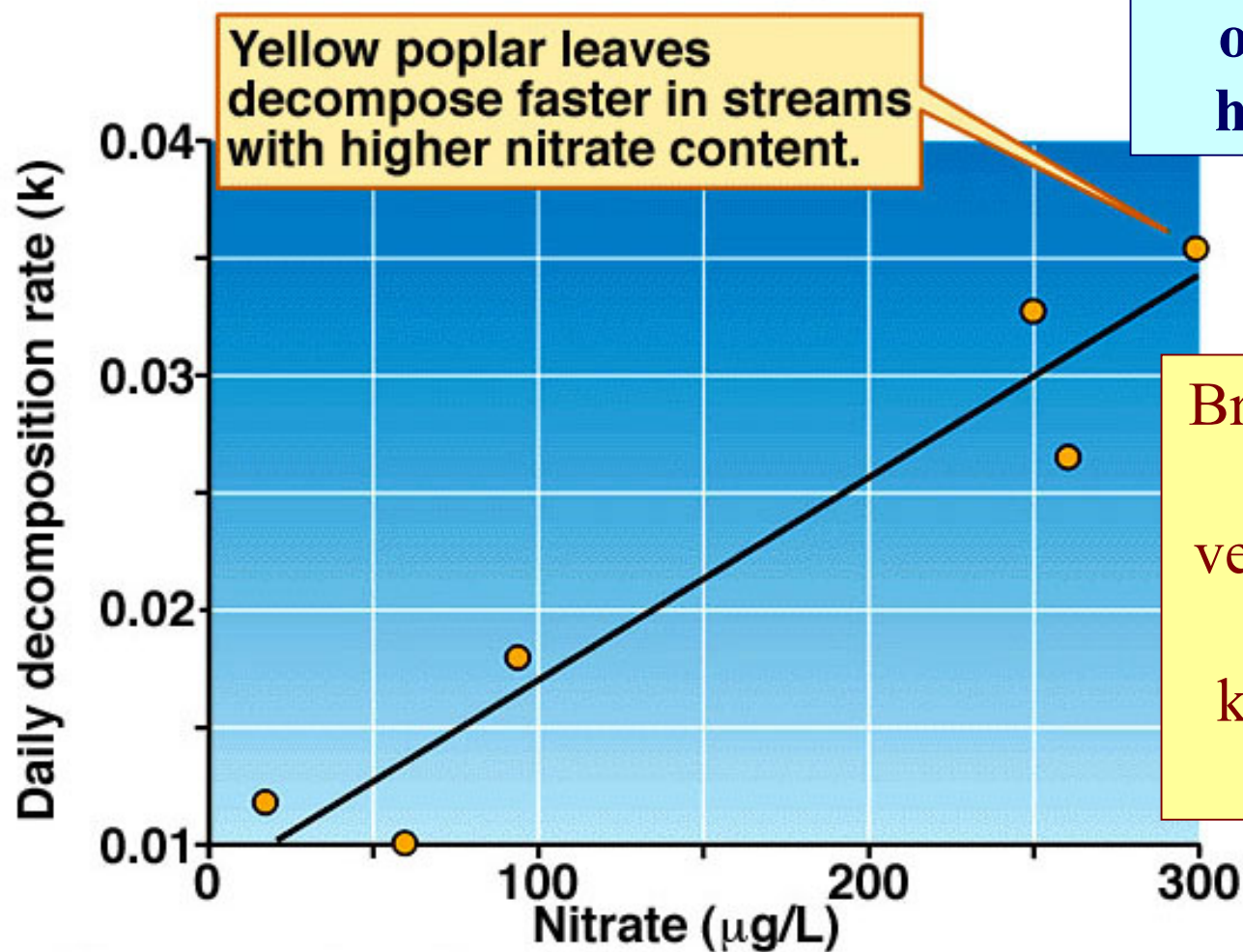
Forest Decomposition



Leaf Lignin & Decomposition



Nitrate & Decomposition



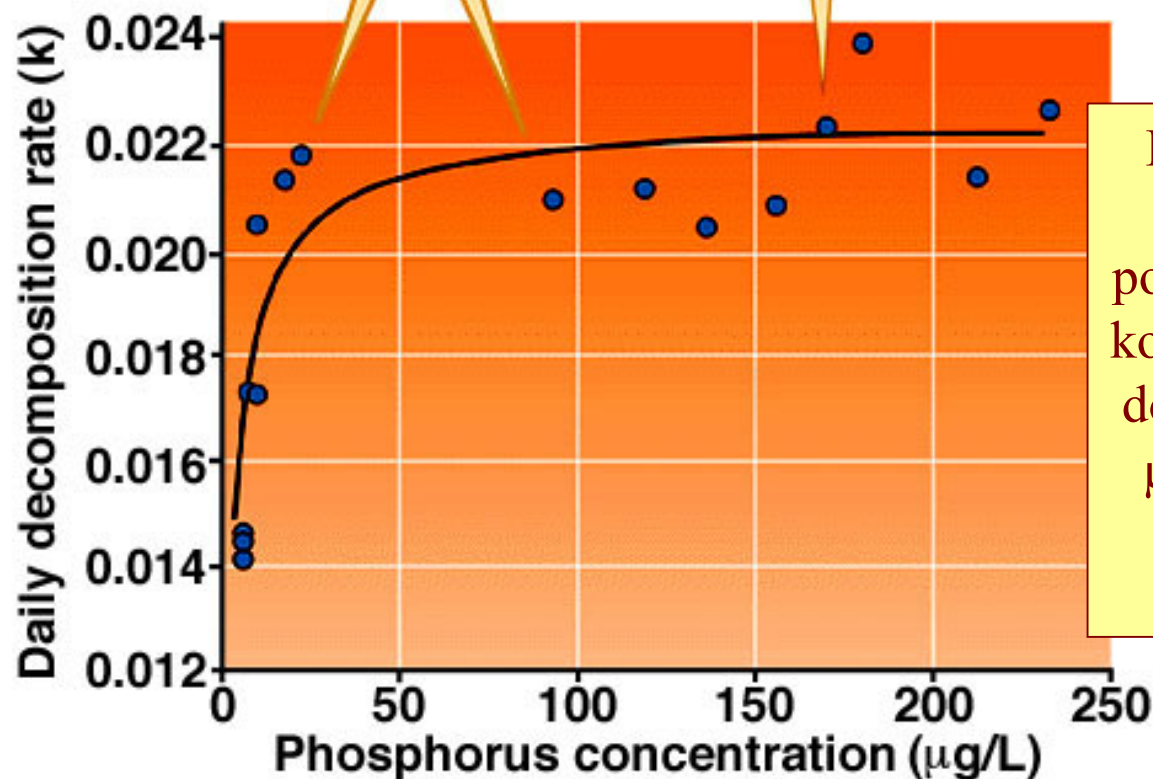
Brzina razgradnje biljnih ostataka u slatkovodnim ekosistemima ovisi i o koncentraciji hranjiva u vodi

Brzina razgradnje listova bila je veća u rijekama s većom koncentracijom nitrata

Phosphorus & Decomposition

Rate of leaf decomposition increased rapidly as phosphorus concentration increased.

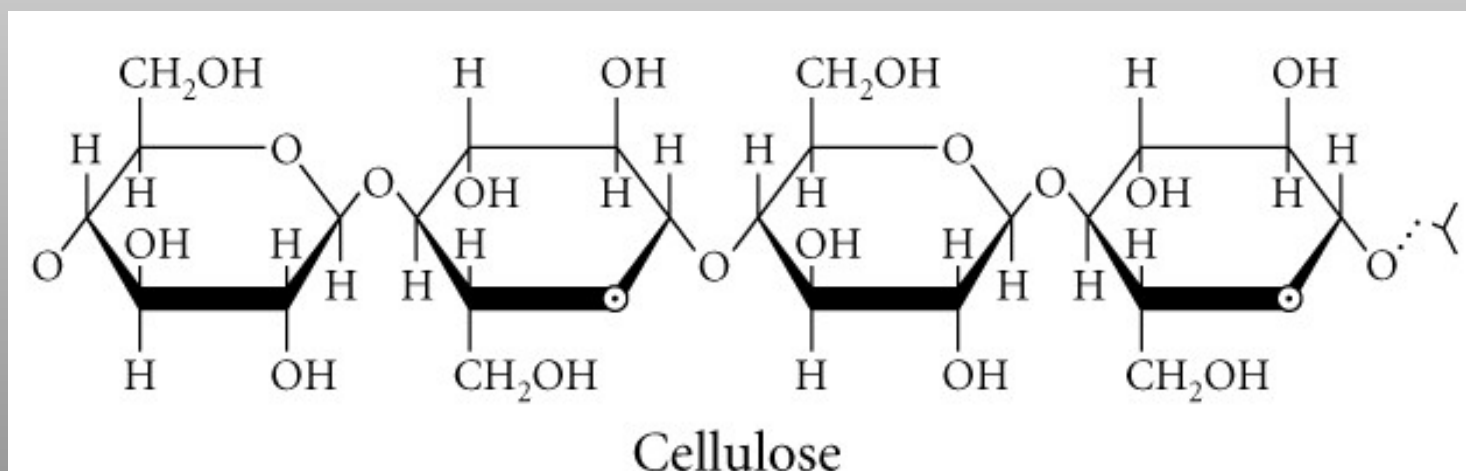
Rate then leveled off at higher concentrations of phosphorus.



Brzina razgradnje listova naglo se povećava s porastom koncentracije fosfora do vrijednosti od 20 µg/l, a nakon toga ostaje nepromijenjena

Važnost gljiva u razgradnji biljnih ostataka je ogromna

Tijelo gljive (micelij) sastoji se od tankih niti (hifa) kojima mogu prodrijeti u drvenaste stanice biljnih ostataka u koje bakterije ne mogu dospjeti. Poput bakterija gljive izlučuju enzime u supstrat i apsorbiraju jednostavne šećere i aminokiseline koji su produkti njihove razgradnje



Gljive su znatno efikasnije od bakterija u razgradnji celuloze, a pogotovo lignina. Razgradnja celuloze započinje hidrolizom (rezanjem dugih polisaharidnih lanaca u jednostavne šećere)

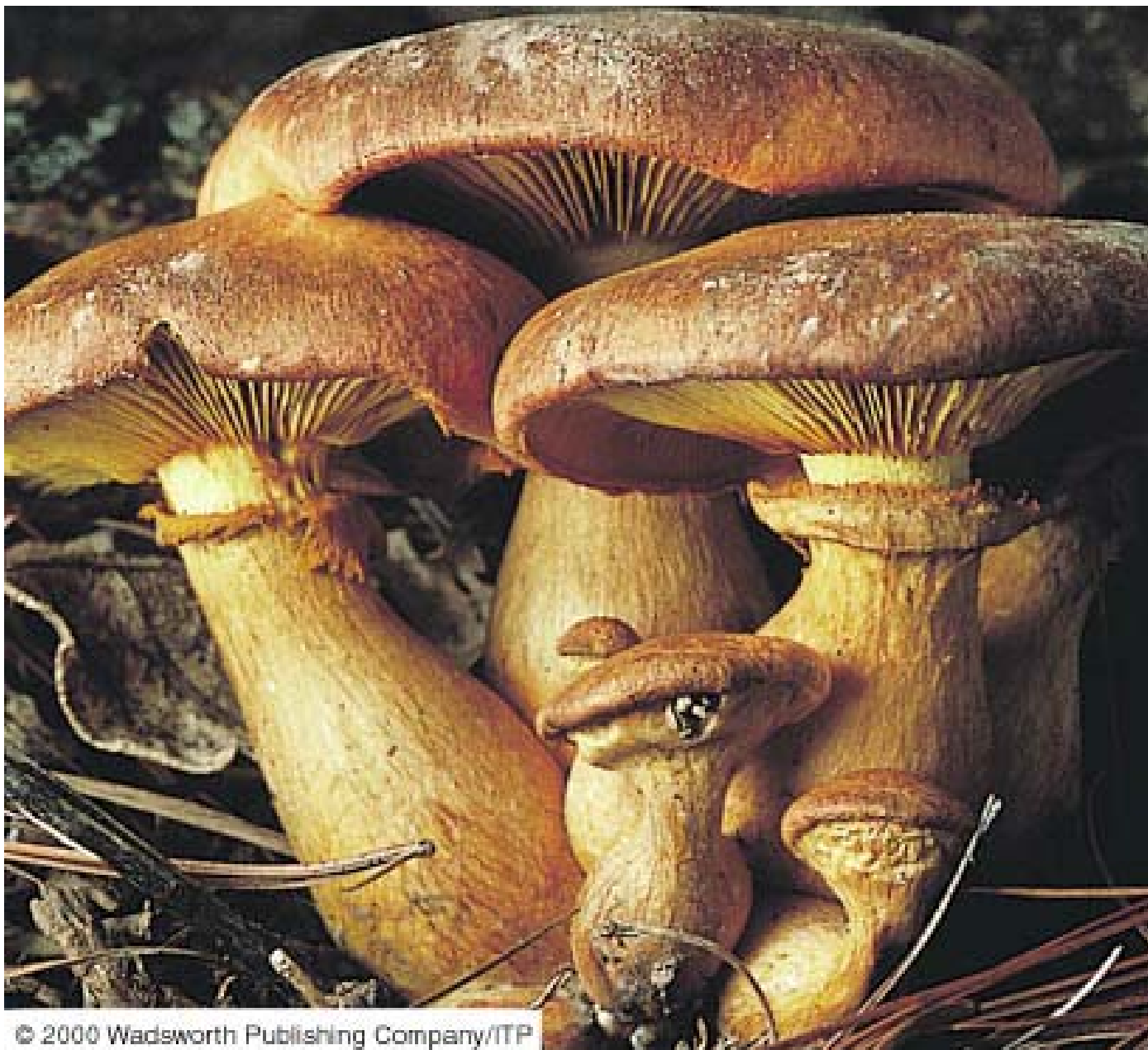
Gljive su sposobne razgraditi lignin i celulozu





Gljive su izuzetno raznolika skupina organizama





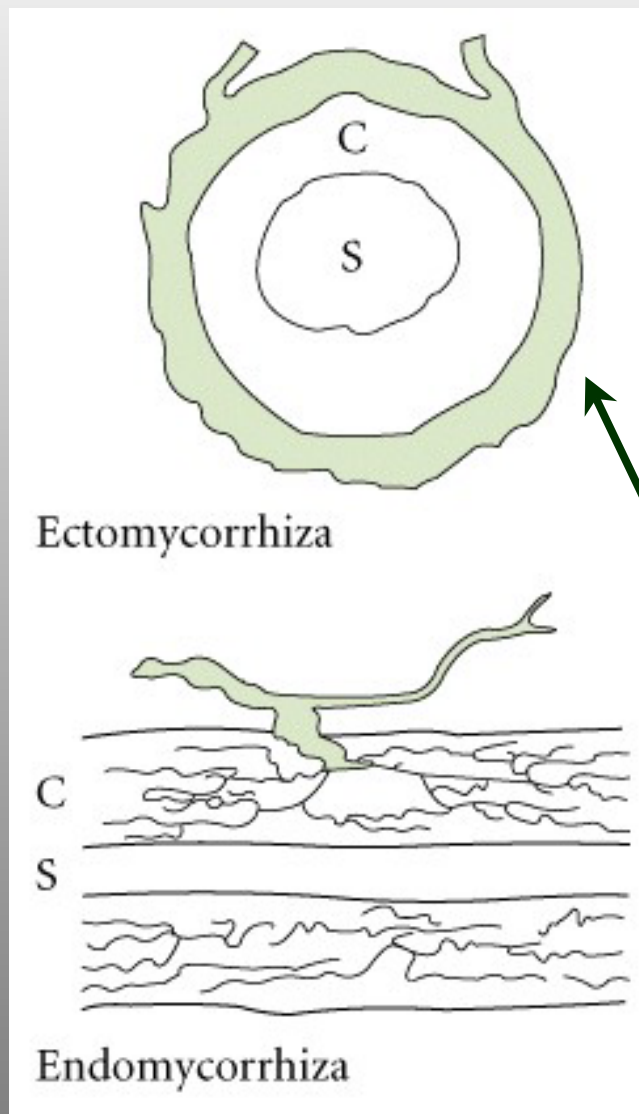




© 2000 Wadsworth Publishing Company/ITP



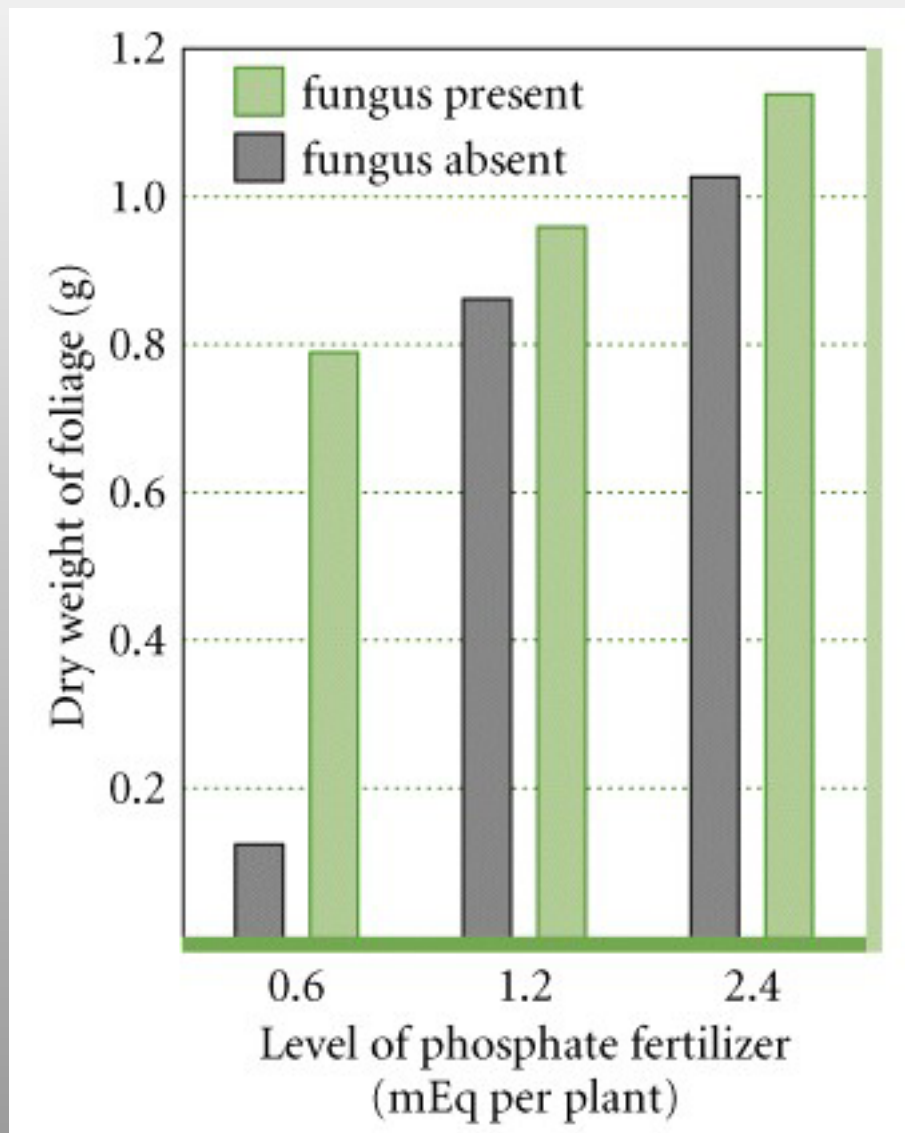
Mikorize su simbiotske asocijacije gljiva s korjenjem biljaka



Pored važne uloge u razgradnji detritusa, neke gljive rastu na površini ili u unutrašnjosti korjenja biljaka i povećavaju njegovu sposobnost uzimanja hranjiva iz tla, tako što prodiru u veći volumen tla i povećavaju ukupnu površinu biljke koja je aktivna za asimilaciju hranjiva

EKTOMIKORIZA – gljiva formira presvlaku oko površine korjena

ENDOMIKORIZA – gljiva prodire u tkivo korjena



Utjecaj dodatka
fosfatnog gnojiva i
inokulacije korjenja s
mikoriznim gljivama
na rast rajčice

Uloga gljiva posebno
dolazi do izražaja u
uvjetima niskih
koncentracija fosfata u tlu

Hranjiva se brže regeneriraju u tropskim šumama nego u šumama umjerenog područja

- Kruženje hranjiva se razlikuje u tropskim i umjerenim ekosistemima zbog utjecaja klime na trošenje i regeneraciju detritusa
- Mnoga su tropska tla neplodna zbog malog sadržaja gline što rezultira slabim zadržavanjem hranjiva
- Međutim, većina se tropskih šuma odlikuje visokom produktivnošću zahvaljujući brzoj regeneraciji hranjiva iz detritusa pod toplim i vlažnim uvjetima, brzom uzimanju hranjiva iz površinskih slojeva, te efikasnom zadržavanju hranjiva od strane biljaka
- U tropskim šumama, čija su tla vrlo siromašna hranjivima, većina se hranjiva nalazi u živoj biomasi, a njihova asimilacija i regeneracija se događa vrlo brzo

U tropskim se šumama većina hranjiva nalazi u živoj biomasi, dok ih je u tlu zbog brze asimilacije vrlo malo

ŠUMSKI EKOSISTEM	OSTACI NA ŠUMSKOM TLU (% OD UKUPNE BIOMASE VEGETACIJE I DETRITUSA	ORGANSKI C U TLU I U OSTACIMA (% OD UKUPNOG ORGANSKOG UGLJIKA)	OSTACI BILJAKA / ŽIVA BIOMASA
ČETINARSKE ŠUME	20	> 50	5-10
BJELOGORIČNE ŠUME	5	30-40	
TROPSKE ŠUME	1-2	< 25	< 1

Raspodjela hranjiva u tlu i živoj biomasi u tropskim i umjerenim ekosistemima

TABLE 12-2 Distribution of mineral nutrients in the soil and living biomass of a tropical and a temperate forest ecosystem

Forest (locality)	Biomass (T ha ⁻¹)	NUTRIENTS (kg ha ⁻¹)		
		Potassium	Phosphorus	Nitrogen
Ash and oak (Belgium)	380			
Living vegetation		624	95	1,260
Soil		767	2,200	14,000
Ratio of soil to biomass		1.2	23.1	11.1
Tropical deciduous (Ghana)	333			
Living vegetation		808	124	1,794
Soil		649	13	4,587
Ratio of soil to biomass		0.8	0.1	2.0

(Data from Greenland and Kowal 1960, Ovington 1965, Duvigneaud and Denayer-de-Smet 1970.)

Vegetacija je važna za zadržavanje hranjiva u tlu, pogotovo u tropskim područjima



Površina koja je spaljena
zbog agrikulture



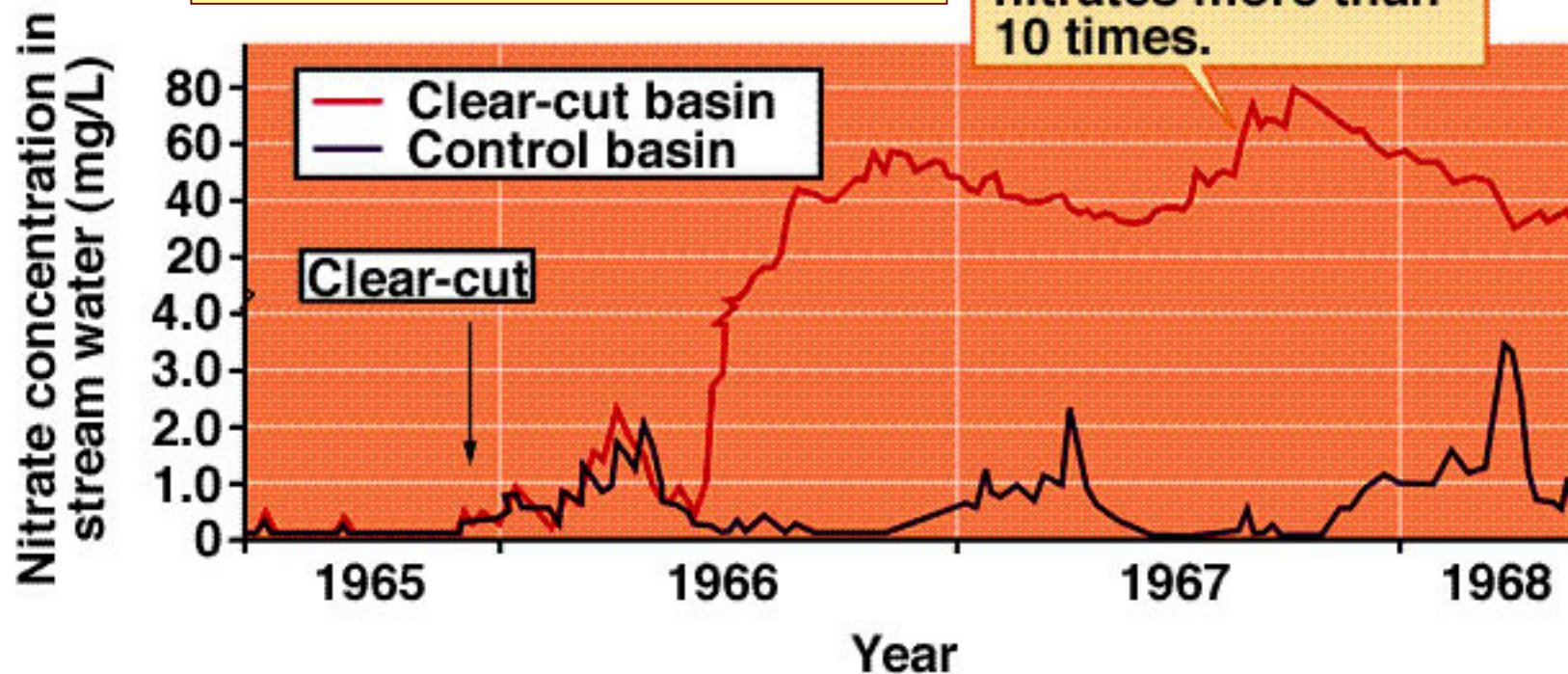
Rezultat je erozija tla i
ispiranje hranjiva

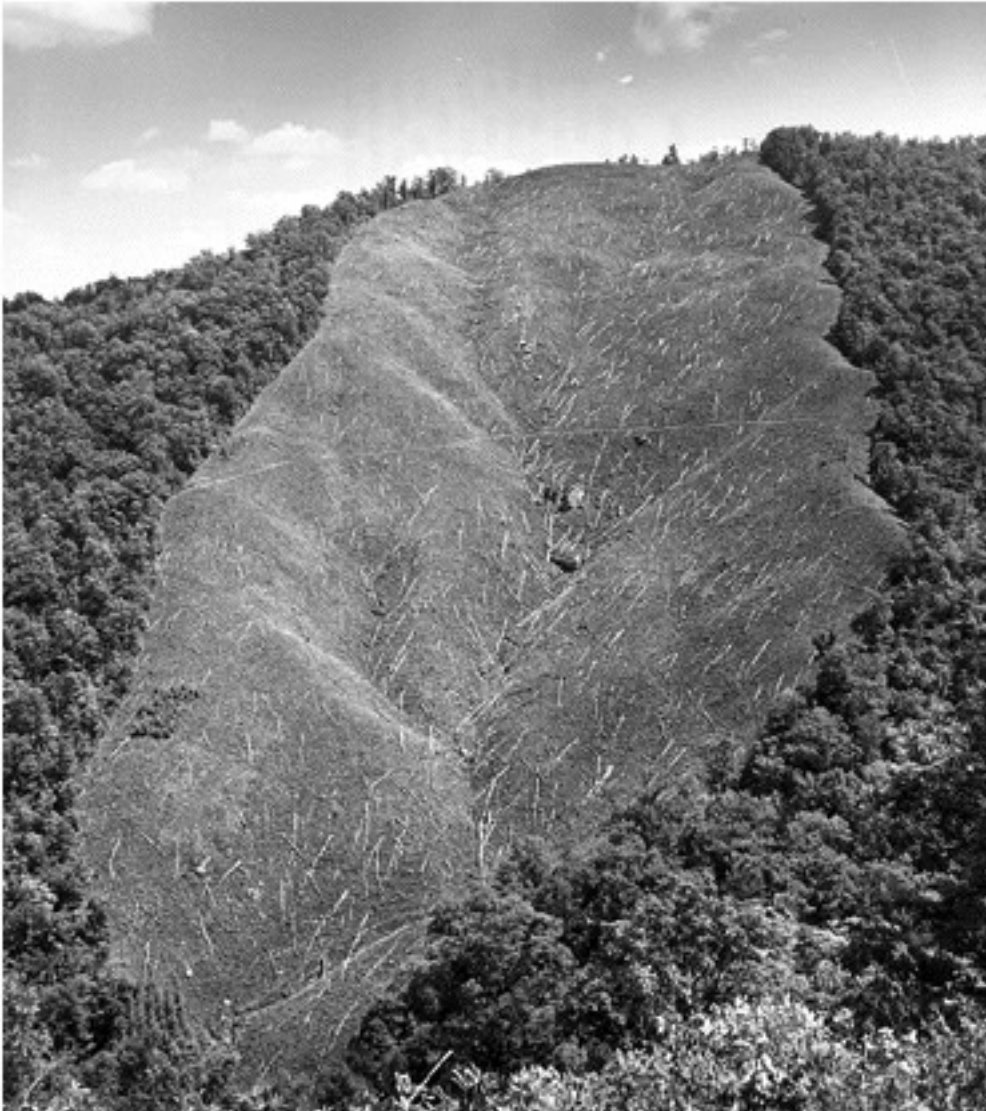
Intenzivan uzgoj žitarica u tropskim područjima može imati katastrofalne posljedice. Sječa i paljenje šuma oslobađa velike količine minerala u tlo, ali to može podržati uzgoj žitarica kroz 1-2 godine. Bez prirodne tropske vegetacije koja će minerale asimilirati oni se lako ispiru iz tla.

Deforestation & Nitrate Loss

**Nakon sječe šuma došlo je
do značajnog ispiranja
hranjiva iz tla**

**Clear-cutting the
experimental basin
increased losses of
nitrates more than
10 times.**





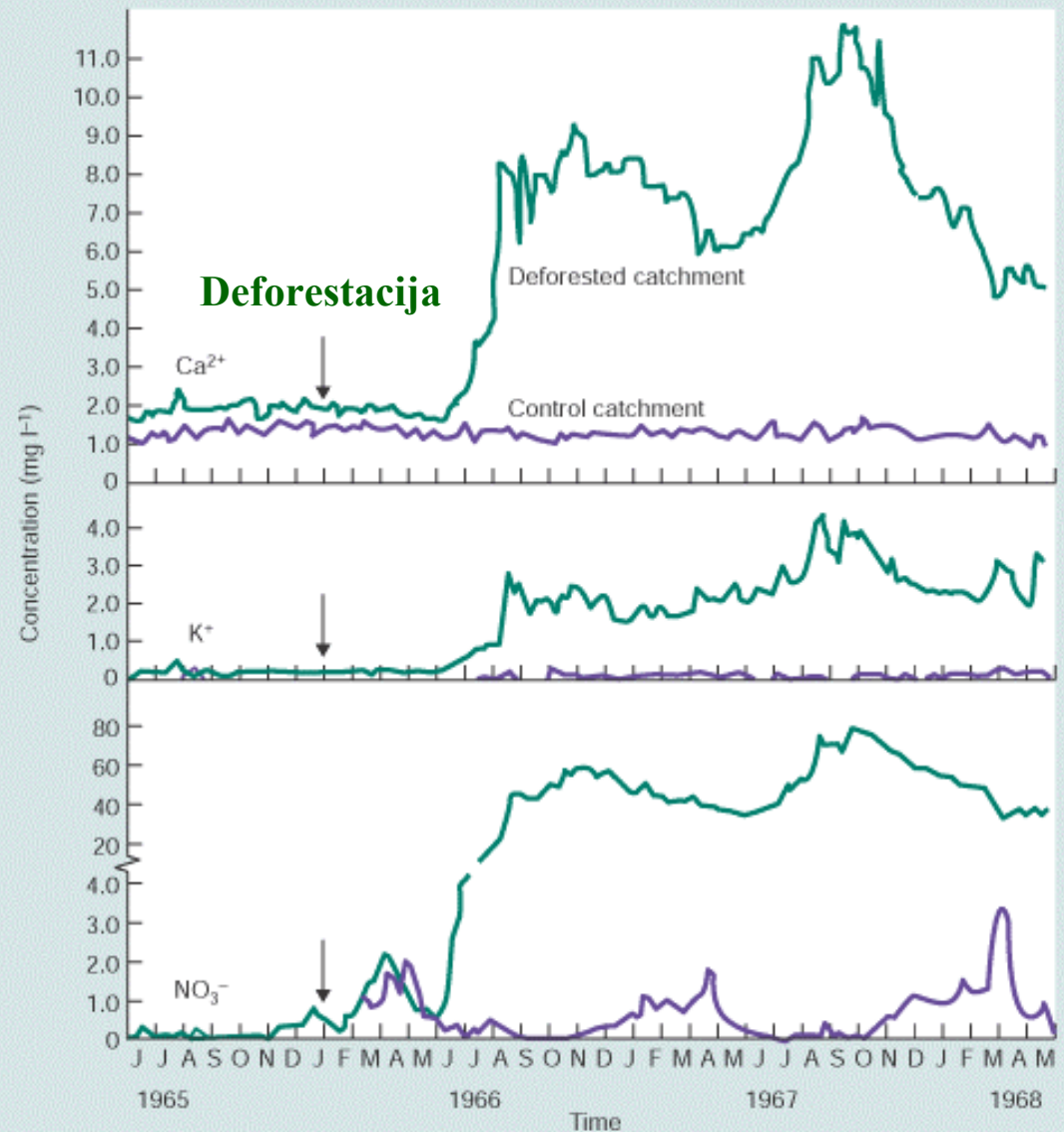
Eksperimentalno ogoljela
šumska površina na
području površinskog
slijevanja vode u
Sjevernoj Karolini

Protok vode u potocima
koji se slijevaju niz
padinu povećao se
nekoliko puta, a gubitak
kationa 3-20 puta u
odnosu na područje
padine pod šumom

Eksperimentalna šuma u New Hampshireu



Nakon što je šuma uklonjena koncentracije soli u potocima su značajno porasle (ispiranje tla se povećalo)



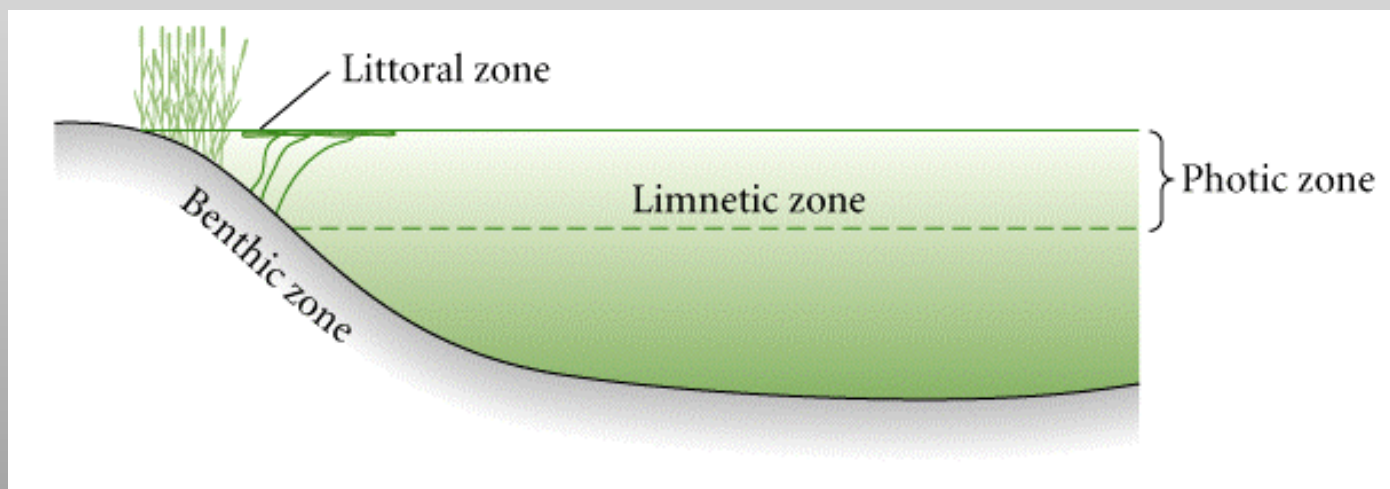
Regeneracija hranjiva u vodenim ekosistemima

- Sedimenti u vodenim ekosistemima se mogu usporediti sa slojem detritusa u tlu u kopnenim ekosistemima. Ipak, između njih postoje dvije značajne razlike:
 - 1. Regeneracija hranjiva iz detritusa u tlu se događa u blizini biljnog korjenja, dok vodene biljke asimiliraju hranjiva iz vode i to u fotičkoj zoni koja je često vrlo udaljena od sedimenta
 - 2. Razgradnja kopnenog detritusa se odvija aerobno (dakle brzo), dok su vodeni sedimenti često anoksični, što usporava većinu biokemijskih transformacija

Regeneracija hranjiva u vodenim ekosistemima

- U vodenim ekosistemima proizvodnja ovisi o brzini asimilacije regeneriranih hranjiva unutar fotičke zone (biljke asimiliraju regenerirani dušik vrlo brzo, pogotovo u hranjivima siromašnim vodama)
- Održavanje visoke proizvodnje ovisi o blizini sedimenta fotičkoj zoni, ili o jakoj izmjeni između pridnenih i površinskih slojeva, ako ne stalnoj onda barem povremenoj

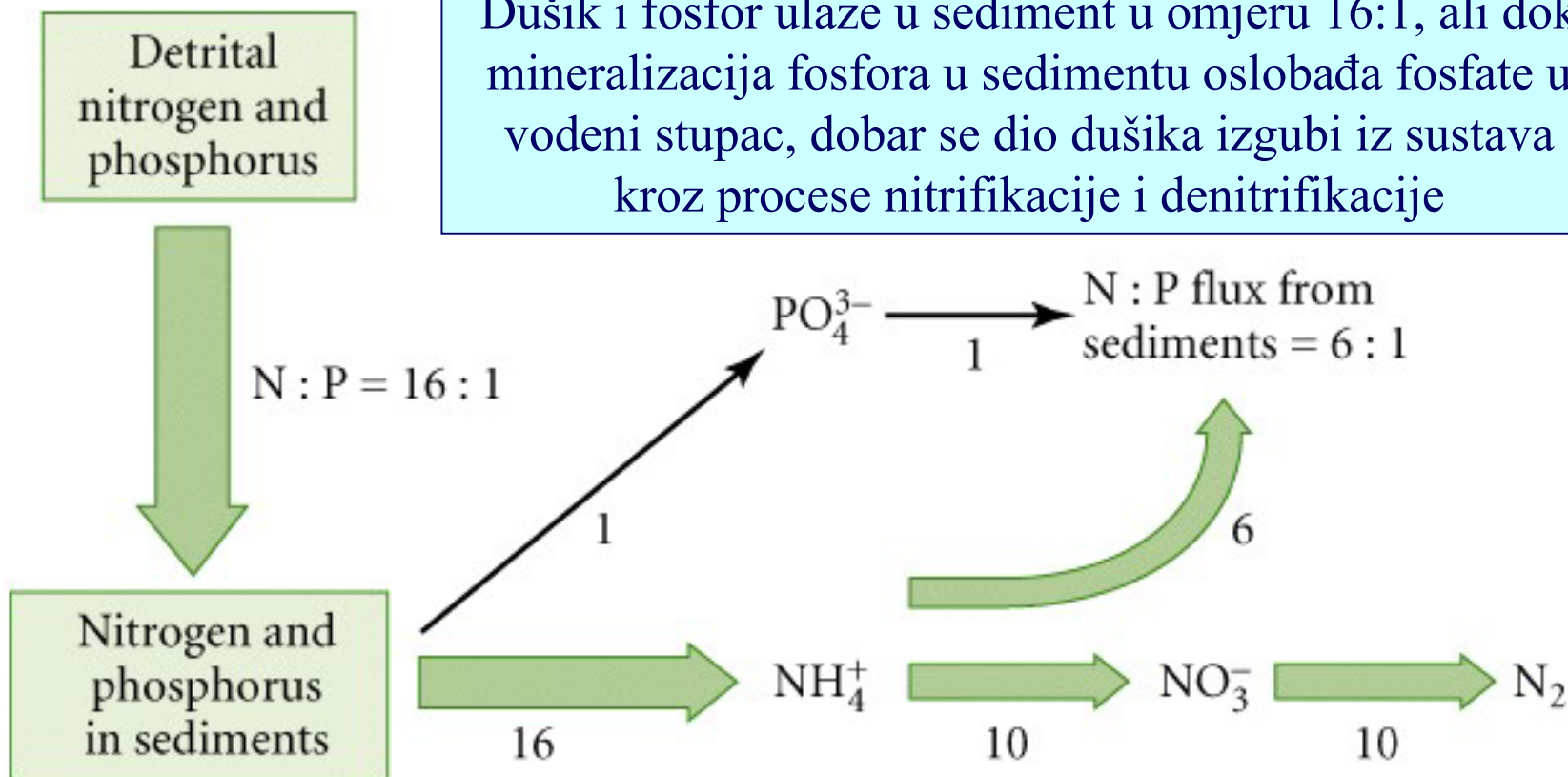
U plitkim vodama sediment igra značajnu ulogu u regeneraciji hranjiva



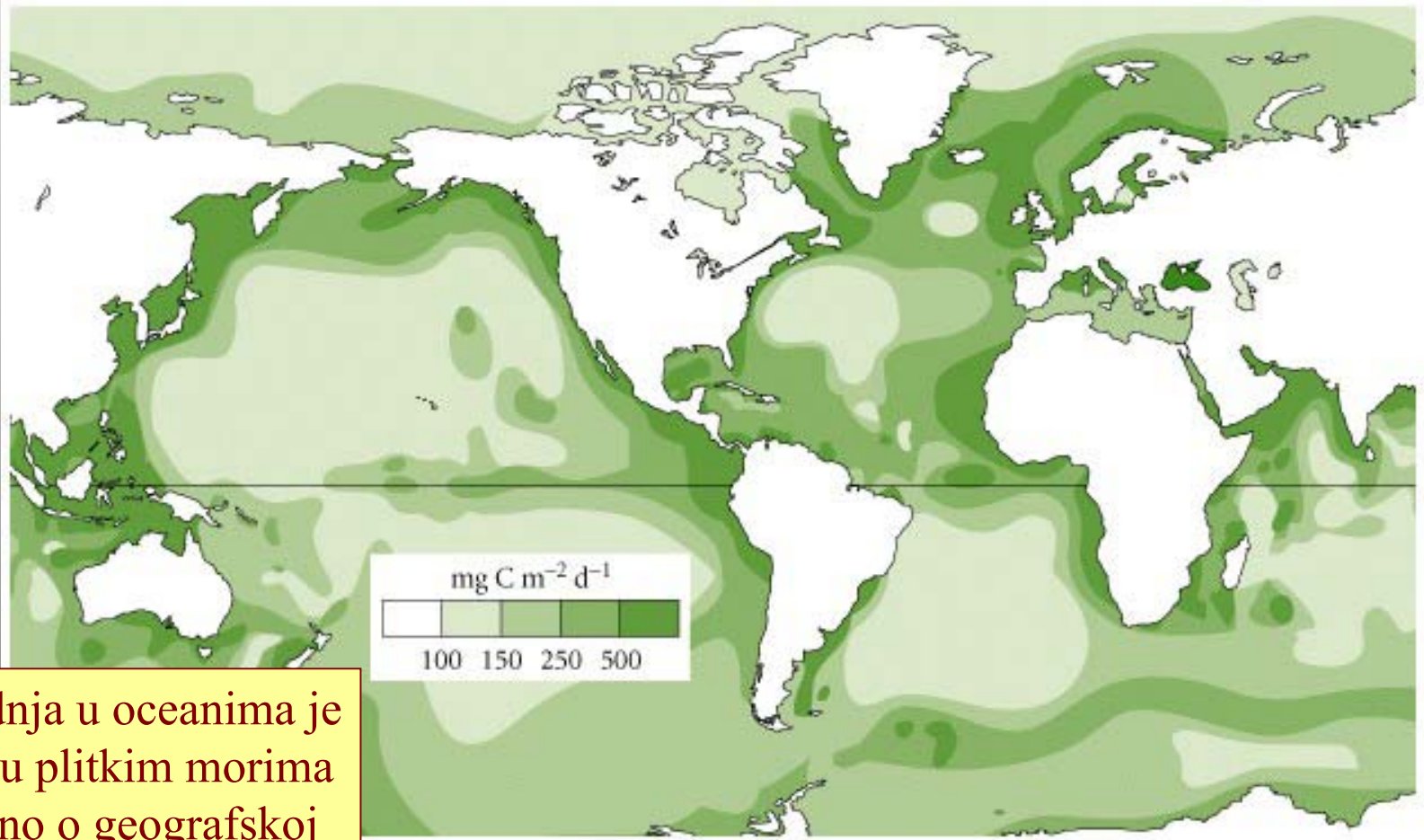
Većina je svjetskih jezera relativno plitka i recirkulacija hranjiva kroz detritus je dominantan proces u regeneraciji hranjiva (to pogotovo vrijedi za produktivna, eutrofna, jezera s vrlo izraženom litoralnom vegetacijom)

Regeneracija hranjiva u estuarskom ekosistemu Rhode Island (USA)

Dušik i fosfor ulaze u sediment u omjeru 16:1, ali dok mineralizacija fosfora u sedimentu oslobađa fosfate u vodeni stupac, dobar se dio dušika izgubi iz sustava kroz procese nitrifikacije i denitrifikacije



U dubokim neproduktivnim (oligotrofnim) jezerima i otvorenim oceanima, gdje je sediment udaljen od fotičke zone, mineralizacija sedimenta ima manju ulogu u regeneraciji hranjiva

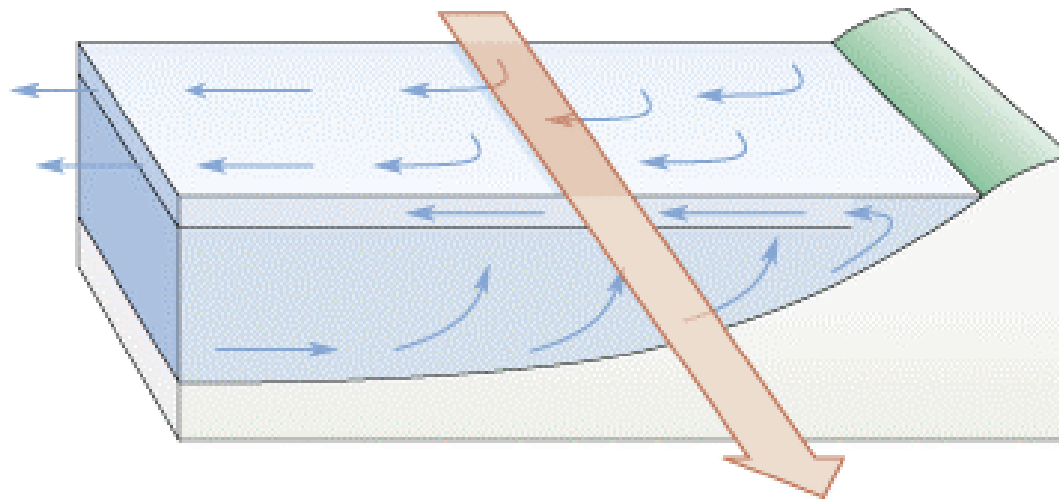


Proizvodnja u oceanima je najveća u plitkim morima (neovisno o geografskoj širini), te u područjima upwellinga

Pojava upwellinga pridonosi produktivnosti područja

a. Wind from the north starts surface ocean water moving.

b. Force of Earth's rotation deflects the moving water westward.

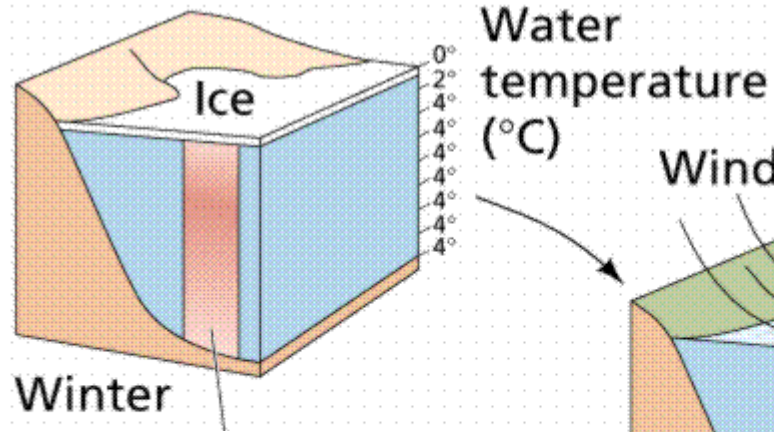
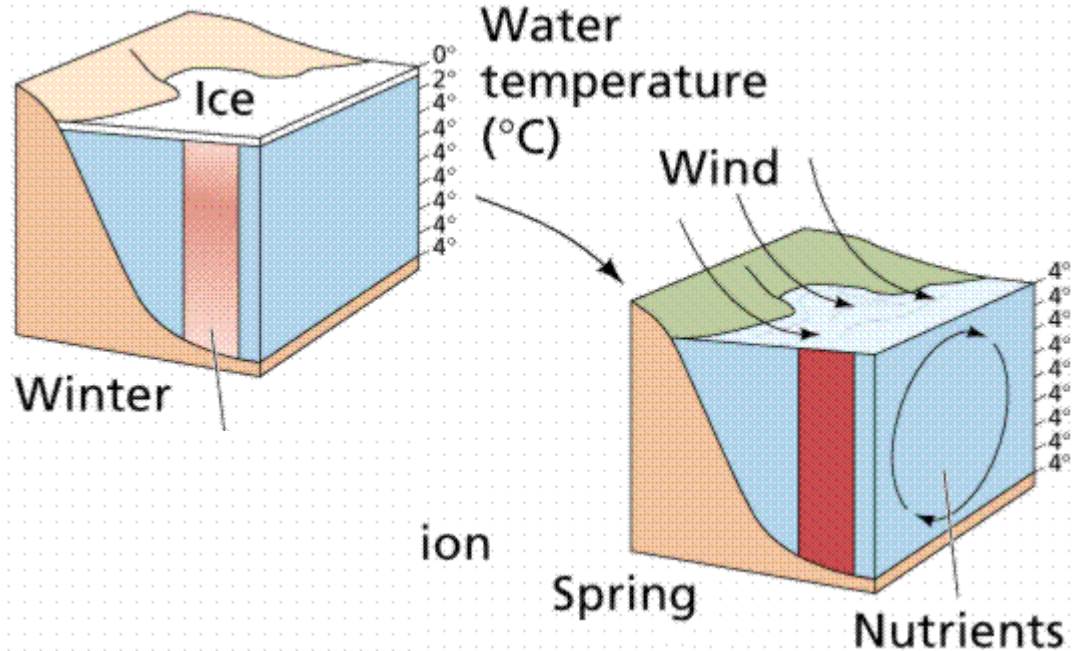
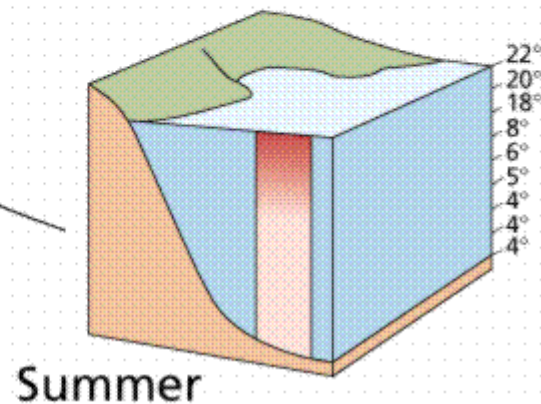
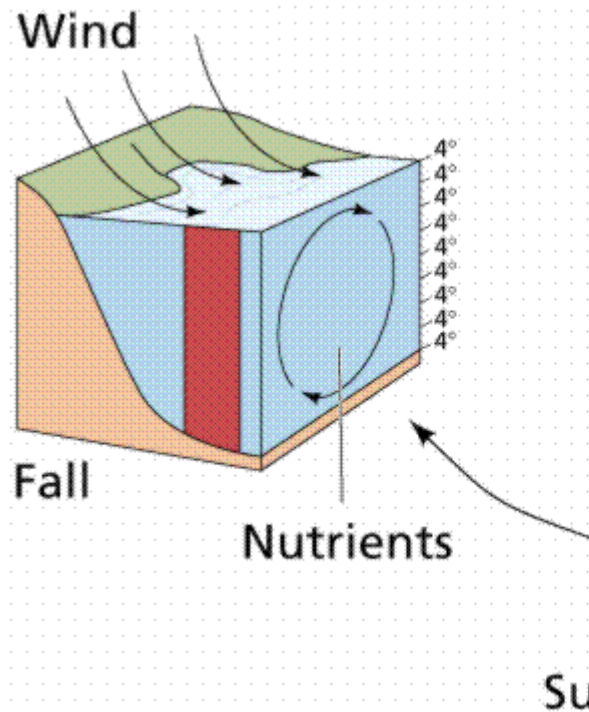


c. Cold water moves up as replacement.

Temperaturna stratifikacija sprječava vertikalno miješanje vode u vodenim ekosistemima

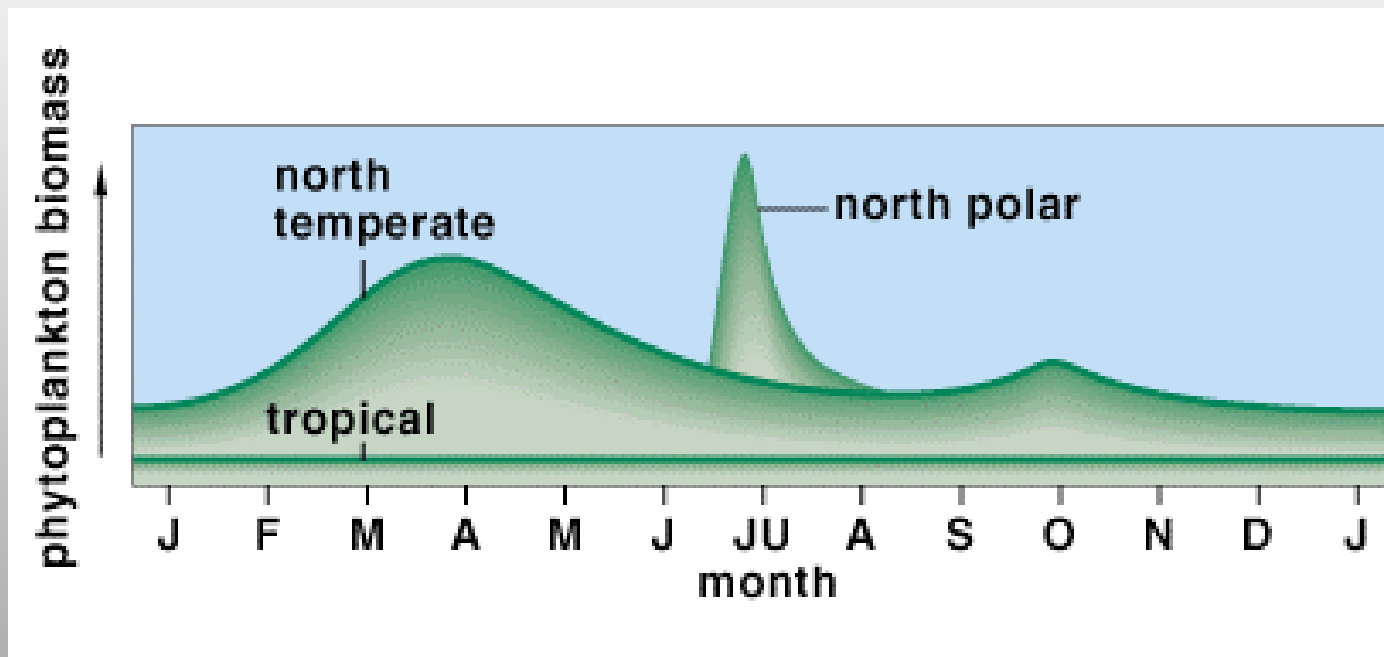
- Vertikalno miješanje vode je neophodno za dovođenje regeneriranih hranjiva iz sedimenta u površinske vode (fotičku zonu) u kojima se događa primarna proizvodnja
- Vertikalno miješanje vodenog stupca može biti posljedica:
 - 1. Vjetra koji uzrokuje turbulentno miješanje plitkih voda
 - 2. Hlađenja površinskog sloja vode (termalna konvekcija)
 - 3. Evaporacije u morskim ekosistemima koja nadilazi dotok slatke vode (halina konvekcija)

Temperaturna
stratifikacija i vertikalno
miješanje vodenog
stupca u polarnim
morima



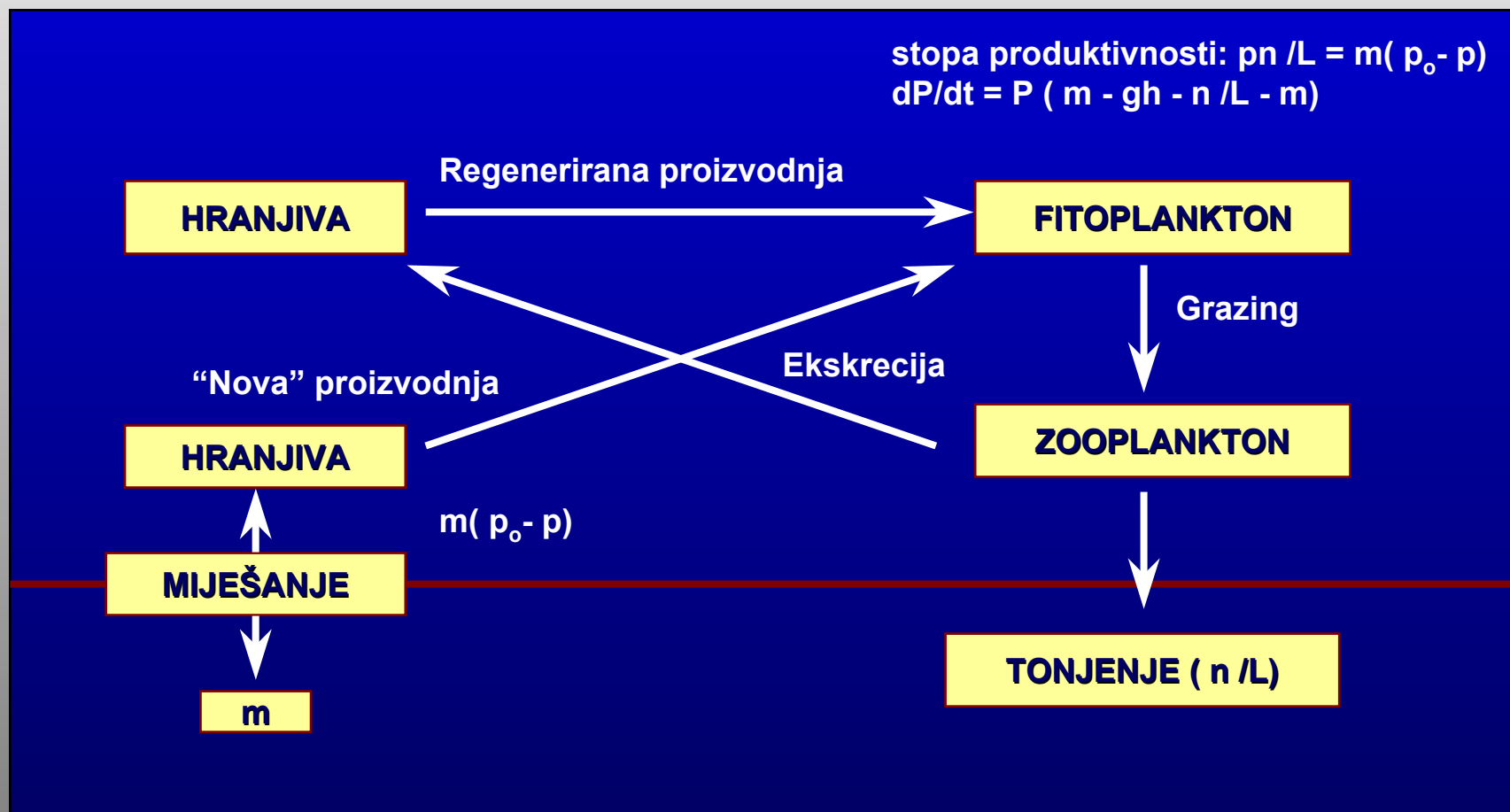
Sezonski ciklus stratifikacije vodenog stupca utječe na proizvodnju fitoplanktona u jezerima i morima na srednjim geografskim širinama (termalna stratifikacija je slabo ili nikako izražena na visokim i niskim geografskim širinama)

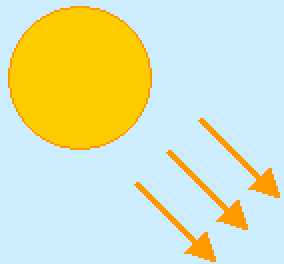
SEZONA	PROCES	PROIZVODNJA
Ljeto	Stratifikacija izražena, hranjiva potrošena	Niska
Jesen	Vertikalno miješanje vode dovodi hranjiva u fotičku zonu	Visoka (jesenska cvatnja)
Zima	Homogen vodeni stupac, malo svjetla, česte oluje	Niska
Proljeće	Stratifikacija se uspostavlja, hranjivima bogata voda ostaje uhvaćena u fotičkoj zoni	Visoka (proljetna cvatnja)



Vertikalno miješanje vodenog stupca uvjetuje proljetnu i jesensku cvatnju fitoplanktona u umjerenim geografskim širinama. U polarnim vodama maksimum fitoplanktonske proizvodnje događa se u ljetnom razdoblju i traje kratko. U tropskim vodama fitoplanktonska proizvodnja je ujednačena tijekom cijele godine

Proizvodnja u stratificiranim oceanskim vodama





Procesi proizvodnje i razgradnje organske tvari u moru

Surface Ocean

Light + Nutrients → Growth → Consumption

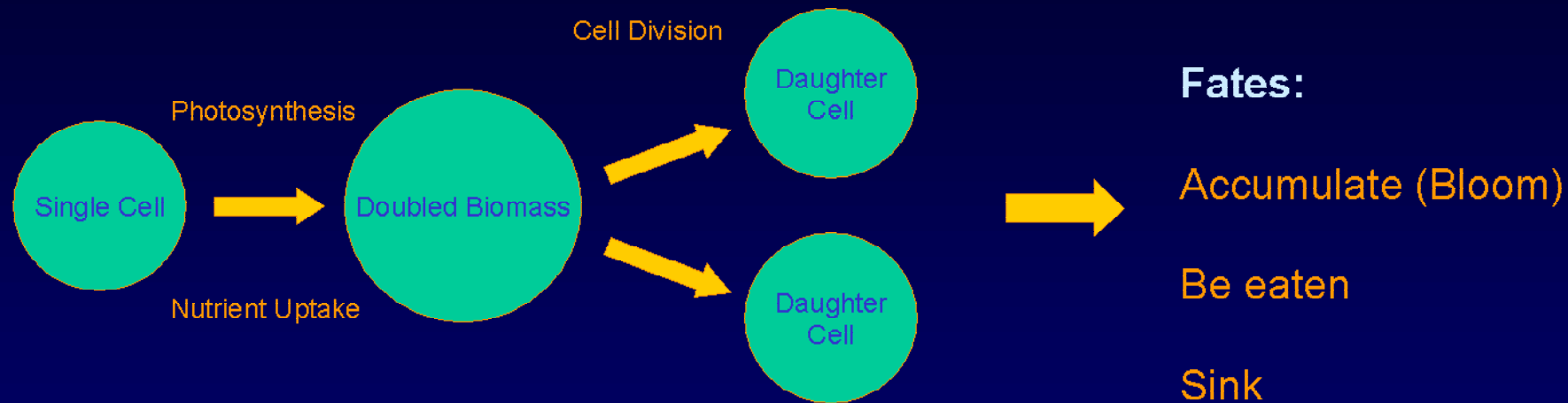


Nutrients ← Decomposition

Deep Sea

Bottom

The Growth of Phytoplankton (surface layer of the ocean)



Result:

- *More suspended particulate organic matter (food)*
- *Less dissolved inorganic nutrients (N, P, Si)*
- *Less dissolved inorganic carbon (CO₂)*

Fotosinteza se događa u površinskom sloju (fotički sloj) mora, a posljedice fotosinteze (rasta fitoplanktona) su više suspendirane partikulirane organske tvari; manje otopljenih anorganskih hranjiva; te manje otopljenog anorganskog ugljika (CO₂)

Consumption and Decomposition (deep ocean)

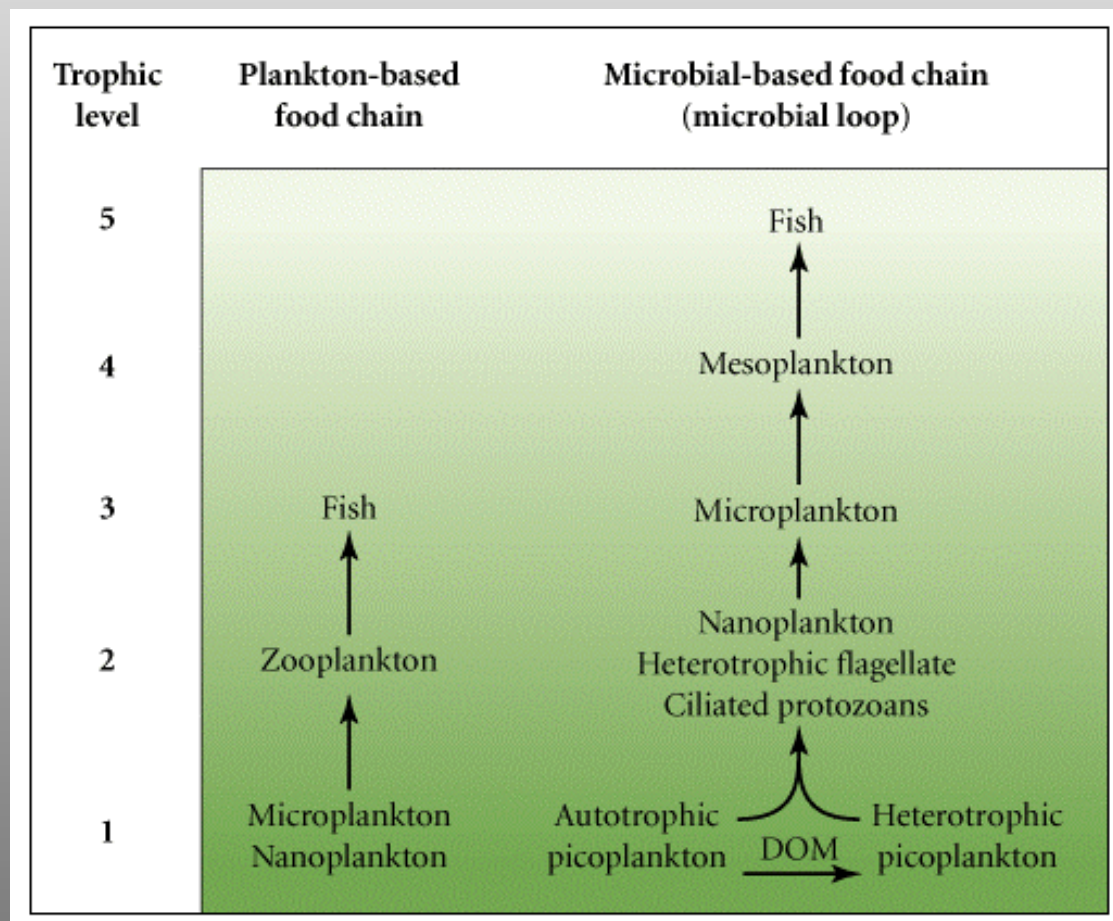


Result:

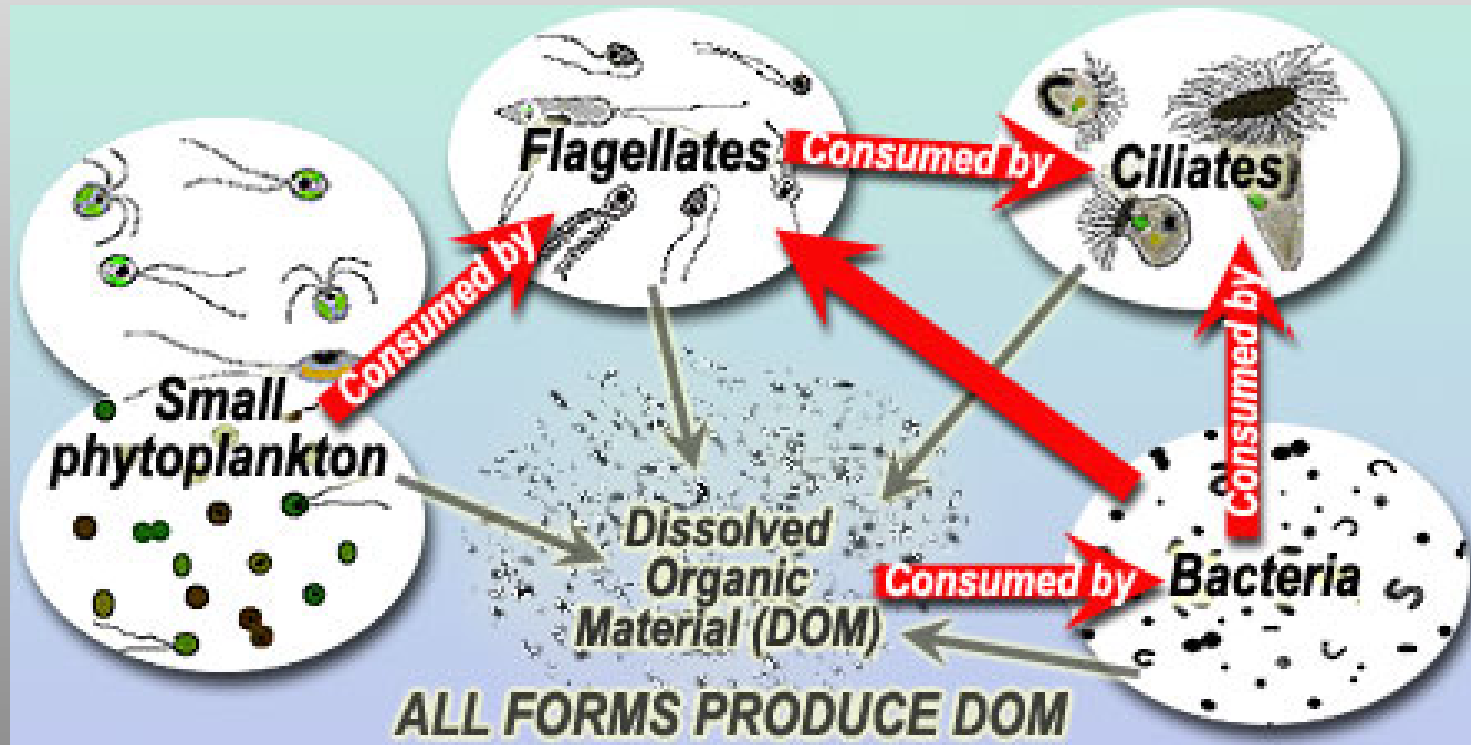
- *Less suspended particulate organic matter*
- *More dissolved inorganic nutrients (N, P, Si)*
- *Supersaturated dissolved inorganic carbon (CO₂)*

U dubljim slojevima se događaja procesi razgradnje i mineralizacije organske tvari što ima za posljedicu manje suspendirane partikulirane organske tvari; više otopljenih anorganskih hranjiva; te više otopljenog anorganskog ugljika (CO₂)

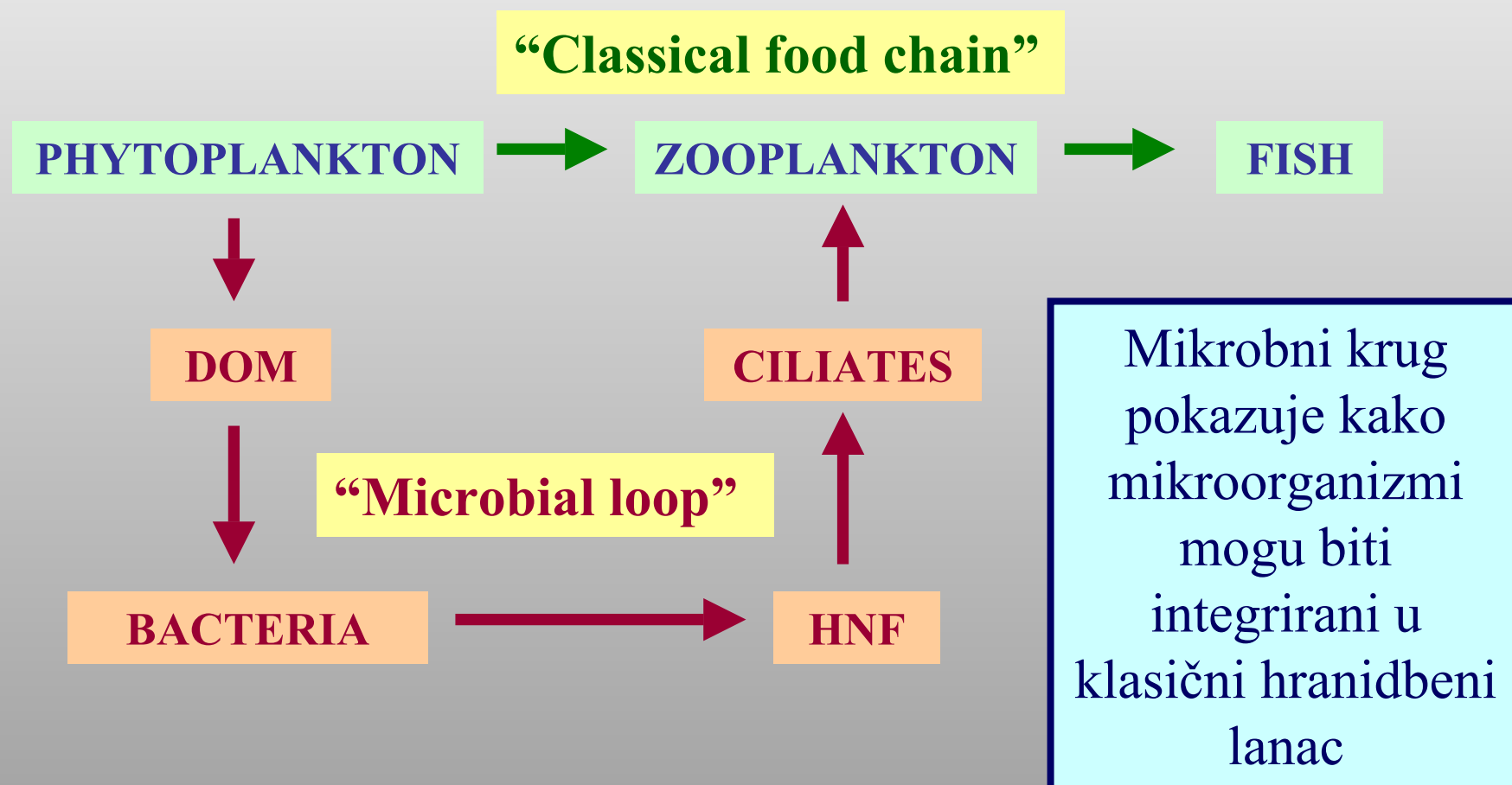
U neproduktivnim otvorenim vodama (mora i jezera) mikroorganizmi dominiraju u hranidbenoj mreži i kruženju hranjiva



Mikrobni krug

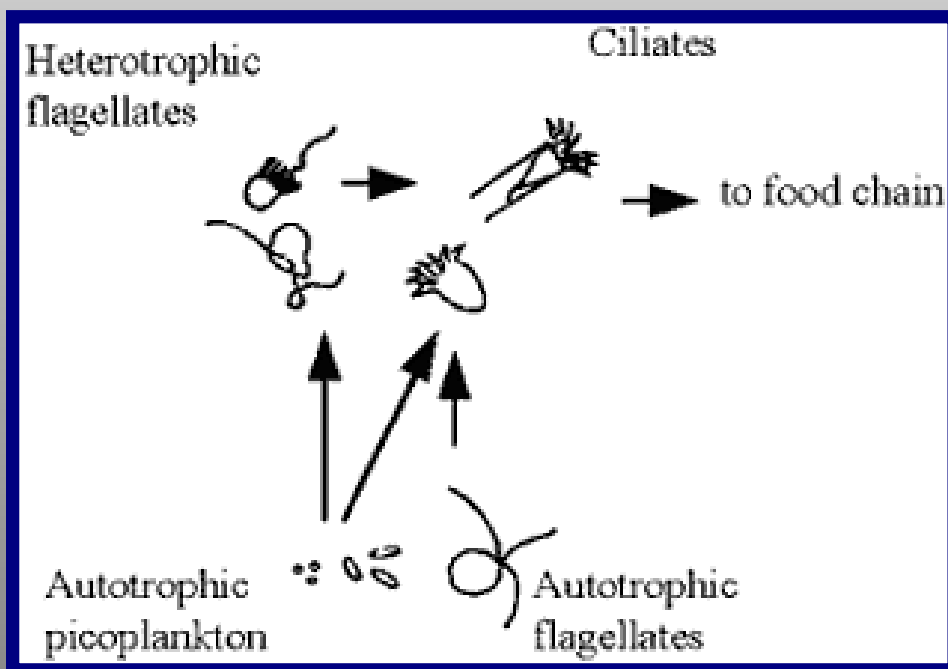


Mikrobni krug



Mikrobna hranidbena mreža

Mikrobni krug je dio mikrobne hranidbene mreže

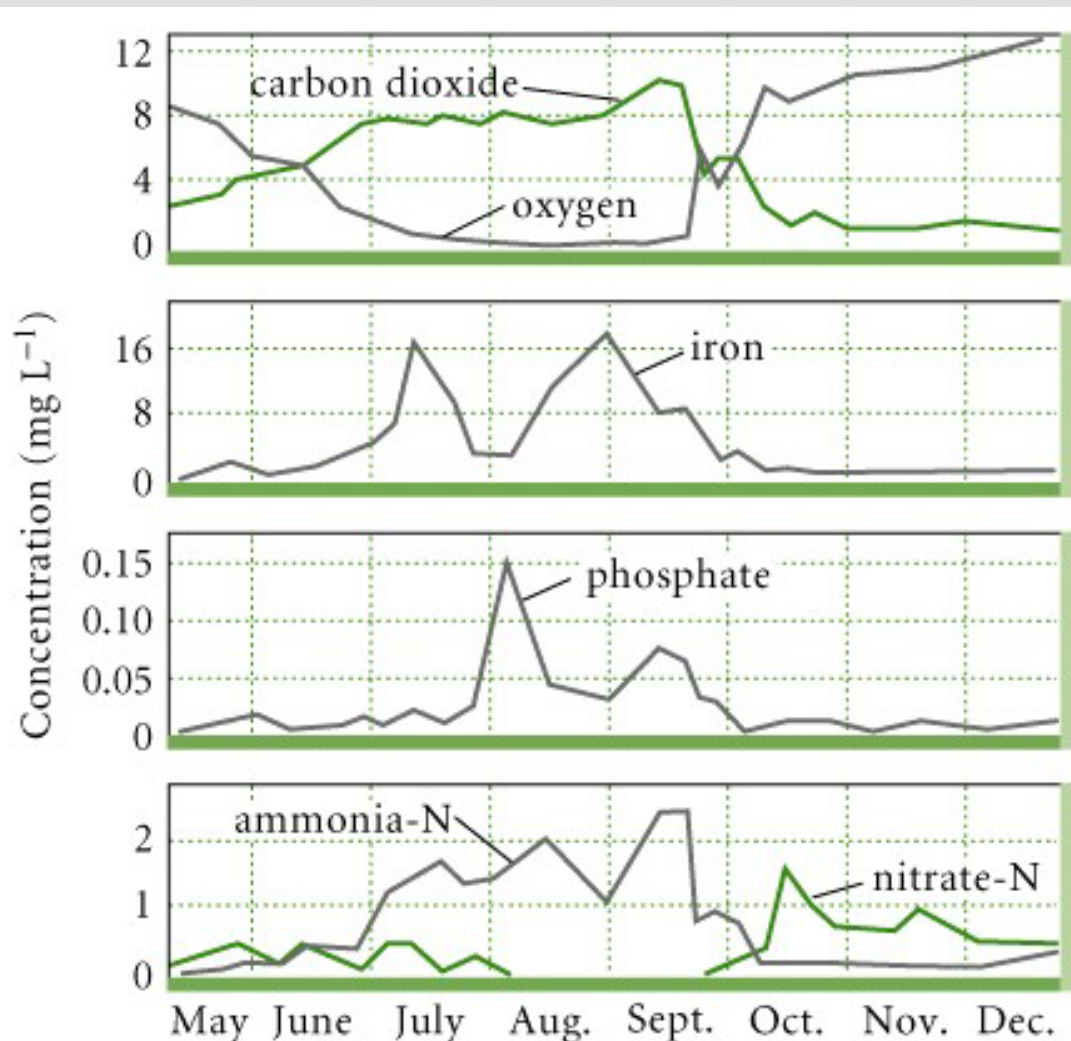


Većina je mikroorganizama pre mala da bi bila plijen kopepodima. Oni većinom bivaju konzumirani od strane krupnijih članova “mikrobnog kruga” (flagelati i cilijati), koji potom postaju plijen kopepodima.

Regeneracija hranjiva u hipolimnionu (dio vodenog stupca u jezerima ispod termokline) ovisi o koncentraciji kisika

- Tijekom razdoblja stratifikacije bakterijska stratifikacija troši kisik, pa ukoliko ima dosta organske tvari voda može postati anoksična
- U anoksičnim uvjetima mnogi elementi kao dušik, željezo ili mangan prelaze u reducirane forme (reducirano željezo postaje topljivo te ulazi u vodeni stupac)

Sezonske promjene u kemiji vode u hipolimnionu jezera Esthwaite Water (Engleska)

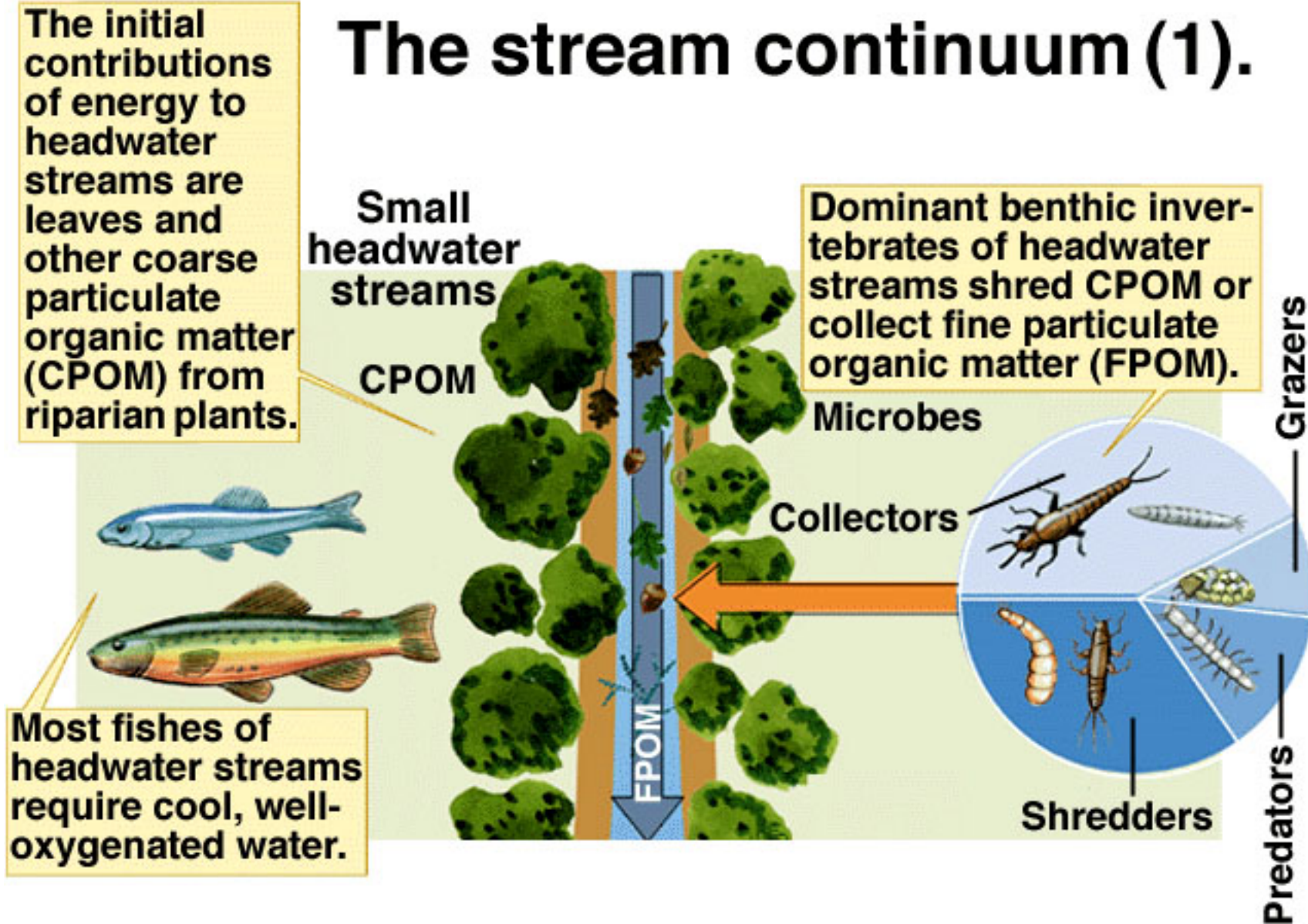


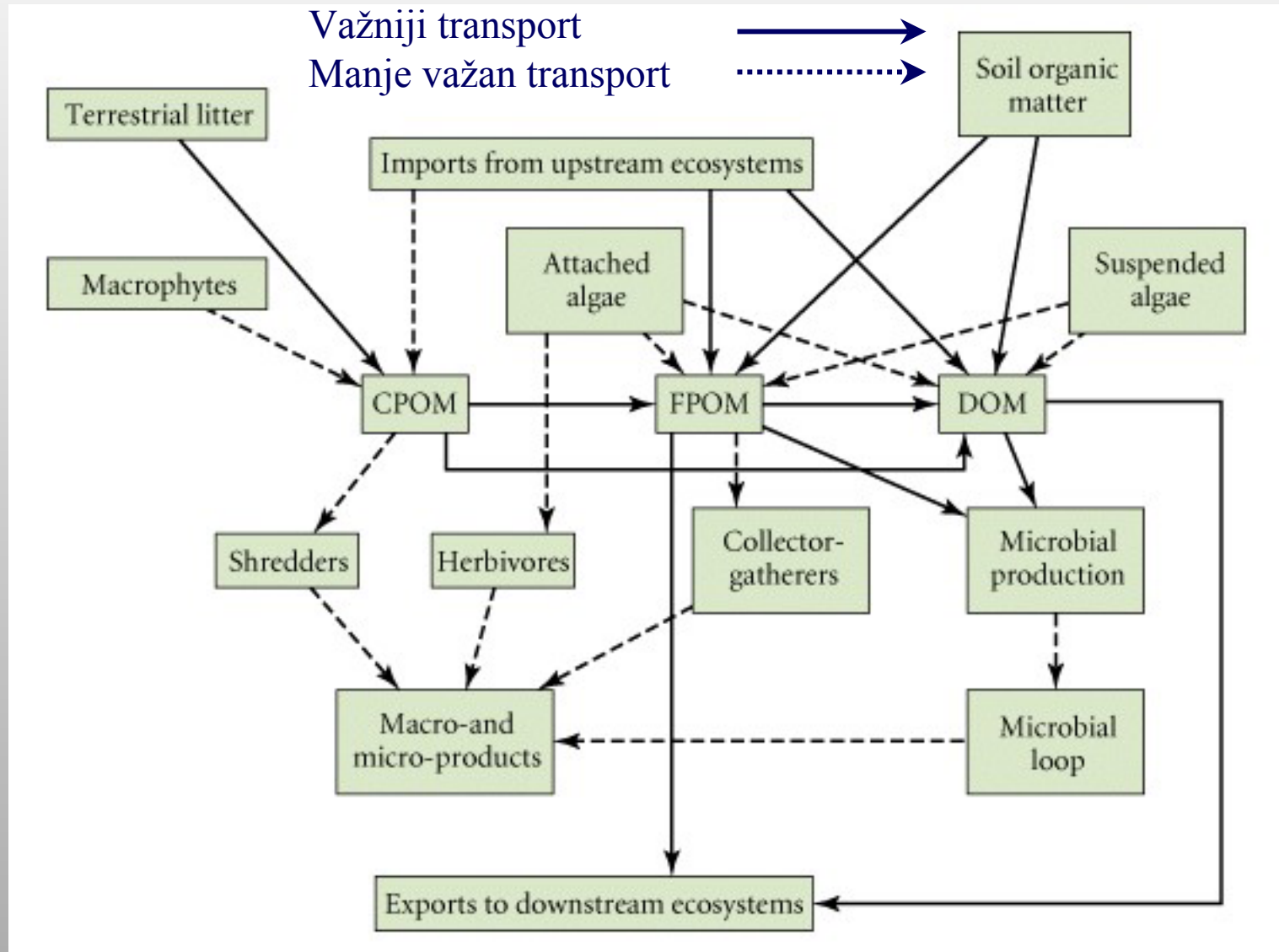
Tijekom razdoblja anoksije (od lipnja do rujna) razine željeza, fosfata i NH_4^+ su jako porasle kao posljedica njihovog oslobađanja kroz procese redukcije u sedimentu. Povratak oksičnih uvjeta vraća ove elemente u netopljive oksidirane forme (izuzetak je dušik jer pod oksičnim uvjetima nitrificirajuće bakterije pretvaraju amonijak u nitrat koji ostaje u otopljenoj formi)

U rijekama i potocima regeneracija hranjiva je pod utjecajem gibanja vode

- U rijekama se organski materijal ponekad vrlo brzo transportira nizvodno (hranjiva regenerirana na jednom mjestu mogu biti asimilirana na drugom)
- Kod rijeka i potoka je input organskog materijala većim dijelom alohtonog nego autohtonog porijekla (uglavnom dolazi s kopna)
- U gornjim tokovima se radi o **krupnoj partikuliranoj organskoj tvari (CPOM)** (čestice veće od 1mm), koja se nizvodno razgradnjom pretvara u **finu partikuliranu organsku tvar (FPOM)**, te konačno u **otopljenu organsku tvar (DOM)**

The stream continuum (1).

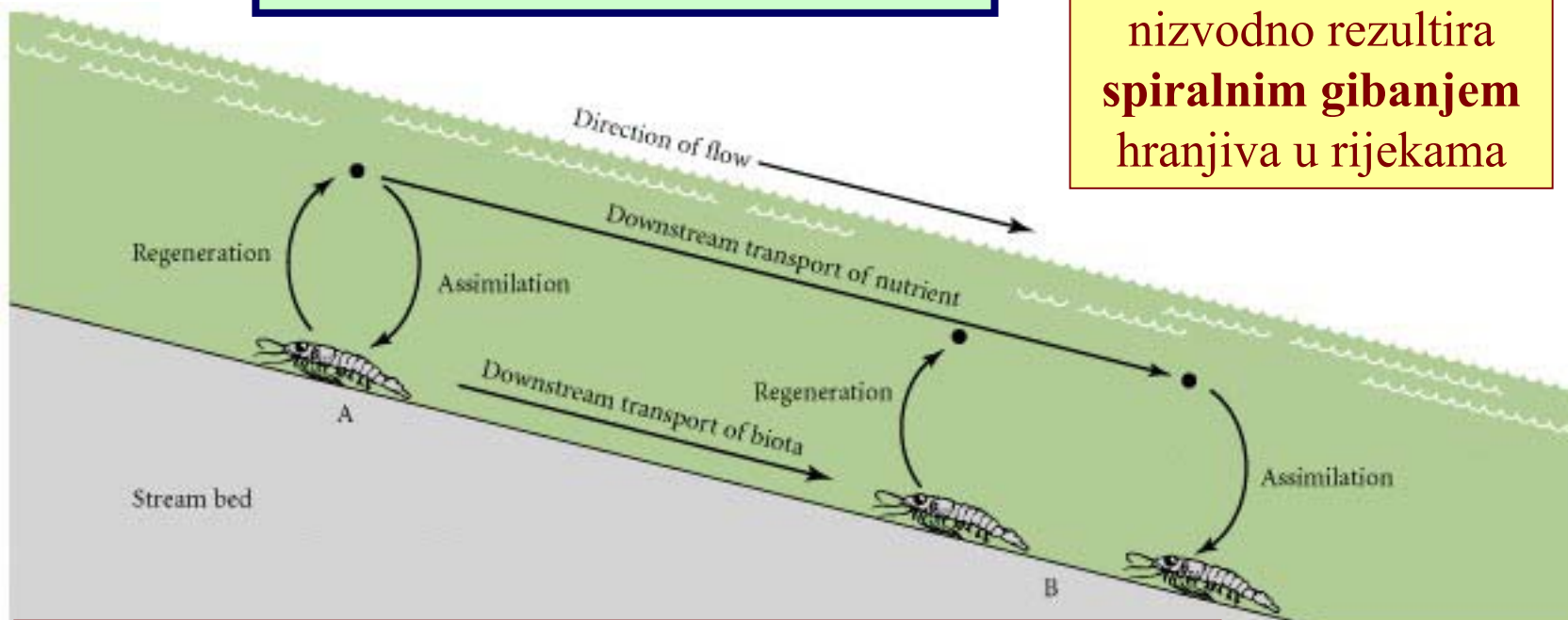




Spiralno gibanje hranjiva

Pored uobičajenog kruženja hranjiva, karakterističnog za sve ekosisteme, u rijekama se hranjiva još gibaju i nizvodno

Kružno gibanje hranjiva i istovremeno gibanje nizvodno rezultira **spiralnim gibanjem** hranjiva u rijekama



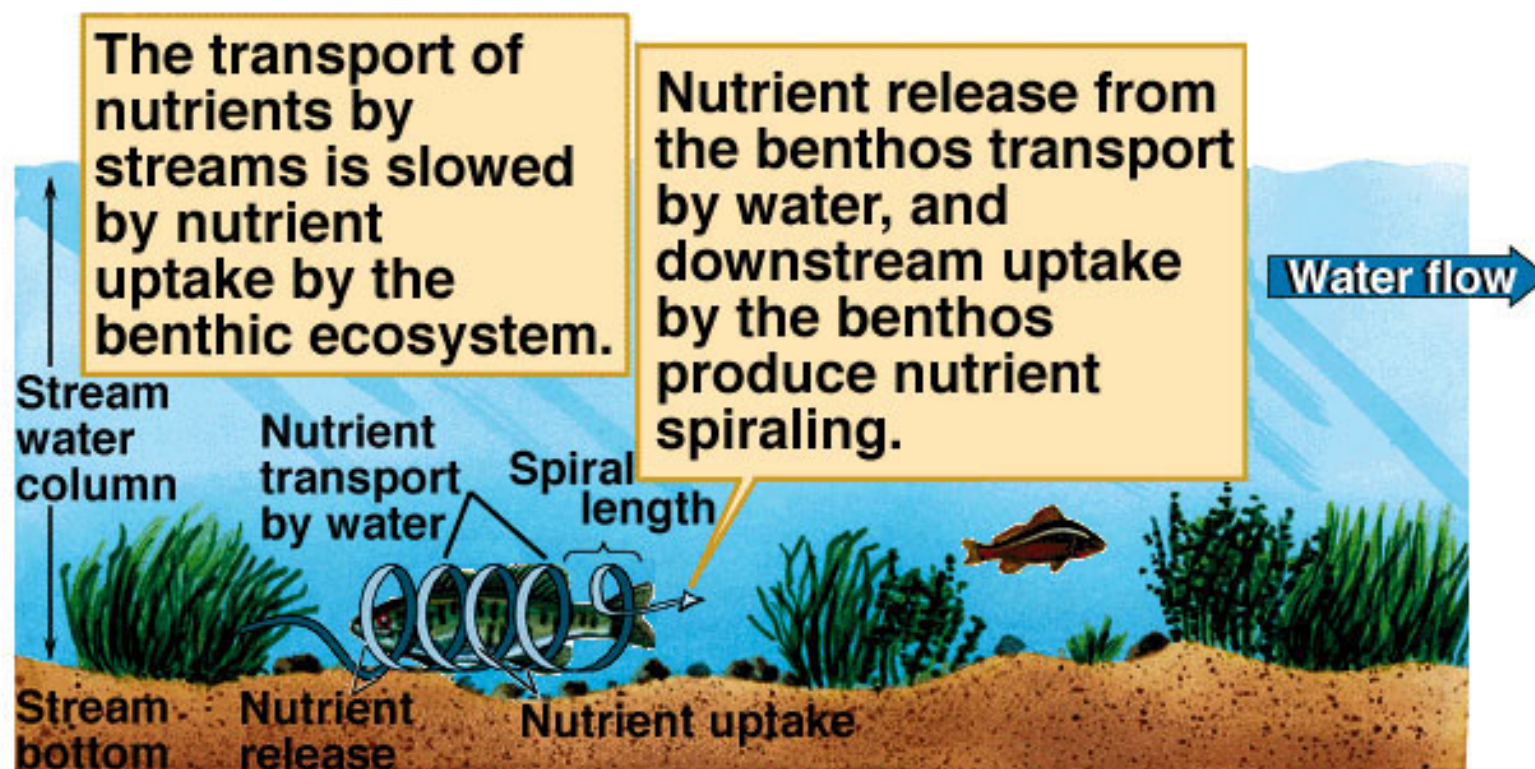
Hranjiva regenerirana u točki A mogu biti asimilirana u točki B

$$S = V/T$$

S = Spiralna dužina = dužina rijeke koja je potrebna atomu da napravi kompletan ciklus

V = prosječna brzina kojom se atom giba nizvodno

T = prosječno vrijeme koje je potrebno atomu da napravi kompletan ciklus

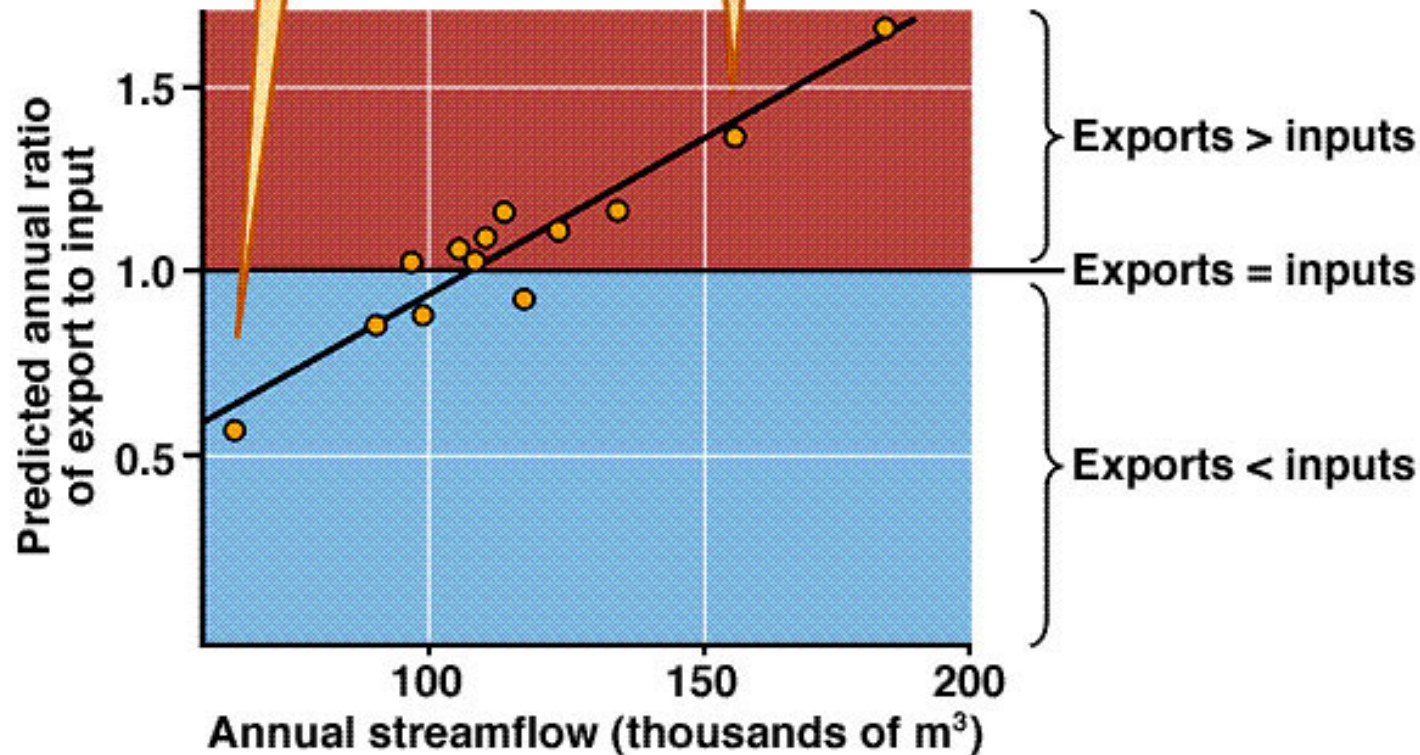


Phosphorus Import to Export

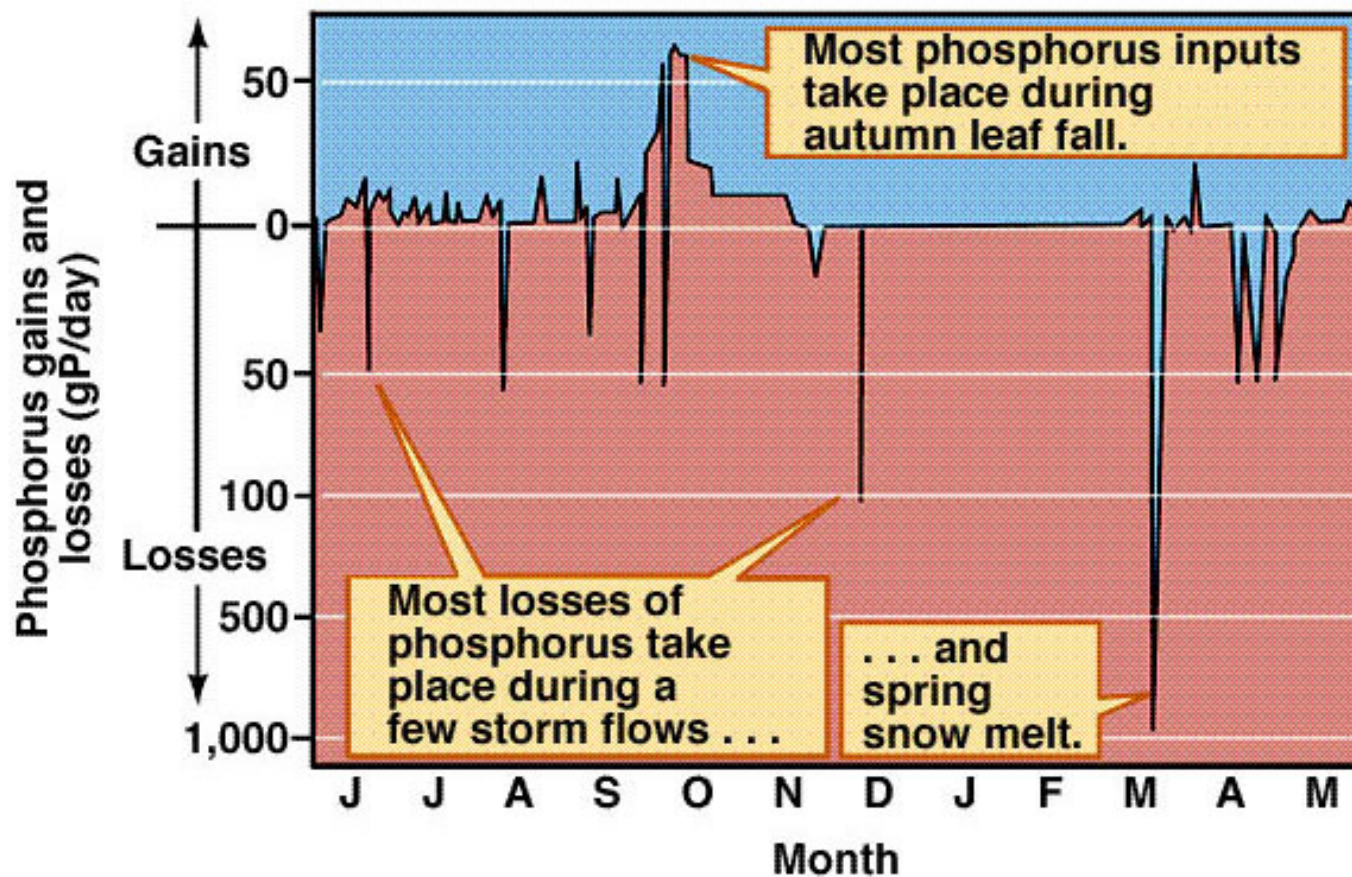
During years of low streamflow, Bear Brook stores phosphorus.

During high flow years, Bear Brook exports more phosphorus than it receives.

U vrijeme visokog protoka vode (razdoblje obilnih oborina i bujica) riječni ekosistemi gube fosfor



Daily Phosphorus Change

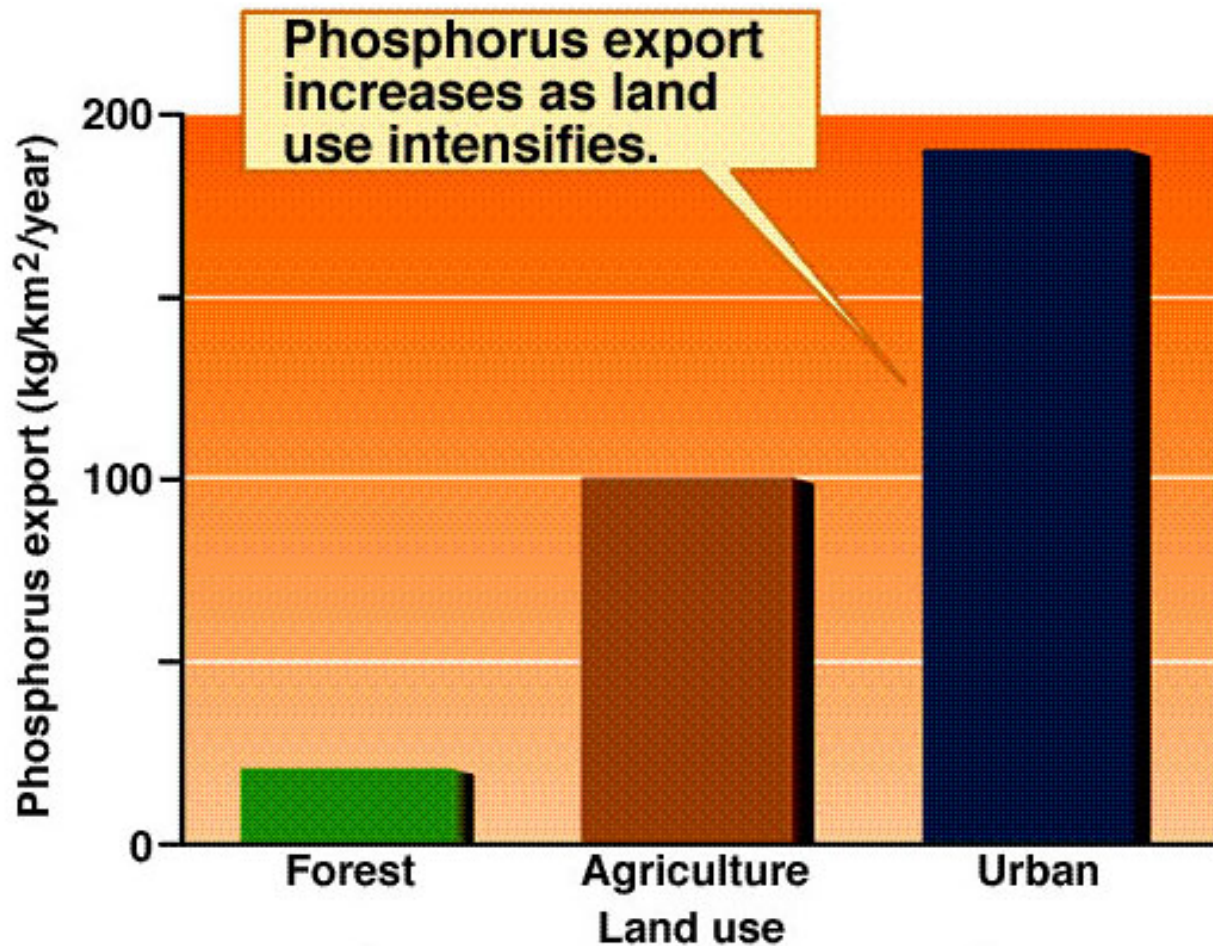


48% od ukupnog inputa fosfora događa se tijekom 10 dana u vrijeme masovnog jesenskog opadanja lišća

67% od ukupnog eksporta fosfora također se događa tijekom 10 dana u vrijeme proljetnog topljenja snijega

Ljudske aktivnosti povećavaju eksport fosfora....

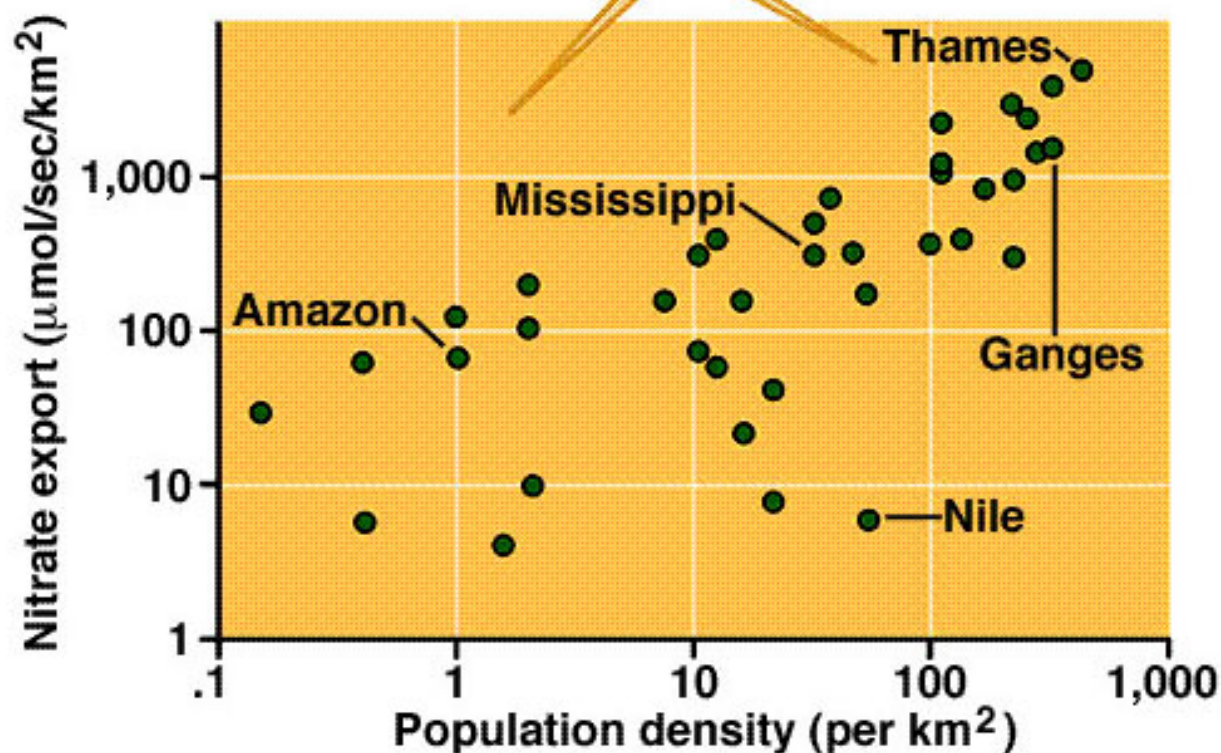
Phosphorus & Land Use



... i dušika

Nitrate Export & Humans

Nitrate exports from river basins increase with human population density.



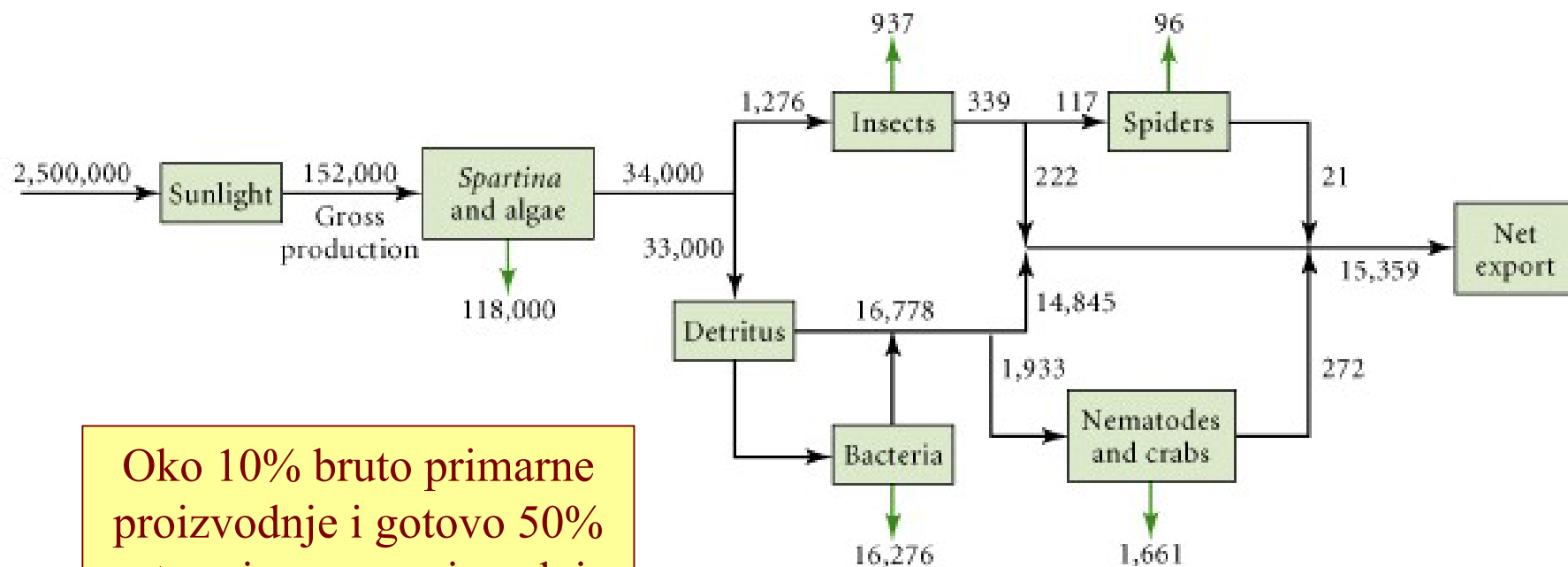
Estuariji i slane močvare mogu biti regeneratori hranjiva za morske ekosisteme



Plitki estuariji i slane močvare (ekosistemi koji se nalaze u zoni plime i oseke s uronutom vegetacijom) spadaju među najproduktivnije ekosisteme na Zemlji, i njihov se utjecaj širi u smjeru mora kroz neto-eksport proizvodnje

Dijagram protoka energije za
slanu močvaru Georgia (protoci
su izraženi u $\text{kJ m}^{-2} \text{god}^{-1}$)

→ Respiracija



Oko 10% bruto primarne
proizvodnje i gotovo 50%
neto primarne proizvodnje
slana močvara preda
morskom ekosistemu

TABLE 12-6 Nitrogen budget for Great Sippewissett marsh
(kg N yr⁻¹)

	Input	Output	Net exchange
Precipitation			
Nitrate	110		
Ammonia	70		
Dissolved organic matter	190		
Particulate organic matter	15		
Total	390		390
Groundwater flow			
Nitrate	2,920		
Ammonia	460		
Dissolved organic matter	2,710		
Total	6,120		6,120
Nitrogen fixation	3,280		3,280
Tidal water exchange			
Nitrate	390	1,210	
Nitrite	150	170	
Ammonia	2,620	3,540	
Dissolved organic matter	16,300	18,500	
Particulate organic matter	6,740	8,200	
Total	26,200	31,600	-5,350
Denitrification		6,940	-6,940
Sedimentation		1,295	-1,295
Totals	35,990	39,835	-3,845

(From Valiela and Teal 1979.)

Procjena buđeta dušika za slanu močvaru u Cape Cod (USA)

Visoka proizvodnja
obalnih sustava mora
biti podržana s visokom
razinom hranjiva.
Budući da se veliki dio
proizvodnje iz obalnih
sustava premješta u
more, izgubljena
hranjiva moraju biti
nadomještena kako bi se
održala ravnoteža