

EITROFIKĀCIJA, OLIGO-EITROFĀ SUKCESIJA



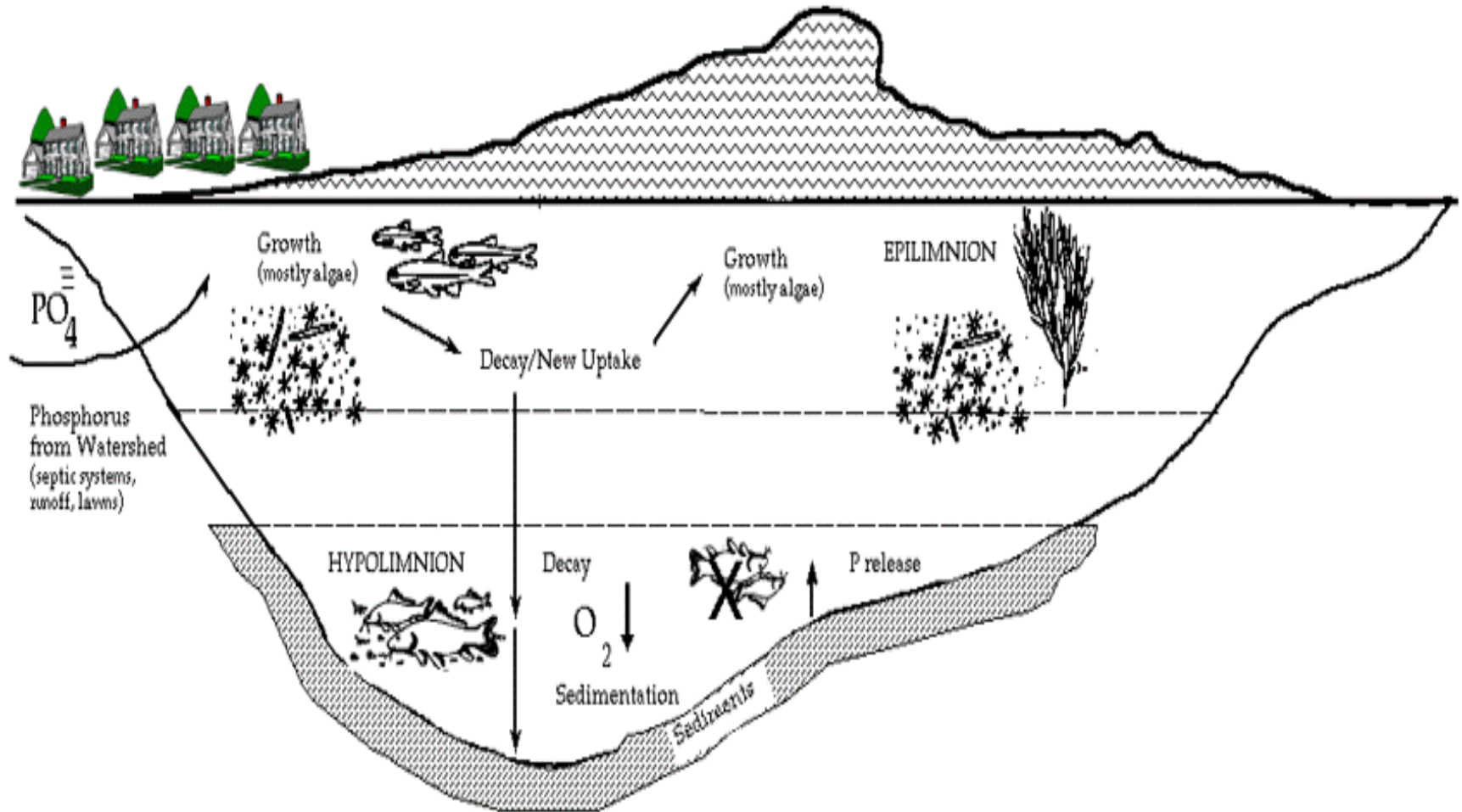
Ūdeņu eitrofikācija



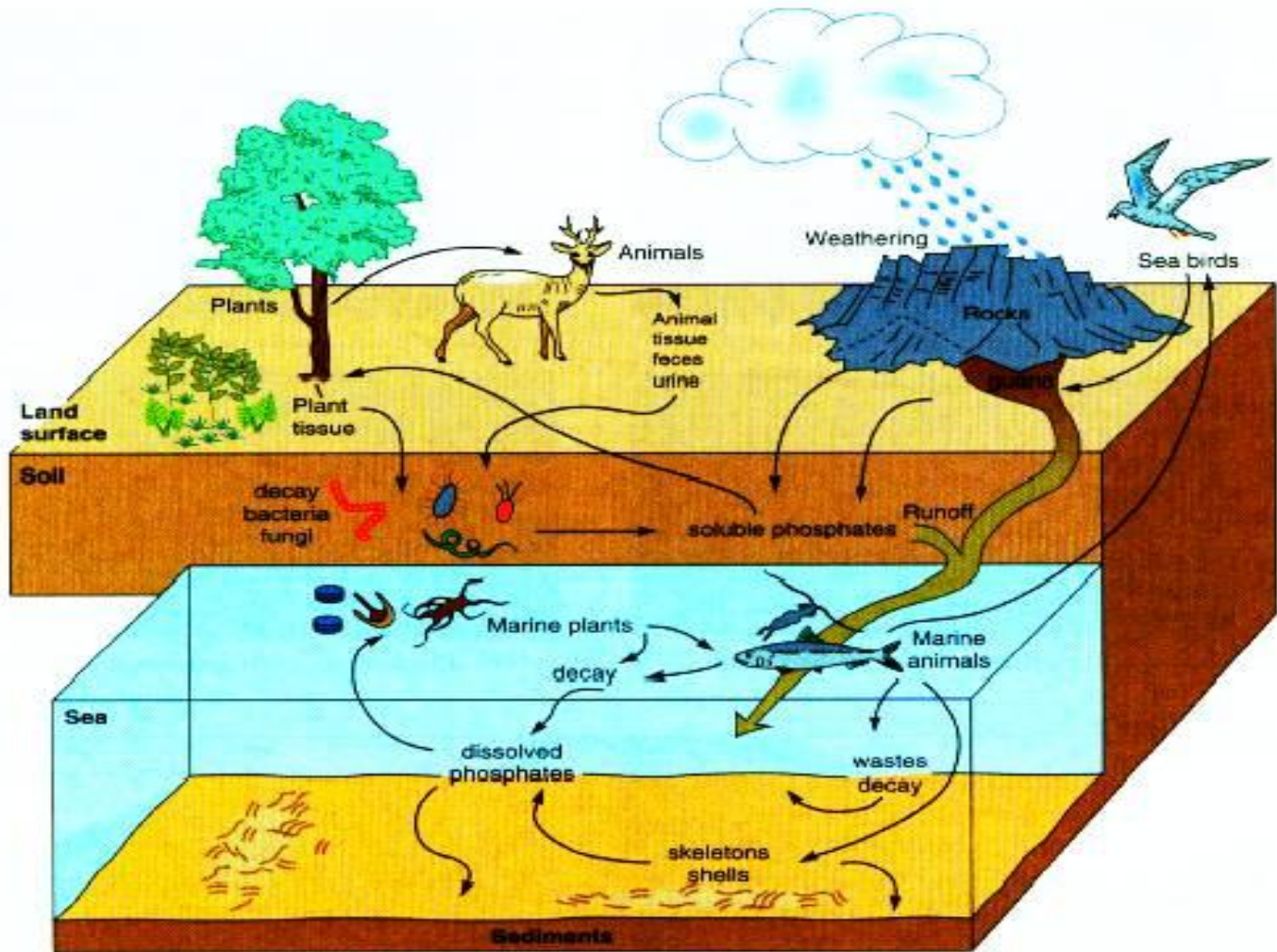
- **Eitrofikācija ir augu pirmprodukcijas kāpināšana, kuru izraisījis barības vielu koncentrācijas pieaugums ūdenī vai arī barības vielu pastiprināta izmantošana;**
- **Eitrofikācija (pārsvarā) ir dabisks process, kad barības vielas no ezera sedimentiem nokļūst ūdenī – trofogenajā zonā un veicina ezera aizaugšanu;**
- **Antropogēno eitrofikāciju izraisa fosfora daudzuma pieaugums ūdenī.**

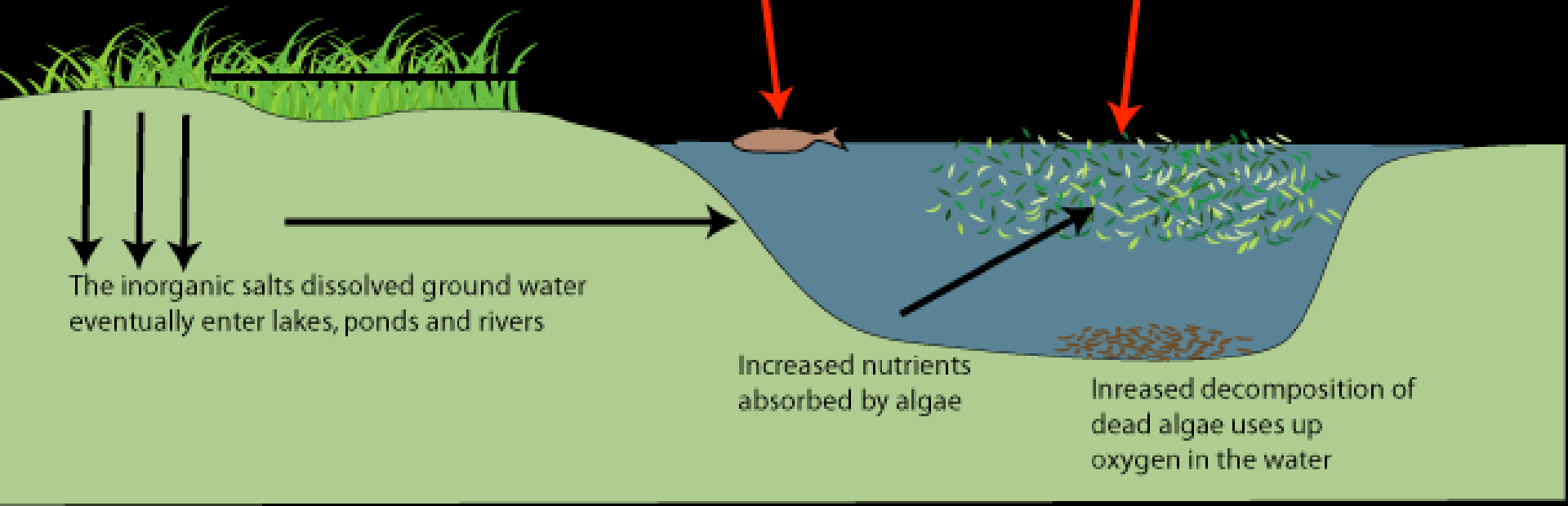
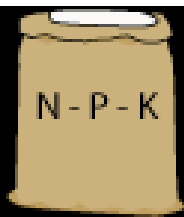
Generalized Eutrophication

Long Pond, Brewster/Harwich, MA



Dabiskā eitrofikācija



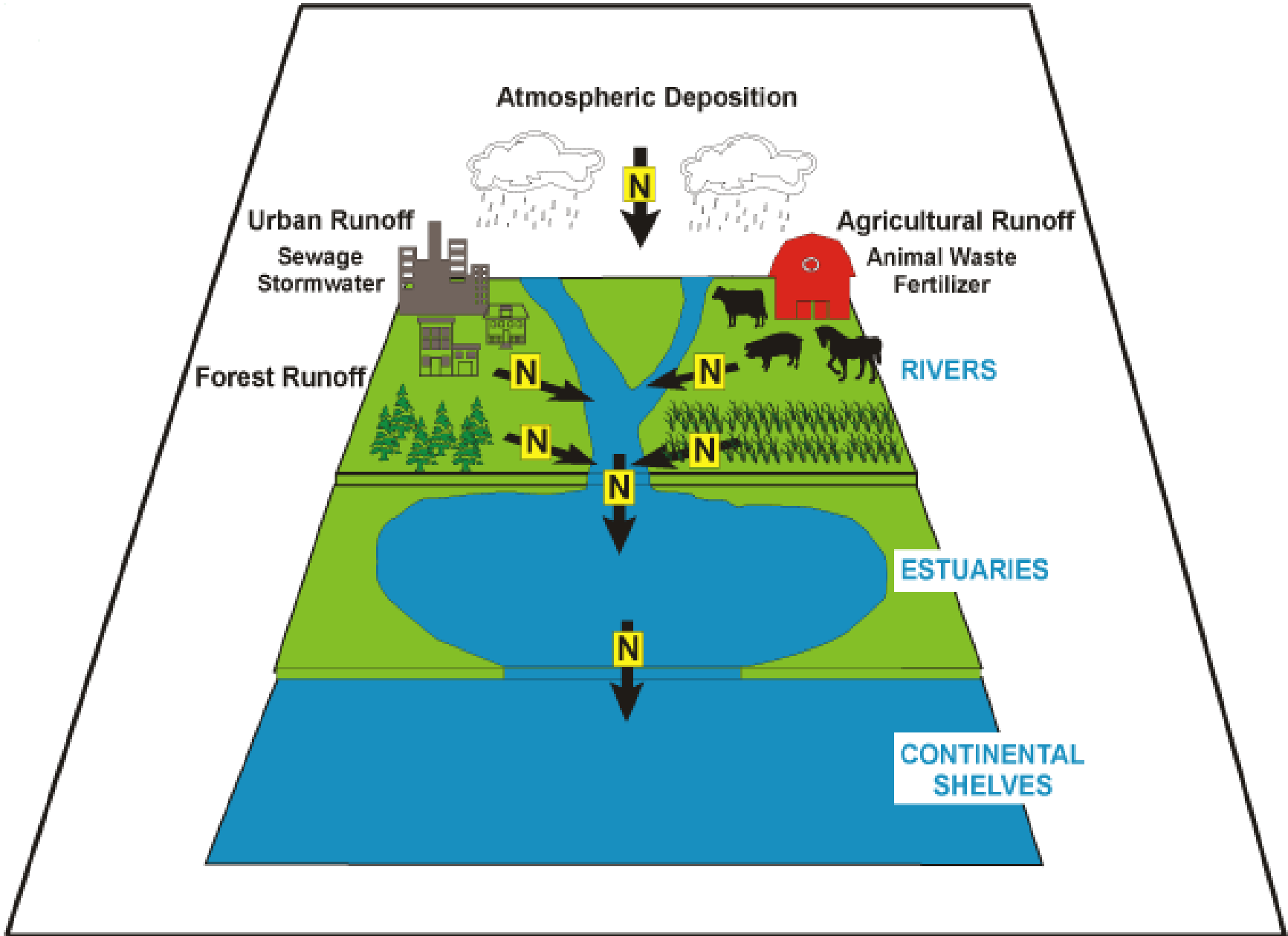


N-P-K

The inorganic salts dissolved ground water eventually enter lakes, ponds and rivers

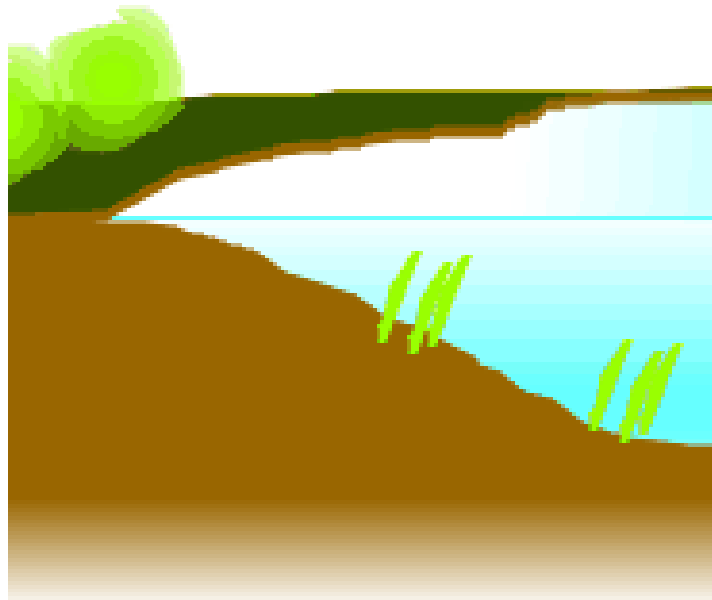
Increased nutrients absorbed by algae

Increased decomposition of dead algae uses up oxygen in the water



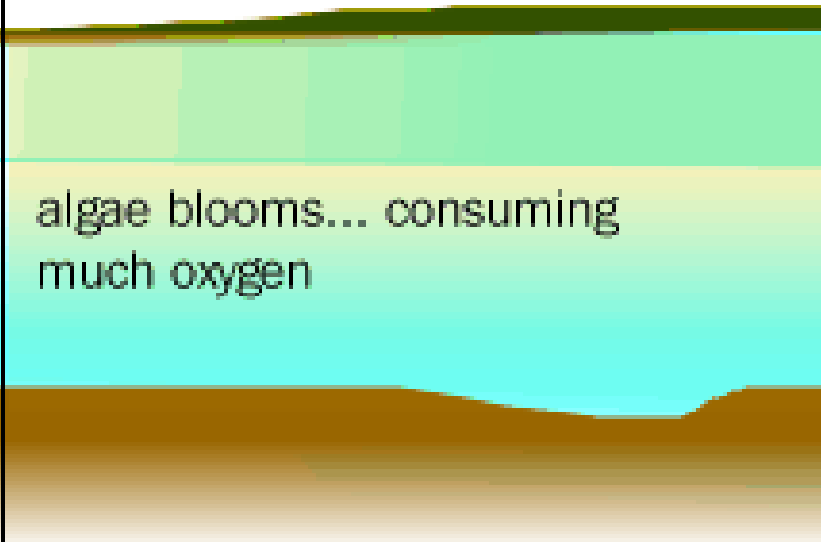


healthy, normal pond with clear water is supportive to diverse aquatic lifes.



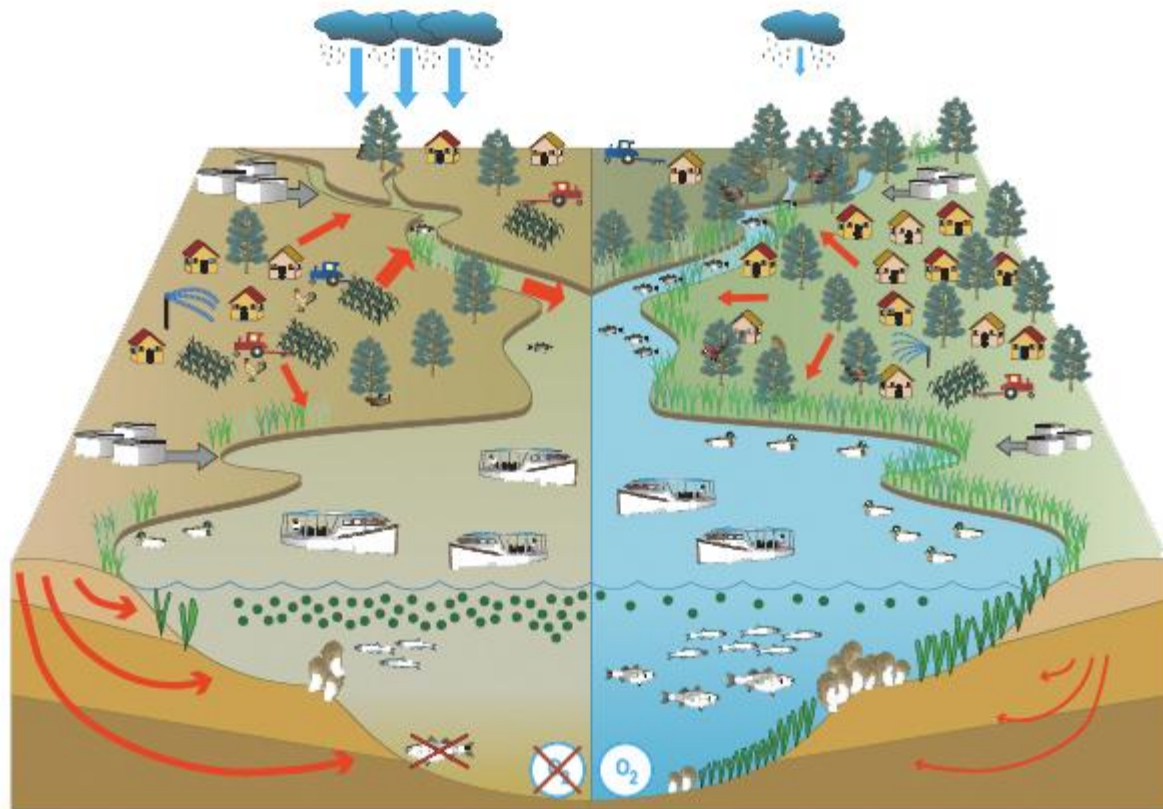
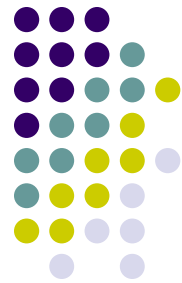
sunlight freely penetrates, supporting the fundamental of life.

run-offs from fertilizers, animal wastes and silage contain nitrates



algae blooms... consuming much oxygen

making the pond uninhabitable, no sunlight can penetrates.



(Modified from CBP and IAN, 2005)

Present

Future



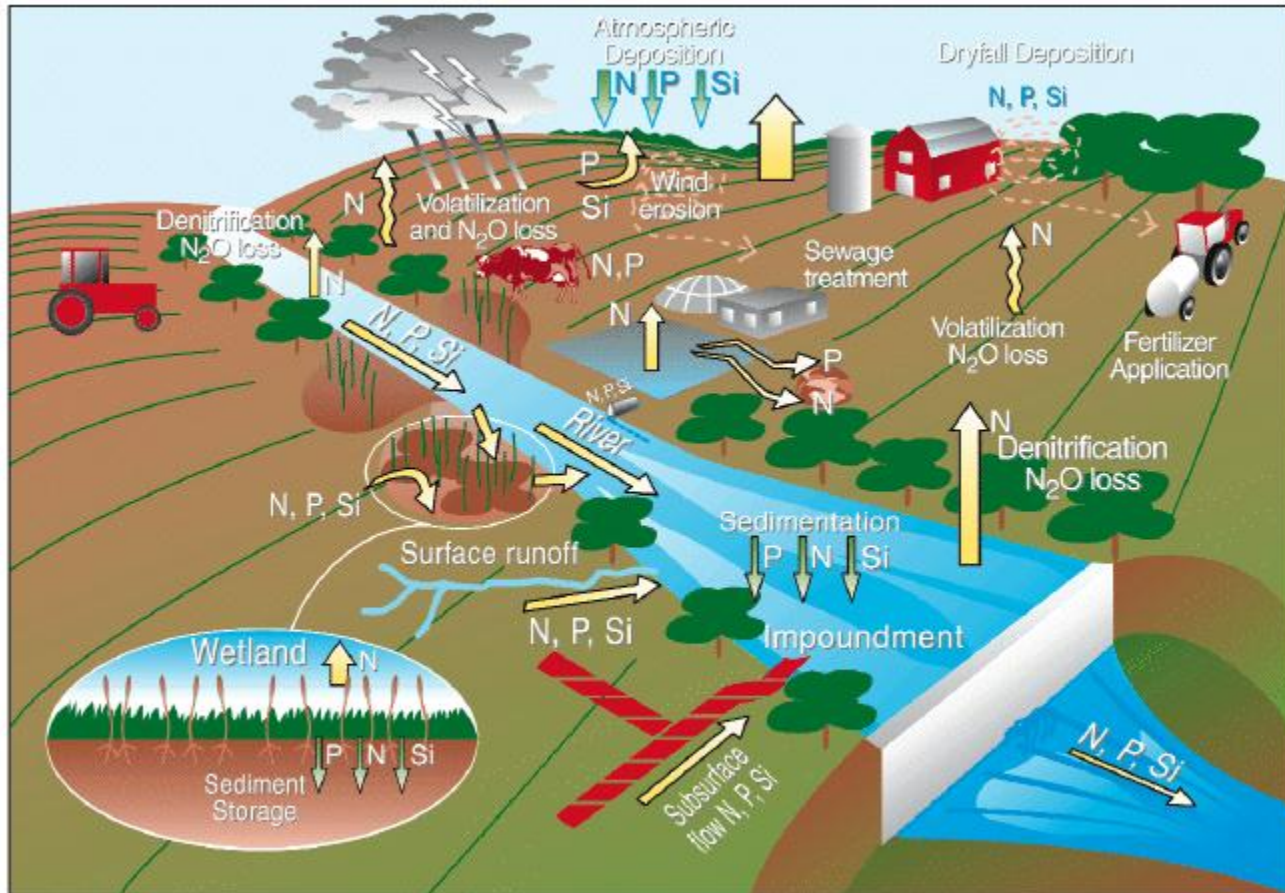
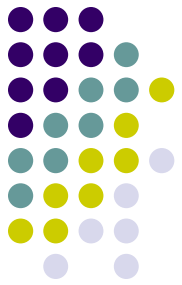
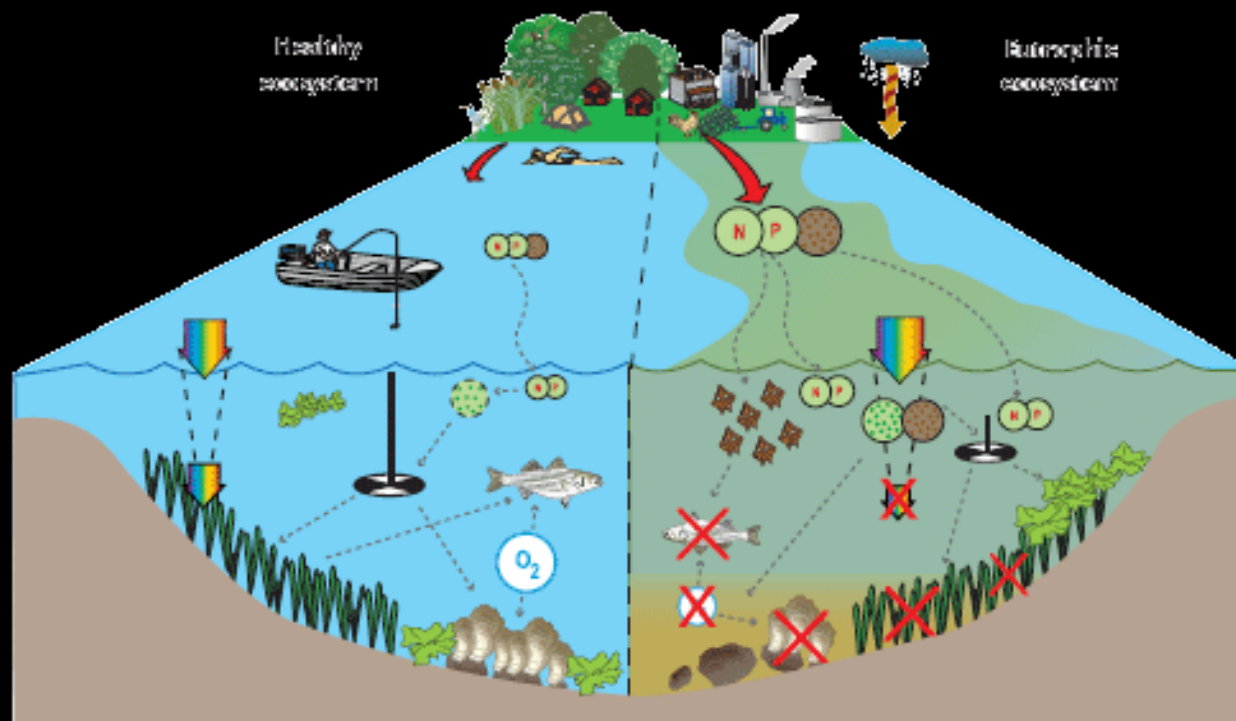
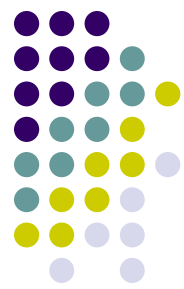


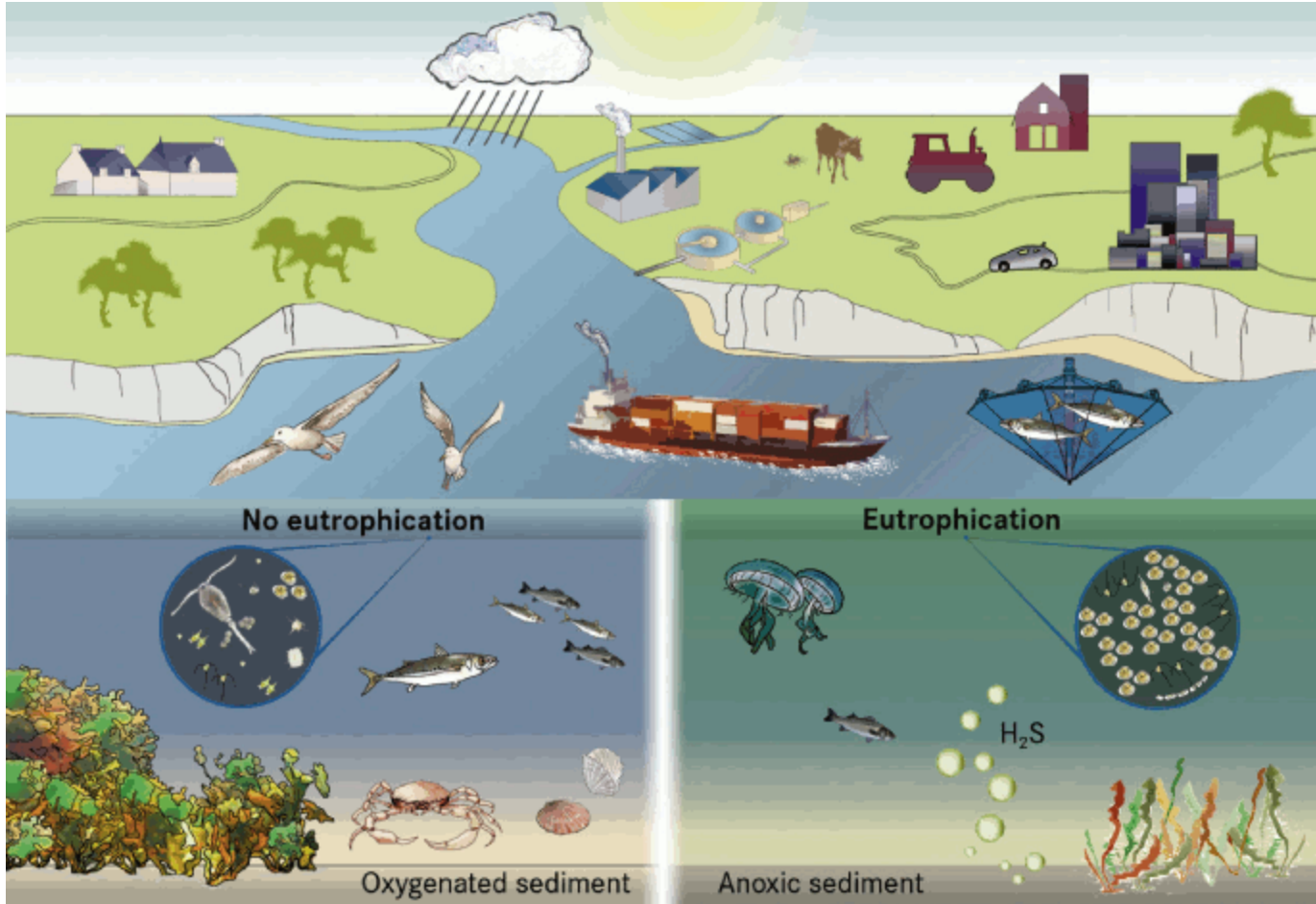
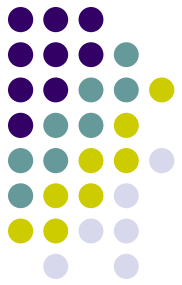
Figure 1.1. Conceptual diagram comparing a healthy system with too low eutrophic conditions from too low nutrient loading system with high eutrophic symptoms.

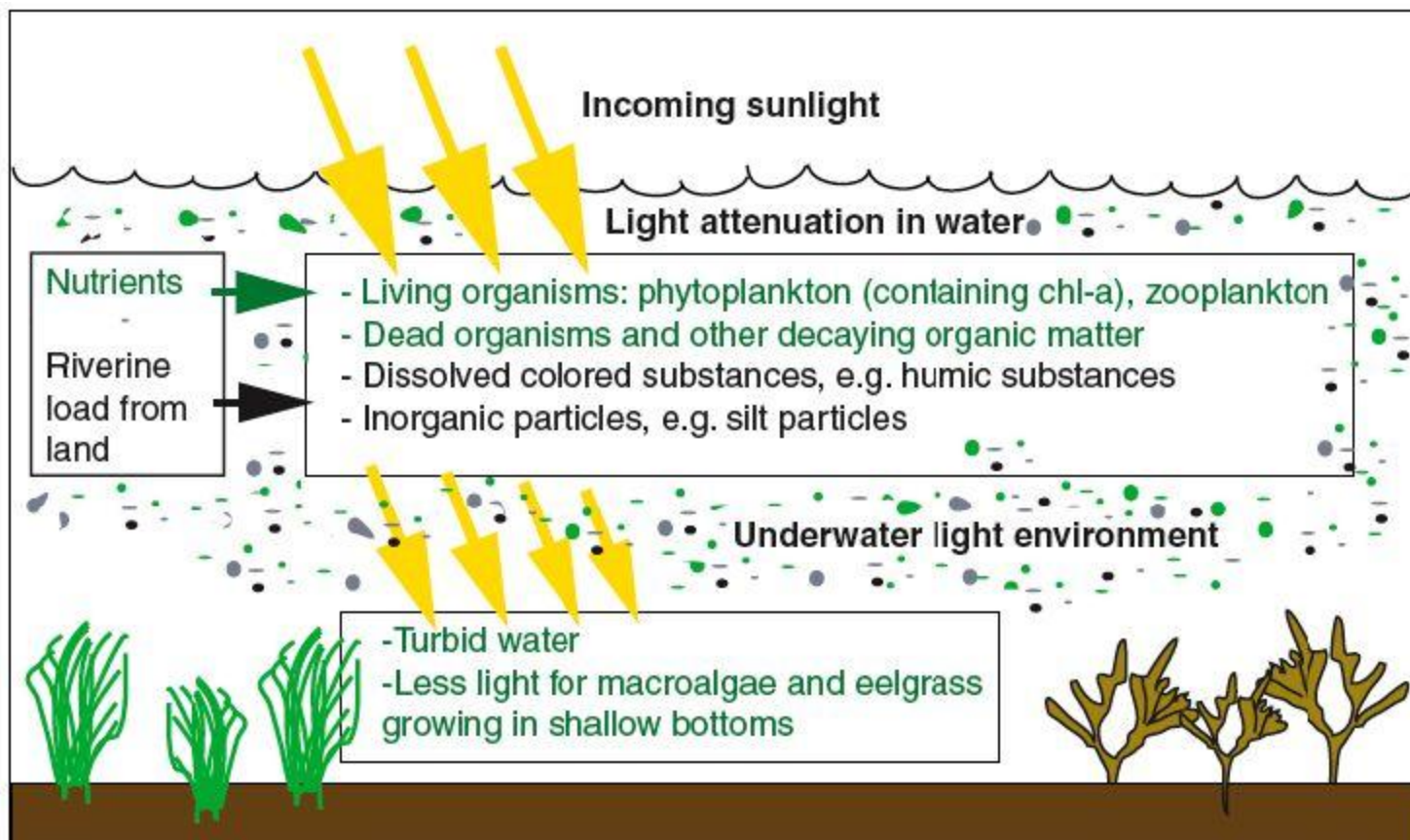


In healthy ecosystems, nutrient inputs, specifically nitrogen and phosphorus (N P), occur at a rate that stimulates a level of macroalgal and phytoplankton (chlorophyll a) growth in balance with grazer biota. A low level of chlorophyll a in the water column helps keep water clarity high, allowing light to penetrate deep enough to reach submerged aquatic vegetation. Low levels of phytoplankton and macroalgae result in dissolved oxygen levels most suitable for healthy fish and shellfish so that humans can enjoy the benefits that a coastal environment provides.

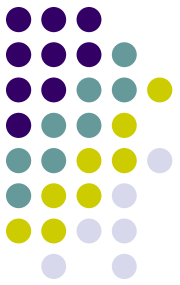
In a eutrophic ecosystem, increased sediment and nutrient loads from farming, urban development, and industry, in combination with atmospheric nitrogen, help trigger both macroalgae and phytoplankton (chlorophyll a) blooms, exceeding the capacity of grazer control. These blooms can result in decreased water clarity, decreased light penetration, decreased dissolved oxygen, loss of submerged aquatic vegetation, nuisance/toxic algal blooms, and the contamination or die off of fish and shellfish.



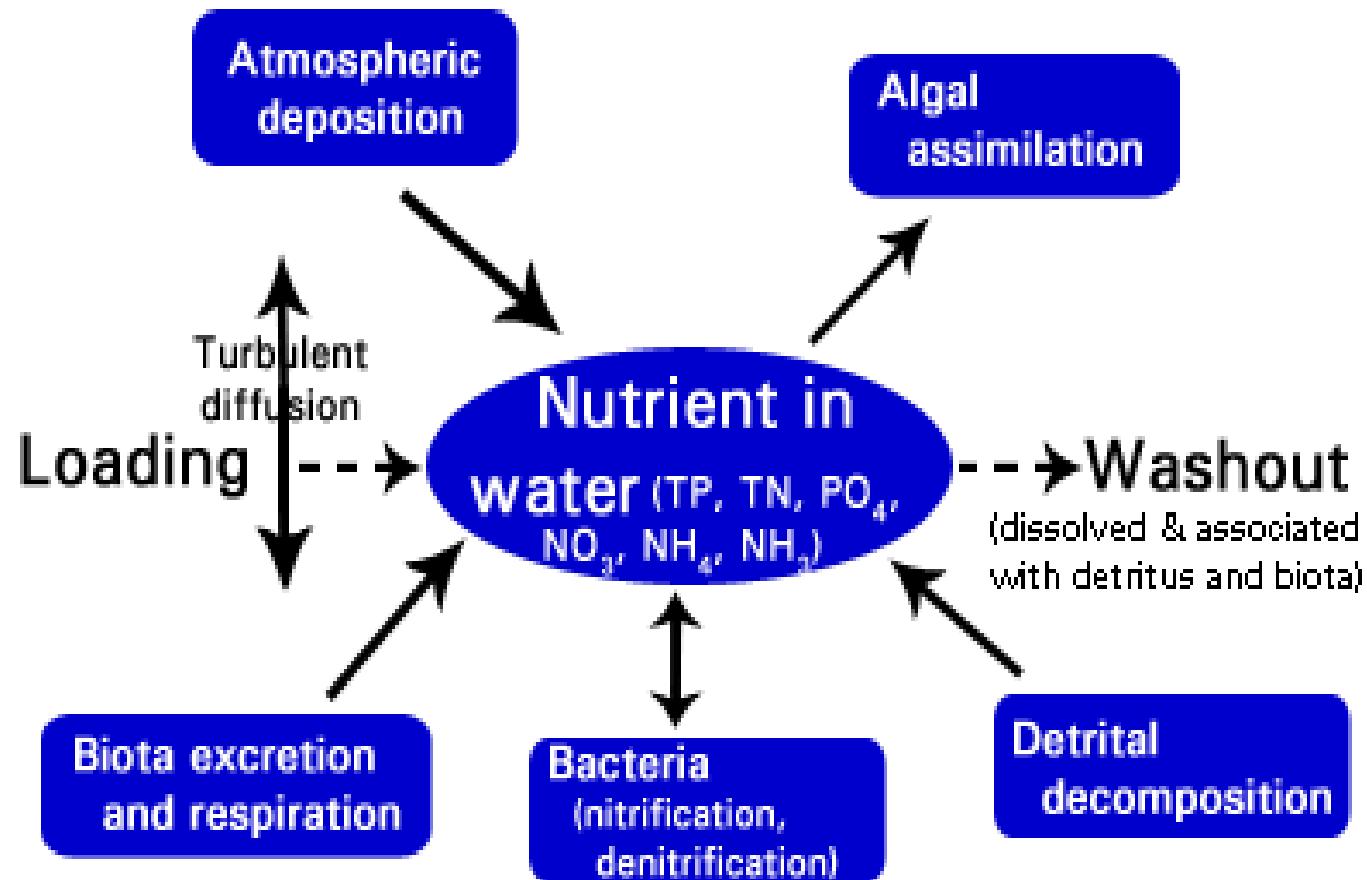
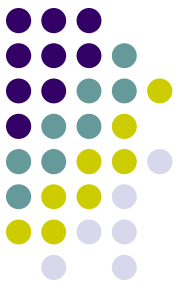


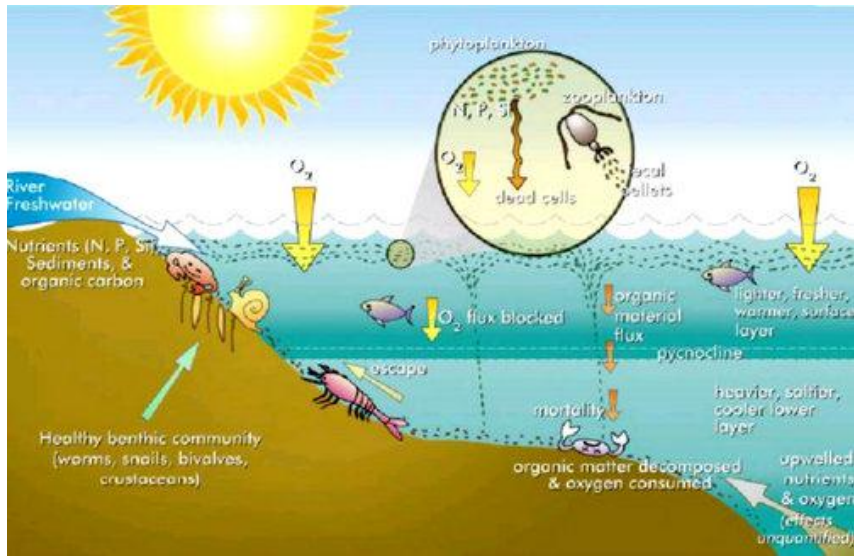
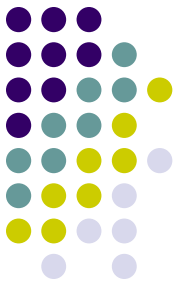




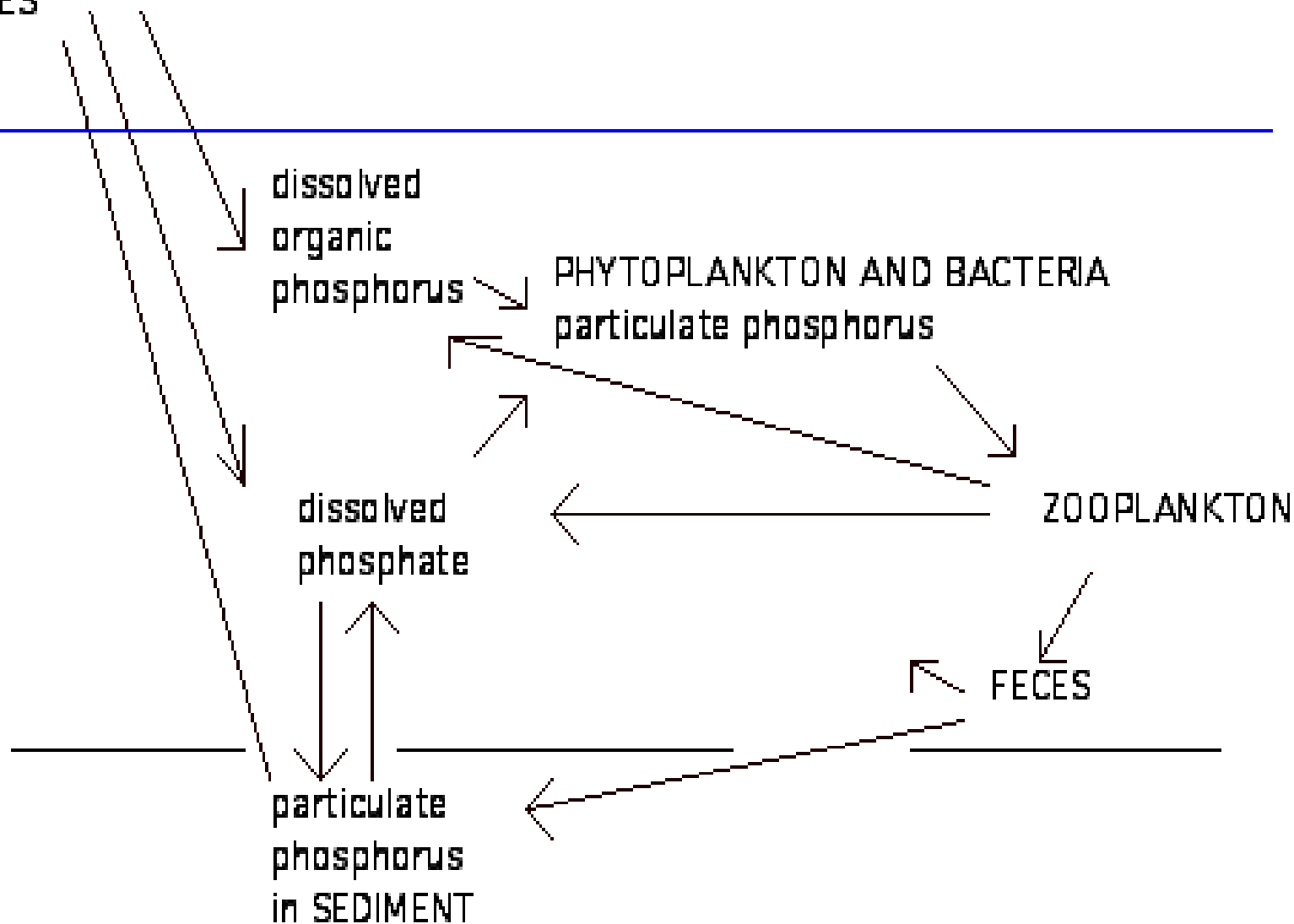


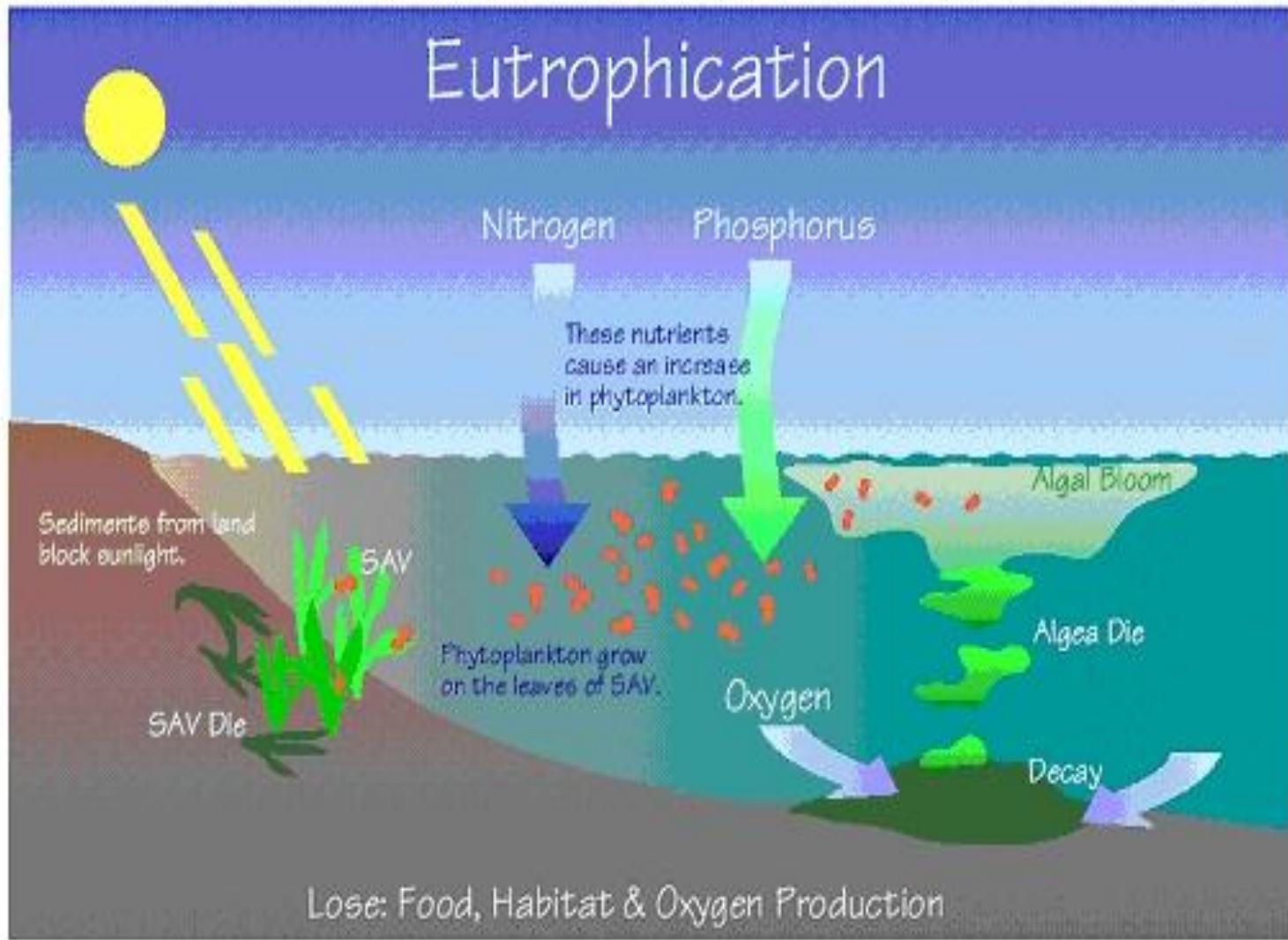
- **Pieaugot barības vielu koncentrācijai ezerā, sekas ir augu biomasas un produkcijas pieaugums pelagiālē un litorālē:**
- **Barošanās attiecību izraisītais konsumentu un destruentu pieaugums**

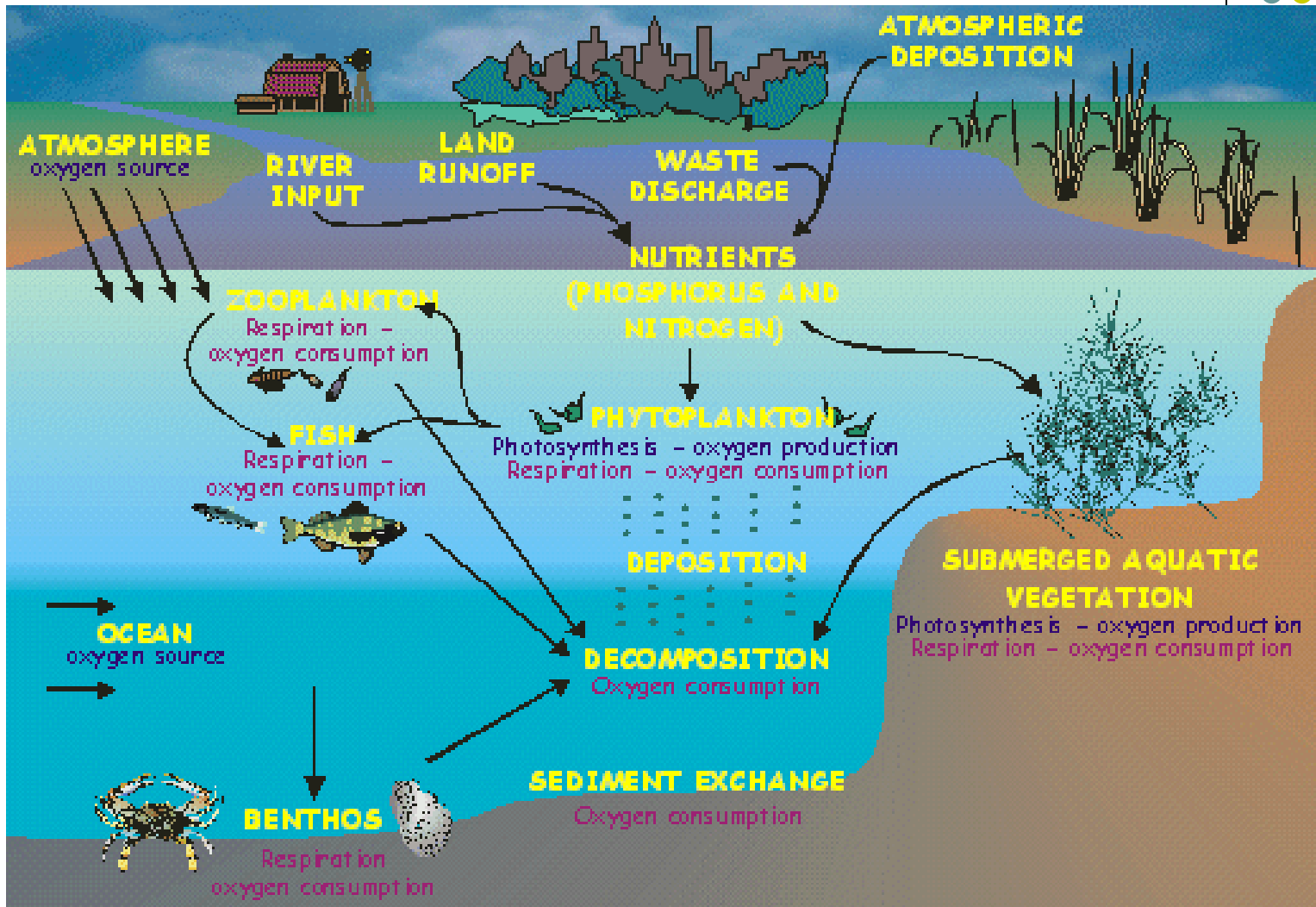


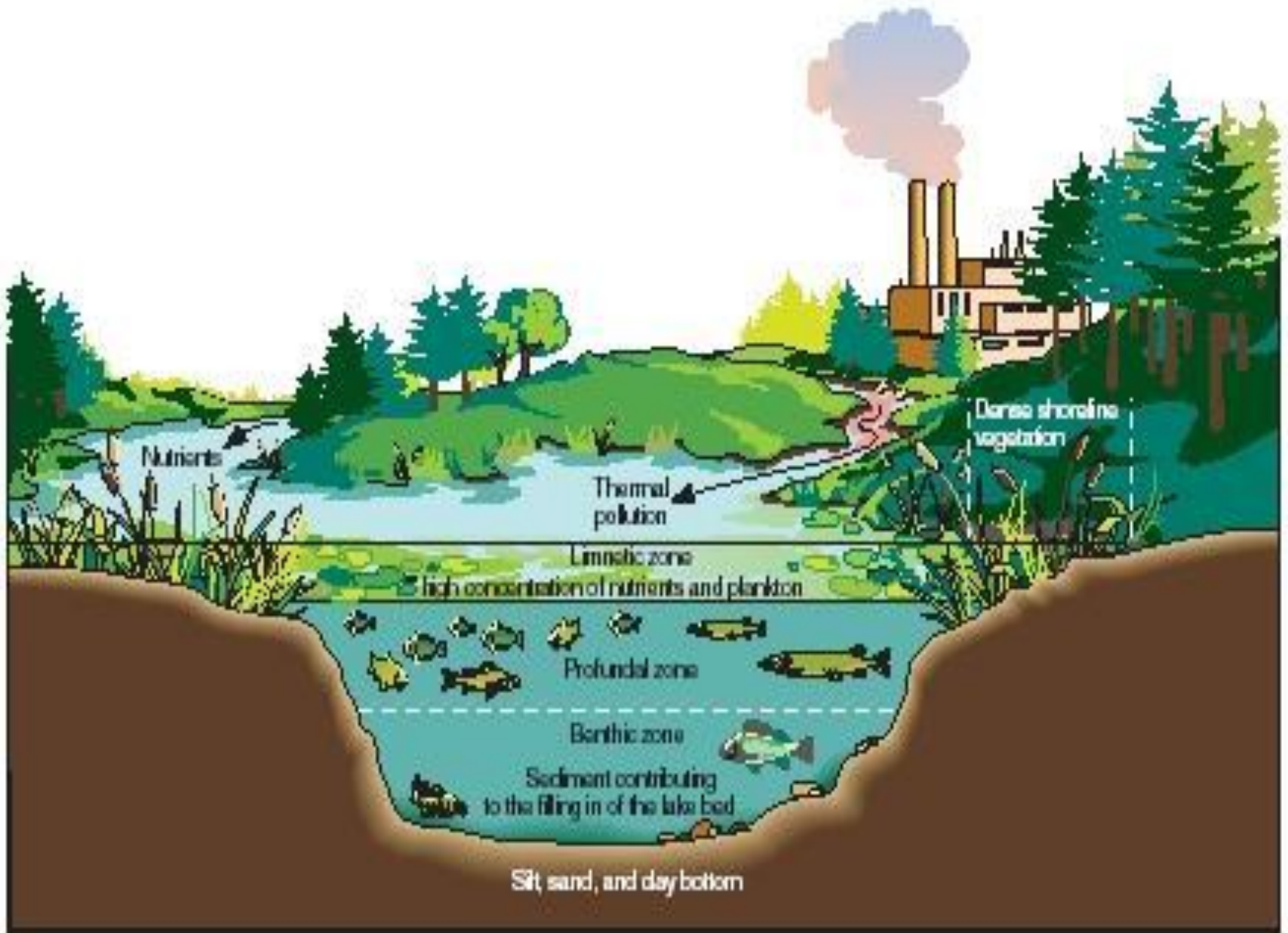


ALLOCHTHONOUS
SOURCES











Eutrophication

Rapid algae growth from enrichment with N or P

Decaying plants reduce dissolved oxygen



Fish and other aquatic life die

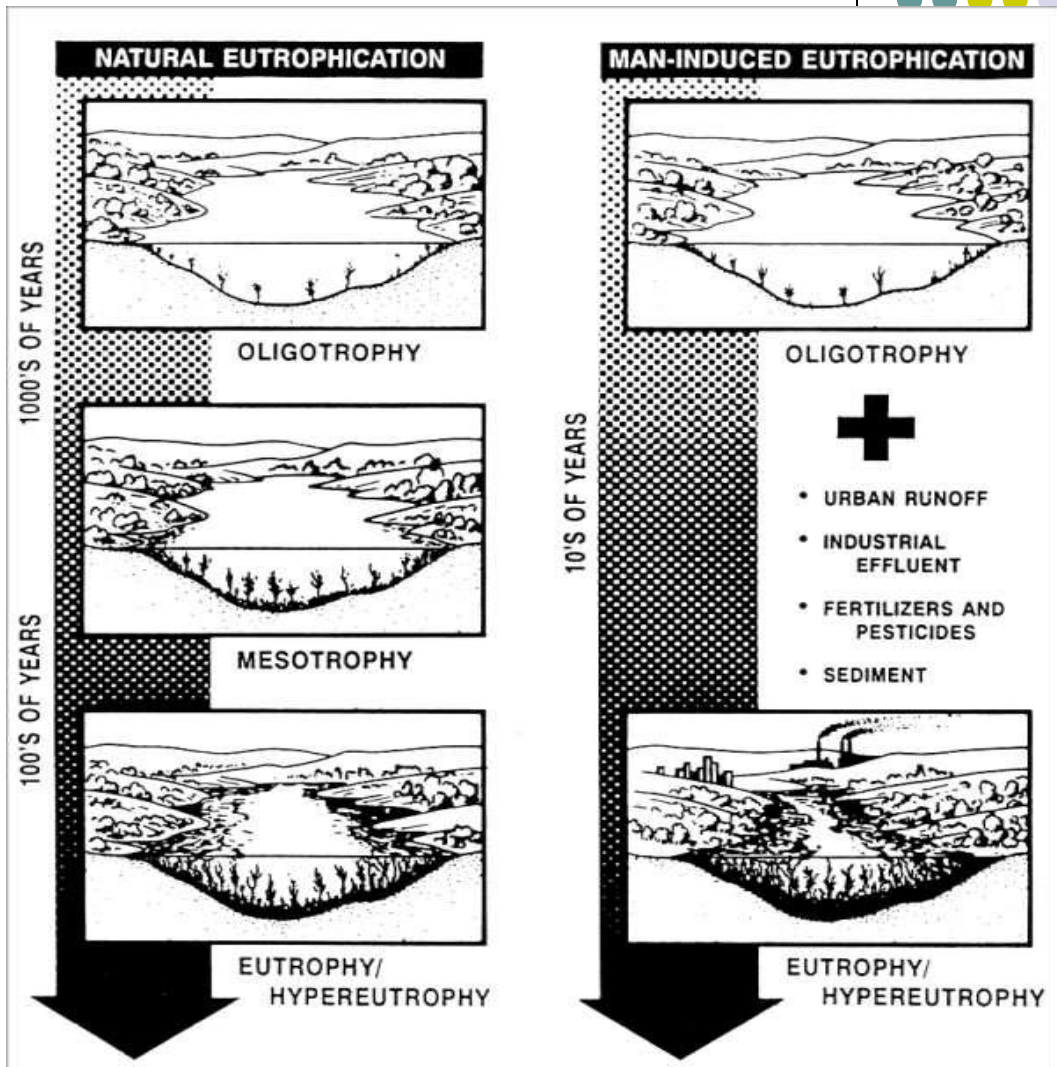
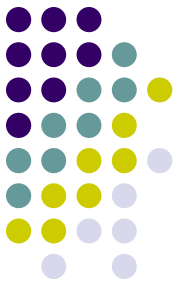
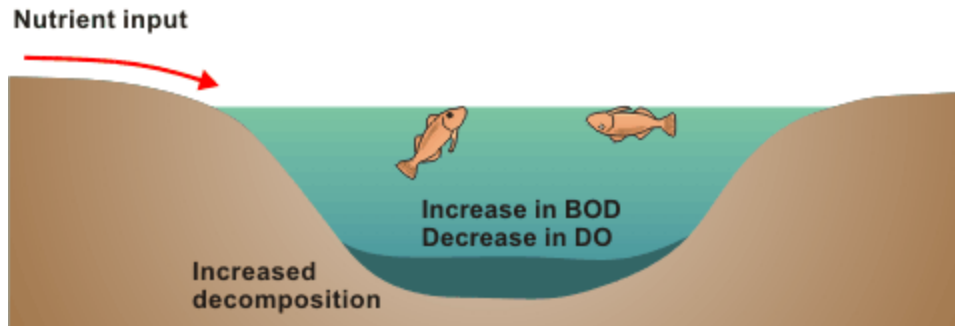
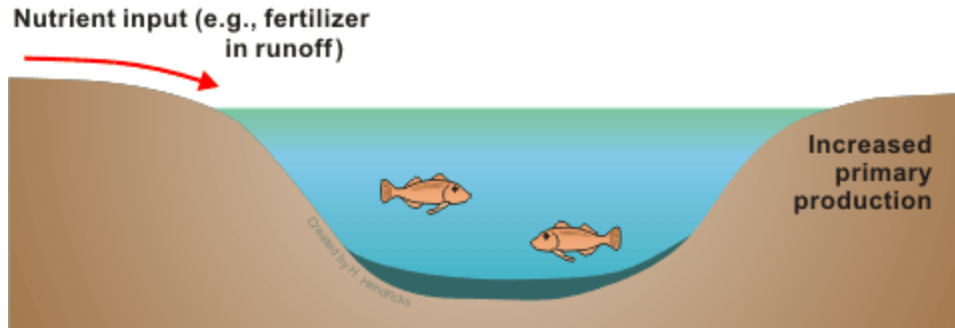
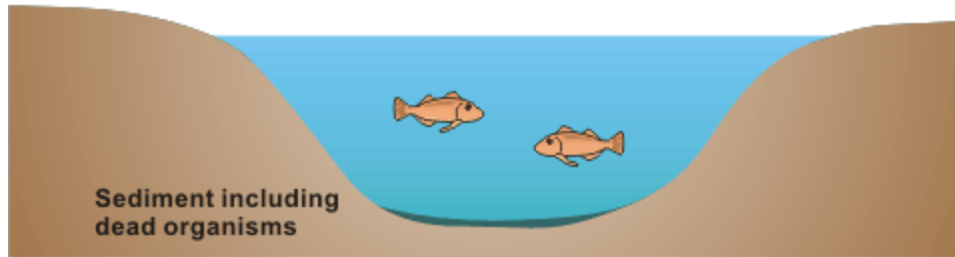
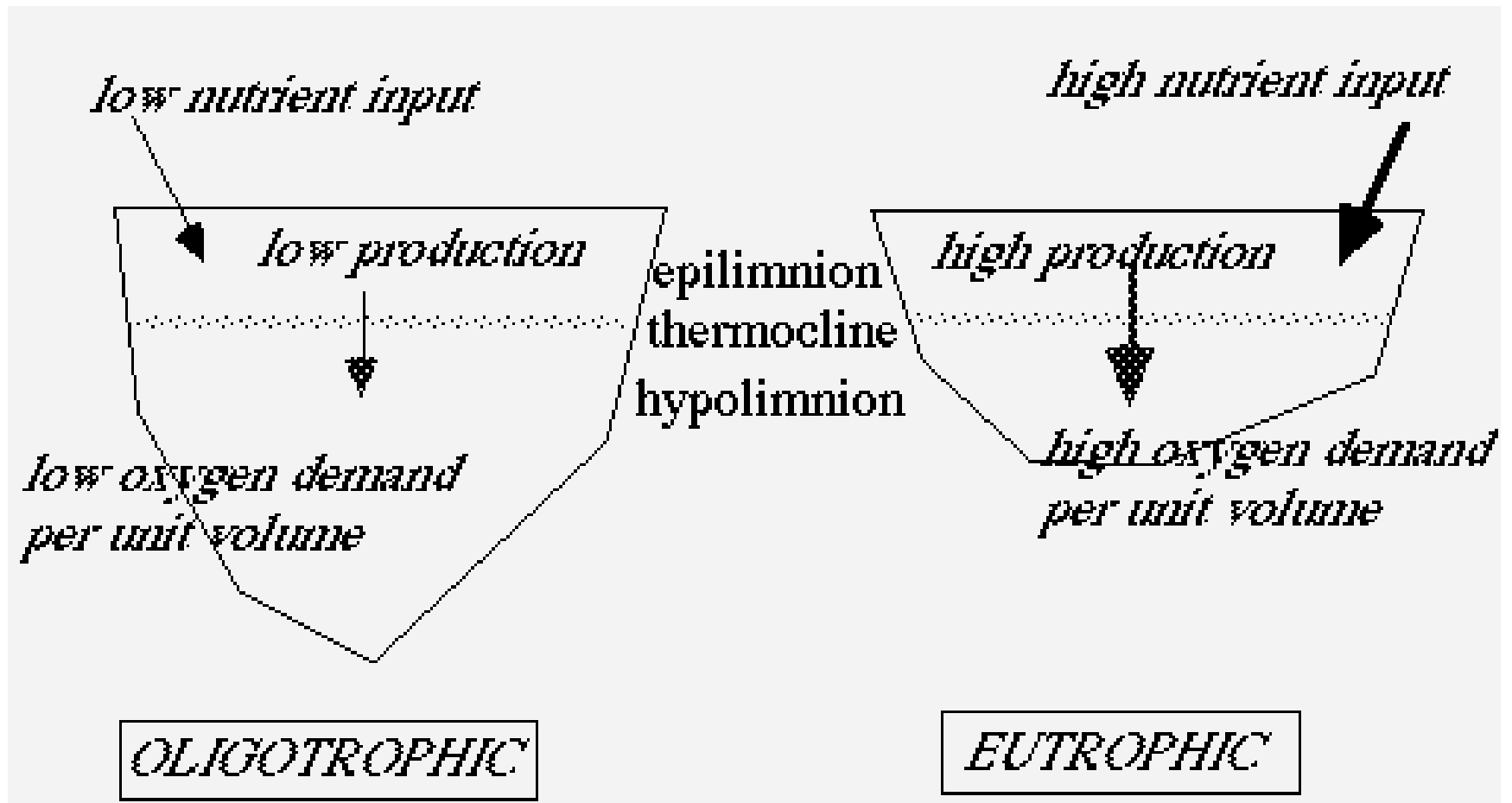
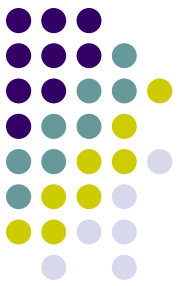


Figure 2-1 Natural eutrophication versus cultural eutrophication.



Impact of Cultural Eutrophication



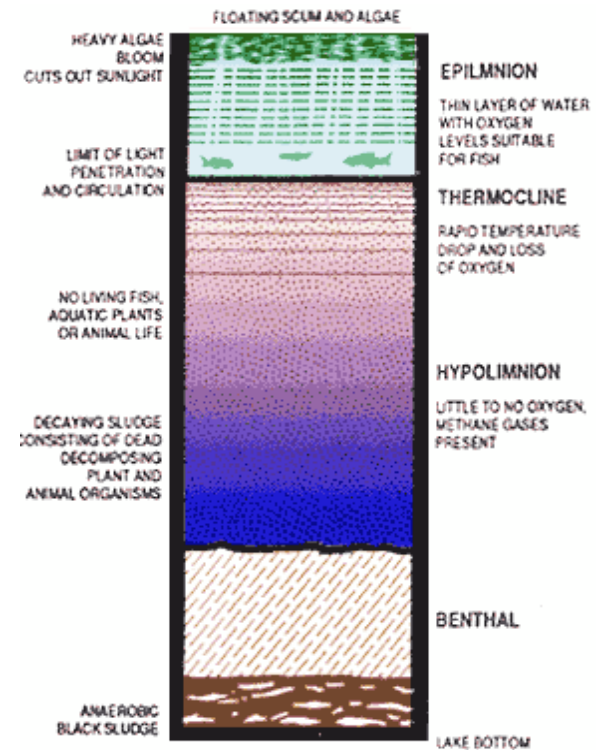
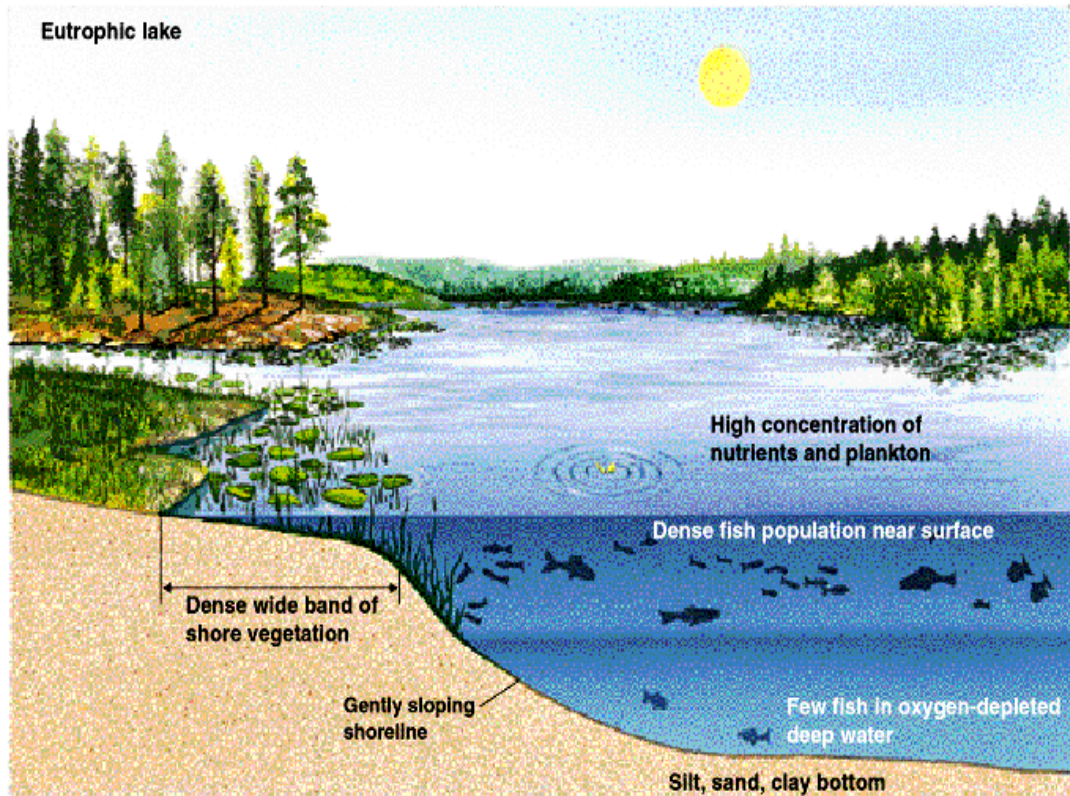




- **Samazinoties ezera dziļumam pieaug planktona produkcija;**
- **To pavada pieaugošs fosfora daudzums dziļākajos slāņos;**
- **Vienlaicīgs skābekļa daudzuma samazinājums**
- **Noslāņojušies ezeri (dziļāki par 10m) ar anaerobiem apstākļiem hipolimnijā, pievada epilimnijam mazāku barības vielu daudzumu nekā seklu nenošlāņojušos ezeru dziļākie slāņi seklākajiem, jo sekli ezeri sajaucas pilnīgāk!**



Thompson and Turk: Earth Science and the Environment, 2/e
Figure 10.28a



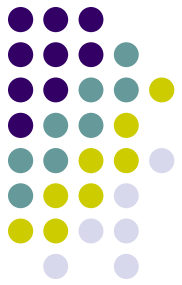
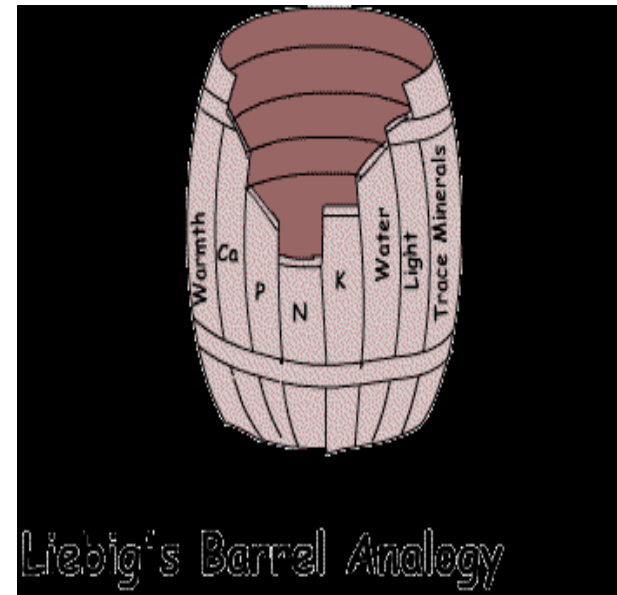
**Eutrophic Lake Conditions
Thermal Stratification**

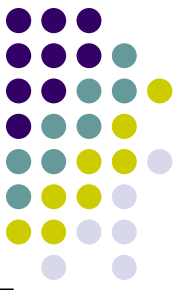
Vajadzība pēc kādas barības vielas ir atkarīga arī no pārējo vielu pieejamības:



- Minerālais fosfors kā barības viela autotrofajiem organismiem veido organisko produkciju – ražu tikai tad, kad pietiekamā daudzumā ir arī slāpeklis;
- Fosfāts kā augu barības viela nevar aizstāt slāpekli – un arī otrādi!!!
- **Lībiga minimuma likums: Ražu (produkciju) ietekmē tas augšanas faktors, kurš ir mazākumā salīdzinot ar pārējiem faktoriem;**
- **Vides faktoru iedarbības likums (Mitscherlich, 1921): Produkciju nenosaka vis kāds viens faktors, bet kopējie faktori: Vajadzība pēc kādas barības vielas ir atkarīga arī no pārējo vielu pieejamības!**

- Lībīga minimuma likums: Ražu (produkciju) ietekmē tas augšanas faktors, kurš ir mazākumā salīdzinot ar pārējiem faktoriem;





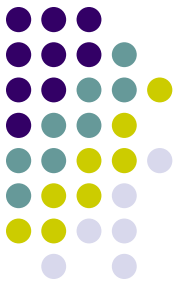
- **Ezera pirmprodukcijas lielums samazinās virzienā no ekvatora uz poliem;**

- To nosaka gaismas un enerģijas daudzums, kas tropos ir lielāks nekā polārajos apgabalos:
- Garākas veģetācijas sezonas
- Garākas dienas veģetācijas sezonā
- Augstāka ūdens temperatūra
- TAS VISS kopumā sekmē ātrāku barības vielu apriti apgaismotajā – eifotiskajā slānī, kur mineralizētās barības vielas spēj ātrāk nokļūt jaunā producēšanās ciklā, nevis nogulsnēties sedimentos!!!

Oligotrofu un eitrofu ezeru salīdzinošais raksturojums:

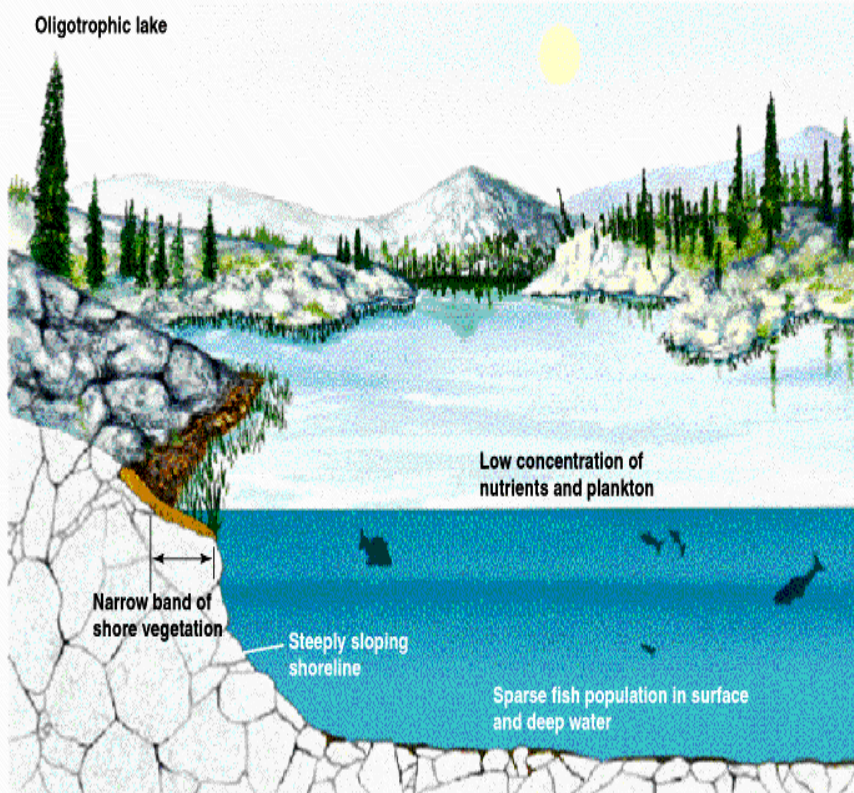


Parametri	Oligotrofs	Eitrofs
Morfometrija		
Epi/hipolimnijs	<1	>1
Pirmprodukcija	zema	augsta
Aļģu biomasa	zema	augsta
Barības vielas	maz	daudz
Zilaļģes masveidā nav		ir
Skābekļa patēriņš hipolimnijā%	<50	liels>100
O₂ profils	ortograds	klinograds
Fauna	Salmonidae	Cyprinidae

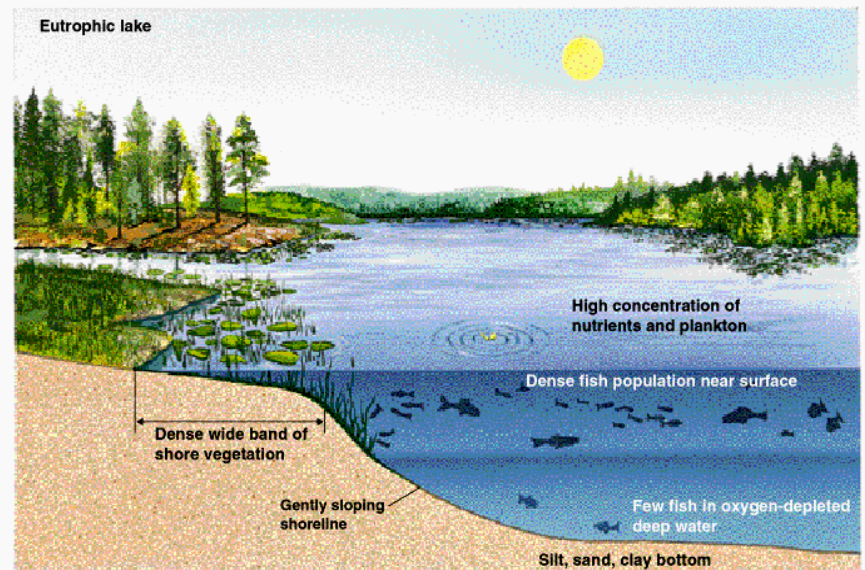


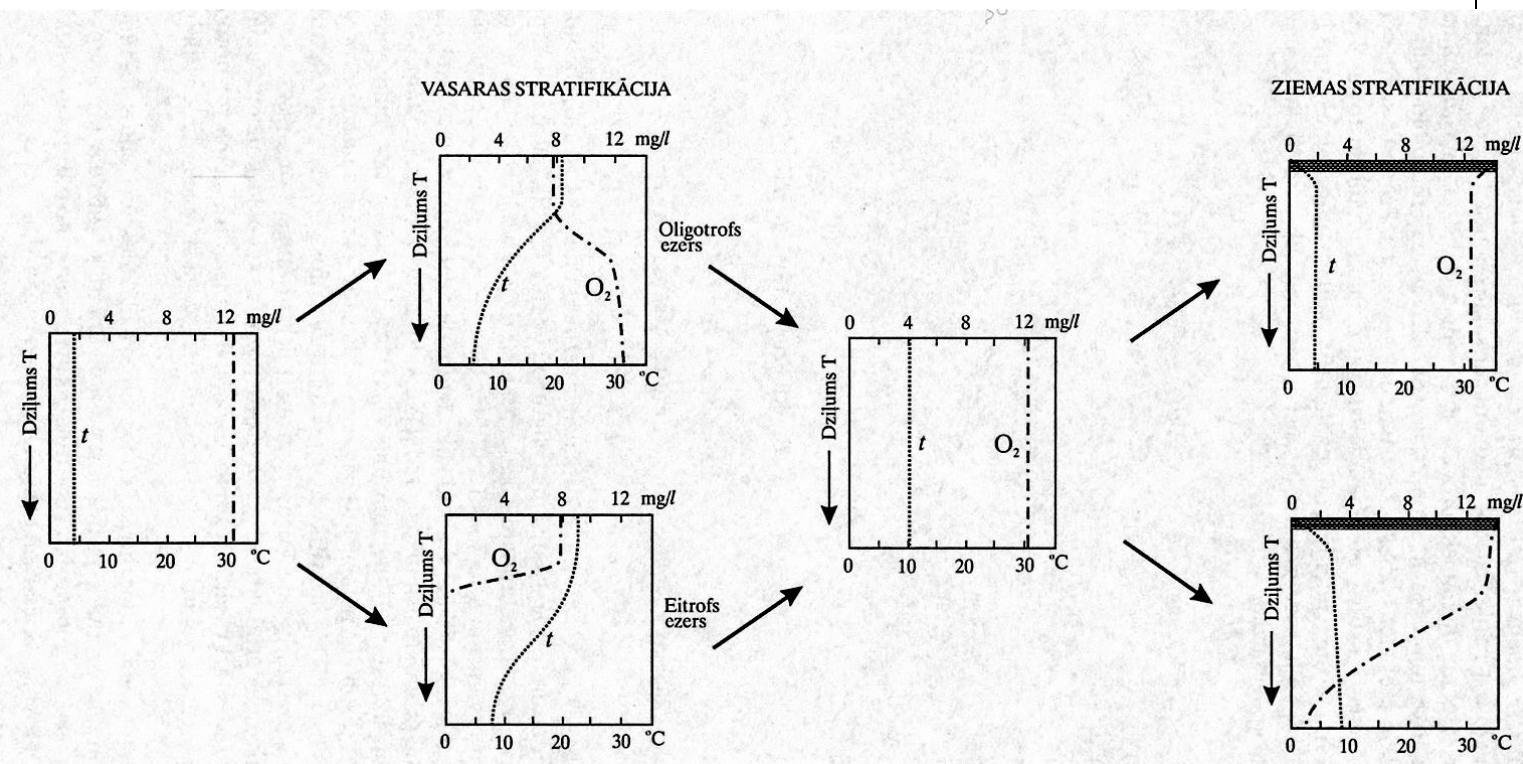
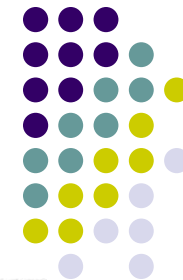
Oligotrofa un eitrofa ezera atšķirības

Thompson and Turk: Earth Science and the Environment, 2/e
Figure 10.27a



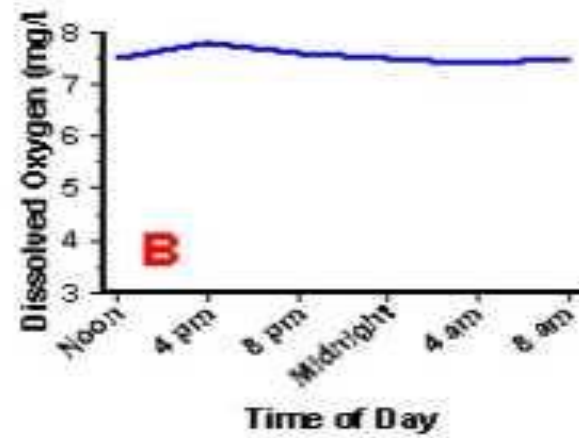
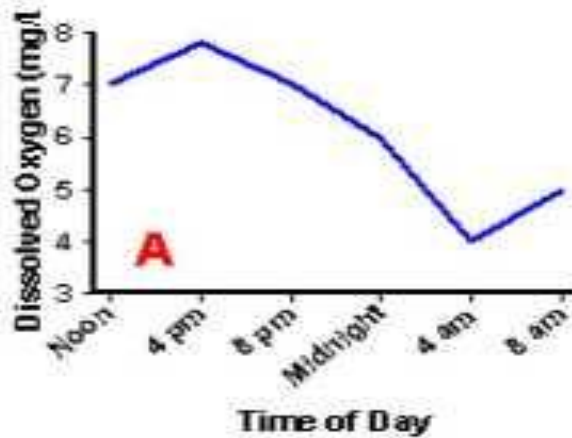
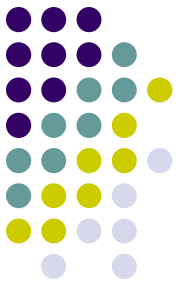
Thompson and Turk: Earth Science and the Environment, 2/e
Figure 10.28a

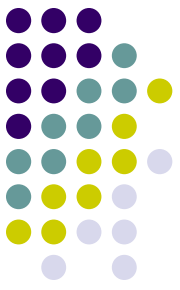




17. att. Skābekļa saturs un temperatūras stratifikācijas principiālā shēma eitrofā un oligotrofā ezera (pēc Wetzel, 1996).

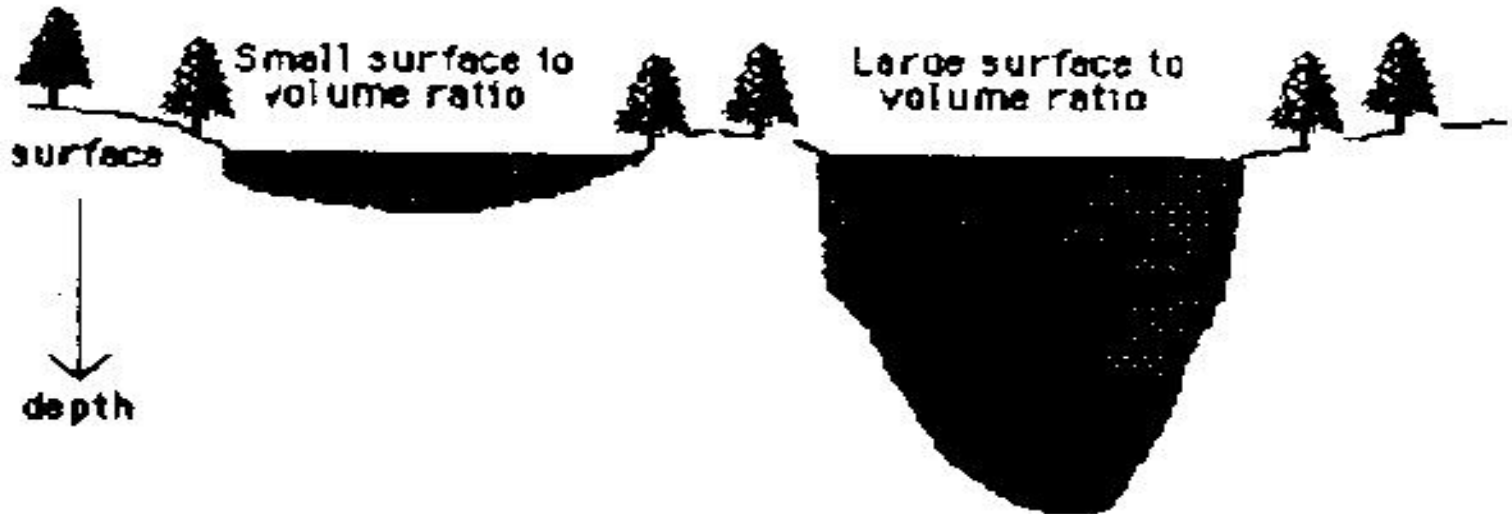
Vai eitrofā ezerā skābeklis vismazāk ir agri no rīta ? Kāpēc?

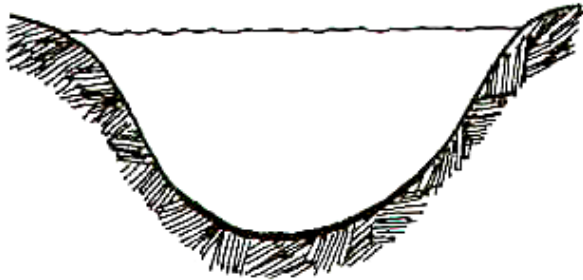
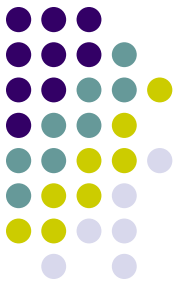




**Seklie ezeri ir pakļauti daudz lielākai eitrofikācijai,
jo tiem ir maza virsma/tilpuma attiecība!**

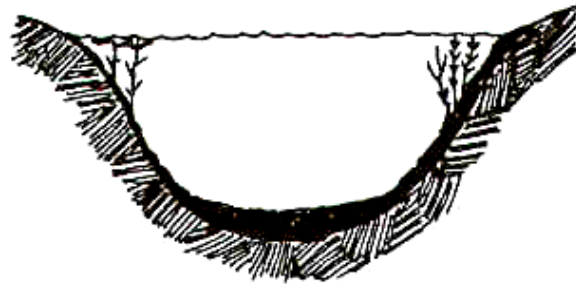
Surface to Volume Ratio





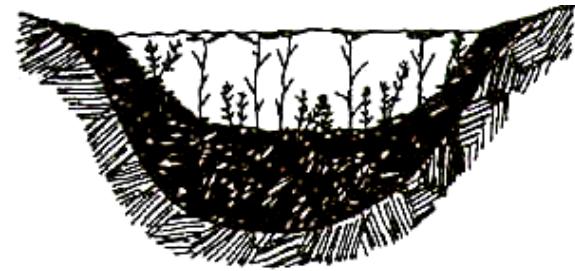
OLIGOTROPHIC

- Clear water, low productivity
- Very desirable fishery of large game fish



MESOTROPHIC

- Increased production
- Accumulated organic matter
- Occasional algal bloom
- Good fishery



EUTROPHIC

- Very productive
- May experience oxygen depletion
- Rough fish common

Ezeru attīstība

Klasiskā sukcesijas shēma (pieaug biogēnu daudzums):

oligotrofs → mezotrofs → eitrofs

Distrofikācija (humīnvielu ietekme):

eitrofs → diseitrofs

distrofs → diseitrofs

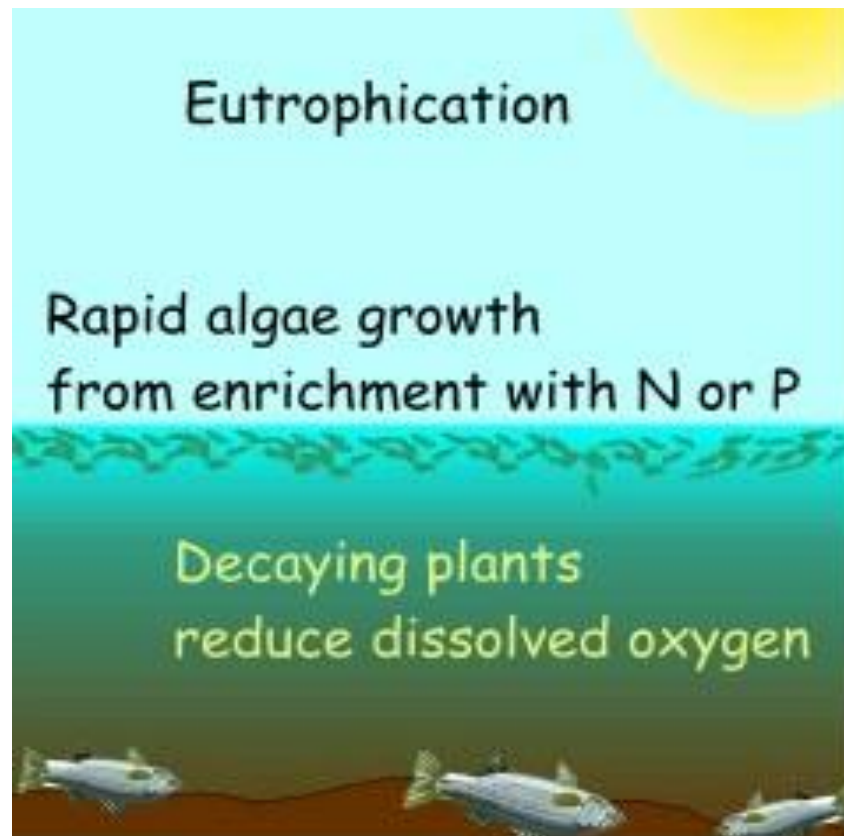
mezotrofs → oligodistrofs → diseitrofs

Antropogēnā ietekme:

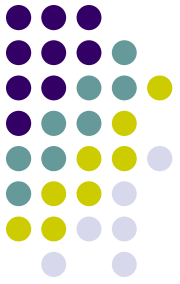
eitrofs → stipri eitrofs → hipereitrofs



Eitrofikācija un tās sekas

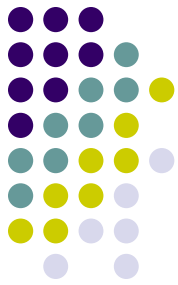


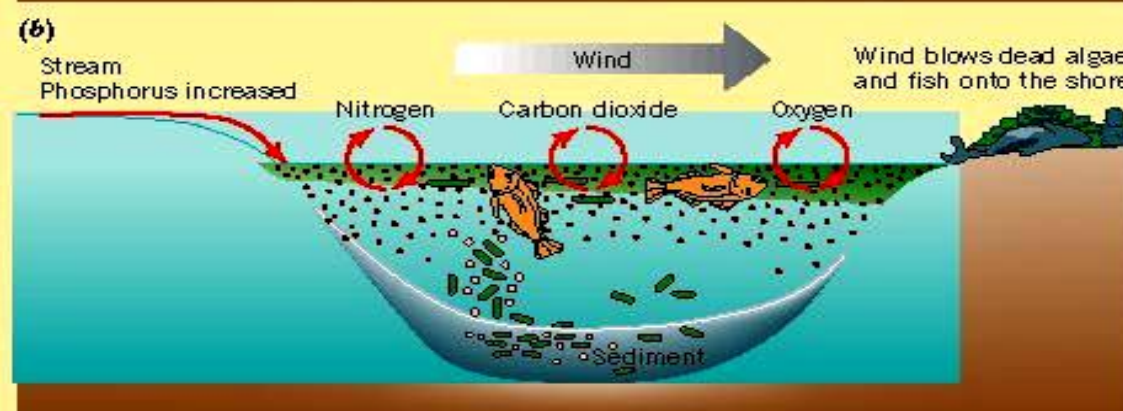
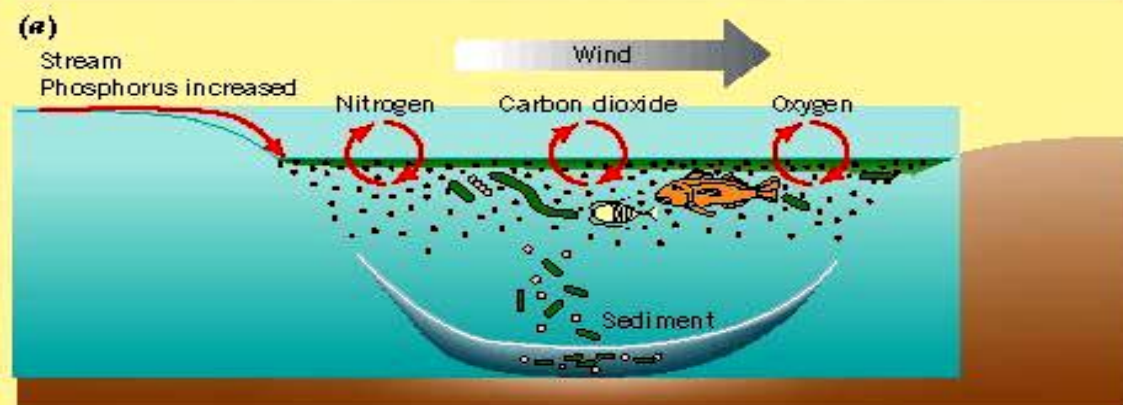
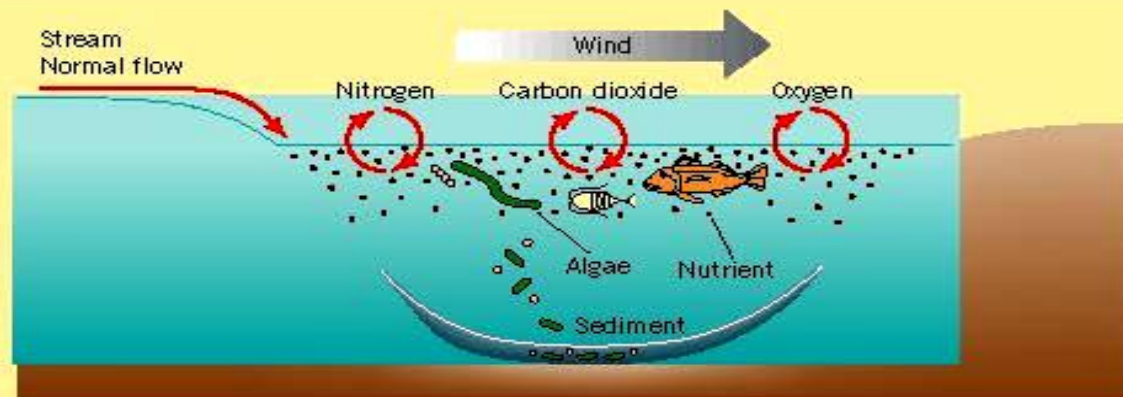
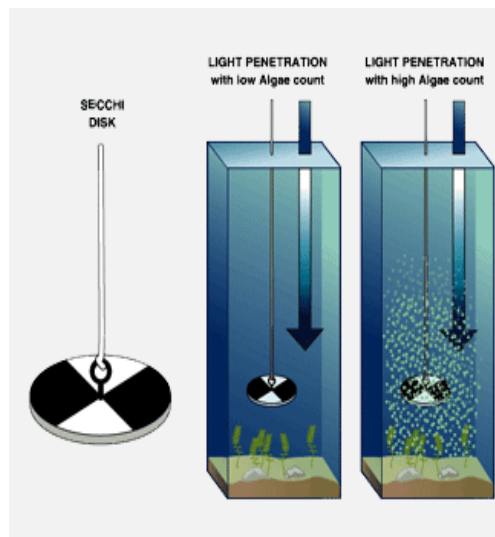
Fish and other aquatic life die



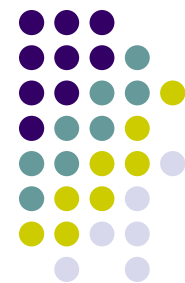
Eitrofikācijas cēloņi:

- 1) Ezeru līmeņa pazemināšanās pārliedas ezeru ekspluatācijas gaitā;
- 2) Strauja ezeru piedūņošanās ar sanesām no sateces baseina augsnes erozijas gaitā;
- 3) Ezeru paskābināšanās skābo nokrišņu ietekmē;
- 4) Ezeru saindēšanās ar toksiskajām vielām;
- 5) Tieša eitrofikācija difūzas vai punktveida barības vielu ieplūdes rezultātā.





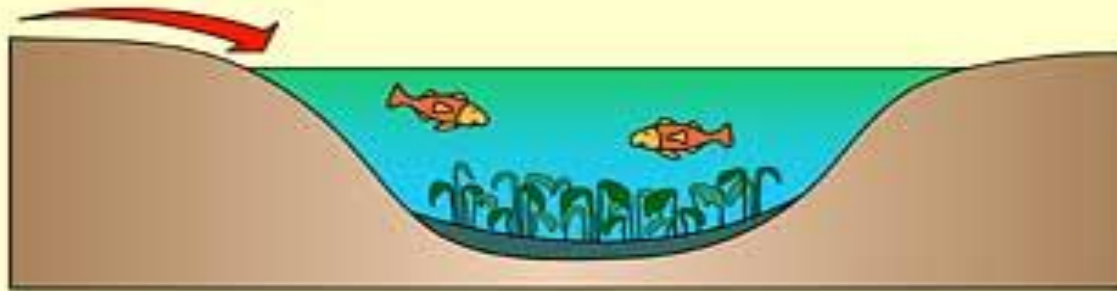
(c)



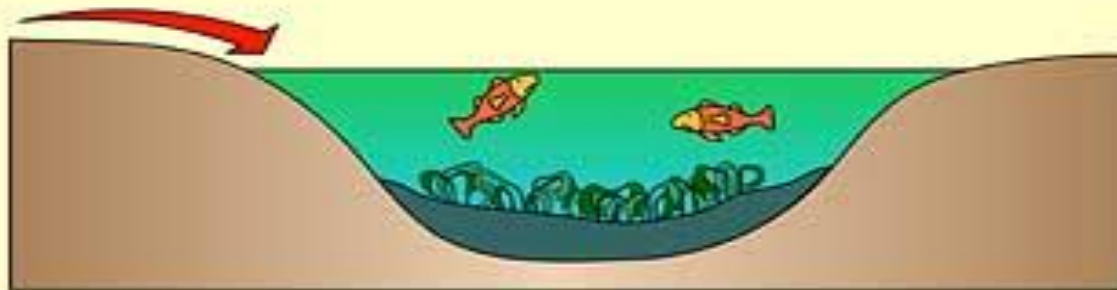
Eitrofikācijas rezultāts:

- **Ezeru ekosistēmu dezintegrācija - sairšana;**
- **Ezeru kā dzīves telpas daudzveidības zaudēšana;**
- **Panīkums augstāko augu vertikālajā sadalījumā**
- **Zivsaimniecības daudzveidības produktivitātes panīkums.**

Fertiliser run-off

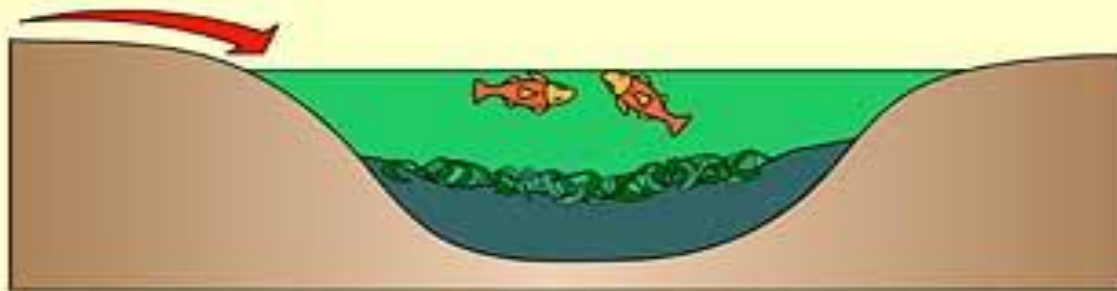


1. Algae grow fast, using up lots of oxygen and blocking sunlight



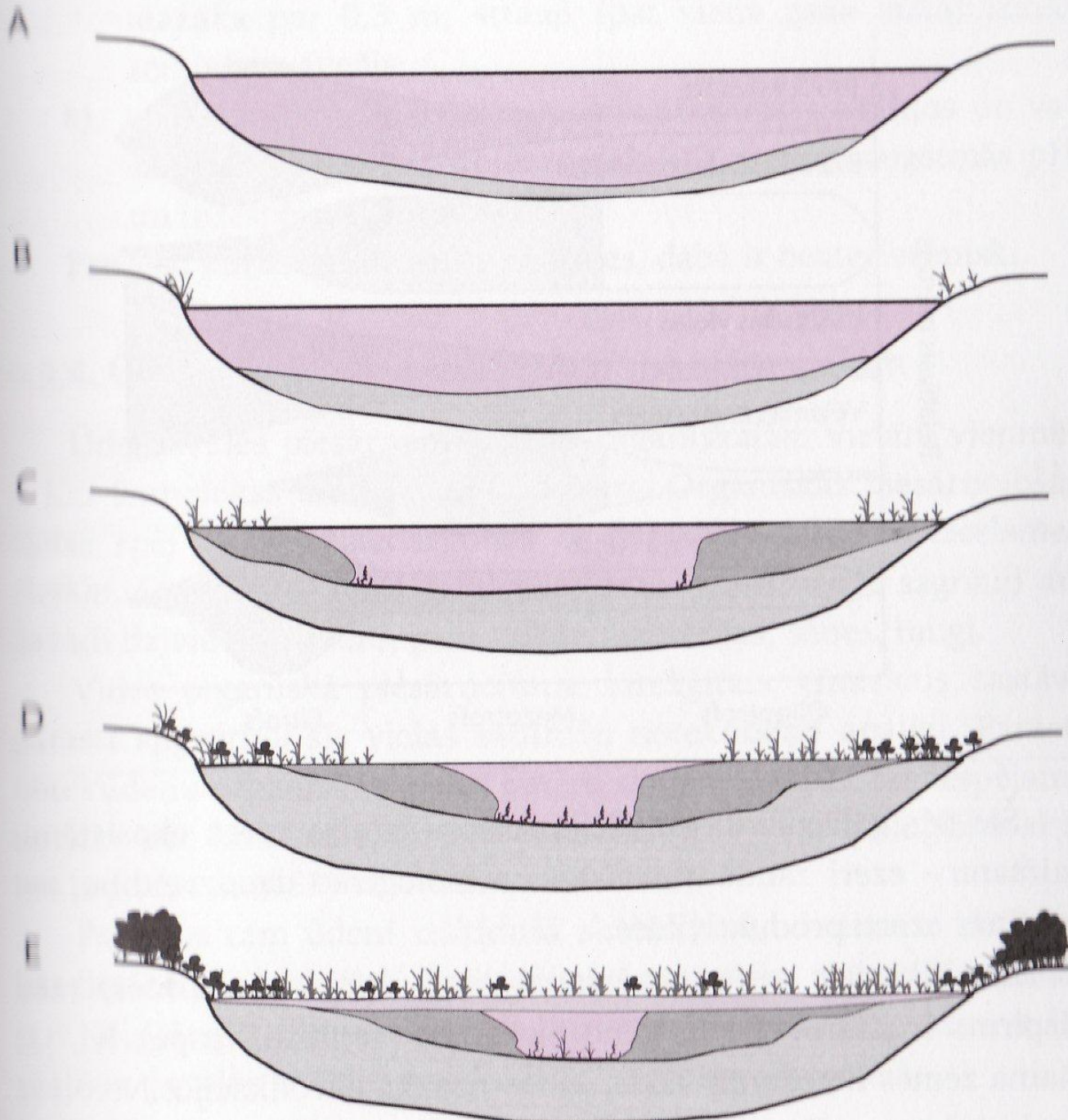
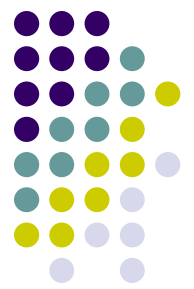
2. Aquatic plants begin to die

3. Dead matter provides food for microbes ...



4. ... increasing the competition for oxygen

5. Water becomes deoxygenated - fish die



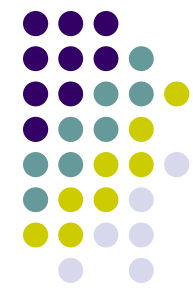
A

B

C

D

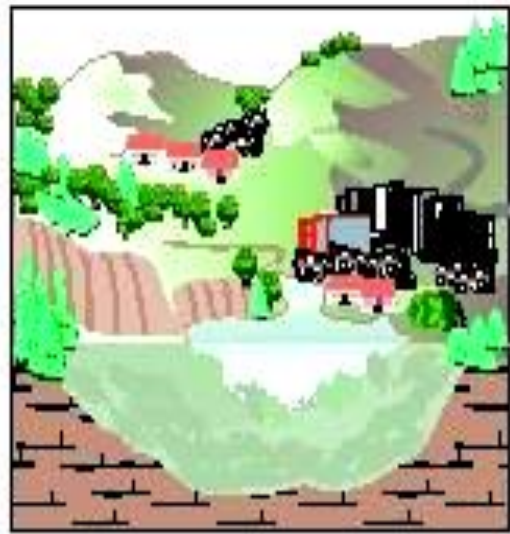
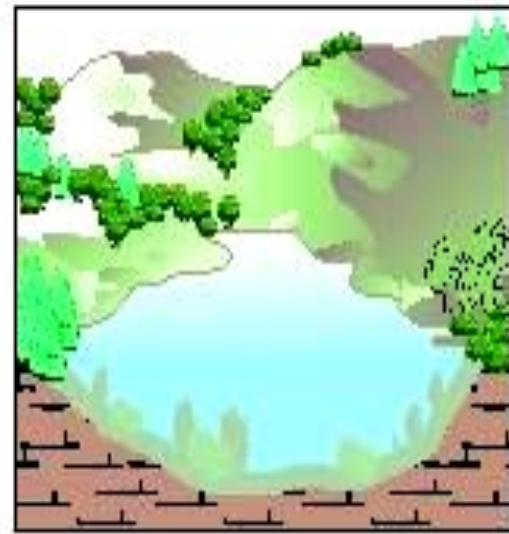
E



Oligotrophic

Mesotrophic

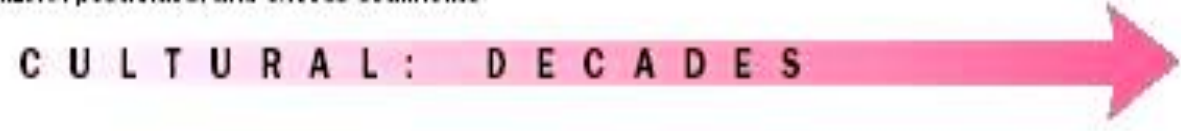
Eutrophic

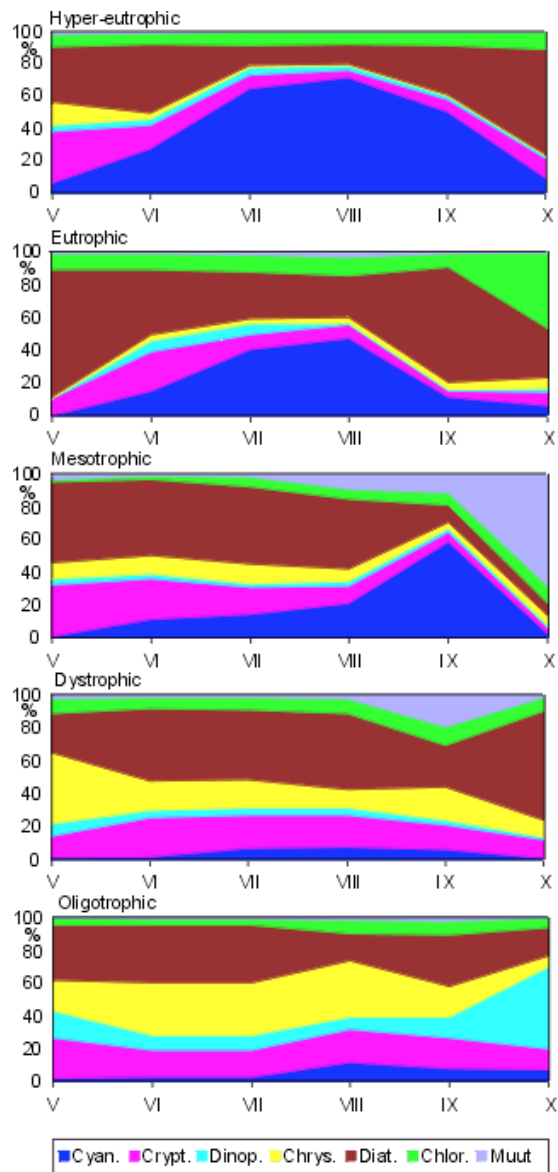


NATURAL EUTROPHICATION AND LAKE AGING occurs over centuries, and results from natural sources of nutrients and sediments



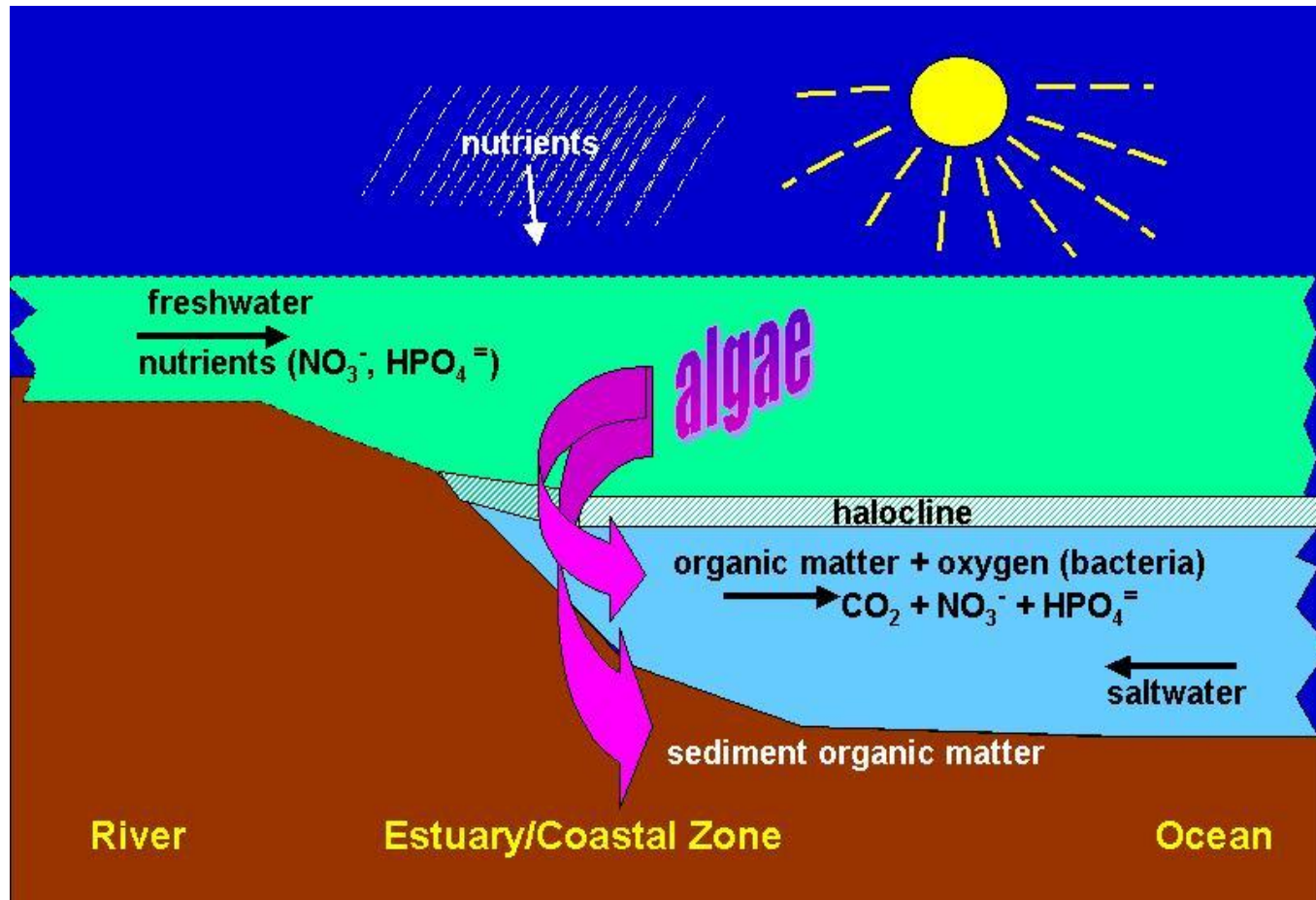
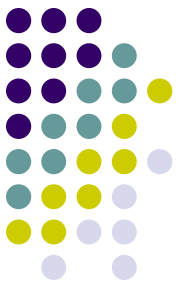
CULTURAL EUTROPHICATION AND LAKE AGING occurs over decades, and results from human-induced urban runoff, sewage effluent, industrial waste, fertilizers, pesticides, and excess sediments





Dažādas trofijas pakāpes ezeru fitoplanktona nodalījumu attīstība

Eitrofikācija estuārijā



Eitrofikācijas rezultāts:

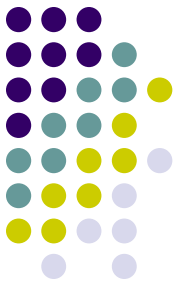


- Barošanās ķēdes kļūst arvien vienkāršākas
- Strauji samazinās 1., 2., 3., kārtas konsumentu īpatsvars
- Producentu masa pieaug uz dažu masveidā savairojušos sugu – visbiežāk zilaļģu *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* rēķina

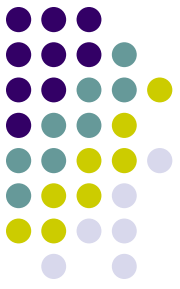


No Uhlmann, 1982

“HYDROBIOLOGIE”



- Ekoloģiskā teorēma: daudzveidība noved pie stabilitātes
- Galvenais garants – sistēmas kompleksums (kompleksums=stabilitāte)
- No šī pieņēmuma izriet rīcības motivācija aizsargājamo teritoriju lielās sugu daudzveidības saglabāšanai!!!
- Vienas sugas ekosistēma saglabājama tikai tad ja izslēdz ārējās ietekmes!
- Sistēmas elementi paliek konstanti – dabā tas nav iespējams un vienas sugas ekosistēma nepastāv!

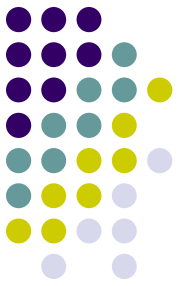


- **Saldūdens ekosistēmās nevar konstatēt korelāciju starp sugu daudzveidību un stabilitāti;**
- **Augstākā sugu daudzveidība ir mezotrofos un vāji eitrofos seklos ezeros;**
- **Stipri eitrofos ezeros sugu daudzveidība ir niecīga;**
- **Stabilākas ir vecākas nobriedušas ekosistēmas**



- **Oligotrofo ezeru ekosistēmas ir nestabilas – vajag ļoti niecīgas ietekmes, lai paātrinātu sistēmas pārmaiņas un eitrofikāciju;**
- **Oligotrofie ezeri, neskatoties uz pietiekami lielu sugu daudzveidību ir nenoturīgi pret traucējumiem;**
- **Oligotrofam ezeram kļūstot par eitrofu, pieaug tā stabilitāte un noturības pakāpe pret lielākiem ārējiem traucējumiem, kaut gan sugu daudzveidība ir mazāka!**

EZERU PRODUKTIVITĀTES RINDA:



oligotrofs>mezotrofs>eitrofs>politrofs>hipereitrofs

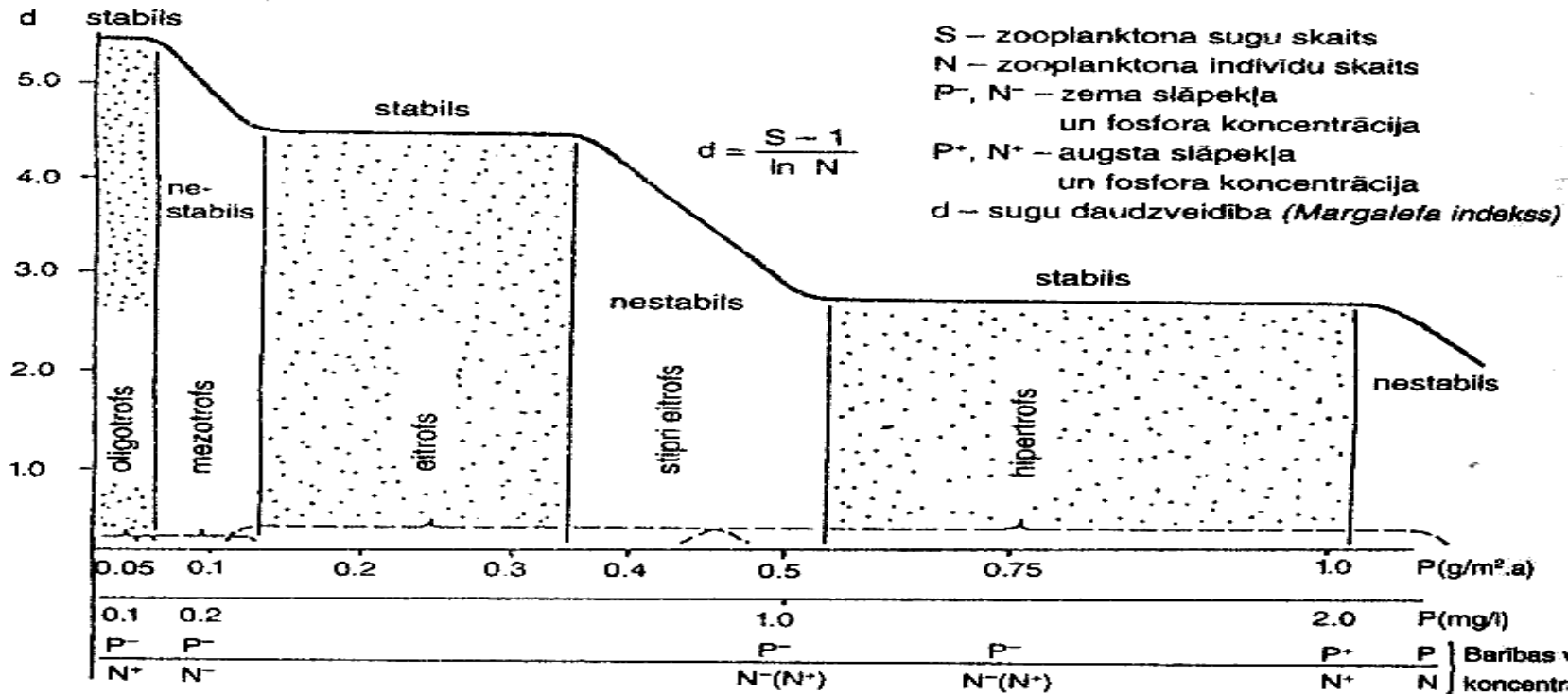
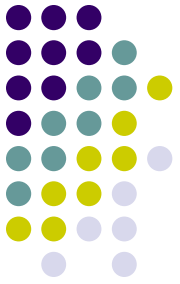
Stabilitātes apgabals oligotrofos ezeros ir ievērojami šaurāks nekā eitrofos;

Ezeru eitrofikācijas procesa sākotnējos etapos pārejā no oligotrofā uz eitrofo stāvokli samazinās ūdensaugu un sīko ūdensdzīvnieku sugu daudzveidība;

Pieaug ūdensputnu sugu daudzveidība;

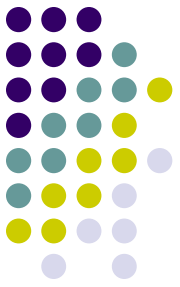
Attīstība no oligotrofa līdz eitrofam notiek viļņveidīgi-izejot cauri vairākām stabilitātes un nestabilitātes fāzēm.

Fosfora daudzuma ietekme uz stabilitāti un trofiju ezeros

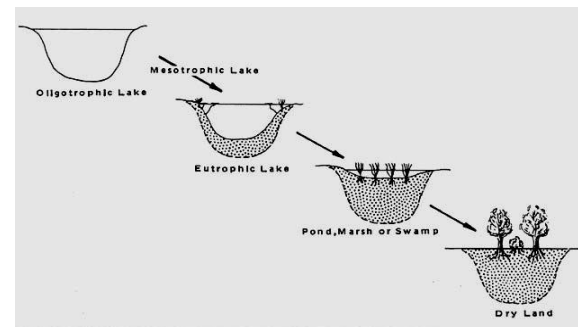


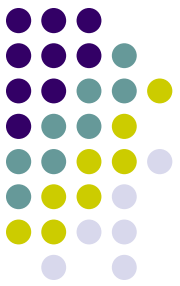
10. 2. att. Fosfora daudzuma ietekme uz stabilitāti un trofiju ezeros (pēc Kalbe, 1996).

Oligo-eitrofā sukcesija

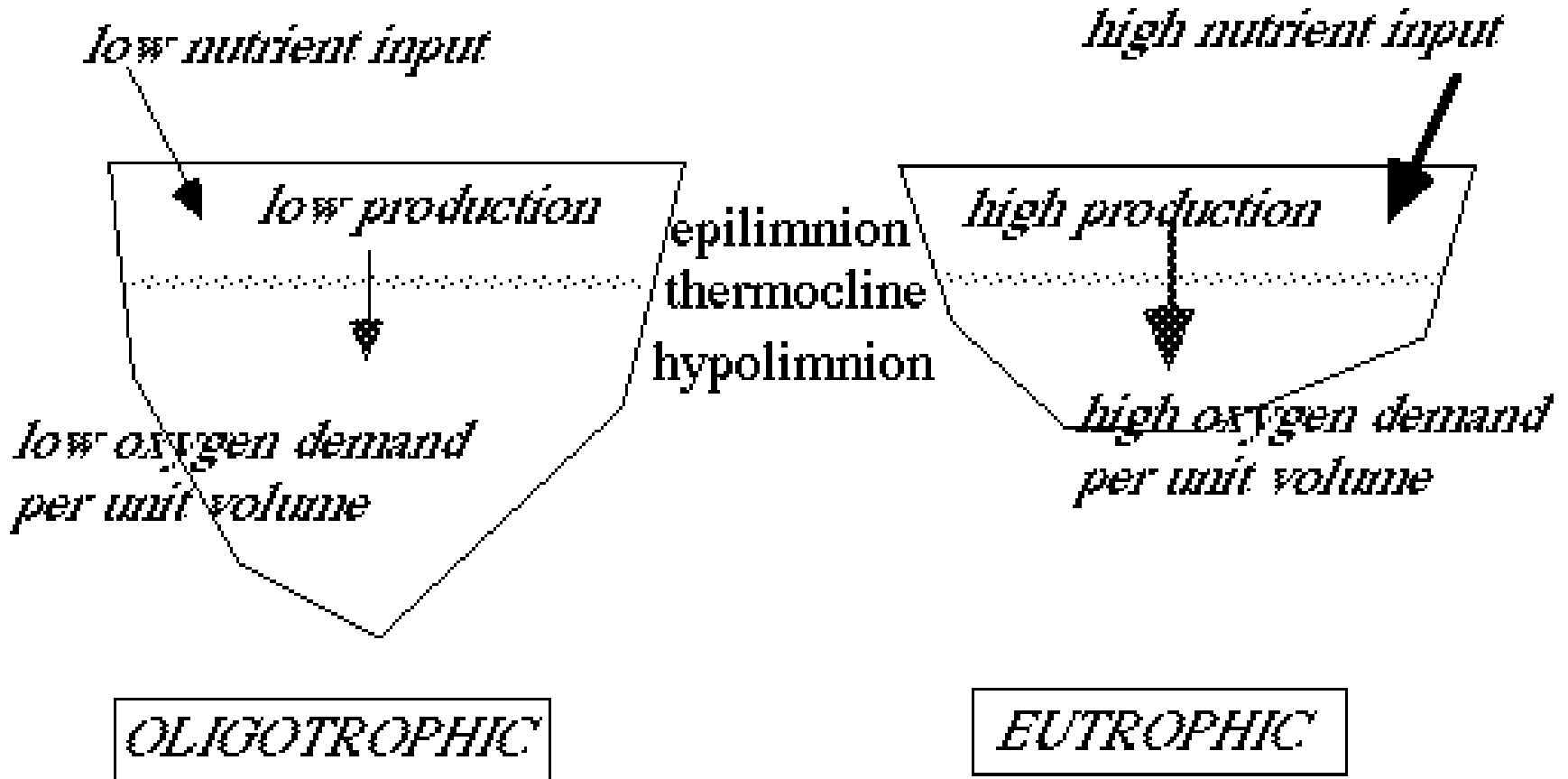
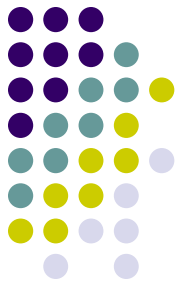
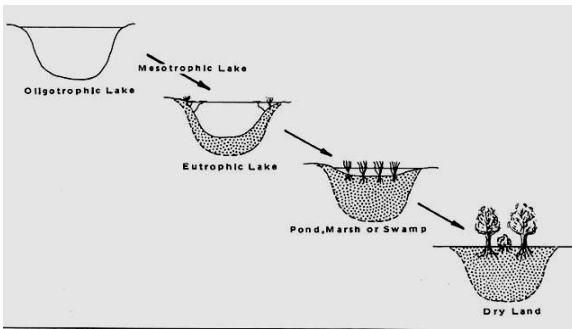


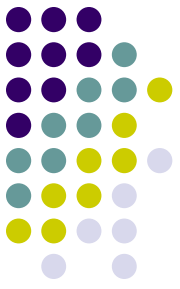
- Viena sabiedrība laika ritumā nomaina otru – sukcesija;
- Atsevišķi sukcesijas posmi – stadijas;
- Sukcesija sākas no sākotnējām pioniersugu sabiedrībām (aļģes, sēnes, sūnas, u.c.);
- Ja sukcesijas gaitu neietekmē cilvēks – primārā progresīvā sukcesija (ezeru pārpurvošanās, aizaugšana);





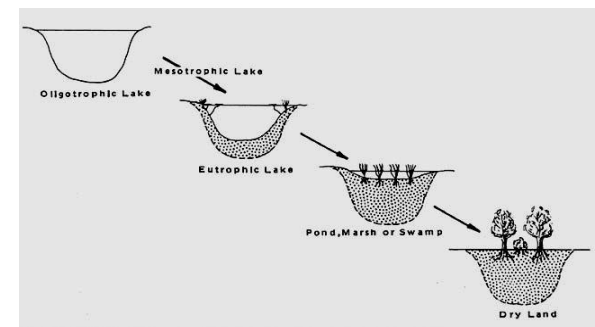
- **Cilvēka iedarbības rezultātā – sekundārā progresīvā sukcesija (kailciršu apaugšana);**
- **Regresīvā sukcesija – gruntsūdeņu līmeņa celšanās un tai sekojošā augu sabiedrību nomaiņa uz primitīvāku sabiedrību (no jauktā meža tipa uz pārpurvotu sīkmežu;**
- **Klimata, augsnes un antropogēnā faktora kombinēta iedarbība var uzturēt attīstību kādā starpstadijā – paraklimaksa sabiedrību:**
- **EZERU PĀRPURVOŠANĀS – ilgstošā laika periodā sākotnējo mieturaļģu sabiedrību nomainīja glīvenes, vēlāk niedres un meldri, tad grīšļi, alkšņi, kārķļu krūmājs – tā ir progresīvā neatgriezeniskā sukcesija!**



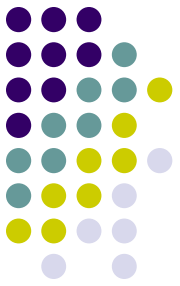


Ezeru oligo-eitrofā sukcesija

- Pirmkārt skar ūdenstilpes ar lielu brīvo ūdens platību – limnofloras un limnofaunas attīstībai pietiekams dziļums;
- Oligotrofu ezeru gadījumā vispirms jānovērtē baseina ietekme (augšnes erozijas spējas un mežainība);
- Eitrofikācija kā dabisks process sākas ar organisko vielu uzkrāšanos;
- Tam seko ezera produktivitātes pieaugums;
- Aļģu masveida savairošanās-”ziedēšana”
- Oligotrofajos ezeros **neveidojās organisko vielu pārpalikumi – vielumaiņa – noslēgta tipa**



Oligotrofie ezeri



- Oligotrofie ezeri –dziļi;
- Apakšējā trofolītiskā slāņa ir mazāks par augšējā slāņa biezumu;
- Epilimnijā veidojas organismu biomasa, kas satur organiski saistīto fosforu;
- Pārējā fosfora daļa kopā ar beigtajiem organismiem nogrimst, sedimentējas hipolimnijā, uzkrājas gruntīs; Fosfors daļēji tiek izslēgts no aprites!
- Ja piegrunts slānī sāk veidoties anaerobie apstākļi, tad fosfors atbrīvojas no grūti šķīstošajiem savienojumiem un atkārtoti nonāk aprītē epilimnijā!!!

SĀKĀS EITROFIKĀCIJA!!!



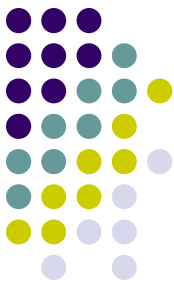
- Ar šo atkārtotās aprites īpatsvara pieaugumu sākās sukcesijas mezotrofā stadija;
- Tā tālāk pāriet eitrofajā stadijā;
- Oligo-mezotrofu ezeru gultni klāj labi oksidēta gaišbrūna vai sūnzaļa
- Dūņa -Gyttia



Oligotrofijas īpatnības

- **Nogulsnējumi – nešķīstošas minerālvielas (kramaļģu čaulas)- to masa neliela;**
- **Oligotrofijas galvenā pazīme – mineralizācija noslēgta, kas aizkavē ezera aizaugšanu un pārpurvošanos!**
- **Zivju kopējais skaits neliels, indivīdu barojums labs, augsta individuālā produktivitāte.**

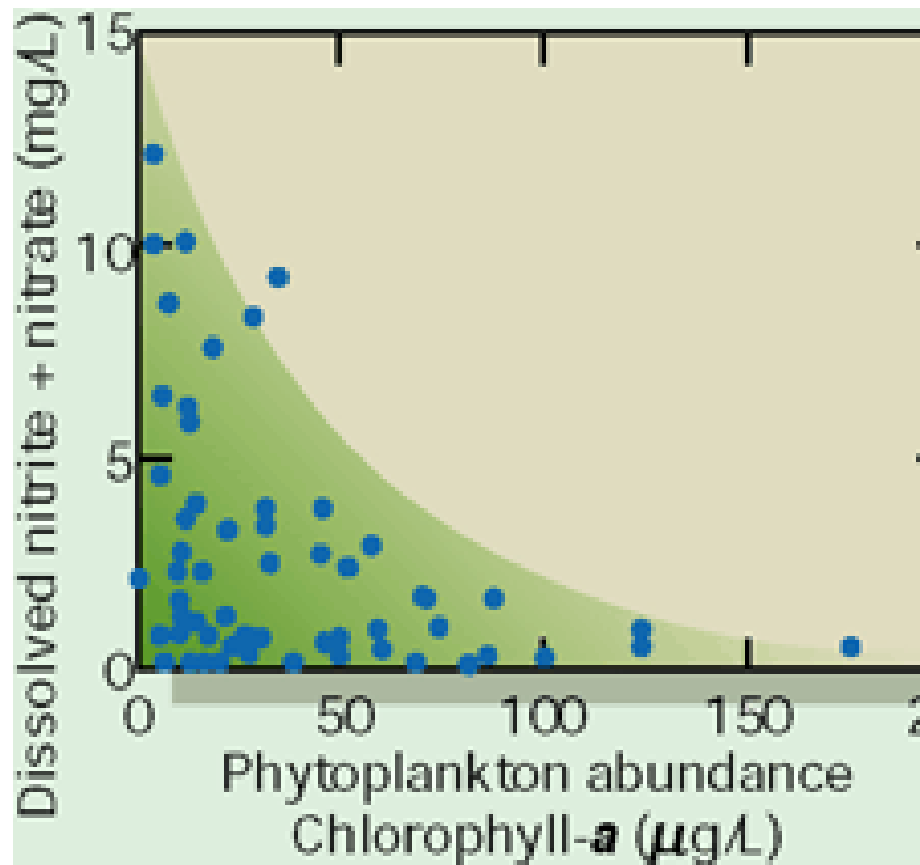
Eitrofs ezers



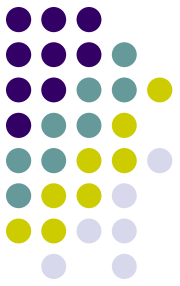
- Organisko vielu pirmprodukcija ir liela;
- Tā netiek patērēta;
- Ūdens duļķains;
- Nemeneralizētās vielas veido dūņu nogulumus;
- Samazinās ezera dziļums;
- Gadu gaitā ezers izzūd – pārpurvojās;
- Ezera mineralizācijas cikls – nepilnīgs un nenoslēgts
- Sašaurinās eifotiskā zona;
- Litorāle aizaug;
- Vērtīgo zivju nārsta vietas izzūd;
- Intensīvi vasarā zied aļģes!!!

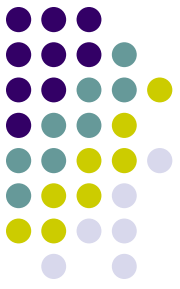


Eitrofikācijas rezultāti



Eitrofikācijas rezultāti



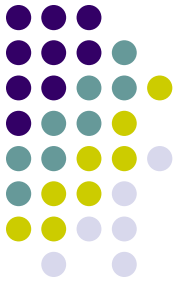
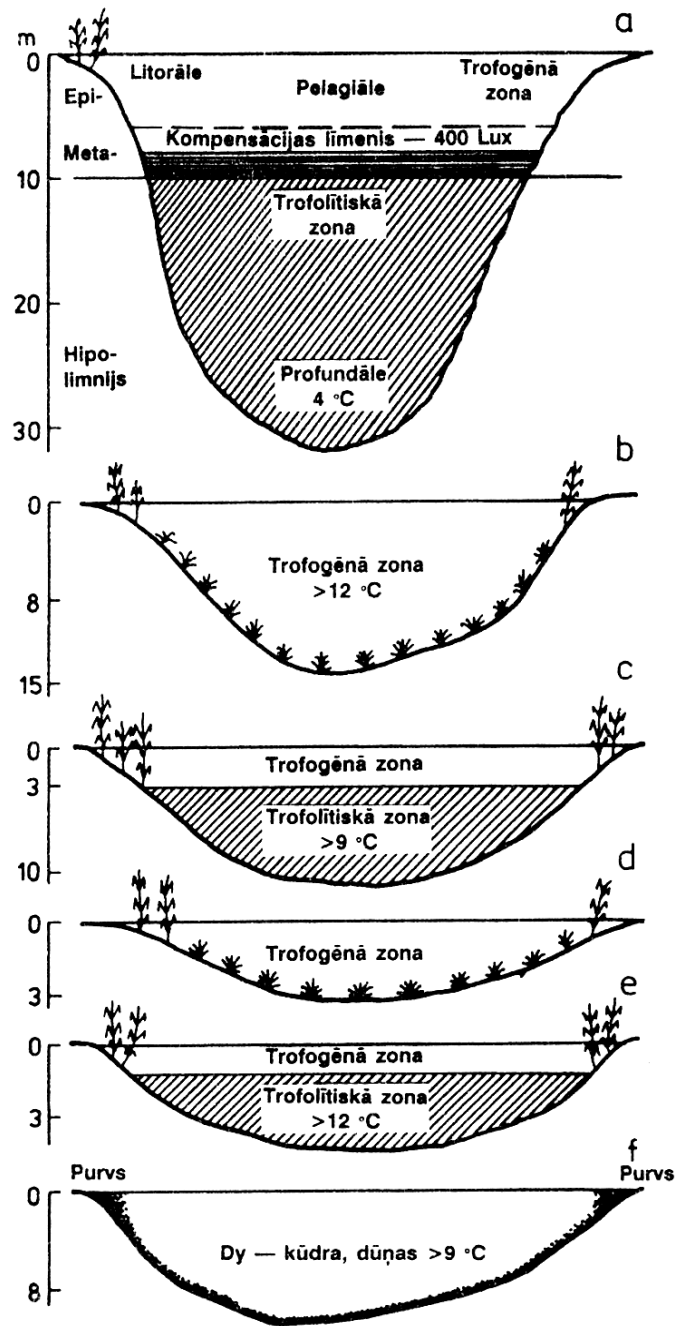


Apaugumi-eitrofikācijas rādītāji



Eitrofs un Oligofs ezeri

Pēc prof. P. Cimdiņa



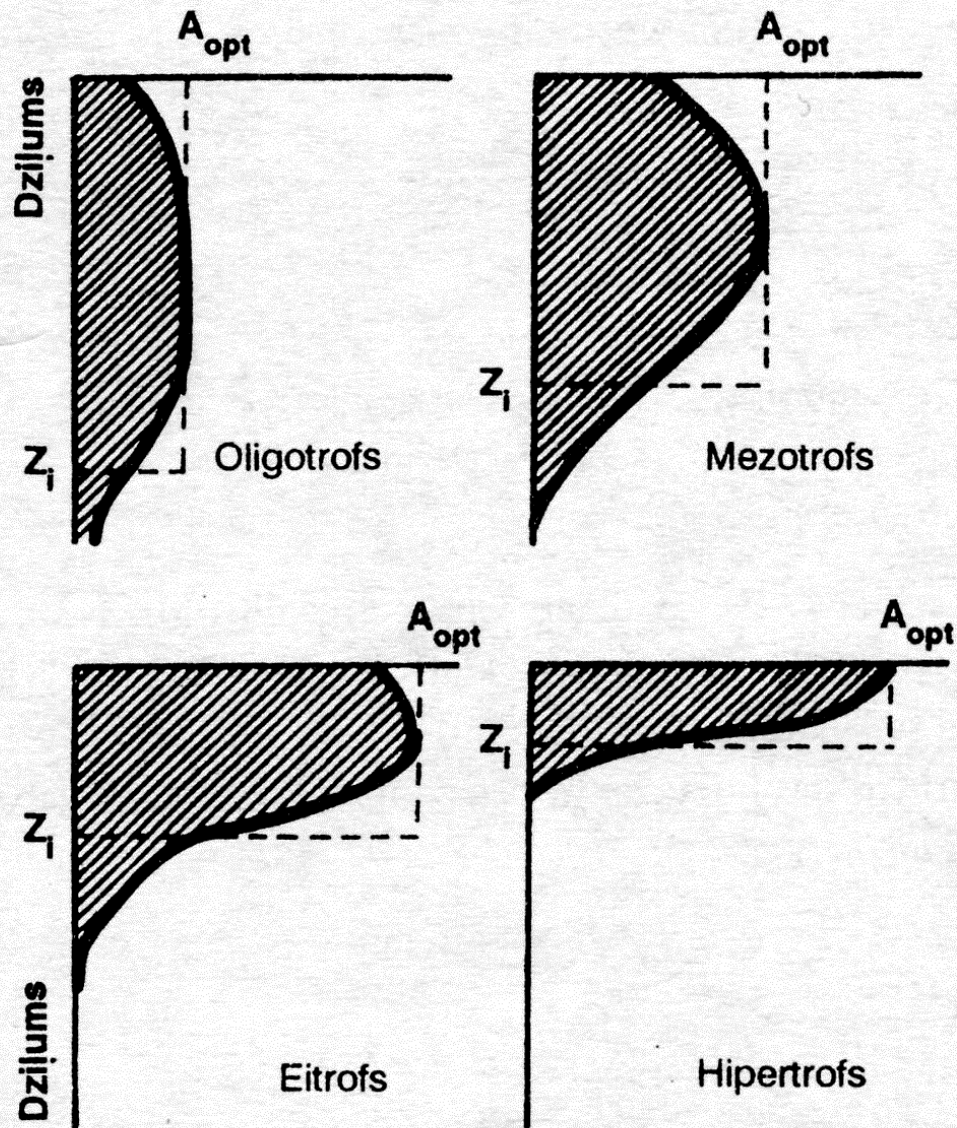
10. 3. att. Ezeru limnoloģiskie tipi Latvijā.



Turpmākā eitrofo ezeru attīstība:

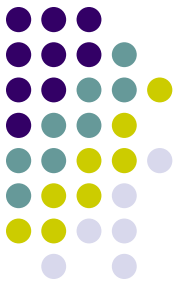
- Ja eutrofikācija notiek galvenokārt uz barības vielu īsās aprites cikla rēķina (pievadot barības vielas minerālsāļu formā ar mēslojumu vai notekūdeņiem),
- sākas ļoti strauja aļģu ziedēšana,
- attīstās 2-3 zilaļģu sugas,
- gaismas iespiešanās ezerā niecīga,
- Tā kļūst par limitējošo faktoru ūdens augiem,
- Tie iet bojā – ezers kļūst hipertrofs!!!
- Tad sāksies augāja iespiešanās ezerā no litorāles zonas – ezers pāries politrofajā attīstības stadijā!!!

Fotosintēze/Tilpums



10. 1. att. Shematiskie produkcijas profili dažādas trofijas ezeros
(pēc Schwoerbel, 1993).

Politrofs ezers (makrofītu tipa ezers)



- **Vasarā raksturīga normāla dzidrība;**
- **Ūdens caurredzamība pārsniedz 1 metru;**
- **Ezers barības vielām bagāts;**
- **Vielu aprīte strauja;**
- **To veicina uz peldošām saliņām un slīkšņās ligzdojošie ūdensputni;**
- **Zivju pieaugums vasarā – straujš;**
- **Ziemā, zemledus apstākļos, spēcīgā biomasas un skābekļa producēšana apstājas;**
- **Sākas noārdīšanās procesi!!!!**

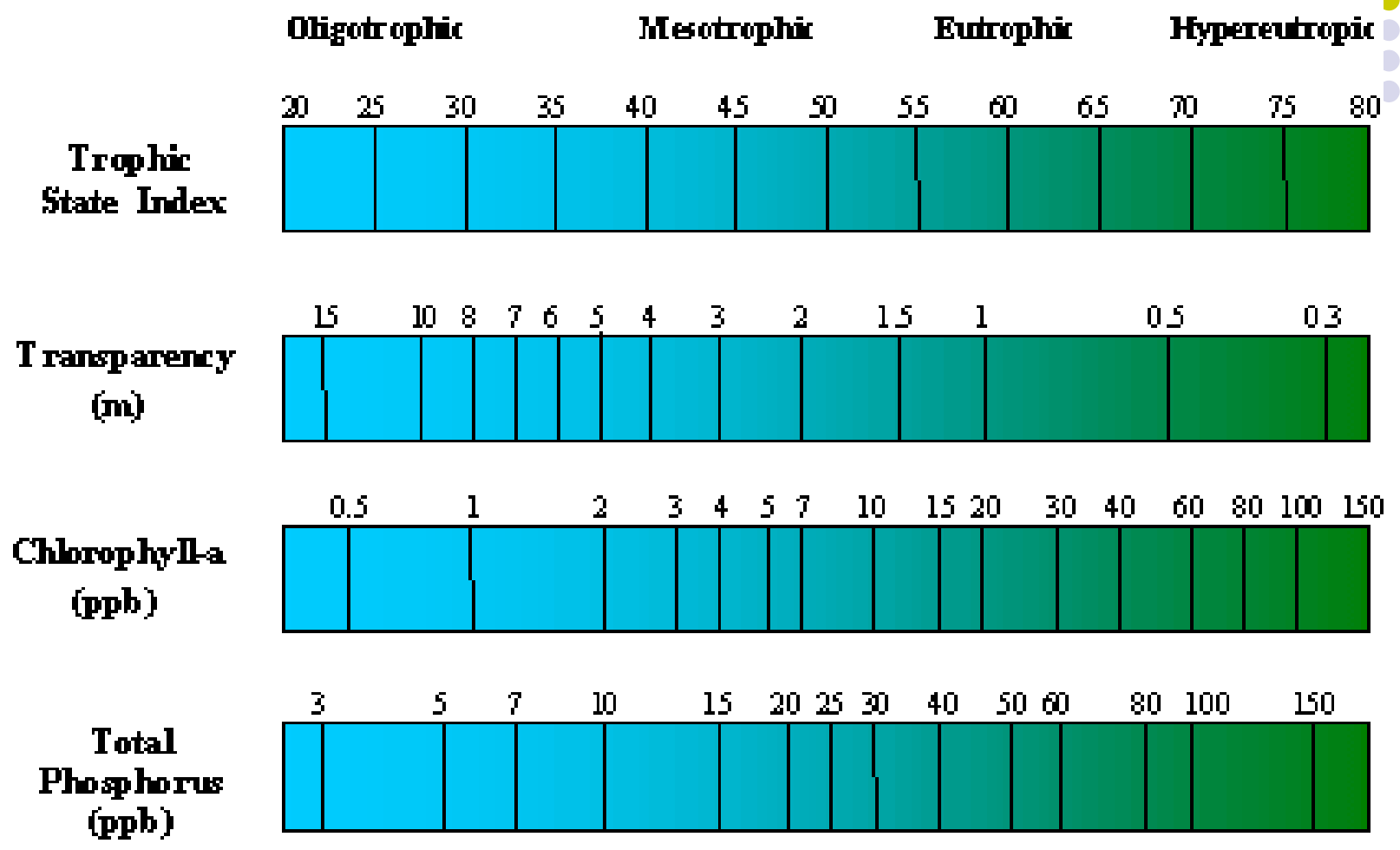
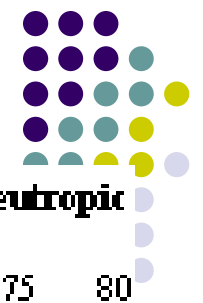


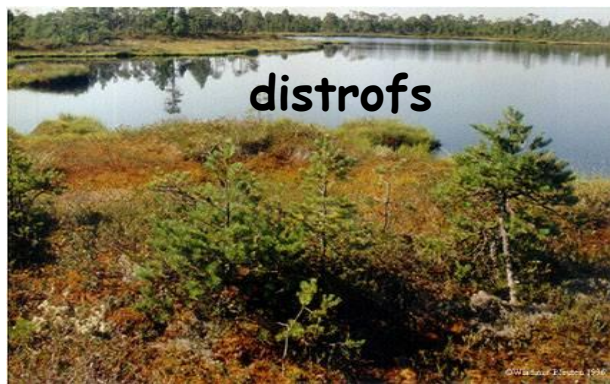
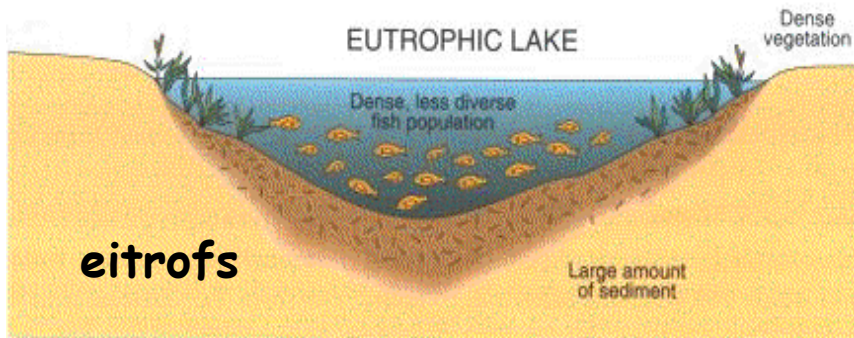
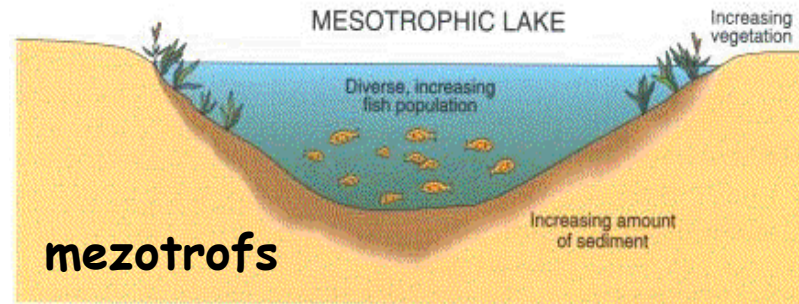
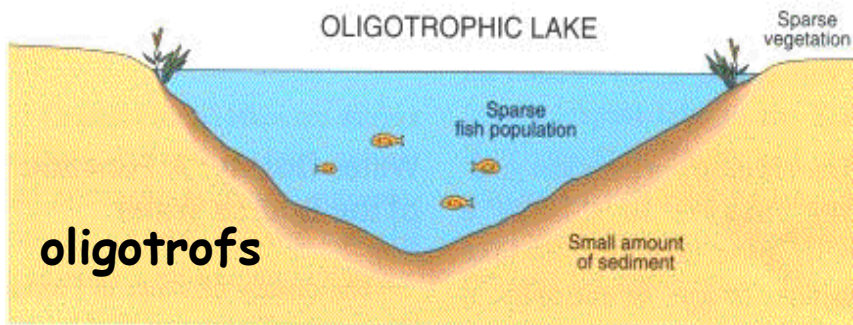
- Rudens cirkulācijas gaitā ūdenī iekļuvušais skābeklis noārdīšanās procesiem pietiek īsam laikam;
- Tādēļ te izdzīvo karūsas, līņi, retāk raudas, asari, līdakas;
- Politrofs ezers strauji pārprvojas, taču paliek dzidrs līdz pēdējai ūdens lāsei;
- Politrofs ezers ezers atšķirībā no hipertrofta attīstās pa garā cikla cikla līniju – barības vielas organismos un sedimentos ir saistītā veidā.



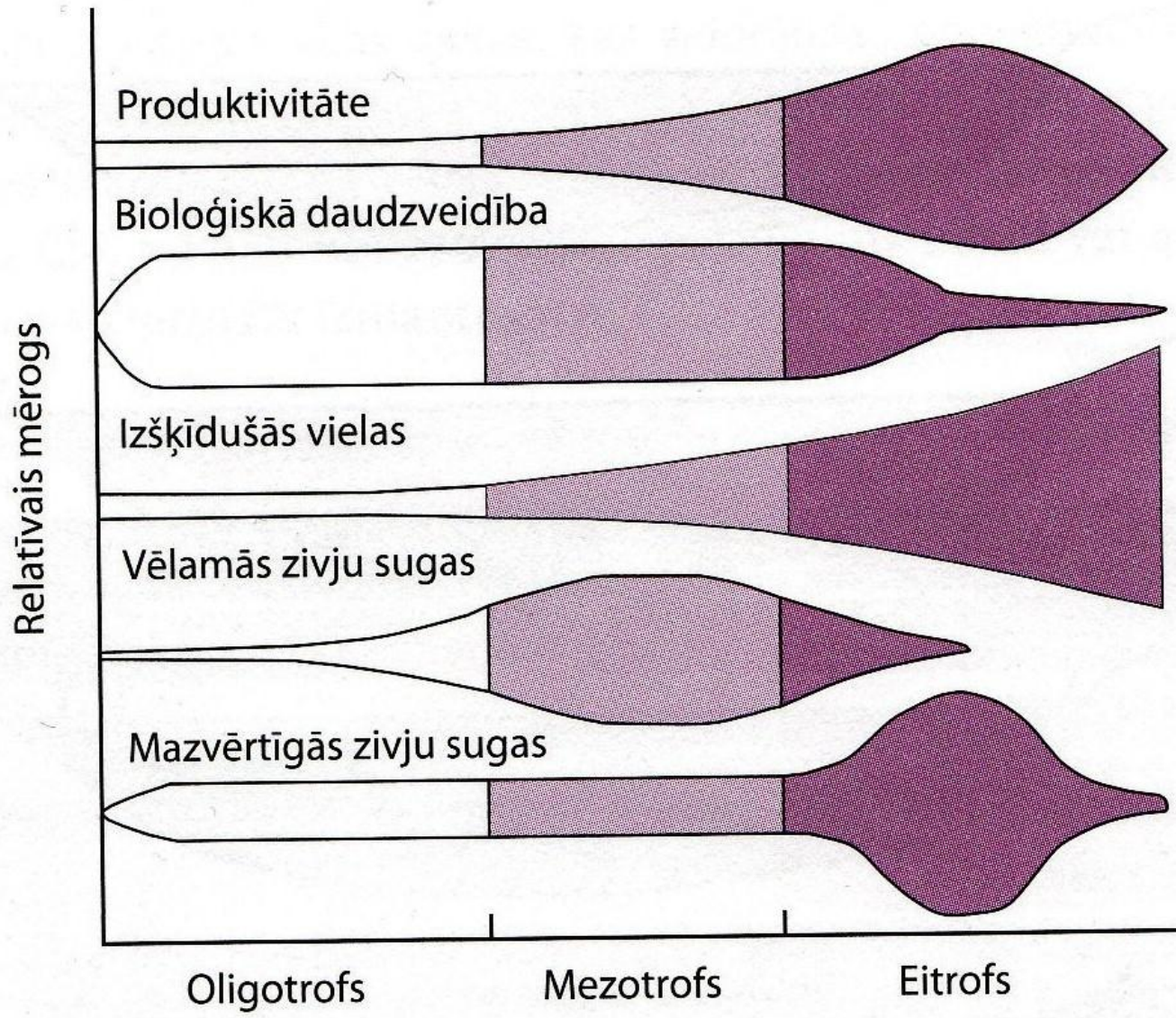
Ezeru aizaugšana

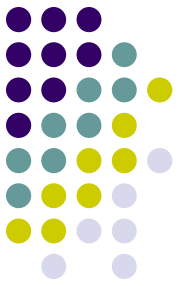
- Aizaugšana –producēšana sākas ar augstākajiem augiem ;
- Politrofiju dēvē par eitrofikāciju ar augstākiem ūdens augiem;
- Ūdensaugi lēni atmirst;
- Mineralizējās nepilnīgi;
- Rodas gan substrāts, gan minerālvielas tālākai aizaugšanai.





"EZERU TIPOLOĢIJA" pēc to barošanās tipa





Ezeru attīstības shēma pēc Vetcela

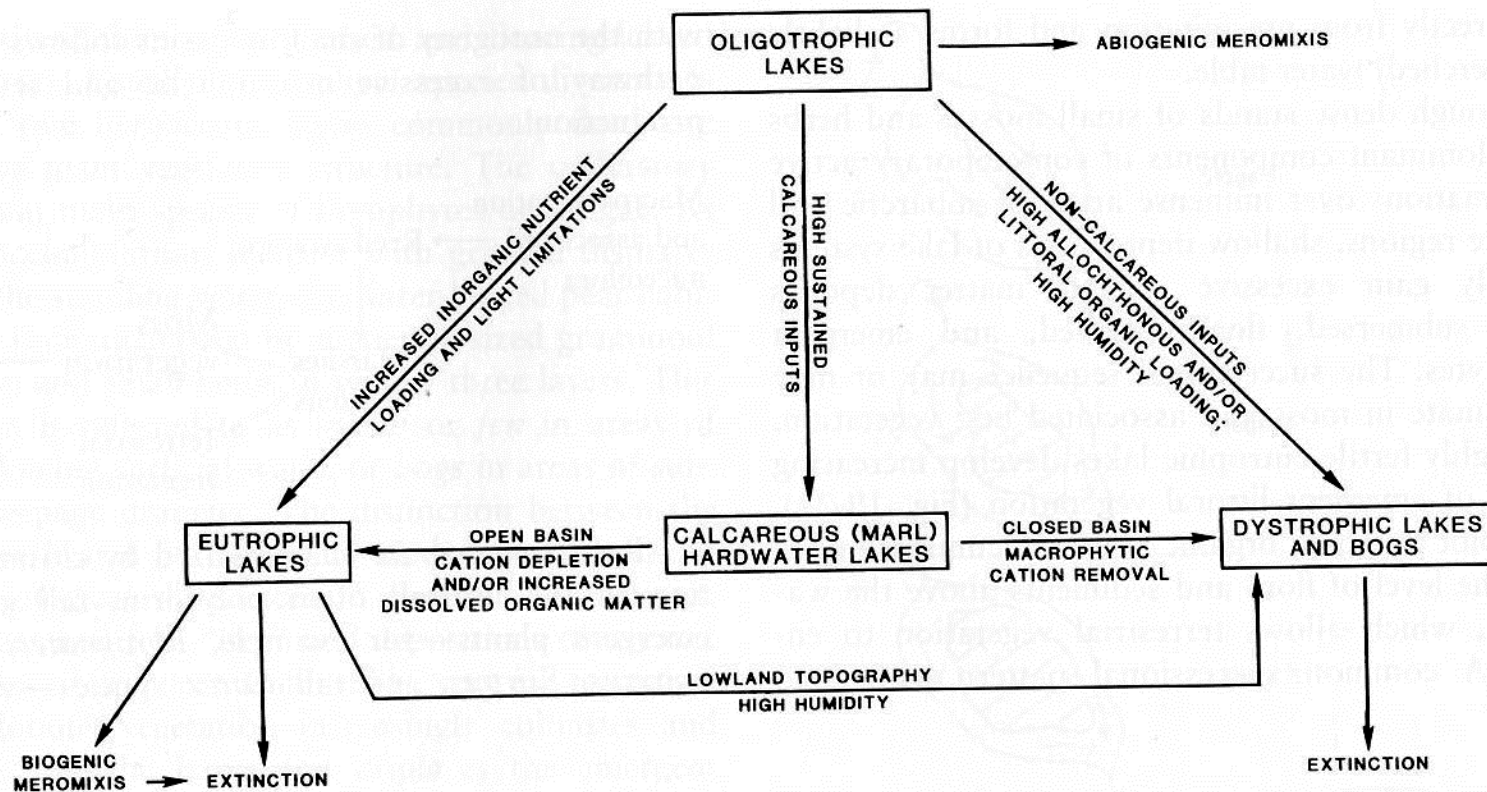
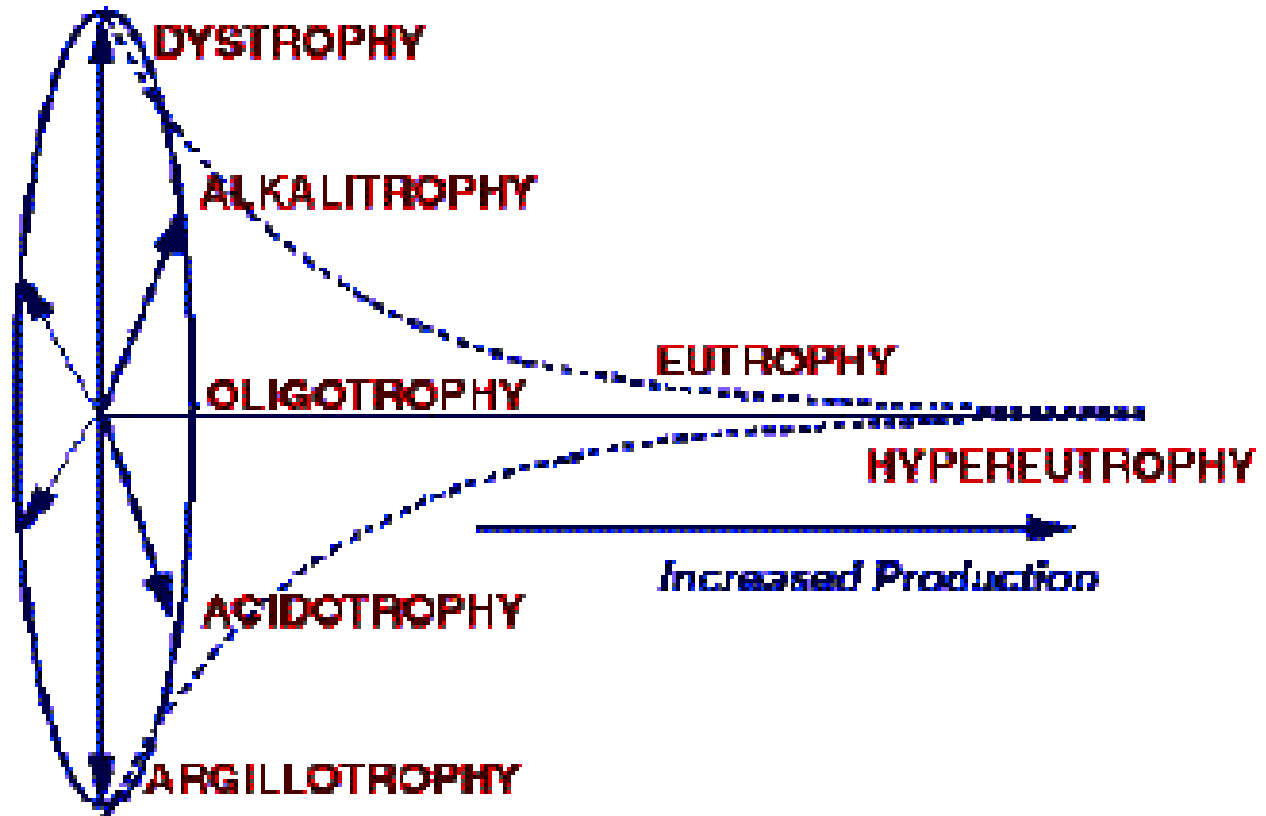


FIGURE 25-7 Potential ontogeny of the four main types of lakes. See text for discussion.



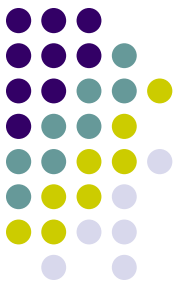
Naumann's wassertypologie.

Ezeru attīstība pēc Naumana

Eitrofikācijas seku novēršana



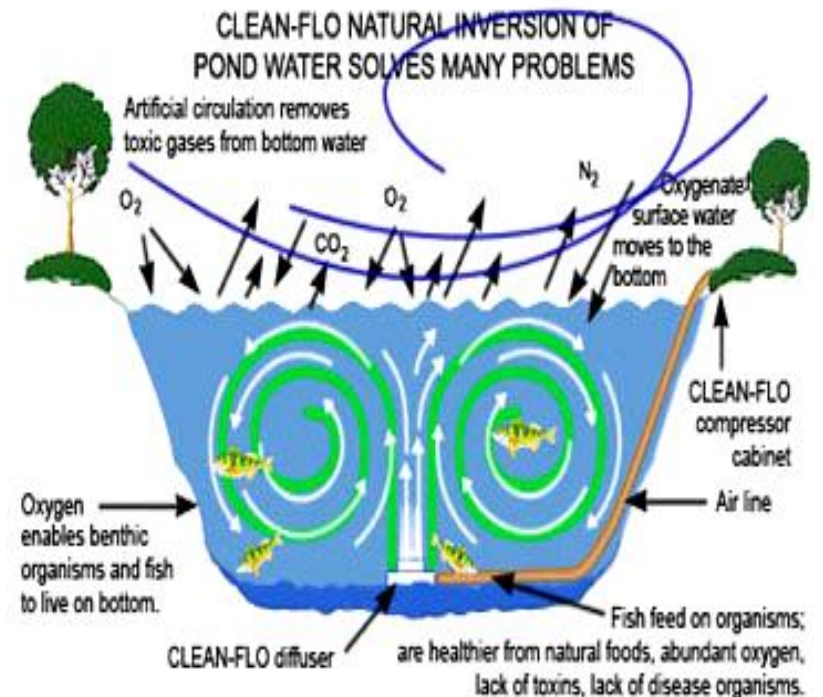
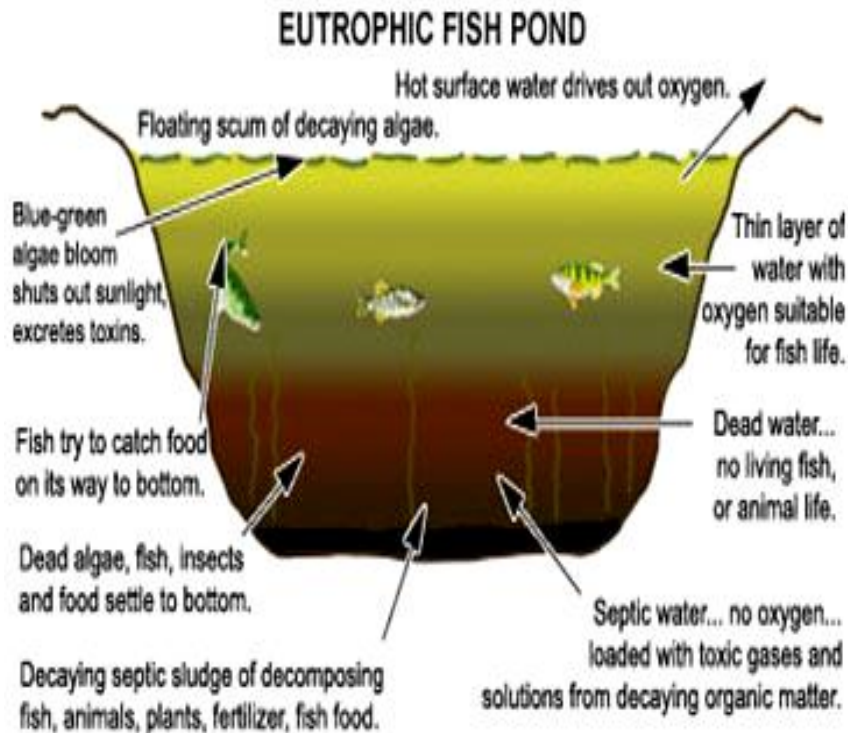
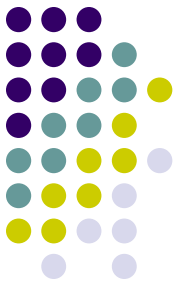
- Zemes lietojuma veida maiņa:
- Buferdīķu pielietošana samazina fosfora ieplūšanu (ortofosfāti par 66.5%; kopējais fosfors 57.7%);
- Buferdīķu vai stipri eitrofu ezeru līču apstrāde ar FeCl_3 -sedimenta virspusē izveidojās fosforu aizturošais slānis;
- Fosfora izgulsnēšana ar alumīnija sulfātu
- Selektīvā ūdeņu novadīšana – vasaras stagnācijas periodā, kad hipolimnijā ortofosfātu koncen. 8 reizes un minerālo slāpekļa savienojumu konc. Pat 44 reizes lielāka nekā epilimnijā – ūdeņi tiek novadīti.....



Eitrofikācijas seku novēršana

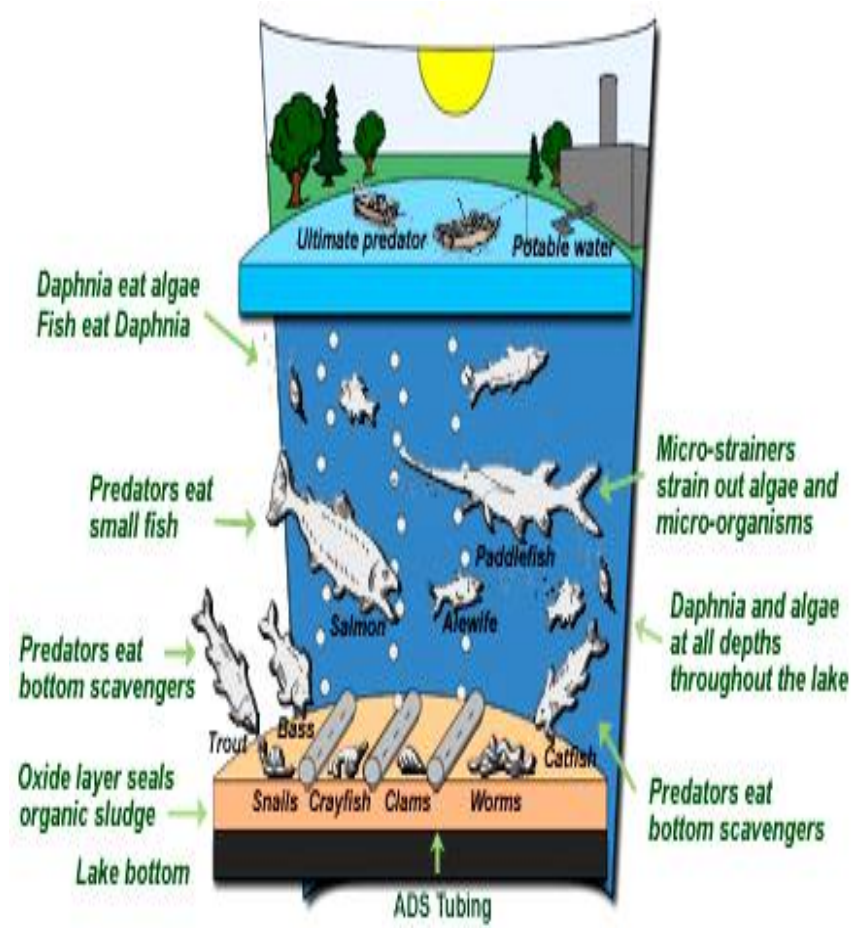
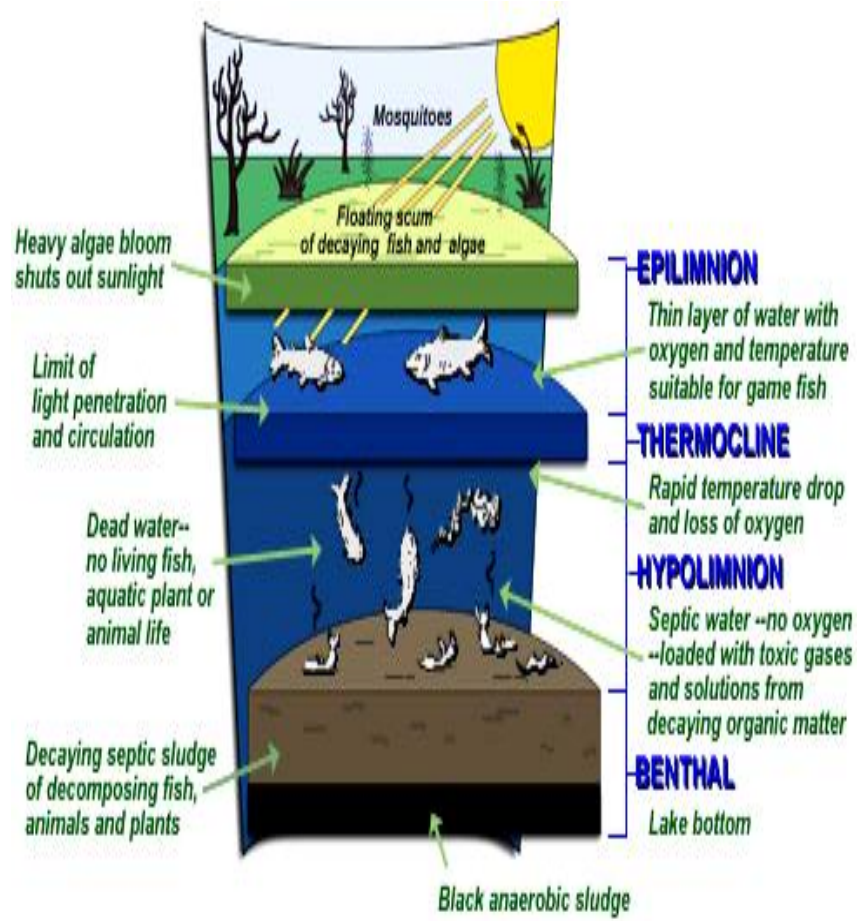
- **Dziļūdens aerācija – aeroba piegrunts slāņa veidošana aiztur fosfora remobilizāciju!**
- **Ezera padziļināšana;**
- **Dūņu aizvākšana;**
- **Augāja izvākšana;**
- **Zivju sugu sastāva maiņa;**
- **Nozvejas intensivitātes maiņa**

Eitrofa zivju dīķa attīrīšana

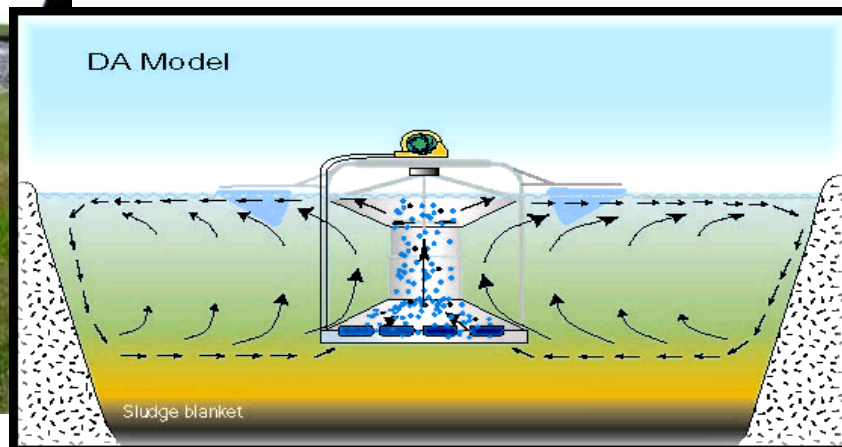
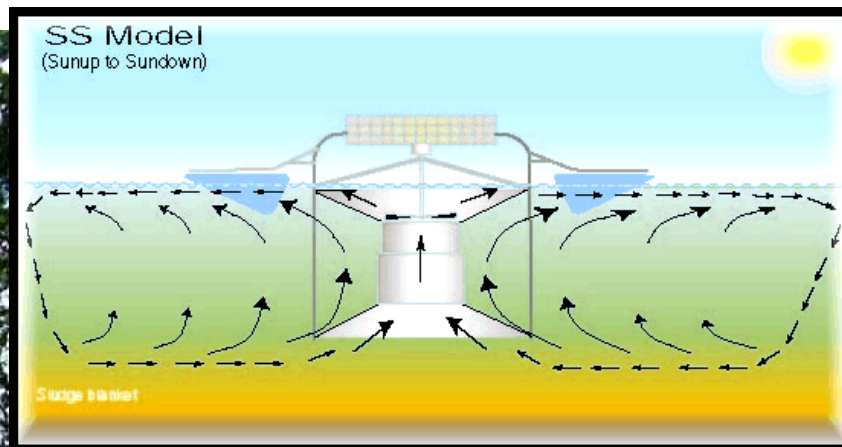




Ūdenstilpes trofiskā stāvokļa izmaiņas ar aerācijas palīdzību (ASV)



Ūdenstilpes trofiskā stāvokļa uzlabošana ar aerācijas palīdzību (ASV)



Niedru iznīcināšana

