

Docents Jānis Zaļoksnis



Ūdens

piesārņojums

# Eiropas ūdens harta (1968.g.)

Labā ūdens krājumi pasaulē nav neizsmeļami, tādēļ:

- Ūdens resursi jā saglabā un jā aizsargā
- Jā ievēro ūdens taupības pasākumi
- Jā meklē iespējas ūdens resursu atkārtotai izmantošanai

Atbildība par ūdensapgādi un ūdens kvalitātes uzturēšanu jā uzņemas kā kompetentām iestādēm, tā arī sabiedrībai un katram tās pārstāvim

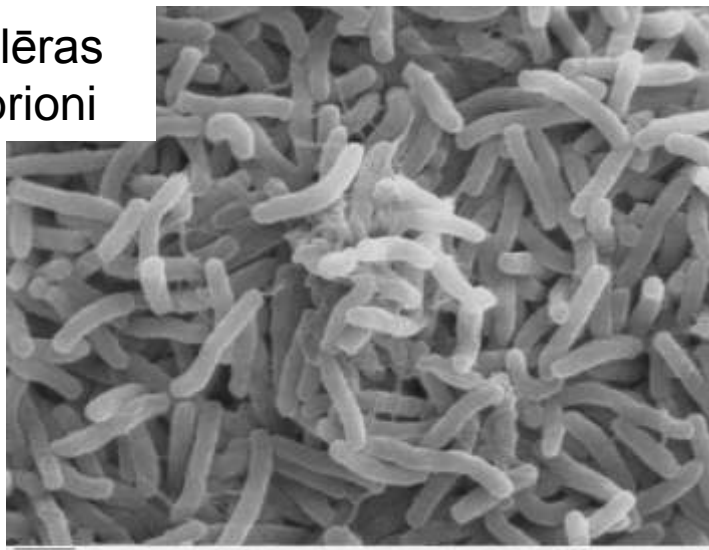


# Ūdens piesārņojuma apzināšanās (I)

Saikne starp ūdens piesārņojumu un saslimstību tika viennozīmīgi konstatēta saistībā ar **holēras epidēmiju Londonā 1854.g.**

Saslimstība ar holēru iespējama arī mūsdienās, piemēram, zemestrīces seku ietekmē **Haiti 2010.g.** oktobra vidū izcēlās **holēras epidēmija**, kuras laikā inficējušies >120 000 cilvēki, bojā gājuši vairāki tūkstoši cilvēku

Holēras  
vibrioni



Holēras slimnieki  
Haiti



# Ūdens piesārņojuma apzināšanās (II)

**Veselības aizsardzība** ir primārais iemesls, lai veiktu vides piesārņojuma kontroli visā pasaulē

Citi iemesli, kas liek sekot ūdens piesārņojuma līmenim:

- **Ūdens resursu aizsardzība**
- **Zvejniecības zonu saglabāšana**
- **Atpūtas vietu izmantošana**

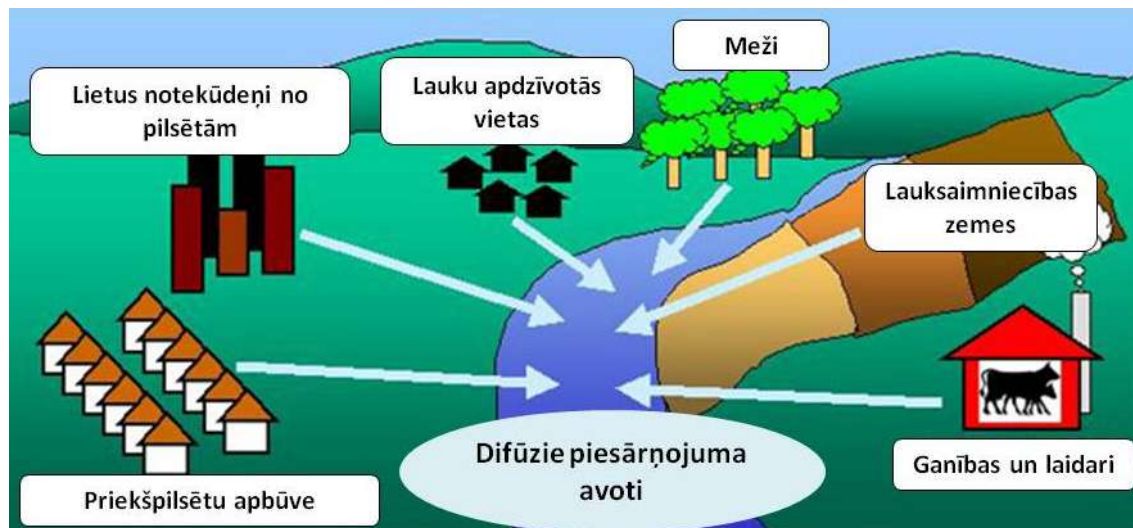


# Ūdens piesārņojuma rašanās

Ūdens piesārņojums var veidoties:

**Tieši** – ja notekūdeņi no caurules vai pa grāvi ieplūst upē vai ezerā (**punktveida piesārņojums**)

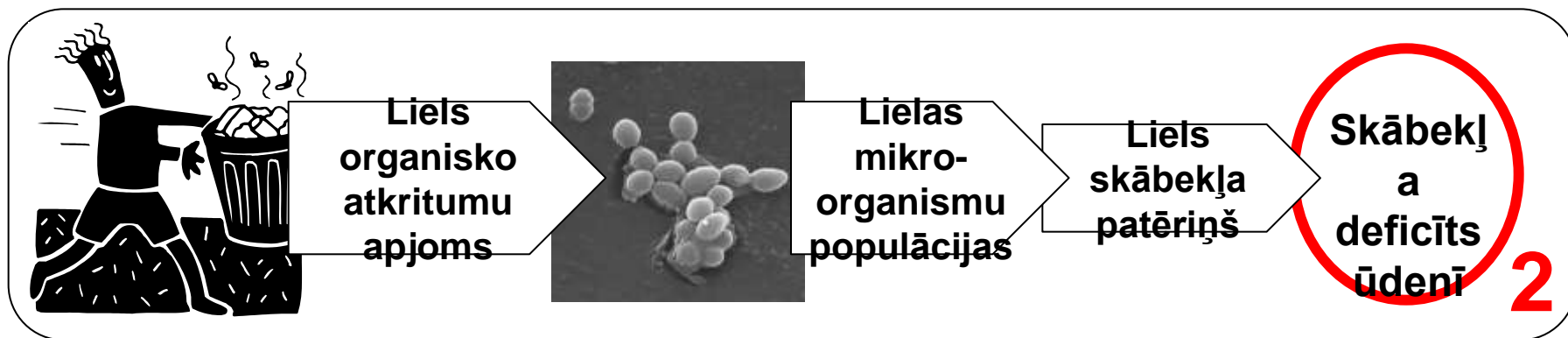
**Netieši** – ja piesārņots gaiss saskaras ar ūdeni vai arī tiek izskaloti pesticīdi no lauksaimnieciski izmantojamās zemes (**difūzie piesārņojuma avoti**)



Izmantojot dabisko ūdeņu kvalitātes standartus var konstatēt novirzes no normas, meklēt cēloņus un tos novērst

# Ūdens piesārņotāju grupas (I)

1. Skābekli patērējošs piesārņojums: organiskie atkritumi, kurus izmanto aerobie mikroorganismi skābekļa klātbūtnē



Ja ūdenī ir nepietiekama skābekļa koncentrācija, tad citas skābekli izmantojošās dzīvās būtnes var iet bojā, tāpēc ir svarīgi zināt **bioķīmisko skābekļa patēriņu – BSP**

**BSP<sub>5</sub>** parāda izšķīdušā skābekļa daudzumu, kas nepieciešams, lai aerobie mikroorganismi varētu sadalīt organiskās vielas noteiktā ūdens daudzumā **piecu dienu laikā pie 20°C**

# Ūdens piesārņotāju grupas (III)

2. **Ūdenī šķīstošas neorganiskas vielas:** sāļi, skābes, smago metālu savienojumi – ar šīm vielām piesārņots ūdens samazina ražas lauksaimniecība un izraisa pastiprinātu metālu koroziju

3. **Neorganiskas augu barības vielas:** ūdenī šķīstoši nitrāti un fosfāti, kas var izraisīt eitrofikāciju



4. **Organiskie savienojumi:** naftas produkti, benzīns, lielmolekulārie savienojumi, plastmasas, pesticīdi, šķīdinātāji, deterģenti u.c.

Industriāli attīstīto valstu virszemes un pazemes ūdeņos ir konstatētas vismaz **700 sintētiskas organiskas vielas** – daudzas no tām var izraisīt nieru slimības, iedzimtus defektus, vairākus vēža paveidus

# Ūdens piesārņotāju grupas (III)

**5. Suspendētas vielas:** ūdenī nešķīstošas augsnes vai grunts daļiņas, citas organiskas un neorganiskas vielas, kas:

- Rada ūdens duļķainību
- Apgrūtina barības atrašanu dažām ūdens dzīvām būtnēm
- Uz savas virsmas var adsorbēt un pārvietot pesticīdus, baktērijas un citas bīstamas vielas
- Pasliktina ūdens augu fotosintēzes iespējas
- Ietekmē trofiskās ķēdes
- Nosēdumu veidā iznīcina zivju barības un nārstošanas platības, aizpilda ezerus, izmaina upju gultnes

**6. Radioaktīvas vielas:** ūdenī šķīstošie radioizotopu savienojumi var akumulēties un pārvietoties no vienas sugas uz otru barības ķēdēs

Radioaktīvo vielu jonizējošais starojums var izraisīt iedzimtus defektus, saslimšanu ar vēzi un ģenētiskās informācijas bojājumus



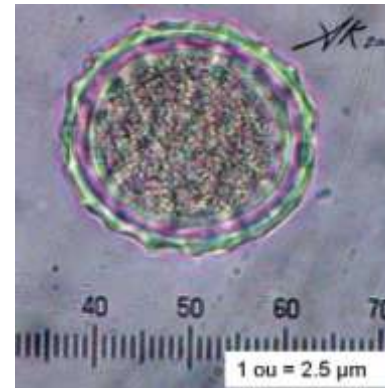
# Ūdens piesārņotāju grupas (IV)

7. **Siltums:** sasilušais ūdens, kas rodas dzesēšanas procesos, piemēram, siltumelektrostacijā un tiek ievadīts upēs vai ezeros

Temperatūras paaugstināšanās pazemina izšķīdušā skābekļa daudzumu un padara ūdens dzīvības formas jutīgākas pret slimībām, parazītiem un toksiskām ķīmikālijām

8. **Patogēnie un nosacīti patogēnie organismi:** mikroorganismi, parazītiskie tārpi

Vairums mikroorganismu nav bīstami un piedalās organisko vielu šķelšanas procesos, tomēr notekūdeņi var saturēt arī **patogēnus mikroorganismus**, kas var izraisīt infekcijas

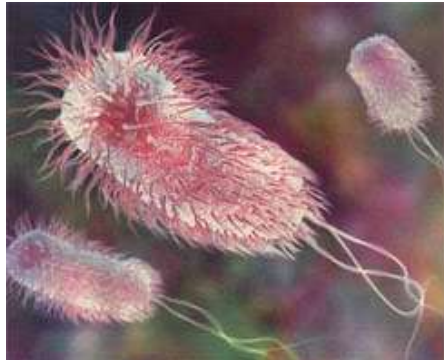


*Ascaris lumbricoides*  
(cilvēka cērme)  
un tās oliņa

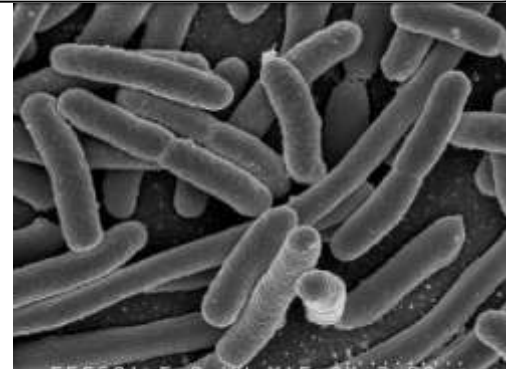
# Mikroorganismi ūdenī

## Mikroorganismi un parazitiskie tārpi ūdenī nokļūst no sadzīves notekūdeņiem

Konstanta mitruma un temperatūras apstākļos mikroorganismi strauji vairojas – tādējādi sadzīves notekūdeņi ir ideāla vide mikrobu, primāro baktēriju, dažu vīrusu un protozoju eksistencei



*Escherichia coli* baktērija dažādos palielinājumos



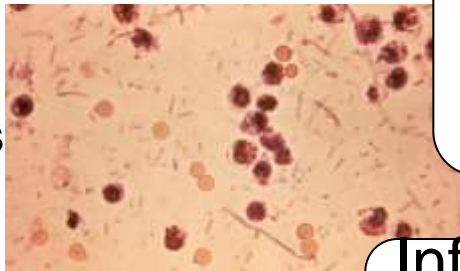
Analīzes patogēno mikroorganismu atklāšanai ir ļoti sarežģītas, tāpēc ieviesta prakse nemeklēt atsevišķus slimību izraisītājus, bet gan veikt **integrālās analīzes**, piemēram, **koli titra noteikšana**

Pasaules veselības organizācija rekomendē, ka 100 ml dzeramā ūdens nedrīkst būt neviena *Escherichia coli* baktērija

# Piesārņota ūdens izraisītas slimības

## Baktērijas

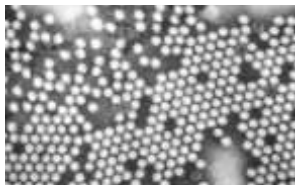
Šigellas  
(dizentērijas  
izraisītāji)



Vēdertīfs U  
Holēra U  
Bakteriālā dizentērija  
Enterīts

## Vīrusi

Poliovīruss



Infekciozais  
hepatīts  
Poliomielīts †

## Vienšūņi

Lambliozes  
izraisītājs



Amēbu dizentērija  
†  
Lamblioze

## Parazītiskie tārpi

Šistosomāze  
Spalīšu invāzija

## Vispārīgie slimību simptomi:

- Caureja
- Vemšana
- Sāpes vēderā
- Drudzis
- Vispārēja veselības pasliktināšanās

U Var iestāties nāve

# Notekūdeņi

**Notekūdeņi** ir ūdeņi, kas cilvēka darbības dēļ mainījuši savas sākotnējās fizikālās, ķīmiskās vai bioloģiskās īpašības

*Pēc LR MK not. Nr. 34 "Noteikumi par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī" (2002.01.22.)*

Notekūdeņu veidi pēc to izcelsmes:

- **Sadzīves notekūdeņi**
- **Komunālie notekūdeņi**
- **Nokrišņu (lietus) notekūdeņi**
- **Rūpniecības (ražošanas) notekūdeņi**





# Sadzīves notekūdeņi

**Sadzīves notekūdeņi** ir tādi notekūdeņi, kas radušies publiskās un dzīvojamās ēkās un sabiedrisko pakalpojumu sniegšanas vietās dažādu fizioloģisko, higiēnas un sadzīves darbību dēļ

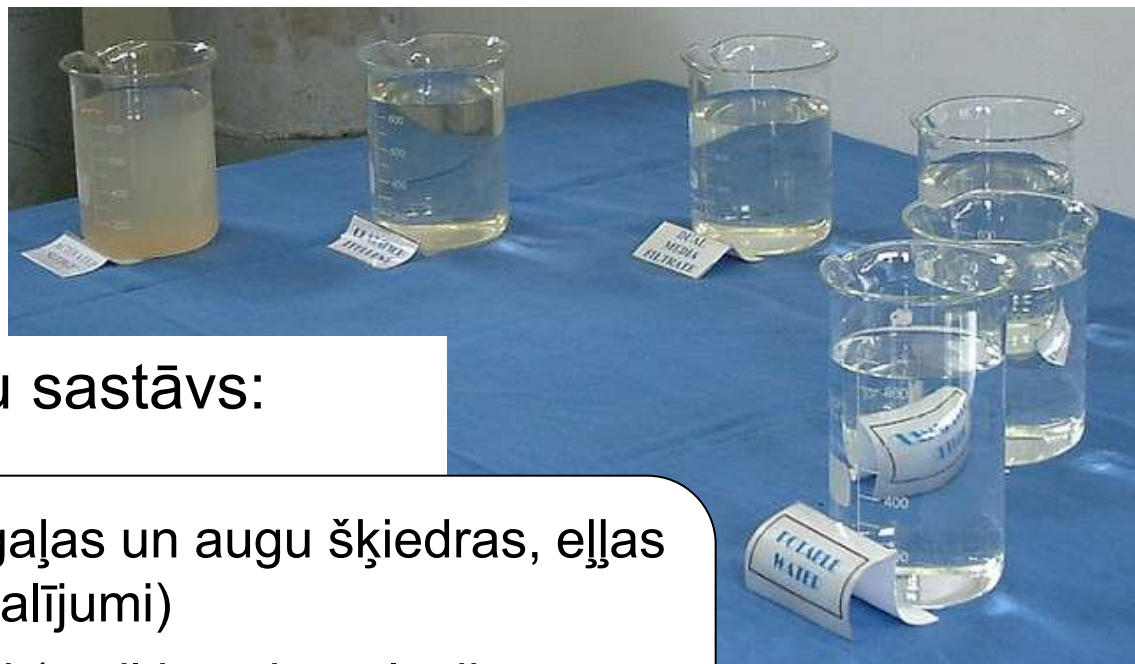


Sadzīves notekūdeņi ir sarežģīts, ļoti atšķaidīts ūdens šķīdums, kura sastāvā vairāk par 99% ir ūdens, bet atlikušo daļu veido organiskas un neorganiskas vielas suspendētā vai izšķīdušā stāvoklī

**Piesārņojuma koncentrācija ir ļoti neliela  
un to izsaka mg/l**

# Sadzīves notekūdeņu raksturojums

Svaigu sadzīves notekūdeņu temperatūra ir 8-12°C,  
caurspīdība 4-10 cm, pelēka nokrāsa,  
vidēji stipra purva smaka, neitrāla reakcija



## Sadzīves notekūdeņu sastāvs:

- 60-80% organisko vielu (gaļas un augu šķiedras, eļļas un cilvēku fizioloģiskie izdalījumi)
- Neorganiskie piemaisījumi (smiltis, minerālsāļi, skābes, sārmis, mazgāšanas līdzekļi)
- Dzīvie organismi: mikroorganismi, vienšūņi, tārpi

# Sadzīves notekūdeņu apjoms

Sadzīves notekūdeņu daudzumu lielā mērā nosaka ūdens patēriņš:  
70-90% no patērētā ūdens daudzuma  
pārvēršas par notekūdeņiem

Sadzīves notekūdeņu daudzums uz vienu iedzīvotāju dienā  
svārstās robežās **no 280 litriem** nelielās apdzīvotās vietās **līdz  
900 litriem**  
lielās rūpnieciskās pilsētās

Notekūdeņu plūsmas mainās pa dienām un diennakts laikā, kā arī ir atkarīgas  
no iedzīvotāju skaita apdzīvotā vietā

Sadzīves notekūdeņus parasti savāc sabiedriskās notekūdeņu sistēmas,  
novada uz attīrīšanas iekārtām un veic operācijas, lai  
notekūdeņus padarītu nekaitīgus

# Nokrišņu notekūdeņi

**Nokrišņu jeb lietus notekūdeņi** ir ūdeņi, kas veidojas no atmosfēras nokrišņiem tiem notekot no ēku jumtiem, ielām un citām virsmām ar pilnīgu vai daļēju virsmas segumu

Virszemes noteces piesārņojumu veido:

- Augsnes erozijas produkti
- Putekļi
- Atmosfēras izmeši
- Ceļniecības materiāli
- Atklātos laukumos glabāti produkti
- Naftas produkti
- Autotransporta izmeši

Piesārņojuma samazināšanai regulāri jāveic atkritumu savākšana, ceļu segumu remonts, apzaļumošanas joslu norobežošana ar apmalēm u.c. pasākumi



# Nokrišņu notekūdeņu raksturojums

Lietus notekūdeņu sastāvu  
nosaka:

- Teritorijas piesārņojuma pakāpe
- Nokrišņu intensitāte
- Nokrišņu ilgums

Nokrišņu notekūdeņu sastāvs:

- Suspendētas vielas (putekļi, augsnes daļiņas u.c.)
- Izšķīdušas organiskās vielas
- Izšķīdušas neorganiskās vielas (visvairāk hlorīdi)
- Naftas produkti (pilsētās 20-25 mg/l)
- Mikroorganismi (baktērijas, vienšūņi)

**Latvijā ūdenstilpēs parasti nonāk neattīrīti lietus notekūdeņi,  
kas veicina eitrofikāciju**

# Nokrišņu notekūdeņu apjoms

Nokrišņu notekūdeņu daudzums variē plašās robežās atkarībā no gadalaika, ģeogrāfiskās vietas un nokrišņu intensitātes

Latvijā vidējais nokrišņu daudzums ir apmēram 700 mm gadā

Tiek uzskatīts, ka lietus notekūdeņu daudzums ir apmēram 1/4 daļa no **sadzīves notekūdeņu daudzuma**, tomēr negaisa nokrišņu notekūdeņu daudzums daudzkārt var pārsniegt sadzīves notekūdeņu daudzumu



# Nokrišņu notekūdeņu notece

Ņemot vērā globālo ikgadējo nokrišņu daudzumu, **2/3 no tā iztvaiko**, bet atlikusī **1/3 tieši nonāk virszemes vai pazemes ūdeņos**; pat vētras

Parkos un zālajos tikai 20% nokrišņu noplūst pa virsmu, atšķirībā no asfaltētām vai jumtu virsmām, no kurām notece veido gandrīz 100%



**Piesārņojuma koncentrācija ir vislielākā, kad kanalizācijas sistēmā ieplūst pirmās nokrišņu notekūdeņu porcijas, bet tā samazinās ar laiku, ja nokrišņi turpinās**

# Nokrišņu notekūdeņu savākšana

Savāktais nepiesārņotais nokrišņu ūdens var tikt ievadīts:

**Pagrabu šahtās, ja ūdens tilpumi nav lieli**

**Sanitāri-higiēnisko notekūdeņu kanalizācijas sistēmā, kas raksturīgi nelielām pašvaldībām**

**Īpašā meliorācijas ūdeņu kolektorā, ja tāds paredzēts kā trešā neatkarīgā kanalizācijas sistēma**

**Kombinētajā notekūdeņu kanalizācijas sistēmā, ja nav nepieciešama kanalizācijas sistēmas dublēšana, kā tas parasti ir lielās pilsētās**



**Nokrišņu notekūdeņu kanalizācijas sistēmā**





# Rūpniecības notekūdeņi

Rūpniecības jeb ražošanas notekūdeņi ir ūdeņi, kas radušies uzņēmējdarbības vai ražošanas vietās un nav pieskaitāmi sadzīves vai nokrišņu notekūdeņiem

Rūpniecības notekūdeņus iedala:

**Nosacīti piesārņotie** – izmantoti iekārtu dzesēšanai, nepieciešama atdzesēšana

**Piesārņotie** – satur dažādas ķīmiskas vielas, pirms izvades vidē jāattīra

**Ļoti piesārņotie** – nav iespējams attīrīt, tiek pildīti tvertnēs un novietoti poligonos



# Rūpniecības notekūdeņu raksturojums

Atšķirībā no samērā pastāvīga sastāva sadzīves notekūdeņiem, rūpniecības notekūdeņiem ir mainīgs sastāvs un dažkārt pat atšķirīgs vienas ražošanas nozares ietvaros


**Bīstamākos ražošanas notekūdeņus rada:**

- Naftas produktu pārstrāde
- Metalurģijas rūpniecība
- Papīra ražošana
- Piena pārstrāde un piena produktu ražošana
- Ādas apstrādes rūpniecība




# Rūpniecības notekūdeņu apjoms

Notekūdeņu daudzums, kas rodas vienas produkcijas vienības (1 kg vai 1 l) sagatavošanai:



Piens: 0,5-4 l




Zivju konservi: 17-45 l




Papīrs: 10-20 l



Margarīns: 40-60 l



Ogles: 20-30 l



Gaļa, desas: 1-3 l



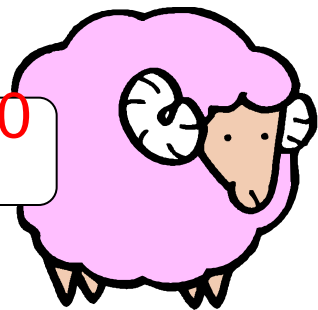
Alus: 2,5-15 l



Degvīns: 15-20 l



Cukurs: 100 l



Aitas vilna: 100 l

**Celuloze: 80-150 l**

# Komunālie notekūdeņi

**Komunālie notekūdeņi jeb apdzīvotu vietu notekūdeņi** ir sadzīves notekūdeņu un ražošanas notekūdeņu sajaukums ar vai bez nokrišņu ūdeņu piejaukumu, kas nonāk kopējā kanalizācijas sistēmā



## Komunālie notekūdeņi satur:

- Dažāda veida rupjus piemaisījumus
- Suspendētas vienas
- N un P savienojumus
- Stablas organiskās vielas
- Metālu jonus
- Mikroorganismus
- Citas vielas, kas nosaka šo notekūdeņu piesārņotības pakāpi

# Notekūdeņus raksturojošie rādītāji (I)

Lai novērtētu notekūdeņu piesārņotību un bīstamību, ir jānosaka tos raksturojošo ķīmisko rādītāju lielumi:

- Bioķīmiskais skābekļa patēriņš (BSP)
- Ķīmiskais skābekļa patēriņš (ĶSP)
- Amonija slāpeklis ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )
- Kopējais fosfors ( $\text{P}_{\text{kop.}}$ )
- Suspendētās vielas (SV)
- Vides reakcija (pH)

**Tipisks komunālo  
notekūdeņu sastāvs:**

**ĶSP: 500 mg/l**

**BSP<sub>5</sub>: 250 mg/l**

**Slāpeklis (organiskie savienojumi  
un amonija sāļi): 40 mg/l**

**pH: 3-8**

**Kopējais izšķīdušo vielu  
saturs: 200-1000 mg/l**

**Fosfors: 8 mg/l**





# Notekūdeņus raksturojošie rādītāji (III)

**Cilvēku ekvivalents (CE)** ir organisko vielu piesārņojuma daudzums notekūdeņos, kas ir ekvivalents vidējam viena cilvēka radītajam organiskajam piesārņojumam diennaktī

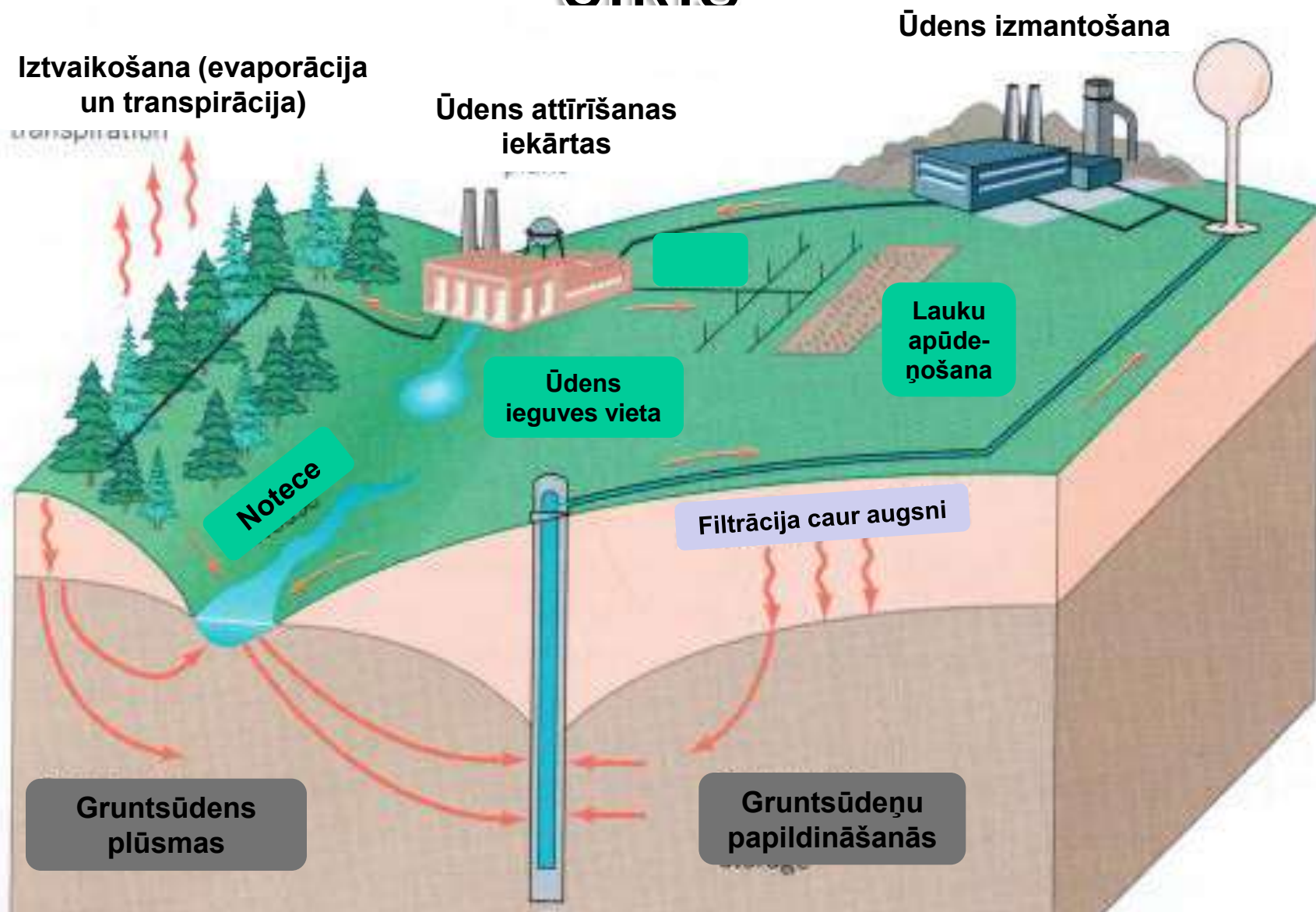
CE vienība ir 1 nosacīta iedzīvotāja notekūdeņos ievadīto organisko vielu daudzums diennakti, kas atbilst **bioķīmiskajam skābekļa patēriņam (BSP)**

Tiek pieņemts, ka 1 nosacītais iedzīvotājs dienā notekūdeņos ievada organisko vielu daudzumu, kam atbilst **60-65 g BSP<sub>5</sub>** (tas atbilst, piemēram, 0,5 l piena vai 1-5 kg veļas mazgājamo ūdeņu)

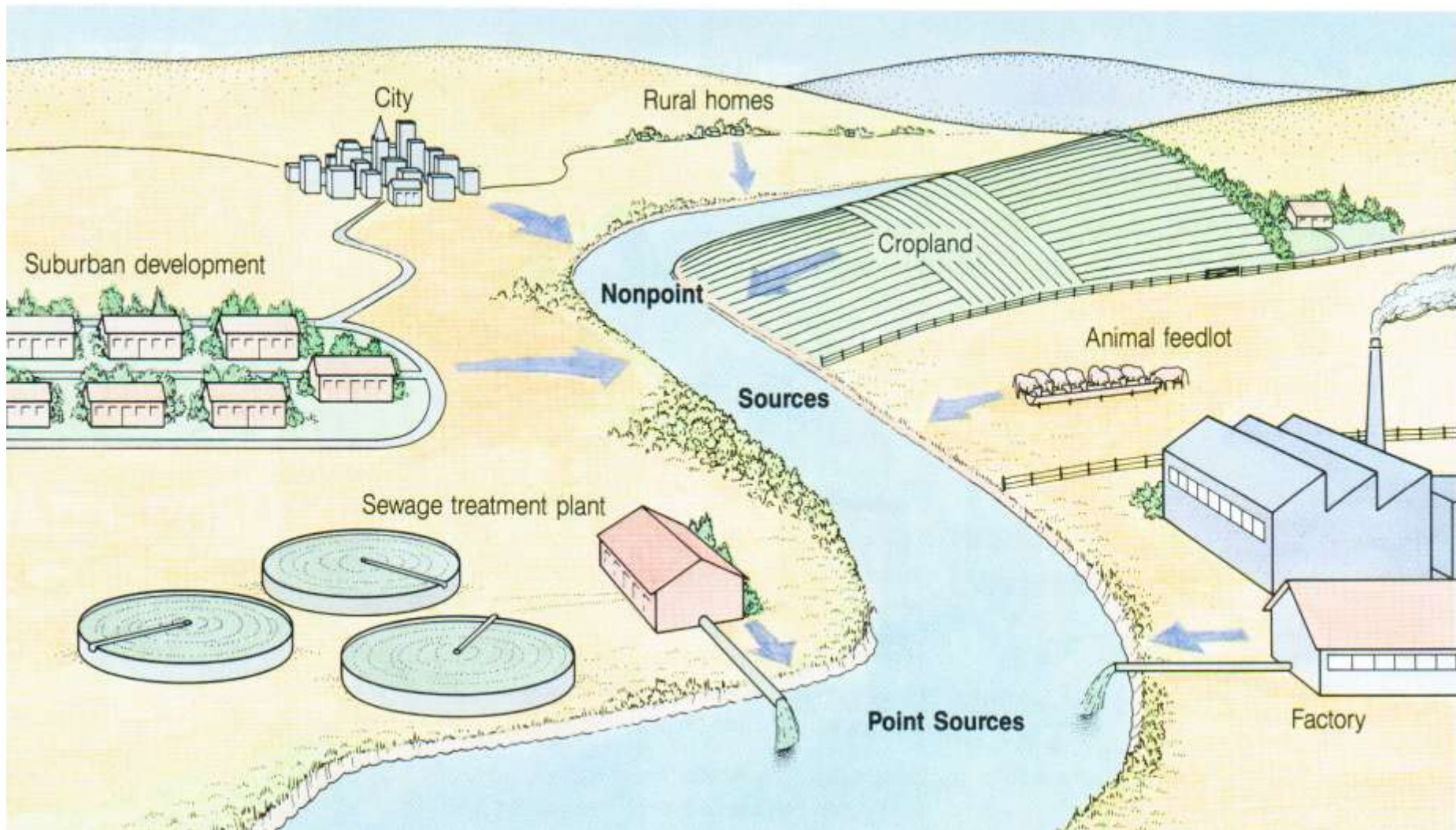
Dati par reālajiem iedzīvotājiem ļauj aprēķināt iedzīvotāju cilvēku ekvivalentus nepieciešamās notekūdeņu attīrīšanas iekārtu jaudas noteikšanai

**Pilsētas notekūdeņu  
BSP<sub>5</sub> ir 200-400 mg/l**

# Antropogēnais ūdeņu aprites cikls



# Ūdeņu piesārņojums





# Ūdeņu attīrīšanas nepieciešamība



Ūdens īpašības un sastāvu var mainīt ne tikai to piesārņojot, bet arī attīrot. Dabā ūdenim piemīt arī **pašattīrīšanās spējas**, tāpēc ūdeni var uzskatīt par atjaunojamu resursu.

Ūdens attīrīšanas tehnoloģijas ļauj ūdeni attīrīt, padarot to izmantojamu noteiktā jomā.

**Ķīmisko piesārņojumu** rada ķīmisko vielu nokļūšana vai atrašanās ūdeņos, un atkarībā no piesārņojošo vielu īpašībām izšķir piesārņojumu ar **neorganiskajām** vielām (biogēnie elementi, neorganiskie sāļi, toksiskie mikroelementi, radionuklīdi) un **organiskajām** vielām (bioloģiski viegli degradējamās vielas, naftas produkti, pesticīdi, virsmas aktīvās un citas vielas).

**Fizikālo piesārņojumu** izraisa fizikālās iedarbības (paaugstināta temperatūra), bet **bioloģisko piesārņojumu** rada konkrētajam ūdeņu veidam netipisku dzīvo organismu (vīrusu un baktēriju) nokļūšana tajā.

# Ūdeņu piesārņojums ar biogēnajiem elementiem

Par biogēnajiem elementiem ūdeņos apzīmē **slāpekļa** savienojumus – neorganiskos jonus ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) un slāpekļa organiskos savienojumus, **fosfora** savienojumus – neorganiskos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , polifosfātjonus) un organiskos savienojumus, kā arī **dzelzs** un **silīcija** savienojumus dažādās to oksidēšanās pakāpēs.

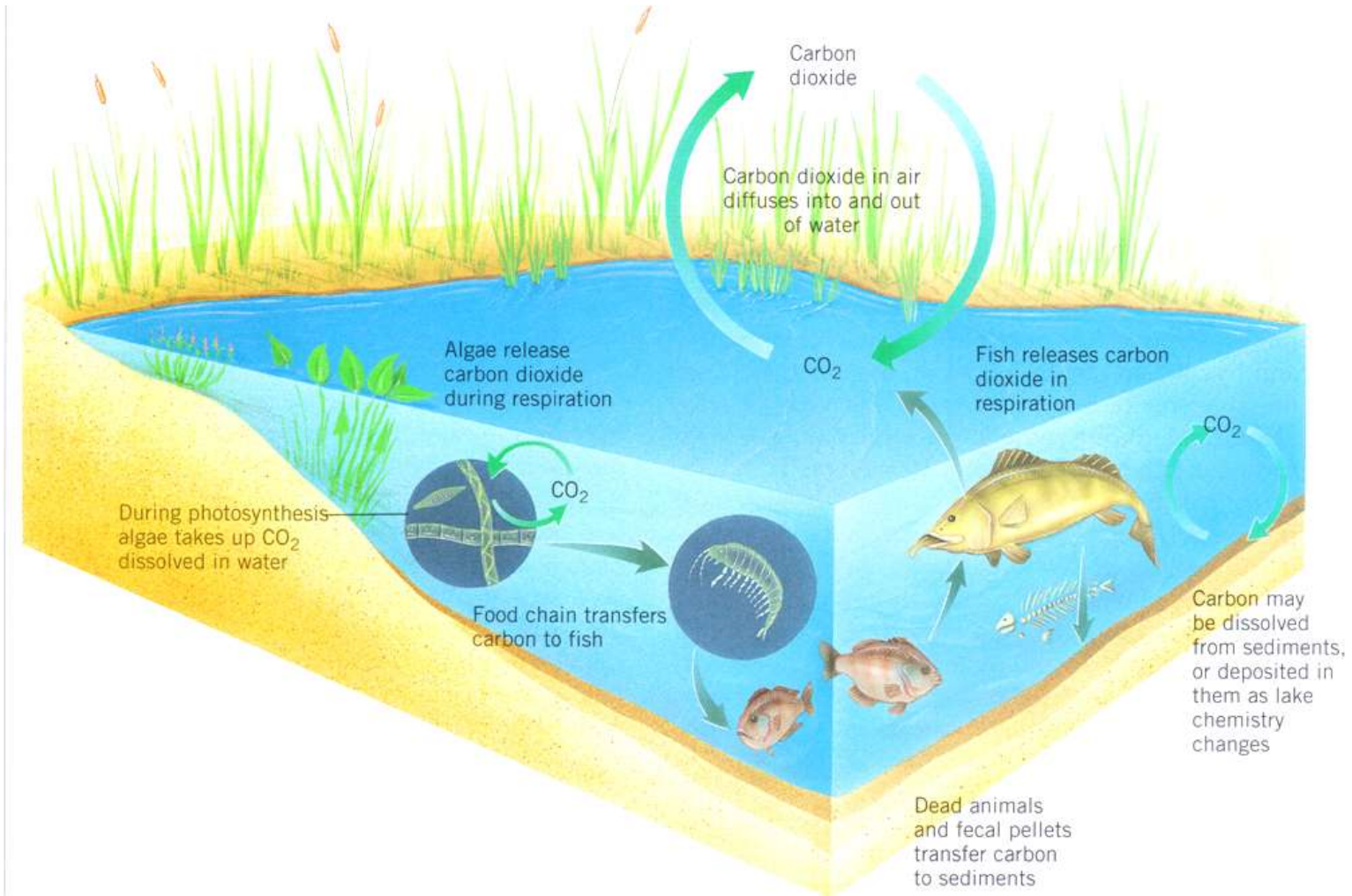
**Amonjaks (amonija joni)** veidojas ūdenskrātuvēs, sadaloties organiskajām slāpekli saturošām vielām **heterotrofo baktēriju** darbības rezultātā. Tomēr biežāk tā saturu nosaka organisku atkritumu (vircas, notekūdeņu, ekskrementu), sadzīves un rūpniecisko atkritumu ieplūde ūdenskrātuvēs.

**Atkarībā no vides pH amonjaks ūdens vidē pastāv kā  $\text{NH}_4^+$  jons (ja ūdens  $\text{pH} < 7$ ) vai nedisociēts  $\text{NH}_4\text{OH}$ .** Ja vides **pH reakcija ir bāziskāka**, tad palielinās ūdenī izšķīdušā amonjaka daļa šīs slāpekļa savienojuma formas bilancē.

**Amonija joni ir toksiski, īpaši ņemot vērā to iedarbību uz zivīm.**



# Sabalansēts oglekļa cikls ezerā



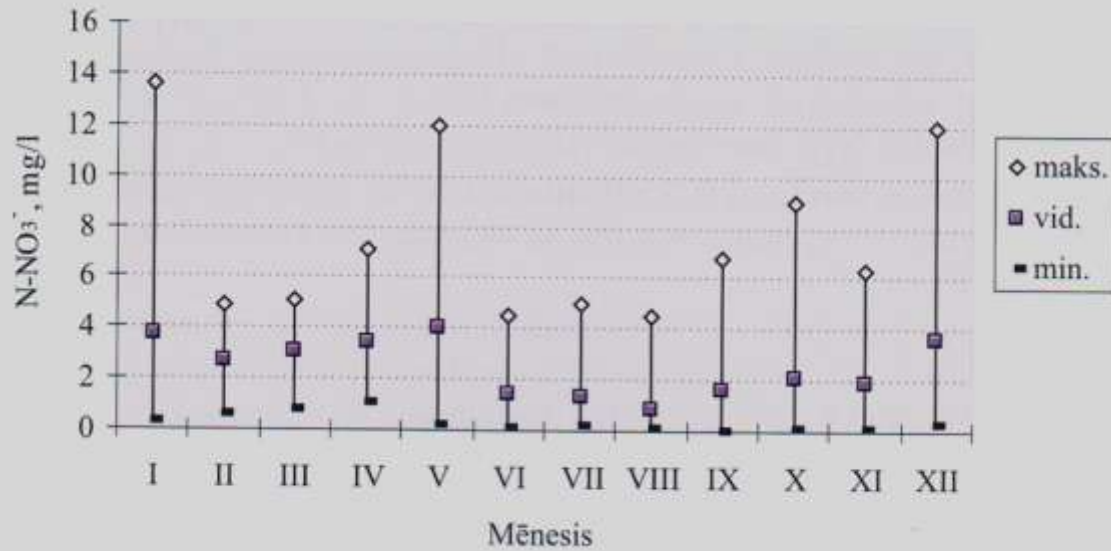
# Nitrītjoni un nitrātjoni

**Nitrītjoni ( $\text{NO}_2^-$ )** galvenokārt veidojas kā slāpekļa savienojumu transformācijas starpprodukti – oksidējoties  $\text{NH}_4^+$  vai reducējoties  $\text{NO}_3^-$ .

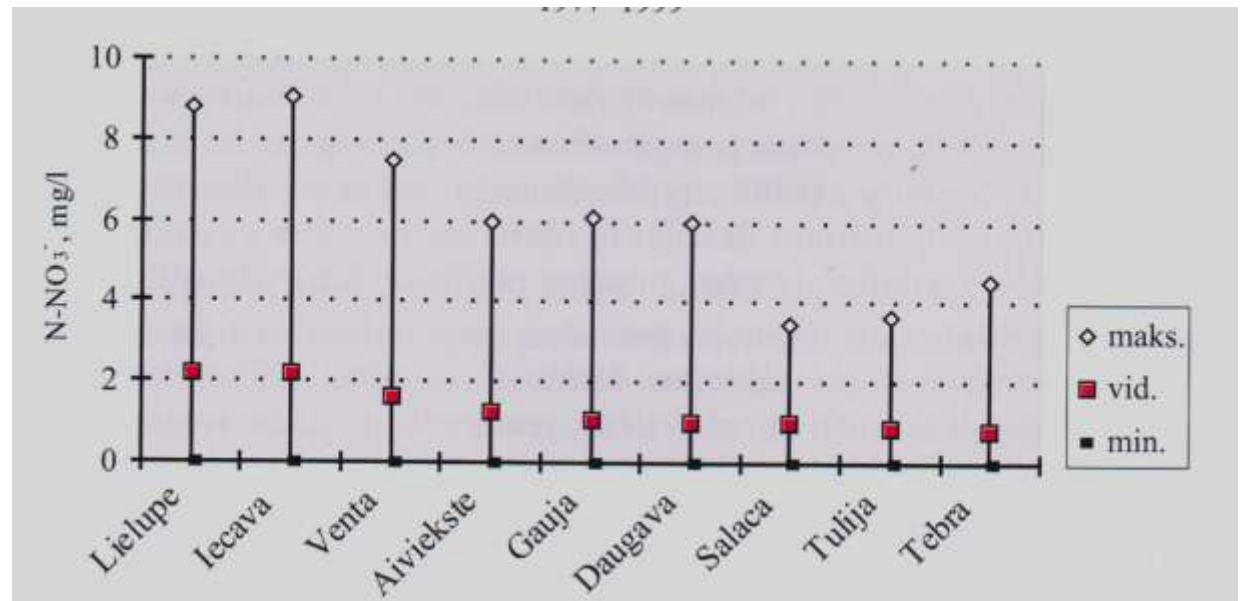
Nepiesārņotos ūdeņos ir atrodamas nitrītjonu zīmes ( $> 0,001 \text{ mg/NO}_2^-$ ), un to **koncentrācijas pieaugums ir būtisks piesārņojuma rādītājs**.

**Nitrātjoni ( $\text{NO}_3^-$ )** atrodami jebkurās ūdenskrātuvēs. Tīros virszemes ūdeņos nitrātjonu koncentrācija parasti ir 0,4–8 mg/, bet piesārņotos – pat **līdz 50 mg/ $\text{NO}_3^-$** .

Galvenie piesārņojuma avoti ir **minerālmēslu izskalošanās no augsnes**, organisko un neorganisko vielu pārvērtības un transformācijas procesi.



**Nitrātu koncentrācijas sezonālā mainība Lielupes ūdeņos**



**Nitrātu koncentrācijas ilggadējās vērtības Latvijas upju ūdeņos**

# Slāpekļa un fosfora savienojumu piesārņojums

Primārais slāpekļa savienojumu avots ir atmosfēras slāpekļa fiksācija, kuru veic dažas baktēriju sugas un zilaļģes. Iekšējos ūdeņos slāpekļa fiksācija var veidot ap 1 g N/m<sup>2</sup>/gadā.

Mūsdienās rūpnieciski veiktā slāpekļa saistīšanas pirmā stadija ir **amonjaka sintēze**, bet pēc tam **slāpekļa minerālmēslu** un citu slāpekļa savienojumu sintēze.

Ūdeņos **fosfors** var atrasties daudzu savienojumu formā. Fosfātjoni ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) palielinātā daudzumā ūdeņos nokļūst galvenokārt cilvēka saimnieciskās darbības rezultātā.

Nozīmīgākie fosfora organiskie savienojumi, kas atrodas ūdeņos, ir **nukleīnskābes, olbaltumvielas, to degradācijas produkti, vitamīni, ATF, ADF, ogļhidrāti, to fosforskābes esteri un fosfolipīdi.**

**Fosfora savienojumiem ir liela nozīme ūdenskrātuvju eitrofikācijas procesos**, un, ja fosfātu saturs ir > 0,05 mg/l, ūdenstilpēs var sākties intensīva aļģu un citu ūdensaugu vairošanās.

Latvijas apstākļos fosfora izkrišanas apjoms ir no **0,1 līdz 0,3 kg/ha/gadā.**

## Silīcija un dzelzs savienojumu piesārņojums

**Silikāti** dabas ūdeņos atrodami kā silīcijskābes anjoni ( $\text{HSiO}_3^-$ ,  $\text{SiO}_3^-$ ) un **polimēru savienojumu un koloīdu veidā**. Nozīmīgākais silikātu avots ūdeņos ir **silikātu minerālu dēdēšana**.

**Silīcijs ir biogēns elements**, un to intensīvi asimilē ūdeņos esošie dzīvie organismi, galvenokārt kramaļģes.

Ja silīcija saturs kļūst zemāks par 0,5 mg/l, daudzas kramaļģu sugas nespēj normāli attīstīties. Ezeros silīcija saturs ir ap 5–10 mg/l, jūru un okeānu ūdeņos – ap 0,5–3,0 mg/l, bet īpaši mīkstos ūdeņos tas var sasniegt līdz 50 mg/l  $\text{SiO}_3^-$ . Pazemes ūdeņos silīcija saturs var būt pat **3 g/l**.

**Dzelzs** dabas ūdeņos var atrasties vairākās formās – **jonu formā ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ )**; **dzelzs hidroksīdu un oksihidroksīdu veidā**.

**Latvijā augstākā biogēno elementu koncentrācija vērojama Lielupes un Daugavas baseina ūdeņos.**

Lielākā daļa biogēno elementu noteces no Latvijas teritorijas nonāk Rīgas līcī.



# Eitrofikācija

Eitrofikācija ir apstākļi, kad ūdenstilpē biogēno elementu satura pieauguma dēļ ievērojami palielinās bioloģisko procesu intensitāte, kas vispirms novērojama kā **alģu attīstība un organiskās vielas uzkrāšanās** un kas izsauc **ūdens kvalitātes pasliktināšanās**.

**Ūdeņu antropogēnais piesārņojums var paātrināt šo procesu un radīt antropogēno eitrofikāciju.**

Eitrofus ūdeņus raksturo **augsta** biogēno elementu koncentrācija ūdenī un nogulumos (ūdenī fosfora saturs  $>20 \mu\text{g/l}$ ), augsts organisko vielu saturs ūdenī, augsta ūdeņu bioloģiskā produktivitāte, **duļķains ūdens, skābekļa deficīts piegrunts zonā** un bioloģiskās daudzveidības samazināšanās, bet dzīvo organismu kopējās masas pieaugums ūdeņos.

**Oligotrofi ūdeņi ir dzidri, tajos ir zems organisko vielu saturs, zema bioloģiskā produktivitāte, augsts skābekļa saturs, augsta bioloģiskā daudzveidība, bet zema dzīvo organismu kopējā masa.**

Ievadot ūdenstilpēs komunālos un citus notekūdeņus, kā arī ar virszemes noteci no lauksaimnieciski izmantojamām teritorijām, tiek veicināta eitrofikācijas procesu attīstība.

# Eitrofikācijas ietekmēta ūdenstilpe





## Elementi, kas nepieciešami augu attīstībai, un to avoti ūdeņos

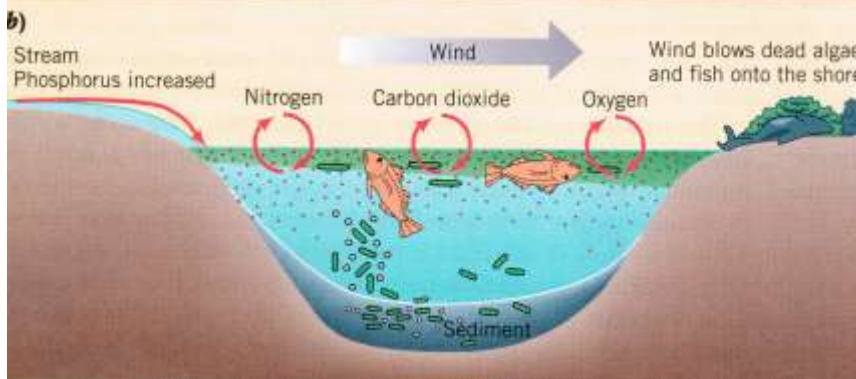
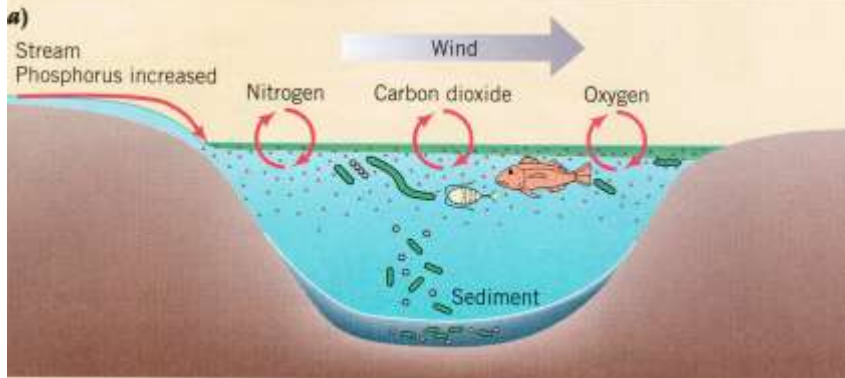
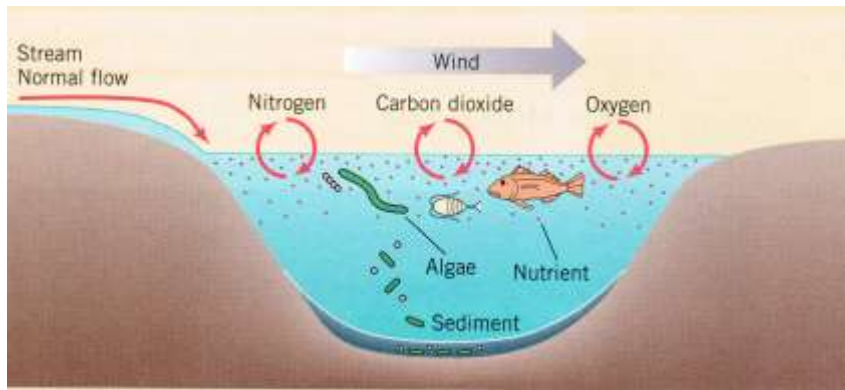
Elements	Elementu avots	Funkcija
Makroelementi:		
ogleklis (CO <sub>2</sub> )	atmosfēra, dzīvie organismi	veido biomasu
ūdeņradis	ūdens	veido biomasu
skābeklis	ūdens, gaiss	veido biomasu
slāpeklis	atmosfēra, dzīvie organismi	olbaltumvielas
fosfors	minerālu dēdēšana, dzīvie organismi	DNS, RNS, ATF
kālijs	minerālu dēdēšana	metaboliskās funkcijas
sērs	minerālu dēdēšana, sulfāti	olbaltumvielas
kalcijs	minerālu dēdēšana	metaboliskās funkcijas
Mikroelementi:	minerālu dēdēšana	metaboliskās funkcijas
B, Cl, Co, Cu, Fe, Mo, Mn, F, V, Zn		

Elements	Nepieciešams auga attīstībai	Elementa daudzums, kuru augs var saņemt no ūdens	Nepieciešams/ pieejams ūdeņos
O	80,5	89	1
H	9,7	11	1
C	6,5	0,0012	5000
Si	1,3	0,00065	2000
N	0,7	0,000023	30 000
Ca	0,4	0,0015	< 1000
K	0,3	0,00023	1300
P	0,08	0,0000001	80 000
Mg	0,07	0,0004	< 1000
S	0,06	0,0004	< 1000
Cl	0,06	0,0008	< 1000
Na	0,04	0,0006	< 1000
Fe	0,02	0,00007	< 1000
B	0,001	0,00001	< 1000
Mn	0,0007	0,0000015	< 1000
Zn	0,0003	0,000001	< 1000
Cu	0,0001	0,000001	< 1000
Mo	0,00005	0,0000003	< 1000
Co	0,000002	0,000000005	< 1000

**Saldūdens augu attīstībai nepieciešamo  
elementu relatīvais daudzums**

# Būtiskākās eitrofikācijas pazīmes

- pieaug fitoplanktona produkcija, bieži vairāk nekā 10 reižu;
- pastiprinās ūdens krāsainība un duļķainība, caurredzamība samazinās līdz 0,5 m un mazākam dziļumam, zilaļģu masas sanesumi un izskalojumi litorālē sasniedz vairāk par 2 kg zaļās masas uz vienu kubikmetru ūdens;
- zūd skābekļa piesātinājums dziļajos slāņos, izzūd bentosa dzīvnieku un aukstajā ūdenī nārstojošo zivju sugas;
- dziļūdens horizontos uzkrājas sērūdeņradis, ogļskābā gāze, izšķīdusī dzelzs un mangāns;
- aļģu sedimentācijas un sadalīšanās dēļ intensīvi veidojas metāns, ūdenī izdalās sedimentos saistītā slāpekļa un fosfora savienojumi;
- litorālē spēcīgi attīstās apaugumi un pavedienaļģes;
- ja viscaur ūdens duļķainība pieaug un caurredzamība ir mazāka par 0,3 m, strauji (pat viena gada laikā) izzūd zemūdens augājs;
- notiek zivju slāpšana zemledus apstākļos vai arī intensīvas fotosintēzes rezultātā vasarā, kas nosaka pH paaugstināšanos un veicina intoksikācijas.



a) Oligotrofs ezers ar nelielu barības vielu koncentrāciju. Aļģu daudzums ir neliels, bet ūdens ir dzidrs.

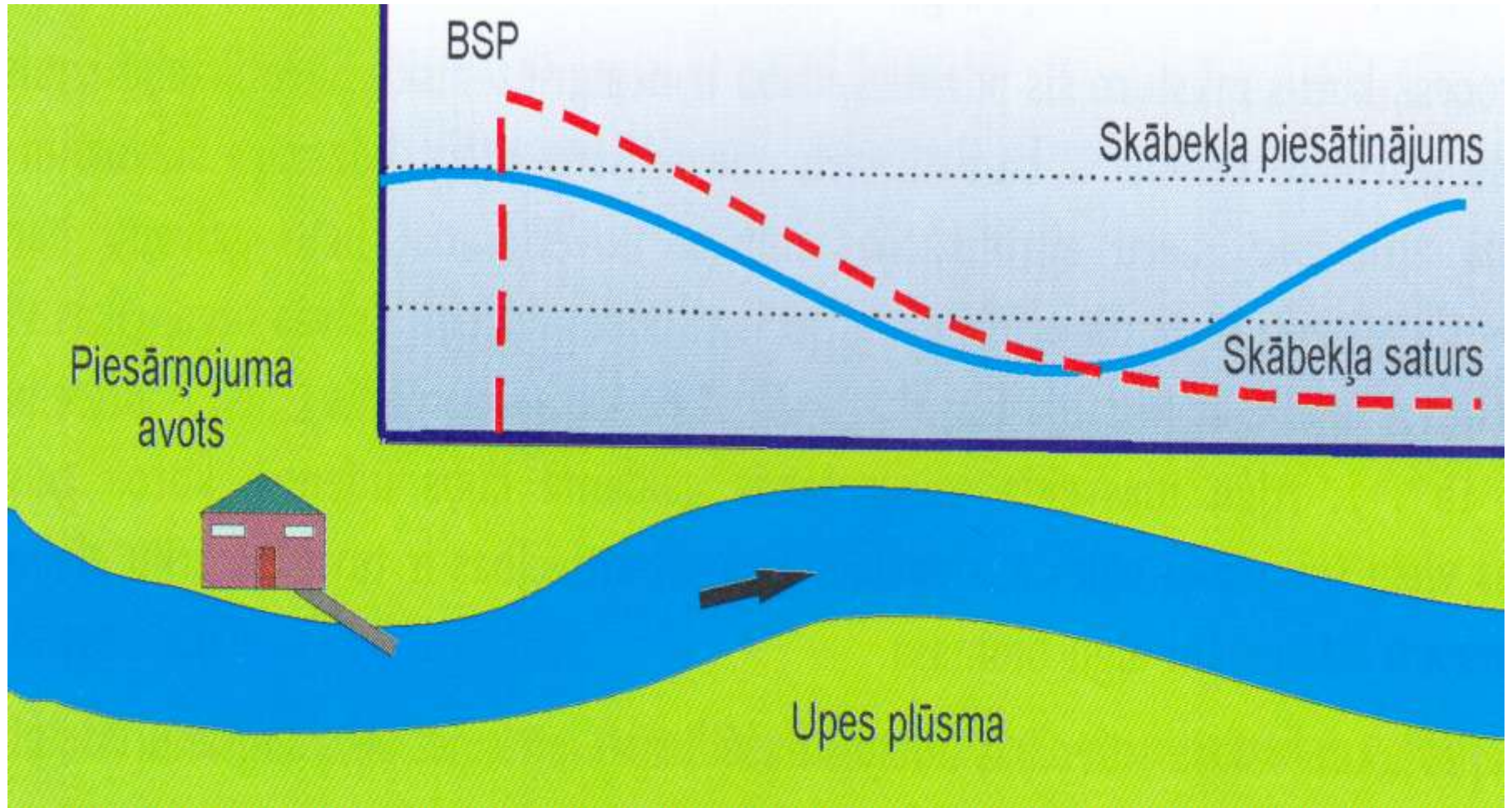
b) Ezerā ieplūst daudz fosfora savienojumu. Tiek veicināta aļģu augšana un tās sāk veidot blīvu slāni ezera virsējā slānī.

c) Aļģu slānis kļūst pārāk biezs un sākās aļģu atmiršana slāņa apakšējā slānī. Atmirušās aļģes barībai izmanto mikroorganismi, līdz ar to patērējot ļoti daudz ūdenī izšķīdušā skābekļa. Skābekļa trūkuma dēļ sāk iet bojā zivis.





# Ūdeņu piesārņojums ar organiskajām vielām



# Ūdeņu piesārņojums ar organiskajām vielām

Atkarībā no straumes ātruma un ieplūstošo organisko vielu daudzuma upju ekosistēmām piemīt **pašattīrīšanās spējas**.

Process notiek vairākās stadijās, un katrai no tām var izšķirt noteiktu zonu leņķus piesārņojuma ieplūdes vietas. Parasti tiek izdalītas **četras pašattīrīšanās zonas**:

- 1. Degradācijas zona.** Upes ūdeņi sajaucas ar piesārņojošām vielām. Ūdens kļūst duļķains, nepiemērots ūdensaugu un citu organismu attīstībai. Var savairoties vienšūņu sugas, kuras savā barībā izmanto organisko vielu daļiņas. Smagākajām daļiņām nogrimstot upes dibenā, veidojas organisko nogulu slānis.
- 2. Aktīvās sadalīšanās zona.** Piesārņojošo organisko vielu koncentrācija izraisa strauju ūdens mikroorganismu, baktēriju un sēņu savairošanos, un tās uzsāk organisko vielu bioloģisko noārdīšanu. Aktīvajā zonā skābekli lielos daudzumos patērē arī aerobie mikroorganismi, tāpēc veidojas **skābekļa deficīts**.

Skābekļa daudzumam samazinoties, **anaerobos** mikroorganismus nomaina **anaerobie** mikroorganismi. Tie izdala metānu, sulfobaktēriju bet slāpekļa savienojumu anaerobās noārdīšanās procesā veidojas amonjaks.

Skābekļa trūkums negatīvi ietekmē tos ūdens organismus, kuriem tas nepieciešams elpošanai – ūdens bezmugurkaulniekus un zivis –, tādēļ šajā zonā tie praktiski nav sastopami.

Ar organiskajām vielām piesārņotajā ūdenī nevar attīstīties arī ūdensaugi.

# Ūdeņu piesārņojums ar organiskajām vielām

- 3. Atjaunošanās zona.** Ūdenī pamazām atjaunojas skābekļa saturs un samazinās duļķainība. Tas rada ideālus apstākļus aļģu un ūdensaugu attīstībai, tādēļ bagātīgi savairojas zilzaļās aļģes, pavedienveida zaļāļģes vicaiņi. Parādās arī daudzas bezmugurkaulnieku sugas, kā arī planktona vēžveidīgie un ūdens ēzeliši, kuriem pieaugusī ūdensaugu masa nodrošina bagātīgu barības bāzi.
- 4. Attīrītā zona.** Upes ekosistēmas stāvoklis tuvojas sākotnējam. Barības elementus ir asimilējuši ūdensaugi. **Fotosintēzes rezultātā ūdenī ir atjaunojies normāls skābekļa līmenis, tādēļ upē atkal sāk parādīties tīram ūdenim raksturīgās zivis un bezmugurkaulnieki.**

Reālajā situācijā **upes pašattīrīšanās procesa gaita ir atkarīga gan no notekūdeņu veida, gan straumes ātruma.**

Tā kā notekūdeņi pārsvarā sastāv no **viegli degradējamām organiskām vielām**, pēc to ievadīšanas parasti pieaug ķīmiskais un bioloģiskais skābekļa patēriņš, bet samazinās skābekļa saturs. Tas samazina ūdeņu bioloģisko daudzveidību.

# Ūdeņu piesārņojums ar naftu

**Īpaši bīstams ir dabas ūdeņu piesārņojums ar naftu, jo** šie produkti nokļūst ūdens vidē gan dažādās avārijās, gan ieskalojoties urbanizētu teritoriju vai rūpnīcu lietus notekūdeņiem. Jūras ūdeņu piesārņošana notiek: 1) tankkuģu avārijās; 2) ar tankkuģu skalošanas ūdeņiem; 3) iegūstot naftu jūrā.

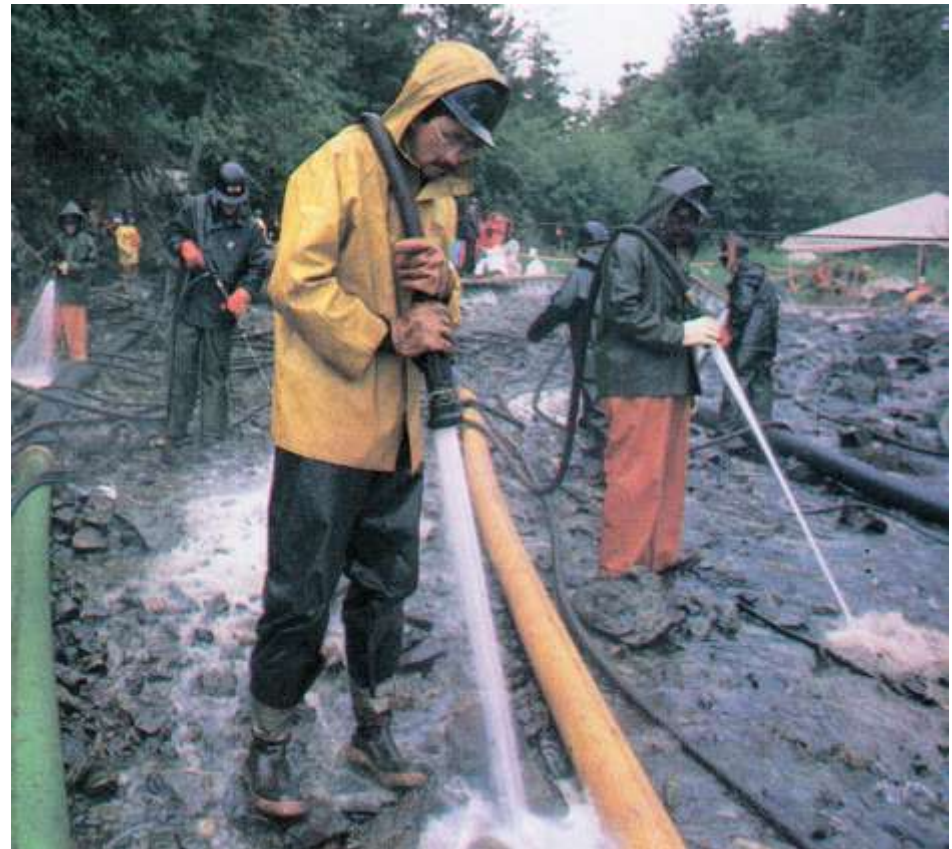
Naftai un tās produktiem nokļūstot ūdens vidē, tie **ātri izplūst pa ūdens virsmu, veidojot virsmas plēvi**, (15 tonnas mazuta 6–7 diennakšu laikā izplūstot var nosegt apmēram 20 km<sup>2</sup> lielu ūdens virsmu). Tiek pārtraukta gaisa apmaiņa starp atmosfēru un ūdeni, kas savukārt rada zivju slāpšanu un ūdensputnu aplīpšanu ar naftu.

Aprēķināts, ka 4 litru jēlnaftas oksidēšanai tiek patērēts skābeklis, kas ietilpst 1 500 000 litros ar skābekli piesātināta jūras ūdens. To satur 30 cm biezs jūras ūdens slānis 500 m<sup>2</sup> platībā.

**Destrukcijas procesi un viļņu mehāniskā iedarbība viendabīgo naftas plēvi pakāpeniski sagrauj, sākotnēji veidojot naftas pilīšu emulsiju ūdenī, no rezultātā veidojas eļļainas naftas piciņas, kas arī bieži tiek izskalotas krastā.**



## Piekrastes attīrīšana no naftas Eleonoras salā Aļaskā pēc “Exxon Valdez” avārijas



# Ūdeņu piesārņojums ar sintētiskajiem mazgāšanas līdzekļiem

Sintētiskie mazgāšanas līdzekļi satur dažādas vielas, kas var piesārņot ūdens vidi:

- 1) **virsmas aktīvās vielas** (nātrijs dodecilsulfāts);
- 2) **balinātāji** – parasti dažādi oksidētāji (nātrijs perborāts);
- 3) **fermenti** (lipāze);
- 4) **korozijas inhibitori** (nātrijs silikāts);
- 5) **aromatizējošās vielas**;
- 6) **inertas pildvielas** (nātrijs sulfāts);
- 7) **stabilizatori** (magnija silikāts).

No vides aizsardzības viedokļa visbūtiskākās ir divas sintētisko mazgāšanas līdzekļu komponentes:

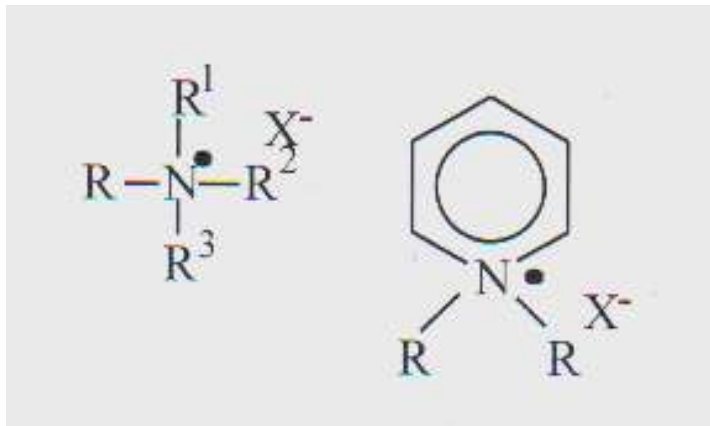
## 1) virsmas aktīvās vielas; 2) ūdens mīkstināšanas līdzekļi.

Virsmas aktīvās vielas ir ūdenī šķīstošu organisku vielu grupa, kas koncentrējas uz virsmām un **samazina ūdens virsmas spraigumu**. Par īpaši būtisku uzskatāms vides (gaisa, ūdens, augsnes, pazemes) piesārņojums ar vielām, kuras raksturo augsta stabilitāte vidē un kuru vidū īpašu vietu ieņem **noturīgie organiskie piesārņotāji (NOP)**. Ņemot vērā vielu bīstamības pakāpi, vielu ražošanas apjomus un vielu toksiskumu, vairāku NOP izmantošanu ierobežo likumdošanas akti (Stokholmas konvencija). Tās mērķis ir aizsargāt cilvēka veselību un vidi no NOP, ierobežojot to vielu izmantošanu, kuras raksturo augsts toksiskums un noturīgums vidē un samazinot nekontrolētu NOP emisiju vidē.

# Anjonaktīvās un katjonaktīvās virsmas aktīvās vielas

**Anjonaktīvās** virsmas aktīvo vielu molekulas sastāv no ogleņūdeņraža atlikuma (hidrofobā daļa) un sulfātgrupas, sulfonātgrupas, fosfātgrupas vai karboksilgrupas.

Šī ir nozīmīgākā virsmas aktīvo vielu grupa, kuru izmanto gan šķīdros, gan arī cieto mazgājamo līdzekļu ražošanā. Pie šīs virsmas aktīvo vielu grupas pieder arī **ziepes**, piemēram, nātrija stearāts  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO}^- \text{Na}^+$



**Katjonaktīvo VAV molekulas sastāv no hidrofoba ogleņūdeņraža atlikuma un amonija jonu nesoša grupējuma. Šīs virsmas aktīvo vielu grupas izmantošana ir relatīvi ierobežota, tomēr tās izmanto kā dezinficējošu un antiseptisku komponentu mazgāšanas līdzekļos.**



# VAV radīto putu veidošanās ūdenstilpņu piekrastē





# Hlororganisko pesticīdu ietekme uz ūdensvidi

Hlororganisko pesticīdu piesārņojuma bīstamība ūdeņu ekosistēmās ir saistīta ar to, ka vairums no tiem, **nokļūstot organismā, nesadalās un netiek izvadīti no tā, bet uzkrājās iekšējos orgānos.**

No ekoloģiskā viedokļa visbīstamākā ir hlororganisko savienojumu koncentrācijas palielināšanās barības ķēdes virsotnē – **plēsējos**, kuri parasti no šo vielu uzkrāšanās cieš visvairāk.

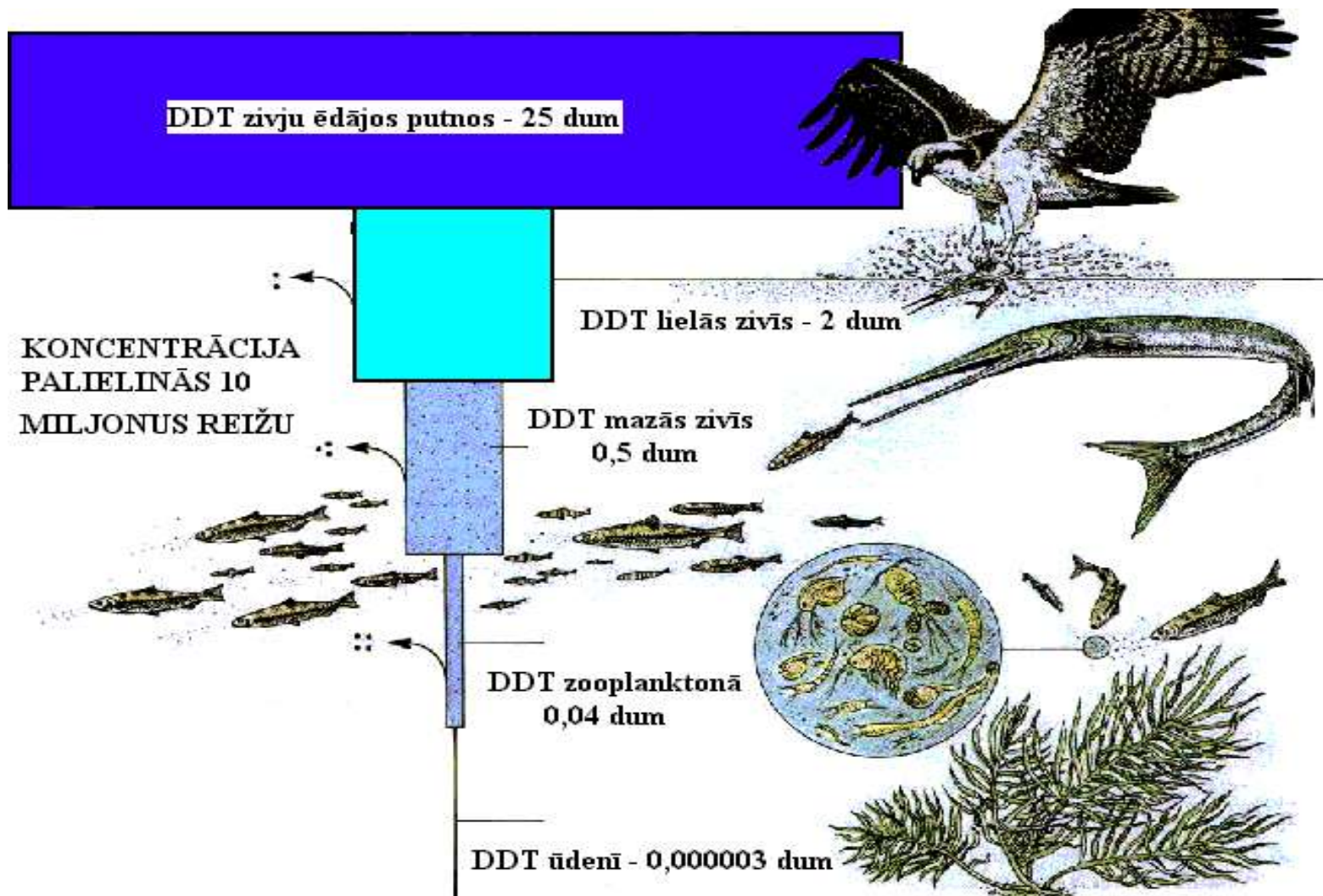
Kaitīgie hlororganiskie pesticīdi ar virszemes noteces ūdeņiem nonāk ūdeņos, kur tos saista fitoplanktona aļģes un zooplanktona dzīvnieki.

**Planktonā ķīmisko vielu koncentrācija 800 reižu var pārsniegt šo vielu koncentrāciju ūdenī.**

Ar planktona organismiem barojas planktonēdājas zivis. **Zivīs šo vielu koncentrācija var būt 30 reižu augstāka nekā planktonā.**

Savukārt planktonēdājas zivis barībā izmanto plēsīgās zivis, roņveidīgie un jūras putni. Šo dzīvnieku organismos kaitīgo vielu koncentrācija, salīdzinot ar to izmantoto barību, caurmērā pieaug **vēl 5 reizes**, tādējādi sasniedzot visaugstāko līmeni.

# Ķīmisko savienojumu (DDT) bioakumulācija



# Pamestas smago metālu rūdas ieguves vietas ūdeņu piesārņojums





# Ūdeņu piesārņojums ar metālu savienojumiem

Ekoloģiski bīstami ir **kadmija** savienojumi. Kadmijs **uzkrājas nieru garozā, izraisot tajā asins izplūdumus**. Nokļuvis organismā, kadmijs saistās ar olbaltumvielām, veidojot metalotionīnus, un tāpēc izskalojas no tā ļoti lēni, pamazām akumulējoties nierēs un aknās.

**Augos līdzīga loma ir polisaharīdiem**, kas, savienojoties ar kadmiju, veido fitohelatīnus un tādējādi saista kadmiju augu masā, no kuras tas nonāk gan zālēdāju, gan cilvēka organismā.

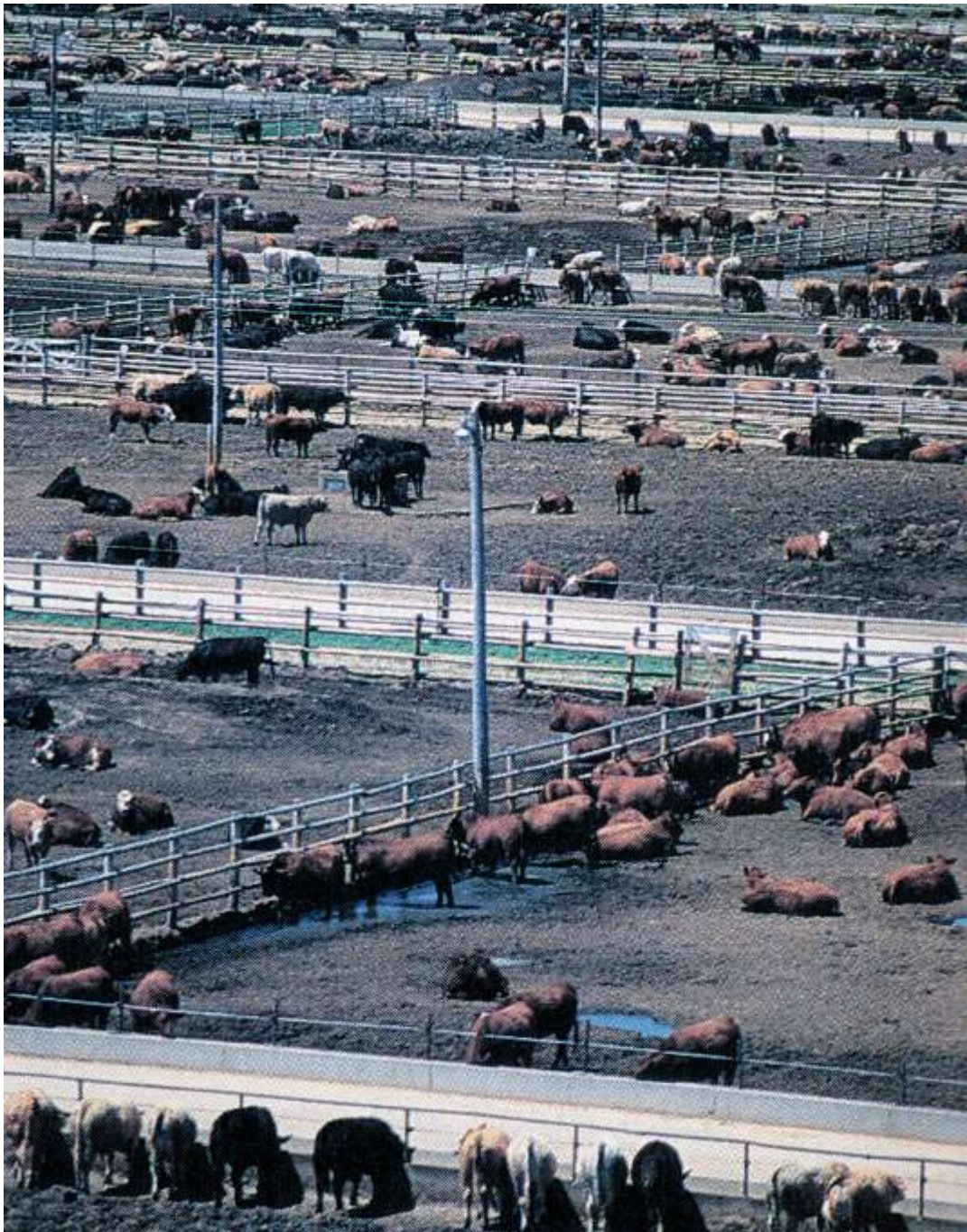
**Baltijas jūrā** kadmijs līdzīgi kā dzīvsudrabs nokļūst galvenokārt ar upju ūdeņiem un atmosfēras nokrišņiem. **Kadmija koncentrācija zivīs šai jūrā ir robežās no 2 līdz 200 µg/kg, bet moluskos – no 1300 līdz 10 800 µg/kg dzīvsvara**. Kadmijs ir tendence akumulēties ekoloģiskajā barības ķēdē.

Pagājušajā gadsimtā lieli **svina** daudzumi nokļuva jūru un okeānu ekosistēmās ar rūpniecības notekūdeņiem un autotransportā izmantotā tetraetilsvina izmešiem. Tā kā ir ieviesta stingrāka vides likumdošana, notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģiju uzlabojumi un bezsvina autodegviela vairumā Eiropas valstu, **svina koncentrācija Baltijas jūras ekosistēmās samazinās**.

Ekoloģiski nozīmīgs smagais metāls jūras ekosistēmās ir **cinks**. Tetraetilcinks tiek izmantots kā **kuģu krāsas** komponente, lai pasargātu tos no nevēlama aļģu apauguma. Taču šī viela, kas no krāsotajām virsmām lēnām izdalās ūdenī, izrādījās toksiska daudziem jūras moluskiem.

Pēdējā laikā bažas rada **arsēna** uzkrāšanās jūras ekosistēmās.

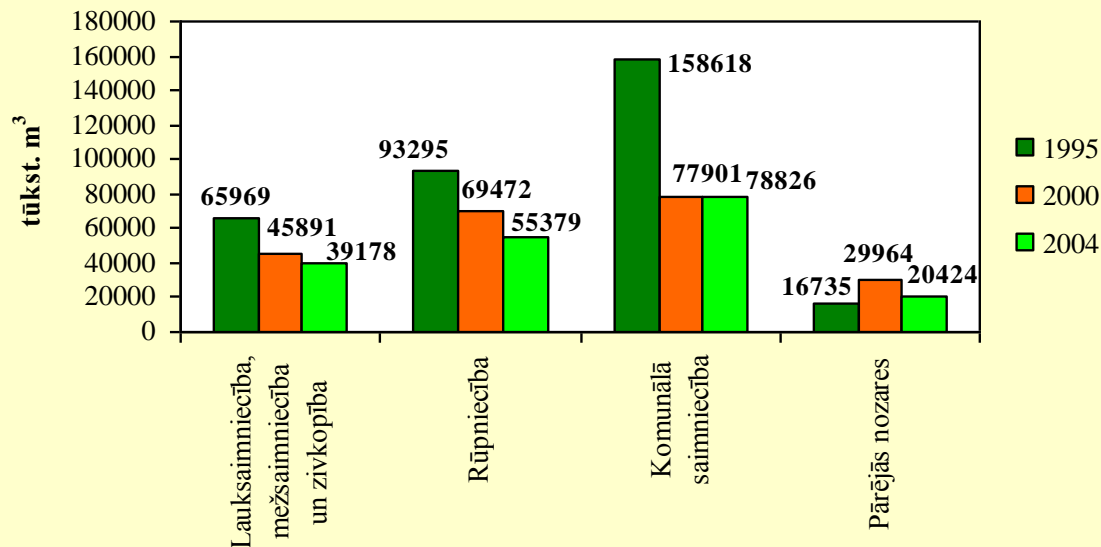
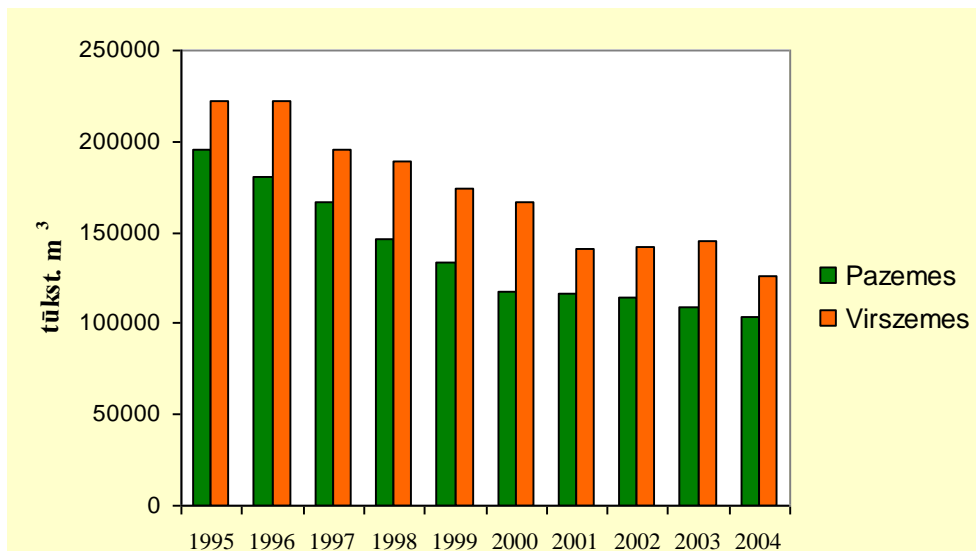




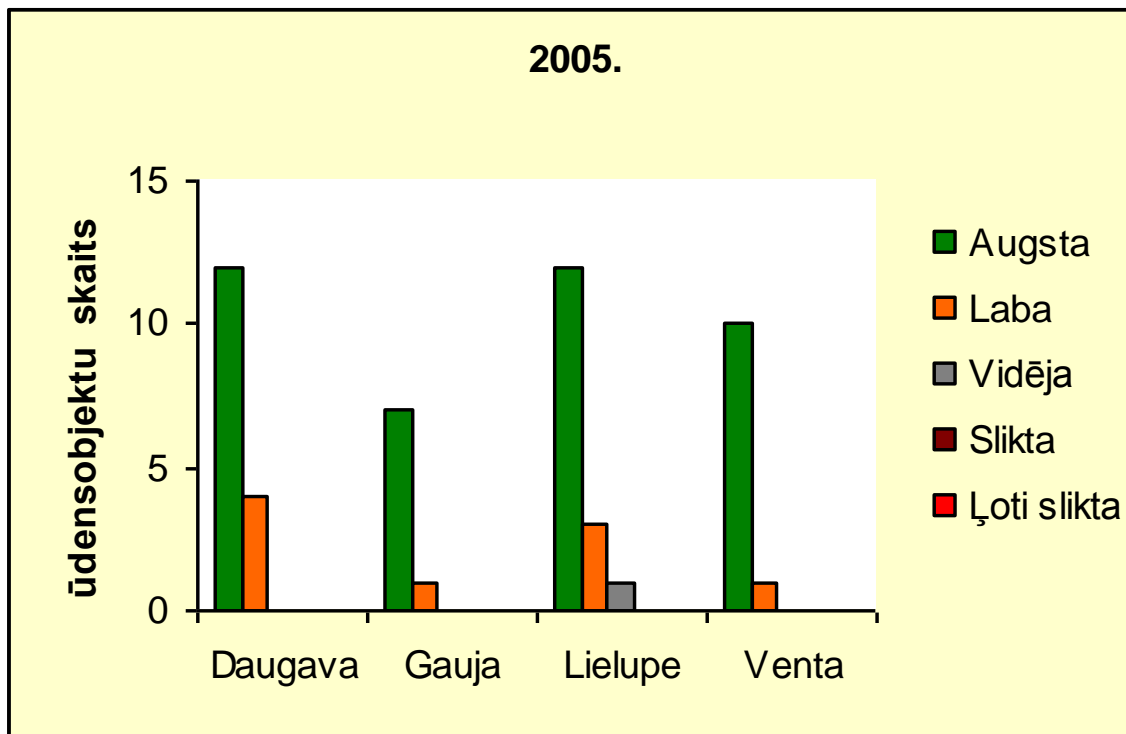
## Liellopu fermas ūdeņu piesārņojums

# Pazemes un virszemes ūdeņu ņemšanas apjoms Latvijā un ūdens izmantošana tautsaimniecības nozarēs

Kopš 1995. gada ūdens ieguve un patēriņš Latvijā kopumā ir samazinājies aptuveni par 40 %. Ūdens resursu izmantošanas uzskaitē un cenu politika ir veicinājusi ūdens resursu racionālāku izmantošanu – jo īpaši komunālajā saimniecībā.



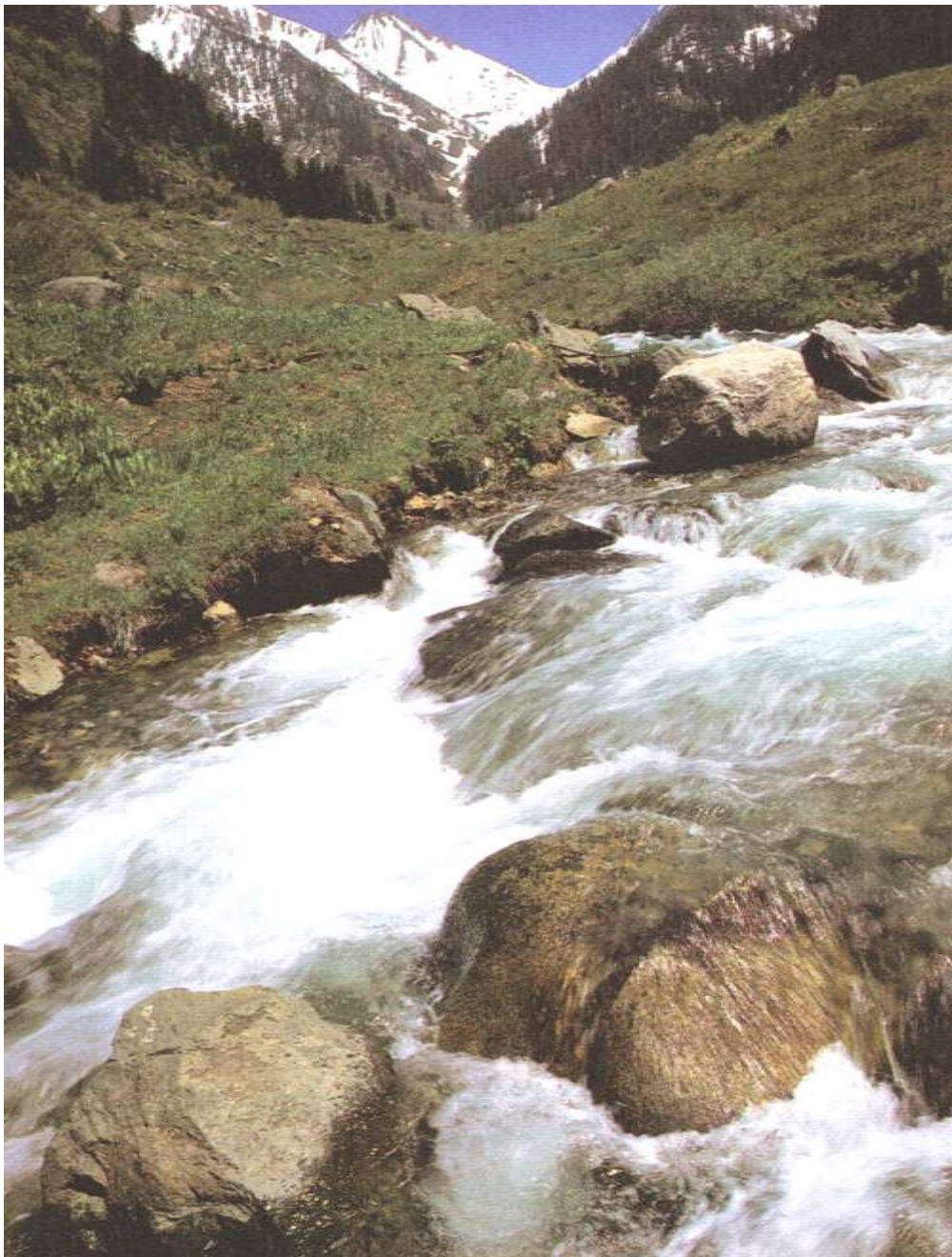
## Latvijas ūdensobjektu ekoloģiskā – saprobioloģiskā kvalitāte upju sateces baseinu apgabalos



Lielākā daļa (80 %) Latvijas ūdensobjektu atbilst augstai saprobioloģiskajai kvalitātei, kas nozīmē ļoti zemu piesārņojuma līmeni ar viegli noārdāmām organiskām vielām.

2005. gadā Latvijā tikai viens upju ūdensobjekts (Lielupes upju sateces baseinu apgabalā) no 51 monitorētajiem neatbilda augstai vai labai saprobioloģiskai kvalitātei.





**Paldies par uzmanību!**