



***LATVIJAS VIRSZEMES ŪDEŅU
ĶĪMISKAIS SASTĀVS***

ILGA KOKORĪTE

ŪDEŅU PĒTĪŠANAS NEPIECIEŠAMĪBA

- **Resurss cilvēku eksistencei: ūdeņu kvalitāte nosaka tā izmantošanas iespējas; ūdeņu kvantitāte**
- **Dabas procesu izprašana**
- **Antropogēnās ietekmes uz vidi izvērtēšana**
- **Monitoringa sistēmas izstrāde un pilnveidošana**
- **Sateces baseinu apsaimniekošana (ES Ūdeņu struktūrdirektīva 2000/60/EC)**

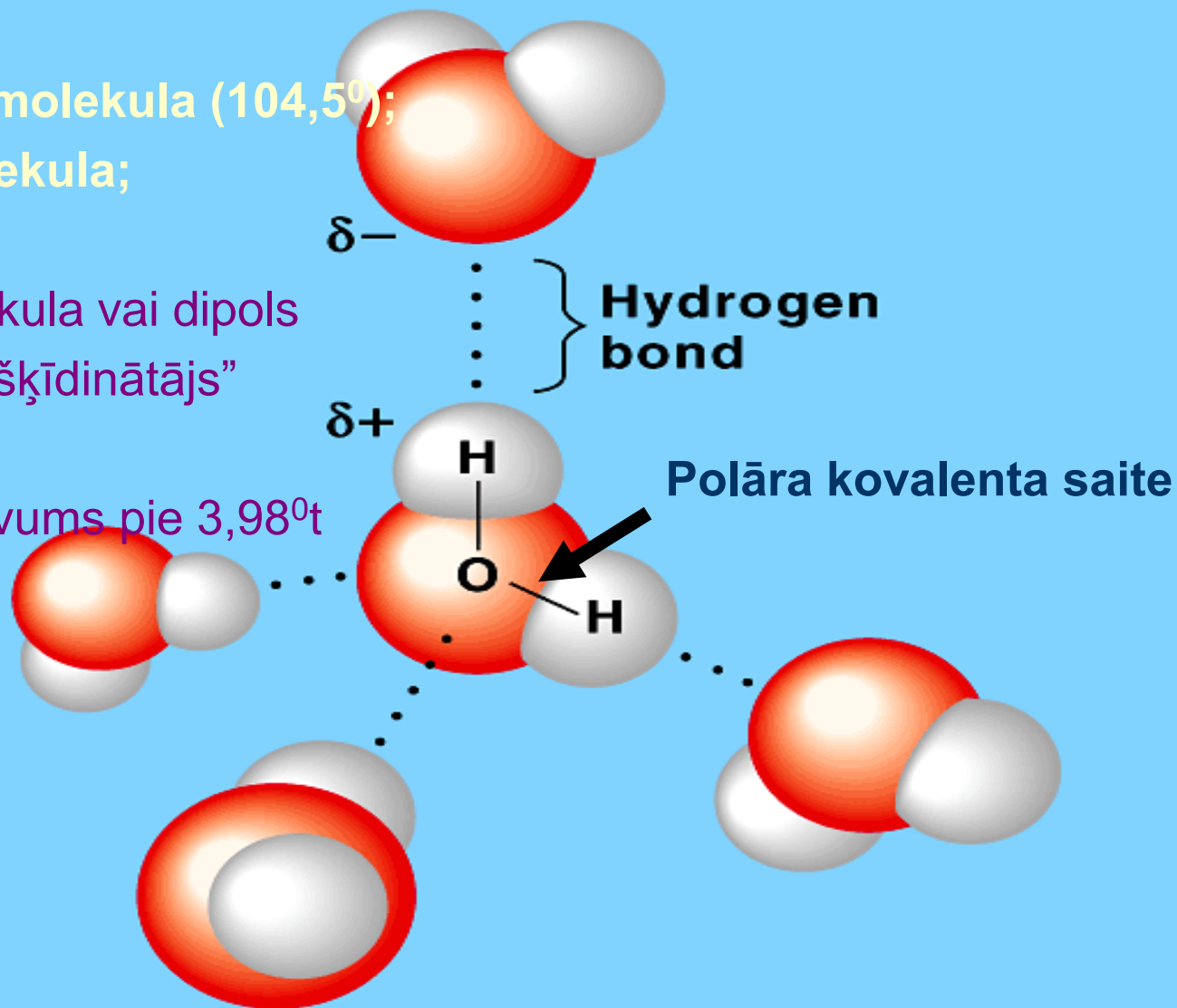
ZINĀTŅU NOZARES

- **Hidroloģija** – pētījumu objekts ir hidrosfēra (ūdens riņķojums)
- **Limnoloģija** – pēta kontinentālo ūdeņu ekosistēmas, to struktūru, funkcijas, vielu un enerģijas plūsmas
- **Hidroķīmija** – pēta ūdeņu ķīmisko sastāvu un noritošos ķīmiskos procesus
- **Hidrobioloģija** – pēta ūdenstilpēs noritošos bioloģiskos procesus



ŪDENS MOLEKULA UN ŪDENĀRAŽA SAITES VEIDOŠANĀS

- Leņķveida molekula ($104,5^\circ$);
- Lādēta molekula;
- Polāra molekula vai dipols
- “Universāls šķīdinātājs”
- Lielākais blīvums pie $3,98^\circ\text{t}$



GALVENIE ĶĪMISKIE PROCESI ŪDENSTILPĒS

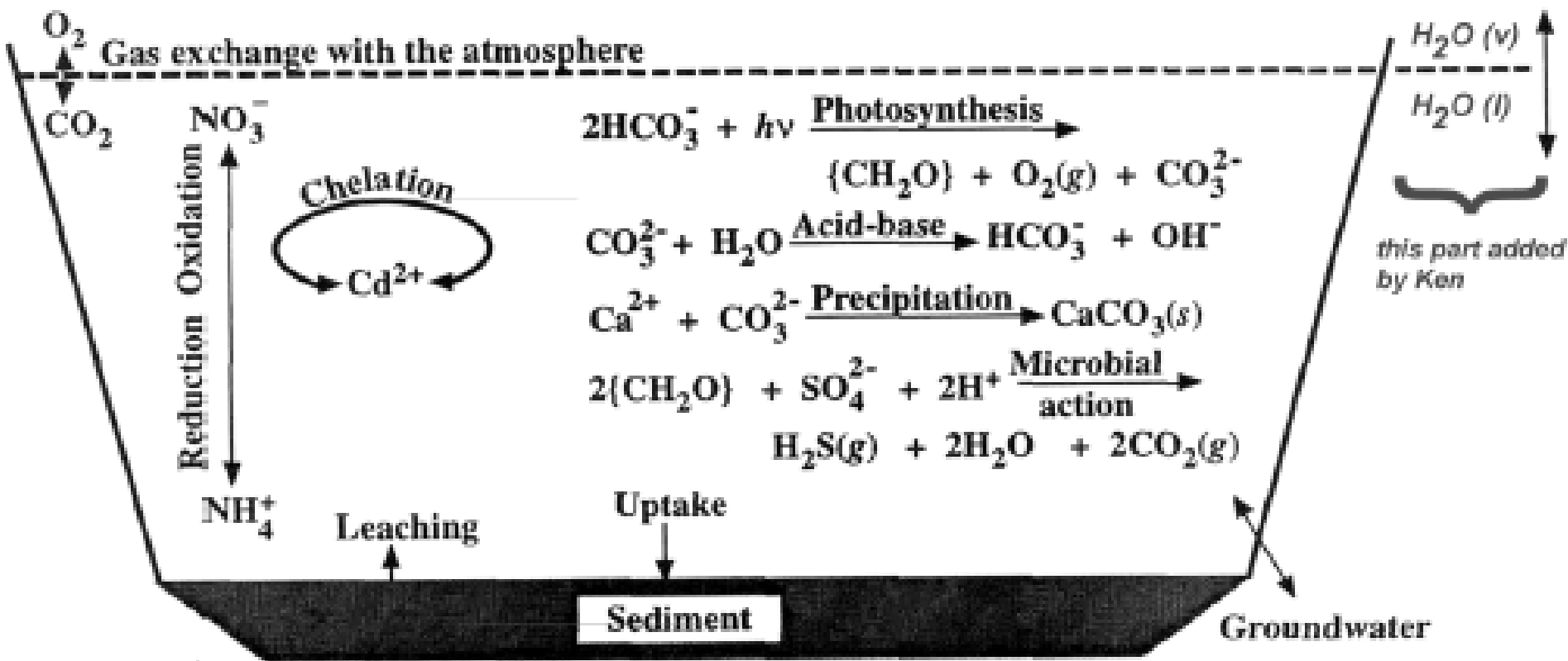
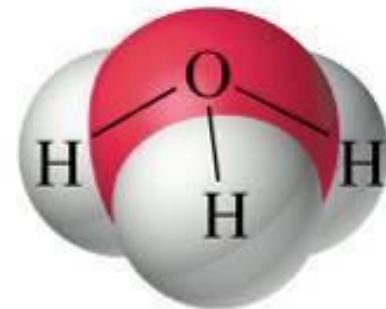
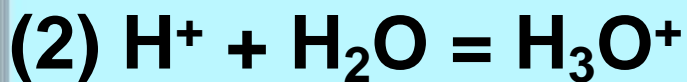
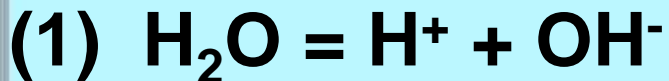


Figure 3.7. Major aquatic chemical processes. *Modified from Manahan*



Ūdens molekula disociē



Hydronium ion
 H_3O^+



pH – raksturo ūdens reakciju (skābumu)



pH = hidroksonija jonu koncentrāciju negatīvais log

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

pH = pOH = 7 pie 298 K;

$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol/l}$ neitrālā vidē



pH skala 1 – 14

pH = 7 neitrāls

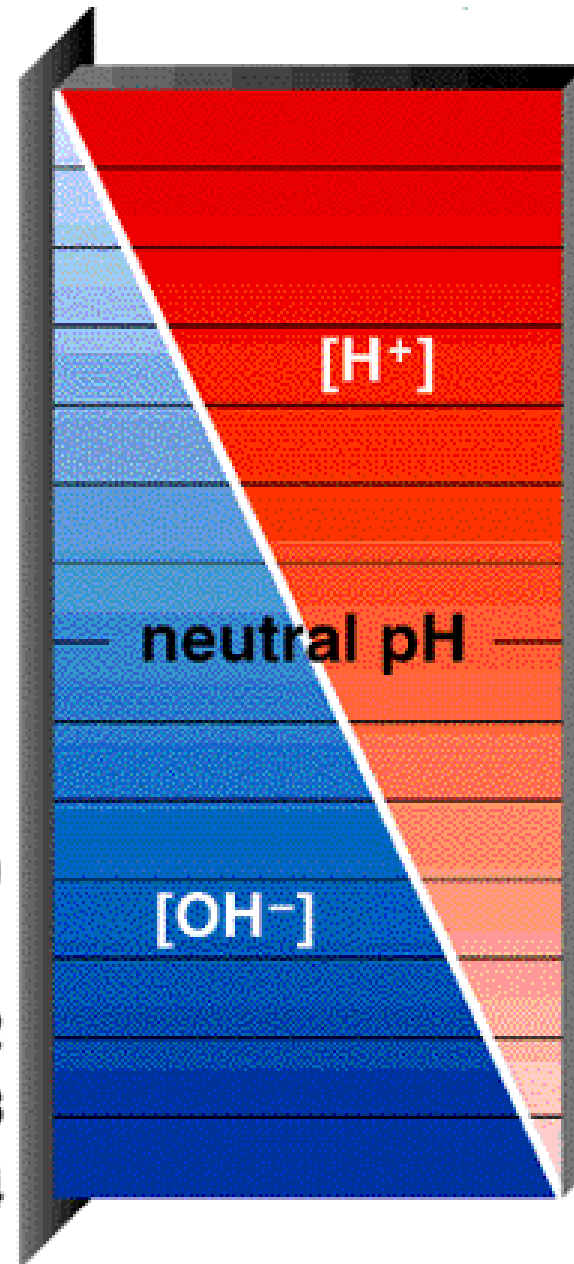
pH < 7 skābs

pH > 7 bāzisks



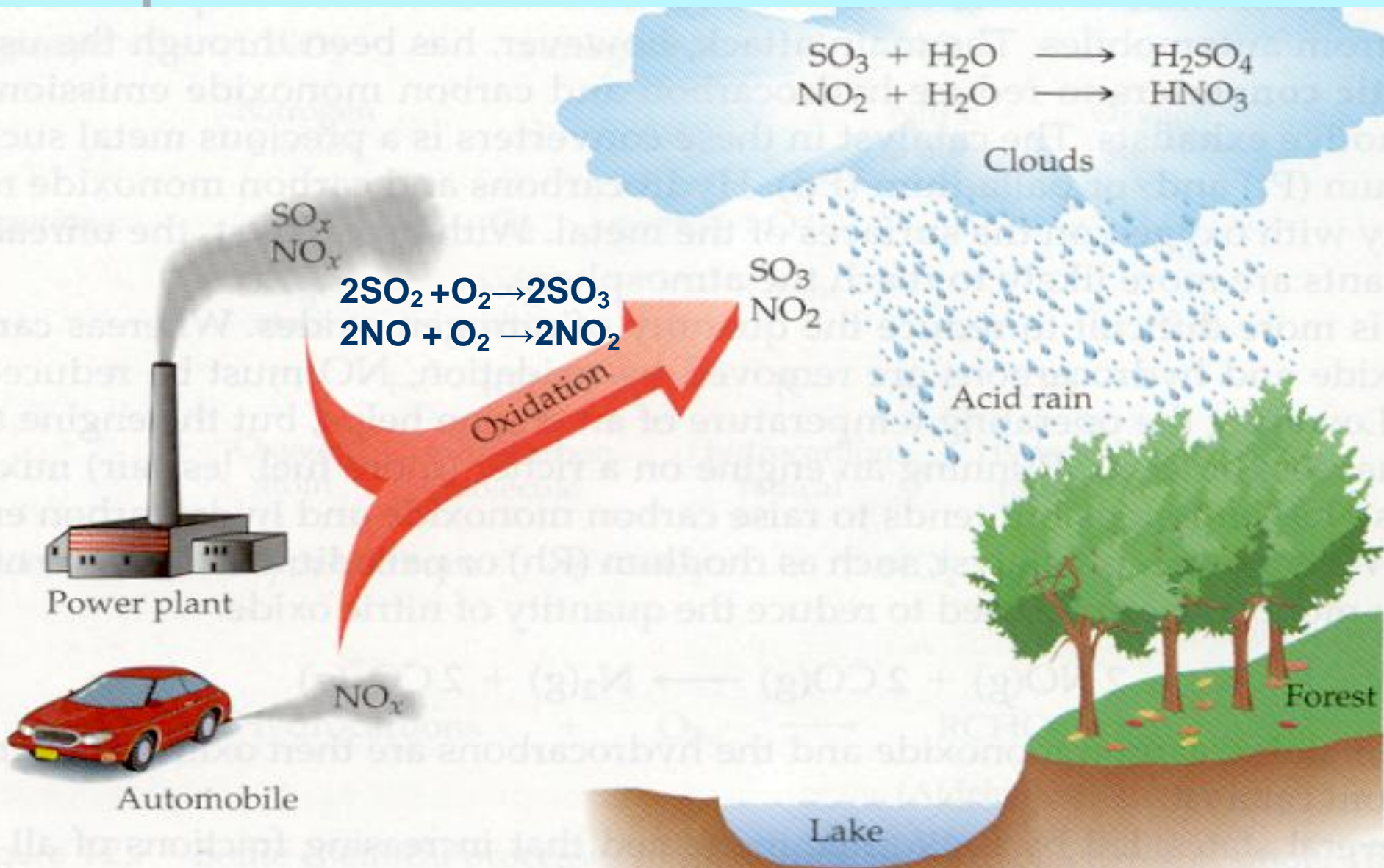
pH of Common Substances

hydrochloric acid (HCl)	0
stomach acid	1
lemon juice	2
Coca-Cola, beer, vinegar	3
tomatoes	4
black coffee	5
urine	6
pure water, tears	7
seawater	8
baking soda, stomach antacids	9
Great Salt Lake	10
household ammonia	11
bicarbonate of soda	12
oven cleaner	13
sodium hydroxide (NaOH)	14





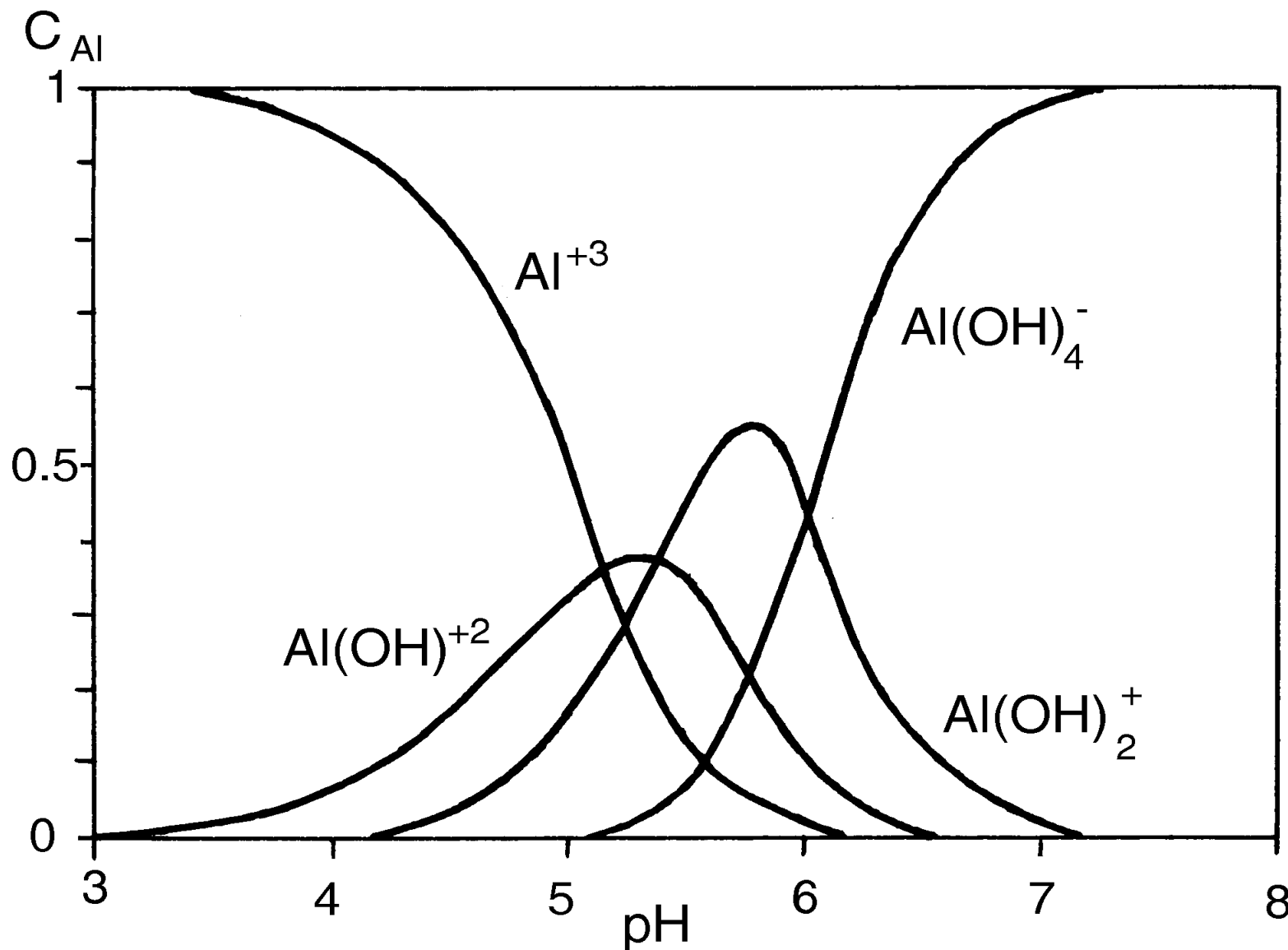
SKĀBO NOKRIŠŅU VEIDOŠANĀS



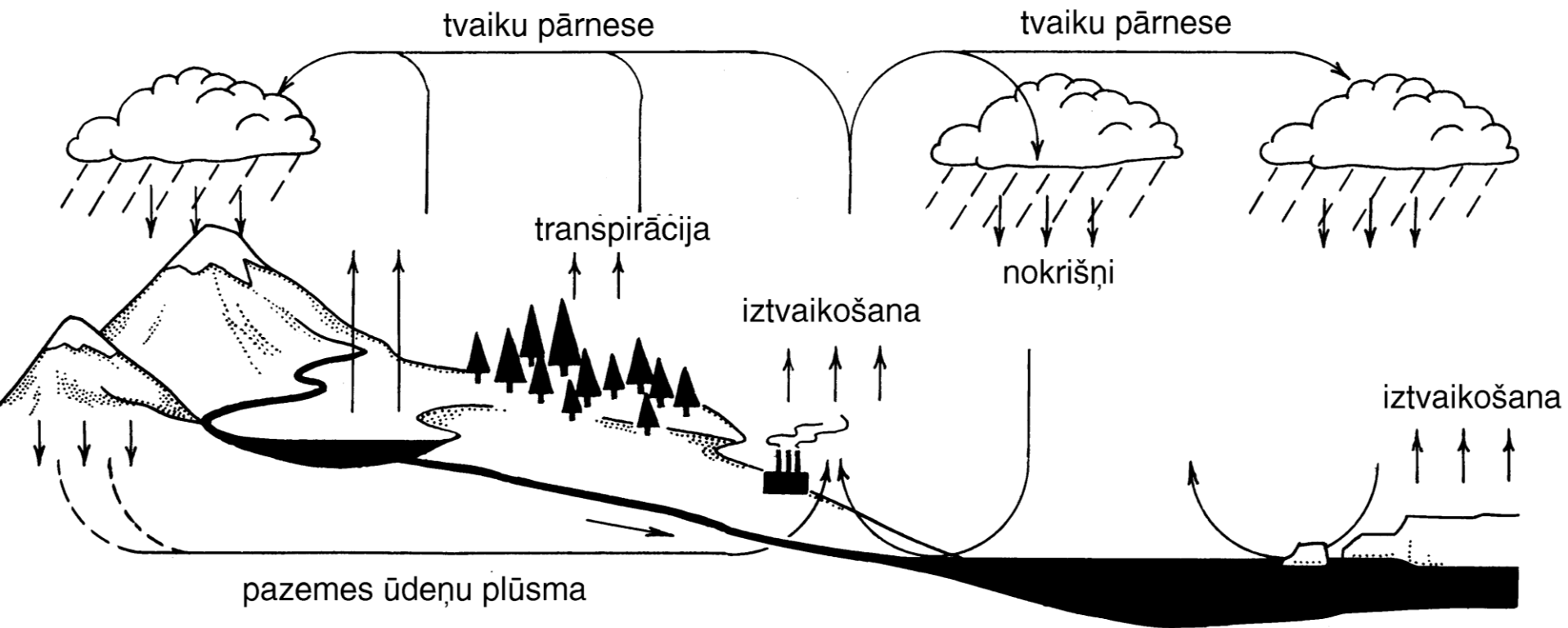
ŪDENSTILPJU PASKĀBINĀŠANĀS

- Skābie nokrišņi – $\text{pH} < 5.6$
- Piesārņotāji - Lielbritānija, Polija, Vācija
- Skandināvija – ģeoloģiskā uzbūve
- Virszemes ūdeņiem pazeminās pH :
 - letekme uz dzīvajiem organismiem;
 - letekme uz iežu dēdēšanu (karbonāti-buferkapacitāte)
 - letekmē izšķīdušo vielu atrašanās formas – smagie metāli, piesārņojums.... vielu toksiskuma izmaiņas

ALUMĪNIJA ATRAŠANĀS FORMAS ŪDENĪ



HIDROLOĢISKAIS CIKLS



ŪDEŅU ĶĪMISKO SASTĀVU IETEKMĒ:

- **Fizio-ģeogrāfiskie faktori** – baseina atrašanās vieta, augstums v.j.l., reljefs,
- **Klimats** - nokrišņu daudzums, temperatūras un ūdeņu iztvaikošanas režīms;
- **Hidroloģiskā cikla īpatnības** – ūdensguves veidi, gruntsūdeņu ķīmiskais sastāvs;
- **Teritorijas ģeoloģiskās uzbūve;**
- **Augšņu sastāvs;**
- **Veģetācija**
- **Antropogēnā ietekme** – piesārņojums no punktveida un difūzajiem
– Zemes lietojuma veidi

ŪDENĪ IZŠĶĪDUŠO VIELU UN JONU IEDALĪJUMS ATKARĪBĀ NO TO KONCENTRĀCIJAS

Ūdenī izšķīdušo vielu koncentrāciju līmeņi

Dominējošie komponenti (vairāk kā 5 mg/l):

HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Si, Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_2 , O_2 ,
organiskās vielas

Makrokomponenti (koncentrācija 0.01 - 10 mg/l):

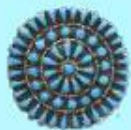
CO_3^{2-} , Fe, P, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , K^+ , F^- , H_2S

Mikroelementi (koncentrācija < 0.01 mg/l):

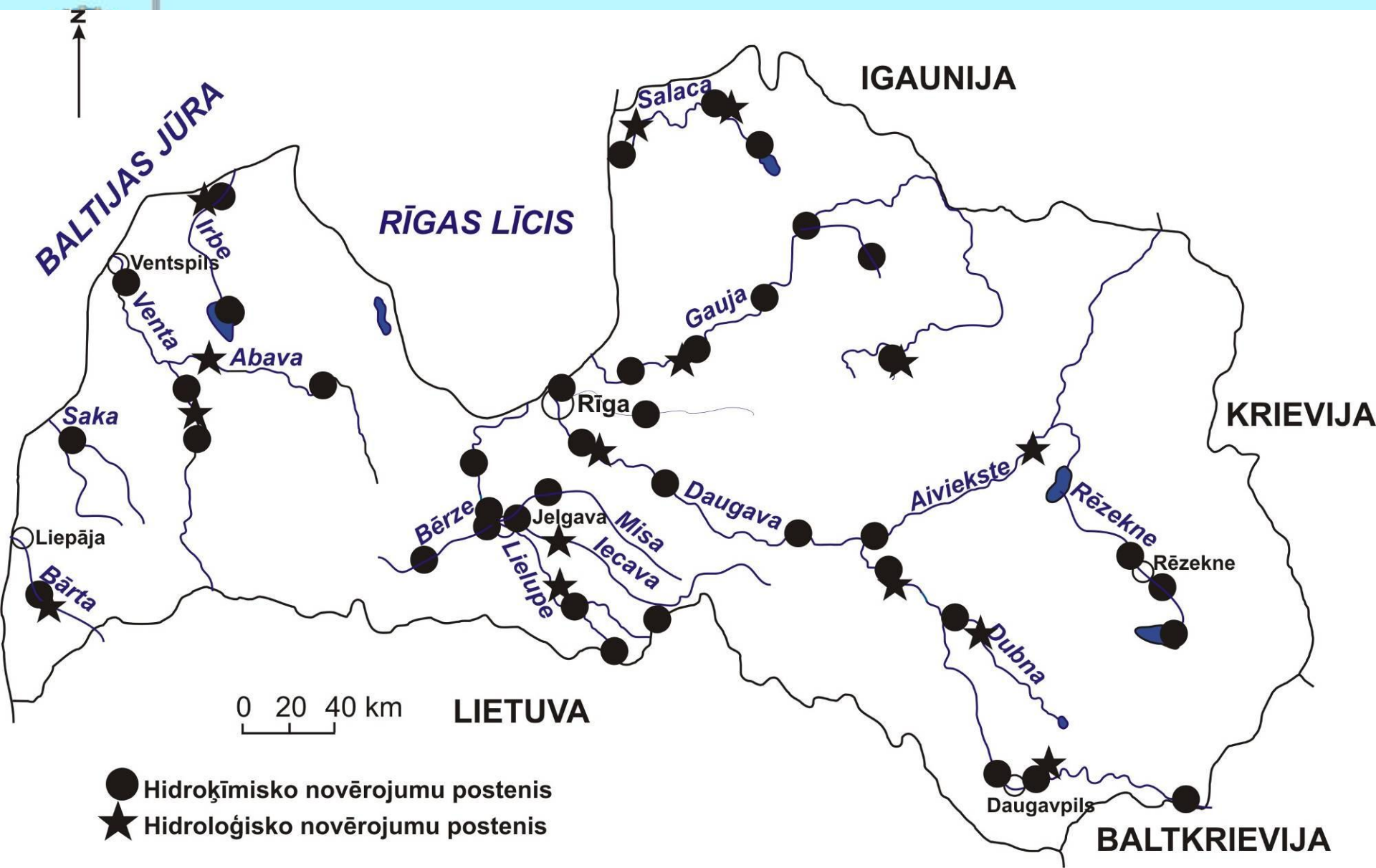
Al, As, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Ce, Cr, Co, Cu, Ga, Ge, Au,
In, I, La, Pb, Li, Mn, Mo, Ni, Pt, Ra, Se, Ag, Sn, W, U,
Zn

VIDĒJAIS DABAS ŪDEŅU SASTĀVS

Komponenti	Galveno komponentu saturs, mg/l		
	Okeānu ūdeņi	Upju ūdeņi	Lietus ūdens
Katjoni:			
Na^+	10 560	5.8	1.1
Mg^{2+}	1 270	3.4	0.36
Ca^{2+}	400	2.0	0.47
K^+	380	2.1	0.26
Anjoni:			
Cl^-	18 980	5.7	1.1
SO_4^{2-}	2 650	12	4.2
HCO_3^-	140	35	1.2
Br^-	65	-	-
F^-	1	-	-



HIDROĶĪMISKO UN HIDROLOĢISKO NOVĒROJUMU POSTEŅU IZVIETOJUMS



KOPĒJAIS IZŠĶĪDUŠO VIELU DAUDZUMS (mg/l)

TDS – *total dissolved solids*

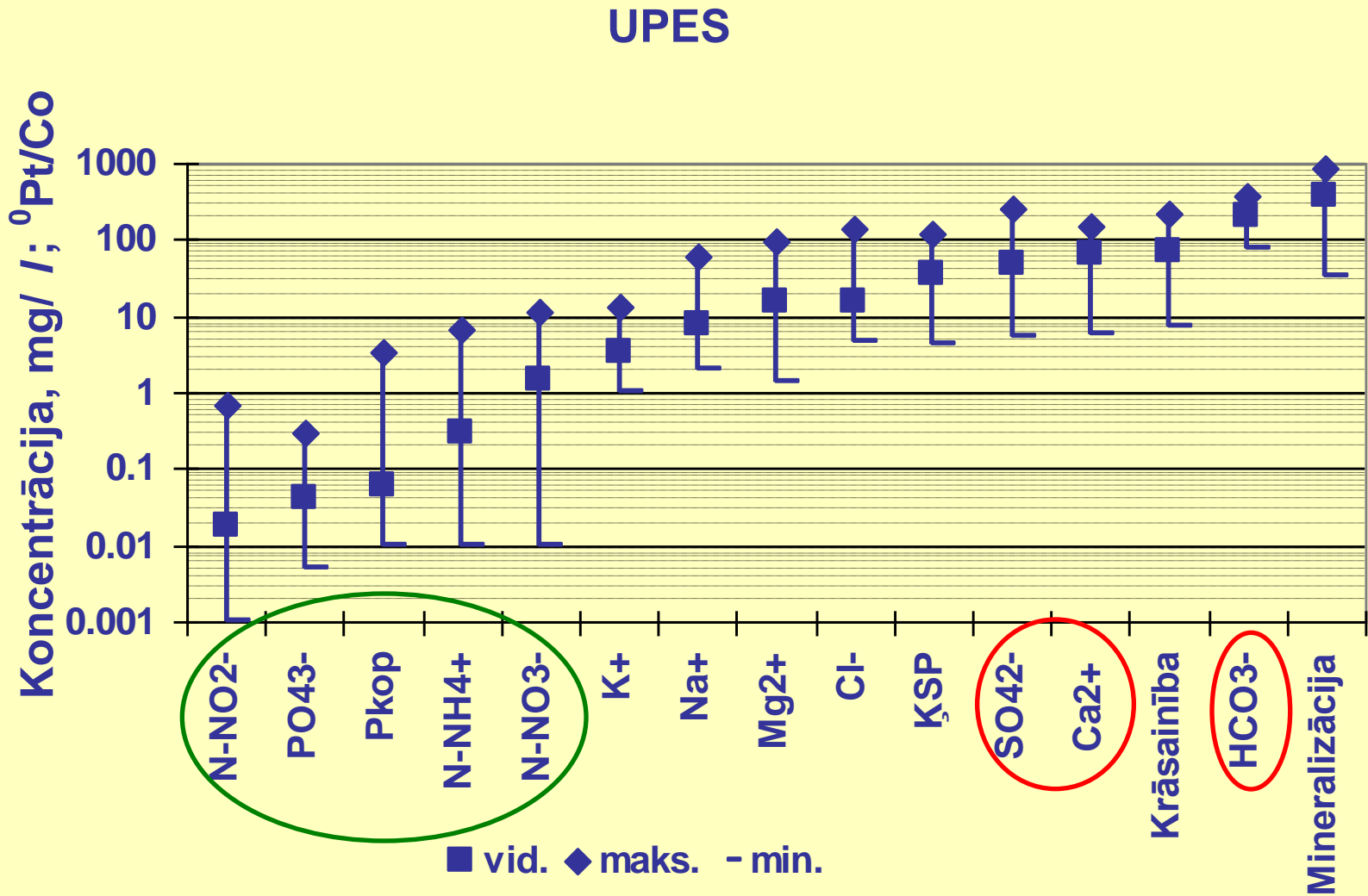
Elektrovadītspēja ($\mu\text{S}/\text{cm}$) – *conductivity*

Augstas vērtības – daudz izšķīdušo vielu

TDS atspoguļo:

- nokrišņu/iztvaikošanas apjomus
- dēdēšanas intensitāti
- temperatūras izmaiņas
- pH
- gāzu šķīdību
- bioloģisko procesu intensitāti

LATVIJAS VIRSZEMES ŪDEŅU ĶĪMISKAIS SASTĀVS





SĀRMZEMJU METĀLI



Kalcijs Ca^{2+}

Magnijs Mg^{2+}



Ca^{2+} un Mg^{2+} jonu koncentrācijas virszemes ūdeņos nosaka pamatiežu dēdēšanas procesi: dolomīti, kaļķakmens, ģipsis.



Piesārņojuma ietekme - minimāla

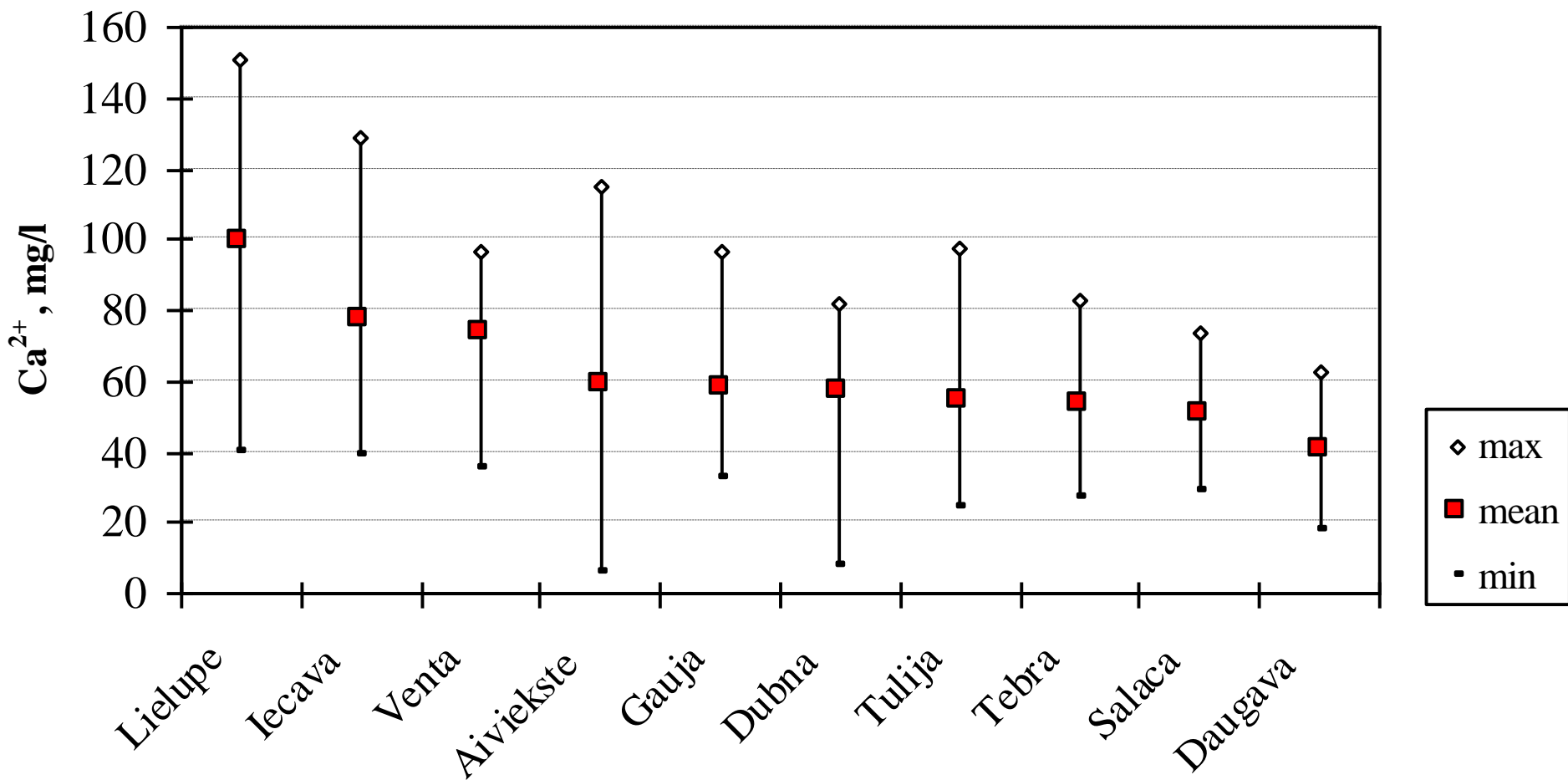


Vidēji Ca^{2+} jonu saturs upēs ir robežās 7 – 110 mg/l, bet Mg^{2+} – no 3 līdz 60 mg/l.



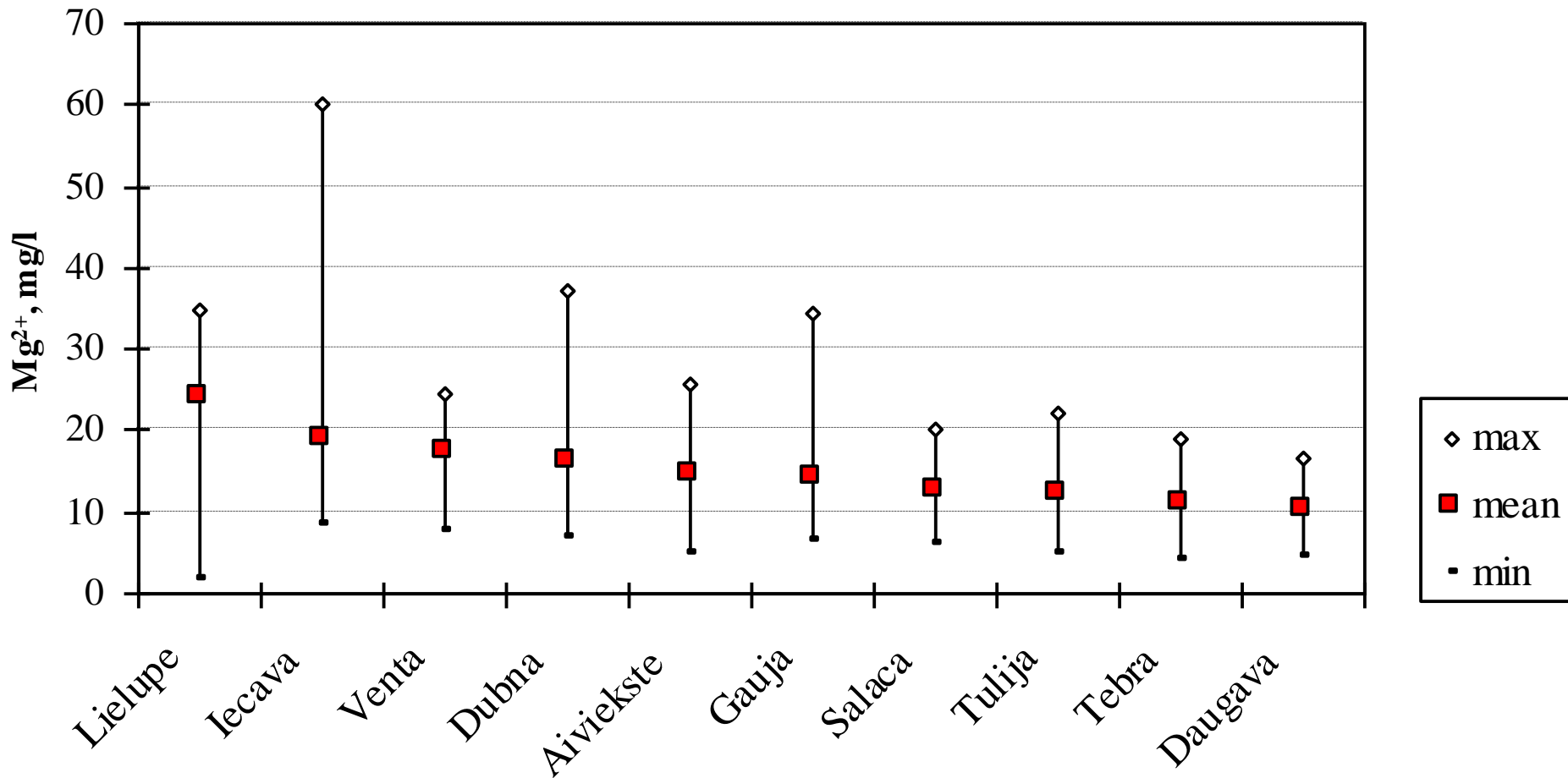
KALCIJA JONU KONCENTRĀCIJAS ILGGADĒJĀS VĒRTĪBAS LATVIJAS UPJU ŪDEŅOS

1974-1998




MAGNIJA JONU KONCENTRĀCIJU ILGGADĒJĀS VĒRTĪBAS UPJU ŪDEŅOS

1974-1998







SĀRMU METĀLI





Nātrijs - izskalojoties no halīta un citu šķīstošo hlorīdu un sāļu atradnēm, sadēdot silikātu minerāliem: albītam ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), laukšpatam, plagioklāzam u.c. jūras sāļi




Kālijs – 90% sadēdot silikātu minerāliem (ortoklāzam, biotītam, laukšpatam (KAlSi_3O_8)), silvinītam (KCl).



Kālija jonu saturu ūdeņos ietekmē paaugstināta kālija jonu asimilācija augsnē, spēja sorbēties uz minerālu daļiņām un iekļauties to struktūrā, intensīvā asimilācija ar augiem.



Antropogēnie avoti – ceļu sāļošana, minerālmēslu izmantošana, rūpnieciskie notekūdeņi




HIDROGĒNKARBONĀTU JONI (HCO_3^-)


- HCO_3^- avoti: g.k. dabiskie
 - Pamatiežu dēdēšana – kaļķakmeņi, dolomīti
 - Izskalošanās no karbonātiskām augsnēm
 - Atmosfēras CO_2 šķīšana
 - Piesārņojuma ietekme minimāla






SULFĀTJONI (SO_4^{2-})



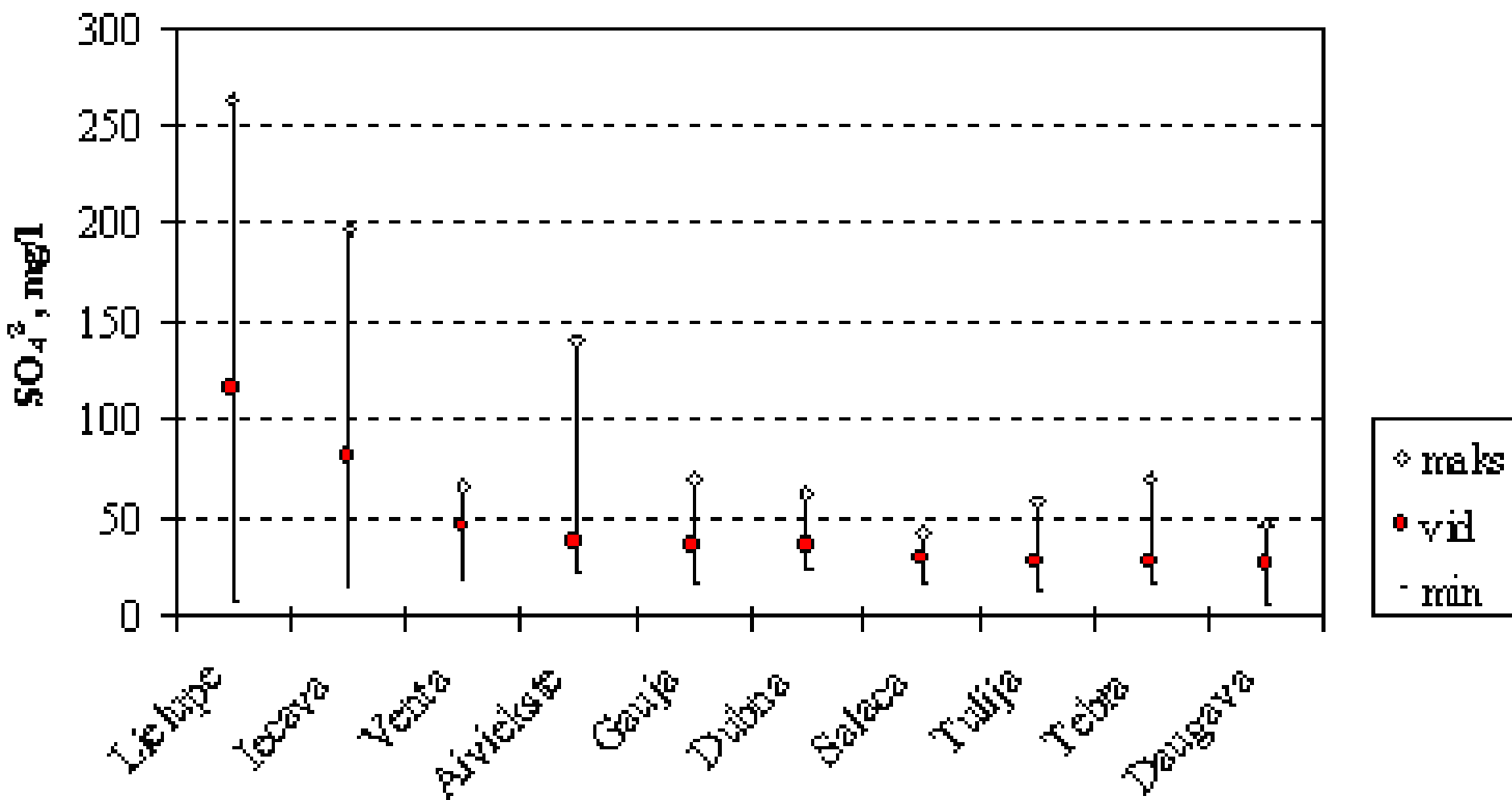
SO_4^{2-} avoti: ģipšu šķīšana, citu sēru saturošu minerālu šķīšana (FeS_2);
oksidējoties sulfīdiem (pirīts FeS_2) un sērūdeņradim (H_2S)
jūras aerosoli



Piesārņojuma avoti – vidēji pasaulē 30% :

- 
- skābie nokrišņi
 - sēra savienojumu izkrišana no atmosfēras (ogļu dedzināšana)
 - kalnrūpniecība
- 
- 

SO₄²⁻ VIDĒJĀ KONCENTRĀCIJA LATVIJAS UPJU ŪDEŅOS



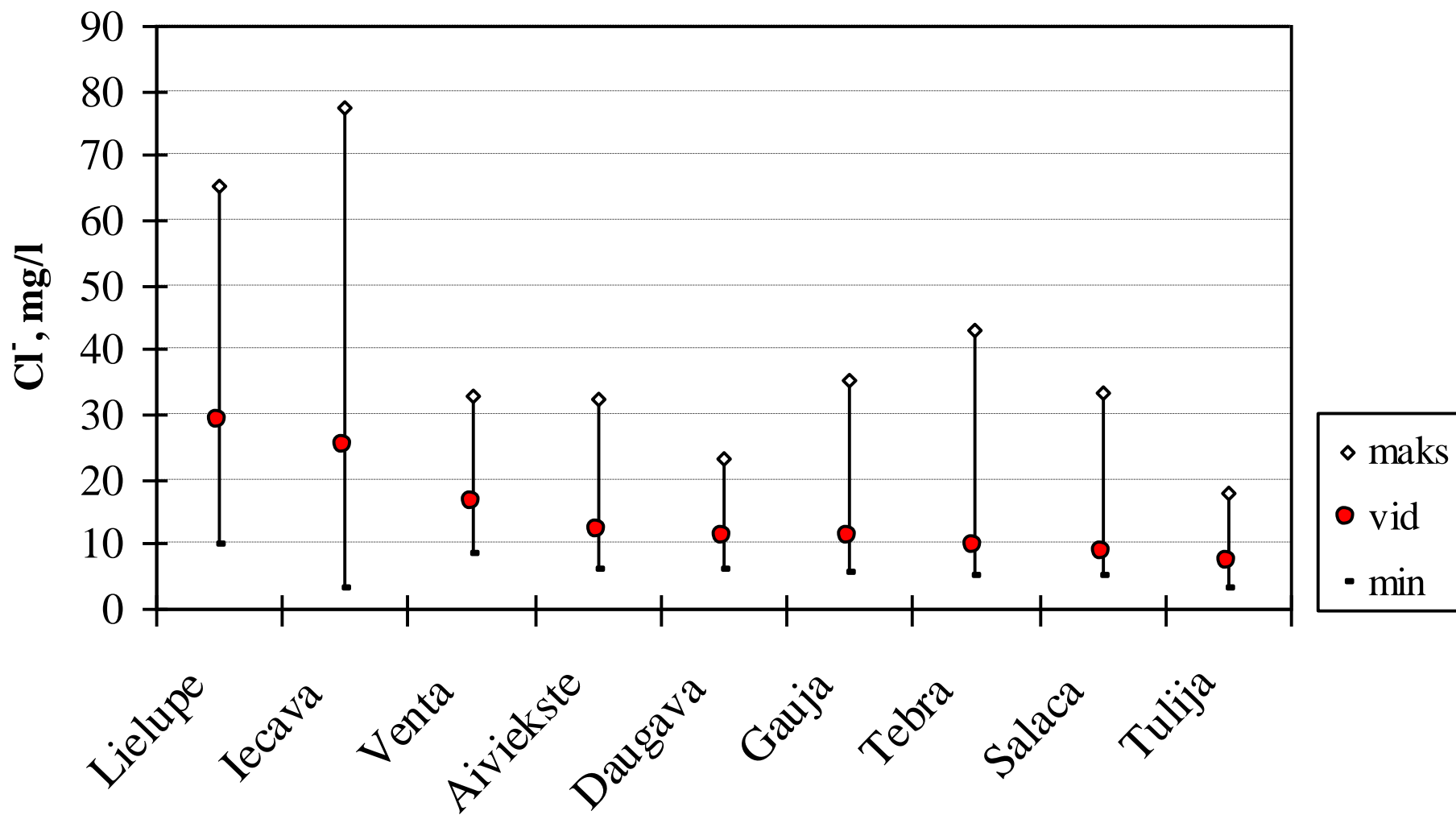
HĻORĪDJONI (Cl⁻)

- virs jūrām un okeāniem veidojušos jūras sāļu aerosolu izkrišana;
- NaCl, KCl izšķīšanas procesi;
- antropogēnais piesārņojums: komunālie un rūpnieciskie notekūdeņi, ceļu kaisīšana



Cl⁻ VIDĒJĀ KONCENTRĀCIJA LATVIJAS UPJU ŪDEŅOS

1974-2000





SILĪCIJS (Si)

Si avoti: silikātu grupas minerālu dēdēšana

Svarīga temperatūra:

- pieaug silikātu dēdēšana
- bioloģiskā aktivitāte pieaug (izšķīdušo organisko skābju saturs pieaug)



Si svarīgs kramaļģu attīstībai





SLĀPEKĻA SAVIENOJUMI UN TO AVOTI



❖ N neorganiskās formas



📄 amonijs (NH_4^+)

avoti: sadaloties N saturošām organiskajām vielām;
organiskajie atkritumi (virca, notekūdeņi) sadzīves un rūpnieciskie atkritumi



📄 nitrāti (NO_3^-)

avoti: minerālmēslu izskalošanās no augsnes, N saturošu organisko un neorganisko vielu transformācijas procesi



📄 nitrīti (NO_2^-)

N savienojumu starpprodukts, oksidējoties NH_4^+ vai reducējoties NO_3^-

toksisks ('blue baby sindrom')



❖ N organiskās formas - aminoskābju, olbaltumvielu, tauku sastāvā



FOSFORA SAVIENOJUMI

- Galvenais P avots - ieži
- Dabā nav P gāzveida formas
- Nepieciešams dzīvajiem organismiem
 - DNS sastāvā, ATF, taukos, kaulos,....
- Galvenās atrašanās formas ūdeņos:
 - fosfāti: H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}
 - P organiskie savienojumi: nukleīnskābes, ATF, ADF, olbaltumvielas,...
 - saistīts ar suspendētajām daļiņām
- Fosfātu atrašanās formu nosaka vides pH

FOSFORA AVOTI

Dabiskie

 iežu dēdēšana -

 atbrīvošanās no sedimentiem

Antropogēnie

 difūzie :

- notece no lauksaimniecības teritorijām (mēslojums); arī erozija ar augsnes daļiņām
- notece no urbānām teritorijām

 punktveida:

- komunālie notekūdeņi
- rūpnieciskie notekūdeņi
- fermas

BIOĢĒNO ELEMENTU VIDĒJĀ KONCENTRĀCIJA LATVIJAS UPĒS (mg/l)

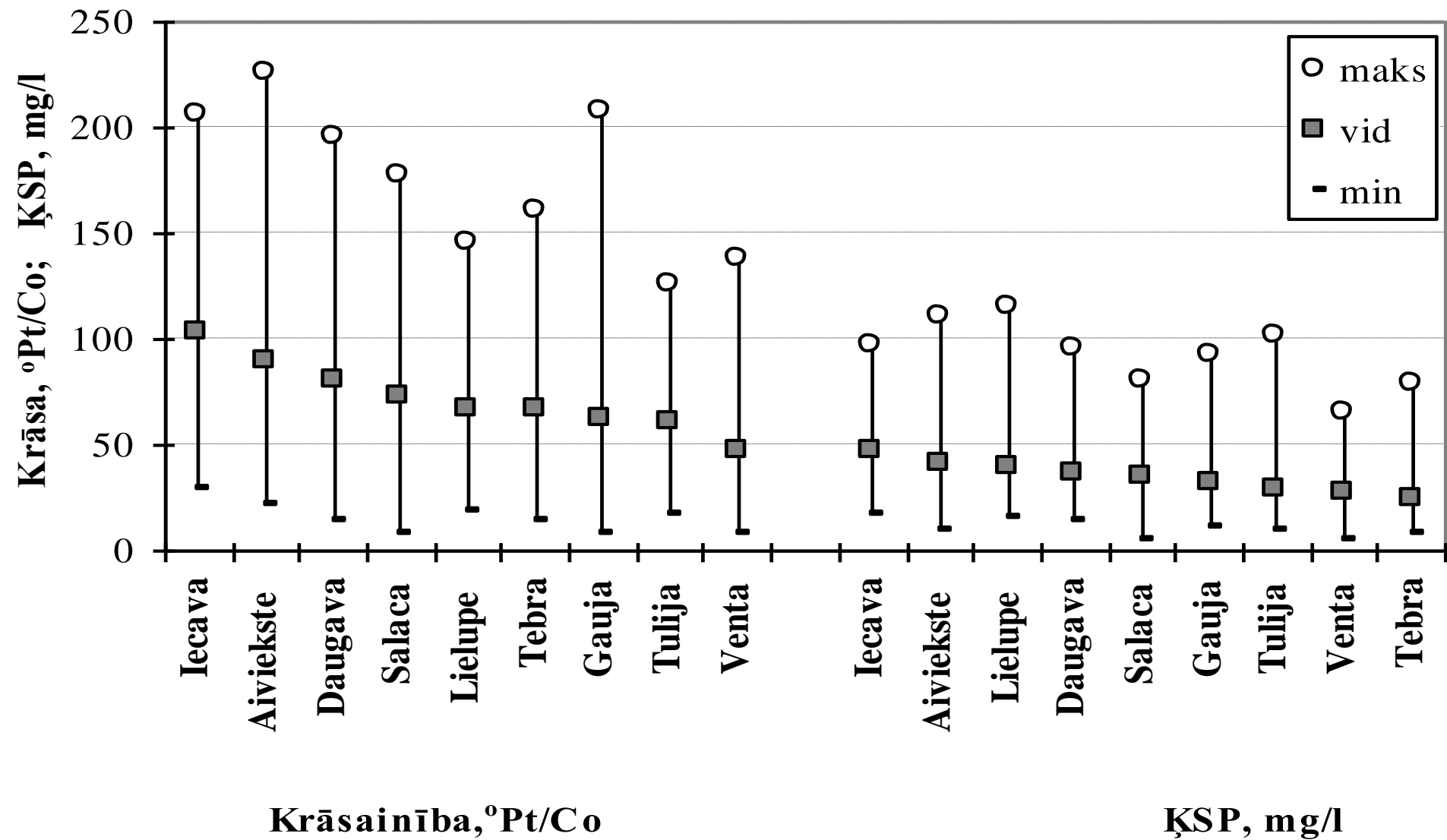
	N-NH_4^+	N-NO_2^-	N-NO_3^-	P-PO_4^{3-}
Daugava	0,20	0,015	1,04	0,039
Lielupe	0,17	0,011	1,66	0,025
Salaca	0,11	0,007	0,98	0,016
Aiviekste	0,19	0,018	1,25	0,037
Dubna	0,24	0,018	0,97	0,048
Iecava	0,82	0,039	2,2	0,061
Tebra	0,20	0,011	0,82	0,027
Gauja	0,17	0,009	1,08	0,027

A vertical column of seven decorative circular icons on the left side of the slide. The icons are arranged in a vertical line. The top icon is a small, intricate circular pattern. The second icon is a larger, more complex circular pattern with a central blue dot. The third icon is a smaller, intricate circular pattern. The fourth icon is a larger, more complex circular pattern with a central blue dot. The fifth icon is a smaller, intricate circular pattern. The sixth icon is a larger, more complex circular pattern with a central blue dot. The seventh icon is a smaller, intricate circular pattern.

ORGANISKO VIELU SATURA RĀDĪTĀJI

- Krāsa
- KSP_{Mn} , KSP_{Cr} (COD)
- BSP
- DOC, POC, TOC
- Individuālo vielu koncentrācijas

ŪDENS KRĀSAINĪBAS UN ŅSP VĒRTĪBAS



SKĀBEKLIS O₂



- izšķiroša nozīme bioloģisko procesu norisē.
- Tā saturam pazeminoties, mainās hidroekosistēmu biocenotiskā struktūra, tiek ietekmēti daudzi dzīvie organismi, piemēram, zivis var sākt slāpt.
- izšķīdušā skābekļa avoti:
 - atmosfēra skābekļa izšķīšana;
 - fotosintēze.
- Skābekļa šķīdība ūdenī atkarīga no:
 - O₂ koncentrācijas gaisā,
 - ūdens temperatūras – zemākā t labāka šķīdība; siltu notekūdeņu ievadīšana var pazemināt skābekļa saturu
 - sāļu satura ūdenī – sāļākā ūdenī ir zemāka šķīdība.
- skābekļa saturs spēj ietekmēt arī neorganisko vielu saturu ūdeņos.



SKĀBEKĻA KONCENTRĀCIJAS MAINĪBAS IETEKME

- minimālais O₂ līmenis?
- Galvenais faktors: kontakta laiks
- Lielākai daļai sugu:
 - ilgtermiņa: 1.5 mg/L
 - Vidēja termiņa: 1.0 mg/L
 - īstermiņa: 0.3 mg/L

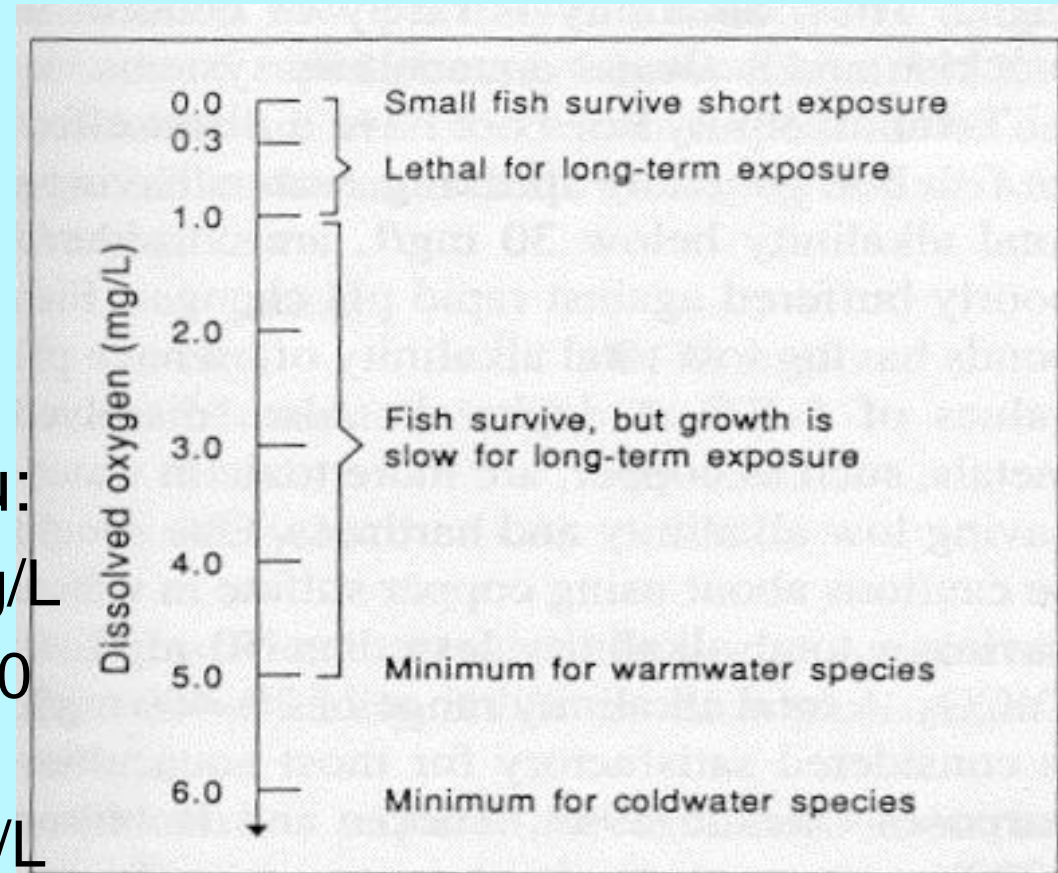
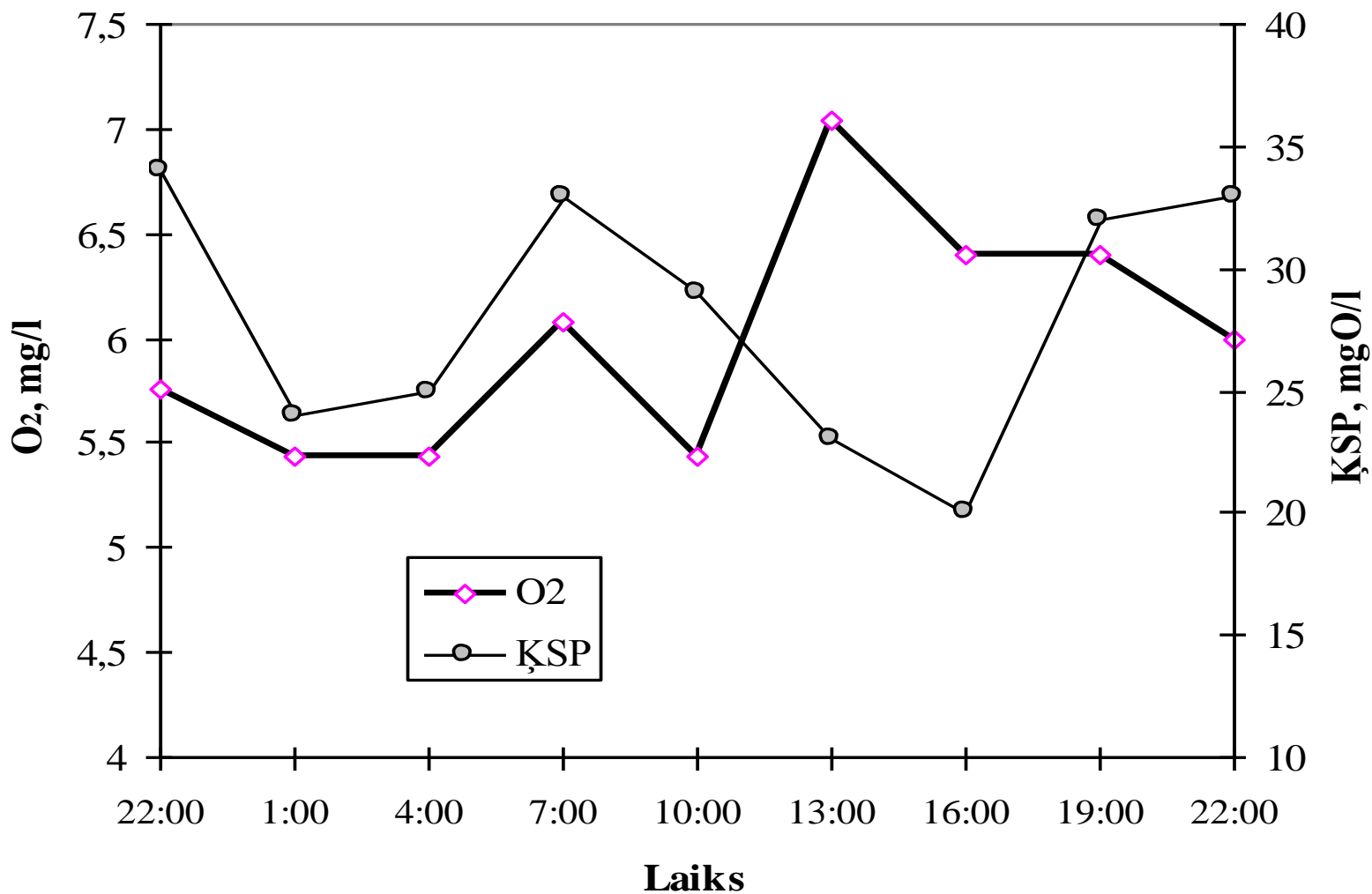


Figure 2-7. Effects of dissolved oxygen on warm water pond fish (modified from Swingle (1969)).

SKĀBEKĻA KONCENTRĀCIJAS DIENNAKTS MAINĪBAS RAKSTURS SALACĀS ŪDEŅOS



OGĻSKĀBĀ GĀZE CO₂

- CO₂ saturu ūdenī nosaka:
 - karbonātiežu izšķīšana - HCO₃⁻ un CO₃²⁻ veidošanās ievērojami paaugstina CO₂ šķīdību,
 - CO₂ veidošanās, sadaloties dzīvajiem organismiem.
- Brīvās ogļskābās gāzes saturs ūdenī mainās plašās robežās:
 - gruntsūdeņos tas normāli ir 10 – 20 mg/l CO₂,
 - minerālūdeņos var sasniegt pat 1000 mg/l;
 - virszemes ūdeņos CO₂ saturs ir 1 – 10 mg/l.
- Paaugstināts CO₂ saturs ūdenī rada pozitīvu fizioloģisko efektu: uzlabo asinsriti, stimulē plaušu, nieru darbību.
- Ūdeņos ar augstu CO₂ saturu ir nomākta mikrofloras (arī kaitīgas) attīstība.

CO₂

- CO₂ nav īpaši toksisks zivīm, ja pieejams pietiekoši izšķīdušā O₂ daudzumi
- Max. tolerances līmenis ~ 50 mg/L
- Normāli organismiem - pie 15-20 mg/L
- Diennakts mainības raksturs pretējs izšķīdušajam O₂
- Augstākas koncentrācijas gada siltākajās sezonās



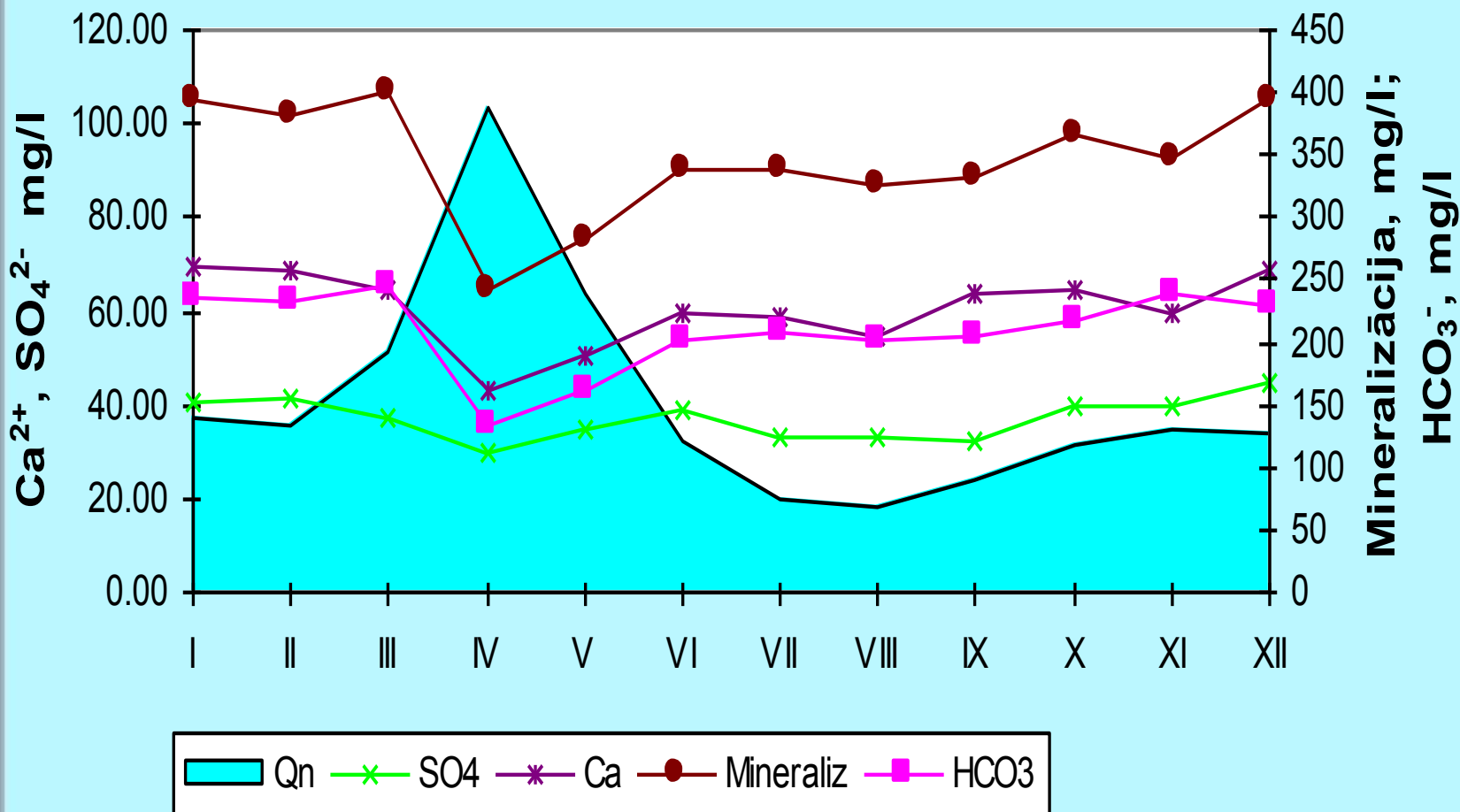
CITAS GĀZES

- **METĀNS (CH₄)** tipiski atrodams pazemes ūdeņos. Galvenais metāna avots:
 - organiskās vielas sadalīšanās procesi;
 - var veidoties ūdenstilpju nogulumos (dūņās), sadaloties organiskajām vielām bezskābekļa vidē.
- **SĒRŪDENĀRĀDIS (H₂S)** veidojas, sadaloties organiskajām vielām, kas satur sēru.
 - tipiski paaugstinātas tā koncentrācijas novērojamas pazemes ūdeņos - veidojas arī sulfīdus saturošu minerālu dēdēšanas procesā;
 - ūdenstilpēs bezskābekļa vidē.
 - sērūdeņradis ir ārkārtīgi toksisks un nomāc hidrobiontu attīstību.

NOZĪMĪGĀKĀS PIESĀRŅOJOŠO VIELU GRUPAS

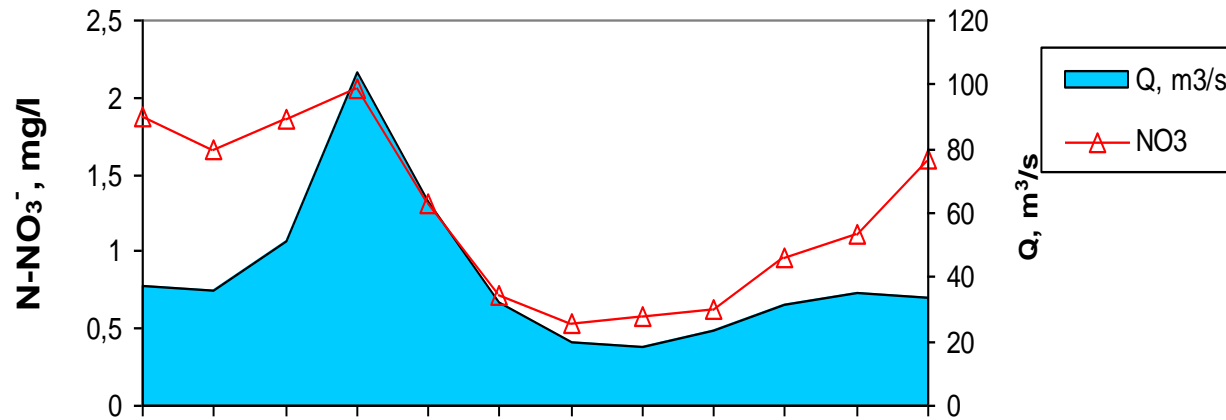
- ☛ smagie metāli
- ☛ augu aizsardzības līdzekļi: pesticīdi, herbicīdi, insekticīdi,...
- ☛ virsmas aktīvās vielas;
- ☛ naftas produkti;
- ☛ fenoli;
- ☛ hlororganiskie savienojumi;
- ☛ medicīnas preparāti un to metabolisma produkti.

GALVENO NEORGANISKO JONU SEZONĀLĀS MAINĪBAS RAKSTURS

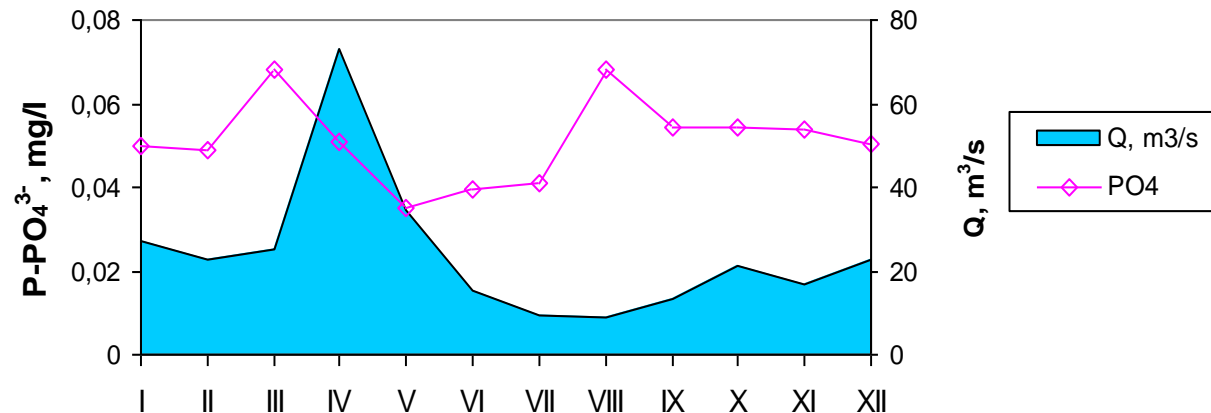


BIOĢĒNO ELEMENTU UN ŪDENS CAURPLŪDUMA SEZONĀLĀ MAINĪBA

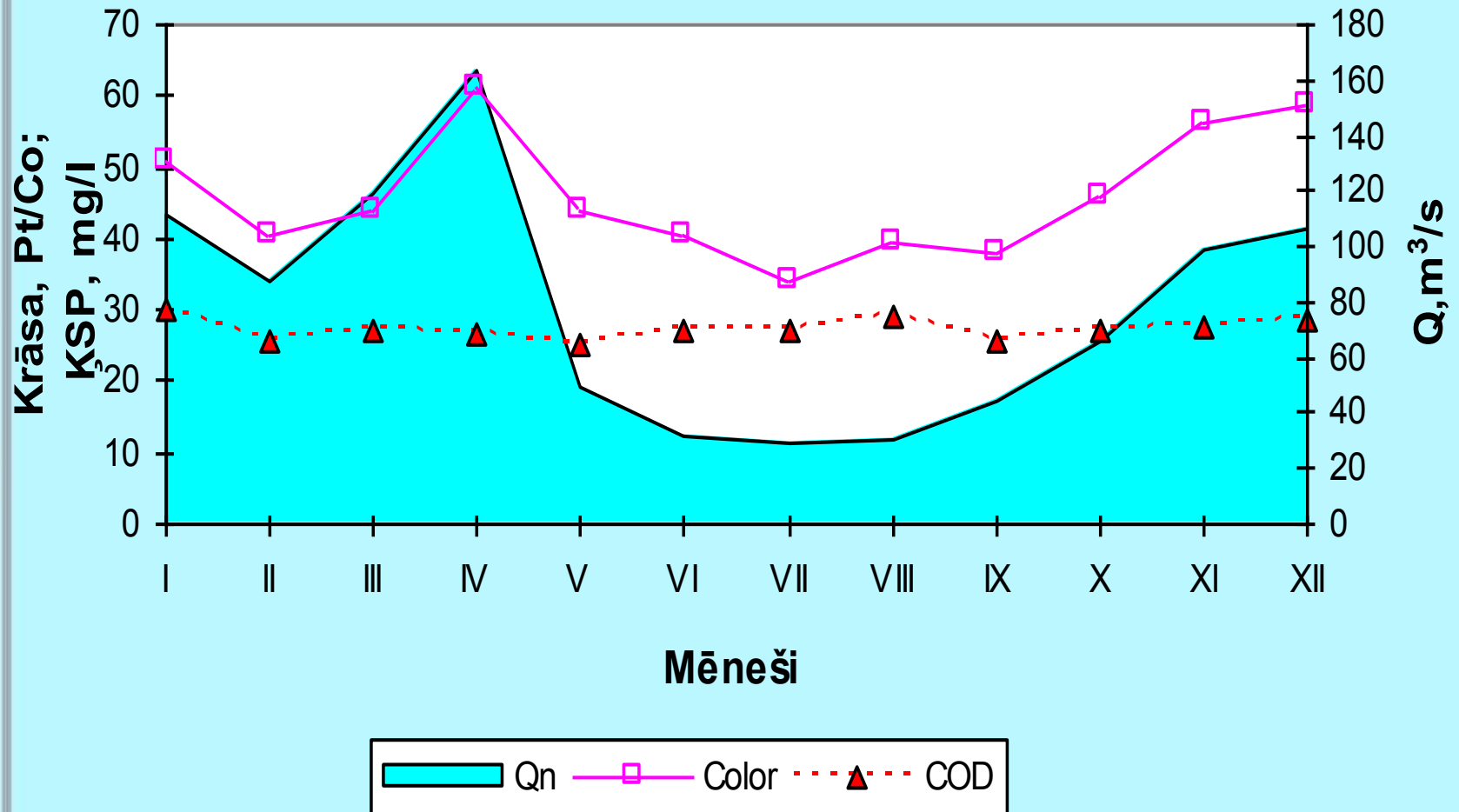
Aiviekste grīva

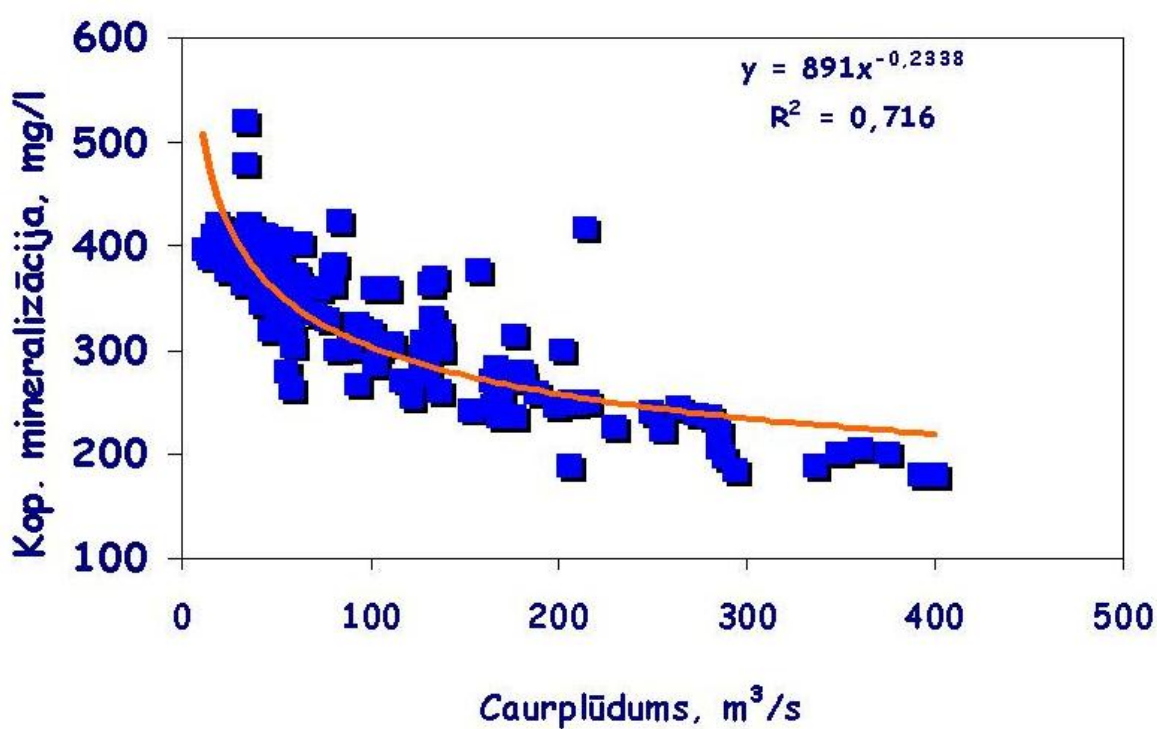


Dubna grīva

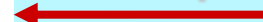


ORGANISKO VIELU SATURA SEZONĀLĀ MAINĪBA

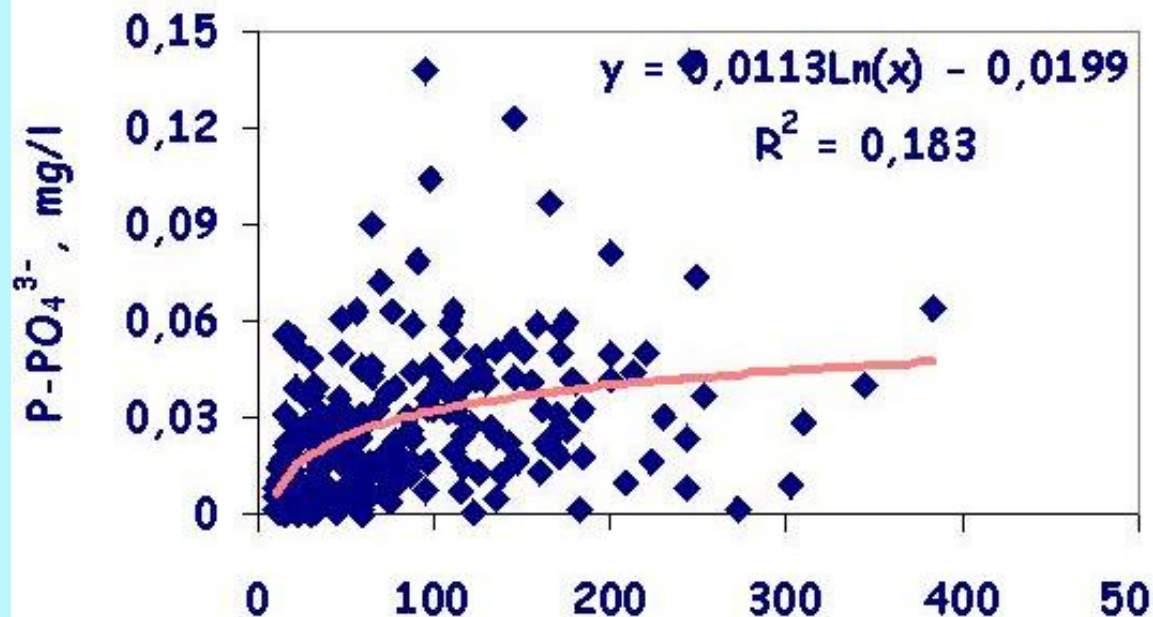




**Korelācija starp
 Q un
 mineralizāciju
 Gauja - Sigulda
 (1977.-1997.)**

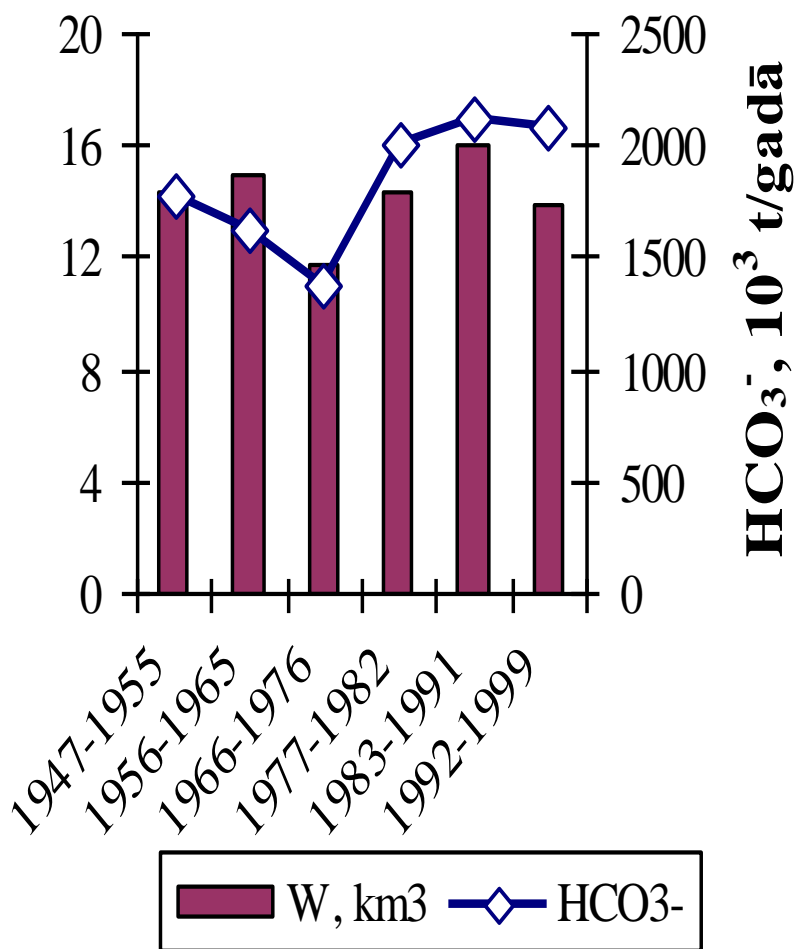


**Korelācija starp
 Q un P-PO₄³⁻
 saturu
 Gauja - Sigulda
 (1977.-1997.)**

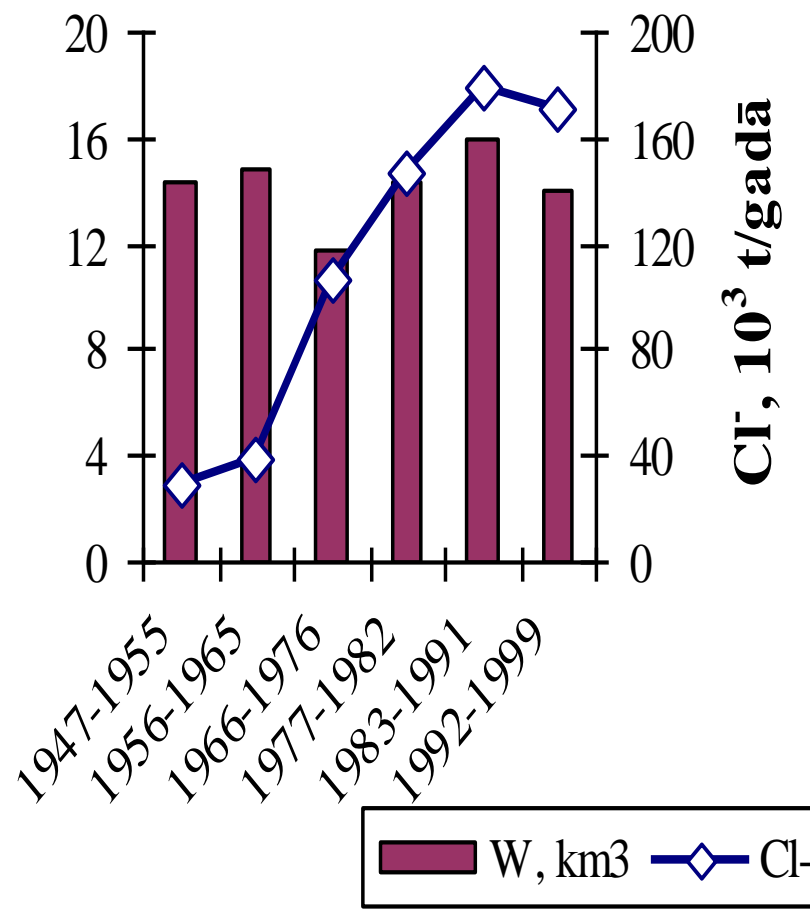


HCO₃⁻ UN Cl⁻ ILGTERMIŅA MAINĪBA (1947-1999)

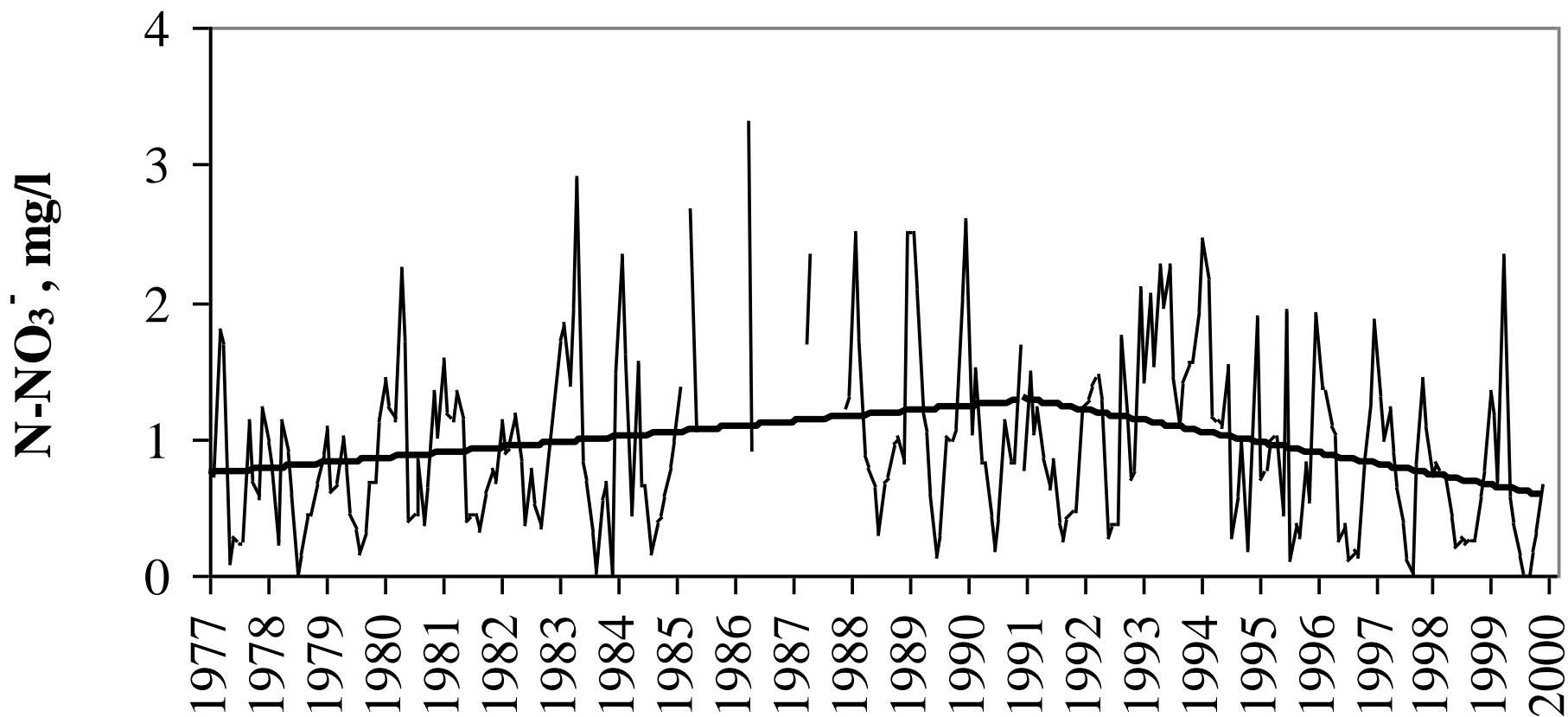
ūdens notece, km³/gadā



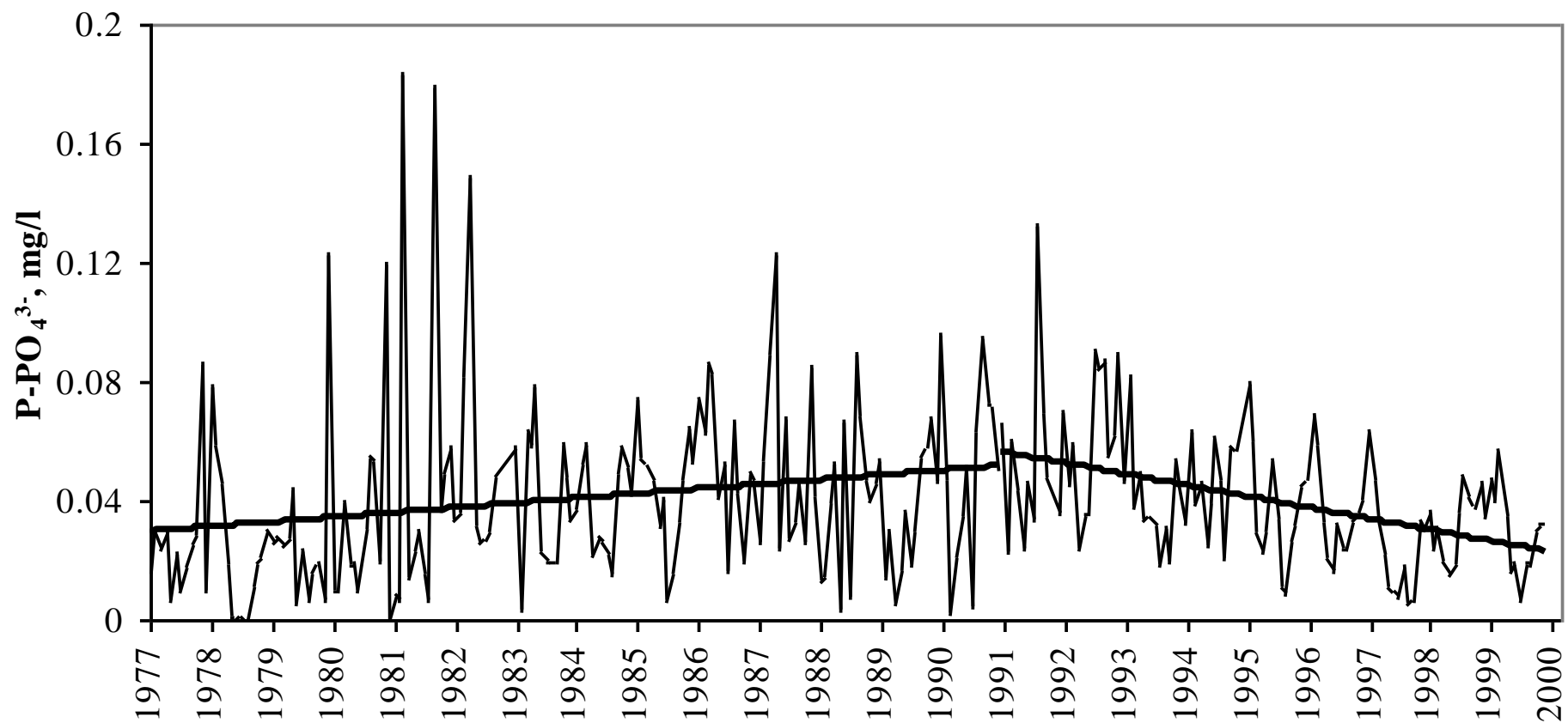
ūdens notece, km³/gadā



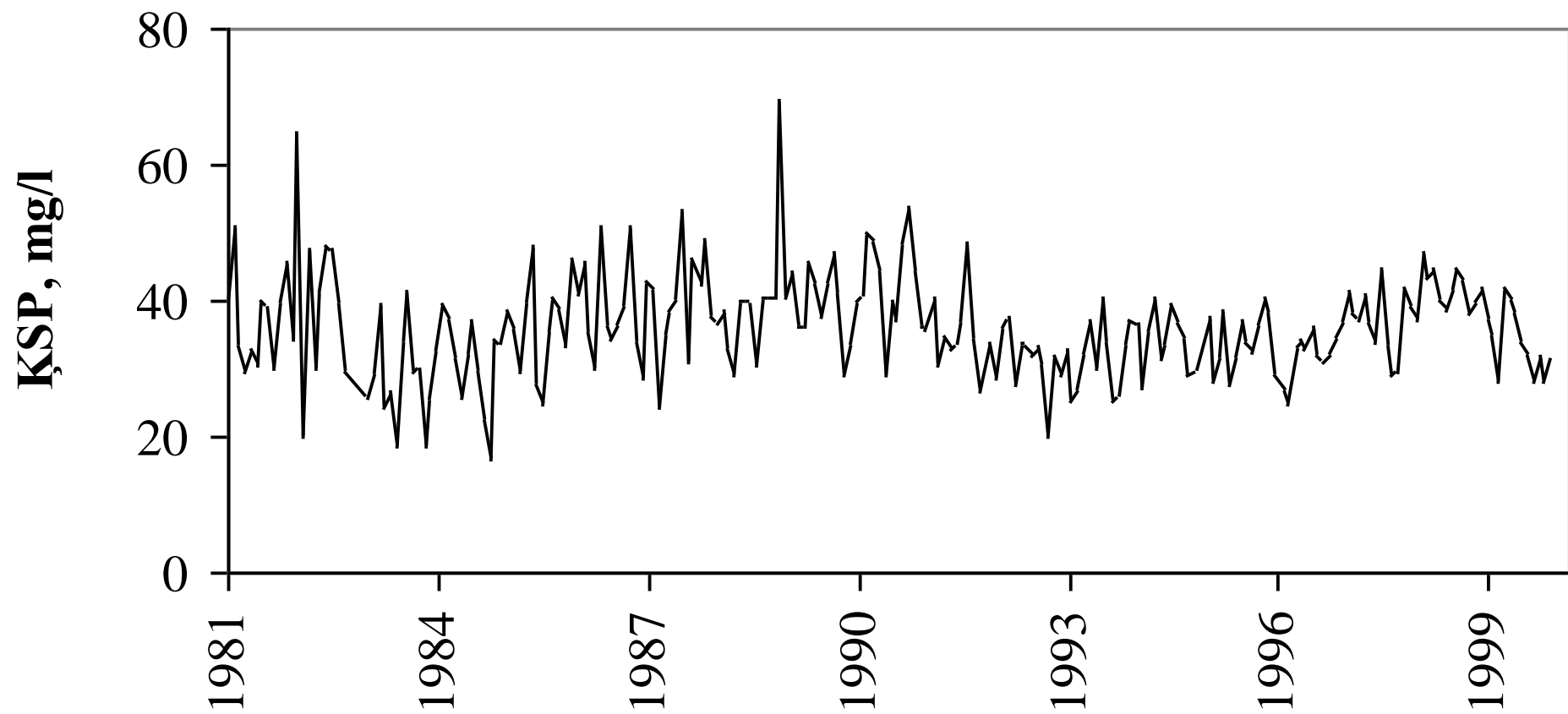
N-NO₃⁻ ILGTERMIŅA MAINĪBA (1977-1999)



P-PO₄³⁻ ILGTERMIŅA MAINĪBA (1977-1999)



ORGANISKO VIELU SATURA RĀDĪTĀJU MAINĪBA





Paldies par uzmanību!