

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE

ELGA APSĪTE

**ORGANISKO VIELU PLŪSMU IZMAIŅAS LATVIJAS
UN ZVIEDRIJAS VIRSZEMES ŪDEŅOS MAINĪGAS
ANTROPOĢĒNĀS SLODZES APSTĀKĻOS**

Promocijas darbs

doktora grāda iegūšanai ģeogrāfijas zinātņu nozarē
reģionālās un vides ģeogrāfijas apakšnozarē

DARBA ZINĀTNISKIE VADĪTĀJI:

Dr.h.ķīm. MĀRIS KĻAVIŅŠ

Dr.h.ģeogr. GUNTIS EBERHARDS

RĪGA 1999

SATURS

IEVADS	5
1. HUMUSVIELAS UN TO LOMA VIDĒ	10
1.1. HUMUSVIELU DEFINĪCIJAS UN NOMENKLATŪRA	12
1.1.1. AUGSNES HUMUSVIELAS	13
1.1.2. ŪDENS HUMUSVIELAS	19
1.2. HUMUSVIELU IZPĒTES VĒSTURE	21
1.3. HUMUSVIELU AVOTI UN NOZĪME ORGANISKĀ OGLEKĻA GLOBĀLAJĀ APRITES CIKLĀ	27
1.4. HUMUSVIELU IZDALĪŠANA UN FRAKCIONĒŠANA	30
1.4.1. HUMUSVIELU IZDALĪŠANA NO AUGSNES UN NOGULUMIEM, UN TO FRAKCIONĒŠANA	30
1.4.2. HUMUSVIELU IZDALĪŠANA NO ŪDENS UN TO FRAKCIONĒŠANA	34
1.5. HUMUSVIELU ELEMENTU UN FUNKCIONĀLO GRUPU SADALĪJUMS, MOLEKULMASA UN UZBŪVE	37
1.5.1. ELEMENTU UN FUNKCIONĀLO GRUPU SASTĀVS	37
1.5.2. MOLEKULMASA	41
1.5.3. HUMUSVIELU MOLEKULU UZBŪVE	41
1.6. HUMIFIKĀCIJAS TEORIJAS PAMATI	44
2. MATERIĀLI UN METODEDES	48
2.1. EKSPERIMENTĀLO PĒTĪJUMU MATERIĀLI UN METODEDES	49
2.1.1. LATVIJAS AUGŠŅU HUMUSVIELU IZPĒTES MATERIĀLI UN METODEDES	49
2.1.2. LATVIJAS VIRSZEMES ŪDEŅU HUMUSVIELU IZPĒTES MATERIĀLI UN METODES	50
2.1.3. LATVIJAS EZERU NOGULUMU HUMUSVIELU IZPĒTES MATERIĀLI UN METODES	51
2.2. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS PĒTĀMO UPJU DATU BĀZES	52
2.2.1. UPJU ŪDEŅU ĶĪMISKĀ SASTĀVA DATU BĀZES	52
2.2.2. ZEMES LIETOJUMA VEIDU DATU BĀZES	53
2.2.3. ATMOSFĒRAS KOPĒJĀ SLĀPEKĻA NOSĒDUMU DATU BĀZE	54
2.3. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS VIRSZEMES ŪDEŅU ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJOŠO PARAMETRU ĶĪMISKO ANALĪZU METODEDES	54

2.4. DATU APSTRĀDĒ PIELIETOTĀS STATISTISKĀS METODES	56
2.4.1. STATISTIKAS PAMATLIELUMU APRĒĶINĀŠANA	56
2.4.2. KORELĀCIJAS METODES	58
2.4.3. REGRESIJAS METODES	58
2.4.4. TRENDĀ APRĒĶINĀŠANA	59
3. REZULTĀTI UN TO APSPIEŠANA	61
3.1. HUMIFIKĀCIJAS PROCESS DAŽĀDA ZEMES LIETOJUMA AUGSNĒS VIDZEMES AUGSTIENĒ	62
3.2. LATVIJAS VIRSZEMES ŪDEŅU HUMUSVIELU RAKSTUROJUMS	70
3.3. LATVIJAS EZERU NOGULUMU HUMUSVIELU RAKSTUROJUMS	82
3.4. ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJUMS LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS UPĒS	91
3.4.1. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS PĒTĀMO UPJU UN TO BASEINU RAKSTUROJUMS	91
3.4.1.1. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS PĒTĀMO UPJU BASEINU FIZIOGEOGRĀFISKS RAKSTUROJUMS	91
3.4.1.2. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS UPJU HIDROĶĪMISKAIS RAKSTUROJUMS	101
3.4.2. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS VIRSZEMES ŪDEŅU ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJOŠO PARAMETRU DATU BĀZU ANALĪZE	105
3.4.3. ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJOŠO PARAMETRU DATU KOPU STATISTIKAS PAMATLIELUMU ANALĪZE	113
3.4.4. HUMUSVIELU PLŪSMAS UPES BASEINĀ UN TO KONCENTRĀCIJU IZMAIŅAS SAISTĪBA AR UPES NOTECI	122
3.4.4.1. ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJOŠO PARAMETRU KORELĀCIJAS ANALĪZE	130
3.4.4.2. ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJOŠO PARAMETRU SEZONĀLO IZMAIŅU ANALĪZE	137
3.4.5. ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJOŠO PARAMETRU UN BIOĢĒNO ELEMENTU TRENDU ANALĪZE	142
3.4.6. ATMOSFĒRAS SLĀPEKĻA NOSĒDUMU UN ZEMES LIETOJUMA IETEKME UZ SLĀPEKĻA UN OGLEKĻA ATTIECĪBAS REĢIONĀLAJĀM IZMAIŅĀM ZVIEDRIJAS UPĒS	153
SECINĀJUMI	162
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	164
PATEICĪBA	178
PIELIKUMS	180

IEVADS

Dažādās vidēs esošās organiskās vielas (OV) veidojas, sadaloties dzīvājiem organismiem, to metabolītiem, abiotiskas un biotiskas sintēzes rezultātā no zem molekulāriem organiskajiem un neorganiskajiem savienojumiem. Nosacīti OV var iedalīt divās grupās: nehumificētās vielas un humificētās vielas (Schnitzer & Khan 1972). Nehumificētās vielas veido savienojumi ar zemu molekulmasu, kurus mikroorganismi var relatīvi ātri sadalīt, un to uzturēšanās laiks ir arī relatīvi īss, piemēram, aminoskābes, ogļhidrāti, peptīdi, lipīdi u.c. Humificētās vielas jeb humusvielas (HV) ir lielmolekulāri organiskie savienojumi. Tās var aprakstīt pēc šādas definīcijas: “humusvielas ir galvenā dabīgā, biogēnā un heterogēnā organisko vielu daļa, kurai raksturīga dzeltenbrūna krāsa, augsta molekulmasa un noturīgums vidē. Pēc šķīdības pakāpes ūdenī humusvielas var iedalīt trīs frakcijās: 1) humīns ir humusvielu frakcija, kas nešķīst ūdenī; 2) humīnskābe ir humusvielu frakcija, kas šķīst ūdenī, ja $\text{pH} < 2$; 3) fulvoskābe ir humusvielu frakcija, kas šķīst ūdenī pie jebkura pH ” (Aiken et al. 1985). Dažādās vidēs humusvielas var sastādīt 30-85% no organiskajām vielām (Stevenson 1972), piemēram, 65-80% no virszemes ūdeņu OV (Thurman 1985). Ir izpētīts, ka tieši šīs OV grupas esamība un nozīme vidē ir svarīga, jo HV veido arī lielāko daļu no oglekļa organiskajiem savienojumiem tā globālās ģeoķīmiskās aprites ciklā (Aiken et al. 1985).

Pēdējā laikā pieaugusi liela interese par humusvielu pētniecību. Tas izskaidrojams ar pētniecisko metožu un instrumentu uzlabošanu. Par HV aizvien vairāk sāk interesēties speciālisti, kuri saistīti ar lauksaimniecību, rūpniecību, farmāciju un, īpaši, vides aizsardzību. HV pētniecībā tiek pievērsta īpaši liela uzmanība to funkcijām un lomai dažādās vidēs. Ir pierādīts, ka humusvielas dabas ūdeņos var būt hlrororganisko vielu avots, kas veidojas dzeramā ūdens sagatavošanas laikā (Rook 1974). Nozīmīga humusvielu īpašība ir to spēja veidot stabilus kompleksus ar augsnes vai ūdens

neorganiskajiem un organiskajiem komponentiem (Stevenson 1985, Kļaviņš 1997), piemēram, biogēnajiem elementiem, tādējādi ietekmējot to pieejamību dzīvajiem organismiem. Ņemot vērā humusvielu spēju veidot stabilus kompleksus ar metālu (īpaši ar smago metālu) joniem, toksiskām organiskajām vielām un izmainīt to kustīgumu vidē, HV ir būtiska loma vides piesārņojuma līmeņa veidošanā un migrācijā, kā arī piesārņojošo vielu transformācijas procesā (Lassen 1995). Tādēļ OV daudzumu, ķīmisko sastāvu un uzbūves īpatnības nosaka vidē noritošie gan dabiskie, gan antropogēnie procesi.

Neskatoties uz vairāk nekā divsimts gadus ilgo HV izpēti vēsturi, vēl nav pilnīgi noskaidroti daudzi jautājumi par to īpašībām. Piemēram, nav izpētītas HV veidošanās, atkarībā no bioloģisko un ķīmisko procesu rakstura vidē (šeit arī rodas nepieciešamība humusvielu īpašības pētīt reģionāli), kā arī no faktoriem, kas nosaka humusvielu plūsmas vidē un citi jautājumi. Latvijas un Zviedrijas, kas ietilpst Baltoskandijas reģionā, dabas vidi raksturo salīdzinoši augsts organisko vielu saturs. Tas lielā mērā nosaka virszemes ūdeņu un augsnes īpašības un šajās vidēs noritošo procesu raksturu. Tajā pašā laikā OV ietekmē vides piesārņojuma likteni un tā degradācijas raksturu. Tādēļ organiskās vielas, var būt viens no vides kvalitātes integrālajiem indikatoriem.

Viss iepriekš minētais nosaka **pētījuma aktualitāti**. Mūsu pētījuma pamatā ir nepieciešamība izpētīt OV plūsmu izmaiņas dabas vidē mainīgas antropogēnās slodzes apstākļos. Proti, izvērtēt OV (galvenokārt humusvielu) koncentrāciju izmaiņas Latvijas un Zviedrijas virszemes ūdeņos, veicot OV satura ilgtermiņa izmaiņu (trendu) analīzi un izvērtēt nacionālo monitoringu sistēmu datu spēju indicēt esošās izmaiņas vidē. Pēdējos gados Latvijas dabas vidē ir ievērojami samazinājusies antropogēnā slodze. Tādēļ ir svarīgi pētīt gan dabisko, gan antropogēno procesu izmaiņu sekas, lai veiktu praktiskus pasākumus vides aizsardzībā un vides monitoringa sistēmas pilnveidošanā. No otras puses, svarīgi ir salīdzināt Latviju ar Zviedriju, kurā antropogēnās slodzes izmaiņas pēdējā laikā nav tik ievērojamas. Pētījuma aktualitāti nosaka arī tas, ka Latvijā ūdens un augsnes humusvielas ir pētītas maz. Īpaši tas attiecas uz humusvielu satura un to īpašību veidošanos antropogēnās darbības ietekmē, un humusvielu kā ķīmisku veidojumu.

Darba mērķis ir veikt kompleksu pētījumu par organisko vielu (humusvielu un slāpekļa organisko savienojumu) plūsmu izmaiņām Latvijas un Zviedrijas virszemes ūdeņos mainīgas antropogēnās slodzes apstākļos, izvērtēt to koncentrāciju izmaiņu raksturu un izdalīt humusvielas no dažādām vidēm.

Darba uzdevumi:

- izveidot organisko vielu satura raksturojošo parametru datu bāzes, veikt Latvijas un Zviedrijas virszemes ūdeņu (upju) nacionālo monitoringu datu analīzi;
- pētīt dabiskos un antropogēnos procesus, kas nosaka organisko vielu satura ilgtermiņa izmaiņu raksturu Latvijas un Zviedrijas upēs, kā arī analizēt korelācijas un sezonālo izmaiņu raksturu;
- analizēt atmosfēras mitro slāpekļa nosēdumu un zemes lietojuma ietekmi uz organiskā slāpekļa un oglekļa attiecības reģionālajām izmaiņām Zviedrijas upēs;
- analizēt humifikācijas (dzīvās organiskās vielas transformācijas humusvielās) procesa raksturu dažāda zemes lietojuma augsnēs Vidzemes augstienē;
- analizēt Latvijas virszemes ūdeņu un ezeru nogulumu humusvielu elementu un funkcionālo grupu sastāvu, molekulasmasas sadalījumu, skābes bāzes un spektrālās īpašības atkarībā no ūdens ķīmiskā sastāva un bioloģisko procesu rakstura ūdenstilpēs un tecēs.

Darba novitāte:

- pirmo reizi veikts salīdzinošs reģionāls pētījums par organisko vielu satura izmaiņām Latvijas un Zviedrijas upēs mainīgas antropogēnās slodzes apstākļos, kompleksi izvērtēti vides kvalitātes organisko vielu satura raksturojošo parametru (ķīmiskais skābekļa patēriņš, ūdens krāsainība un sorbcija) nacionālo monitoringu dati un to izmantojamība ilgtermiņa izmaiņu analīzē;

- veikts plašs pētījums par organiskā slāpekļa un oglekļa attiecību reģionālajām izmaiņām Zviedrijas upēs;
- pirmo reizi veikts komplekss pētījums par augsnes, virszemes ūdeņu (upju un ezeru) un ezeru nogulumu humusvielām Latvijā, pierādīta virszemes ūdeņu un ezeru nogulumu humusvielu īpašību veidošanās atkarība no ūdeņos noritošo bioloģisko un ķīmisko procesu rakstura ūdenstilpēs un tecēs;
- pētīta augsnes organisko vielu humifikācijas pakāpe un tās izmaiņu raksturs dažāda zemes lietojuma augsnēs Latvijā.

Darba aprobācija: galvenie darba rezultāti apkopoti 6 publikācijās, par darba rezultātiem sniegti 6 ziņojumi 5 konferencēs, tai skaitā 2 starptautiskās konferencēs.

Publikācijas zinātniskajos žurnālos:

1. Apsīte, E., Kļaviņš, M. (1997) Sources, flows and sinks of organic matter in aquatic environments. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, **B 3/4:51**, 133-142.
2. Kļaviņš, M., Apsīte, E., Parele, E. (1997) Humic substances in surface waters of Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, **B 3/4:51**, 143-152.
3. Kļaviņš, M., Apsīte, E. (1997) Sedimentary humic substances from lakes in Latvia. *Environment International*, **23**, 783-790.
4. Kļaviņš, M., Apsīte, E., Cimdiņš, P. (1997) Aquatic humic substances from Latvia. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **26**, 339-342.
5. Apsīte, E., Kļaviņš, M. (1998) Assessment of the changes of COD and color in rivers of Latvia during the last twenty years. *Environment International*, **24**, 637-643.
6. Apsīte, E., Grimvall, A., Jacks, G. (1999) Impact of atmospheric deposition of nitrogen and landuse on the spatial variability of the ratio of nitrogen to carbon in the Swedish rivers (sagatavots publicēšanai)

Konferenču tēzes:

1. Apsīte, E., Kļaviņš, M. (1996) *Humusvielu koncentrāciju izmaiņas Latvijas upēs pēdējo divdesmit gadu laikā*. Latvijas Ģeogrāfu kongress '96 tēzes un programma. LU, Rīga, 48.-50. lpp.
2. Apsīte, E., Kļaviņš, M. (1997) *Analysis of the concentration changes of organic matter in Latvian rivers during the last twenty years*. 6th Nordic Symposium on Humic Substances: Humic Substances as an Environmental Factor. Hämeenlinna, pp. 58.
3. Apsīte, E., Kļaviņš, M., Kokorīte, I. (1997) *Analysis of water quality changes in the rivers of Latvia during the last twenty years*. International conference of Ph.D. students. Section proceeding of natural sciences. University of Miskolc, Hungary, pp. 1-8.
4. Apsīte, E., Kokorīte, I. (1997) *Latvijas upju biokīmisko komponentu trendu analīze un sezonālās izmaiņas*. LU 56.zinātniskā konferences tēzes: Zeme, daba, cilvēks. LU, Rīga, 4.-5. lpp.
5. Apsīte, E., Nikodemus, O. (1999) *Humifikācijas process dažāda zemes lietojuma augsnēs Vidzemes augstienē*. LU 57. konferences tēzes: Zeme, daba, cilvēks. LU, Rīga, 8. lpp.
6. Apsīte, E., Grimvals, A., Jaks, G. (1999) *Atmosfēras slāpekļa nosēdumu un zemes lietojuma ietekme uz slāpekļa un oglekļa attiecības izmaiņām Zviedrijas upēs*. LU 57. konferences tēzes: Zeme, daba, cilvēks. LU, Rīga, 7. lpp.

1. HUMUSVIELAS UN TO LOMA VIDĒ

Humusvielu (HV) loma vidē ir ļoti kompleksa, bet tajā pat laikā maz apzināta. Pēdējo trīsdesmit gadu laikā ir pieaugusi liela interese par vides piesārņojumu, piemēram, par metāla joniem un organiskajiem savienojumiem. Ir konstatēts, ka piesārņojuma raksturs ir atkarīgs no dažādiem vides faktoriem (Lassen 1995). Faktori, kas var ietekmēt piesārņojuma likteni vidē, ir bioloģiskā uzņemšana, degradācija, minerālu sorbcija, migrācija, kā arī mijiedarbība ar dabiskajām organiskajām vielām. Savukārt HV ir galvenā organisko vielu (OV) grupa (Schnitzer & Khan 1972) un tās ietekmēt vidē notiekošās dažādas reakcijas, ieskaitot arī piesārņojuma izkliedi. HV nozīmi vides noritošajos procesos nosaka to svarīgākās īpašības:

1. *Izturība pret mikrobu degradāciju* - HV ir ļoti izturīgas pret mikrobu degradāciju. Tādēļ HV vecums var sasniegt pat 15 000 gadus (Stevenson 1985, Malcolm 1990).

2. *Spēja saistīties ar minerālajiem komponentiem un organiskajiem savienojumiem* - pašreizējie pētījumi apstiprina šo faktu (Stevenson 1985, Lassen 1995 u.c.). Ļoti svarīga šī HV īpašība ir pētījumos par augsnes un ūdens piesārņojumu un tā migrāciju.

3. *Spēja saistīties ar metāla joniem* - metālu-humusvielu kompleksu stabilitāte pieaug, samazinoties jonu spēkam. Lietojot radioiezmētu humusa materiālu, var iegūt svarīgu informāciju par HV saistībā ar vidē noritošajām reakcijām (Lassen 1995).

HV spēja veidot stabilus kompleksus ar augsnes vai ūdens neorganiskajiem un organiskajiem komponentiem ir būtiska loma vides piesārņojuma līmeņa veidošanā un migrācijā, kā arī piesārņojošo vielu transformācijas procesā. HV šādās galvenās funkcijas (Орлов 1990, 1993):

1. *Akumulatīvā* - ar HV saistīti augsnē uzkrājas visi galvenie dzīvo organismu barošanās elementi: 90-99% N, apmēram puse P un S, kā arī K, Ca, C, Mn, Fe un gandrīz visi mikroelementi;

2. *Transportējošā funkcija* - to nosaka minerālo un organisko vielu ģeoķīmisko plūsmu veidošanās, īpaši ūdens vidē, kur veidojas noturīgi, bet salīdzinoši viegli šķīstoši HV savienojumi ar metālu katjoniem, hidroksīdiem, dažām organiskām vielām un alumosilikātiem;

3. *Regulējošā funkcija* - tā ir sarežģīta un nosaka daudzus procesus:

- augsnes struktūras un ūdens fizisko īpašību veidošanos;
- līdzsvara uzturēšanā jonu apmaiņas reakcijās, skābju-bāzu apmaiņu;
- augu minerālo komponentu barošanu (regulē minerālo komponentu šķīšanu ūdenī un pieejamību dzīvajiem organismiem);
- augsnes siltuma režīmu (iespaido spektrālās atstarošanas spējas, augsnes masas siltumietilpību un siltumvadāmību);
- augsnes ķīmiskā sastāva diferenciāciju procesu (iekšējos un starphorizontālos).

4. *Protektorā funkcija* - HV darbojas kā “ģeoķīmiskā barjera”:

- aizsargā augsni no sausuma un pārmitruma;
- pasargā augsni no erozijas un deflācijas;
- saglabā augsnes fizikālās īpašības pie antropogēnām slodzēm;
- mazina toksisko vielu negatīvo iedarbību un aiztur to migrāciju vidē, u.c.

5. *Fizioloģiskā funkcija* izpaužas galvenokārt kā humusvielu tiešā fizioloģiskā iedarbība, galvenokārt uz augiem un mikroorganismiem.

1.1. HUMUSVIELU DEFINĪCIJAS UN NOMENKLATŪRA

Jebkurā zinātniski pētnieciskajā darbā ir nepieciešama precīza terminu formulēšana un saskaņošana. Tas arī attiecas uz humusvielām. Zinātnieku vidū vēl joprojām nav vienota uzskata par HV uzbūvi, īpašībām, izcelsmes avotiem un nozīmi dažādās vidēs. Humusvielu terminoloģijas un nomenklatūras izstrādi sarežģī tas, ka HV nevar aprakstīt kā precīzi definētu struktūru vai pēc noteiktām funkcijām vidē, jo tās nav viendabīgi bioķīmiski veidojumi (Aiken et al 1985). Tādēļ literatūrā HV ir daudz un dažādu definīciju (Waksman 1938, Laatsch 1957, Stevenson 1982, Thurman 1985, Aiken et al. 1985, Oades 1988, Hayes et al. 1989, u.c.), kur tiek aprakstītas pēc to ķīmiskajām īpašībām, izdalīšanas vai frakcionēšanas metodēm. Tomēr par precīzāk aprakstītām, kā arī literatūrā visbiežāk lietotām, ir uzskatāmas divas definīcijas, kuras raksturo gan

augšnes, gan ūdens humusvielas. F.I.Stīvensons (Stevenson 1982) HV aprakstījis pēc to ķīmiskajām īpašībām kā “fizikāli un ķīmiski heterogēnus organiskos savienojumus ar plašu krāsas spektru (no dzeltenas līdz melnai) un relatīvi augstu molekulmasu, ar alifātisku un aromātisku dabu. Tās veidojušās sekundāras sintēzes (humifikācijas) rezultātā, satrūdot un transformējoties biomolekulām, kas veidojušās no atmirušajiem organismiem un iedarbojoties mikroorganismiem uz organiskajām atliekām”. Savukārt G.R. Aikens un līdzautori (Aiken et al. 1985) humusvielas apraksta gan no ķīmiskā, gan no metodoloģiskā viedokļa šādi: “humusvielas ir galvenā dabīgi sastopamā, biogēnā un heterogēnā organisko vielu daļa, kurai raksturīga dzeltenbrūna krāsa, augsta molekulmasa un noturīgums vidē. Pēc šķīdības pakāpes ūdenī humusvielas var iedalīt trīs frakcijās:

- humīns - HV frakcija, kas nešķīst ūdenī;
- humīnskābe - HV frakcija, kas šķīst ūdenī, ja $\text{pH} < 2$;
- fulvoskābe - HV frakcija, kas šķīst ūdenī pie jebkura pH .”

1.1.1. AUGNES HUMUSVIELAS

Visvairāk ir pētītas augsnes humusvielas, kā arī formulēti daudz un dažādi termini to aprakstīšanai (Waksman 1936, Kononova 1966, Stevenson 1985, Кононова 1963, Орлов 1990, u.c.). 1.1.tabulā parādīti galveno HV frakciju aprakstīšanai lietotie termini pēc šķīdības rakstura no 19.gs. līdz mūsdienām. Mūsdienās strauji attīstoties humusa ķīmijai un bioķīmijai, pieaudzis dabas un sintētisko savienojumu skaits, kuri pieder pie humusa un līdzīgu HV klasēm, tomēr atsevišķi termini joprojām nav precīzi formulēti. Augšnes humusa terminoloģijā galvenās problēmas terminu un apzīmējumu formulēšanā ir saistītas ar atsevišķu augsnes humusa grupu un frakciju izdalīšanu, attīrīšanu un izpēti (Орлов 1990).

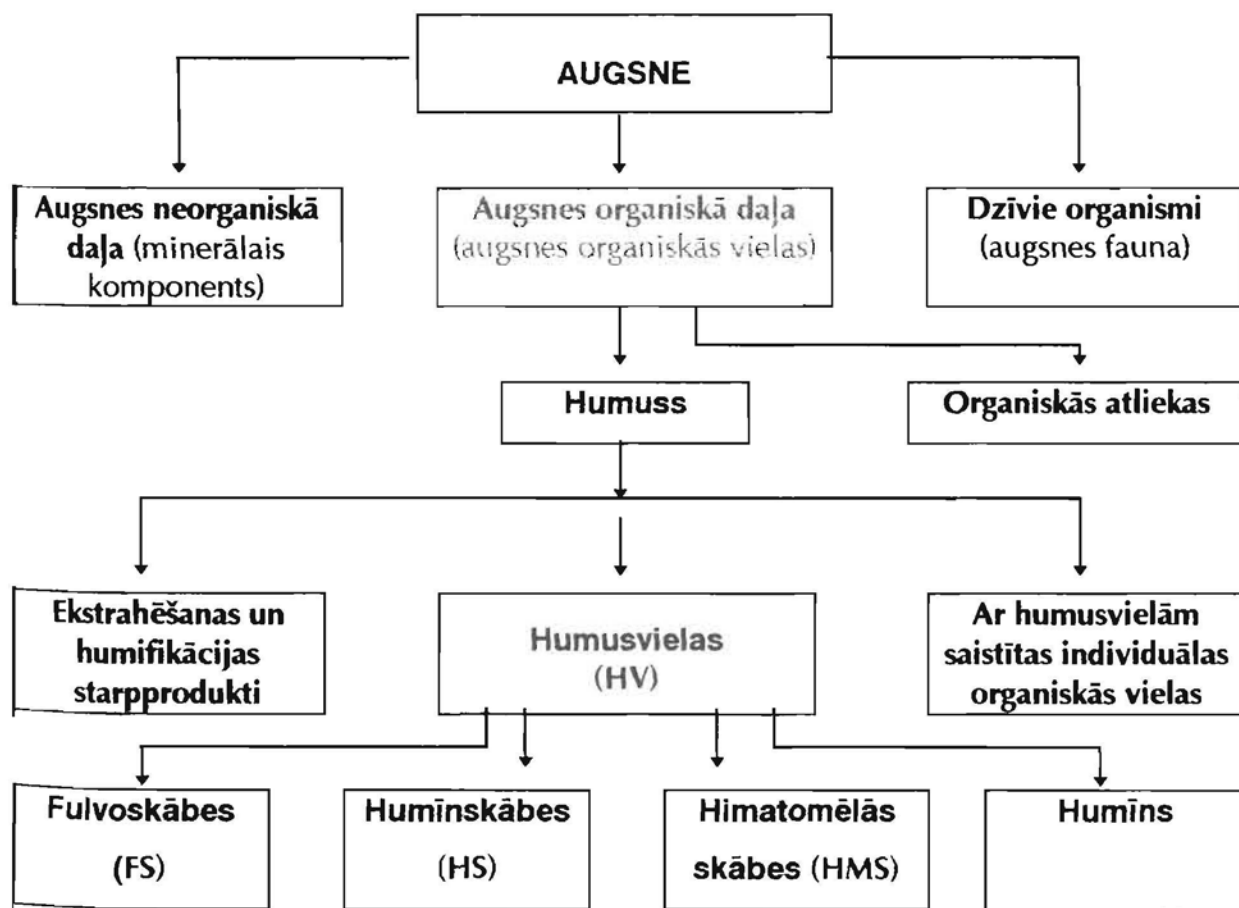
1.1.tab. Galveno humusvielu frakciju nosaukumi pēc to šķīdības rakstura pētījumos no 19.gadsimta līdz mūsdienām

Mūsdienās visbiežāk lietotie frakciju nosaukumi	Šķīšanas raksturs	Sprengel (1826)	Berzelius (1839)	Mulder (1840)	Hoppe-Seyler (1889)	Oden (1919)	Springer (1938)
humīnskābes	šķīst sārmos, izkrīt nogulsnēs skābā vidē	humīnskābes	humīnskābes	humīnskābes	humīnskābes	humīnskābes	humīnskābes
• brūnās humīnskābes	nekoagulē no sārmainā šķīduma elektrolītu klātbūtnē	-	-	-	-	-	brūnās humīnskābes
• pelēkās (melnās) humīnskābes	koagulē elektrolītu klātbūtnē	-	-	-	-	-	pelēkās humīnskābes
fulvoskābes	šķīst neatkarīgi no vides pH	-	krenskābes, apokrēnskābes	glucīnskābes, apokrēnskābes	-	fulvoskābes	-
himatomelās skābes	šķīst sārma, izkrīt kā skābe, šķīst spirtā	-	-	-	himatomelās skābes	himatomelās skābes	-
humīns	nešķīstoša humusvielu frakcija	humuss-ogle	humīns	ulmīns (humīns)	humīns	humuss-ogle	-

1.1.tabulas turpinājums

Mūsdienās visbiežāk lietotie frakciju nosaukumi	Šķīšanas raksturs	Тюрин (1940, 1949)	Кононова (1963)	Stevenson (1982)	Thurman (1985)	Орлов (1975, 1990)
humīnskābes <ul style="list-style-type: none"> • brūnās humīnskābes • pelēkās (melnās) humīnskābes 	šķīst sārmos, izkrīt nogulsnēs skābā vidē nekoagulē no sārmainā šķīduma elektrolītu klātbūtnē koagulē elektrolītu klātbūtnē	humīnskābes - -	humīnskābes - -	humīnskābes - -	humīnskābes - -	humīnskābes brūnās humīnskābes melnās humīnskābes
fulvoskābes	šķīst neatkarīgi no vides pH	fulvoskābes	fulvoskābes	fulvoskābes	fulvoskābes	Fulvoskābes
himatomelās skābes	šķīst sārma, izkrīt kā skābe, šķīst spirtā	-	himatomelās skābes	-	-	himatomelās skābes
humīns	nešķīstoša humusvielu frakcija	humīns	humīns, ulmīns	humīns	humīns	humīns

augšnes organisko vielu un humusvielu klasificēšanas shēmu, kas veidota pēc to izdališanas un frakcionēšanas metodikas. Saskaņā ar D.S.Orlova (Орлов 1975, 1990) izstrādāto shēmu (1.1.att.), augsni nosacīti var apskatīt kā sistēmu ar trīs sastāvdaļām: *augšnes neorganiskā daļa (minerālais komponents)*, *augšnes organiskā daļa (organiskās vielas)* un *dzīvie organismi (augšnes fauna)*.



1.1.att. Augšnes humusvielu nomenklatūras shēma (pārveidota pēc Орлов 1990)

Organiskās vielas (OV) - apvieno visus oglekli saturošus savienojumus, kuri atrodas augsnes profilā brīvā veidā vai organiski minerālo savienojumu formās, izņemot dzīvos organismus. Visi ķīmiskie savienojumi, kuri ietilpst augsnes dabiskajās OV, pēc savas izcelsmes, rakstura un funkcijām, iedalās divās lielās grupās: *organiskās atliekas* un *humuss*, kaut arī šāds iedalījums uzskatāms par nepilnīgu.

- *Organiskās atliekas* - veido augsnē sadalījušies dzīvie organismi vai to atmirušās daļas, kuras galvenokārt veido augu un sakņu paliekas. Šis augsnes komponents tiek pakļauts primārajam humifikācijas procesam, kura rezultātā veidojas humusvielas. Tomēr pie šī augsnes komponenta grupas D.S.Orlovs (Орлов 1975, 1990) pieskaita arī individuālas OV (olbaltumvielas, aminoskābes, vienkāršie un saliktie ogļhidrāti, u.c), kuras veidojas augsnē dažādu procesu rezultātā;
- *Humusu* (no latīņu val. *humus* - zeme, augsne) D.S.Orlovs (Орлов 1975) apraksta, kā augsnes OV, kuras rodas sadaloties augu un dzīvnieku atliekām. Humusu veido visi organiskie savienojumi, kuri atrodas augsnē, bet neietilpst dzīvo organismu sastāvā vai veidošanā. Augsnes minerālajā daļā humuss veido 85-90% no organiskajām vielām (Кононова 1963), un parasti tiek izdalītas no augsnes ar sārma šķīdumiem, neitrāliem sāļiem vai organiskiem šķīdinātājiem. Ekstrahējot no augsnes, tiek izdalīti visi organiskie savienojumi, neatkarīgi no tā, vai tie ir saistīti ar minerālajiem komponentiem vai atrodas brīvā veidā (Орлов 1990). Latviešu valodas literatūrā lieto terminu “trūdvielas” (Vītiņš 1924b, 1926, Krūmiņš 1929, Brīvkalns 1978, Mežals 1980), kas ir sinonīms terminam “humuss” (lieto abus terminus).

Humusu veido: 1) ar humusvielām saistītas individuālas OV; 2) ekstrahēšanas un humifikācijas starpprodukti un 3) pašas humusvielas.

1) *Ar humusvielām saistītas individuālas organiskās vielas* ir, piemēram, lignīns, celuloze, proteīni, aminoskābes, monosaharīdi, taukskābes, u.c.. Tās ir individuālas OV ar noteiktu sastāvu, īpašībām, bet kuras ir saistītas ar HV, veidojot sāļus, sorbējoties un tam līdzīgi. Šīs OV nav atdalāmas no HV ar tradicionālajām izdalīšanas un attīrīšanas metodēm (Stevenson 1985, Орлов 1975).

2) *Ekstrahēšanas un humifikācijas starpprodukti*. Humusvielu veidošanās rezultātā rodas nenoteikta sastāva vielas, kuras uzskatāmas par humifikācijas starpproduktiem (Кононова 1963, Орлов 1975). Līdzīgi starpprodukti var veidoties laboratorijā, piemēram, izdalot HV no augsnes, HV molekulu sākotnējo hidrolīzes rezultātā, vai arī vienkāršākām molekulām kondensējoties.

3) Pašas *humusvielas* - vairāk vai mazāk tumšas krāsas, slāpekli saturoši lielmolekulāri savienojumi ar skābu dabu, kuri nav atrodamī agrākajās organiskajās augu vai dzīvnieku atliekās, nedz arī starp mikroorganismu sintezētajām vielām (Stevenson 1985, Орлов 1975).

HV veido: a) fulvoskābes, b) humīnskābes, c) himatomelās skābes un d) humīns.

a) *fulvoskābes (FS)* - HV frakcija, kas šķīst ūdenī (sārmos) pie jebkura pH, kā arī spirtos, skābēs un sārmos. FS šķīdumi ūdenī atkarībā no koncentrācijas ir gaiši dzeltenī vai oranži, koloidāli, ar stipru skābu reakciju (pH 2,6-2,8) (Mežals u.c. 1970). Tās ir oksikarbonskābju grupas lielmolekulāras slāpekli saturošas organiskas skābes. Terminu "*fulvoskābe*" ieviesa S.Odens (Odén 1919). Pirms tam J.Berzelius (Berzelius 1839) šo HV frakciju iedalīja *krenskābēs* un *apokrenskābēs*, bet G.J.Muldērs (Mulder 1840) - *glucīnskābēs* un *apokrenskābēs* (1.1.tab.).

b) *humīnskābes (HS)* - HV frakcija, kas šķīst ūdenī (sārmos), ja $\text{pH} < 2$, kā arī stipru bāzu, amonjaka, nātrija karbonātu u.c. vājos nātrija sāļu šķīdumos, veidojot sarkanbrūnas līdz melnas krāsas šķīdumus (Mežals u.c. 1970). HS aprakstīta kā lielmolekulārus slāpekļa saturošus cikliskas uzbūves savienojumus ar līdzīgām vispārīgām īpašībām un ķīmisko struktūru, bet nedaudz atšķirīgus pēc ķīmiskā sastāva. Atšķirībā no FS, tās satur vairāk oglekļa un ir ar lielāku molekulmasu. Terminu *humīnskābes* ieviesa F.Ahards (Achard 1786), bet citi pētnieki (Springer 1938, Orlov, 1990 u.c.) tās klasificē arī *brūnajās* un *pelēkajās (melnajās) humīnskābēs* (1.1. tab.).

c) Skābā vidē HS un himatomelās skābes izkrīt nogulsnēs un šķīdumā paliek fulvoskābes. Tālāk nogulsnes apstrādājot ar etanolu, iegūstam ķiršsarkanu šķīdumu ko sauc par *himatomelām skābēm (HMS)*. Tās pirmo reizi izdalīja F.Hoppe-Seilers (Hoppe-Seyler 1889). Ilgu laiku HMS pieskaitīja humīnskābēm. Mūsdienās ir iegūti pierādījumi, ka HMS ir pastāvīga HV grupa (1.1. tab.) (Кононова 1963, Орлов 1975, Глебова 1980, 1985).

d) *humīns* - HV frakcija, kas paliek augsnē pēc labīlo komponentu ekstrahēšanas ar skābēm, sārmīem vai organiskajiem šķīdumiem, ietverot arī HV kompleksus

ar minerālvienām. Pēc C.Šprengela (Sprengel 1826), kas pirmais pievērsa tam uzmanību, šī grupa atrodas starpposmā starp humīnskābi un ogli. C.Šprengels tās nosauca par "*humusoglēm*". Vēlāk J.Berzelius nomainīja šo terminu ar "humīnu", bet G.J.Muldērs ieteica lietot terminu "*ulmīns*" (1.1.tab.). X Starptautiskajā Humusvielu Asociācijas (IHSS) kongresā rekomendēja terminu "*humīns*" aizvietot ar terminu "*nehidrolizējamās paliekas*". Tomēr literatūrā visbiežāk lieto terminu "*humīns*".

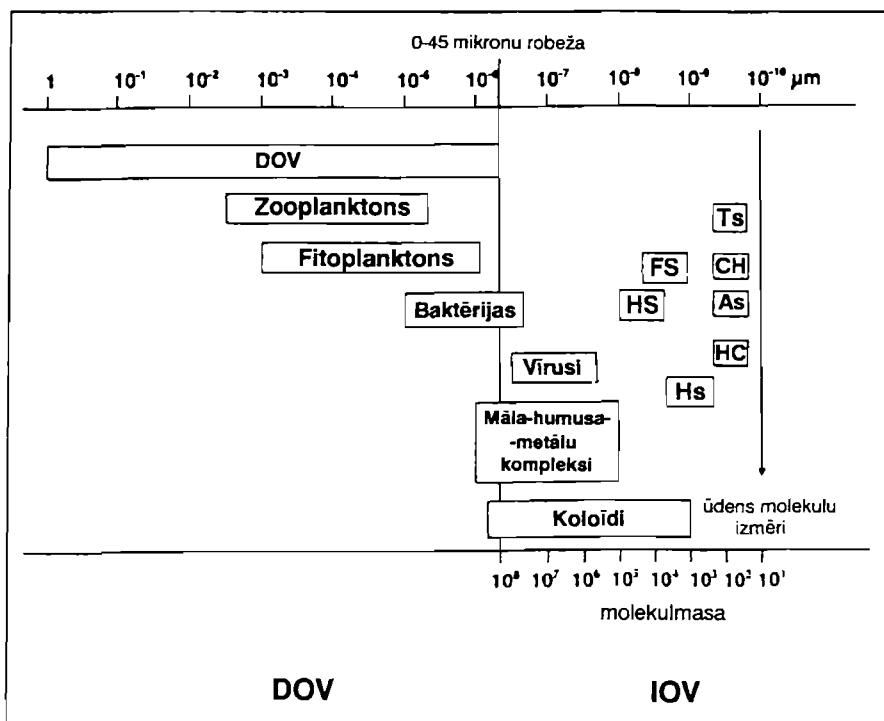
1.1.2. ŪDENS HUMUSVIELAS

Kā jau iepriekš minēts, ūdens humusvielas (HV) un to frakcijas aprakstīta tāpat kā augsnes HV. Tomēr tās ir divas dažādas vides, kur HV pastāv atšķirīgās formās pirms tiek izdalītas. Literatūrā ir sastopami apmēram trīsdesmit termini, kurus attiecina uz ūdens organiskajām vielām (OV) (Thurman 1982). Nomenklatūra galvenokārt tiek veidota, balstoties uz organiskā oglekļa daudzumu un formām ūdenī, kā arī filtrēšanu caur 0.45 mikrometru filtru (1.2.att.). Ar filtrēšanas palīdzību var atdalīt organisko oglekli no dzīvo organismu mikroskopiskām daļiņām kā, piemēram, zooplanktonu, aļģes, baktērijas, augsnes un augu detritu organiskās vielas. Vienīgie organismi, kas izšķīst cauri filtram un pieskaitāmi pie organiskā oglekļa frakcijas, ir vīrusi. Izšķīdušais organiskais ogleklis ir tā organiskā oglekļa daļa, kas ir diametrā mazāks par 0.45 mikrometriem. Izšķīdušā organiskā oglekļa sastāvu veido polimēras organiskās skābes - humusvielas (Thurman 1982). Organiskais ogleklis sastāda 50-75% no HV, kas ir galvenā ūdens OV sastāvdaļa.

Ūdens HV satura noteikšanai visbiežāk izmanto:

Izšķīdušo organisko oglekli (IOC) - oglekļa organiskie savienojumi, kas atrodas izšķīdušā veidā, pēc ūdens filtrācijas caur 0.45 mikrometru filtru. Šī termina lietošana ir ļoti nozīmīga organiskā oglekļa pētīšanā;

Daļiņu (neizšķīdušo) organisko oglekli (DOC) - oglekļa organiskie savienojumi, kas tiek aizturēti, filtrējot ar 0.45 mikrometru filtru. Šo terminu lieto limnoloģijas literatūrā un tas ir identisks terminam - suspendētais organiskais ogleklis (SOC), ko lieto hidroloģijā;



1.2.att. Daļiņu, izšķīdušo organisko vielu un oglekļa savienojumi dabas ūdeņos. DOV - daļiņu organiskās vielas, IOV - izšķīdušās organiskās vielas; FS - fulvoskābe, HS - humīnskābe, Ts - taukskābe, CH - karbonhidrāti, As - aminoskābe, HC - hidrokarbons, Hs - hidrofilā skābe (Kļaviņš 1997)

Kopējo organisko oglekli (KOC) - ir IOC un DOC vai IOC un SOC summa. KOC var noteikt uzreiz ar oglekļa analizatoru, bet, lai iegūtu precīzākus rezultātus, ieteicams noteikt IOC un DOC (SOC) katru atsevišķi;

Izšķīdušās, daļiņu un kopējās organiskās vielas (IOV, DOV, KOV) ir attiecīgi analogas IOC, DOC un KOC. Organiskās vielas apzīmē visu organisko molekulu kopumu un ietver citus elementus, kā skābekli un ūdeņradi. Šī iemesla dēļ OV daudzumu ir grūti noteikt, tādēļ ieteicams lietot organiskā oglekļa koncentrācijas integrālos raksturlielumus.

Bioloģiskais skābekļa patēriņš (BSP) ir empīrisks tests, ar kura palīdzību nosaka skābekļa daudzumu, kas tiek patērēts daļēji sadaloties organiskām un neorganiskām vielām 5 vai vairāk dienu laikā. Labi pielietojams piesārņoto ūdeņu analizēšanai, tomēr ūdeņu humusvielu raksturošanai ieteicams lietot datus par ķīmiskā skābekļa patēriņu.

Ķīmiskā skābekļa patēriņš (KSP) - skābekļa daudzums, kas tiek patērēts, sadaloties organiskajām un neorganiskajām vielām stipra oksidētāja klātbūtnē (visbiežāk pielieto kālija dihromātu). KSP nav ieteicams lietot kā vienīgo OV raksturlielumu, jo tas neraksturo visas ūdenī esošās OV kā arī humusvielas.

1.2. HUMUSVIELU IZPĒTES VĒSTURE

Neskatoties uz vairāk nekā divsimt gadus ilgo humusvielu (HV) izpētes vēsturi, vēl nav pilnīgi noskaidroti daudzi jautājumi par HV uzbūvi, nozīmi un funkcijām biosfērā. Tas izskaidrojams ar HV uzbūves sarežģītību un to daudzveidīgo lomu vidē. Par HV pētniecības aktualitāti un interesi liecina liels publikāciju skaits, īpaši pēdējās desmitgadēs, starptautiski nozīmīgos žurnālos. Tas izskaidrojams ar pētniecisko metožu un instrumentu uzlabošanu kā arī ar vides zinātnieku iesaistīšanos šajā darbā. Par humusvielām aizvien vairāk sāk interesēties speciālisti, kuri saistīti ar lauksaimniecību, rūpniecību, farmāciju un vides aizsardzību. 1981.gadā izveidota "Starptautiskā Humusvielu asociācija" (International Humic Substances Society - IHSS) un ik pēc diviem gadiem notiek tās kongresi, kā arī reģionālas konferences.

Nozīmīgākie pētījumi par augsnes HV izpēti ir apkopoti S.A. Vaksmana (Waksman 1936), M.M. Kononovas (Конорова 1963, Kononova 1966) un F.J. Stīvensona (Stevenson 1985) darbos, bet par ūdens humusvielām - R.L. Malkoma (Malcolm 1985) un M.Kļaviņa (Kļaviņš 1997) darbos.

Šajā nodaļā aplūkoti augsnes un ūdens humusvielu izpētes etapi un to pētniecības nozīmīgākie virzieni. Par HV pētniecības sākumu uzskatīta 18.gs. otrā puse. J.Valerius

(Wallerius 1761) savā darbā augsnes humusu apskata kā augu barības vielu, kas veidojas, sadaloties augu atliekām. Savukārt F.Ahards (Achard, 1786) bija pirmais, kas HV izdalīja no augsnes. Viņš kūdru ekstrahēja ar sārmu un, paskābinot, ieguva tumšas, amorfas nogulsnes, kuras nosauca par *humīnskābēm*. Šis termins ir saglabājies līdz mūsdienām. Humusvielu pētniecības pirmsākumi galvenokārt saistīti ar humusvielu izcelsmes avotu izzināšanu, to lomas izpēti augsnes veidošanā, augu augšanā kā barības vielai (Vauquelin 1797 - 98, Thomson 1807, Грандо 1872 - 73).

19.gs. I.pusē uzsākti sistemātiski pētījumi par humusvielu ķīmiskajām īpašībām, izdalot tās no augsnes kā arī no ūdens un augu trūdošajām atliekām. Franču zinātnieks T.Sosīvs (Sausure 1804) sāka lietot terminu *humuss*. Vācu ķīmiķis C.Šprengels (Sprengel 1826) bija viens no pirmajiem, kurš pētīja un aprakstīja humīnskābju ķīmiskās īpašības. Zviedru ķīmiķis J.Berzelius (Berzelius 1839) ieviesa terminus: *krenskābes* un *apokrenskābes*, lai apzīmētu HV, kuras viņš pirmo reizi ieguva no ūdens un dūņainām nogulsnēm.

19.gs. vidū veikti pirmie mēģinājumi sistematizēt HV pēc krāsas, šķīdības pakāpes ūdenī un sārmu šķīdumos (Mulder 1861-1862). Tomēr, atbilstoši tā laika priekšstatiem, izveidojās maldīgs uzskats, ka katra humusviela ir atsevišķs veidojums (t.i. satur noteiktu elementu sastāvu, krāsu un īpašības). Tā rezultātā radās terminu juceklis, kas ietekmēja nepareizu uzskatu veidošanos par humusvielām un humifikācijas procesu līdz pat 20.gs. sākumam. Tomēr, attīstoties mikrobioloģijai, īpaši mikroorganismu bioķīmijai, Pastēra atklājumi ietekmēja humusa pētīšanu. Jau 19.gs. beigās tika noskaidrots, ka humusa veidošanos nosaka bioloģiskie procesi, pateicoties mikroorganismu iedarbībai, kā arī dažādiem dzīvās pasaules pārstāvjiem (augšņu fauna) (Post 1862, Darwin 1882, Ramann 1888, Dehérain & Demoussy 1896). Liela loma šajā laikā bija krievu zinātnieku pētījumiem. Īpaši nozīmīgi bija V.Dokučajeva (Докучаев 1883, 1889) pētījumi par ģeogrāfiskajām likumsakarībām humusa veidošanā un tās lomu augsnes auglības veidošanā. P.Kostičeva (Костичев 1886, 1890) pētījumi ir vēl joprojām pamatā augu atlieku humifikācijas procesa izpētē (Кононова 1963).

Plaši pielietojot ķīmiskās ekstrakcijas metodes humusvielu iegūšanai, radās uzskats, ka dažas humusa frakcijas ir atsevišķi ķīmiski veidojumi, kas rodas, augsni

apstrādājot ar sārma šķīdumu. Tomēr jau 19.gs. beigās daudzi pētnieki sāka apšaubīt šo uzskatu. Tādēļ 20.gs. sākumā bija izveidojušies divi atšķirīgi viedokļi par augsnes humusu. Vieni to uzskatīja par dabisku veidojumu, kas rodas, sadaloties dzīvajiem organismiem. Šī uzskata piekritēji bija V.R.Viljams, S.Odens, S.P.Kravkovs, A.A.Šmuks, A.G.Trusovs u.c., kuri atbalstīja jau agrāk izteikto zinātnieku C.Šprengela, J.Berzeliusa, G.J.Muldēra, R.O.Germana apgalvojumu (Kononova 1966, Stevenson 1985). Savukārt S.A.Vaksmans un līdzautori (1926, 1927, 1931, 1932) humusvielas uzskatīja par mākslīgiem veidojumiem, kas radušies, augsni apstrādājot ar sārma šķīdumu, kuru lieto HV izdalīšanai no augsnes. Bet jau 30-tajos gados daudzi zinātnieki publicēja darbus, kuros apstrīdēja S.A.Vaksmans izvirzīto hipotēzi (Springer 1934, Тюрин 1937). Īoti nozīmīga bija S.A.Vaksmans (Waksman 1936) publicētā monogrāfijā, kurā tika apkopoti 19.gs. un 20.gs. sākumā lietotie termini humusvielu izpētē un priekšlati par to uzbūvi.

20.gs. sākumā tika izstrādātas dažādas koncepcijas par HV izcelsmes avotiem un humifikācijas procesu. Nozīmīgus pētījumus par to veicis krievu zinātnieks S.P.Kravkovs (Кравков 1906, 1911). Viņa skolnieks A.G.Trusovs (Трусов 1914-16,) nonāk pie secinājuma, ka humusvielu avoti var būt dažādi augu valsts produkti. Viņa koncepcija par humifikāciju bija ļoti tuvu mūsdienu uzskatiem (Kononova 1966). Aizvien vairāk pieauga pētījumu skaits par HV skābo īpašību, elementu un funkcionālo grupu sastāvu, molekulmasu, pelnu saturu, ultramikroskopiskajām un optiskajām īpašībām u.c. Lielu ieguldījumu šajos pētījumos deva S.Odens (Odén 1914, 1919) un A.Šmuks (Шмык 1914, 1924, 1930).

20.gs. tika gūti jauni panākumi HV izpētē, nosakot to ķīmisko dabu un struktūru. S.Odens (Odén 1912, 1919) humusvielas klasificēja pēc krāsas, šķīdības pakāpes ūdenī, spirtos un sārmos izdalot: humussogle, humīnskābes, himatomelās skābes un fulvoskābes. Viņš bija pirmais, kurš sāka lietot terminu *fulvoskābes*. Savukārt I.V.Tjurins (Тюрин 1940, 1949) ierosināja pielietot šādu HV klasifikācijas shēmu: humīnskābes, fulvoskābes un humīns, kas bija ļoti veiksmīga, lai raksturotu humusa sastāva atšķirības galvenajos augšņu tipos un apakštipos. Šī shēma visbiežāk tiek pielietota mūsdienās.

Pēc Otrā Pasaules kara interese par augsnes humusa pētniecību ir pieaugusi. Ir pilnveidojušās pētniecības metodes un zinātniskās tēmas ir ļoti dažādas. Vēl joprojām ir aktuāli pētījumi par HV raksturu, uzbūvi, izcelsmes avotiem un veidošanās mehānismu. Radušās jaunas idejas par organisko vielu un humusvielu lomu augsnes veidošanā, augu fizioloģijā un augu barības vielu asimilācijas bioķīmiskajos procesos. Pēdējos gados tiek pētīta HV dažādās vidēs, saistībā ar to unikālajām īpašībām un funkcijām.

Īpaši nozīmīgi ūdens humusvielu izpētē ir mūsu gadsimta pēdējie 40 gadi. Tomēr līdz 50-jiem gadiem nebija pilnīgas skaidrības par ūdens HV uzbūvi un to nozīmi ūdenī. Tikai daži zinātnieki pētīja dzeramā ūdens krāsainību, garšas un smaržas īpašības. Zinātnieku vidū pastāvēja uzskats, ka ūdens krāsainība liecina par HV klātbūtni, jo ūdenstīlņā tiek ieskalotas augsnes humusvielas. Tādēļ augsnes un ūdens humusvielas uzskatīja par identiskām.

20.gs. sākumā somu pētnieks O.Ašans (Aschan 1907, 1908) pirmais pievērsa uzmanību tieši ūdens HV pētniecībai. Savukārt M.C.Bleks un R.F.Kristmans (Black & Christman 1963) pirmie apkopoja rezultātus par ūdens humusvielu pētniecību līdz 1950.gadam.

50-jos un 60-to gadu sākumā pieauga aizvien lielāka interese un izpratne par ūdens krāsainību, bet joprojām ūdens HV tika uzskatītas identiskas augsnes humusvielām. Tādēļ to pētniecībā tika pielietotas augsnes HV pētniecībā izstrādātās metodes, instrumenti un pieejas (Stevenson 1985). Vēlāk humusvielu izolēšanai no ūdens tika izstrādātas jaunas metodes ietvaicēšana, liofilizēšana un ekstrahēšana ar šķīdinātājiem (Shapiro 1957, Barth & Acheson 1962, Black & Christman 1963).

60-to gadu beigās un 70-to gadu sākumā samazinājās augsnes zinātnieku ietekme ūdens HV pētniecībā. Bija nobriedusi nepieciešamība pielietot jaunas specifiskas pētnieciskās metodes. Jauns pavērsiens humusvielu pētniecībā sākās ar 1973.gadu, kad tika veiksmīgi pielietota hromatogrāfija un membrānfiltrācija. Hromatogrāfiju pirmo reizi pielietoja HV molekulmasas noteikšanā un to atsāļošanā (Gjessing 1965, 1971, 1976). Veiksmīgi tika pielietota izsaldēšanas metode (Leenheer and Malcolm 1973), bija

mēģinājumi pielietot dažādas oksidēšanas degradēšanas metodes HV ķīmisko īpašību pētīšanā.

Līdz 70-jiem gadiem nebija precīzu metožu nelielu organiskā oglekļa daudzumu noteikšanai ūdenī. Organisko vielu raksturojošo parametru (ieskaitot HV) noteikšanai tika pielietotas četras metodes: ķīmiskā skābekļa patēriņš, permanganāta oksidēšana, krāsas salīdzināšana pēc kobalta skalas un spektrometrija (diemžēl visas metodes ir nepilnīgas). 1974.gadā J.J.Rūks (Rook 1974) izstrādāja resurgences metodi, ar kuru varēja ātri un precīzi noteikt izšķīdušā un suspendētā organiskā oglekļa daudzumus ūdenī. Viņš arī atklāja, ka dabas humusvielas ir galvenais avots trihalometāniem, kas veidojas dzeramā ūdens hlorēšanas laikā.

Laikā no 70-tajiem gadiem līdz mūsdienām veiksmīgi pielietota un ieviesta sintētisko sveķu tehnoloģija HV izolēšanai no ūdens. Humusvielu struktūras izpētē pielietoti jauni instrumenti, kā piemēram, kodolmagnētiskā rezonanse, gāzes hromatogrāfijas masas spektrometrija. Aizvien lielāku interesi par HV, to lomu un nozīmi ūdens ekosistēmā izrāda vides zinātnieki.

Jāatzīmē fakts, ka padomju varas gados zinātnieki ir daudz pētījuši augsnes un ūdens humusvielas. Taču informācijas apmaiņa ar citu valstu zinātniekiem bija ierobežota. Maz darbu tika pārtulkoti angļu valodā, un tāpēc nebija pieejami plašākai auditorijai.

Latvijā jauni fundamentāli pētījumi par humusvielu izpēti nav veikti, bet var uzskatīt, ka interese un nozīmīgākie pētījumi par HV aizsākās šī gadsimta 20-jos un 30-jos gados, līdztekus plašākiem pētījumiem par Latvijas augsnēm. Šajā laikā darbojās tādi pazīstami Latvijas augšņu pētnieki kā J.Vītiņš, K.Krūmiņš un P.Kulitāns. J.Vītiņš (1924a, 1924b, 1926, 1927, 1934) noteicis humusa jeb trūdvielu saturu vairāku simtu Latvijas augšņu paraugiem. Pētītie augšņu paraugi bija atšķirīgi pēc mehāniskā sastāva un cilmiežiem, kā arī pēc zemes lietojuma veida. J.Vītiņš savos darbos raksturo trūdvielas, to īpašības un nozīmi augsnes auglības veidošanā. K.Krūmiņš (1929) ir izstrādājis daudzas augsnes agroķīmiskās metodes, kā arī veicis nozīmīgus eksperimentālos darbus, to skaitā arī par augsnes organiskajām vielām un augsnes auglības celšanu. P.Kulitāns (Kulitāns u.c. 1930, Kulitāns 1931) un K.Bambergis (1935,

1969) tika veikti pētījumi par Latvijas augšņu auglību saistībā ar mēslošanas nepieciešamību.

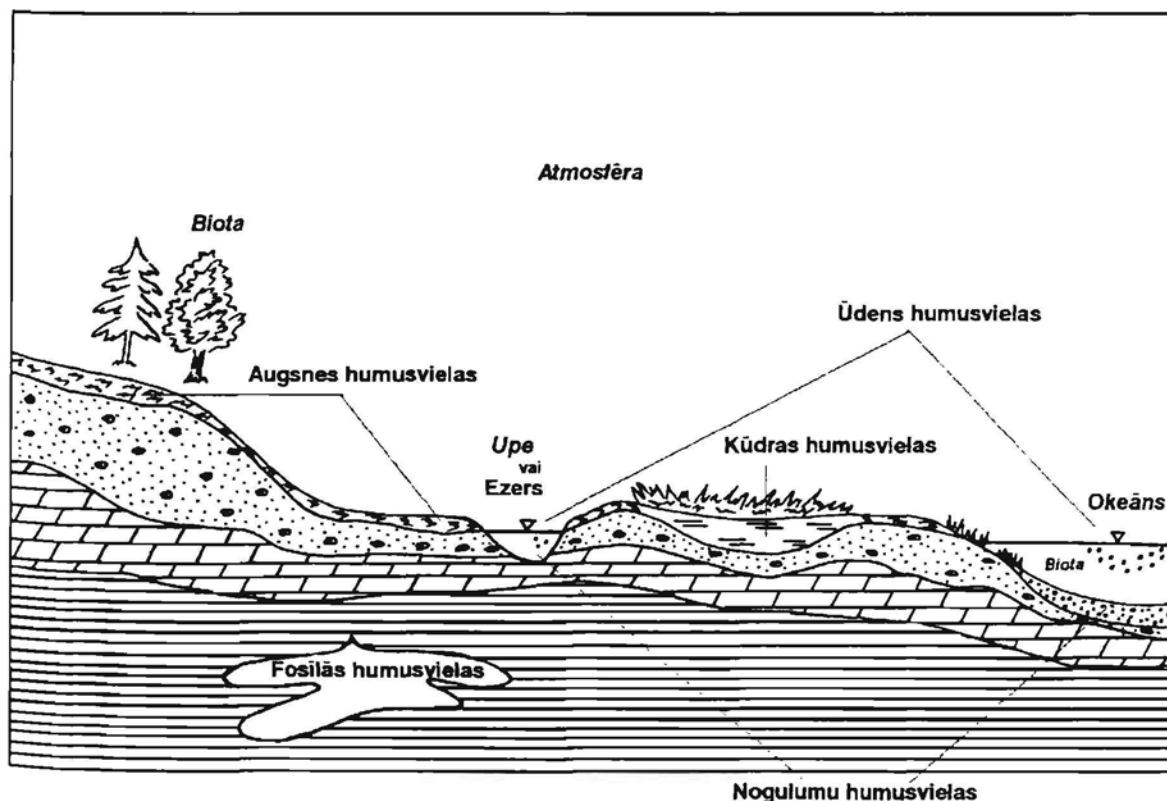
Pēc Otrā Pasaules kara pētījumi par Latvijas augšņu trūdvielām turpinās. J.Naudiņš un P.Buļbins (1976) ir definējuši trūdvielas jeb humusu un veikuši to klasifikāciju. Īpaši lieli nopelni Latvijas augšņu pētniecībā ir K.Brīvkalnam (Brīvkalns 1954, 1978, Brīvkalns u.c. 1967, Brīvkalns & Gemste 1982), kas arī pētījuši un aprakstījuši augsnes trūdvielas un raksturojuši to veidošanos augsnē.

Latvijas augšņu humusa izpētē minami R.Skujāns un G.Mežals (Skujāns & Mežals 1960, 1964, Mežals u.c. 1970, Mežals 1980). Autori trūdvielas apraksta šādi: “tā ir raksturīga, īpatnēja, ļoti svarīga augsnes sastāvdaļa. Trūdvielas veidojas, organiskajai vielai pakāpeniski pārveidojoties, sintezējoties jaunos, augstmolekulāros organiskajos savienojumos (polimerizēti vai kondensēti savienojumi)”. Viņi arī uzskata, ka augsnes trūdvielas sastāvā galvenokārt ietilpst humīnvielas (85-90%), kas ir augstmolekulāri savienojumi, piemēram, humīnskābju un fulvoskābju grupas un humīns. Organiskie savienojumi (10-15%) ir otrs trūdvielu komponents, kas sastopami augu un dzīvnieku organismos kā arī sadalīšanās starpproduktos, piemēram, olbaltumvielas, ogļhidrāti, tauki, sveķi, organiskās skābe, fenoli, spirti u.c. Ir zināms, ka detālākus pētījumus par humusvielām veicis G.Mežals, bet diemžēl, šo pētījumu rezultāti nav publicēti.

Savukārt par Latvijas virszemes ūdeņu HV nozīmīgākie pētījumi aizsākās 70-to gadu beigās un 80-to gadu sākumā. Šeit minams M.Lazņiks (Лазник 1983, 1986b, 1987a, 1987b, Лазник и др. 1988), kurš plašāk veic pētījumus tieši par Latvijas virszemes ūdeņu humusvielām, to ķīmiskajām īpašībām, koncentrāciju un sezonālajām izmaiņām. Ir veikti vairāki pētījumi par organiskā oglekļa noteci no Latvijas upēm Baltijas jūrā (Лазник 1986a, Andrušaitis et al. 1992). Tomēr līdz šim plašākus un detālākus pētījumus par ūdens HV ir veicis M.Кļaviņš (Кļaviņš & Cinis 1992, Кļaviņš & Purīte 1993, Кļaviņš 1993, 1995b, 1997, Кļaviņš et al. 1997a, 1997b, Клявиньш 1992). Viņa vadībā pirmoreiz Latvijā veikts pētījums par ezeru nogulumu humusvielām (Кļaviņš & Apsīte 1997). Šajos pētījumos ir ne tikai izdalītas un frakcionētas humusvielas, bet arī noteikts to ķīmiskais sastāvs un raksturotas spektrālās īpašības, kā arī veikta analīze pēc to izcelsmes avotiem, bioloģiskajiem un ķīmiskajiem procesiem Latvijas virszemes ūdeņos.

1.3. HUMUSVIELU AVOTI UN NOZĪME ORGANISKĀ OGLEKĻA GLOBĀLAJĀ APRITES CIKLĀ

Humusvielas (HV) ir vienas no visvairāk izplatītākajām organiskajām vielām (OV) vidē. Tās veido lielāko daļu no augšņu, kūdras, lignīta jeb fosilajām atliekām, dabas ūdeņu un to nogulumu OV (1.3.att.). HV esamība un loma dažādās vidēs ir neapšaubāmi nozīmīga, jo tās veido galvenos sauszemes un Pasaules okeāna organiskā oglekļa krājumus, kas ir svarīgi organiskā oglekļa globālajā aprites ciklā. Apmēram 60-70% no augsnes kopējā organiskā oglekļa atrodas humusvielu formās. F.I.Stīvensons (Stevenson, 1982) aprēķinājis HV kopējo daudzumu litosfēras virsējam slānim pēc augsnes organiskā oglekļa, kas ir 30×10^{14} kg. Savukārt E.M.Surmans (Thurman 1985) apgalvo, ka izšķīdušās ūdens HV sastāda 40-60% no izšķīdušā organiskā oglekļa un ir



1.3.att. Humusvielu sastopamība dažādās vidēs (Kļaviņš 1997).

lielākā dabiskā OV frakcija ūdenī. HV koncentrācijas ir atšķirīgas gan dažādos augšņu tipos un nogulumos, gan arī dažādos dabas ūdeņos, kur humusvielu lielākā frakcija ir fulvoskābes (Aiken et al. 1985).

HV globālais apjoms ir svarīgs komponents atmosfēras oglekļa dioksīda veidošanā. Atmosfērā ir apmēram $638-702 \times 10^{15}$ g C, kas ir tik pat daudz cik ogleklis akumulēts augšņu humusā ($700-3000 \times 10^{15}$ g C), kūdras humusā (250×10^{15} g C) un ūdeņu humusvielās ($850-1700 \times 10^{15}$ g C) (Woodwell et al. 1978). Organiskā oglekļa kopējais globālais transports no sauszemes uz okeānu ir $0.4-0.9 \times 10^{15}$ g C/gadā (Hope et al. 1994). Pasaules okeānā vairāk nekā 50% izšķīdušā organiskā oglekļa veidojas no saldūdens un sauszemes organiskajām vielām (Mantoura & Woodward 1983).

Humusvielu atrašanos un apjomus vidē nosaka galvenokārt divi faktori. Pirmais ir HV veidošanās dzīvo organismu humifikācijas procesā (Kļaviņš, 1997) un akumulācijā. Humusvielas veido starpfāzi (kā organiskā oglekļa krājumi) dzīvo organismu transformācijas procesā, kas turpina organiskā oglekļa ciklu vai akumulējas kādā no vidēm. Tādēļ humusvielu īpašības nosaka to veidošanās avoti. Atkarībā no humifikācijas rakstura, HV nozīmīgākie avoti ir augsnes, kūdras un ūdens organiskās vielas. Otrs faktors, kas nosaka HV nozīmi vidē, ir humusvielu spēja pārvietoties no vienas vides uz otru. 1.4.attēlā parādīts, ka HV pārvietošanās ir cieši saistīta ar ūdens plūsmām vidē, sākot ar atmosfēras nokrišņiem, ūdens plūsmām sauszemē un tā noplūdi uz Pasaules okeānu.

Lai labāk izprastu organiskā oglekļa dinamiku saistībā ar ūdeni, svarīgi zināt galvenos HV izcelsmes veidus ūdenstilpēs un tecēs. E.T.Degens (Degens 1982) min šādus:

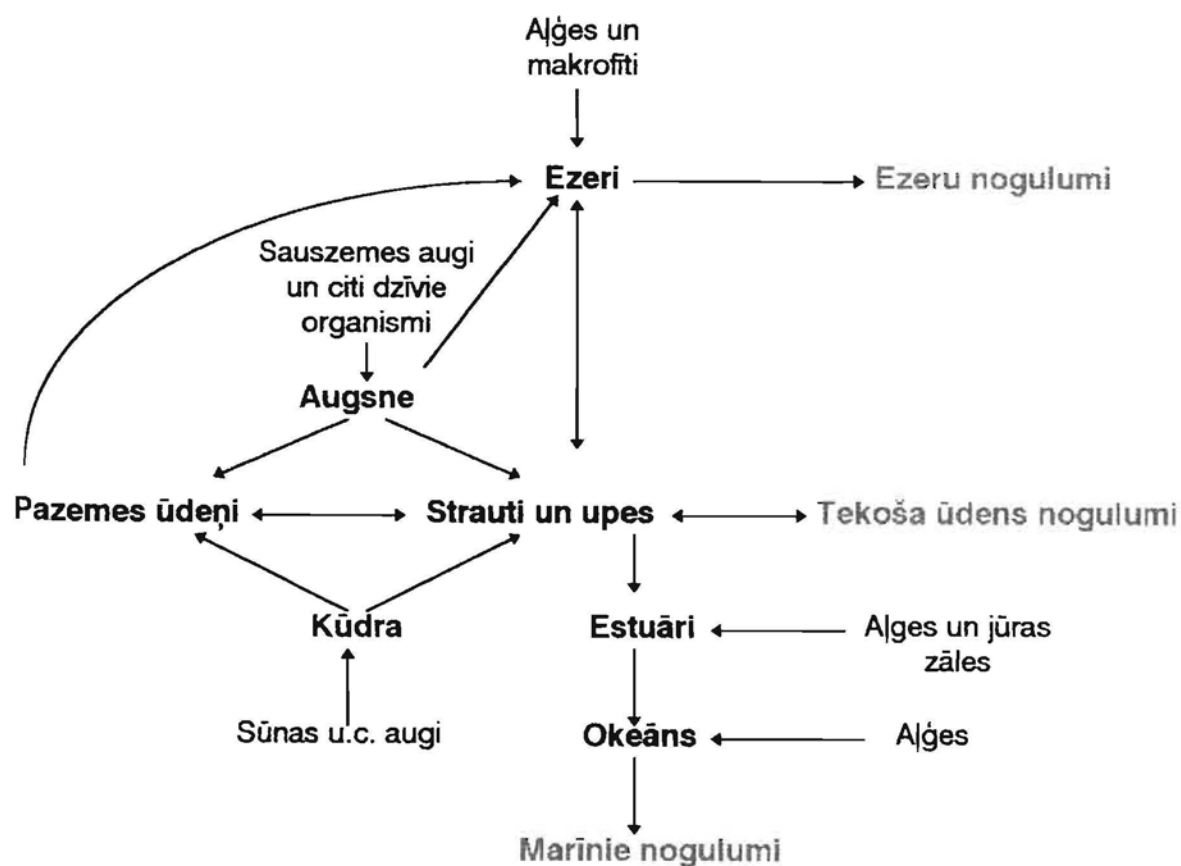
- alohtonas izcelsmes - ienestās OV no sauszemes;
- autohtonas izcelsmes - OV, kas veidojušās no upes *in-situ* bioķīmiskās produkcijas;
- antropogēnas izcelsmes - OV, kas radušās lauksaimniecības, mājāsaimniecības un rūpniecības darbības rezultātā.

Galvenā nozīme ir diviem pirmajiem HV izcelsmes veidiem - alohtonas un autohtonas (Degens 1982, Hope et al. 1994). Tomēr jāatzīmē, ka pēdējās desmitgadēs

pieaugot vides piesārņojuma, būtiska loma ir arī antropogēnajiem avotiem (Apsīte&Kļaviņš 1997). Savukārt organiskā oglekļa noteci būtiski regulē arī ūdenstilpnēs un tecēs noritošie procesi. Par galvenajiem procesiem ir minami šādi (Hope et al. 1994):

- organiskā oglekļa veidošanās un plūsmju veidi sateces baseinā;
- organisko vielu (g.k. humusvielu) biosintēze ūdens vidē;
- organiskā oglekļa asimilācijas procesi ūdenstilpnēs un tecēs;
- klimats, ģeoloģiskā uzbūve, reljefs u.c.

Alohtonas izcelsmes HV veidošanos var iespaidot arī ūdenstilpes hidroloģiskais režīms (Moore 1989). Ūdens plūsmas mehānisms katrā ūdensšķirtnē nosaka humusvielu pārvietošanos no vienas ekosistēmas uz otru un akumulācijas raksturu (McCarthy 1992).



1.4.att. Humusvielu iespējamās plūsmas dažādās vidēs (Aiken et al. 1985)

1.4. HUMUSVIELU IZDALĪŠANA UN FRAKCIONĒŠANA

Humusvielu (HV) izdalīšana no augsnes, nogulumiem un ūdens ir ilgs un sarežģīts process. Pašlaik ir izstrādātas daudzas un dažādas metodes, bet katrā konkrētajā gadījumā viena metode var būt labāk pielietojama nekā citas un iegūtos rezultātus ir grūtāk salīdzināt. Tas izskaidrojams ar to, ka HV ir sarežģīti dabas veidojumi, kas vidē atrodas dažādās formās saistībā ar organiskajām un neorganiskajām komponentēm. Tādēļ HV izdalīšanai no dažādām vidēm ir izstrādātas standarta metodes, lai iegūtie rezultāti būtu salīdzināmi. I.F.Stīvensons (Stevenson 1982) uzskata, ka ideālai ekstrahēšanas metodei jāatbilst šādiem četriem kritērijiem:

1. metode nedrīkst izmainīt izolētā materiāla dabiskās īpašības;
2. ekstrahētajām HV jābūt brīvām no neorganiskajiem piemaisījumiem, tādiem kā māla daļiņām un daudzvērtīgajiem katjoniem;
3. ekstrahēšana ir ideāla, ja iegūtās HV frakcijas pārstāv visu molekulasmasu rindu;
4. metode ir pielietojama dažāda tipa augsnēm.

Lai gan šie kritēriji izstrādāti HV ekstrahēšanai no augsnes (arī nogulumiem), tos var tikpat labi attiecināt uz humusvielu izdalīšanu no ūdens.

1.4.1. HUMUSVIELU IZDALĪŠANA NO AUGSNES UN NOGULUMIEM, UN TO FRAKCIONĒŠANA

Humusvielu izdalīšanā no augsnes galvenā problēma ir tā, ka tikai neliela humusa daļa atrodas brīvā veidā. Lielākā daļa atrodas dažādās formās saistībā ar augsnes minerāliem. Tādēļ šo saistību nepieciešams izjaukt, lai iegūtu HV šķīduma veidā (Kononova 1966, Stevenson 1982, Орлов 1990, Anderson & Schoenau 1993). Ekstrahēšana var būt mazāk efektīva, ja augsne piesātināta ar bāzēm. Šajā gadījumā humuss veido stabilus kompleksus ar māla daļiņām un daudzvērtīgajiem katjoniem kā kalciju un magniju (Anderson et al. 1974). Tādēļ, pirms HV tiek ekstrahētas no augsnes, tās nepieciešams attīrīt no sāļiem, māliem u.c. piemaisījumiem. Tomēr pašlaik visas

pielietotās HV izdalīšanas metodes vairāk vai mazāk izmaina to dabīgo struktūru un īpašības, kādas tām piemīt dabas vidē. Līdz ar to pētījumi šajā jomā vēl joprojām ir aktuāli.

Visvairāk augsnes un nogulumu HV ekstrahēšanā izmanto nātrija hidroksīda (NaOH) šķīdumu (Kononova, 1966, Anderson et al., 1974, Schnitzer, 1978, Scoenau & Bettany 1987, Roberts et al. 1989, Schnitzer & Schuppli 1989), jo tas, salīdzinājumā ar citiem šķīdumiem, ir efektīvāks un vienkāršāk pielietojams. Ir aprēķināts, ka ar NaOH šķīdumu var izdalīt 30-60% augsnes humusa (Anderson & Schoenam 1993). Laika gaitā ir veikti dažādi eksperimenti, lai noskaidrotu optimālo NaOH šķīduma ekstrakcijas pakāpi, un būtu ieteicams pielietot dažādiem augšņu tipiem un to horizontiem. Piemēram, V.V.Ponomareva un T.A.Plotņikova (Пономарева, Плотникова 1980) uzskatīja, ka 0.1 N NaOH šķīdums ir efektīvs HV ekstrahēšanai no dažādām augsnēm. Savukārt M.Leveskjū un M.Šnicers (Levesque and Schnitzer 1966) atzīmēja, ka oglekli un slāpekli no podzola Bh horizonta vislabāk ekstrahēt ar 0.1 N un 0.5 N NaOH šķīdumiem. Tomēr iegūtais materiāls saturēja augstu pelnu procentu un autori ieteica humusu ekstrahēt ar 0.4 N vai 0.5 N NaOH šķīdumiem, kas ļauj iegūt HV paraugu ar mazāku pelnu saturu.

Daudzi pētnieki NaOH šķīduma izmantošanu HV ekstrahēšanā neatzīst (Schnitzer & Schuppli 1989, u.c.), tāpēc ka sārma klātbūtne pārveido iegūto humusvielu īpašības un struktūru, hidrolīzes un oksidēšanas rezultātā (Stevenson 1982). Citi zinātnieki iesaka HV ekstrahēšanu ar NaOH šķīdumu veikt N₂ atmosfērā, kas samazinātu negatīvās pārmaiņas (Anderson & Schoenam 1993). Jau šī gadsimta trīdesmitajos gados mēģināja pielietot citus šķīdumus HV ekstrahēšanā, piemēram, *minerālskābju neitrālos sāļus* (NaF, Na₄P₂O₇, Na₃PO₄); *zemmolekulāras skābes*; *neorganiskos un organiskos šķīdinātājus u.c.*

Daudzi zinātnieki par labu ekstraktu atzina *minerālskābju neitrālos sāļus*, īpaši nātrija pirofosfātu (Na₄P₂O₇). Šo šķīdumu pielietošanas efektivitāti nosaka to humusvielu sāļu šķīšanas augstā pakāpe. Tomēr pastāv uzskats, ka HV atrodas sarežģītās formās saistībā ar augsnes minerālo daļu un, pielietojot Na₄P₂O₇ vai citu šķīdumu, ekstrahēšanas efektivitāte ir zemāka nekā HV ekstrahējot ar sārmiem. Piemēram, M.M.Kononova un N.P.Beļčikova (Кононова и Бельчикова 1961) ekstrahēja

podzolētās, melnzemes, kastaņbrūnās augsnes un pelēkzemes ar $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (pH 7.0) un ieguva tikai 13-15% humusa, ko varēja iegūt, apstrādājot augsni vairākkārtīgi ar 0.1 N NaOH pēc iepriekšējas dekalcinācijas.

Tomēr pastāv izņēmumi, kad $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ šķīduma pielietojums var būt efektīvāks, piemēram, HV ekstrahēšanā no karbonātiskām augsnēm (Choudri & Stevenson 1957, Anderson et al. 1974) vai kūdras augsnēm (Дроздова 1959). Lai iegūtu kvalitatīvu humusa materiālu no augsnēm, kas satur daudz karbonātu, nepieciešams dekalcinēt tās minerālo daļu ar skābu šķīdumu. Labi rezultāti tika iegūti augsni apstrādājot ar HCl, HF un HCl-HF šķīdumiem (Choudhiri & Stevenson 1957, Kononova 1966).

Daži zinātnieki HV ekstrahēšanā izmantoja *sintētiskos katjonu apmaiņas sveķus* (Bremner & Ho, 1961, Levesque & Schnitzer 1966) un *organiskos šķīdumus* (Bremner & Lees 1949, Martin & Rieve 1955). Tomēr ne visi pielietojamie šķīdumi šim nolūkam ir efektīvi, jo nevar izekstrahēt pietiekami daudz HV un pēc tam ir nepieciešama to attīrīšana no piemaisījumiem. Tādēļ par labāku ekstrahentu tiek atzīts NaOH, kā arī $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ šķīdumi (Anderson & Schoenam 1993).

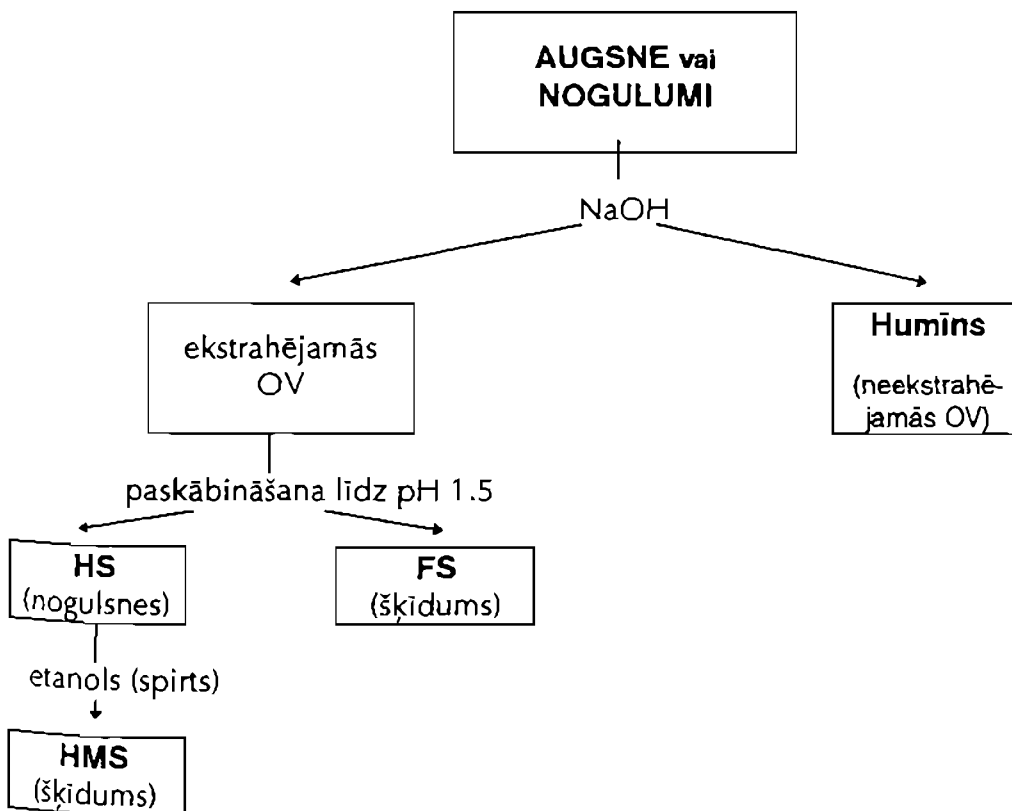
Pēc standarta metodēm (Schnitzer 1978, Thurman & Malcolm 1981) augsnes tiek ekstrahētas ar 0.1 N NaOH, 0.5 N NaOH vai 0.1 N NaOH - 0.1 N $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. HV izdalīšanu un frakcionēšanu no ūdenstilpju nogulumiem pamatā veic pēc augšņu aprakstītajām standarta metodēm, jo abos gadījumos humusvielas tiek izdalītas no cieta pamatmateriāla. Tādēļ disertācijas izstrādē HV izdalīšanā no Latvijas ezeru nogulumiem un to frakcionēšanā mēs pielietojām šīs standarta metodes (skat. 2.un 4. nod.).

Humusvielu frakcionēšana. Augsni vai nogulumus ekstrahējot ar NaOH šķīdumu (1.5.att.), iegūst:

- augsnes (nogulumu) neekstrahējamās organiskās vielas (OV) jeb ūdenī nešķīstošo humusvielu frakciju (*humīnu*) neatkarīgi no pH,
- augsnes (nogulumu) ekstrahējamās organiskās vielas jeb ūdenī šķīstošās HV frakcijas pie dažādiem pH nosacījumiem.

Humusvielas iegūst, ekstrahējamās organiskās vielas paskābinot ar HCl šķīdumu līdz pH 1.5. Savukārt humusvielas var iedalīt vēl divās frakcijās: humīnskābe (HS) un

fulvoskābe (FS). Humīnskābe izkrīt kā tumši brūnas vai melnas krāsas nogulsnes, bet šķīdumā paliek FS, kas ir dzeltenīgā krāsā. Ar centrifūgas palīdzību FS un HS tiek atdalītas viena no otras. Ja nogulsnes tālāk ekstrahē ar spirtu, iegūst himatomelāno skābi (HMS), kas ir ķiršsarkanas krāsas šķīdums. Humīnu galvenokārt veido organiskais materiāls, kam ir cieša saistība ar augsnes (nogulumu) minerālo daļu. Humīnu var atnest vai tālāk analizēt: sonificē (apstrādā ar utraskaņu) un frakcionē - iegūstot humīnskābi un fulvoskābi (kuras pēc sava elementsastāva ir nedaudz atšķirīgas no ekstrahējamo organisko vielu HS un FS) (Anderson & Schoenam 1993).



1.5.att. Augšņu vai nogulumu humusvielu ekstrahēšanas un frakcionēšanas shēma

1.4.2. HUMUSVIELU IZDALĪŠANA NO ŪDENS UN TO FRAKCIONĒŠANA

Salīdzinot ar augsni un kūdru, humusvielu izdalīšana no ūdens ir sarežģītāka procedūra. HV koncentrācijas ūdenī ir nesalīdzināmi mazākas. Tā kā ūdens HV piemīt unikālas īpašas un pēdējos gados ir izstrādātas labas izdalīšanas tehnoloģijas, tad HV var izdalīt pat no neliela ūdens daudzuma (Kļaviņš 1997). Šīs HV īpašības ir šādas:

- maz gaistošas;
- augsta molekulmasa;
- spēja veidot nešķīstošus kompleksus ar smagajiem metāliem;
- katjonu grupu klātbūtne molekulā un spēja mijiedarboties ar anjoniem;
- hidrofobais uzbūves bloks humusa molekulā un spēja mijiedarboties ar hidrofobām molekulām.

Tā kā HV ir maz gaistošas, viena no pirmajām metodēm, ko lietoja humusa izolēšanā no ūdens ir *ietvaicēšana vakuumā* vai arī *liofilizēšana* (Black & Christman 1963, Shapiro 1967). Šīs metodes lietotas galvenokārt HV pētniecības sākumperiodā, kad HV ekstrahētas vairāk no brūnajiem dabas ūdeņiem (purva ūdens). Kā vēlāk izrādījās, no purva ūdens izolētās HV strukturāli bija līdzīgas augsnes HV, un neparādīja būtiskas atšķirības gan struktūrā, gan īpašībās.

Pateicoties HV spējai veidot stabilus kompleksus ar metālu joniem, humusvielas no ūdens var izolēt *sāļu* veidā, īpaši, ja sāļu šķīdība ir zema (dzelzs, svina, vara fulvāti un humāti) (Berzelius 1839, Sipos 1978, Aiken 1985). Vēlāk M.Hiraide šo metodi modificēja, kas ļāva apstrādāt lielus ūdens daudzumus un labāk izolēt humīnskābes, kā arī iegūt zaudētās fulvoskābes (Kļaviņš 1997).

HV augstā molekulmasa ir galvenais princips HV izolēšanā ar *ultrafiltrēšanu* (Wershaw & Aiken 1985). Šo metodi galvenokārt lieto humusa frakcionēšanā.

Skābju grupu klātbūtne humusa molekulā un to spēja mijiedarboties ar anjoniem, kā arī hidrofobais uzbūves bloks ļauj HV izdalīt arī ar *šķīdinātāju* palīdzību - organiskie šķīdinātāji (Rochus 1969) vai kompleksi ar kālija sāļiem (Eberle 1969, Kļaviņš & Cinis 1992).

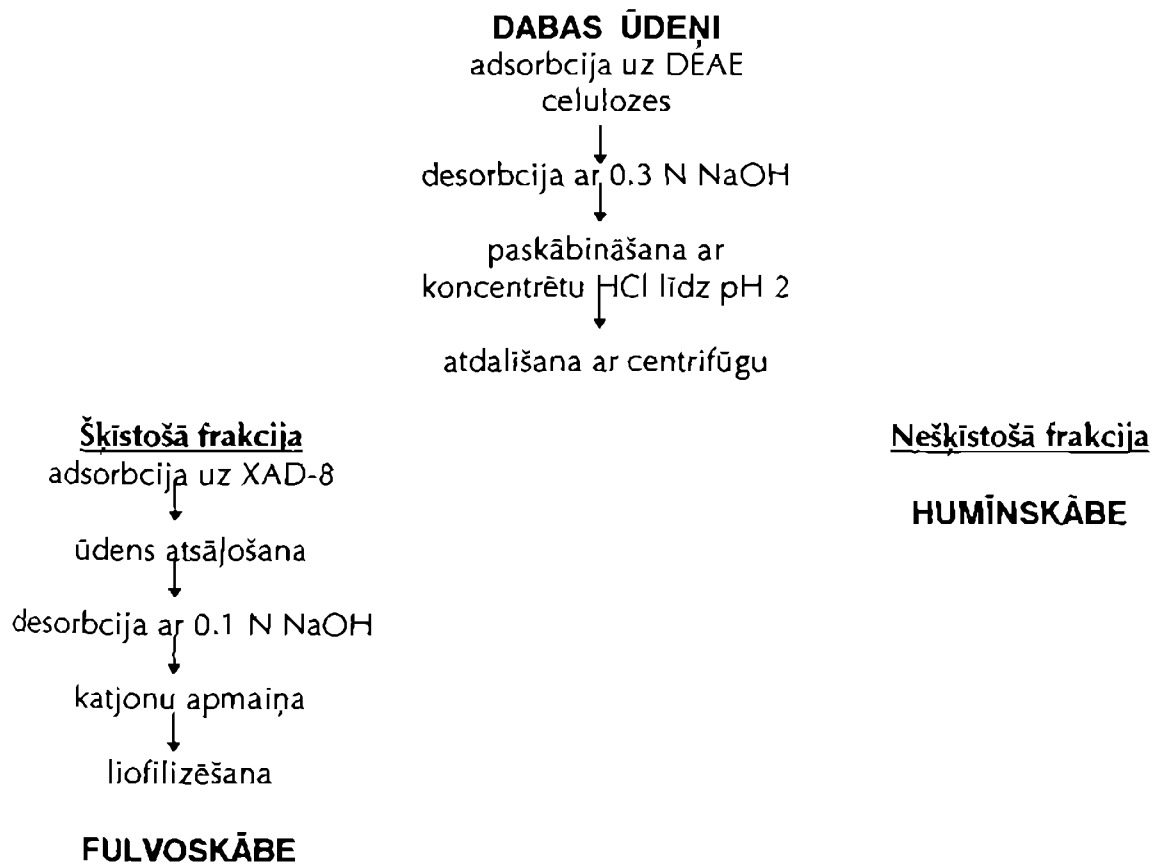
Krass pavērsiens ūdens HV pētniecībā notika, kad to izolēšanā sāka pielietot *hromatogrāfijas metodi*. Veiksmīgi HV ekstrahēšanā, attīrīšanā un koncentrēšanā tika pielietots hidrofilais sorbents XAD. HV izolēšanā ar XAD sveķiem pirmo reizi lietoja J. P.Rilejs un D.Teilors (Riley & Taylor 1969), bet plašāk šī metode pielietota pēc tās modificēšanas (Aiken 1985). Pielietojamās metodēs, kurās izmanto XAD sorbentus, ieteica lietot vairāku iemeslu dēļ: vieglāk apstrādāt lielus ūdens daudzumus, izolētajam šķīdumam ir augsts koncentrācijas līmenis, tālāk var frakcionēt iegūtās HV, viegli atjaunot (reģenerēt) sorbentus un tie ir samērā lēti.

Laika gaitā izmēģināti dažādi XAD sorbenti HV izolēšanai no ūdens. G.R.Aikens un līdzautori (Aiken et al. 1979) no XAD sveķiem ieteica labāk lietot akrilskābes XAD sveķus, kam ir augstāka HS adsorbcijas pakāpe. Pašlaik no šīs grupas visbiežāk lieto XAD-8 sorbentu, ko ieteica E.M.Surmans un R.L.Malkolms (Thurman & Malcolm 1981) HV izolēšanas procedūrā. Šo metodi rekomendēja kā *Ūdens Humusa Standarta parauga* iegūšanai, tā arī apstrādājot lielus ūdens daudzumus. Šīs metodes būtība ir tāda, ka ūdens paraugs pirms apstrādes tiek filtrēts caur 0.45 mikrometru filtru, tad paskābināts ar HCl līdz pH 2 un filtrēts caur kolonnu ar XAD-8 sveķiem. Adsorbētās HV tiek skalotas, lai atdalītu neorganiskos un zem molekulārās organiskās skābes un eluētas no kolonnas ar NaOH. Tālāk, ūdens HV, pielietojot tradicionālo atdalīšanas metodi pie pH 2 tiek izolētas, sadalot humusvielas HS un FS frakcijās (HS izkrīt nogulsnēs, bet FS paliek šķīdumā). Lai gan šī izolēšanas metode ir diezgan laikietilpīga, tomēr to pielieto visbiežāk. Tādēļ disertācijas izstrādē pielietota šī aprakstītā metode HV izdalīšanā no Latvijas virszemes ūdeņiem un to frakcionēšana (skat. 2. un 3. nod.).

Jāatzīmē, ka pēdējā laikā humusvielu izolēšanai no ūdens rekomendē lietot polimērus: Dowex A-7, Lewatit MP-500, dažādi Sephadex jonīti (DEAE-Sephadex) un DEAE celulozi (1.6.att.). XAD un DEAE sorbenti tiek lietoti HV izolēšanā, apstrādājot liela apjoma ūdens daudzumus, pat ja humusa koncentrācijas ir niecīgas (Aiken 1985, Kļaviņš 1997).

Savukārt B.Smits un P.Mūdi (Smith and Moody 1994) uzskata, ka DEAE sorbenti ir efektīvāki, ja humusvielas izolē no pazemes un lietus ūdeņiem. J.Hejzlars un

līdzautorī (Hejzlar et al. 1994) atzīmē, ka izolējot ar DEAE sorbentiem, mazāk pārveido ūdens HV dabisko sastāvu.



1.6.att. Humusvielu izolēšana un frakcionēšana no dabas ūdeņiem (Kļaviņš 1997).

1.5. HUMUSVIELU ELEMENTU UN FUNKCIONĀLO GRUPU SASTĀVS, MOLEKULMASA UN UZBŪVE

1.5.1. ELEMENTU UN FUNKCIONĀLO GRUPU SASTĀVS

Humusvielu (HV) elementu sastāvs ir pētīts vairāk nekā simtu piecdesmit gadu. Iegūti ir daudz un dažādi dati (1.2.tab.), bet joprojām pētījumi turpinās. No vienas puses, to var izskaidrot tādejādi, ka ir ļoti dažādi HV avoti un veidošanās apstākļi, bet no otras puses - visus iegūtos datus par HV elementu sastāvu nevar izmantot, jo tiek pielietotas aizvien jaunas metodes un iegūtos datus nevar viennozīmīgi salīdzināt. Tomēr IIV pamatelementu sastāvs ir maz mainīgs (Kononova 1966, Орлов 1990). Šeit jāatzīmē, ka, piemēram, iegūtie rezultāti par oglekli vienam augsnes tipam var būt atšķirīgāki nekā analizējot HV, kas izdalītas no dažādiem augšņu tipiem. To var ietekmēt šādi faktori:

- humifikācijas procesu izmaiņas laikā un telpā;
- dažāda veida HV izdalīšanas metodes no augsnēm;
- atšķirības parauga sagatavošanā un analīzes metodēs.

Humīnskābes (HS) un fulvoskābes (FS) elementu sastāvu 98-100% veido: C, H, O, N, S un P (neieskaitot pelnu saturu) (Varanini & Pinto 1995). V.Ciehmans (Ziechmann 1994) atzīmējis, ka tikai dažiem elementiem (C, H un O) (1.3.tab.), kā arī atsevišķām funkcionālajām grupām (COOH, OH), ir būtiska loma HV uzbūves veidošanā.

1.3.tab. Humusvielu elementu sastāvs (Ziechmann 1994)

Kīmiskie elementi	Vidējās vērtības (%)	Novirzes (%)
C	54	± 3
O	44	± 4
H	4,5	2
N	2,7	2,6

1.2.tab. Augsnes, ūdens un citu avotu humusvielu elementu sastāvs

Humusvielas	Ķīmiskie elementi (%)					Literatūras avots
	C	H	N	S	O	
Augsnes HS	56,4	5,5	4,1	1,1	32,9	Bremner, J.M., Ho, C.L. (1961)
	53,8	5,8	3,2	0,4	36,8	Levesque, M., Schnitzer, M. (1966)
	56,7	5,2	2,3	0,4	35,4	Rosell, R.A., Ortiz, M.I. (1969)
	60,2	4,3	3,6	-	31,9	Martin, A.E., Reeve, R. (1955)
	61,0	3,7	4,7	-	31,0	Kononova, M.M. (1966)
Augsnes FS	42,5	5,9	2,8	1,7	47,1	Tinsley, J. (1956)
	47,6	4,1	0,9	0,1	47,3	Levesque, M., Schnitzer, M. (1966)
	50,9	3,3	0,7	0,3	44,8	Rosell, R.A., Ortiz, M.I. (1969)
	46,0	3,5	2,5	-	48,0	Kononova, M.M. (1996)
Augšņu humīns	55,4	5,5	4,6	0,7	33,8	Bremner, J.M., Ho, C.L. (1961)
	56,3	6,0	5,1	0,8	31,8	Bremner, J.M., Ho, C.L. (1961)
Ūdens FS	46,2	5,9	2,6	-	45,3	Parsons, J.W., Tinsley, J. (1960)
Ezera nogulumu HS	53,7	5,8	5,4	-	35,1	Martin, A.E., Reeve, R. (1955)
	52,1	5,7	5,6	-	36,6	Ishiwatari, R. (1985)
Ezera nogulumu FS	44,9	5,1	7,6	-	42,3	Ishiwatari, R. (1985)
Ezera nogulumu humīns	53,8	4,9	4,2	-	36,8	Ishiwatari, R. (1985)
Akmeņogļu HS	64,8	4,1	1,2	1,2	28,7	Martin, A.E., Reeve, R. (1955)
Bioloģiski sintezētā HS	54,5	5,1	8,5	-	31,9	Porter, L.K. (1967)

1.4.tabulā ir dots HS un FS elementu un funkcionālo grupu sadalījums. Humīnskābes satur 50-60% C, 30-35% O, bet H un N attiecīgi 4-6% un 2-4%. Savukārt S saturs ir ļoti tuvu nullei (Paul & Clark 1989). FS raksturīgs, ka tā satur mazāk C un vairāk O, salīdzinot ar humīnskābēm.

1.4.tab. Humīnskābju un fulvoskābju elementu sastāvs (Paul & Clark 1989)

Humusvielas	C	H	N	S	O	Pelni
Humīnskābes	56,4	5,5	4,1	1,1	32,9	0,9
Fulvoskābes	49,5	4,5	0,8	0,3	44,9	2,4

Funkcionālo grupu sastāvs ir arī nozīmīgs HV uzbūves un īpašību raksturlielums. Galvenās funkcionālās grupas ir apkopotas 1.5.tabulā. FS satur ievērojami vairāk skābo funkcionālo grupu. Gandrīz visi skābekļa atomi, kas veido fulvoskābes, ietilpst galveno funkcionālo grupu sastāvā (COOH, OH, C=O). HS raksturīgs, ka skābekļa augstāka attiecība parādās kodola uzbūves struktūrās (Stevenson 1985). Kopējā karboksilgrupu koncentrācija ir lielāka fulvoskābēm nekā humīnskābēm.

1.5.tab. Humīnskābju un fulvoskābju funkcionālo grupu vidējās vērtības (meg g⁻¹) (Schitzer & Khan 1972)

Funkcionālās grupas	Humīnskābe	Fulvoskābe
Kopējais skābums	6,7	10,3
COOH	3,6	8,2
Fenolu OH	3,9	3,0
Alkohola OH	2,6	6,1
Karbonilgrupas (C=O)	2,9	2,7
Metoksigrupas (OCH ₃)	0,6	0,8

1.6. un 1.7. tabulās ir parādīts, ka pastāv būtiskas atšķirības starp augsnes un ūdens humusvielu elementu un funkcionālo grupu sastāviem. Ūdens HV satur ievērojami vairāk C, bet mazāk O, ja salīdzina ar augsnes humusvielām. Turklāt C/N attiecība ūdens fulvoskābēm (45-55:1) un humīnskābēm (18-30:1) ir ievērojami lielāka kā augšņu FS C/N attiecība (vidēji 20:1) un HS (vidēji 10:1), kā arī ūdenstilpju nogulumu HV (Senesi 1993). Ūdeņu HV ir daudz mazāk N, salīdzinot ar augsnēm un nogulumiem.

1.6.tab. Ūdens un augsnes humusvielu elementu sastāva vidējās vērtības (Senesi 1993)

Paraugs	Humus- vielas	C	H	O	N	P	S	Pelni
Augsnes	FA	48,0	4,5	45,0	1,0	-	0,4	1,2
	HA	56,0	4,5	37,0	1,6	-	0,3	2,4
Ezera ūdens	FA	52,0	5,2	39,0	1,3	0,1	1,0	5,0
Pazemes ūdens	FA	59,7	5,9	31,6	0,9	0,3	0,6	1,2
	HA	62,1	4,9	23,5	3,2	0,5	1,0	5,1
Jūras ūdens	FA	50,0	6,8	36,4	6,4	-	0,5	3,4
Upes ūdens	FA	51,9	5,0	40,3	1,1	0,2	0,6	1,5
	HA	50,5	4,7	39,6	2,0	-	-	5,0
Pārmitro vietu ūdens	FA	51,0	4,3	40,2	0,7	0,2	0,4	2,0
	HA	51,2	4,4	40,9	0,6	0,1	0,6	2,0

1.7. tab. Ūdens un augsnes humusvielu galveno funkcionālo grupu sastāva vidējās vērtības (Senesi 1993)

Paraugs	Humus- vielas	Karboksilgrupas (meq g ⁻¹)	Fenolu grupas (meq g ⁻¹)
Augsnes	FA	5,2-11,2	0,3-5,7
	HA	1,5-5,7	2,1-5,7
Ezeru ūdens	FA	5,5-6,2	0,3-0,5
Pazemes ūdens	FA	5,1-5,5	1,4-1,6
Jūras ūdens	FA	5,5	-
Upes ūdens	FA	5,5-6,0	1,5
	HA	4,0-4,5	2,0
Pārmitro vietu ūdens	FA	5,0-5,5	2,5
	HA	4,0-4,5	2,5

Arī ūdens humusvielu fenolu OH grupu saturs (1-2 meq g⁻¹) ir ievērojami mazāks kā augsnes HV. M.Šnicers (Schnitzer 1978) atzīmējis, ka augsnes HS un FS ir atšķirīgas pēc elementu sastāva, molekulmasas un satur mazāk kopējo un aromātisko oglekli. Turklāt skābekli saturošo funkcionālo grupu skaits augstāks ir FS nekā humīnskābēm (Schnitzer & Khan 1972). HS satur garākas taukskābju virknes un ir ar lielāku hidrofobumu nekā fulvoskābes. Pēc ¹³C NMR spektriem ir noteikts, ka apmēram 65% no kopējā ūdens FS oglekļa ir alifātiskas dabas un daudzas no COOH un OH grupām ir saistītas ar alifātiskā oglekļa atomiem.

1.5.2. MOLEKULMASA

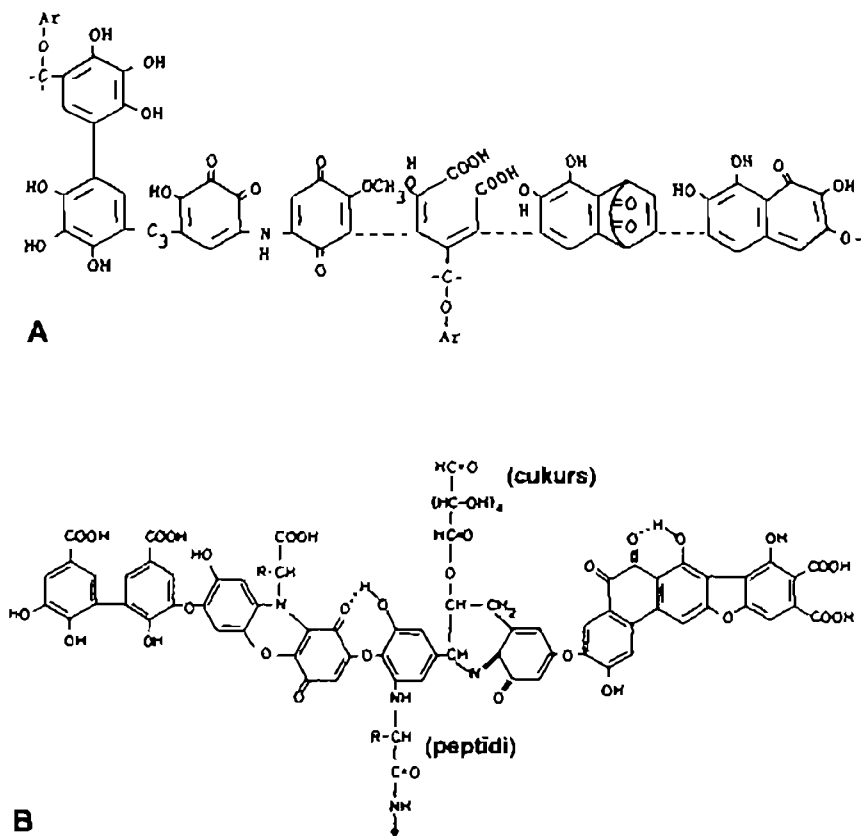
Augsnes FS ir ar zemāku molekulmasu (1000-30000 daltonu), salīdzinot ar HS molekulmasu (10000-100000) (Paul & Clark 1989). Ūdens FS, līdzīgi augsnes fulvoskābēm, ir ar zemāku molekulmasu (500-2000 daltonu), bet ūdens HS molekulmasa svārstās no 2000 līdz 5000 un vairāk daltoniem. Humīnskābes pēc savas dabas ir vairāk polidispersas un pēc izmēriem - koloidālas (Thurman 1985). Šāds HV molekulmasas sadalījums ir raksturīgs arī ezeru nogulumiem. Nogulumu fulvoskābes satur vairāk zemas molekulmasu frakcijas nekā humīnskābes (Ishiwatari 1971, 1975).

1.5.3. HUMUSVIELU MOLEKULU UZBŪVE

Humīnskābe un fulvoskābe nav viendabīgi ķīmiski veidojumi (Stevenson 1982). Ir izveidoti dažādi humusa molekulas strukturālie modeļi, bet neviens no šiem modeļiem nav pilnīgs (Hayes 1991).

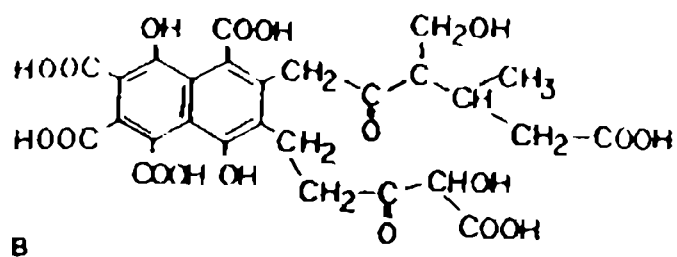
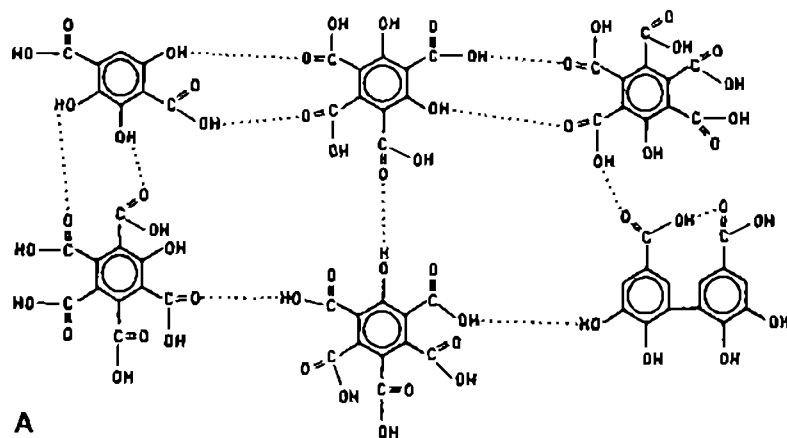
Saskaņā ar pašreizējo uzskatu, HS molekulu veido polimēras dabas šūnas, kuru galvenajā struktūrā ietilpst divas vai trīs hidrosilgrupas saturoši fenolu aromātiskie gredzeni ar -O-, -CH₂-, -NH-, -N=, -S- u.c. grupu saitēm, kā arī slāpekļa savienojumi

cikliskās formās un peptīdu ķēdes (1.7.att. A, B). Abu modeļu molekulās visās struktūrās N parādās kā to sastāvdaļa (Stevenson 1985).



1.7.att. Humīnskābes hipotētiskā struktūra: (A) Flaig 1960; (B) Stevenson 1982.

M.Šnitcers un S.U.Khans (Schnitzer & Khan 1972) uzskata, ka FS molekulu veido fenolu un benzokarbonskābes, kuras kopā satur ūdeņraža saites, veidojot stabilus polimēra struktūras (1.8.att. A). Savukārt J.Buffle (Buffle 1977) FS molekulas struktūrā saskata aromātiskos un alifātiskos komponentus, kas plaši aizstāj ar skābekli saturošās funkcionālās grupas (1.8.att. B). Abos modeļos dominē COOH funkcionālās grupas (Stevenson 1985).



1.8.att. Fulvoskābes hipotētiskā struktūra: (A) Scnitzer & Khan 1972; (B) Buffle 1977.

Fulvoskābes molekulai ir mazāk izteiktas aromātiskās struktūras nekā humīnskābes molekulai, jo tā satur mazāk C un vairāk H. Tādēļ FS ir vāji izteikts kodols (aromātisko ogļūdeņražu tīkls) un vairāk satur alifātiskās sānu saites (Orлов 1990).

1.6. HUMIFIKĀCIJAS TEORIJAS PAMATI

Jau pagājušajā gadsimta beigās A.Tejeva, J.Berceliuss, R.Germans un citi zinātnieki uzskatīja ka humifikācija ir ļoti sarežģīts process, kas jāpēta kā bioķīmisku parādību komplekss (skat 1.2.nod.). Vēlāk šo ideju attīstīja P.Kostičevs un V.Dokučajevs kā arī citi krievu zinātnieki: I.Tjurins, M.Kononova, V.Ponomarjeva, L.Aleksandrova, D.S.Orlovs. Mūsdienās šī tēma joprojām ir aktuāla un tiek piedāvātas dažādas koncepcijas par humusvielu (HV) veidošanos augsnē un ūdenī.

Galvenie humifikācijas ceļi ir atkarīgi no organisko vielu (OV) izejmateriāla un vides apstākļiem (Ertel et al. 1988, Oades 1988). Sadalīšanās un humifikācijas procesu pamatmateriāls ir augu atliekas (primārais avots) un mikrobu un dzīvnieku sadalīšanās produkti (sekundārais avots) (Swift et al. 1979). Augu atliekas un humusa savienojumus pilnīgi nevar atdalīt vienu no otra, jo visi OV sadalīšanās un humifikācijas process norit vienlaicīgi. Tādēļ OV mineralizācija, augu un dzīvnieku atlieku sadalīšanās un humifikācija ir savstarpēji saistīti procesi un nozīmīgi oglekļa aprites ciklā (Zech & Kögel-Knabner 1994).

Kā jau iepriekš tika minēts, humusa veidošanās ir ļoti sarežģīts bioķīmisks process, kur notiek OV sadalīšanās un to tālāka transformācija. Humusa veidošanā var izšķirt šādas trīs fāzes (Stevenson 1985, Орлов 1975):

- 1) augu un dzīvnieku atlieku noārdīšanās jeb OV sadalīšanās līdz vienkāršiem savienojumiem (CO_2 , H_2O un minerālvielas);
- 2) jaunu, saliktu organisku savienojumu veidošanās no augu un dzīvnieku atlieku noārdīšanās produktiem mikroorganismu veiktās sintēzes procesā;
- 3) šo sintezēto savienojumu *humifikācija* - sarežģīts tālākās sintēzes process, kur augu un dzīvnieku sadalīšanās produkti pakļauti oksidēšanai, polimerizācijai un citām pārvērtībām, kuru rezultātā rodas pilnīgi jauni lielmolekulāri organiski savienojumi, kādi nebija agrākajos augu vai dzīvnieku atlikās, nedz arī starp mikroorganismu sintezētajām vielām.

Pašlaik ir izveidojušies divi uzskati par HV veidošanos:

1. *Abiotiskais kondensēšanās modelis* (Hedges 1988).

HV rodas no mazmolekulārām vielām, kas veidojušās augu atlieku un mikrobu biodegradācijas rezultātā. Šajā modelī humusvielas sāk veidoties kā fulvoskābe, tālāk pārvēršas par humīnskābi un noslēdzas ar humīnu.

2. *Biopolimēru degradēšanās modelis* (Hatcher & Spiker 1988).

Šajā OV degradēšanās shēmā polimēri (vai arī to metabolīti), kas veidojušās no atmirušiem augu un mikrobu atliekām, ir izejvielas HV sintēzei, kas sākas ar humīna veidošanos, tālāk radot humīnskābi, un šis process beidzas ar fulvoskābes sintēzi.

Humifikācijas teorijas mērķis ir noteikt likumsakarības pēc kurām notiek HV un humusa satāva veidošanās dabiskos apstāļos. Šajā nolūkā ir svarīgi zināt organisko savienojumu biotermodinamisko noturību. Piemēram, lignīns ir daudz noturīgāks pret biodegradāciju kā olbaltumvielas; humīnskābes daudz grūtāk sadalās, un mikroorganismi daudz grūtāk tās izmanto kā fulvoskābes. Biotermodinamikā parādās likumsakarība, ka noturīgo produktu transformācijas atlase nav atkarīga no augsnes veidošanās procesiem vai augsnes tipa. Tādēļ humifikācija ir globāls process, bet augsnes un citu ekosistēmu HV ir kopējs uzbūves principi (Orлов 1990).

Humusvielu īpatnības un sastāvu nosaka šādi parametri:

- materiāla daudzums, kas tiek iesaistīts humifikācijas procesā;
- humifikācijas procesa ātrums, kas saistīts ar organisko vielu mineralizācijas pakāpi;
- laiks (ja ir pietiekami daudz izejvielas, kopējais humusvielu produktivitātes apjoms pieaug proporcionāli laikam).

Šajā sakarībā D.S.Orlovs (Orлов 1990) piedāvā humifikācijas pakāpes (H) vienādojumu:

$$H = f(Q, J, t), \text{ kur}$$

Q - kopējais augu atlieku apjoms, kas nonāk augsnē un ir pakļauts humifikācijai;

J - to transformācijas intensitāte, kas atkarīga no atsevišķu procesu stadijas, un ir proporcionāla augsnes bioķīmiskajai aktivitātei;

t - iedarbības laiks.

Jāatzīmē, ka ļoti svarīgs faktors ir *humifikācijas intensitāte*, ko nosaka šādu faktoru kopums:

1. Faktori, kas ietekmē augsnes biotas dzīvo organismu darbību:

- temperatūra un ūdens režīms;
- vides reakcija;
- organismu apgāde ar barības vielām un enerģijas avoti;
- toksisku vielu vai stimulatoru klātbūtne.

Šie faktori ir ļoti svarīgi humifikācijas procesā, jo, ja kaut viens no tiem izkrīt, tad humifikācijas process var pat pilnīgi apstāties.

1. Organisko vielu noturības pakāpe pret ķīmisko un bioloģisko procesu iedarbību, ko nosaka:

- molekulas struktūras īpašības;
- mijiedarbība ar minerālajiem komponentiem;
- HV struktūru atšķirības atkarībā no biopolimēru uzbūves un to nepakļāvība pret dabas vidē tipisku fermentu iedarbību.

Svarīgs faktors, kas būtu jāņem vērā, ir *augšnes absolūtais vecums*, jo jaunākas augsnes ir mazāk bagātas ar humusvielām kā vecākas. Otrs faktors - *sezonālās izmaiņas*, kas nosaka humifikācijas attīstības pakāpi un ilgumu gada laikā, kas labi atspoguļojas dabas zonu griezumā. Tādēļ humifikācijas procesu būtiski nosaka apstākļu kopums, kādos tas norit (Орлов 1990):

1. Faktori, kas paaugstina (*pazemina*) augsnes mikrofloras darbību: temperatūra, mitrums, pH, redokspotenciāls, kustīgā alumīnija daudzums, barošanās režīms, aktivatoru un inhibitoru klātbūtne, toksiskums.
2. Faktori, kas paaugstina (*pazemina*) transformēto savienojumu noturīgumu: pārveidojamo vielu struktūra, augsnes mineraloģiskais sastāvs, kalcija daudzums augsnē, karbonātu daudzums augsnē, paskābināšanās u.c.

Vieni un tie paši apstākļi var dot pretēju ietekmi humifikācijas pakāpei. Piemēram, kalķojot augsni un pie pozitīvām augsnes reakcijām, aktivizējas mikroflora un paātrinās transformācijas procesus, bet vienlaikus palielinās organisko savienojumu noturīgums, kas notiek iedarbībā ar kalciju.

Humusvielu uzkrāšanos augsnē nosaka arī humusa kvalitatīvais sastāvs, kura īpašības nosaka (Орлов 1990):

- *bioloģiskais faktors* - augstāko klašu augu klātbūtne, mikroorganismu un augsnes faunas darbība;
- *ģeokīmiskais faktors* - augsnes iežu un cirkulējošo ūdeņu mineralizācija un ķīmiskais sastāvs.

Ūdens humusvielas atšķiras no augsnes HV, tādēļ ka to izcelsmes avoti var arī būt atšķirīgi (Stevenson 1982). Humusa veidošanās ūdenī ir tieši saistīta ar humusa molekulu izcelsmi: HV, kuras veidojušās augsnēs, un HV, kuras veidojas tieši ūdenī. Šajos procesos tiek iesaistīti ūdens organismi un ūdenstilpju nogulumi.

Ūdeņu HV veidojas dažādu procesu rezultātā, kas ir saistīti ar ūdens vidi (Stevenson 1982):

1. Sauszemes un ūdens augu atlieku sadalīšanās ūdenstilpē;
2. Augšņu humusvielu ieskalosšanās ūdenī;
3. Aļģu un baktēriju metabolītu transformācijas process;
4. Zemmolekulāru organisko vielu oksidēšanās upju, ezeru un jūras ūdeņu virsējā slānī, notiekot polimerizēšanās reakcijai;
5. Organisko vielu polimerizācijas reakcijas starp fenolu, amīnu, un aldehīdu funkcionālajām grupām dažādos polimēros ūdeņos.

Šie procesi mainās atkarībā no dabas ūdeņu tipa un gada laika. Piemēram, sauszemes ietekme (1. un 2. process) ir vairāk būtiski strautu un upju ūdeņu HV veidošanās, bet 3. un 4. procesi ir nozīmīgi ezeru un okeānu ūdeņu HV veidošanās. Savukārt 1. un 2. procesi labi izpaužas rudenī, kad augiem ir nokritušas lapas un tiek ieskalotas ūdenstilpēs ar rudens lietiņiem. Upes mazūdens periodā, kad galvenais ūdensguves avots ir pazemes ūdeņi, būtiska loma humusvielu veidošanās ūdenstilpē ir ieskaloto augšņu un nogulumu HV (Thurman 1985). Tādēļ ūdens ķīmiskais sastāvs un gadalaiks ir vieni no galvenajiem faktoriem, kas nosaka HV veidošanos un to īpašības ūdens tilpēs un tecēs.

2. MATERIĀLI UN METODEDES

2.1. EKSPERIMENTĀLO PĒTĪJUMU MATERIĀLI UN METODES

2.1.1. LATVIJAS AUGŠŅU HUMUSVIELU IZPĒTES MATERIĀLI UN METODES

Mūsu pētījumā augšņu paraugi ievākti 1991., 1997. un 1998. gadu vasaras un rudens sezonās Vējavas stacionārā Madonas rajonā, Tauresnes un Dzērbenes pagastos Cēsu rajonā. Augsnes apraksti un augsnes horizontu mērījumi veikti 39 augšņu rakumiem (skat.pielikumu Nr.1) pēc Latvijas augšņu klasifikācijas (Kārklīšs u.c. 1995). Augsnes paraugi ievākti no katra ģenētiskā horizonta, bet mūsu pētījumā par humifikācijas procesu dažāda zemes lietojuma augsnēm analizēti augšējie Ap un Ah horizonti. Paraugi laboratorijā izžāvēti līdz gaissausam stāvoklim un izsijāti caur 1 mm sietu. Augsnes paraugi analizēti pēc ķīmiskajām un optiskajām metodēm LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Vides monitoringa kvalitātes laboratorijā Rīgā. Organiskā oglekļa daudzums (%) un augsnes reakcija H₂O izvilkumā noteikta pēc standarta metodēm (APHA 1992). Humifikācijas koeficients *K* aprēķināts pēc L.Hargitai metodes (Hargitai 1955). Viens gaissausas augsnes paraugs (2 g) ekstrahēts ar 20 ml 1% NaF un otrs - ar 0,5% NaOH. Mikstūra kratīta 6 stundas, pēc tam filtrēta un nomērīta ar HACH Dr/2000 spektrofometru pie 10 dažādiem viļņu garumiem diapazonā no 400-750 nm. Humifikācijas koeficients *K* aprēķināts pēc šādas formulas:

$$K = \frac{E_{NaF}}{E_{NaOH} H_C} \quad (2.1)$$

kur E_{NaF} ir humusvielu izvilkuma koeficients NaF šķīdumā, E_{NaOH} ir humusvielu izvilkuma koeficients NaOH šķīdumā un H_C ir humusa saturs jeb aprēķinātais

organiskā oglekļa daudzums procentos. Humifikācijas koeficienta K vērtības izsaka humifikācijas pakāpi un atspoguļo humusvielu šķīšanas pakāpi NaOH un humificēto komponentu garo ķēžu rindu kustīguma pakāpi NaF. Šo rādītāju attiecība parāda humusvielu un humificēto komponentu attiecību. Humifikācijas koeficients K tiek aprēķināts, lai noteiktu humusa kvalitatīvo sastāvu dažādus augšes un kūdraugšes paraugos. Aprēķinātais humifikācijas koeficients K parāda - jo augstākas ir tā vērtības, jo ir augstāka humifikācijas pakāpe (Hargitai 1996).

2.1.2. LATVIJAS VIRSZEMES ŪDEŅU HUMUSVIELU IZPĒTES MATERIĀLI UN METODES

Upju un ezeru ūdens paraugi ņemti 0,5 m dziļumā vasaras sezonās no 1992.gada līdz 1995.gadam, ko veica LU Bioloģijas institūta Hidrobioloģijas laboratorija (Salaspils). Ezeru trofiskais stāvoklis noteikts pēc hidrobioloģiskās klasifikācijas (Wetzel 1983). Ķīmiskās un optiskās analīzes veiktas LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Vides monitoringa kvalitātes laboratorijā, LU Ķīmijas fakultātē un Latvijas Organiskās sintēzes institūtā (Rīgā). Ūdens ķīmiskais sastāvs noteikts pēc standarta metodēm (APHA 1988). HIV izolēšanā lietota XAD metode (Thurman & Malcolm 1981). Iegūto fulvoskābju (FS) šķīdums pārveidots H^+ formā, žāvēts līfilizējot. Humīnskābes (HS) frakcija atsāļota, atkārtoti skalojot ar destilētu ūdeni. Rezultātu salīdzināšanai izmantoti noteiktie Ziemeļvalstu humusvielu standarti. Izolētās Latvijas virszemes ūdeņu humusvielas tika raksturotas šādi:

- *Elementu sastāva* (C, H, N) un pelnu saturs noteikts ar *Perkin Elmera 240/A CHN analizatoru*. Skābekļa saturs aprēķināts pēc elementu starpības metodes. Pelnu saturs noteikts, dedzinot paraugu pie 500 °C temperatūras.
- *Funkcionālo grupu saturs* tika noteikts pēc standarta metodēm (APHA 1992).
- *Molekulmasas sadalījums* tika noteikts pēc gela filtrēšanas metodes ar *Sephadex G-100* (grauda diametrs 40-120 μm) kolonnu (1 × 40 cm). Eluents (0.01 M Tris-HCl bufferis

pH 9.0) tika pumpēts caur kolonnu 1 ml/min, savācot 1 ml frakciju. 25 mg humusvielu tika uznesti kolonnas augšgalā kā 1% šķīdums ar 0.1 M NaOH. Kolonnas kalibrēšanai tika lietots proteīna standarta komplekts.

- *Skābes bāzes īpašības* noteiktas ar potenciometrisko titrēšanu ūdens vidē (Ephraim et al. 1989). 20 g humīnskābes tika šķīdinātas ar 0.1 M NaOH (10 ml) un tai tika pievienota 0.1 M HCl, lietojot noteikta apjoma mikropipeti (500 µl).
- *Ultra violētie spektri* tika noteikti viļņu garumos no 200 līdz 700 nm, izmantojot *Specord UV 40 UV-Vis* spektra fotometru. Tika pagatavots un nomērīts šķīdums, kas tika pagatavots pēc šādas koncentrācijas: 50 mg/l HS un 33 mg/l FS atšķaidīti ar 0.05 N NaHCO₃ šķīdumu pie pH starp 8 un 9. E₄/E₆ attiecība tika noteikta pēc I.Čena un līdzautoru (Chen et al. 1977) metodes. HV paraugs (2 mg), kas izšķīdināti ar 10 ml 0.05 M NaHCO₃ un mērīta sorbcija pie 465 un 665 nm viļņu garuma.
- Fluorescences emisijas spektri ierosināti pie 335 nm viļņu garuma un nolasīti, izmantojot *Hitachi 850* fluorescences spektrometru.
- *Infrasarkanie spektri* nolasīti no 4000 līdz 500 cm⁻¹ viļņa garuma numurs, izmantojot *Perkina Elmer 400 IS* spektrofotometru.

2.1.3. LATVIJAS EZERU NOGULUMU HUMUSVIELU IZPĒTES MATERIĀLI UN METODES

Latvijas ezeru nogulumu paraugi ņemti vasaras sezonās no 1992. līdz 1995.gadam, ko veica LU Bioloģijas institūta Hidrobioloģijas laboratorija (Salaspils). Nogulumu augšējais slānis (0-10 cm) ņemts ar Ekmaņa tipa grunts ņēmēju. Ezeru trofiskais stāvoklis noteikts pēc hidrobioloģiskās klasifikācijas (Wetzel 1983). Ķīmiskās un optiskās analīzes veiktas LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Vides monitoringa kvalitātes laboratorijā, LU Ķīmijas fakultātē un Latvijas Organiskās sintēzes institūtā (Rīga).

Ezeru nogulumu humusvielas (parauga iesvara ~2 kg) izolētas pēc pieņemtajām standarta metodēm (Schnitzer 1978, Thurman & Malcolm 1981). Vispirms paraugs tika

apstrādāts ar skābi (0.5 N HCl) un tālāk ekstrahēts ar 0.5 N NaOH un kratīts 24 stundas. Maisījums paskābināts ar HCl līdz pH 1,5 un filtrējot tika atdalītas humīnskābes no fulvoskābēm. Fulvoskābes, kas atradās maisījumā, pēc paskābināšanas sorbētas ar XAD-8 sorbentu, noskalotas ar ūdeni, un desorbētas ar 0.1 N NaOH, un pārvērsts H⁺ formā ar katjonu apmaiņas reakcijas palīdzību (KY-23). Ezeru nogulumu humusvielu elementu un funkcionālo grupu sastāvs, molekulasmasas sadalījums un spektrālās analīzes veiktas pēc 2.1.2. nodaļā aprakstītajām metodēm.

Ezeru nogulumu ķīmiskā sastāva analizēšanai paraugi laboratorijā izžāvēti līdz gaissausam stāvoklim, izsijāti caur 1 mm sietu un analizēti pēc standarta metodēm (APHA 1992). Katrā nogulumu parauga ievākšanas vietā tika paņemts ezera ūdens paraugs 0,5 m dziļumā un noteikts tā ķīmiskais sastāvs pēc standarta metodēm (APHA 1988).

2.2. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS PĒTĀMO UPJU DATU BĀZES

2.2.1. UPJU ŪDEŅU ĶĪMISKĀ SASTĀVA DATU BĀZES

Disertācijas izstrādē izmantoti Latvijas un Zviedrijas nacionālo monitoringu programmu dati. Latvijas virszemes ūdeņu kvalitātes dati apkopoti LR VARAM Valsts Hidrometeoroloģijas pārvaldes izdotajos biļetenos: “Гидрохимическом бюллетене”, (1976-1983); “Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Государственный водный кадастр” (1984-1991); “Virszemes ūdeņu hidroķīmisko mērījumu rezultāti” (1992-1997). Kompjūterprogramma Microsoft Excel tika izveidotas datu bāzes par 10 pētāmajām Latvijas upēm: Ventu, Tebru, Lielupi, Iecavu, Misu, Daugavu, Aivieksti, Dubnu, Gauju un Salacu. Datu bāze izveidota no 1974. līdz 1997.gadam un satur datus par upju ikmēneša faktiskajiem un vidējiem caurplūdumiem (Q, m³/s), ūdeņu sastāva integrāliem rādītājiem (mineralizācija, pH, temperatūra) un šādiem ūdens ķīmiskā sastāva parametriem:

- *Organiskas izcelsmes vielu satūra rādītāji*: ķīmiskais skābekļa patēriņš (KSP_{Cr} mg/l), ūdens krāsainība (grādos pēc PtCo skalas);
- *Biogēnie elementi*¹: NH_4^+ (mg/l), NO_2^- (mg/l), NO_3^- (mg/l), PO_4^{3-} (mg/l);
- *Galvenie joni*: Ca^{+2} (mg/l), Mg^{+2} (mg/l), Na^+ (mg/l), K^+ (mg/l), HCO_3^- (mg/l), SO_4^{2-} (mg/l), Cl^- (mg/l).

Zviedrijas virszemes ūdeņu kvalitātes dati iegūti no Zviedrijas Lauksaimniecības zinātņu Universitātes, Vides novērešanas departamenta (Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Environmental Assessment, Uppsala) un Zviedrijas Hidrometeoroloģijas institūta izveidotajām datu bāzēm laika posmā no 1971.gada līdz 1994.gadam par 7 izvēlētajām upēm: Tornī, Ronī, Ljunganu, Esterdāli, Vesterdāli, Morrumsonu un Laganu. Datu bāze sastāv no upju ikmēneša vidējiem caurplūdumiem (Q , m^3/s) un šādiem *organiskas izcelsmes vielu satūra rādītājiem*: ķīmiskais skābekļa patēriņš (KSP_{Mn} mg/l), sorbcija (paraugs filtrēts caur $0,45 \mu\text{m}$ filtru, viļņa garums 420 nm).

Par 91 Zviedrijas upju baseinu (skat. 3.pielikums) izveidota datu bāze, kas sastāv no šādiem ilggadīgiem vidējiem *biogēnajiem elementiem*: $\text{H}_4\text{N-N}$ (mg/l), $\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l), Kjeld-N (mg/l); un *organisko vielu satūra rādītāja* - KSP_{Mn} (mg/l), par pētījuma periodu no 1987. līdz 1996.gadam.

2.2.2. ZEMES LIETOJUMA VEIDU DATU BĀZES

Latvijas upju baseinu zemes lietojumu veidu raksturošanai izmantoti LU Ģeodēzijas un ģeoinformātikas institūta digitālie ģeogrāfiskie dati - Latvijas teritorijas apvidus raksturs (1997), kuri klasificē visu Latvijas teritoriju pēc piederības vienam no

¹ Par *biogēnajiem elementiem* ūdeņos apzīmē slāpekļa savienojumus - neorganiskos jonus un slāpekļa organiskos savienojumus, fosfora savienojumus - neorganiskos un organiskos savienojumus, kā arī dzelzs un silīcija savienojumus to dažādajās oksidēšanas pakāpēs un atrašanās formās, ņemot vērā to lielo nozīmību dzīvības procesu nodrošināšanā ūdenstilpēs (Kļaviņš & Zicmanis 1998)

apvidus pamattīpiem: mežs, klajums, blīva apbūve, ūdens virsma. Dati apkopoti uz 90-to gadu sākumu.

Darbā izmantoti dati no Zviedrijas statistikas biroja publicētā izdevuma Statistikas uzzīņas (Statistiska meddelanden 1995) un izveidota datu bāze, par upju baseinu platību (km^2) un šādiem zemes lietojumu veidiem (km^2 , %): ezeri, aramzemes, ganības, meži, urbanizētās platības, pārējās platības (kalnu, purvu un saimniecībā neizmantojamās platības). Dati apkopoti uz 1992. gadu.

2.2.3. ATMOSFĒRAS KOPĒJĀ SLĀPEKĻA NOSĒDUMU DATU BĀZE

No Zviedrijas statistikas biroja publicētā izdevuma Statistikas uzzīņas krājuma (Statistiska meddelande 1995) izveidota datu bāze kopjūterprogrammā Microsoft Excel par kopējiem mitrajiem slāpekļa ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) nosēdumiem no 1985. līdz 1989.gadam. Dati pārrēķināti no mērvienības $\text{N g/m}^2/\text{gadā}$ uz mērvienību N kg/ha/gadā .

2.3. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS VIRSZEMES ŪDEŅU ORGANISKO VIELU SATURA RARSTUROJOŠO PARAMETRU ĶĪMISKO ANALĪZU METODES

Katrā valstī ir pieņemtas noteiktas standarta metodes dažādu ūdens kvalitātes parametru analīzei. Zviedrijā standarta metodes ir piemērotas *Eiropas Savienības* prasībām, kuras apstiprinājusi Standartizācijas komisija (SIS). Atsevišķos gadījumos ir apstiprinātas nestandarta metodes (Wilander 1997). Latvijā pašlaik virszemes ūdeņu kvalitātes parametru noteikšanai lieto pagaidu metodes, kuras 1998.gadā apstiprinājusi *I.R Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija*.

Ūdens krāsainība (grādos). Krāsu nosaka, izfiltrējot ūdens paraugu caur $0.45 \mu\text{m}$ filtru, un salīdzinot ar kālija hloroplatīna un kobalta hlorīda standarta šķīdumu krāsu

skalu. Mērvienību sauc par platīnkobalta vienību Pt mg/l jeb skaitliski šī vērtība vienāda ar 1 krāsainības grādu (Chapman & Kimstach 1992, Tsirkunov et al. 1992, Bidēns u.c. 1997, Latvijas standarts 1998)

Sorbciņa (sorb_F). Ūdens paraugu filtrētē caur 0,45 mikrometru filtru un pēc tam nomērīta sorbcija pie 420 nm viļņu garuma (5 cm kivetē) (ISO 7887, Ackrediterade analyismetoder 1996).

Ūdens **ķīmisko skābekļa patēriņu (KSP, mg/l)** var uzskatīt par aptuvenu teorētiskā skābekļa patēriņa novērtējumu, t.i., skābekļa daudzumu, kas patērēts organisko sastāvdaļu pilnīgai ķīmiskai oksidēšanai līdz neorganiskiem gala produktiem. Pakāpe, līdz kurai testa rezultāti tuvojas teorētiskajai vērtībai, ir atkarīga, galvenokārt, no tā, cik pilnīga ir oksidēšana. Oksidēšanas līmenis atkarīgs no ūdens paraugā esošā organiskā materiāla veida un koncentrācijas, oksidētāja reaģenta koncentrācijas, reakcijas temperatūras un laika (Water Analysis 1988). Ir divas galvenās metodes, kurās izmanto divus dažādus oksidēšanas reaģentus:

- **Oksidējamība ar kālija permanganātu (KSP_{Mn}).** Lai samazinātu ūdens parauga bioloģisko sadalīšanos, pirms analīzes ieteicams pievienot 1 ml 4 M slāpekļskābes (HNO₃) uz 100 ml ūdens parauga. Oksidējamība ar kāliju permanganātu (KMnO₄) notiek pie temperatūras +27 °C. Ar šo metodi var oksidēt 30-50% organisko un neorganisko vielu (SS 028118 mod (KMnO₄), Ackrediterade analyismetoder 1996).
- **Oksidējamība ar kālija dihromātu (KSP_{Cr}).** Paraugš tiek karsēts pie temperatūras 150 °C divas stundas ar kālija dihromātu (K₂Cr₂O₇), pirms tam ūdens paraugu paskābinot ar sērskābi (H₂SO₄). Parauga oksidējamās vielas reaģē ar dihromāta joniem un tā pārākumu nosaka titrējot ar divvērtīgo dzelzs amonija sulfātu (Fe(NH₄)₂SO₄). Liela daļa organisko savienojumu tiek oksidēti 90-100% apjomā, un ūdeņos, kuros organiskie savienojumu ir pārsvarā, tādos kā municipālie notekūdeņi, KSP vērtība ir reāls novērtējums teorētiskajam skābekļa patēriņam. Šī metode lietojama ūdenim ar KSP vērtību no 30 mg/l līdz 700 mg/l. Hlorīdu saturs nedrīkst pārsniegt 1000 mg/l.

Norādītajos reakcijas apstākļos organiskie savienojumi pamatā tiek oksidēti. Izņēmums ir savienojumi ar noteiktiem struktūras elementiem, piemēram, piridīna gredzeni, aromatiskie ogļūdeņraži. Lai oksidētu šādus savienojumus, tiek lietots sudraba sulfāts (Ag_2SO_4) vai dzīvsudraba sulfāts (HgSO_4) kā katalizatori (Latvijas standarts 1998 (LVS ISO 6060:1989)). $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ir stiprāks oksidēšanas reaģents, salīdzinot ar KMnO_4 , kas ir visbiežāk pielietojamākais un rekomendētais ūdens kvalitātes monitoringā (Dix 1981, Greyson 1990, Bidēns u.c. 1997).

Organiskais slāpeklis (ON, mg/l). Nosaka pēc Kjeldāla metodes. Ūdens paraugu filtrē un analizē 24 stundu laikā. Organiskā slāpekļa savienojumus pārvērš par amoniju. To panāk, par katalizatoru izmantojot sērskābi un selēnu. Šādā veidā analizētu slāpekļa daudzumu sauc par Kjeldāla slāpekli, kas ir amonija slāpekļa un organiskā slāpekļa summa (Jönsson 1966, SIS 028134 mod. Ackrediterade analysmetoder 1996).

2.4. DATU APSTRĀDĒ PIELIETOTĀS STATISTISKĀS METODES

Datu apstrādē izmantotas šādas datoru programmas: Microsoft Excel, SPSS, MINITAB, WQSTAT II un MULTIMK.

2.4.1. STATISTIKAS PAMATLIELUMU APRĒĶINĀŠANA

Datu kopu analizēšanai izmantoti šādi statistikas pamatlīelumi:

Datu vidējie rādītāji: vidējais aritmētiskais, mediāna, moda;

Datu izkliede: standartnovirze, dispersija, rangs, minimālās un maksimālās vērtības;

Datu sadalījums un to raksturlielumi: asimetrija, ekscess, normālais sadalījums u.c. sadalījumi. Atbilstības pārbaude teorētiskajam sadalījumam veikta, izmantojot vienu no sekojošajām metodēm:

- asimetrijas un ekscesa analīze - aprēķināti asimetrijas (t_A) un ekscesa (t_E) kritēriji (Liepa 1974) pēc šādām formulām:

$$t_A = \frac{A}{S_A} < 3 \quad (2.2)$$

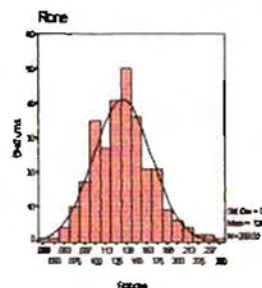
un

$$t_E = \frac{E}{S_E} < 3 \quad (2.3)$$

kur A - asimetrijas rādītājs, S_A asimetrijas rādītāja reprezentācijas kļūda, E - ekscesa rādītājs, S_E ekscesa rādītāja reprezentācijas kļūda. Ja vismaz viena no formulas (2.2) un (2.3) kreisajām pusēm ir vienāda vai lielāka par 3, tad starpība ir būtiska un nulles hipotēze jānoraida, t.i., dotā datu kopa, iespējams, neatbilst normālajam sadalījumam. Analīze ir aptuvena, tādēļ ieteicama to skatīt kopā ar nākamajām metodēm:

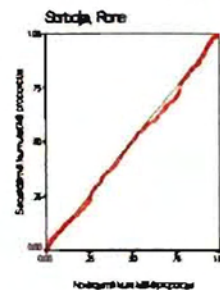
- *vizuālā metode* - ja datu kopas histogramma ir līdzīga “zvanveida” formai, tad teorētiskais datu sadalījums atbilst normālajam sadalījumam (Demayo & Steel 1992);

Piemērs



- *grafiskā metode* - ja normālas varbūtības grafikā datu kopas novērojumu kumulatīvo biežumu sadalījums attēlojas kā taisna līkne, tad teorētiskais datu sadalījums atbilst normālajam sadalījumam (Demayo & Steel 1992).

Piemērs



2.4.2. KORELĀCIJAS METODES

Par *korelāciju* sauc tādu atkarību, kurā kādas pazīmes katrai vērtībai atbilst vairākas citu pazīmju vērtības. Korelācijas analīze noskaidro atkarības veidu, virzienu un kvantitatīvi raksturo tās ciešumu (Liepa 1974). Darbā korelācijas metode tika pielietota:

- analizējot novēroto datu izkliedes diagrammas;
- matemātiski aprēķinot atkarības ciešumu starp dotajām datu kopām, izmantojot Pīrsona, Spīrmena rangū vai Kendela rangū korelācijas koeficientus. Atkarības ciešumu raksturo korelācijas koeficients, kas var mainīties robežās no -1 līdz 1. Korelācijas koeficienta ticamība noteikta pie būtiskuma līmeņiem $p < 0,01$ un $p < 0,05$.

2.4.3. REGRESIJAS METODES

Lineāras korelācijas gadījumā var atrast tās taisnes vienādojumu, ap kuru sagrupēti punkti. Šo taisni nosaka saskaņā ar vismazāko kvadrātu principu, un sauc par *regresijas taisni*, t.i., lai regresanta varianšu noviržu kvadrātu summa no regresijas līnijas būtu vismazākā (Liepa 1974, Helsel & Hirsch 1992). Darbā tika pielietotas šādas regresijas:

- *viena faktora regresija*: lineārā, pakāpes, logaritmiskā, eksponentālā, polinominālā un periodiskā;
- *daudzfaktoru regresija*.

Regresijas noviržu kvadrātu summa jeb regresijas determinācijas koeficients R^2 ir tā kopējās izkliedes daļa, kas izsaka regresijas taisnes punktu izkliedi ap regresanta y vidējo aritmētisko. Labāko viena faktora un daudzfaktoru regresiju noteica pēc vismazākā kvadrātu principa, t.i., lai regresanta varianšu noviržu kvadrātu summa no regresijas līnijas būtu vismazākā, kas izteikts procentos. Regresijas būtiskuma pārbaude tika aprēķināta pēc Stjūdenta jeb t kritērija un pēc nulles hipotēzes pārbaudīja: vai viens no vienādojuma regresijas koeficientiem nav vienāds ar nulli. Ja t kritērijs ir lielāks par 2 vai -2 pie būtiskuma

līmeņa $p < 0,05$, tad šeit pastāv cieša sakarība starp y un x , un nulles hipotēze tiek noraidīta (Helsel & Hirsch 1992, Mead et al. 1993)

2.4.4. TRENDĀ APRĒĶINĀŠANA

Ūdens kvalitātes parametriem trends aprēķināts pēc neparametriskā Mann-Kendela testa (saukts arī par Kendela tau testu) (Mann 1945, Kendall 1938, 1975), kuru tālāk modificējuši R.M.Hiršs un līdzautori (Hirsh et al. 1982). Tests ir universāls, jo pielietojams datu kopām, kuras var neatbilst normālajam sadalījumam, datu kopās ar iztrūkstošām vērtībām un anomālām variantēm (ļoti augstas vai zemas vērtības, kas “izlec” no kopējās datu kopas), kā arī piemērots laika (dinamiskajām) rindām, kuru dati ir ar sezonālo izmaiņu un sērijas veida raksturu. Mann-Kendela testā trends aprēķināts pēc tā saucamās rangu jeb pāru principa. Vispirms izrēķināts novērojumu pāru skaits S . Novērojumu pāru skaits S aprēķināts, kad no novērojumu diskordantu² M pāru skaita tiek atņemts konkordantu³ P pāru skaits un izdalīts ar pāru skaitu dotajā mēnesī. Vispirms trends tika aprēķināts katram mēnesim kā τ_j vērtība, bet, pēc tam tās tika sasummētas un izrēķināts dotās laika rindas trends kā τ vērtība. Šīs augstāk minētās ikmēneša vērtības var attēlot šādā tabulā:

Mainīgais	Mēnesis			
	1	2	3	m
Gadu skaits	n_1	n_2	n_3	n_m
Konkordantu un nekondartu pāru skaits	S_1	S_2	S_3	S_m
Kendela tau	τ_1	τ_2	τ_3	τ_m

kur $\tau_j = 2S_j/n_j(n_j-1)$; $i=1$ (gads) un $j=1$ (mēnesis)

² Par konkordantu pāri sauc aprēķināto datu kopas novērojumu pāri, ja nākamais novērojums ir skaitliski lielāks par iepriekšējo novērojuma vērtību.

³ Par diskordantu pāri sauc aprēķināto datu kopas novērojumu pāri, ja nākamais novērojums ir skaitliski mazāks par iepriekšējo novērojuma vērtību

Laika rindas aprēķinātā trenda būtiskuma pārbaude veikta pēc nulles hipotēzes (vai trends ir monotona rakstura) un aprēķināta tā dispersija. Tā kā laika rinda ir garāka par 5 gadiem, tad trenda r būtiskuma līmeņa noteikšanā izmantota testa statistika Z un salīdzināts ar normālā sadalījuma parametriem.

Disertācijas izstrādē trendu aprēķināšanai izmantots daudzvariāciju neparametriskais Mann-Kendala tests (Hirsch & Slack 1984, Loftis et.al 1991) pielietojot statistisko programmu MULTIMK (Grimvall 1998). Šajā statistikas programmā trends ir statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$, ja testa statistika ir lielāka par 2 vai mazāka par -2, tad nulles hipotēze tiek noraidīta.

3. REZULTĀTI UN TO APSPIEŠANA

3.1. HUMIFIKĀCIJAS PROCESS DAŽĀDA ZEMES LIETOJUMA AUGSNĒS VIDZEMES AUGSTIENĒ

Mūsu pētījuma aktualitāti par humifikācijas procesu dažāda zemes lietojuma augsnēs noteica tas, ka augsnes humusvielas (HV) ir viens no galvenajiem ūdens HV izcelsmes avotiem (Aiken et al. 1985, Stevenson 1985). Augsnes HV ūdenstīpēs un tecēs tiek galvenokārt ieskalotas ar ūdens un humusvielu virszemes un augsnes iekšējo plūsmu no sateces baseina (skat. 3.4.3.nod.). Savukārt augsnes HV kvalitatīvais un kvantitatīvais saturs ir viens no galvenajiem faktoriem ūdens humusvielu veidošanā. Tādēļ, analizējot ūdens (arī nogulumu) HV, to koncentrāciju izmaiņas un īpašības, svarīgi izpētīt sateces baseinu augšņu humusvielas.

Kā atzīmē daudzi pētnieki (Hargitai 1996, Орлов 1990, u.c.), dažādās vidēs HV ir daudzfunkcionāla nozīme. Viens no humusa kvalitatīvajiem rādītājiem ir humifikācijas pakāpe, kas raksturo dažāda tipa un zemes lietojuma veida augsnes, kā arī augsnē noritošos procesus. Humifikācijas pakāpi nosaka netikai organisko vielu (OV) izejmateriāla un dabisko apstākļu kopums, bet arī antropogēnā darbība. Latvijā pēc 1.Pasaules kara ir mainījusies zemes lietojumu veidu struktūra. Piemēram, uz vecajām lauksaimniecības zemēm aug meži, lielas pārmitro zemju platības meliorētas un iekultivētas. Šādas pārmaiņas notikušas mūsu pētāmajā teritorijā - Vidzemes augstienē. Teritorijai raksturīgs ļoti saposmots reljefs un bieža kvartāra nogulumu sega. Augsnes cilmiezi galvenokārt veido mālsmilts un smilšmāls. Reljefa pacēlumos dominē erodētā podzolaugsne, kā arī velēnu podzolaugsne un pseidoglejotā augsne, bet ieplakās - velēnu glejaugsne un zemā purva kūdraugsne (Nikodemus 1996). Vidzemes augstienē gada nokrišņu daudzums vidēji svārstās no 800-850 mm. Teritorijas lielāko daļu aizņem lauksaimniecībā izmantojamās zemes.

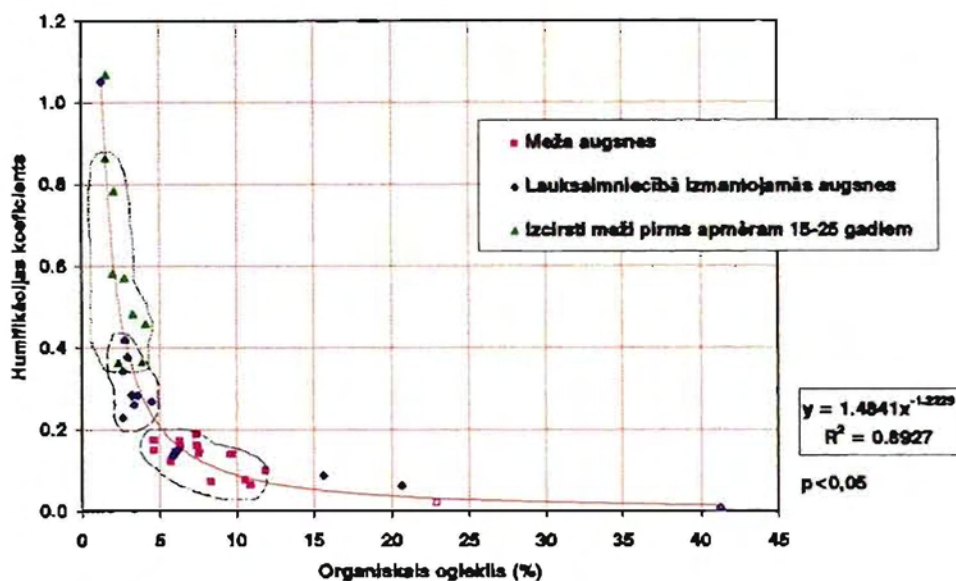
Mūsu pētījumā analizēti 39 augšņu rakumu (skat. 1.pielikumu) augšējie Ap un Ah horizonti. Analizētie paraugi ir atšķirīgi pēc augsnes tipa un zemes lietojuma veida. Meža augsnes galvenokārt atradās uz bijušajām lauksaimniecības zemēm. Dominējošais meža tips ir egļu vēris vai damaksnis. Humifikācijas koeficients aprēķināts pēc L.Hargitai metodes (Hargitai 1955), kas rāda, kādu daļu no OV aizņem humusvielas. Augšņu paraugiem

noteikts organiskais ogleklis (%), lai raksturotu OV daudzumu augsnē, un augsnes pH_{H_2O} (3.1.1.tabula).

3.1.1.tab. Humifikācijas koeficients, organiskā oglekļa daudzums un pH augsnes trūda akumulācijas horizontos

Nr. p. k.	Augsnes apakštīps	Horizonts	Organiskais ogleklis, %	Humifikācijas koeficients	pH_{H_2O}
1.	Velēnu podzolaugsne	AhE	6.00	0.15	5.24
2.	Velēnu podzolaugsne	AhE	4.62	0.15	5.36
3.	Deluviālā augsne	Ap1	2.70	0.23	7.84
4.	Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne	Ap	5.88	0.14	7.08
5.	Deluviālā augsne	Ap1	3.22	0.28	7.05
6.	Kūdrainā aluviālā augsne	H(Ah)	22.90	0.02	7.41
7.	Zemā purva trūdaini kūdrainā augsne	H(Ap)	41.30	0.01	7.94
8.	Velēngleja aluviālā augsne	Ah	6.30	0.16	6.98
9.	Trūdainā glejaugsne	Ap	15.65	0.09	8.20
10.	Trūdainā glejaugsne	Ap	20.62	0.06	7.88
11.	Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne	Ah	10.92	0.06	5.66
12.	Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne	Ah	7.40	0.16	5.47
13.	Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne	Ah	8.30	0.07	4.66
14.	Velēnu podzolaugsne	Ap	6.15	0.15	5.20
15.	Velēnu podzolaugsne	Ap	4.50	0.27	6.00
16.	Deluviālā augsne	Ah	4.65	0.17	4.84
17.	Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne	Ap	3.60	0.28	4.70
18.	Deluviālā augsne	Ah	7.55	0.14	5.26
19.	Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne	Ah	5.75	0.12	4.60
20.	Velēnu podzolaugsne augsne	Ah	10.59	0.08	5.60
21.	Nepiesātinātā brūnaugsne	Ah	9.70	0.14	6.24
22.	Velēnu podzolaugsne	AhE	11.85	0.10	6.08
23.	Velēnu podzolaugsne	Ap	2.70	0.34	7.60
24.	Velēnpodzolētā glejotā augsne	Ah	6.30	0.17	6.91
25.	Velēnu glejaugsne	Ah	9.60	0.14	6.85
26.	Velēnu podzolaugsne	Ah1	7.40	0.19	5.18
27.	Zemā purva kūdraini trūdainā augsne	Ah	3.00	0.38	6.12
28.	Deluviālā augsne	Ap2	1.32	1.05	5.96
29.	Tipiskā velēnu karbonātaugsne	Ap	3.37	0.26	6.56
30.	Deluviālā augsne	Ap2	1.57	0.86	6.55
31.	Velēnu podzolaugsne	Ah	1.63	1.07	6.23
32.	Velēnu podzolaugsne	Ah	2.03	0.58	6.57
33.	Deluviālā augsne	Ah1	2.80	0.57	6.87
34.	Velēnu podzolaugsne	AhB	2.38	0.36	7.14
35.	Velēnu podzolaugsne	Ah	4.16	0.46	6.61
36.	Deluviālā augsne	Ah1	2.14	0.78	5.60
37.	Velēnu podzolaugsne	Ah	2.82	0.42	5.70
38.	Velēnu podzolaugsne	Ah	3.30	0.48	5.70
39.	Velēnu podzolaugsne	Ah	3.90	0.36	5.95

Konstatējām, ka starp humifikācijas koeficientu un organisko oglekli pastāv cieša nelineāra savstarpējā atkarība (3.1.1.att.). Tas norāda, ka humifikācija ir sarežģīts process, kas atkarīgs no organisko vielu izejmateriāla kvalitātes un vides apstākļiem, kādos tas notiek (Swift et al 1979, Орлов 1977, 1990).



3.1.1.att. Humifikācijas koeficients un organiskā oglekļa daudzums dažāda zemes lietojuma veida augsnēs

Pētījumā konstatēts, ka lauksaimniecībā izmantojamajām augsnēm ir augstākas humifikācijas koeficienta vērtības un mazāks organiskā oglekļa daudzums, salīdzinot ar meža augsnēm. Tas apstiprina faktu, ka tīruma augsnēm, kas tiek apstrādātas un mēslotas, humuss ir vairāk sadalījies nekā meža augsnēm (Bamberg 1969) un ir labāki priekšnosacījumi humifikācijas procesa attīstībai. Pirmkārt, to nosaka OV izejmateriāla kvalitāte. Visātrāk noārdās un tiek iesaistītas humifikācijas procesā augu atmirušās mīkstās, sulīgas daļas: lapas, stublāji un zālaugu saknes. Savukārt mežos, īpaši skujkoku, - koku skuju, zariņi u.c. augu cietās un koksnainās daļas noārdās un tiek iesaistītas humifikācijas procesā daudz lēnāk. K.Krūmiņš (1929) atzīmē, ka OV izejmateriāla pH būtiski ietekmē augu atlieku sadalīšanos un arī humifikācijas procesu. Piemēram, svaigu

egļu un priežu skuju pH reakcija ir apmēram 3,5-4,5, bet lapu koku, kā arī pļavu zāļu atlieku pH reakcija 5-6,5. Pie stipri skābas reakcijas sadalīšanās gaita ir lēnāka, jo te baktēriju darbība stipri aizkavēta. Tāpēc visvairāk fulvoskābes rodas skujkoku mežos, sadaloties atliekām, kurās maz bāzisko vielu. Tas savukārt veicina augsnes virsējo kārtu pastiprinātu izskalošanos (podzolēšanos).

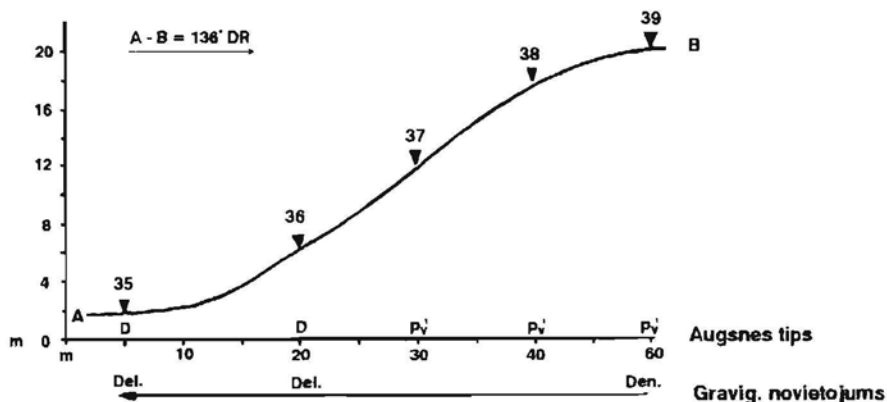
Otrkārt, humifikācijas pakāpi nosaka vides abiotisko un biotisko faktoru kopums (temperatūras un mitruma režīms, augsnes reakcija, aerācija un mehāniskais sastāvs, cilmiezis u.c.). Piemēram, pazeminātas temperatūras un paaugstināts mitrums veicina OV uzkrāšanos augsnes augšējās horizontos, bet palēnina humifikācijas procesu (tas ir nosacīti attiecināms uz meža augsnēm Latvijas apstākļos, kur veģetācijas sega būtiski regulē augsnes temperatūru un mitruma režīmu). Reljefa pazeminājumos, kur mitrumu saņem ne vien ar nokrišņiem, bet arī ar ūdeņiem, kas pieplūst no apkārtnes, kā arī no periodiski augsta vai pastāvīgi augsta gruntsūdens līmeņa, veidojas anaerobi apstākļi. Šādos apstākļos augsnes augšējās horizontos uzkrājas daudz OV, bet augu atlieku noārdīšanās un humifikācija norisinās daudz lēnāk nekā aerobos apstākļos. Tas raksturīgs pushidromorfām un hidromorfām augsnēm. 3.1.1.attēlā ir redzams, ka šāda tipa augsnēm, piemēram, trūdainā glejaugsne, zemā purva trūdaini kūdrainā augsne, ir salīdzinoši mazas humifikācijas koeficienta vērtības (no 0,01 līdz 0,09), bet liels organiskā oglekļa saturs (vairāk par 15%) neatkarīgi no zemes lietojuma veida.

Kā trešais faktors, kas nosaka humifikācijas procesu, ir minams antropogēnā darbība, piemēram tūrumu iekultivēšana, mežu izciršana u.c. Mūsu pētījumā analizēti augšņu paraugi vietās, kur meži bija izcirsti pirms apmēram 15-25 gadiem. Kā redzams 1.attēlā, šiem paraugiem Ah horizontos konstatēts visaugstākās humifikācijas koeficienta vērtības (no 0,36 līdz 1,07). Jau agrākajā pētījumā O.Nikodemus un I.Mūrnieks (1997) salīdzinājuši 1991. un 1963.gada iegūtos rezultātus un konstatējuši, ka meža izciršanas rezultātā izzudis (mineralizējies) O horizonts un samazinājies OV daudzums Ah horizontos. Tas norāda, ka augsnē izmainījušies abiotiskie un biotiskie faktori un augsnes OV tika pakļautas ātrākam sadalīšanās un intensīvākiem humifikācijas procesiem.

Kā netiešs faktors, kas nosaka humusa kvalitatīvo sastāvu augsnē, ir minams paugnes izskalošanās faktors. Tas ir saistīts ar nokrišņu ūdens darbību: ar tā pārvietošanos pa augsnes profilu uz leju vai sāniski (pa paugura nogāzi). Kā zināms, Latvijas apstākļos augsnēs podzolēšanās process izteikti attīstīts zem skujkoku mežiem ar ķērpju zemsedzi uz mineroloģiski nabadzīgiem cilmiežiem, kur dominē caurskalojošs ūdens režīms (Bambergis 1969). Šajos apstākļos augu atliekās ir maz kalcija un slāpekļa, bet daudz grūti noārdāmu vielu, piemēram, lignīns, miecvielas, vasks, u.c., kas uzkrājas nirs augsnes minerālās daļas O horizontā. Augu atliekām sadaloties, rodas dažādi ūdenī šķīstoši, skābi organiskie savienojumi kā, piemēram, fulvoskābes. Ūdens tos ienes augsnes minerālajā daļā Ah, AhE horizontos, kur tie šķīdina dažādus minerālus. Mūsu pētījumā konstatēts, ka meža augsnes, kas atrodas uz šādiem smilšainiem cilmiežiem, patsevišķos gadījumos ir augstākas humifikācijas koeficienta vērtības, salīdzinot ar augsnēm uz smagāka mehāniskā sastāva (smilšmāla, mālsmilts) cilmiežiem (3.1.1.att., 3.1.1.tab.). Šajā gadījumā noteiktais humifikācijas koeficients parāda no O horizonta izskalošanās un Ah vai AhE horizontos ieskalotās humusvielas.

Mēs arī pētījām, kā izmainās humifikācijas koeficients, organiskā oglekļa daudzums un pH augsnes augšējās Ah horizontos pa paugura nogāzi vietā, kur mežs bija izcirsts pirms apmēram 15 gadiem. 1991.gadā, kad tika ņemti augšņu paraugi, šeit auga baltalkšņi. Kā redzams 3.1.2.attēlā, paugura virsotnes daļā (augšņu rakums Nr.39, skat. 1.pielikumu), kur norit intensīvāks podzolēšanās process, notiek OV uzkrāšanās, bet palēnināts humifikācijas process. Savukārt no paugura nogāzes augsnes erodētais materiāls tiek akumulēts paugura lejasdaļā un šeit veidojas deluviālās augsnes. Mūsu pētījumā tas ir augsnes rakums Nr.36, kur augšējā Ah horizontā konstatēts visaugstākais humifikācijas koeficients - 0,78 un mazākais organiskā oglekļa daudzums - 2,14%. Pirmkārt, to nosaka, ka pašā paugura nogāzes lejasdaļā ir izveidojušies labvēlīgi abiotiskiem un biotiskiem faktori. Tādēļ no paugura augstākajām daļām erodētās augsnes organiskās vielas tiek pakļautas ātrākam sadalīšanās un humifikācijas procesam. Otrkārt, paugura virsotnes daļā HV netikai tiek izskalotas augsnes dziļākajos horizontos, bet arī ar ūdens plūsmām tiek pārvietotas pa nogāzi uz leju. Savukārt pašā nogāzes lejasdaļā izveidojusies humusvielu ģeokīmiskā barjera, jo no paugura augstākajām daļām

transportētās HV mazāk tiek pārvietotas līdz pat paugura piekājei. Turpretim paugura piekājes daļā (augšņu rakums Nr.35) nav izveidojušies tik labi aerobie apstākļi, tādēļ šeit uzkrājas OV, bet humifikācijas process ir palēnināts.

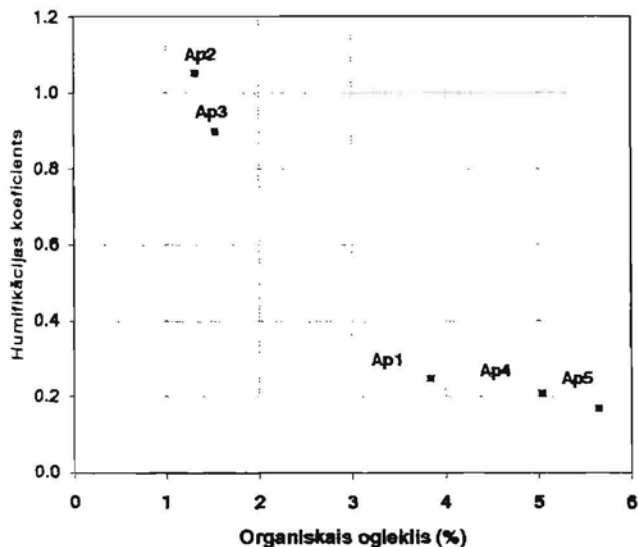


Augsnes rakuma Nr.	35	36	37	38	39
Humifikācijas koeficients	0,46	0,78	0,42	0,48	0,36
Organiskais ogleklis (%)	4,16	2,14	2,82	3,30	3,90
pH _{H₂O}	6,6	5,6	5,7	5,7	5,9

3.1.2.att. Humifikācijas koeficienta, organiskā oglekļa daudzuma un pH_{H₂O} izmaiņas pa paugura profila līniju A-B (skat. 1.pielikuma rakumus Nr. 35.-39.)

Fakts, ka organisko vielu sadalīšanās un humifikācijas procesā būtisku loma ir augsnes aerobiem vai anaerobiem apstākļiem parādījās pētījumā par deluviālajām augsnēm. Parasti deluviālajām augsnēm var izšķirt vairākus Ah vai Ap horizontus, kuru kopējam biezumam jābūt lielākam par 50 cm. Kā redzams 3.1.3.attēlā, augstāka humifikācijas pakāpe konstatēta Ap2 un Ap3 horizontos, kur ir izveidojušies aerobie apstākļi. Šīs deluviālās augsnes veidojušās uz zemā purva kūdras augsnēm, kur novērojams paaugstināts gruntsūdens līmenis. Tādēļ augsnes profila dziļākajos horizontos veidojas anaerobi apstākļi, kas palēnina humifikācijas procesu Ap4 un Ap5 horizontos. Mūsu pētījumā analizēti vairāki deluviālo augšņu augšējie Ap vai Ah horizonti (3.1.1.tab., 3.1.1.att.). Konstatējām, ka šajos horizontos humifikācijas pakāpe

var būt ievērojami atšķirīga. To daļēji nosaka, cik kvalitatīvs (humificēts) humusa materiāls ir izskalots no paugura augstākajām vietām. Tādēļ humifikācijas koeficienta vērtības var būt dažādas.



3.1.3.att. Humifikācijas koeficients un organiskā oglekļa daudzums Ap1-Ap5 horizontos deluviālai augsnei (skat. 1.pielikuma augsnes rakumu Nr. 28)

Mūsu pētījumā meža augšņu paraugi ņemti vietās, kur meži atradās gan uz vecajām lauksaimniecības zemēm, gan arī tie auguši ilgāku laiku (~280 gadu). Taču mūsu pētījumā netika atrastas būtiskas atšķirības humifikācijas koeficientam starp dažāda vecuma meža augsnēm. Ir izpētīts, ka zināmos apstākļos un pie zināmas zemes lietošanas trūdu vielu, kā arī slāpekļa saturā iestājas zināms līdzsvars, t.i., minēto savienojumu daudzums ir gandrīz konstants (Bamberg 1969). Tas, mūsaprāt, norāda, ka apmēram 50-70 gadi ir pietiekami ilgs laiks, kad agrākās lauksaimniecībā izmantojamās augsnes ir transformējušās par meža augsnēm. Tomēr, kā mūsu pētījums parādīja, noteiktais humifikācijas koeficients būtu viens no rādītājiem, kas labi raksturotu arī augsnes transformācijas procesu. Tādēļ tēma ir aktuāla un mūsu pētījums jāturpina.

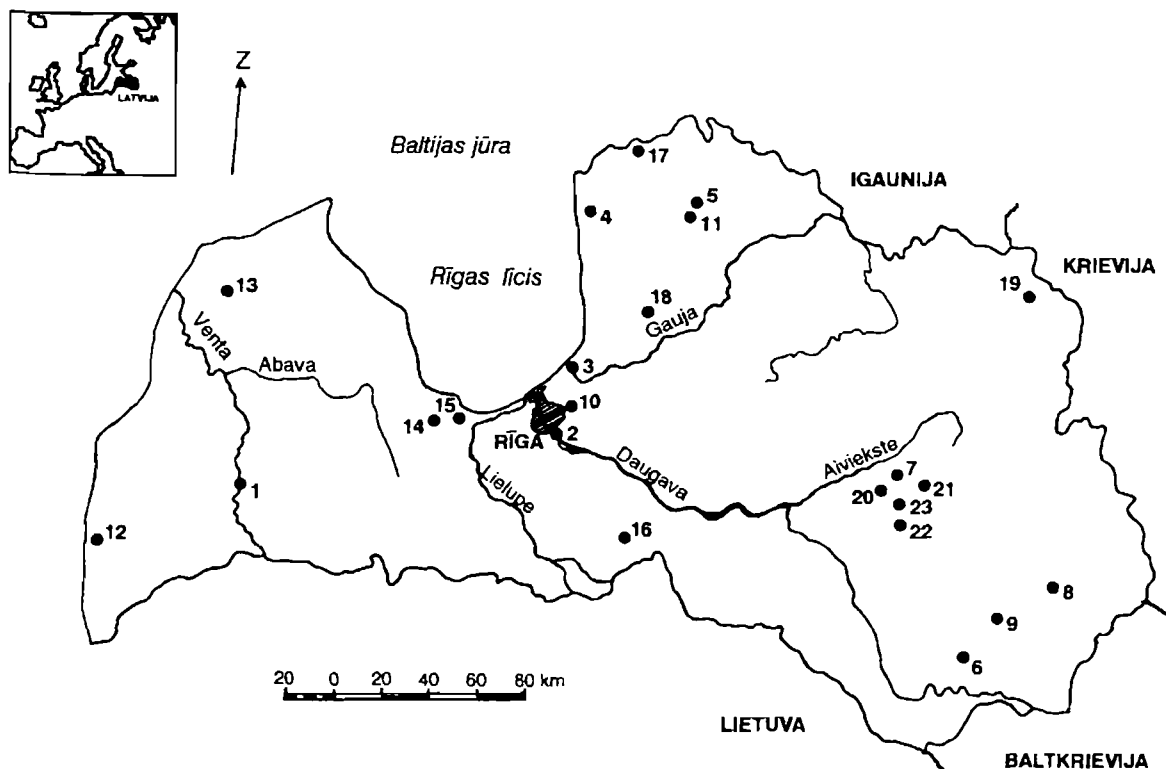
Secinājumi:

Pēc L.Hargitai metodes noteikts humifikācijas koeficients (jeb pakāpe), organiskais ogleklis un augsnes reakcija 39 augšņu rakumu augšējiem Ap un Ah horizontiem augsnēm ar dažādu zemes lietojumu.

- Konstatējām, ka starp humifikācijas pakāpi un organisko oglekli pastāv cieša un nelineāra savstarpējā atkarība. Tas norāda, ka humifikācija ir sarežģīts process, kas atkarīgs no organisko vielu izejmateriāla kvalitātes un vides apstākļiem, kādos tas notiek.
- Pētījumā atradām, ka lauksaimniecībā izmantojamajām augsnēm ir augstāka humifikācijas pakāpe un mazāks organisko vielu daudzums salīdzinot ar meža augsnēm. Tomēr visaugstākā humifikācijas pakāpe konstatēta augsnēm, kur mežs bija izcirsts. Tas parāda, ka augsnē izmainījušies abiotiskie un biotiskie apstākļi antropogēnās iedarbības rezultātā, kas paātrinājis organisko vielu sadalīšanos un iesaistīšanos humifikācijas procesā.
- Konstatējām, ka atsevišķos gadījumos meža augsnēm ir augstākas humifikācijas koeficienta vērtības, kas atrodas uz vieglāka mehāniskā sastāva cilmiežiem nekā uz smagāka. Šajā gadījumā noteiktais humifikācijas koeficients raksturo humusvielas, kas ar ūdens plūsmām tiek pārvietotas no augsnes augšējiem horizontiem un dziļākajiem. Tas ir metodiskas dabas jautājums.
- Pētījumā par organisko vielu daudzuma un humifikācijas pakāpes izmaiņām pa paugura nogāzi konstatējām, ka visaugstākais humifikācijas koeficients, bet vismazākais organiskā oglekļa daudzums ir paugura nogāzes pašā lejas daļa (kur izveidojušās deluviālās augsnes) nekā paugura virsotnē un tā piekājē. Tas norāda, ka būtisks faktors, kas nosaka augsnes organisko vielu kvalitatīvo sastāvu, ir ūdens un humusvielu plūsmām augsnes profilā un pa paugura nogāzi uz leju.

3.2. LATVIJAS VIRSZEMES ŪDEŅU HUMUSVIELU RAKSTUROJUMS

Lai izpētītu humusvielu (HV) veidošanās apstākļus un īpašības Latvijas virszemes ūdeņos (upēs un ezeros), mēs noteicām to elementu un funkcionālo grupu sastāvu, skābes-bāzes, molekulmasu un spektrālās īpašības. HV izolētas no piecām upēm: Ventas, Daugavas, Gaujas, Salacas un Sedas, un astoņpadsmit ezeriem (3.2.1.att. un 3.2.1.tab.). Pētījums ir interesants ar to, ka HV tika izdalītas no dažāda trofiska stāvokļa ezeru ūdeņiem. Ezeri ir savstarpēji atšķirīgi ar biogēno, minerālo un organisko barības vielu pieplūdi un apriti tajos, no kā ir atkarīga ezeru flora un fauna. Savukārt tas būtiski nosaka humusvielu īpašības. Pēc hidrobioloģiskās klasifikācijas izšķir oligotrofo, mezotrofo, eutrofo un distrofo ezeru tipu, kas attīstības gaitā nomaina cits citu (Wetzel, 1983). Šiem galvenajiem tipiem ir dažādas starpformas.



3.2.1.att. Pētāmo upju un ezeru ūdens paraugu ņemšanas vietas (kodi atbilst 3.2.1.tab. pirmās kolonas numerācijai)

3.2.1.tab. Upju un ezeru ūdens paraugu ķīmiskais sastāvs un ezeru trofiskais stāvoklis

Nr. p. k.	Parauga ņemšanas vieta	Trofiskais stāvoklis	pH	EVS, $\mu\text{S}/\text{cm}$	HCO_3^- , mg/l	Cl^- , mg/l	Ca^{+2} , mg/l	NO_3^- , mg/l	Humus-vielas, mg/l
Upes									
1.	Venta	-	6.85	568	153.2	9.2	50.7	2.32	23
2.	Daugava	-	7.76	446	148.3	13.5	42.7	1.41	28
3.	Gauja	-	7.67	875	259.3	22.7	70.9	1.39	18
4.	Salaca	-	7.34	543	115.3	6.4	35.7	1.19	38
5.	Seda	-	7.91	934	295.3	18.2	82.2	1.48	45
Ezeri									
6.	Čortoks	oligotrofs	6.9	34	18.3	2.1	4.2	0.21	5
7.	Vertežas	distrofs	5.8	83	21.4	8.6	8.9	0.71	10
8.	Rāznas	mezotrofs	7.4	230	180.5	8.3	36.7	0.63	21
9.	Rušons	mezotrofs	7.6	290	210.0	13.5	48.8	0.56	21
10.	M. Baltezers	eitrofs	7.6	404	195.2	26.9	53.3	1.31	12
11.	Burtnieks	eitrofs	7.3	225	195.5	10.3	35.6	1.41	32
12.	Liepājas	eitrofs	7.5	430	186.5	23.4	58.5	2.32	23
13.	Bažu	distrofs	4.5	43	8.5	2.2	5.8	1.16	65
14.	Aces	distrofs	6.3	51	16.6	5.7	7.0	0.84	120
15.	Ķemeru	distrofs	5.1	76	12.8	9.6	7.1	0.97	104
16.	Aklais	distrofs	5.9	87	24.6	3.2	12.8	1.52	85
17.	Lielezers	distrofs	5.2	79	13.6	6.5	7.5	1.23	102
18.	Zviedru	distrofs	5.7	65	13.5	4.4	8.7	0.34	170
19.	Silguldas	distrofs	6.2	68	21.5	4.4	5.2	0.91	62
20.	L. Murmasts	distrofs	3.7	55	1,5	2.8	1.0	0.22	63
21.	Lisiņš	distrofs	4.3	39	14.4	4.2	8.8	1.14	83
22.	Pieslaista	distrofs	4.0	40	17.5	3.9	7.6	0.85	58
23.	Islienes	diseitrofs	5.1	88	32.0	4.3	12.0	4.55	28

Pētāmo upju un ezeru ūdens ķīmiskais sastāvs ir raksturīgs Latvijas virszemes ūdeņiem (3.2.1.tab.). Ūdeņi ir ar zemu mineralizācijas pakāpi, salīdzinoši augstu hidroģēnkarbonātu un organisko vielu saturu, kas upēs vai ezeros ieskalojušās no pārmitrajām vietām vai eutrofikācijas procesa rezultātā. Piemēram, no upēm augstākās humusvielu koncentrācijas bija vērojamas Sedā un Salacā. Apmēram 5% no Sedas upes baseina klāj purvi. Ieplūstošie Sedas purva ūdeņi nosaka upes tumši brūno krāsu un augsto humusvielu saturu, salīdzinot ar citām pētāmajām upēm. Arī Salacai ir salīdzinoši augsts HV saturs ūdenī, ko nosaka lielais purvu procents upes baseinā (apmēram 12%).

Mūsu pētījumā pēc trofiskā stāvokļa izdalīti šādi ezeri: 1 oligotrofs, 2 - mezotrofi, 3 - eitrofi, 11 - distrofi un 1 ir pārejas trofiskā stāvokļa ezers (3.2.1.tab.). Oligotrofi ezeri,

atšķirībā no citiem ezeriem, raksturojas ar lielu dziļumu, šauru litorālo joslu un lielu caurredzamību. Kā parāda iegūtie rezultāti, Latvijas apstākļos oligotrofo ezeru caurredzamība veģetācijas attīstības sezonā sasniedz vidēji 7-9 metrus. Šiem ezeriem ir maza minerālo un organisko vielu pieplūde no sateces baseina teritorijas. Tādēļ oligotrofu ezeru ūdeņos ir vērojamas vismazākās humusvielu koncentrācijas, piemēram, Čortoka ezeram - 5 mg/l. Mezotrofie ezeri ir vidēji produktīvi. Ezeru grunts, salīdzinot ar oligotrofajiem ezeriem, ir bagātāka ar organiskajām vielām. Oligotrofiem un mezotrofiem ezeriem ūdens reakcija ir tuvu neitrālai (piemēram, Čortoks) vai bāziska (piemēram, Rušons), liela planktona un zoobentosa sugu daudzveidība. Tomēr oligotrofiem ezeriem ir mazāka biomasa un zilaļģu ziedēšana nav raksturīga (Druvietis 1997). Latvijā visvairāk sastopami ir eitrofi ezeri, kas ir augsti produktīvi un bagāti ar barības vielām. Tādēļ šāda tipa ezeros ir augstākas nitrātu, humusvielu kā arī neorganisko vielu koncentrācijas, salīdzinot ar oligotrofiem un mezotrofiem ezeru ūdeņiem. Ūdens reakcija ir tuvu neitrālai (piemēram, Burtnieks). Eitrofiem ezeriem ir raksturīgs, ka to nogulumus veido biezs dūņu un sapropeļa slānis. Salīdzinot ar citu trofiska stāvokļa ezeriem, eitrofiem ezeriem ir maza planktona un zoobentosa sugu daudzveidība, bet liela to biomasa. Bieži veģetācijas attīstības pilnbriedā (jūlijs - augusts) ir vērojama zilaļģu ziedēšana. Distrofi ezeri ir parasti pēc platības ir nelieli ezeri, kas atrodas purvos, kā arī mežu apvidos, kuriem raksturīga kūdraina grunts. Ūdens dzeltens vai brūns krāsu piešķir lielais humusa saturs, kas samazina caurredzamību (0,3-1,0 m). Salīdzinot ar pārējiem trofiska stāvokļa ezeru tipiem, purva ezeru ūdeņu pH reakcija ir skāba, ļoti zema mineralizācijas pakāpe, bet lielas humusvielu koncentrācijas. Distrofie ezeri ir nabadzīgi ar fitoplanktonu un zooplanktonu, jo HV ietekmē biogēno elementu pieejamību, nosaka pH zemās vērtības, kā arī gaismas izplatības dziļumu un skābekļa režīmu. Līdz ar to distrofos ezeros veidojas unikāls biocenozes sastāvs. Latvijas brūno ūdeņu ezeros galvenās fitoplanktonu sugas ir *Dinobryon spp.* (pavasara sezonā) *Tabellaria spp.*, *Flagellater* (vasaras sezonā), *Mallomonas acaroides*, *Botryococcus braunii* un *Oocystis spp.* (Druvietis 1997). Zooplanktona biocenozēm purva ezeros raksturīgs neliels skaits limnētisko sugu: *Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Bosmina coregoni obtusirostris* (Urtāne & Kļaviņš 1995). Alohtonā materiāla pastiprinātas pieplūdes rezultātā no sateces

baseina, piemēram Islienes ezers, kas atrodas daļēji uz augsnes minerālās daļas, ir iespējama diseitrofā ezera tipa attīstība.

Pētāmo ūdenstilpju humīnskābju (HS) un fulvoskābju (FS) galveno elementu un funkcionālo grupu sastāvs ir parādīts 3.2.2.tabulā. Latvijas virszemes ūdeņu HV

3.2.2.tab. Latvijas virszemes ūdeņu humusvielu elementu un funkcionālo grupu sastāvs un molekulmasas sadalījums

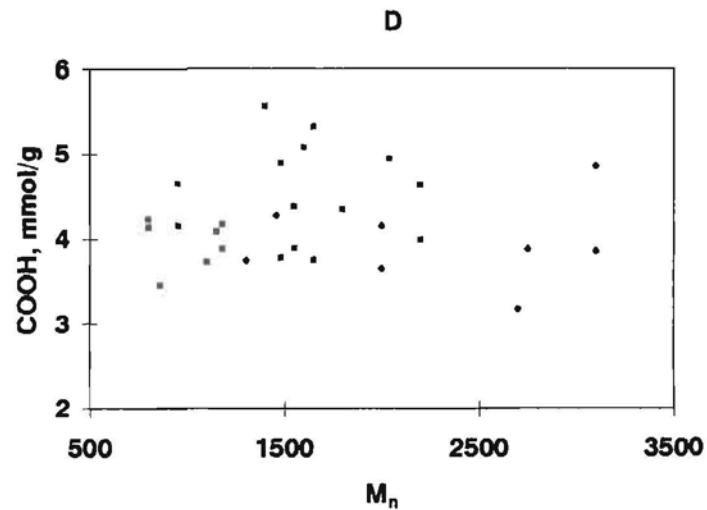
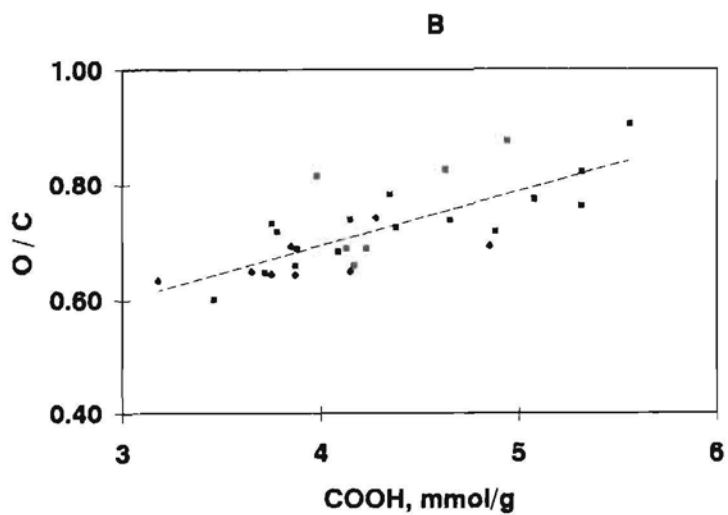
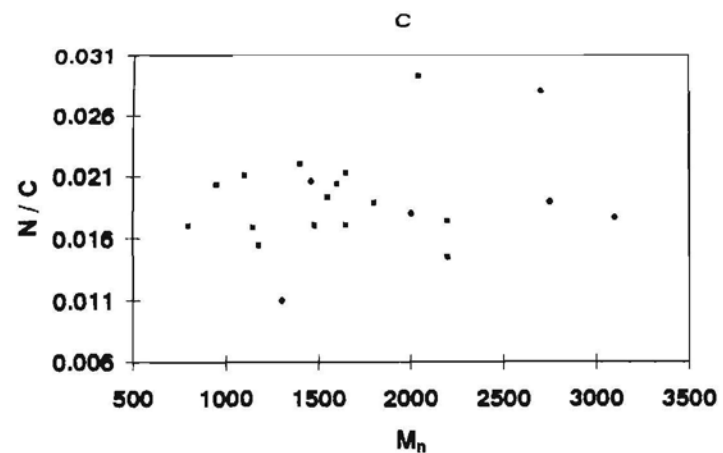
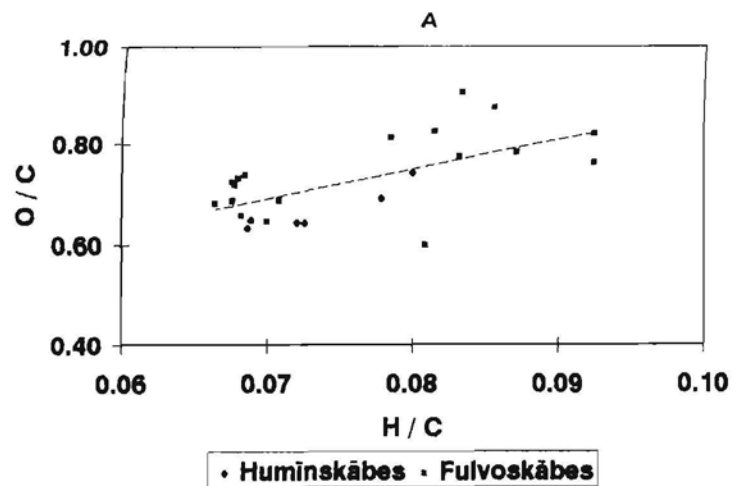
Humusvielas (pētāmās upes/ezera nosaukums)	C, %	H, %	N, %	O, %	COOH, mmol/g	ArOH, mmol/g	M _n	M _w
Upes								
HS (Salaca)	57,21	3,94	1,03	37,11	4,15	1,42	2000	3800
FS (Salaca)	54,60	3,70	0,93	39,16	4,88	1,15	1480	2150
FS (Venta)	51,78	4,22	0,75	42,75	4,63	0,96	2200	3150
FS (Daugava)	51,42	4,48	0,97	40,21	4,35	1,11	1800	3100
FS (Gauja)	49,68	4,25	1,45	43,51	4,94	0,85	2040	2550
FS (Seda)	54,20	3,71	1,10	40,05	4,65	1,18	950	1340
Ezeri								
HS (Rušons)	50,38	4,03	1,04	37,40	4,28	0,65	1460	1950
HS (Burtņieks)	56,48	4,10	1,07	36,35	3,87	1,44	2750	4850
HS (Liepājas)	54,33	4,23	0,96	37,63	4,85	1,25	3100	5750
HS (Bažu)	54,33	4,23	0,96	37,63	3,85	1,25	3100	5750
HS (Aces)	57,38	3,94	1,61	36,34	3,18	1,46	2700	5450
HS (Silguldās)	57,21	3,94	1,03	37,11	3,65	1,42	2000	3800
HS (Islienas)	57,18	4,12	0,63	36,83	3,75	1,64	1300	1920
FS (Čortoks)	58,34	4,72	2,64	28,67	3,46	1,38	860	920
FS (Vertežas)	55,86	3,71	0,94	38,11	4,09	1,23	1150	1800
FS (Rāznas)	48,74	4,06	1,07	44,17	5,56	0,72	1400	2360
FS (Rušons)	55,48	3,75	1,07	40,18	4,38	1,32	1550	1800
FS (M. Baltezers)	52,37	4,11	0,91	42,61	3,98	1,17	2200	3300
FS (Burtņieks)	50,61	4,21	1,03	39,18	5,08	1,19	1600	2670
FS (Liepājas)	51,02	4,72	0,87	38,90	5,32	1,21	1650	2800
FS (Bažu)	51,02	4,72	0,87	41,90	5,32	1,21	1650	2800
FS (Aces)	54,13	3,68	1,15	39,61	3,75	1,24	1650	3450
FS (Kemeru)	56,41	3,85	0,87	37,12	4,17	1,43	1180	1350
FS (Aklais)	54,60	3,70	0,93	39,16	3,78	1,15	1480	2150
FS (Lielezers)	56,14	3,93	1,18	36,32	3,72	1,22	1100	1650
FS (Zviedru)	54,20	3,71	1,10	40,05	4,15	1,18	950	1340
FS (Silguldās)	55,48	3,75	1,07	38,12	3,88	1,22	1550	1800
FS (L. Murmasts)	55,35	3,92	0,94	38,10	4,23	1,46	800	900
FS (Lisīņš)	58,34	4,72	2,64	32,67	3,46	1,38	860	920
FS (Pieslaista)	55,35	3,92	0,94	38,10	4,13	1,46	800	900
FS (Islienas)	56,41	3,85	0,87	37,12	3,87	1,43	1180	1350
pēc Ziemeļvalstu humusvielu standarta								
HS	55,20	4,12	1,04	39,02	4,12	1,21	4410	11190
FS	52,62	4,09	0,74	41,93	7,53	1,53	2180	3360

ķīmiskais sastāvs un molekulmasas sadalījums tika salīdzināts ar Ziemeļvalstu humusvielu standartiem un citiem literatūras avotiem (Parsons & Tinsley 1960, Senesi 1993 u.c.). Jāatzīmē, ka Latvijas virszemes ūdeņu HV ķīmiskais sastāvs, kā arī molekulmasa, bija līdzīgāks ar noteiktajiem Ziemeļvalstu humusvielu standartiem.

Kopumā, humusvielas, kas izolētas no Salacas un Sedas upju ūdeņiem, satur vairāk oglekļa un funkcionālo grupu, bet mazāk ūdeņraža, un tām ir mazāka molekulmasa, salīdzinot ar HV no pārējām upēm. Savukārt humusvielas, kas izolētas no oligotrofiem un purva jeb distrofiem ezeru ūdeņiem, satur daudz vairāk oglekļa un mazāk slāpekļa kā HV, kas iegūtas no eitrofām ūdenstilpēm. Tāpat kā pēc literatūras datiem (skat. 1.5.1.nod.), mūsu pētījumā ūdeņu humīnskābes satur vairāk oglekli, bet mazāk skābekli un funkcionālo grupu kā fulvoskābes. Savukārt fulvoskābes raksturojas ar mazāku molekulmasu.

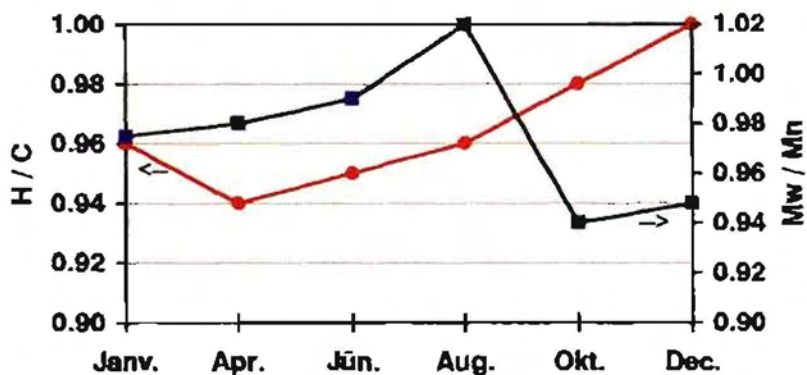
Lai labāk raksturotu humusvielu elementu sastāvu, tika aprēķinātas atomu attiecības un attēlotas Van Krevelena grafikos (3.2.2.att.). Starp H/C un O/C attiecībām pastāv cieša korelācija (3.2.2.att. A), kas parāda nosacītu aromātiskuma pakāpi HV struktūrā (īpaši labi šo attiecību atšķirības saskatāmas starp HS un FS). Starp karboksilgrupām un O/C attiecību arī pastāv cieša savstarpējā atkarība (3.2.2.att. B), kas norāda uz to, ka HV molekulas skābekļa galveno daļu veido karboksilgrupas. Pētījumā parādījās, ka oligotrofu un distrofu ūdeņu humusvielas satur maz karboksil- un fenolu hidroksilgrupu. Savukārt slāpekļa koncentrācija humīnskābēs ir ~1.5 reizes augstāka, kā to pašu humusvielu fulvoskābēs, un šīs atšķirības ir lielākas starp distrofiem un oligotrofiem ezeru ūdeņiem. Starp N/C attiecību un HV molekulmasu pastāv pozitīva savstarpējā atkarība (3.2.2.att. C). Tas nozīmē, ka slāpeklis ir nozīmīgs elements ūdens humusvielas makromolekulas struktūrā. Tāpat noteikta sakarība pastāv starp hidroksilgrupu saturu un HV molekulmasas vidējo skaita lielumu. Kā redzams 3.2.2.attēlā D diagrammā, vēlreiz uzskatāmi parādās, ka fulvoskābes satur vairāk hidroksilgrupu un ir ar mazāku molekulmasu kā to pašu humusvielu HS.

Ūdenstilpju sezonālo izmaiņu procesi ietekmē humusvielu īpašības, kas nosaka to struktūras veidošanās īpatnības gada laikā. Rudenī-ziemā H/C atomu attiecība



3.2.2.att. H/C un O/C atomu attiecības (A), karboksilgrupu saturs un O/C atomu attiecība (B), N/C atomu attiecība un molekulmasas vidējais skaits M_n (C), karboksilgrupu saturs un molekulmasas vidējais skaits M_n (D)

pieaug, bet samazinās molekulmasa, skābekļa un karboksilgrupu saturs (3.2.3.att.). Šie ķīmiskie rādītāji parāda HV transformācijas procesus. Ūdeņu HV struktūrā galvenās funkcionālās grupas ir karboksil- un fenolu hidroksilgrupas. FS satur vairāk karboksilgrupu (3.5-6 mmol/g), bet HS satur vairāk fenolu grupas (1.0-1.5 mmol/g).

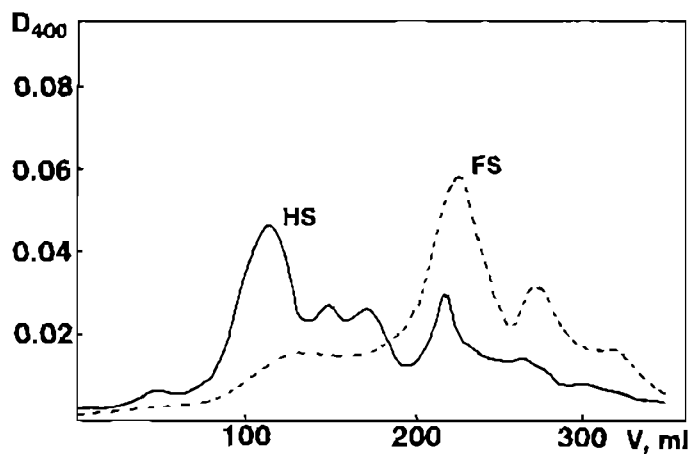


3.2.3.att. Humusvielu H/C un molekulmasas attiecību sezonālās izmaiņas (Daugavai)

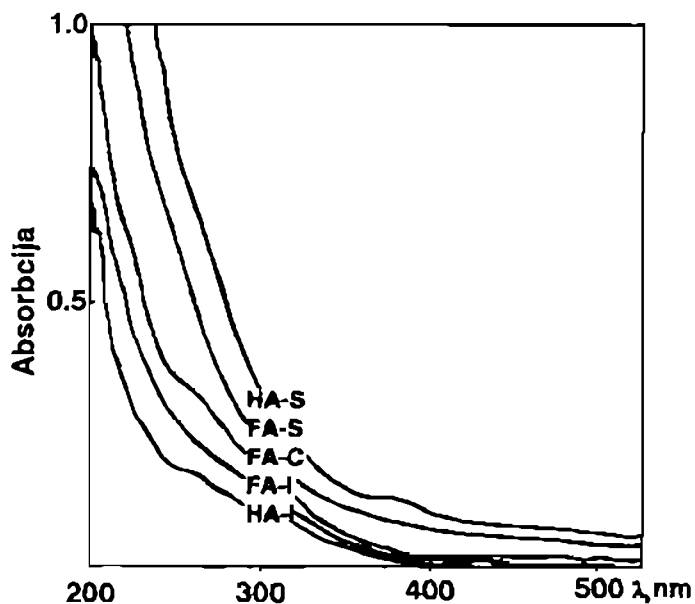
Humusvielu molekulmasas sadalījumus raksturo ar vidējo skaita lielumu (M_n) un vidējo svara vienību (M_w), kā arī ar to attiecību, kas parāda polidispersiju (Town & Powell 1992). HV var patvaļīgi iedalīt pēc to tipa un veidošanās avota. Visos gadījumos noteiktā molekulmasa humīnskābēm ir lielāka kā to pašu humusvielu fulvoskābēm un tās ir vairāk heterogēnas. Eitrofu ezeru ūdeņu humusvielas bija vairāk heterogēnas, bet ar mazāku molekulmasu kā oligo- un distrofu ezeru ūdeņu HV (3.2.2.tab.). Izolēto ūdeņu humusvielu frakcionēšana uz *Sephadex G-100* arī parādīja, ka eitrofu ezeru ūdeņu HV ir vairāk heterogēnas, salīdzinot ar citu ezeru trofiska stāvokļa ūdeņu humusvielām (3.2.4.att.).

Noteiktajiem humīnskābju un fulvoskābju ultravioletiem spektriem raksturīgs, ka humusvielu sorbcija samazinās, pieaugot viļņa garumam (3.2.5.att.). Visām humīnskābēm vērojams mazāk vai vairāk izteikts sorbcijas līknes pacēlums pie 270 nm viļņa garuma. Ultravioletie spektri ir vienādi gan HS, gan FS, bet nedaudz atšķirīgi pēc to optiskā blīvuma. Adsorbcijas līknes slīpums, kas aprēķināts pēc ultravioleto staru

absorbcijas attiecības pie 465 nm un 665 nm, t.i., E_4/E_6 attiecība, viļņu garumiem parādīja, ka tas atgriezeniski saistīts ar aromātisko grupu kondensāciju (aromātiskumu) kā arī ar daļiņu izmēru un molekulmasu (Chen et al. 1977).



3.2.4.att. Humīnskābes (HS) un fulvoskābes (FS) frakcionēšana uz Sephadex G-100 Burtnieka ezeram



3.2.5.att. Ūdens humusvielu ultravioletie spektri Salacai (HS-S, FS-S), Čortokam (FS-C) un Islienās (HS-I, FS-I)

Latvijas pētāmajām ūdenstilpēm visaugstākās E_4/E_6 attiecības ir fulvoskābēm, un daļēji humīnskābēm. Mūsu pētījumā šī attiecība parāda kondensēto aromātisko sistēmu zemo konjugācijas pakāpi un mazāku daļiņu izmērus jeb molekulmasu fulvoskābēm (3.2.3.tab.). Kā atzīmē I.P.Čhins un līdzautori (Chin et al. 1994), E_4/E_6 attiecība ir augstāka FS kā humīnskābēm. Šī likumsakarība raksturo HV molekulmasas izmaiņas, t.i. HS ir lielāka molekulmasa kā FS. Ultravioleto spektru robežās ūdeņu HV molārā absorbcija izmērīta pie 280 nm viļņa garuma. Šis viļņa garums izvēlēts, jo pie tā labi parādās $\pi - \pi^*$ elektronu pāreja konjugētām sistēmām (Chin et al. 1994). Tādēļ molāro absorbciju var izmantot, lai aprēķinātu HV aromātiskumu, pēc šādas formulas:

$$\text{aromātiskums} = 0.5 \varepsilon + 6,74$$

kur ε - molārā absorbcija, 6,74 - koeficients

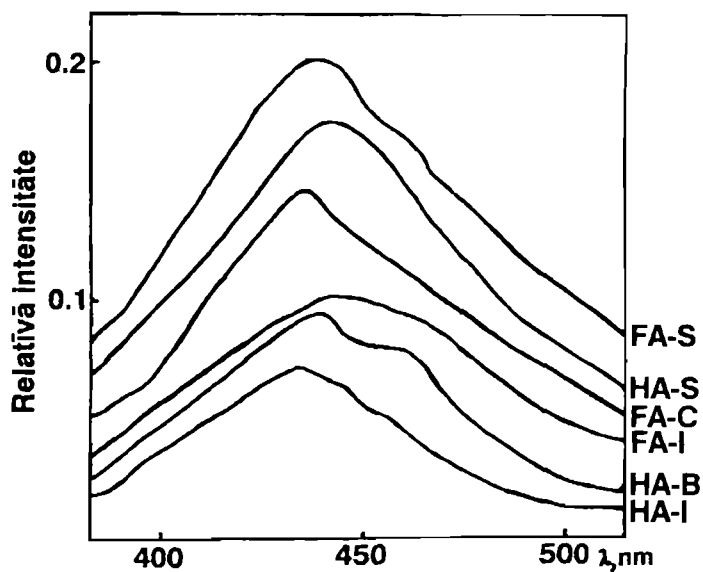
3.2.3.tab. Ūdens fulvoskābju gaismas absorbcijas īpašības un aromātiskums

Fulvoskābe (upes/ezera nosaukums)	ε , L (mols C) ⁻¹ cm ⁻¹	E_4/E_6	Aromātiskums, %	Literatūras avots
FS (Misūri upe, ASV)	247	13,9	20,4	Chin et al., 1994
FS (Ohio upe, ASV)	274	17,2	24,3	Chin et al., 1994
FS (pazemes ūdens Mīnesotā, ASV)	122	35,3	12,6	Chin et al., 1994
FS (Friksela ezers, Antarktīda)	150	-	13,0	Chin et al., 1994
FS (Vertežas ezers)	376	16,2	25,5	Pētījums
FS (Čortoks ezers)	415	14,5	27,4	Pētījums
FS (Burtņieku ezers)	214	8,6	17,4	Pētījums
FS (Liepājas ezers)	189	9,4	16,1	Pētījums
FS (Kemeru ezers)	398	18,5	26,6	Pētījums
FS (Lielezers)	373	15,1	25,3	Pētījums

Mūsu pētījumā noteiktās molārās absorbcijas un aromātiskuma aprēķinātās vērtības salīdzinātas ar literatūras datiem (3.2.3.tab.), lai izvērtētu dažādu humusvielu avotu ietekmi uz HV struktūras un īpašību veidošanos. Piemēram, Friksela ezera (Antarktīda) ūdens fulvoskābēm nav organisko vielu avota, kuru veidotu augstākas klases augi. Šī ezera FS ir ar relatīvi zemāku molāro absorbciju un aromātiskumu. Tas norāda uz to, ka Friksela ezera galvenais HV veidošanas avots ir aļģu un baktēriju

sadalījušies produkti. Latvijā šāda situācija ir raksturīga humusvielām, kas izolētas no eitrofu ezeru ūdeņiem. Savukārt distrofu ezeru ūdeņu HV ir ar lielāku aromātiskuma pakāpi un molāro absorbciju. Tomēr pārsteidzoši, ka oligotrofa ezera (Čortoks) humusvielas ir ļoti aromātiskas.

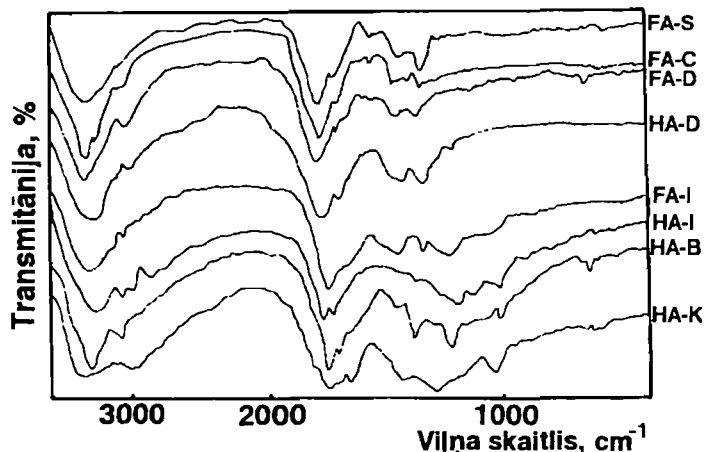
Humīnskābju un fulvoskābju fluorescences emisijas spektri (ierosināti pie 335 nm viļņa garuma) ir atšķirīgi plašā diapazonā un to maksimumi vērojami pie 435 nm un 465 nm viļņu garumiem. Dažiem paraugiem parādījās sorbcijas līknes pacēlums pie zemākiem viļņu garumiem (3.2.6.att.). Fluorescence pie augstākiem viļņu garumiem parādīja atšķirīgākus emisijas spektrus, kas ir raksturīgs purvu ūdeņu humusvielām. Tas parāda augstāk aizvietotus aromātiskos kodolus (Ghosh & Schnitzer 1980). Ūdeņu HS un FS fluorescences emisijas spektru maksimumi ir pie zemākiem viļņu garumiem. Tas parādīja zemo aromātisko polikondensācijas pakāpi un zemākas konjugācijas hromoforas grupas.



3.2.6.att. Ūdens humusvielu fluorescences emisijas spektri ($\lambda_{exc} = 330$ nm) Salacai (HS-S, HS-S), Čortokam (FS-C), Islīenas ezeram (HS-I, FS-I) un Bažu ezeram (HS-B)

Pētītajām humīnskābēm un fulvoskābēm infrasarkanie spektri kopumā ir līdzīgi pēc galvenajām adsorbcijas attiecībām (3.2.7.att.), bet tie ir atšķirīgi dažādām relatīvi intensīvām grupām, kas ir atkarīgs no ņemtā ūdens parauga organisko vielu izcelsmes

avotiem. Humusvielas infrasarkanie spektri dod informāciju par struktūras un uzbūves īpatnībām, īpaši parādot tipiskas funkcionālās grupas un to saites HV struktūrā.



3.2.7.att. Ūdens humusvielu infrasarkanie spektri Salacai (FS-S), Daugavai (FS-D, HS-D), Čortoka (FS-C), Islienās (FS-I, HS-I), Bažu (HS-B) un Ķemeru (HS-K) ezeriem

Šīs metodes priekšrocība ir tā, ka pirms humusvielu analizēšanas, ūdens paraugs nav jāattīra. Humusvielu infrasarkanos spektrus varēja iedalīt pēc to spektru reģioniem, atkarībā no to sniegtās informācijas un svarīgo funkcionālo grupu klātbūtnes.

Reģions 3600-2800 cm⁻¹. Šajā reģionā ir vērojams plašs absorbēto grupu diapazons, kas ir tipiskas ne tikai HV, bet arī minerālajām sastāvdaļām. Absorbēcija šo spektru reģionam tika noteikta, pateicoties -OH grupu klātbūtnei, kuras ir saistītas ar citām grupām. Mūsu pētījumā tās ir saistītas ar ūdeņraža saitēm.

Reģions 2800-1700 cm⁻¹. Tipiskas sorbcijas līnijas ir reģionam ap 1700 cm⁻¹ (1725-1700 cm⁻¹). Šis reģions ir raksturīgs oglekļa grupām aldehīdos, ketonos un karbonskābēs. Sorbciju maksimumi ir atkarīgi no konjugācijas pakāpes, aizvietotības un ūdeņražu saišu klātbūtnes.

Reģions 1690-1500 cm⁻¹. Šinī spektra reģionā ir iespējams noteikt sorbcijas maksimumu amīdu grupām (1650-1640 cm⁻¹ un 1550-1540 cm⁻¹). Mūsu pētījumā šajā reģionā sorbcija bija tipiska humusvielām, kas saturēja daudz slāpekļa un aminoskābes.

Reģions 1470-800 cm⁻¹. Pie viļņu garumiem 1470-1370 cm⁻¹ atrodamas grupas, kas tipiskas C-H un O-H saitēm un sorbciju maksimumi ir raksturīgi C-O saitēm. Šo spektru reģionā tiek dota informācija par oglekļa hidratu attiecībām humusa molekulas struktūrā.

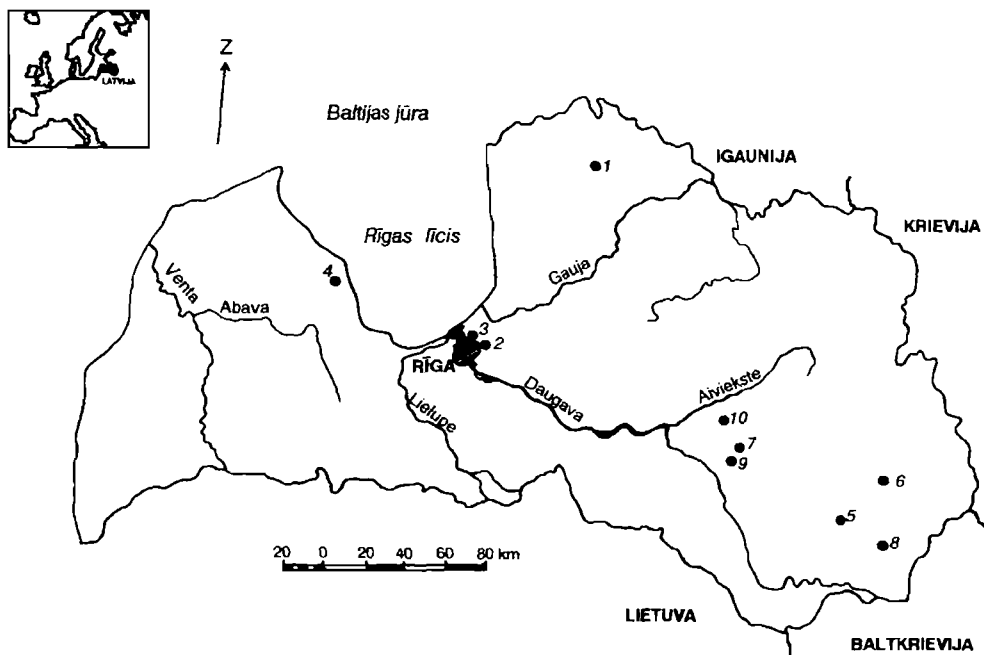
Secinājumi:

Lai konstatētu humusvielu veidošanās apstākļus un īpašības Latvijas virszemes ūdeņos (upēs un ezeros) mēs noteicām to elementu un funkcionālo grupu sastāvu, skābes-bāzes, molekulmasas sadalījumu un veicām spektrālo analīzi.

- Tāpat kā pēc literatūras datiem, mūsu pētījumā ūdens humīnskābes satur vairāk oglekli, bet mazāk skābekli un funkcionālo grupu kā fulvoskābes. Savukārt fulvoskābēm ir mazāka molekulmasa.
- Ūdens humusvielas, kas izolētas no Salacas un Sedas upju ūdeņiem, satur vairāk oglekļa un funkcionālo grupu, bet mazāk ūdeņraža, un tām ir mazāka molekulmasa, salīdzinot ar pārējo pētāmo upju izdalītajām humusvielām.
- Ūdens humusvielas, kas izolētas no oligotrofiem un distrofiem jeb purva ezeru ūdeņiem, satur daudz vairāk oglekļa nekā no eitrofām ūdenstilpēm. Pēc uzbūves īpatnībām šo ezeru ūdeņu humusvielas ir līdzīgas kūdras humusvielām, kas pēc rakstura ir vairāk aromātiskas.
- Slāpekļa koncentrācija humīnskābēs ir ~1.5 reizes augstāka, kā to pašu humusvielu fulvoskābēs, un šīs atšķirības ir lielākas starp distrofiem un oligotrofiem ezeru ūdeņiem. Pētījums parādīja, ka starp N/C attiecību un humusvielu molekulmasu pastāvēja pozitīva savstarpējā atkarība, kas nozīmē, ka slāpeklis ir nozīmīgs elements ūdeņu humusvielas makromolekulas struktūrā.
- Izsekojot sezonālās izmaiņas Latvijas virszemes ūdeņu humusvielām arī parādīja, ka to struktūras veidošanās īpatnības un īpašības nosaka ūdens tilpnē vai tecē noritošo procesu izmaiņas gada laikā.
- Kopumā salīdzinot ķīmiskos rādītājus Latvijas virszemes ūdeņu izolētajām humusvielām ar Ziemeļvalstu noteikto humusvielu standartu, mēs neatklājām būtiskas atšķirības.

3.3. LATVIJAS EZERU NOGULUMU HUMUSVIELU RAKSTUROJUMS

Mūsu pētījumā analizēts Latvijas ezeru nogulumu humusvielu (HV) elementu un funkcionālo grupu sastāvs, molekulmasa un spektrālās īpašības, lai raksturotu HV izcelsmes avotus un noritošos procesus ūdenī. Humusvielas izolētas no dažāda trofiska stāvokļa ezeriem (skat. 3.2.nod.). Pētīto ezeru atrašanās vieta un to sateces baseinu raksturojums dots 3.3.1.attēlā un 3.3.1.tabulā.



3.3.1.att. Latvijas pētāmie ezeru nogulumu paraugu ņemšanas vietas (kods atbilsts 1.tab.s pirmās kolonnas numerācijai)

3.3.1.tab. Ezeru trofiskais stāvoklis un sateces baseinu raksturojums pēc zemes lietojuma struktūras

Nr. p.k.	Ezers	Trofiskais stāvoklis	Sateces baseins, km ²	Lauksaimn. zemes, %	Meži, %	Purvi, %
1.	Burtnieks	eitrofs	2215	20	30	15
2.	Juglas	eitrofs	1710	35	40	10
3.	M.Baltezers	eitrofs	3,5	25	-	30
4.	Engures	eitrofs	644	32	56	5
5.	Rušons	mezotrofs	266	28	40	12
6.	Rāznas	mezotrofs	234,3	33	21	6
7.	M.Baltiņš	mezotrofs	0,52	25	65	7
8.	Čortoks	oligotrofs	1,3	1	94	2
9.	Breķis	distrofs	-	-	-	100
10.	Tolkājas	distrofs	0,6	-	-	100

Kopumā pētāmie ezeri atrodas mazintensīvi attīstītu rūpniecības un lauksaimniecības rajonos. Daži no tiem atrodas dabas rezervātos un dabas aizsargājamajās teritorijās (Engures, M.Baltiņš, Breķis, Tolkājas un Burtnieks). Distrofu un oligotrofu ezeru baseinos lauksaimniecības darbība ir nenozīmīga.

Ezeri ir atšķirīgi pēc ūdens ķīmiskā sastāva (3.3.2.tab.). Eitrofiem ezeriem ir raksturīgs lielāks kopējo izšķīdušo vielu saturs un nitrātu koncentrācijas, turpretim distrofiem ezeriem konstatētas visaugstākās ūdens krāsainības vērtības, ko nosaka paaugstinātā organisko vielu pieplūde.

3.3.2.tab. Ezeru ūdens ķīmiskais sastāvs

Nr. p. k.	Ezers	Cietība, mgeq/l	Kopējais izšķīdušais vielu saturs, mg/l	Krāsainība, PtCo grādos	NO ₃ ⁻ , mg/l
1.	Burtnieks	2.30	330	32	0.70
2.	Juglas	5.88	285	47	1.50
3.	M.Baltezers	3.23	214	17	1.45
4.	Engures	4.66	220	52	1.03
5.	Rušons	2.12	207	19	0.01
6.	Rāznas	2.38	290	15	0.13
7.	M.Baltiņš	0.69	55	16	0.14
8.	Čortoks	0.20	25	14	0.04
9.	Breķis	0.70	75	140	0.50
10.	Tolkājas	0.60	19	65	0.52

3.3.3.tab. Ezeru nogulumu ķīmiskais sastāvs

Nr. p. k.	Ezers	Organiskās vielas, g/kg	pH KCl ekstraktā	NO ₃ ⁻ , mg/kg	NH ₄ ⁺ , mg/kg	Pb, mg/kg	Cu, mg/kg
1.	Burtnieks	720	7.61	8.5	1.8	18.75	4.37
2.	Juglas	127	7.31	5.5	2.5	68.71	15.34
3.	M.Baltezers	670	7.14	30.3	3.1	28.31	6.15
4.	Engures	55	7.55	3.7	4.7	15.32	13.52
5.	Rušons	368	7.09	6.2	2.5	23.44	3.04
6.	Rāznas	394	7.13	14.9	3.8	16.67	6.15
7.	M.Baltiņš	431	7.24	12.3	2.6	19.05	7.40
8.	Čortoks	819	7.55	2.5	6.7	21.43	9.13
9.	Breķis	850	6.11	4.1	14.3	9.73	3.12
10.	Tolkājas	830	5.86	3.8	12.4	8.45	2.85

Visos pētītajos ezeru nogulumos ir salīdzinoši liels organisko vielu saturs, izņemot Engures ezeru (3.3.3.tab.). Visaugstākās nitrātjonu koncentrācija mēs konstatējām M.Baltezera nogulumos, bet visaugstākais amonija vērtības un zemākās pH vērtības ~6 ir distrofu ezeru (Breķis un Tolkājas) nogulumos. Lielākajai daļai pētāmo ezeru sateces baseinos antropogēnā darbība, kas eventuāli veicinātu smago metālu akumulāciju ezeru nogulumos, nav intensīva. Netieši par to liecina zemais metālu saturs pētīto ezeru nogulumos. Kā izņēmums minams ir Juglas ezers.

No ezeru nogulumiem HV ekstrahētas un frakcionētas pēc augšņu humusvielu izdalīšanas metodes. Nogulumu HV noteikts to elementu un funkcionālo grupu sastāvs, kā arī molekulmasa (3.3.4.tab.). Iegūtos rezultātus

3.3.tab. Ezeru nogulumu humusvielu raksturojums

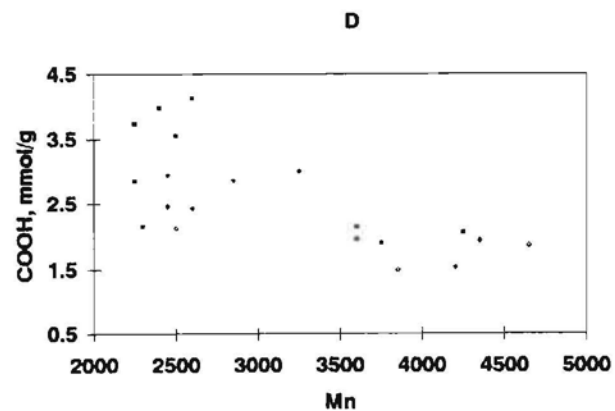
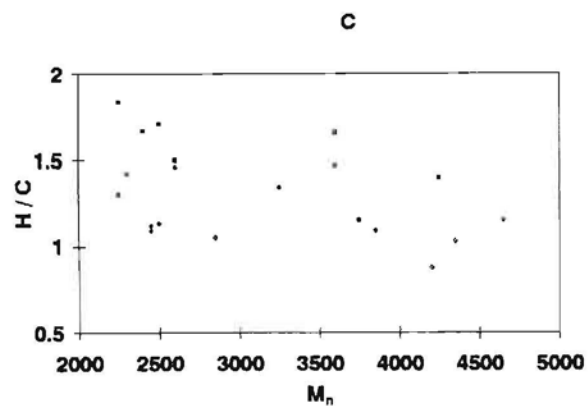
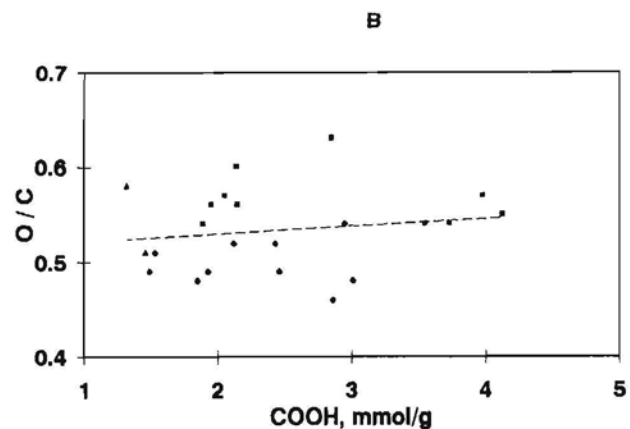
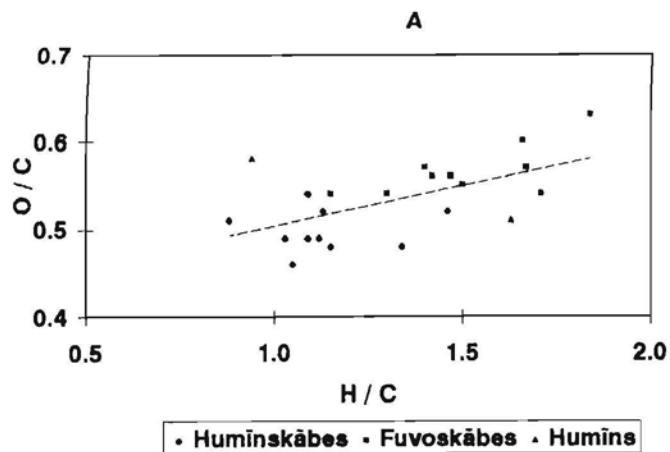
Humusvielas (pētāmā ezera nosaukums)	C, %	H, %	O, %	N, %	Pelni, %	M _n	M _w	COOH, mmol/g
HS (Burtnieks)	51,34	5,85	32,87	5,64	4,3	3250	5340	3,01
HS (Juglas)	53,65	4,74	32,98	6,23	2,4	2850	4800	2,86
HS (M.Baltezers)	52,14	6,04	36,22	4,30	1,3	2600	4650	2,43
HS (Engures)	52,73	4,83	38,18	2,96	1,3	2450	3850	2,95
HS (Rušons)	53,16	5,04	36,87	3,43	1,5	2500	4150	2,12
HS (Rāznas)	54,34	5,13	35,51	4,12	0,9	2450	4050	2,46
HS (M.Baltiņš)	55,11	4,76	36,10	1,73	2,3	4350	5600	1,93
HS (Čortoks)	56,14	5,43	35,65	1,08	1,7	4650	6200	1,85
HS (Breķis)	54,34	4,03	37,19	2,34	2,1	4200	5650	1,53
HS (Tolkājas)	55,32	5,06	35,87	2,85	0,9	3850	5400	1,49
FS (Burtnieks)	50,14	6,34	36,57	4,15	2,8	2600	3450	4,13
FS (Juglas)	49,76	7,14	35,74	4,96	2,4	2500	3600	3,55
FS (M.Baltezers)	50,14	7,03	38,25	3,28	1,3	2400	3550	3,98
FS (Engures)	48,10	7,43	40,44	2,43	1,7	2250	3350	2,85
FS (Rušons)	51,53	6,16	38,76	2,15	1,4	2300	3400	2,15
FS (Rāznas)	52,44	5,74	37,47	3,15	1,2	2250	3300	3,73
FS (M.Baltiņš)	49,84	6,95	39,77	1,64	1,8	3600	4700	2,14
FS (Čortoks)	52,07	6,12	39,40	1,31	1,1	4250	5100	2,05
FS (Breķis)	53,14	5,15	38,40	1,54	1,8	3750	4200	1,89
FS (Tolkājas)	51,39	6,34	38,05	2,32	1,9	3600	4100	1,95
Humīns (M.Baltzers)	52,25	4,14	40,06	0,95	2,6	-	-	1,32
Humīns (Juglas)	53,14	4,75	36,35	0,86	4,9	-	-	1,46

salīdzinājām ar literatūras datiem (Martin & Reeve 1955, Ishiwatari 1985, u.c.). Pētījumā konstatējām, ka Latvijas ezeru nogulumu humīnskābes satur vairāk C, N un pelnu, bet mazāk O un H nekā fulvoskābes. Savukārt distrofu un oligotrofu ezeru nogulumu HS satur vairāk oglekļa nekā eitrofu ezeru nogulumu humusvielas (3.3.5.tab.). Tas nozīmē, ka arī Latvijas ezeru nogulumu HV ķīmisko sastāvu, kā arī uzbūves īpatnības, būtiski ietekmē humusvielu izcelsmes avoti, HV koncentrācijas ūdenī un ūdens ķīmiskais sastāvs, HV pieplūde no sateces baseina, antropogēnā darbība u.c. faktori (Garcia et al 1994, Kļaviņš 1995).

3.3.5.tab. Nogulumu humusvielu elementu un funkcionālo grupu sastāvs un molekulmasa

Humīnskābes	C, %	C/H	COOH, mmol/g	M _n	M _v /M _w
Eitrofu ezeru	52.46	0.84	2.81	2790	0.59
Mezotrofu ezeru	53.75	0.93	2.29	2450	0.60
Distrofu ezeru	54.83	1.02	1.51	4000	0.73
Oligotrofu ezeru	55.62	0.88	1.89	4500	0.76

Labāk dažāda trofiska stāvokļa ezeru nogulumu HV strukturālās atšķirības parādījās, aprēķinot O/C un H/C atomu attiecības un attēlojot tās Van Krevelena grafīkos (3.3.2.att.). Tāpat kā ūdens humusvielām, O/C un H/C atomu attiecības parāda aromātisko struktūru relatīvo daudzumu ezeru nogulumu humusvielu molekulā. Neatkarīgi no to izcelsmes, humīnskābēm ir mazāka O/C attiecība nekā fulvoskābēm un starp O/C un H/C pastāv cieša savstarpējā atkarība (5.2.att. A). Eitrofu un mezotrofu ezeru nogulumu fulvoskābēm ir augstākas H/C attiecību vērtības. Īpaši augstas H/C attiecības ir eitrofu ezeru nogulumu FS. Kopumā fulvoskābes satur vairāk skābekļa kā humīnskābes. Savukārt karboksilgrupu ir mazāk humīnā, bet vairāk FS. Pētāmo ezeru nogulumu humusvielām starp skābekļa un karboksilgrupu saturu pastāv pozitīva savstarpējā atkarība, kur skābeklis ir atrodams galvenokārt karboksil- un fenola grupās (3.3.2.att. B). Oligotrofu ezeru nogulumu HV elementu sastāvs ir pārsteidzoši līdzīgs ar distrofu (purvu) ezeru nogulumu humusvielām.



3.3.2.att. Humīnskābju, fulvoskābju un humīna O/C un H/C atomu attiecības (A); O/C atomu attiecības un karboksilgrupu saturs (B); H/C atomu attiecības un molekulmasas vidējais skaits M_n (C); karboksilgrupu saturs un molekulmasas vidējais skaits M_n (D)

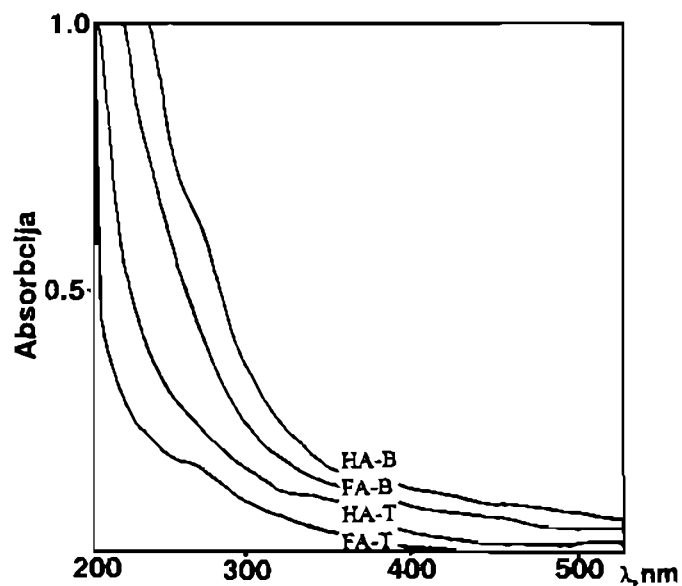
Humīnskābju un fulvoskābju molekulmasu sadalījums mēs aprēķinājām divejādi: pēc molekulmasas vidējā skaita lieluma (M_n) un pēc molekulmasas vidējā svara vienības (M_w). M_w/M_n attiecību var lietot kā polimēra molekulas polidispersijas mērvienību: šī attiecība ir vienāda ar makromolekulas homogēnā maisījuma vienību. Attiecības novirze ir 1, kas parāda makromolekulas polidispersijas pakāpi.

Mēs konstatējām, ka salīdzinot ar ezeru ūdens humusvielām (skat. 3.2.nod.), ezeru nogulumu HV ir lielāka molekulmasa. Ezeru nogulumu humusvielām molekulmasa samazinās šādā secībā: M_w (mezotrofs) > M_w (eitrofs) > M_w (distrofs) > M_w (oligotrofs). Humīnskābju polidispersija samazinās šādā pašā secībā.

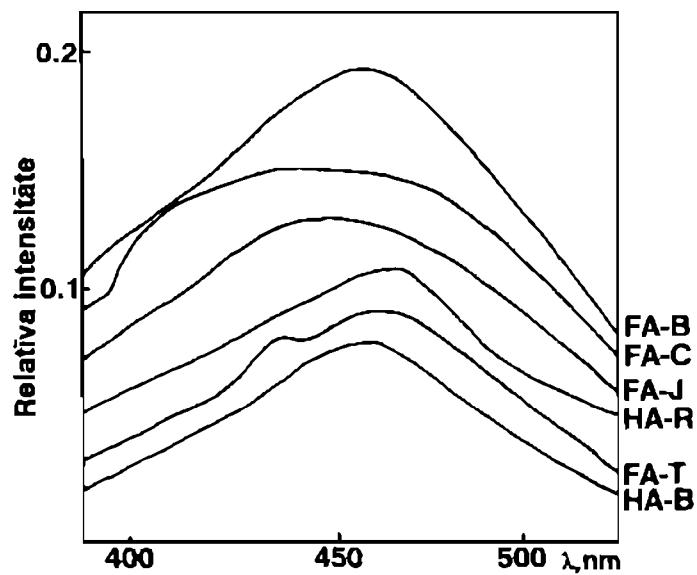
Savukārt Van Krevelena grafikos (3.3.2.att. C un D) uzskatāmi parādījās, ka fulvoskābēm visos gadījumos ir zemāka molekulmasa kā humīnskābēm. Tas izskaidrojams ar to, ka HV transformācijas procesi nosaka to molekulmasas samazināšanos un molekulas homogenitātes pieaugumu.

Mūsu pētījumā ezeru nogulumu humusvielu ultravioletie spektri parādīja (tāpat kā virszemes ūdeņu humusvielām), ka samazinoties viļņu garumam samazinās HV sorbcija (3.3.3.att.). Nelielas atšķirības pastāvēja starp dažādas izcelsmes ezeru nogulumu humusvielām. Piemēram, ultravioletos spektros nogulumu HV, kas izolētas no eitrofām ūdenstilpēm, bija vērojams maksimums pie $\lambda=520$ nm.

Ezeru nogulumu humusvielu fluorescences spektros maksimums ir vērojams viļņu diapazonā no 435 līdz 455 nm (3.3.4.att.). Arī šeit eitrofu ezeru nogulumu HS spektri atšķirās no distrofiem un oligotrofiem ezeriem (vēlāk parādījās emisijas maksimums pie mazākiem viļņu garumiem). Fluorescences maksimumu pie 440-470 nm var izskaidrot ar šīa bāzu klātbūtni, kas veidojas kondensējoties amino- un karbonilgrupām. FS ar augstu N saturu, kas veidojas no atmirušajām aļģēm eitrofu ezeru nogumos, tika konstatēti ietensīvāka fluorescences tieši pie šiem viļņu garumiem.



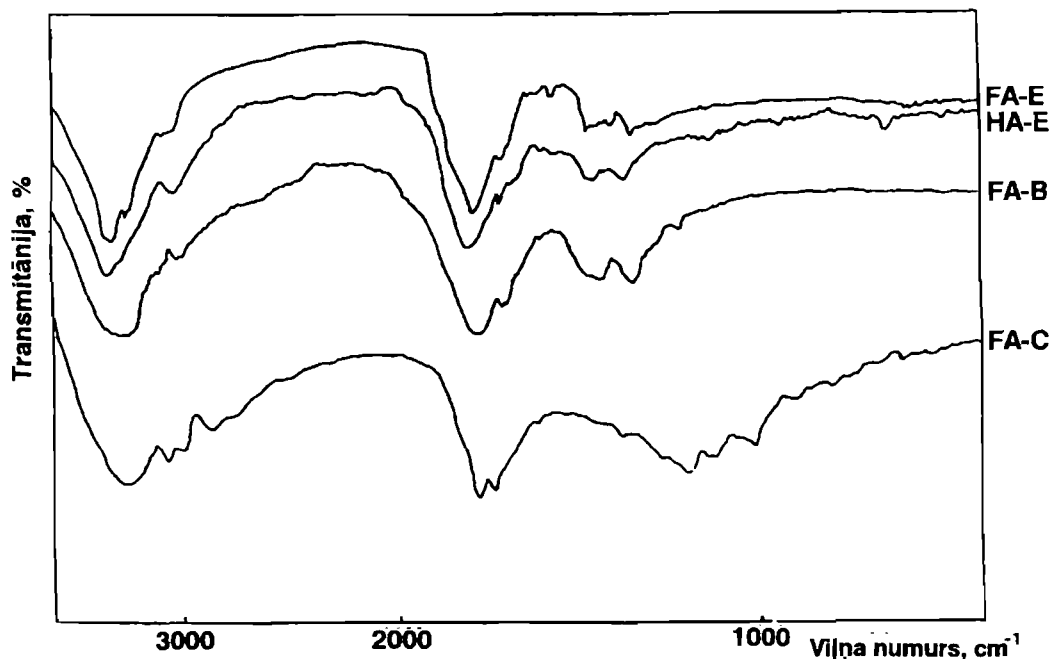
3.3.3.att. Nogulumu humusvielu ultravioletie spektri Burtnieka (HS-B, FS-B) un Tolkājas (HS-T, FS-T) ezeriem



3.3.4.att. Nogulumu humusvielu fluorescences emisijas spektri ($\lambda_{exc} = 330 \text{ nm}$) Burtnieka (HS-B, FS-B), Čortoka (FS-C), Juglas (FS-J), Rāzņas (HS_R) un Tolkājas (FS-T) ezeriem

Infrasarkanie spektri dod informāciju par HV struktūru (galvenokārt par tipiskajām funkcionālajām grupām). Pētāmajiem nogulumu FS un HS infrasarkanie spektri bija kopumā līdzīgi, bet atsevišķām funkcionālajām grupām atšķirības parādījās relatīvajā intensitātē (3.3.5.att.). Kopumā ezeru nogulumu HV infrasarkanie spektri atšķiras no ūdeņu humusvielu spektriem (skat. 4.nod). Nogulumu HV raksturīga plaša sorbcija bija reģionā no 3600-2800 cm^{-1} , ko nosaka -OH grupu klātbūtne un to saistība ar citām funkcionālajām grupām. Eitrofu ezeru nogulumu HV parādīja nosacīti intensīvu alifātisko C-H sorbciju (2930, 2850, 1460 cm^{-1}).

Distrofu un oligotrofu ezeru nogulumu HV sorbcija šajos reģionos nebija tik izteikta. Visām nogulumu humusvielām tipiski izteikta sorbcija parādījās ap 1700 cm^{-1} (1725-1700 cm^{-1}), kas ir raksturīgs karboksilgrupām aldehīdos un ketonos. Reģionā 1625-1610 cm^{-1} augstāka sorbcija parādījās eitrofu ezeru nogulumu humusvielām, kas parāda lielāku aromātisko C=C un karboksilgrupu, hinonu daudzumu.



3.3.5.att. Nogulumu humusvielu IS spektri Engures (FS-E, HS-E), Breķa (FS-B) un Čortoka (HS-C) ezeriem

Secinājumi:

- Mūsu veiktās Latvijas ezeru nogulumu ekstrahēto humusvielu ķīmiskās un spektrālās analīzes atklāja, ka HV uzbūve un īpašības ir atkarīgas no to izcelsmes avotiem.

- Konstatējām, ka oligotrofiem un distrofiem ezeriem, kam ir atšķirīgas dzīvo organismu kopums (biota), nogulumu HV ir līdzīgas. Šo ezeru nogulumu HV ir ar lielāku molekulmasu, bet satur mazāk karboksil- un hidroksilgrupu, salīdzinot ar mezotrofu un eitrofu ezeru humusvielām.

- Mezotrofu un eitrofu ezeru humusvielām raksturīgs, ka tās ir vairāk heterogēnas, bagātākas ar polārajām grupām un parāda lielāku polidispersiju.

- Šādas atšķirības starp dažāda trofiska stāvokļa ezeru nogulumu humusvielām var izskaidrot ar daļiņu veidošanos un transformācijas procesiem ezeru sateces baseinos. Lītrofu ezeru nogulumos humusvielu veidošanās ir galvenais vielu biosintēzes process, bet distrofos un oligotrofos ezeros dominē degradācijas procesi, kas vienkāršo nogulumu humusvielu struktūru un ģenēzi.

3.4 ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJUMS

LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS UPĒS

3.4.1. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS PĒTĀMO UPJU UN TO BASEINU RAKSTUROJUMS

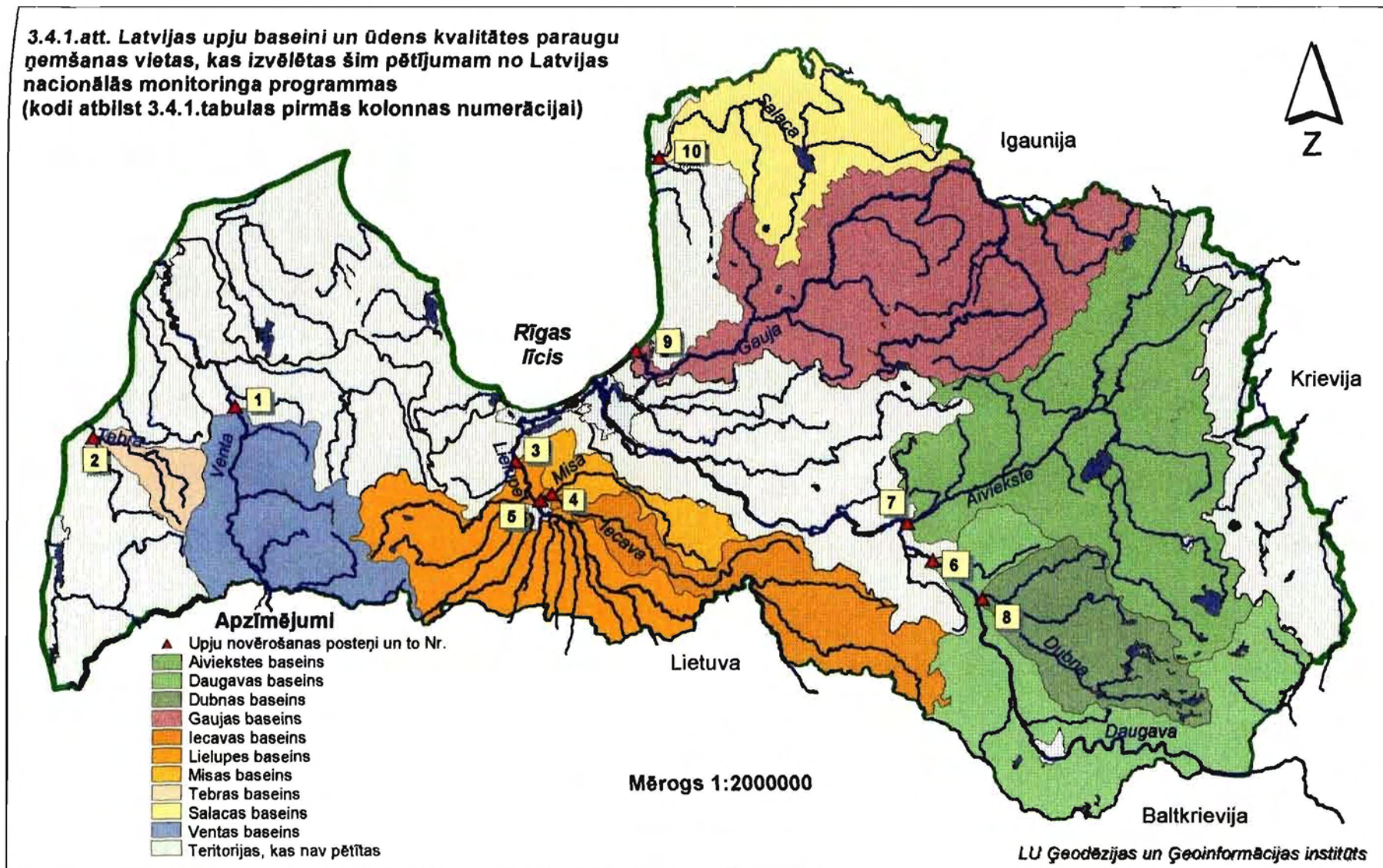
3.4.1.1. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS PĒTĀMO UPJU BASEINU FIZIOĢEOGRĀFISKS RAKSTUROJUMS

Disertācijas izstrādē izvēlēti šādi desmit Latvijas upju baseini: Venta, Tebra, Lielupe, Iecava, Misa, Daugava, Aiviekste, Dubna, Gauja un Salaca (3.4.1.att., 3.4.1.tab.). Upju baseini ir savstarpēji atšķirīgi pēc to ģeoloģiskās uzbūves, reljefa, klimata, veģetācijas, augsnes tiem, zemes lietojuma veidu struktūras un antropogēnās darbības intensitātes.

3.4.1.tab. Latvijas pētāmās upes un upju novērojumu posteņi, upju baseinu laukumi

Nr. p. k.	Upes nosaukums	Upes novērojuma postenis	Novērojuma posteņa atrašanās vieta	Pētījuma periods	Baseina laukums (km ²)
1.	Venta	Kuldīga	0.5 km augšpus pilsētas	1977-1997	8320
2.	Tebra	Upes grīva	0.2 km augšpus grīvas	1977-1993	555
3.	Lielupe	Kalnciems	0.5 km augšpus Kalnciema	1977-1997	16500
4.	Iecava	Upes grīva	1.8 km augšpus grīvas	1977-1997	1010
5.	Misa	Upes grīva	0.8 km augšpus grīvas	1977-1994	634
6.	Daugava	Jēkabpils	1 km augšpus pilsētas	1977-1997	70 600
7.	Aiviekste	Upes grīva	0.2 km augšpus grīvas	1977-1997	9160
8.	Dubna	Līvāni	0.5 km augšpus pilsētas	1977-1997	2780
9.	Gauja	Upes grīva	0.5 km augšpus grīvas	1977-1997	8890
10.	Salaca	Salacgrīva	3 km augšpus pilsētas	1977-1997	3570

3.4.1.att. Latvijas upju baseini un ūdens kvalitātes paraugu ņemšanas vietas, kas izvēlētas šim pētījumam no Latvijas nacionālās monitoringa programmas (kodi atbilst 3.4.1.tabulas pirmās kolonnas numerācijai)



Organisko vielu satura raksturojošo parametru izpētes periods ir no 1977.gada līdz 1997.gadam. Upju novērošanas posteņi izvēlēti upju grīvās vai citās reprezentīvās vietās, kas nav pakļautas tiešai punktveida piesārņojuma avota ietekmei (piemēram, Daugava augšpus Jēkabpils).

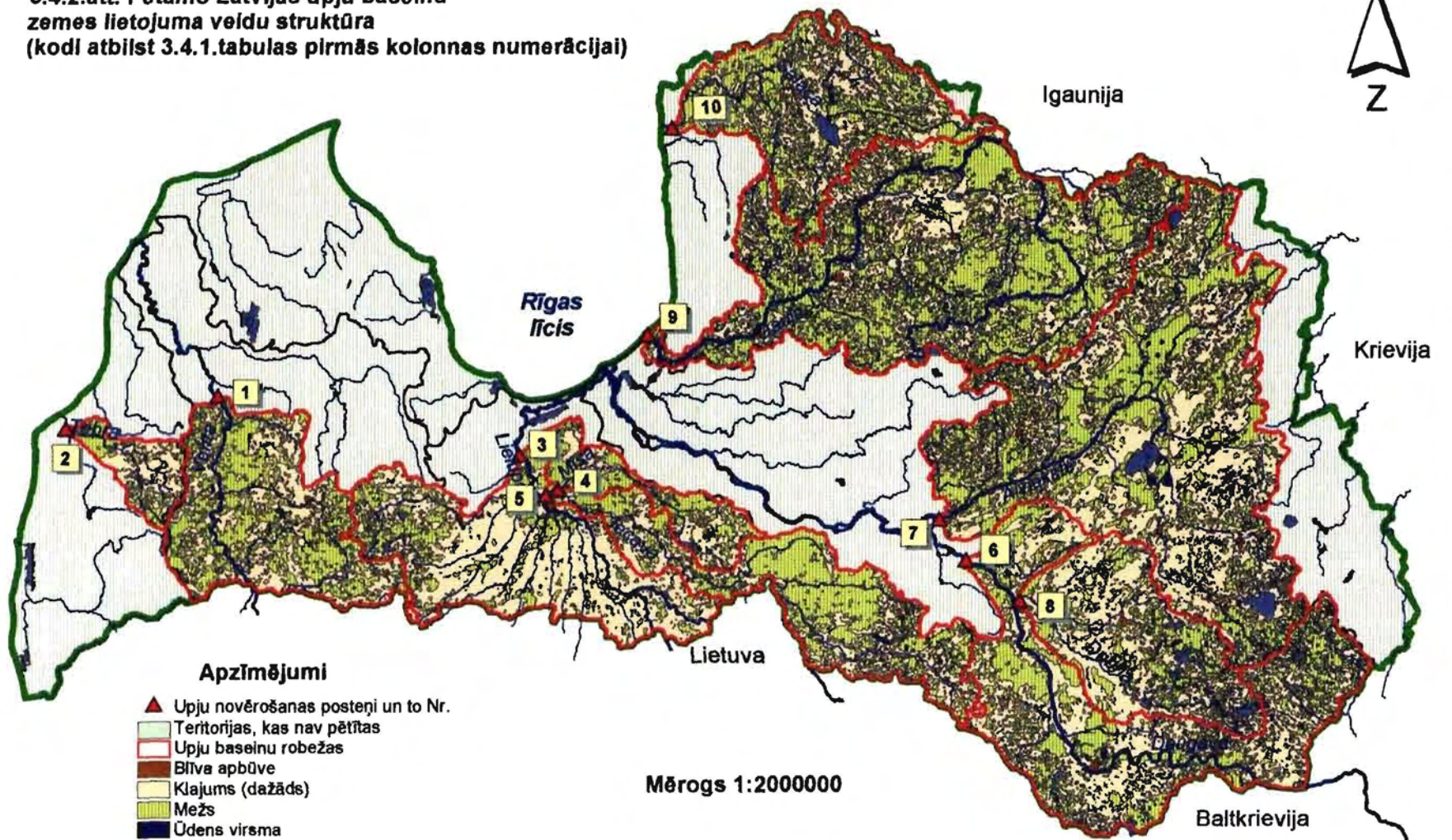
Upju hidroloģisko režīmu, it sevišķi noteci, nosaka baseina fiziogeogrāfiskās īpatnības, galvenokārt klimats un reljefs. Latvijas upes pēc hidroloģiskā režīma var nosacīti iedalīt trīs rajonos (Latvijas iekšzemes ūdeņu... 1997):

1. Upju baseini, kas atrodas Latvijas rietumu daļā;
2. Lielupes baseins;
3. Upju baseini, kas atrodas Latvijas ziemeļu un ziemeļaustrumu daļā.

1. Upju baseini, kas atrodas Latvijas rietumu daļā (Venta un Tebra). Latvijas teritorijā Venta ieleja izvietojusies pazeminājumā starp visām trim Kurzemes augstienēm. Tebras baseina lielākā daļa atrodas Rietumkursas augstienē, bet lejasdaļa - Piejūras zemienē. Baltijas jūras tuvums būtiski ietekmē Ventas un Tebras (kā arī citu Rietumlatvijas upju) hidroloģisko režīmu (Glazačeva 1975). Tām raksturīgs augsts pavasara palu maksimums marta beigās (parasti 2 nedēļas ātrāk kā Ziemeļaustrumlatvijas upēm) un izteikts rudens uzplūdu maksimums (skat. 3.4.3.3.nod.). Ir ziemas, kad nav noturīgas ledus segas vai tā saglabājas īslaicīgi. Paaugstināts ūdens līmenis, biežo atkušņu dēļ var saglabāties visu ziemu. Rietumlatvijas upēm pavasara palu notece veido ~40% no gada noteces (Ресурсы поверхностных вод СССР 1969). Pēc ģeoloģiskās uzbūves Ventas un Tebras baseini ir atšķirīgi no citām Latvijas upju baseiniem ar to, ka augsteču pamatiežu virsmu veido jaunāku sistēmu (karbona, perma, triasa, jura) nogulumu: māli, dolomīti, kaļķakmeņi un smilšakmeņi, smiltis. Lejpus Aizputes Tebras krastos pārsvarā ir lauksaimniecībā izmantojamās zemes. Tebras baseinā ir 42% mežu (3.4.2.tab. un 3.4.2.att.). 70-jos un 80-jos gados tā bija viena no piesārņotākajām upēm Latvijā, sakarā ar neattīrīto rūpniecības notekūdeņu ievadīšanu Aizputē.

2. Lielupes baseins (Lielupe, Iecava, Misa). Tās ir tipiskas līdzenuma upes ar diezgan slikti izteiktām ielejām un niecīgu kritumu (Ресурсы поверхностных вод СССР 1969). Lielupes baseina upes atrodas pārejas daļā no rietumu uz austrumu

3.4.2.att. Pētāmo Latvijas upju baseinu
zemes lietojuma veidu struktūra
(kodi atbilst 3.4.1.tabulas pirmās kolonnas numerācijai)



3.4.2.tab. Zemes lietojuma veidu sadalījums Latvijas pētāmajos upju baseinos (Digitālie ģeogrāfiskie dati ... 1997)

N. p. k.	Upes nosaukums	Klajums, %	Mežs, %	Blīva apbūve, %	Ūdens virsma, %
1.	Venta	47,8	50,9	0,6	0,7
2.	Tebra	56,5	42,4	0,6	0,6
3.	Lielupe	32,5	64,7	1,5	1,4
4.	Iecava	41,1	58,0	0,3	0,5
5.	Misa	43,4	55,9	0,7	0,1
6.	Daugava	50,5	44,9	0,7	3,9
7.	Aiviekste	52,6	44,3	0,5	2,6
8.	Dubna	60,6	34,4	0,2	4,8
9.	Gauja	45,9	52,4	0,6	1,0
10.	Salaca	43,8	54,0	0,3	1,9

hidroloģiskajiem rajoniem. Daļēji tas atspoguļojas upju hidroloģiskajā režīmā, kas izpaužas ar augstu palu maksimumu aprīlī un paaugstinātu noteci rudenī. Lielupes baseina upēm veidojas stabila ledus sega, bet tā saglabājas tikai 2,5-3 mēnešus (Glazačeva 1975). Upēm pavasara notece sastāda vairāk kā 50% no gada noteces. Viduslatvijas zemienē ūdens infiltrācija ir laba, izņemot Zemgales līdzenumu, kur vērojama slikta ūdens infiltrācija (Ресурсы поверхностных вод СССР 1969), jo to klāj kvartāra nogulumu sega - smags bezakmeņu māls un smilšmāls. Uz lesveida smilšmāliem un karbonātiskiem slokšņu māliem veidojas velēnu karbonātaugsnes. Šīm augsnēm ir laba dabiskā auglība un fiziskās īpašības (Āva 1975). Savukārt Zemgales līdzenums ir siltākais un sausākais rajons Latvijā (Temņikova 1975). Reljefs, klimats un auglīgās augsnes bija galvenie faktori, kas noteica intensīvas lauksaimniecības attīstību Zemgales līdzenumā. Upju hidroķīmiju lielā mērā nosaka ģeoloģiskās uzbūves īpatnības kā, piemēram, sastopamie augšdevona stipinu un salaspils svītu ģipsakmeņi. Tā kā Lielupei nav izteiktas ielejas, tā var appludināt plašas piekrastes teritorijas. Mazūdens periodā ūdens notece sakarā ar nelielo kritumu un mazo straumes ātrumu ir stipri palēnināta. Upes noteci apgrūtina vēju uzplūdi no jūras, kas vērojami pat līdz 92 km attālumā no upes grīvas, un kuru laikā sāļie ūdeņi var ieplūst līdz 40 km (Beikerts 1995b). Iecavas upes galvenais barošanās avots ir sniega kušanas ūdeņi, bet gruntsūdeņu pieplūde, salīdzinājumā ar citām upēm, ir vismazākā (4-5% gadā). 19.gs. beigās pie

Garozas tika izrakts 1,5 km garš kanāls, ko nosauca par Velna grāvi. Atsevišķos gadalaikos lielākā daļa Iecavas vidusteces un augšteces ūdeņu pa kanālu tiek ievadīti Lielupē 12 km augšpus Jelgavas. Tādēļ Iecavas ūdens sastāvu leļpus Misas ietekas pārsvarā veido Misas ūdeņi (Beikerts 1995a). Diemžēl izvēlētais upes novērošanas postenis atrodas šajā posmā un nevar pilnībā reprezentēt Iecavas upes ūdeņus. Misai noteces režīms, salīdzinot ar Lielupes baseina dienvidu un rietumu daļas upēm, ir relatīvi vienmērīgs. Upes augštece atrodas mežainā un purvainā apvidū (Dambergs 1997).

3. Upju baseini, kas atrodas Latvijas ziemeļu un ziemeļaustrumu daļā (Daugava, Aiviekste, Dubna, Gauja un Salaca). Pēc hidroloģiskā režīma šīm upēm ir izteikts pavasaru palu maksimums un mazāk izteikts uzplūdu maksimums rudenī. Salīdzinot ar Rietumlatvijas upēm, abi maksimumi ir vairāk izlīdzināti. Parasti ledus sega sāk veidoties decembra sākumā un uzlūst aprīļa sākumā. Pavasara palī vidēji ilgst 1,5 mēnešus, bet upēm, kuru baseinos ir daudz ezeru (Salaca, Dubna, Aiviekste), palī ilgst 2-2,5 mēnešus (Ресурсы поверхностных вод СССР 1969, Glazačeva 1975). Pavasara notece veido vairāk kā 40% no gada noteces. Vidzemes un Latgales augstienēs ir labāki ūdens infiltrācijas apstākļi kā Austrumlatvijas zemienē. Salīdzinot ar citiem rajoniem, šīm upēm dominē pazemes ūdeņu barošānās - 30-45% gadā (Ресурсы поверхностных вод СССР 1969). Vidzemes augstienē un rajonā uz ziemeļiem no tās ir visvairāk nokrišņu, bet Latvijas dienvidaustrumu rajonā ir viskontinentālākais klimats (Temņikova 1975). Subkvartāra virsmu veido vidus un augšdevona karbonātiskie un smilšainie nogulumi. Kvartāra sistēmas nogulumu biezums ir ļoti mainīgs (1-310 m) (Grīnbergs 1975). Daugavai ir šāds gada noteces procentuālais sadalījums: 55% veido pavasara, ~13% vasaras, ~20% rudens un 12% ziemas noteces. Upe barojas ar pazemes ūdeņiem apmēram 35% gadā (Pastors 1994). Upes novērošanas postenis izvēlēts augšpus Jēkabpils, lai raksturotu Daugavas daļu, kas netiek regulēta. Aiviekste tek pa Austrumlatvijas zemieni un ietek Daugavā pie Pļaviņām. Upes lejtecē ūdens līmeni ietekmē Pļaviņu HES ūdenskrātuves svārstības. Apmēram 25% no upes baseina klāj meži un 15% - purvi un pārpurvotas pļavas, kas lielās platībās ir meliorētas (Rieksts 1994). Dubna tek pa Latgales augstieni un Austrumlatvijas zemieni, tādēļ tai ir mainīgs

kritums teces dažādās vietās. Upes baseinā ir liels ezeru īpatsvars (Beikerts 1994). Gaujai ir raksturīgi krāčaini un meandrīni posmi ar salām un sērām. Baseinā gada nokrišņu summa ir 700-950 mm. Gaujai dominē pazemes ūdeņu barošana (apmēram 40-45%), tādēļ tajā ir zemākās ūdens temperatūras, salīdzinot ar pārējām Latvijas upēm. Tai arī raksturīgs lielākais sanešu daudzums. 30% no baseina klāj meži un 5% - purvi (Avotiņa 1995). Salacai ūdens režīmā jūtama Burtņieka ezera regulējošā ietekme - pavasara un rudens maksimumi tajā ir vairāk izlīdzināti nekā citās upēs. Salaca ir vidēji likumaina, kur smilšu sēkļi mijas ar krāčainiem posmiem. Apmēram 62% no Salacas baseina laukuma aizņem Burtņieka ezera sateces baseins. 30% no upes baseina klāj meži un 12% - purvi (Eipurs 1998).

Mūsu pētījumā izvēlēti septiņi Zviedrijas upju baseini: Torne, Rone, Ljungana, Esterdāle, Vesterdāle, Morrumsona un Lagana (3.4.3.att. un 3.4.3.tab.), kuros antropogēnā ietekme (rūpnieciskā un lauksaimnieciskā, kā arī upju regulēšana) būtu minimāla. Trīs upju baseini: Torne, Rone un Vesterdāle, tiek uzskatītas par cilvēka darbības neskartajiem upju baseiniem. Novērošanas posteņi atrodas upju grīvās un pētījuma periods bija no 1971.-1994.gadam.

3.4.3.tab. Zviedrijas pētāmās upes un upju novērojumu posteņi, upju baseinu laukumi

Nr. p. k.	Upes nosaukums	Upes novērojuma postenis	Ģeogrāfiskās koordinātes		Pētījuma periods	Baseina laukums (km ²)
			Platums	Garums		
1.	Torne	Mattila	73°33'51"Z	18°79'00"A	1971-1994	25678
2.	Rone	Niemisela	73°38'33"Z	17°79'25"A	1971-1994	3915
3.	Ljungana	Skallboleforse	69°17'43"Z	15°59'84"A	1971-1994	12852
4.	Esterdāle	Groda	67°07'57"Z	14°50'07"A	1971-1994	11738
5.	Vesterdāle	Mockfjerda	67°21'17"Z	14°57'79"A	1971-1994	7824
6.	Morrumsone	Morruma	62°29'50"Z	14°34'50"A	1971-1994	3360
7.	Lagana	Laholma	62°68'75"Z	13°30'51"A	1972-1994	6177

Zviedrija pēc platības ir apmēram septiņas reizes lielāka par Latviju un ļoti atšķirīgiem dabas apstākļiem, kā arī antropogēno darbību. Zviedrijas reljefa pamatā ir senais kristāliskais pamatklintājs, kas vietām atsedzas tagadējā reljefa virspusē. Dienvidzviedrijā, salīdzinājumā ar citām Zviedrijas daļām, kristālisko pamatklintāju

pārsedz kvartāra nogulumu sega (galvenokārt paugurains morēnu reljefs). Apmēram puse no Zviedrijas teritorijas atrodas 100-400 m virs jūras līmeņa, 30% - zemāk par 100 m, bet pārējā daļa atrodas augstāk par 400 m (LPE 1987, Statistiska meddelande 1995). Uz robežas ar Norvēģiju atrodas Skandināvijas kalni, kas pāriet Norlandes plakankalnē un aizņem apmēram pusi no Zviedrijas teritorijas. Plakankalnē atrodas daudz ezeru. Zemienē izplatīti ledāju un ledāju kušanas ūdeņu nogulumu un to veidotās reljefa formas (osi, drumlini, aunapieres, ezeru ieplakas).

Zviedrijas ziemeļu daļā ir mēreni kontinentāls klimats ar garu, bargu ziemu un īsu, vēsu, mākoņainu vasaru. Vidējais nokrišņu daudzums ir 400-600 mm gadā. Pastāvīga sniega sega saglabājas 5-7 mēnešus. Kalnos atrodas ledāji. Zviedrijas vidienē un dienvidu daļā ir mērenās joslas jūras klimats ar mēreni aukstu ziemu un vēsu, mitru vasaru. Visvairāk nokrišņus saņem Zviedrijas dienvidrietumu daļa, kur nokrišņi ir 800-1200 mm, bet pārējā līdzenuma teritorijā ir vidēji 500-700 mm gadā (LPE 1987, Statistiska meddelande 1995). Zviedrijā ir blīvs un ar ūdeņiem bagāts upju tīkls. Lielākā daļa upju tek pa šaurām ielejām, tās ir straujas un krāčainas. Ezeri ir tektoniskas, glaciālas un jauktas izcelsmes. Tie aizņem apmēram 8% no Zviedrijas teritorijas.

Zviedrijā ir pārsvarā podzolētās augsnes. Ziemeļu daļā sastopamas kalnu podzolētās, kalnu tundras un purvu augsnes, vidusdaļā - velēnu podzolētās augsnes, bet dienvidu daļā - mežu brūnās augsnes. Apmēram 63% no teritorijas aizņem meži, galvenokārt skuju koku meži. Zviedrijas vidus- un dienvidu daļā dominē jauktie un arī lapu koku meži. Apmēram 14% no teritorijas aizņem purvi (galvenokārt Norlandē). Zviedrijas galējos ziemeļos un kalnos ir tundras zona (15% no teritorijas).

Ziemeļzviedrija. Torne un Rone atrodas Zviedrijas pašos ziemeļos. Abām upēm grīvās novērošanas posteņos ir izteikts pavasara palu maksimums maijā. Virzienā uz augšteci pavasara palu maksimums vērojams vēlāk (maija beigās, jūnija sākumā), nav tik labi izteikts un pastāv ilgāku laiku. Stabila ledus sega saglabājas 4-5 mēnešus gadā (Statistiska meddelande 1995). Tornes upei raksturīgs, ka lielāka baseina daļa atrodas kalnu rajonā (3.4.4.tab.), tādēļ tai ir ievērojams kopējo suspendēto daļiņu notecē. Savukārt Rones upe tek caur lieliem kūdras purvu masīviem, tādēļ tajā ir augstas humusvielu koncentrācijas. Salīdzinot ar pārējiem pētāmajiem upju baseiniem, Tornes

un Rones baseinos ir procentuāli vismazāk lauksaimniecībā izmantojamo zemju platības. Ljungana ir daļēji regulēta upe, kurai hidroloģiskajā režīmā ir raksturīgs viens izteikts pavasaru palu maksimums maija mēnesī. 66% no upes baseina klāj meži un tajā ir salīdzinoši liela ezerainība.

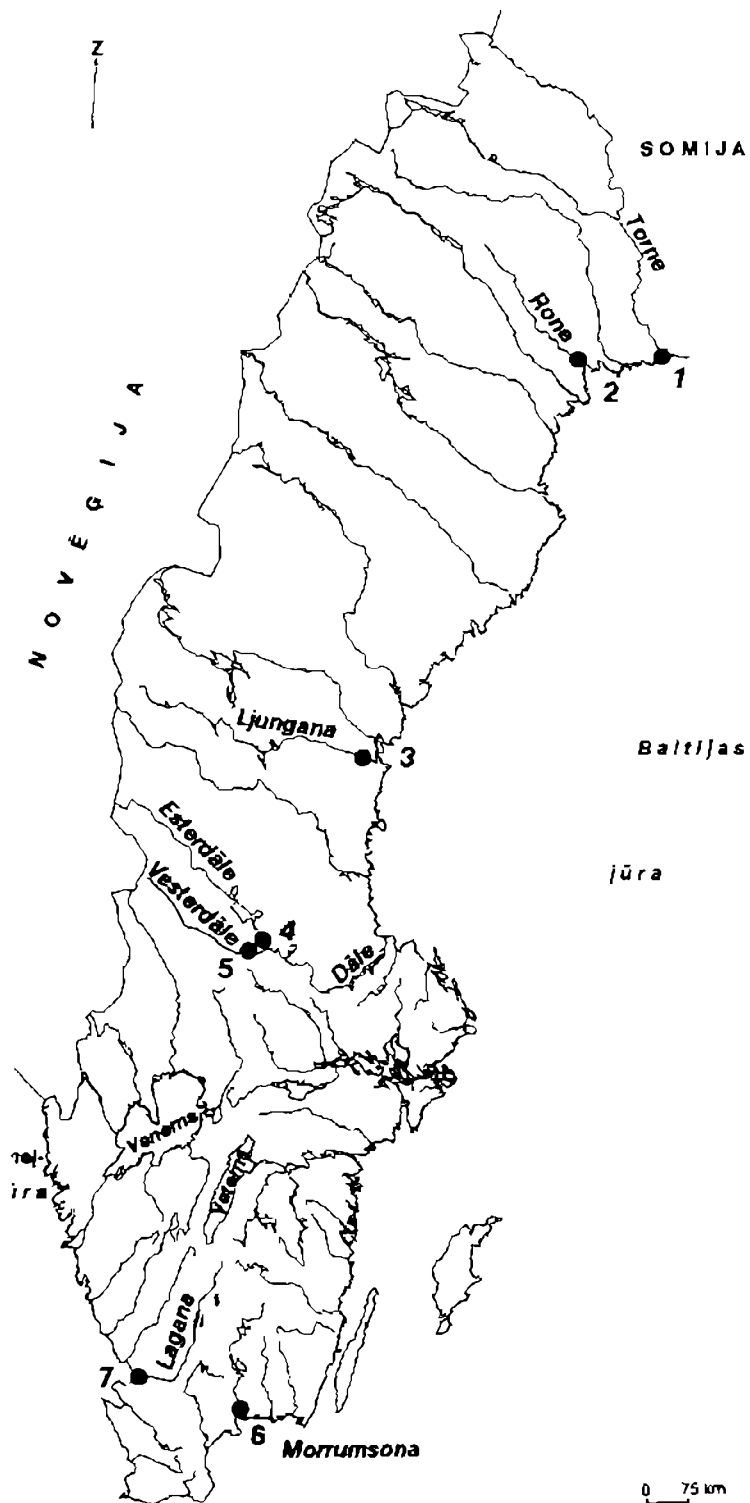
3.4.4.tab. Zemes lietojumu veidu sadalījums Zviedrijas pētāmajos upju baseinos (Statistiska meddelanden 1995)

Nr.	Upes nosaukums	Ezeri (%)	Aram-zemes (%)	Ganības (%)	Meži (%)	Urbānās platības (%)	Pārējās platības (%) *
1.	Torne	5.1	0.3	0.1	24.2	0.2	70.1
2.	Rone	4.2	0.2	0.1	40.5	0.1	54.8
3.	Ljungana	7.6	1.7	0.4	66.0	0.3	24.1
4.	Esterdāle	6.4	0.9	0.4	58.4	0.8	33.1
5.	Vesterdāle	4.9	0.9	0.5	63.8	0.4	29.5
6.	Morrumsona	12.8	8.2	3.3	62.5	1.9	11.4
7.	Lagana	9.6	8.4	3.4	56.2	1.6	20.9

* - kalnu, purvu un saimniecībā neizmantojamās platības

Viduszviedrija. Esterdāle un Vesterdāle, satekot kopā, veido Dāles upi Zviedrijas vidusdaļā. Abām upēm arī raksturīgs izteikts pavasara palu maksimums un paaugstināta notece rudenī. Vesterdāles upe tiek arī pieskaitīta pie cilvēka darbības neskartajiem baseiniem. Esterdāles upe ir daļēji regulēta un upes lejteces hidroloģisko režīmu un ūdens ķīmiskā sastāva veidošanos lielā mērā ietekmē Siljana ezers. Abu upju baseinu lielāko daļu klāj meži, un tajos ir salīdzinoši nelielas lauksaimniecībā izmantojamo zemju platības.

Dienvidzviedrija. Morrumsone un Lagana atrodas Zviedrijas dienvidu daļā, kur dabas un klimatiskie apstākļi ir ļoti atšķirīgi no pārējās Zviedrijas teritorijas. Abām upēm nav izteikti pavasara palu vai rudens uzplūdumu maksimumi, bet vērojama paaugstināta notece ziemā un izteiktāks mazūdens periods vasarā. Upju baseinos ir salīdzinoši liels ezeru īpatsvars un jūtama to regulējošā ietekme upju hidroloģiskajā režīmā. Laganas baseins saņem ievērojamu atmosfēras nokrišņu daudzumu - no 800-1200 mm gadā. Abas upes ir daļēji regulētas. Apmēram 10-13% no upju baseina laukuma aizņem lauksaimniecībā izmantojamās zemes, bet vairāk kā 50% - lapu un jaukto koku meži.



3.4.3.att. Zviedrijas pētāmās upes un ūdens kvalitātes paraugu ņemšanas vietas, kas izvēlētas šim pētījumam no Zviedrijas nacionālās monitoringa programmas (kodi atbilsts 3.4.3.tab. pirmās kolonnas numerācijai)

3.4.1.2. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS UPJU HIDROĶĪMISKAIS RAKSTUROJUMS

Katrā dabas reģionā virszemes ūdeņu sastāvu un īpatnības nosaka dažādu vides faktoru kopums. Galvenie faktori ir šādi:

- aktīvā ūdens apmaiņas zonā esošie ieži pēc noturības pret dēdēšanu sarindojas šādā secībā: halīts > ģipsis > kaļķakmens > dolomīts > pīrīts > olivīns;
- attālums no jūras;
- nokrišņu daudzuma un upes noteces attiecība;
- kūdras purvu, u.c. pārmitrās vietas - nozīmīgi izšķīdušo organisko vielu avoti.

Kā blakusfaktori ir minami temperatūra, pamatiežu slāņa biezums, augsnes humusa horizonta biezums u.c. Katrā dotajā upes postenī ūdens kvalitāte ir atkarīga no vairākiem faktoriem (Meybeck et al. 1992):

- virszemes un pazemes ūdeņu noteces attiecībām;
- fizikāli ķīmiskām reakcijām, kas saistītas ar upē noritošajiem procesiem;
- atšķirīgas kvalitātes ūdeņu sajaušanās upes un tās pieteku saplūšanas rezultātā;
- piesārņojuma pieplūde.

Pēc ķīmiskā sastāva Latvijas upju ūdeņi pieder pie hidrokarbonātiskajiem ūdeņiem ar mazu organisko vielu saturu (3.4.5.tab.). Pēc mineralizācijas pakāpes tie ir vāji (līdz 200 mg/l) un vidēji (200-250 mg/l) mineralizēti. Upju ūdeņu mineralizācijas izmaiņas gada laikā būtiski saistītas ar noteces apstākļiem. (Kļaviņš 1995a). Kopumā, notecei pieaugot, mineralizācija samazinās un otrādi. Izteikti mineralizēts ūdens ir Lielupes baseina upēm Misai un Iecavai, kur atsevišķos mazūdens periodos pēc mineralizācijas rādītājiem ūdeņi ir pieskaitāmi pie sulfātu hidrokarbonātu klases. To galvenokārt nosaka upju baseinu ģeoķīmiskā uzbūve.

Kā atzīmē V.V.Cirkunovs un līdzautori (Tsirkunov et al. 1992), kopumā līziogēogrāfiskie apstākļi, kas nosaka hidroķīmiskā sastāva veidošanos visām Latvijas upēm, ir nosacīti līdzīgi un noturīgi. Tādēļ ūdens ķīmiskais sastāvs ir uzskatāms par relatīvi homogēnu, kas veidojies vēsa, humīda klimata apstākļos.

3.4.5.tab. Latvijas upju hidroķīmiskais sastāvs (ilggadīgās vidējās koncentrācijas 1983.gada līdz 1997.gadam)

Upes nosaukums	Q, m ³ /s	Krāsainība, grādos	ḲSP _{Cr} , mg/l	NH ₄ ⁺ , mg/l	NO ₂ ⁻ , mg/l	NO ₃ ⁻ , mg/l	PO ₄ ⁻³ , mg/l	Ca ⁺² , mg/l	Mg ⁺² , mg/l	Na ⁺ , mg/l	K ⁺ , mg/l	HCO ₃ ⁻ , mg/l	SO ₄ ⁻² , mg/l	Cl ⁻ , mg/l	Mineralizācija, mg/l	pH
Venta	86,5	43,9	25,2	0,089	0,008	1,653	0,027	74,8	17,4	7,7	3,9	249,8	44,1	17,0	420,6	7,9
Tebra*	7,7	60,1	24,3	0,117	0,012	1,269	0,047	60,0	12,1	6,5	2,8	194,6	32,9	12,2	329,4	7,9
Lielupe	103,3	60,3	36,1	0,193	0,025	2,074	0,084	104,5	24,6	15,8	5,1	276,7	118,0	30,1	580,9	7,9
Iecava	13,1	96,5	42,8	0,447	0,037	2,034	0,058	79,2	19,2	13,0	5,1	223,8	82,9	26,0	450,4	7,8
Misa**	8,2	99,0	45,6	0,513	0,041	2,188	0,057	78,0	19,8	13,5	5,1	221,8	78,6	27,1	455,6	7,7
Daugava	666,5	83,2	34,7	0,102	0,013	1,062	0,044	43,3	10,8	6,4	3,0	147,3	28,4	11,7	256,3	7,8
Aiviekste	69,0	91,6	38,6	0,094	0,020	1,336	0,041	59,8	14,8	5,6	3,2	200,3	38,9	12,6	335,9	7,8
Dubna	26,1	92,5	36,6	0,096	0,016	1,050	0,045	58,9	16,5	6,3	3,2	209,1	35,6	13,8	350,8	7,8
Gauja	90,2	56,8	30,6	0,090	0,007	1,178	0,024	58,7	13,9	5,7	2,6	200,2	34,8	10,5	332,2	8,1
Salaca	37,2	69,5	32,6	0,052	0,007	0,969	0,013	51,8	12,8	3,6	2,1	176,4	30,3	8,5	288,3	8,2

* - ilggadīgās vidējās vērtības no 1983.gada līdz 1993.gadam, ** - ilggadīgās vidējās vērtības no 1983.gada līdz 1994.gadam

3.4.6.tab. Zviedrijas upju hidroķīmiskais sastāvs (ilggadīgās vidējās koncentrācijas 1971.gada 1994.gadam)

Upes nosaukums	Q, m ³ /s	Sorb- cija	Krāsainība, grādos	ḲSP _{Mn} , mg/l	KOC*, mg/L	NH ₄ -N, µg/l	NO ₂ -N, µg/l	NO ₂ + NO ₃ -N, µg/l	Org-N, µg/l	N _{kop} , µg/l	PO ₄ -P, µg/l	P _{kop} , µg/l	Ca ⁺² , mekv/l	Mg ⁺² , mekv/l	Na ⁺ , mekv/l	K ⁺ , mekv/l	HCO ₃ ⁻ , mekv/l	SO ₄ ⁻² , mekv/l	Cl ⁻ , mekv/l	pH
Torne	396,4	0,090	38,0	24,2	5,7	13,9	2,6	71,4	238,1	322,3	3,7	20,6	0,224	0,098	0,081	0,018	0,258	0,120	0,033	6,9
Rone	38,5	0,134	63,2	31,9	7,2	13,1	3,1	44,3	300,6	309,0	3,3	18,5	0,157	0,062	0,076	0,014	0,167	0,109	0,031	6,7
Ljungana	123,0	0,065	28,1	25,2	6,2	25,5	4,0	116,8	270,4	343,8	3,0	14,0	0,387	0,076	0,067	0,015	0,363	0,135	0,038	7,2
Ēsterdāle	149,7	0,070	27,2	24,0	5,6	13,8	2,4	114,6	220,4	357,7	2,7	11,6	0,207	0,052	0,065	0,012	0,178	0,117	0,031	7,0
Vesterdāle	115,8	0,129	48,4	36,5	7,9	15,2	3,1	60,7	252,0	317,8	2,8	14,0	0,158	0,047	0,055	0,010	0,116	0,116	0,032	6,7
Morrumsona	24,4	0,085	31,8	36,3	9,8	24,2	4,1	201,2	526,5	741,5	4,1	21,1	0,400	0,211	0,364	0,047	0,114	0,566	0,384	6,7
Lagana**	71,0	0,132	46,5	40,7	9,9	43,7	5,3	293,0	478,9	835,4	4,1	23,1	0,302	0,145	0,279	0,033	0,100	0,368	0,282	6,5

* - kopējais organiskais ogleklis; ** - ilggadīgās vidējās vērtības no 1983.gada līdz 1994.gadam

Vairāki autori (Tsirkunov et al. 1992) uzskata, ka augstais podzolēto augšņu procents (~50% no visām Latvijas augsnēm) ir galvenais hidrokarbonātu un kalcija jonu veidotājs. Upēs ir zems sāļu saturs. Latvijas upju ūdeņiem ir tipisks šāds jonu izkārtojums to koncentrāciju izmaiņu secībā:

- Ca^{2+} (64-72%) > Mg^{2+} (20-28%) > $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (2-12%);
- HCO_3^- (76-88%) > SO_4^{2-} (8-16%) > Cl^- (2-10%).

Upēm, kas tek caur ģipša karsta teritorijām (piemēram, Lielupe, Svēte, Mēmele, Bērze), atsevišķos īsos periodos (parasti vasaras vai ziemas mazūdens periodos) sulfātjoni var būt dominējošie anjoni (18-35%) Kā redzams 3.4.5.tabulā augstākās jonu koncentrācijas vērojamas Lielupē un tās baseina upēm. Paaugstinātas jonu koncentrācijas vērojamas arī Ventai. Upes nes ne vien izšķīdinātus sāļus, bet arī sanešus uzjauktā un slīdošā veidā. Vislielākais ūdens duļķojums ir Gaujā, kur sanešu daudzums sasniedz 560 tūkst. t gadā (Avotiņa 1995).

Liela nozīme ir biogēno elementu un organisko vielu saturam upēs. No slāpekļa savienojumiem tieši nitrātiem ir augstākās koncentrācijas upju ūdeņos (Kļaviņš & Zicmanis 1998). Dabiskos apstākļos nepiesārņotās upēs nitrātu daudzums ir ap miligramu litrā. Fosfora savienojumu saturs upju ūdeņos var mainīties no 0 līdz 0.5 mg/l. Paaugstinātas biogēno elementu koncentrācijas liecina par piesārņojošu vielu ieplūdi galvenokārt no lauksaimniecības izmantojamajām zemēm (minerālmēsļu un organisko mēslojumu lietošana) vai no komunālajiem un rūpniecības notekūdeņiem. Arī augstākās biogēno elementu koncentrācijas ir Lielupei un tās pietekām Iecavai un Misai, kas saistīts ar antropogēno piesārņojumu.

Ūdeņu organisko vielu saturu un to sastāvu nosaka upes hidroloģiskā režīma apstākļi. To koncentrācijas parasti pazeminās ziemā, kad virszemes notece no laukiem vai purvainiem apvidiem samazinās un dominē pazemes ūdeņu barošānās, kā arī notiek organisko vielu mineralizācija (Kļaviņš 1995a). Pēc organisko vielu satura Latvijas upes var nosacīti iedalīt trīs rajonos (Лазник 1986b):

- ar pazeminātu saturu - Gaujas un Ventas baseini, un Baltijas jūras austrumpiekrastes mazās upes;

- vidēju saturu - Salacas un Daugavas baseina upes;
- ar paaugstinātu saturu - Lielupes baseina upes.

Latvijas virszemes ūdeņiem ķīmiskā skābekļa (KSP_{Cr}) patēriņa standarts ir 15 mg/l, bet notekūdeņiem - 100 mg/l. Augstākās ūdeņiem ķīmiskā skābekļa vērtības ir Lielupes baseina upēm Iecavai un Misai, kur ilggadīgās vidējās koncentrācijas svārstās no 42-46 mg/l. Zemākās KSP_{Cr} koncentrācijas ir Ventai un Tebrai. Paaugstināta ūdens krāsainība vērojama Salacai (ilggadīgā vidējā 69°), bet pazemināta - Ventai (43°-48°). Savukārt visaugstākās ūdens krāsainības vērtības ir Misai un Iecavai (96°-110°).

Antropogēnā darbība var būtiski ietekmēt organisko vielu koncentrāciju izmaiņas gada laikā. Notekūdeņi var dot 4,3-63,7% no organisko vielu fona līmeņa. Visaugstākais piesārņojums, ko radījusi neattīrīto notekūdeņu ieplūde, ir vērojama Lielupes baseinā, viszemākais - Gaujai un Ventai (Лазник 1986b). Kā rāda pētījumi, pēdējos gados piesārņojums ar organiskajām vielām ir samazinājies (skat. 3.4.5.nod.). 10% no Latvijas upēm pakļautas vājai antropogēnai iedarbībai, 87% - mērenai, bet 3% - ļoti stiprai antropogēnai ietekmei (Latvijas Vides stāvokļa pārskats 1996).

Zviedrijas upju ūdeņu ķīmiskais sastāvs ir kopumā līdzīgs Latvijas upēm. Pēc ķīmiskā sastāva pētāmo upju ūdeņi ir pieskaitāmi pie hidrokarbonātu grupas (Andersson et al. 1989). Atsevišķām upēm ir novērojamas paaugstinātas organisko vielu koncentrācijas. Pēc mineralizācijas pakāpes tie ir vāji mineralizēti. Zviedrijas upēm ir raksturīgs tāds pats galveno jonu (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , K^{+} , HCO_3^{-} , SO_4^{-2} , Cl^{-}) izkārtojums un to procentuālo attiecību secība kā Latvijas upēm. Zviedrijas daudzveidīgo dabas un antropogēno apstākļu atšķirības lielā mērā nosaka upju ūdeņu ķīmiskā sastāva reģionālās atšķirības (3.4.6.tab.). Piemēram, Dienvidzviedrijas upēm Morrumsonei un Laganai, salīdzinot ar Vidus- un Ziemeļzviedrijas upēm, ir salīdzinoši augstākas galveno jonu, kā arī biogēno elementu koncentrācijas. Morrumsonei un Laganai ir salīdzinoši augstas organisko vielu koncentrācijas. Domājams, ka paaugstinātas KSP vērtības nosaka antropogēnās darbības intensitāte upju baseinos. Savukārt augstākās sorbcijas un ūdens krāsainības vērtības (kas vairāk raksturo dabiskas izcelsmes organiskās vielas) ir novērotas Ziemeļzviedrijas daļā - Rones upei, kas drenē lielus kūdras purva masīvus.

3.4.2. LATVIJAS UN ZVIEDRIJAS VIRSZEMES ŪDEŅU ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJOŠO PARAMETRU DATU BĀZU ANALĪZE

Lai izvērtētu un ar statistiskajām metodēm apstrādātu virszemes ūdeņu monitoringa datus, svarīgi ir noskaidrot:

- ūdens paraugu ņemšanas tehniku un vietu (cik reizes gadā un cik regulāri tiek ņemti ūdens paraugi, vai novērošanas postenis neatrodas vietās, kas var būt tieši pakļauts antropogēnai ietekmei utt.);
- ķīmisko analīžu metodes (vai ķīmiskās analīzes veiktas vienā vai vairākās laboratorijās, vai ir mainījušās analītiskās metodes un mērinstrumenti).

Izmantojot pieejamos materiālus, kā arī intervijas ar laboratorijas vadītājiem un speciālistiem, šāda informācija tika apkopota, lai mēs varētu izvērtēt pētāmo ūdens kvalitātes parametru datu ticamību un raksturu (piemēram, izskaidrot atsevišķus ekstrēmus ūdens kvalitātes parametru analīžu rezultātus). Tā kā darbā galvenie izpētes objekti bija organisko vielu (OV) satura raksturojošie parametri, tad Latvijas un Zviedrijas virszemes ūdeņu monitoringu datu raksturojumā galvenā uzmanība tika vērsta uz šo parametru analīzi.

Lai raksturotu organisko vielu saturu Latvijas upēs mēs apkopojām informācija par diviem ūdens kvalitātes parametriem: ķīmisko skābekļa patēriņu (KSP_{Cr}) un ūdens krāsainību. KSP tiek plaši pielietots kā labs ūdens kvalitātes rādītājs, īpaši, lai analizētu ūdens piesārņojumu ar komunālajiem un rūpniecības notekūdeņiem. Otrs izvēlētais parametrs - ūdens krāsainība, kas labāk raksturo dabiskas izcelsmes organiskās vielas. Jāatzīmē, ka to koncentrācijas var iespaidot suspendēto vielu daudzums vai augsts dzelzs saturs ūdenī, kā piemēram, Salacā. Mēs noskaidrojām, ka no 1974. līdz 1976. gadam KSP un ūdens krāsainība analizēta 2-6 reizes gadā, bet sākot ar 1977. gadu - vienreiz mēnesī. Pēdējos gados finansiālu problēmu dēļ atsevišķos upju posteņos pārtraukta ūdens paraugu ņemšana (piemēram, Tebras grīvas stacijā novērojumi pārtraukti ar 1994.gadu) vai arī samazināts paraugu ņemšanas biežums gada laikā (piemēram, Iecavas un Aiviekstes grīvas stacijās). Bija gadījumi, kad kādā mēnesī nav analizēts KSP_{Cr} vai ūdens krāsainība. Jāatzīmē, ka Latvijas virszemes monitoringa

sistēmā ūdens paraugu ņemšana ķīmiskajām analizēm tiek praktizēta katra mēneša sākumā, bet ne vienmēr ir ievērots sistemātiskuma princips (t.i., ūdens paraugi ņemti arī mēneša beigās vai vidū).

Lai salīdzinātu vairāku upju novērošanas posteņu ķīmisko analīžu rezultātus, svarīgi bija noskaidrot - vai ūdens paraugi analizēti vienā vai vairākās laboratorijās. Kā izrādījās, KSP_{Cr} un ūdens krāsainība bija analizēti gan Rīgas, Daugavpils, Valmieras, gan arī citu rajonu laboratorijās. Kopš 1997.gada Latvijas virszemes ūdeņu paraugus analizē vienā laboratorijā Rīgā (kopš 1998.gada 13.jūlija tiek saukta par Valsts Hidrometeoroloģijas pārvaldes Vides kvalitātes testēšanas laboratoriju).

Mūsu rīcībā esošā informācija par ūdens parametru ķīmisko analīžu metožu izmaiņām vai jaunu mērinstrumentu ieviešanu nav pilnīga. Mēs noskaidrojām, ka līdz 1976.gadam ūdens krāsainība noteikta vizuāli, salīdzinot ūdens paraugu ar platīnkobalta sintētisko krāsu skalu. Pēc tam metode tika uzlabota, nosakot ūdens krāsainību ar spektrometru. Savukārt KSP līdz 1976.gadam bija noteikts ar kālija permanganātu, bet kopš 1977.gada - ar kālija dihromātu. Tomēr līdz 90-to gadu sākumam KSP_{Cr} analīzes metodē lietoti dažādas kvalitātes ķīmiskie reaģenti. Pēc 1991./1992.g. laboratorijās ieviesti jauni un precīzāki mērinstrumenti, un iegādāti labākas kvalitātes ķīmiskie reaģenti. Kā parādīja mūsu datu analīžu rezultāti, jaunievedumi ir būtiski uzlabojuši ūdens ķīmisko analīžu rezultātu kvalitāti.

Viss iepriekš minētais liecina par OV satura raksturojošo parametru kritiskas izvērtēšanas nepieciešamību, kā arī sarežģī datu apstrādi ar statistiskajām metodēm. Tādēļ pirms mēs veicām ūdens krāsainības un KSP_{Cr} tālāku analīzi ar statistiskajām metodēm, katram novērošanas postenim visas datu kopas no 1974. līdz 1997.gadam vizuāli pārskatījām un izanalizējām, pielietojot korelācijas un regresijas metodes šādi¹:

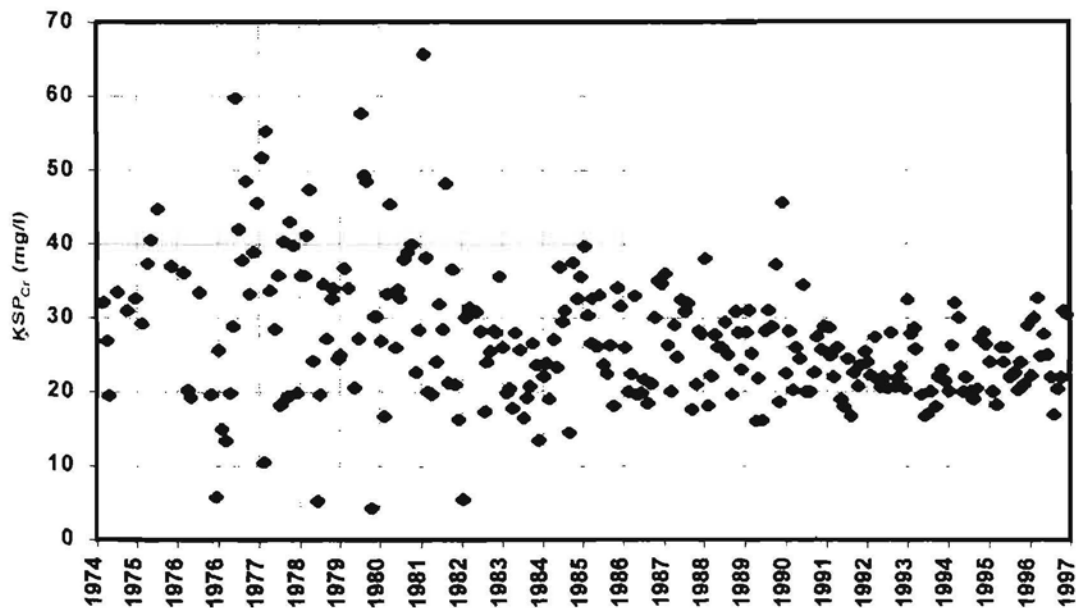
- datu korelācija laikā un telpā;
- anomālo variantu² analīze;

¹Visa izveidotā datu bāze par Latvijas virszemes ūdeņu kvalitātes parametriem, t.i., ieskaitot biogēnos elementus un galvenos jonus, tika arī vizuāli pārskatīta un izanalizēta no 1977.gada līdz 1997.gadam. Ja bija apšaubāma novērojumu rezultātu ticamība, tad tie tika izdzēsti.

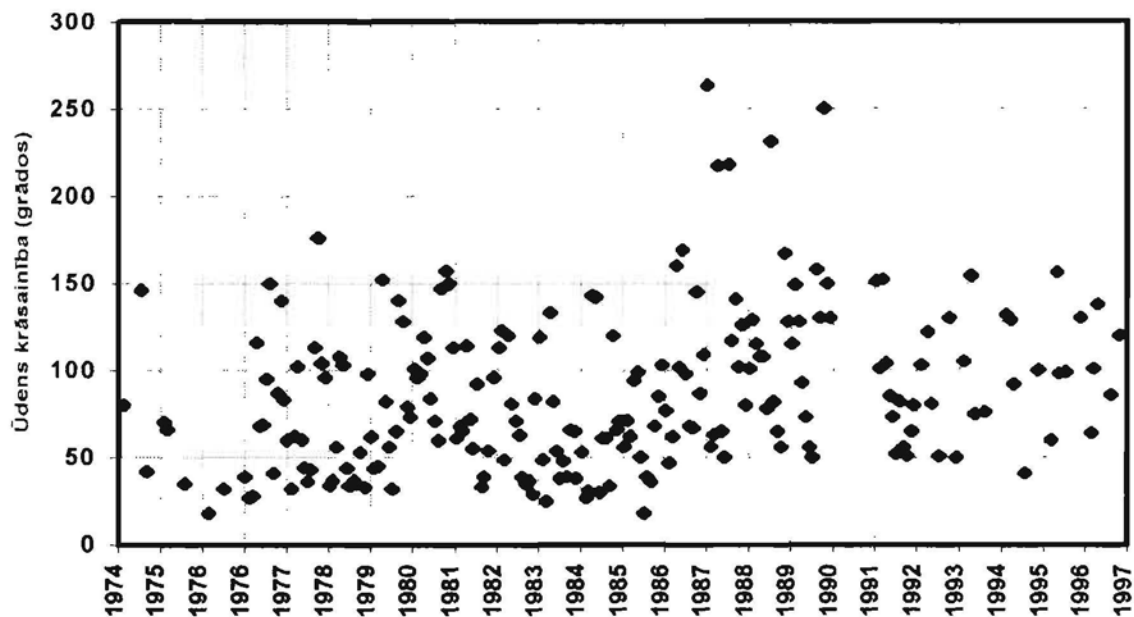
²Novērojumu rezultāti, kas "izlec" no kopējās datu kopas.

- sezonālo izmaiņu, trenda vai sērijas veida (korelācijas) raksturs;
- ūdens krāsainības un KSP_{Cr} korelācija ar upes noteci;
- savstarpējā atkarība starp ūdens krāsainību un KSP_{Cr} .

Salīdzinot un izvērtējot desmit Latvijas upju baseinu datu kopas, īpaši pievēršām lielu uzmanību anomālajām variantēm. KSP_{Cr} visvairāk anomālo variantu (kā arī augstākās tā vērtības) bija laikā no 1974. līdz 1982.gadam, bet mazāk tās vērojamas nākamajos gados, piemēram Ventai (3.4.4.attēls). Kopumā Latvijas upēm ūdens krāsainībai visvairāk anomālo variantu bija periodā no 1974. līdz 1982.gadam, bet Daugavai, Aiviekstei un Dubnai anomālās variātes bija vērojamas arī 80-to gadu beigās un 90-to gadu sākumā (3.4.5.attēls).

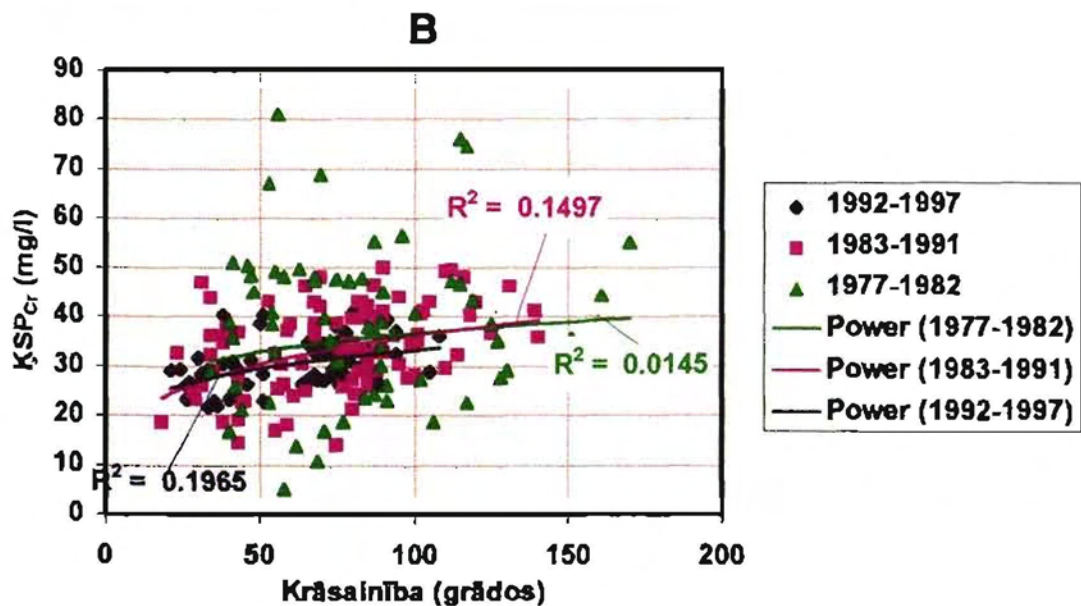
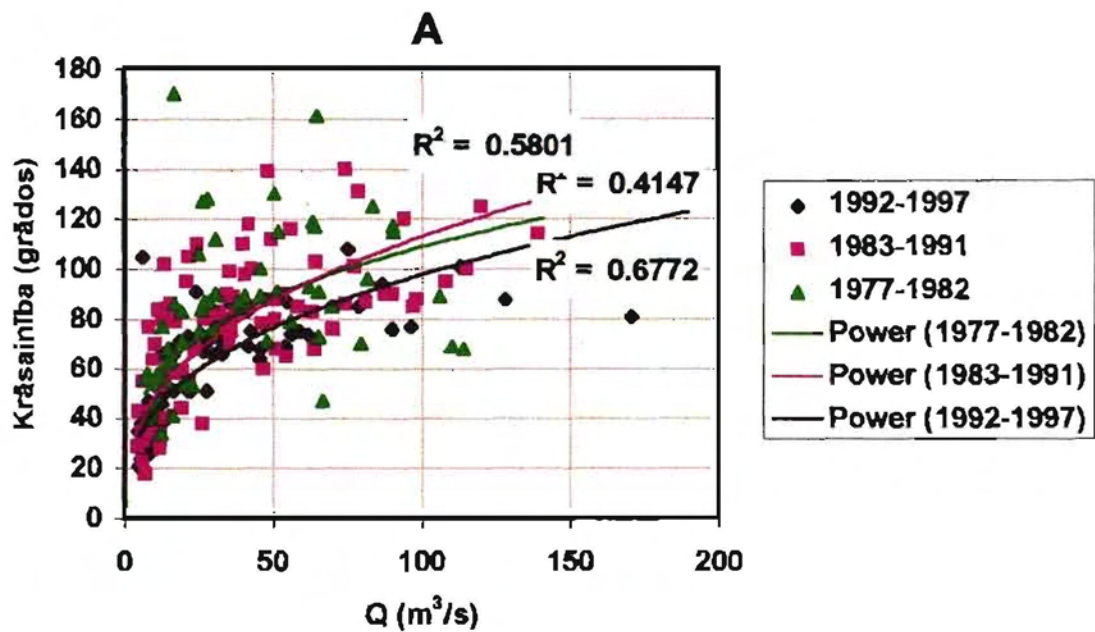


3.4.4.att. Ķīmiskā skābekļa patēriņa vērtības Ventai (1974-1997)



3.4.5.att. Ūdens krāsainības vērtības Dubnai (1974-1997)

Viens no datu izkliedes eventuālajiem iemesliem varēja būt salīdzinoši augstie upju caurplūdumi šajos periodos (t.i., dabisku procesu rezultātā). Kā otrs varbūtējs iemesls ir minams - antropogēnā darbība (komunālo un rūpniecības neattīrīto vai daļēji attīrītu notekūdeņu ievadišana, kā arī difūzais piesārņojums no lauksaimniecībā izmantojamajām zemēm). Tomēr abi minētie faktori pilnīgi nevar izskaidrot biežo anomālo variantu sastopamību īpaši no 1974. līdz 1982.gadam, jo pētāmie upju novērošanas posteņi neatrodas vietās, kas ir tieši pakļauti antropogēnai ietekmei. Tas liecina par to, ka pastāv arī trešais iemesls - analītiskās kļūdas, kas radušās, nosakot ūdens krāsainību un KSP_{Cr} . Tādēļ, lai spriestu par KSP_{Cr} un ūdens krāsainības ķīmisko analīžu rezultātu kvalitāti, mēs katru datu kopu sadalījām trijos periodos: 1977-1982, 1983-1991, 1992-1997, un pētījām parametru korelāciju ar upes caurplūdumiem. Kā redzams 3.4.6.attēlā, regresijas determinācijas koeficients pieaug laika gaitā un norāda, ka uzlabojušās analītisko metožu kvalitāte.



3.4.6.att. Regresijas determinācijas koeficienta izmaiņas Salacai.

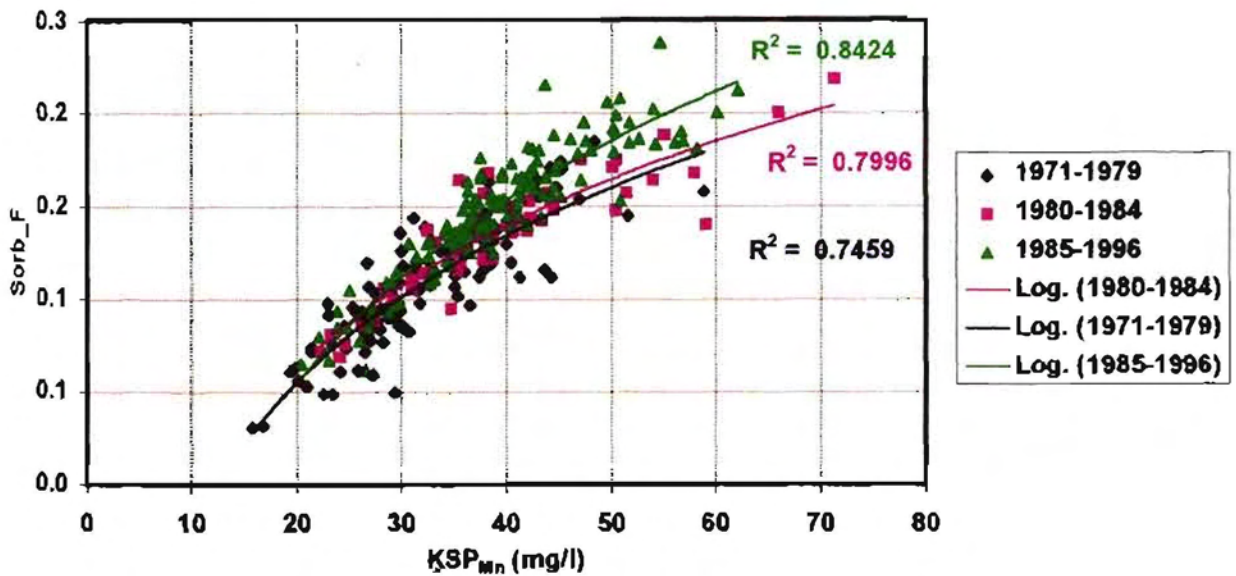
A - visiem periodiem korelācija ir statistiski ticama pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$;

B - periodiem 1983-1991, 1992-1997 korelācija ir statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$

Zviedrijā monitorīga sistēma ir izveidota kopš 1965.gada. Datu bāze un ķīmisko analīžu laboratorija, kurā analizē visus Zviedrijas upju ūdens paraugus pašlaik veic Vides novērošanas departamenta laboratorija, kas atrodas Zviedrijas Lauksaimniecības zinātņu Universitātē. Atšķirībā no Latvijas monitorīga sistēmas prakses, ūdens paraugi tiek ņemti regulāri katra mēneša vidū. Kā paskaidroja laboratorijas vadītājs A.Vilanders (Wilander 1998), pēc šādas ūdens paraugu ņemšanas tehnikas katram mēnesim var iegūt reprezentīvākus ķīmisko analīžu rezultātus, kas ir savstarpēji labāk salīdzināmi.

Monitoringa datu bāzē ir četri parametri, kas raksturo organisko vielu saturu Zviedrijas upēs: ķīmiskā skābekļa patēriņš - KSP_{Mn} (1965-1996), sorbcija (1965-1996), ūdens krāsainība (1965-1985) un kopējais organiskais ogleklis (1987-1996). Disertācijas izstrādē izvēlēti KSP_{Mn} un sorbcija, kuriem ir visgarākā novērojumu rinda un līdz ar to labāk izmantojami ilgtermiņa izmaiņu raksturošanai.

Mēs uzzinājām, ka kopš 1965.gada laboratorijā ir pakāpeniski uzlaboti mērinstrumenti, ieviestas korekcijas vai izmainītas ķīmisko analīžu metodes. Lielākā daļa metožu ir automatizētas. KSP_{Mn} , un organiskā slāpekļa noteikšanā nav izdarītas izmaiņas. Monitoringa sistēmas sākumā bija pieļautas neprecizitātes, nosakot sorbciju pie noteikta viļņa garuma 420 nm, bet tās nebija sistemātiskas kļūdas un tika pilnīgi novērsta (Wilander 1998). Fakts, ka no 1965.gada līdz apmēram 80-to gadu vidum sorbcijas noteikšanā bija pieļautas analītiskās kļūdas (kā vēlāk apstiprināja A.Vilanders), mēs atklājām datu kopas vizuāli pārskatot un salīdzinot, pielietojot korelācijas un regresijas metodes. Kā uzskata A.Vilanders (Wilander 1998) KSP_{Mn} noteikšanai metodē nav bijušas izmaiņas un rezultāti ir uzskatāmi par reprezentatīviem pētījuma periodam. Trīs (Rorne, Tone un Vesterdāle) no septiņiem izvēlētajiem upju baseiniem ir uzskatāmas par cilvēka darbības neskartajiem. Tādēļ datu kopām (KSP_{Mn} un sorbcijai) teorētiski korelācijas determinācijas koeficientam nevajadzētu būt atšķirīgam starp trim periodiem: 1971-1979, 1980-1984, 1985-1996. Kā redzams 3.4.7.attēlā, Vesterdāles upei regresijas determinācijas koeficients pieaug laika gaitā, kas norāda uz to, ka analītisko metožu kvalitāte bija uzlabojusies.



3.4.7.attēls. Regresijas determinācijas koeficienta izmaiņas Vesterdālei.

Korelācija ir statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$

Secinājumi:

Latvijas un Zviedrijas virszemes ūdeņu organisko vielu kompleksiem salīdzinošiem pētījumiem tika izveidotas datu bāzes par OV saturs raksturojošajiem parametriem: Latvijai - ūdens krāsainībai un ķīmiskajam skābekļa patēriņam (KSP_{Cr}), Zviedrijai - sorbcijai un ķīmiskajam skābekļa patēriņam (KSP_{Mn}). Šīs datu kopas tika apstrādātas ar statistiskajām metodēm. Analīžu rezultāti parādīja, ka:

- Latvijas upēm ūdens krāsainības un KSP_{Cr} datu kopu salīdzināšanu, izvērtēšanu un apstrādi ar statistiskajām metodēm sarežģīja monitoringa sistēmā pieļautās kļūdas ūdens paraugu

ievākšanā, ķīmisko analīžu veikšanā vairākās laboratorijās un analīžu rezultātu kvalitātē, kas uzlabojušās laika gaitā;

- Ūdens krāsainības un KSP_{Cr} datu kopas no 1983.gada līdz 1997.gadam ir labāk savstarpēji salīdzināmas starp Latvijas upēm. Tādēļ tās izmantojamas kā pamatdatu kopas tālākai datu apstrādei ar statistiskajām metodēm. Savukārt datu kopas no 1977.gada līdz 1997.gadam izmantojamas trendu aprēķināšanai, pielietojot neparametrisko Mann-Kendela testu;
- Konstatējām, ka Zviedrijas virszemes ūdeņu monitoringa sistēma ir labāk izveidota un analītiskajām metodēm ir augstāka kvalitāte. Tādēļ organisko vielu satura raksturojošo parametru datu kopas ir labāk salīdzināmas starp pētāmajām Zviedrijas upēm un izmantojamas tālākai apstrādei ar statistiskajām metodēm.

3.4.3. ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJOŠO PARAMETRU DATU KOPU STATISTISKO PAMATLIELUMU ANALĪZE

Pirms virszemes ūdeņu kvalitātes monitoringa dati tiek apstrādāti ar statistiskajām metodēm, svarīgi zināt doto datu kopu statistikas pamatljumus: datu vidējie rādītāji (vidējais aritmētiskais, mediāna, moda), datu izkliede (standartnovirze, dispersija, rangs, minimālās un maksimālās vērtības) un datu sadalījums (asimetrija, ekscess, normālais sadalījums u.c. sadalījumi). Tas ļauj labāk izprast ūdens kvalitātes parametru datu kopu raksturu un veikt to transformāciju (ja ir nepieciešams), lai varētu piemērot attiecīgās parametriskās metodes un neparametriskos testus tālākai datu apstrādei (Demayo & Steel 1992).

Mūsu pētījumā konstatējām, ka Latvijas upēm ūdens krāsainības datu kopām lielākas vidējās aritmētiskās vērtības un mediāna ir Misai, Iecavai un Daugavas baseina upēm, bet mazākās - Ventai un Gaujai (3.4.7.tab.). Savukārt lielākās standartnovirzes un dispersijas vērtības, kā arī rangs¹ ir vērojami Daugavas baseina upēm, bet mazākās - Ventai un Lielupei. Ūdens krāsainības datu kopām raksturīgs asimetrisks datu sadalījums ap vidējo aritmētisko vērtību, izņemot Ventas, Tebras, Dubnas, Aiviekstes un Gaujas upju datu kopas, kurām vērojama pozitīva datu novirze no aritmētiskās vidējās vērtības, t.i., ja asimetrijas kritērijs ir lielāks par 3. Ekscesa vērtība norāda uz to, ka kopumā ūdens krāsainības datu kopās ir maz ekstrēmu vērtību, izņemot Ventu un Dubnu, kur ekscesa kritērijs ir lielāks par 3. Ķīmiskā skābekļa patēriņa (KSP_{Mn}) datu kopām lielākas vidējās aritmētiskās vērtības un mediāna ir Misai un Iecavai, bet mazākās - Ventai un Tebrai (3.4.8.tab.). Salīdzinot ar ūdens krāsainību, KSP_{Mn} datu kopām datu izkiedes raksturlielumi - standartnovirze, dispersija, rangs, kā arī asimetrija un ekscess ir homogēnāki.

Zviedrijas pētāmajām upēm mēs atradām, ka sorbcijas datu kopām lielākas vidējās aritmētiskās vērtības un mediāna ir Ronei, Vesterdālei un Laganai (3.4.9.tab.).

rangs - starpība starp novēroto maksimālo un minimālo vērtību

3.4.7.tab. Aprēķinātie statistikas pamatlīcumi ūdens krāsainības (grādos) datu kopām Latvijas upēm no 1983.-1997.gadam

Upe	Novēroju- mu skaits	Vidējai aritmē- tiakais	Mediāna	Moda	Standart- novirze	Dispersija	Asimetrijas		Eksceses		Rangs	Mini- mālā vērtība	Maksi- mālā vērtība
							rādi- tājs	kritē- rijs.	rādi- tājs	kritē- rijs.			
Venta	168	43.88	39	33	22.56	508.85	1.62	8.63	0.37	10.38	130	8	138
Tebra	110	60.07	49.5	33	33.98	1154.49	0.93	4.05	0.46	0.36	149	11	160
Lielupe	166	60.35	60	35	21.90	479.40	0.47	2.49	0.37	1.38	127	18	145
Iecava	157	96.54	99	102	30.31	918.89	0.07	0.38	0.38	-0.77	141	29	170
Misa	139	99.02	98	110	32.55	1059.69	0.39	1.88	0.41	0.83	166	24	190
Daugava	149	83.21	85	88	35.21	1239.86	0.41	2.06	0.39	0.42	180	13	193
Aiviekste	145	91.59	87	45	38.91	1514.12	0.61	3.05	0.40	0.71	205	21	226
Dubna	133	92.51	82	56	46.55	2166.93	1.10	5.23	0.42	4.07	245	18	263
Gauja	168	56.77	47.5	27	32.43	1051.89	0.64	3.44	0.37	-1.10	152	7	159
Salaca	167	69.48	74	83	26.43	698.53	0.09	0.49	0.37	-1.32	122	18	140

3.4.8.tab. Aprēķinātie statistikas pamatlīcumi ķīmiskā skābekļa pāterīņa (mg/l) datu kopām Latvijas upēm no 1983.-1997.gadam

Upe	Novēroju- mu skaits	Vidējai aritmē- tiakais	Mediāna	Moda	Standart- novirze	Dispersija	Asimetrijas		Eksceses		Rangs	Mini- mālā vērtība	Maksi- mālā vērtība
							rādi- tājs	kritē- rijs.	rādi- tājs	kritē- rijs.			
Venta	179	25.18	24.8	20	5.58	31.08	0.56	3.08	0.22	0.60	32.1	13.5	45.6
Tebra	120	24.30	23.85	17.4	7.33	53.79	0.86	3.88	0.47	1.08	35.5	11.9	47.4
Lielupe	178	36.13	36.55	37	8.13	66.05	0.19	1.06	0.42	1.17	48.6	15.6	64.2
Iecava	157	42.76	41.5	45	9.05	81.88	0.59	3.04	0.04	0.09	43.4	26.6	70
Misa	139	45.57	45.3	34	9.82	96.50	0.37	1.78	0.53	1.31	54.7	24.9	79.6
Daugava	156	34.66	34.25	34	7.64	58.34	0.11	0.55	-0.09	-0.22	39.7	13.4	53.1
Aiviekste	156	38.55	38.45	38	7.86	61.78	0.08	0.40	0.93	2.40	49	17	66
Dubna	145	36.61	37.1	29.4	8.24	67.95	0.34	1.67	0.03	0.08	45.5	18.8	64.3
Gauja	179	30.61	28.8	28.8	9.04	81.75	1.29	7.11	1.94	5.38	44.4	14.9	59.3
Salaca	178	32.65	32.65	27.3	7.35	54.08	0.04	0.22	-0.27	-0.75	36	14	50

3.4.9.tab. Aprēķinātie statistikas pamatlīkumi sorbcijas datu kopām Zviedrijas upēm no 1971.-1994.gadam

Upe	Novērojumu skaits	Vidējai aritmētiskais	Mediāna	Moda	Standartnovirze	Dispersija	Asimetrijas		Ekscesas		Rangs	Mini-mālā vērtība	Maksimālā vērtība
							rādītājs	kritērijs	rādītājs	kritērijs			
Torne	283	0.090	0.081	0.077	0.042	0.002	1.11	7.70	1.34	4.66	0.231	0.018	0.249
Rone	288	0.134	0.133	0.138	0.035	0.001	0.35	2.43	0.45	1.56	0.214	0.032	0.246
Ljungana	281	0.065	0.063	0.052	0.017	0.000	0.64	4.42	0.49	1.70	0.108	0.027	0.135
Esterdāle	287	0.070	0.069	0.070	0.015	0.000	0.25	1.75	-0.22	-0.77	0.076	0.031	0.107
Vesterdāle	285	0.129	0.132	0.153	0.037	0.001	-0.06	-0.39	-0.33	-1.16	0.207	0.031	0.238
Morrumsone	287	0.085	0.076	0.066	0.035	0.001	0.94	6.53	0.49	1.72	0.195	0.000	0.195
Lagana	276	0.132	0.122	0.095	0.053	0.003	1.38	9.39	3.05	10.44	0.353	0.043	0.396

3.4.10.tab. Aprēķinātie statistikas pamatlīkumi ķīmiskā skābekļa patēriņa (mg/l) datu kopām Zviedrijas upēm no 1971.-1994.gadam

Upe	Novērojumu skaits	Vidējai aritmētiskais	Mediāna	Moda	Standartnovirze	Dispersija	Asimetrijas		Ekscesas		Rangs	Minimālā vērtība	Maksimālā vērtība
							rādītājs	kritērijs	rādītājs	kritērijs			
Torne	283	24.22	20.6	16	11.37	129.29	1.41	9.73	2.24	7.75	64.2	10.1	74.3
Rone	288	31.87	31.2	27.7	7.54	56.80	0.29	1.99	-0.11	-0.40	40.8	14.6	55.4
Ljungana	282	25.21	24.8	21.6	4.79	22.95	0.27	1.88	-0.36	-1.26	24.6	14.5	39.1
Esterdāle	285	23.95	23.6	20.4	3.96	15.69	0.55	3.82	0.18	0.63	23.4	15.1	38.5
Vesterdāle	285	36.51	36.5	29.2	9.12	83.20	0.58	3.99	0.66	2.28	55.5	15.8	71.3
Morrumsone	287	36.32	35.1	30.9	7.19	51.75	1.03	7.17	2.71	9.46	53.5	21.1	74.6
Lagana	276	40.72	38.85	33.2	9.48	89.79	1.32	9.02	2.66	9.11	58.9	24.5	83.4

Asimetrijas kritērijs parāda, šīm datu kopām ir izteikta pozitīva datu novirze no aritmētiskā vidējā Tornei, Ljunganai, Morrumsonei un Laganai. Tones un Laganas datu kopām ir daudz ekstrēmu vērtību (ekscesa kritērijs ir lielāks par 3). Ķīmiskā skābekļa patēriņa (KSP_{Cr}) datu kopām (3.4.10.tab.) lielākas vidējās aritmētiskās vērtības un mediāna ir Dienvidzvidrijas upēm - Laganai un Morrumsonei, kā arī Vesterdālei (Viduszvidrija). Salīdzinot starp Zvidrijas upēm, KSP_{Cr} datu kopām datu izkliedes rādītāji nav tik vienveidīgi. Īpaši Tornes upes KSP_{Cr} datu kopai ir lieli datu izkliedes raksturlielumi, asimetrija un ekscess. Arī Laganas un Morrumsonei datu kopām ir vērojama liels asimetrijas un ekscesa kritēriji.

Matemātiskajā statistikā, kā arī ūdens kvalitātes parametru datu kopu apstrādē ar statistiskajām metodēm, ir svarīgi noskaidrot datu atbilstību normālajam sadalījumam (Liepa 1974, Demayo & Steel 1992). Tas ir tāpēc ka šādos novērojumos jebkura variānte ir daudzu faktoru iedarbību rezultāts. Piemēram, atsevišķu faktoru iedarbībām ir gadījuma raksturs (organisko vielu ieskalšanās upēs no baseina teritorijas lietus vai sniega kušanas rezultātā); to īpatsvari salīdzinājumā ar summāro ietekmi ir nelieli; novērojumu gaitā iedarbību īpatsvari mainās (dažādu organisko vielu pieplūdes avotu maiņa), kā arī dažādas rezultātu nolasīšanas kļūdas (reprezentatīva parauga ņemšana, analītiskās kļūdas). Tā rezultātā vērojama datu izkliede. Tādēļ, lai tālāk apstrādātu datus, ir nepieciešams pārbaudīt ūdens kvalitātes parametru datu kopu (kas aprakstāmi kā gadījuma ņemtie ūdeņu paraugi) teorētisko atbilstību normālajam (tuvu normālajam) vai citam sadalījumam.

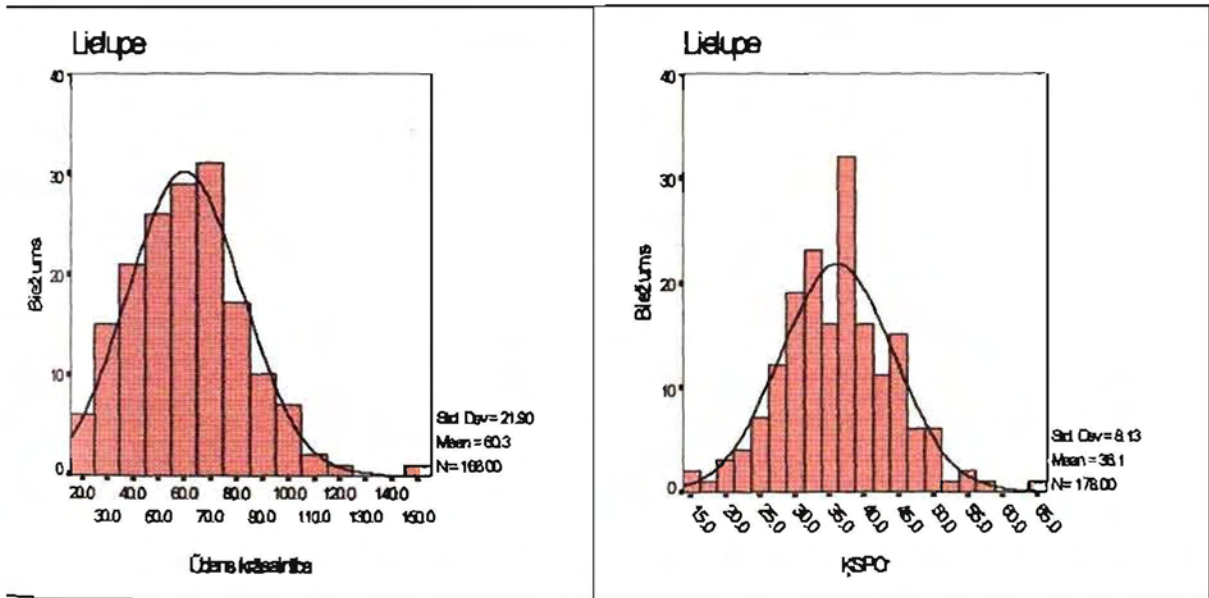
Lai raksturotu Latvijas un Zvidrijas upju OV satura raksturojošo parametru datu kopu atbilstību teorētiskajam normālajam sadalījumam, mēs pielietojām vizuālo un grafisko metodi, kā arī statistikas aprēķinātos papatlielumus. Veicot datu kopu analīzi pēc statistikas pamatlielumiem - asimetrijas un ekscesa kritēriju, vidējā aritmētiskās vērtības un mediānas analīzes (3.4.9. un 3.4.10.tab.), mēs varējām prognozēt iespējamo OV satura raksturojošo parametru datu kopu atbilstību normālajam sadalījumam. Piemēram, ja asimetrijas un ekscesa kritēriji ir mazāki par 3, bet mediāna ir lielāka par vidējo aritmētisko vērtību, tad var uzskatīt, ka datu kopa atbilst teorētiskajam normālajam sadalījumam vai ir tuvu tam. Pēc vizuālās un grafiskās metodes mēs ieguvām līdzīgus rezultātus un konstatējām, ka kopumā Latvijas un Zvidrijas upju OV satura raksturojošo parametru datu kopas arī atbilst teorētiskajam normālajam sadalījumam vai ir tuvu tam. Piemēram, uzskatāmi labi parādās Lielupes un

Rones upju OV satura raksturojošo parametru datu kopu atbilstība normālajam sadalījumam pēc vizuālās metodes (3.4.8. un 3.4.10. att.), kad histogramma attēlojas “zvanveida” formā, un pēc grafiskās metodes (3.4.9. un 3.4.11. att.), kad datu kopas kumulatīvo biežumu sadalījums attēlojas kā taisna līkne. Savukārt Tebras un Tornes upju OV satura raksturojošo parametru datu kopu atbilstība ir tuvu normālajam sadalījumam pēc šo pašu metožu analīzes (3.4.8.-3.4.11.att.).

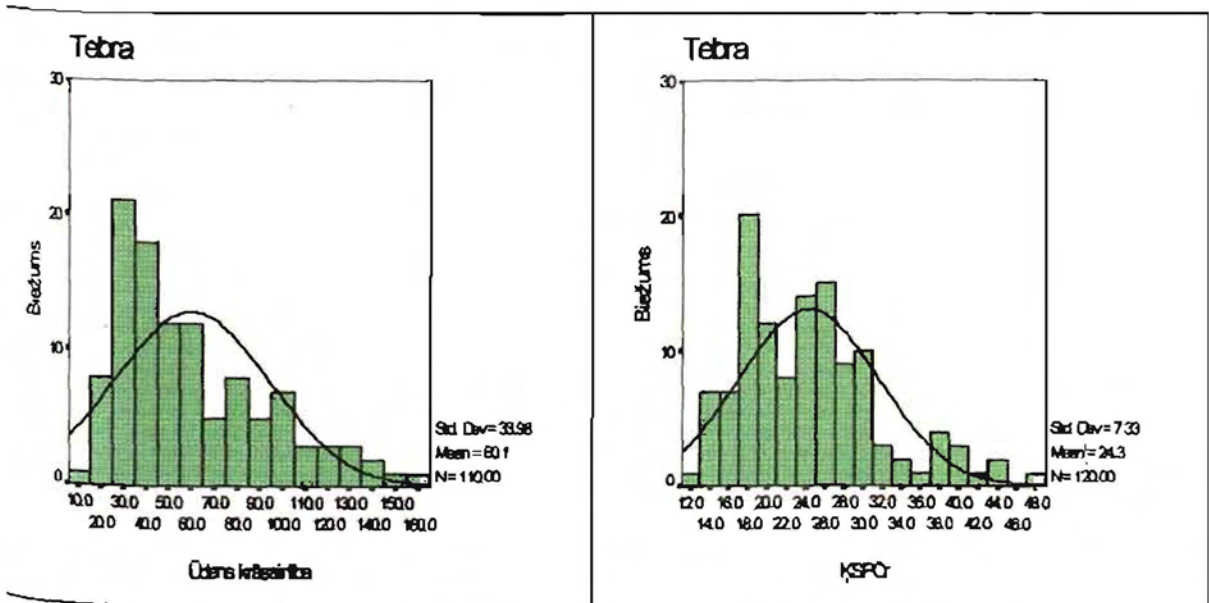
Secinājumi:

Pētījumā veiktā analīze par Latvijas un Zviedrijas upju OV satura raksturojošo parametru datu kopu atbilstību normālajam sadalījumam pēc vizuālās un grafiskās metodes, kā arī ņemot vērā statistikas pamatlielumus, parādīja, ka pētāmās datu kopas - ūdens krāsainība, sorbcija, ķīmiskā skābekļa patēriņš - kopumā atbilst teorētiskajam normālajam sadalījumam vai ir tuvu tam. Datu kopas ir piemērotas tālākajai statistiskajai apstrādei ar parametriskajām metodēm vai neparametriskajiem testiem.

A

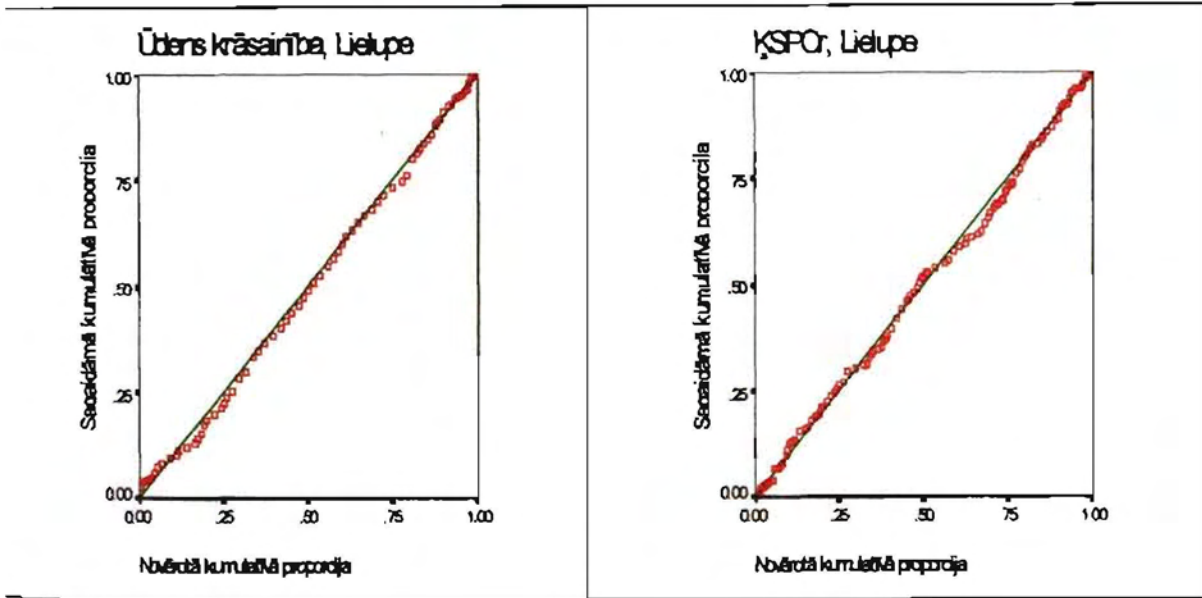


B

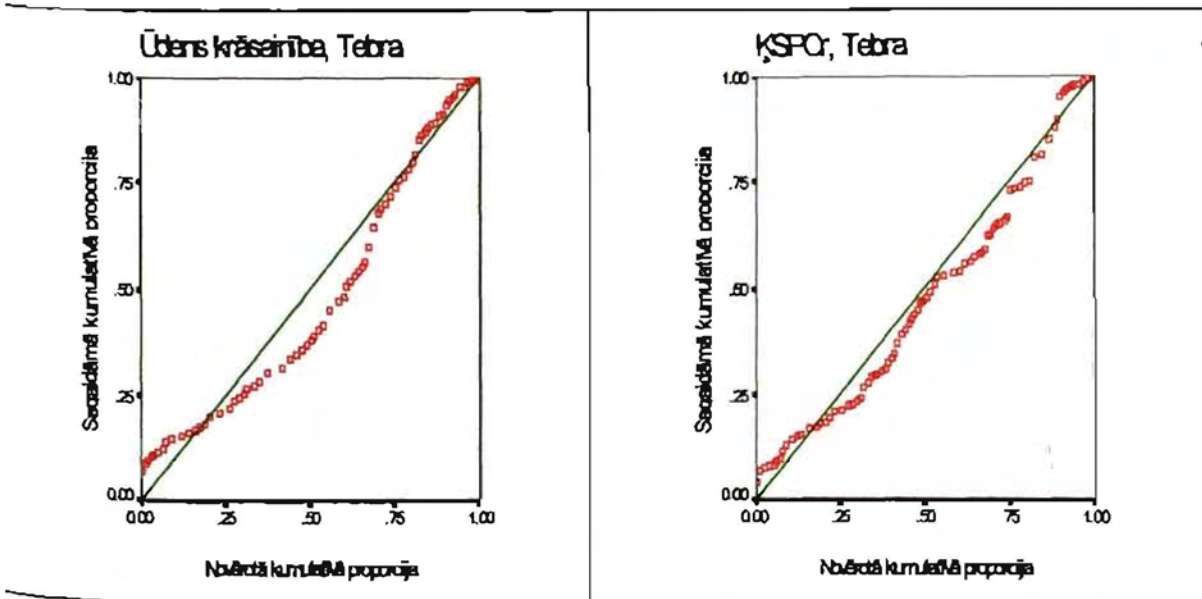


3.4.8.att. Üdens krāsainības un ķīmiskā skābekļa patēriņa (KSP_{Cr}) datu kopu atbilstība teorētiskajam normālajam sadalījumam pēc vizuālās metodes Latvijas upēm (1983-1997). A - datu kopas atbilst teorētiskajam normālajam sadalījumam (veido "zvanveida" formu); B - datu kopas atbilst tuvu teorētiskajam normālajam sadalījumam (līkne parāda datu kopas atbilstību teorētiskajam normālajam sadalījumam)

A



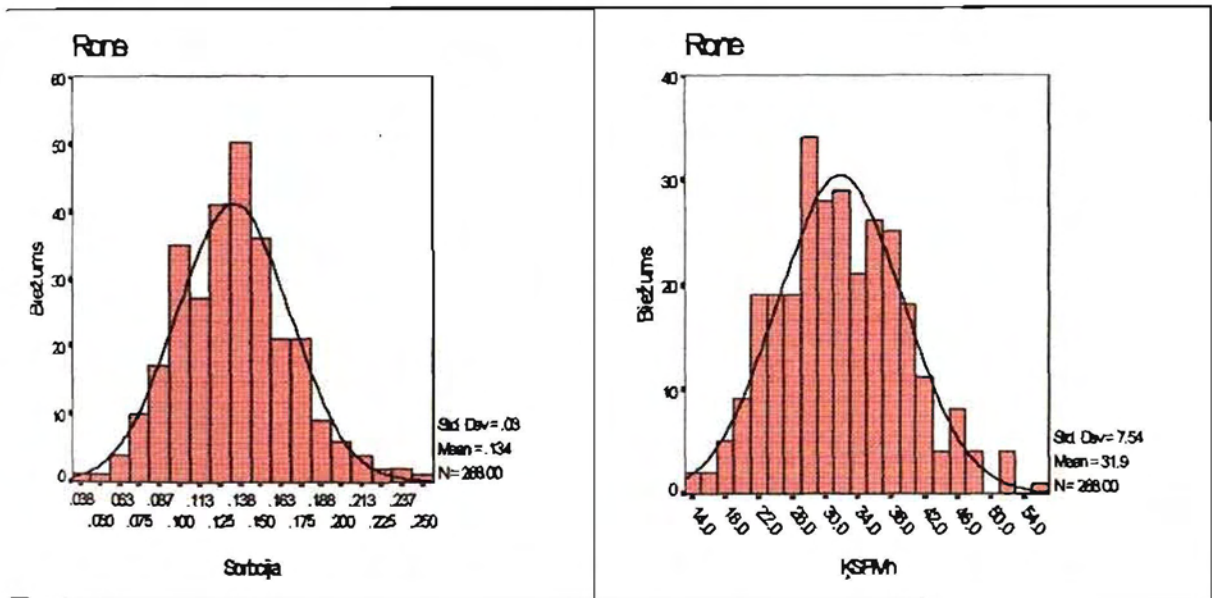
B



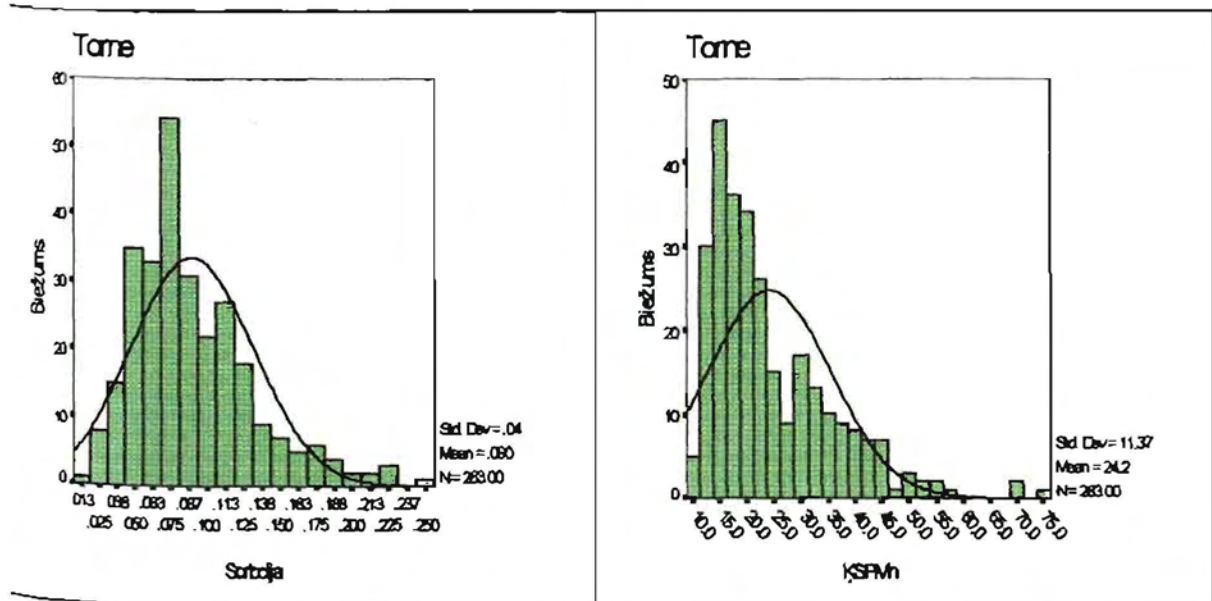
3.4.9.att. Ūdens krāsainības un ķīmiskā skābekļa patēriņa (KSP_{Cr}) datu kopu atbilstība teorētiskajam normālajam sadalījumam pēc grafiskās metodes Latvijas upēm (1983-1997).

A - datu kopas atbilst teorētiskajam normālajam sadalījumam (novērojumu kumulatīvo biežumu sadalījums attēlojas kā taisna līkne); B - datu kopas atbilst tuvu teorētiskajam normālajam sadalījumam

A



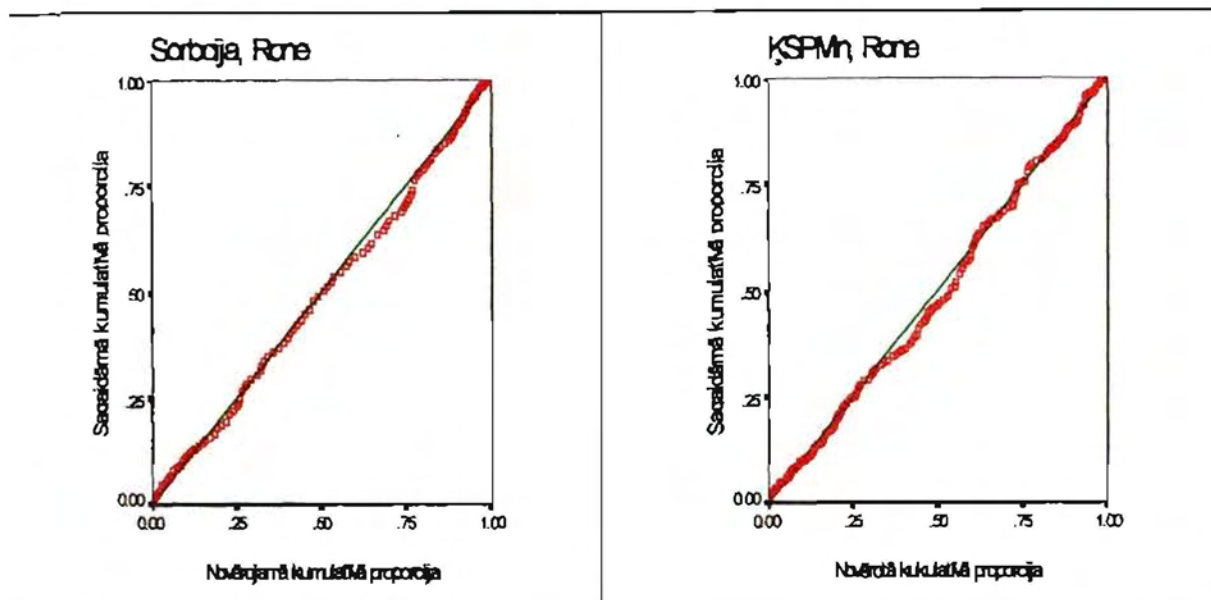
B



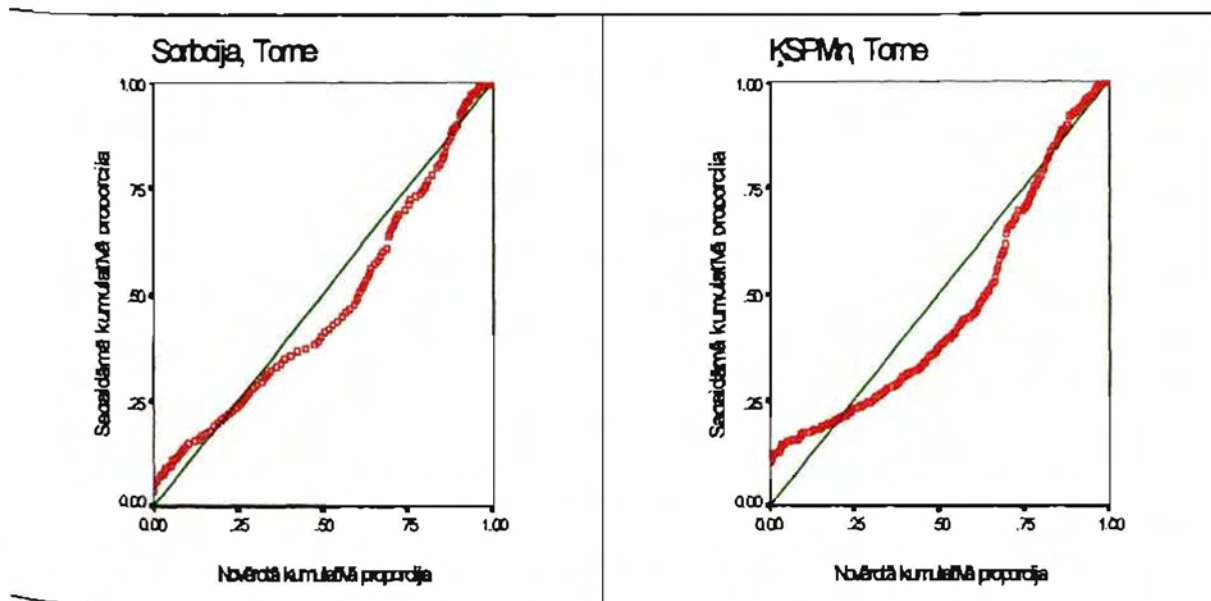
3.4.10.att. Sorbcijas un ķīmiskā skābekļa patēriņa (KSP_{Mh}) datu kopu atbilstība teorētiskajam normālajam sadalījumam pēc vizuālās metodes Zviedrijas upēm (1971-1994).

A - datu kopas atbilst teorētiskajam normālajam sadalījumam (veido "zvanveida" formu); B - datu kopas atbilst tuvu teorētiskajam normālajam sadalījumam (līkne parāda datu kopas atbilstību teorētiskajam normālajam sadalījumam)

A



B



3.4.11.att. Sorbcijas un ķīmiskā skābekļa patēriņa datu kopu (KSP_{Mn}) atbilstība teorētiskajam normālajam sadalījumam pēc grafiskās metodes Zviedrijas upēm no (1971-1994).

A - datu kopas atbilst teorētiskajam normālajam sadalījumam (novērojumu kumulatīvo biežumu sadalījums attēlojas kā taisna līkne); B - datu kopas atbilst tuvu teorētiskajam normālajam sadalījumam

3.4.4. HUMUSVIELU PLŪSMAS UPES BASEINĀ UN TO KONCENTRĀCIJU IZMAIŅAS SAISTĪBA AR UPES NOTECI

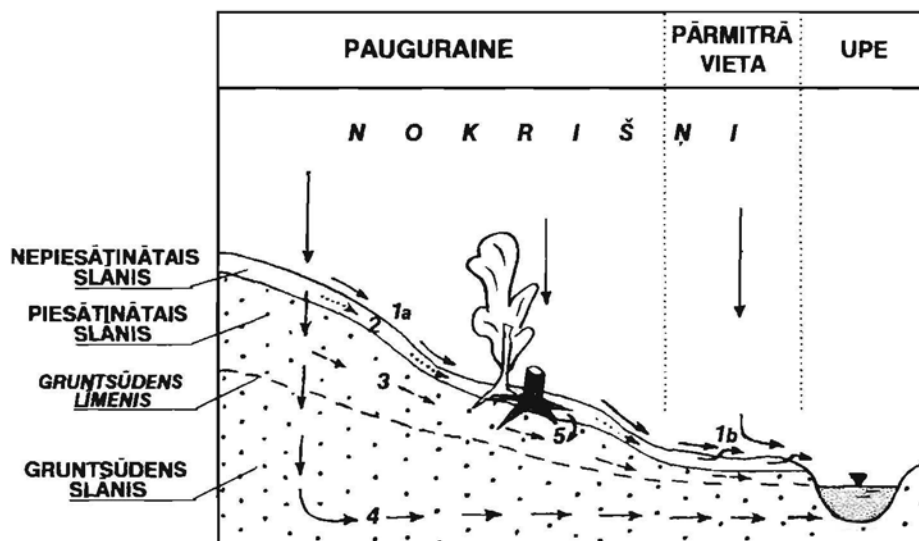
Humusvielu (HV) iznesē no sauszemes teritorijas ūdenstilpēs un tecēs ir cieši saistīta ar ūdens plūsmu veidošanās mehānismu to ūdensšķirtnēs (Hemond 1990). Tādēļ pētīt HV gan sezonālās un ilgtermiņa izmaiņas, gan arī to savstarpējo atkarību ar upes noteci un citiem ūdens kvalitātes parametriem, ir svarīgi noskaidrot šādus galvenos faktorus:

- ūdens plūsmu veidi, kas var pārvietot HV no sauszemes uz ūdenstilpi vai teci;
- galvenais plūsmas veids, kas visvairāk upē ienes izšķīdušās un neizšķīdušās (daļiņu) humusvielas;
- humusvielu koncentrāciju izmaiņas saistībā ar upes noteci.

Literatūrā iespējamās humusvielu plūsmu veidus upes sateces baseinā parasti apraksta pēc hidraulikas vai hidroloģijas principiem. Tā kā organiskais ogleklis sastāda 40-80% no HV, kas ir lielākā dabiskā organisko vielu frakcija augsnē un ūdenī, tad organisko oglekli izmanto kā galveno HV raksturlielumu. H.F.Hemonds (Hemond 1990) atzīmē, ka HV plūsmas ir cieši saistītas ar ūdens pārvietošanās mehānismu ūdensšķirtnē, tomēr tos abus (ūdeni un “vielu”¹) kopā nevar precīzi aprakstīt tikai pēc hidraulikas terminoloģijas, aprakstot kā “plūsmu”. Savukārt hidroloģijā, runājot par ūdens apriti dabā, arī lieto terminu “notece”, kas ir ar plašāku nozīmi. Ar terminu “plūsma” saprot nepārtrauktu gan ūdens, gan “vielas” pārvietošanos dažādās vidēs un globālajos aprites ciklos. Savukārt ainavu zinātnē ķīmisko elementu pārvietošanos ainavu ģeokīmiskajās sistēmās apzīmē ar terminu “migrācija”. Šeit migrācijas raksturu nosaka termodinamisko, bioķīmisko un fizikāli ķīmisko apstākļu kopums (Глазовская 1988), bet iztrūkstot kādam no šiem apstākļiem, vielas migrācija var apstāties. Tādēļ mēs uzskatām, ka “vielas” pārvietošanos vidē, kas ir cieši saistītas ar ūdens plūsmām, būtu pareizāk aprakstīt kā plūsmu.

3.4.12.att. ir vispārīga shēma, kurā parādīti iespējamie ūdens un HV (pēc organiskā oglekļa) plūsmu veidi upes baseinā, kur nogulumu augšējo daļu veido ledāju

un ledāju kušanas ūdeņu nogulumu. Šāda tipa upju baseiniem pēc to ģeoloģiskās uzbūves īpatnībām ir pieskaitāmi kopumā visi pētāmie upju baseini Latvijā. Upes baseinā izšķirt šādus iespējamos ūdens un HV plūsmu veidus: *virszemes plūsma*, *augšnes nepiesātinātā slāņa laterālā plūsma*, *augšnes iekšējā plūsma*, *gruntsūdens plūsma* un *makroporu plūsma*.



3.4.12.att. Iespējamie ūdens un humusvielu (balstoties uz organiskā oglekļa pētījumiem) plūsmu veidi upes baseinā (pārveidota pēc H.F.Hemonda, 1990).

Plūsmu veidi: 1 - virszemes plūsma; 2 - augšnes nepiesātinātā slāņa laterālā plūsma; 3 - augšnes iekšējā plūsma; 4 - gruntsūdens plūsma; 5 - makroporu plūsma.

Virszemes plūsma (1) - plakaniska un vienlaidus neregulāra ūdens pārvietošanās pa zemes virsmu, parasti, tiekdams uz drenāžas vietu (upi). Virszemes plūsma rodas, ja lietus intensitāte pārsniedz augšnes infiltrācijas kapacitāti un spēj aizpildīt mazas depresijas. Virszemes plūsmu būtiski nosaka zemes virsmas raksturs: veģetācija un augšnes apstākļi, kā arī nogāzes slīpums (Dunne 1988, Hemond 1990, Apsīte & Kļaviņš 1997). Rietumeiropas hidroloģijas terminoloģijā tā pazīstama kā *Hortona virszemes plūsma (1a)* (Horton 1933). Pēc ūdens plūsmas veidošanās principiem tiek izšķirts otrs paveids - *piesātinātā virszemes plūsma jeb Džunne plūsma (1b)*. Tā veidojas vietās, kur

domāts ķīmiskie elementi, šajā gadījumā ogleklis

augsts gruntsūdens līmenis, piemēram, upei pieguļošā pārmitrā vieta² (3.4.12.att.). Šī plūsma veidojas, kad vertikālās un horizontālās perkolācijas rezultātā augsnes augšējie slāņi ir pilnīgi piesātināti ar ūdeni līdz noteiktam dziļumam. Kad piesātinājums ir sasniedzis noteikto dziļumu, lietus ūdeņi nevar infiltrēties un noplūst pa zemes virsmu. Daļa no ūdens lēni pārvietojas caur augsnes virskārtu un noplūst pa virszemi uz upi kā *atgriezeniskā plūsma* (Dunne 1988). Terminu “virszemes plūsma” hidroloģijā saprot plašākā nozīmē kā “virszemes notece”.

Augsnes nepiesātinātā slāņa laterālā plūsma (2) - pēc hidraulikas terminoloģijas šo plūsmas veidu ir sarežģītāk aprakstīt, bet tā neapšaubāmi pastāv. Kā atzīmē H.F.Hemonds (Hemond 1990), daudzi zinātnieki uzskata, ka zināms ūdens daudzums tiek pārvietots laterāli augsnes nepiesātinātajā slānī.

Augsnes iekšējā plūsma (3) - šo terminu parasti lieto, aprakstot laterālu ūdens plūsmu, kad zemes virsmu sasniegušie ūdeņi (nokrišņi) infiltrējas dziļāk caur īslaicīgi piesātinātu augsnes slāni, kas atrodas tieši zem nepiesātinātās augsnes. Ūdens plūsmai “atduroties” pret kādu šķērslī (piemēram, maz ūdenscaurlaidīgu nogulumu ieslēgumu, arī tā saucamo “aruma zoli”) ūdens plūsma maina virzienu. Daļa ūdens sāk pārvietoties laterāli caur augsni lejup pa nogāzi uz drenāžas vietu (iekšējā plūsma), bet otra ūdens daļa perkolējas dziļāk un papildina gruntsūdeni. Hidroloģijā ar saprot kā *augšnes noteci*. Abus terminus “nepiesātinātā slāņa laterālā plūsma” un “iekšējā plūsmām” kopā hidroloģijā saprot plašākā nozīmē kā “augšnes notece”.

Gruntsūdens plūsma (4) - tā tiek aprakstīta kā ūdens laterāla plūsma zem gruntsūdens līmeņa augsnes slānī, kas atrodas virs mazāk ūdens caurlaidīgiem nogulumiežiem (Hemond 1990). Atšķirībā no iepriekš aprakstītajām plūsmām, gruntsūdens plūsma ir mazāk vai vairāk nepārtraukta visu gadu, īpaši atsevišķos gada laikos (pavasārī un rudenī). Pēc rietumeiropas literatūras šo plūsmu varētu pielīdzināt *pamatnotecei vai bāzes notecei*, bet pēc padomju laika literatūras - *pazemes notecei*.

Tiek izdalīta arī *makroporu plūsma (5)*. Makroporas ir kā augsnes poras, kuras izveido augu saknes un augsnes dzīvnieki. Izkrītot atmosfēras nokrišņiem, pa

² Par *pārmitrajām vietām* sauc ekosistēmu ar raksturīgu augsni un nogulumiem, kurā atmosfēras nokrišņi var izkrist neregulāri, bet gruntsūdens līmenis saglabājas augsts visu gadu (Hemond 1990)

makroporām tiek ātri pārvietots ievērojams ūdens daudzums augsnes nepiesātinātajā slānī, kur ūdens plūsma veido ciešu kontaktu ar augsni.

Ūdens plūsmu (kā arī noteces) veidošanās procesu ietekmē daudz faktoru. Tos iedala klimatiskajos un baseina virsmas faktoros (Zīverts 1997). Galvenie klimatiskie faktori ir nokrišņi un evapotranspirāciju noteicošie lielumi (radiācijas bilance, gaisa temperatūra, gaisa mitruma deficīts, vējš). Galvenie baseina virsmas faktori ir reljefs, augsnes veids, ģeoloģiskā uzbūve, mežainums, purvainums un ezeri. Reljefa ietekme izpaužas gan tieši, veicinot noteci, gan netieši, ietekmējot nokrišņu izkrišanas daudzumu. Uz noteci izlīdzinošu ietekmi (samazina maksimumus, palielina minimumus) atstāj caurlaidīgas augsnes, liels mežainums, liels purvainums un daudz ezeru upes baseinā.

Virszemes noskalošanās ir ļoti turbulenta un pārvieto daudz suspendēto cieto daļiņu. Tādēļ ar virszemes plūsmu upē tiek ienestas galvenokārt neizšķīdušās humusvielas jeb daļiņu organiskais ogleklis (DOC). Ar augsnes iekšējo un augsnes nepiesātināto laterālo plūsmām tiek izskalots izšķīdušais organiskais ogleklis (IOC), kā arī biogēnie elementi (N un P). Salīdzinoši mazāka loma IOC iznesē ir gruntsūdens plūsmai upes baseina “pauguraines rajonā”³ (3.4.12.att.). Šajā gadījumā ar gruntsūdeņu plūsmu tiek vairāk iznesti elementi, kas atrodas pamatiežos (Ca, Mg, SiO₂ u.c.). Tomēr gruntsūdens plūsma (vai notece) var būt galvenā IOC iznesē, ja upes baseinā ir atrodamas upei pieguļošās pārmitrās vietas.

IOC iznesē upē ir daudz sarežģītāks process nekā to mēģina aprakstīt pēc plūsmu vai noteces veidiem. Atmosfēras nokrišņiem infiltrējoties caur augsnes organisko slāni un ūdens perkolācijas rezultātā, humusa IOC tiek pārvietots uz augsnes apakšējiem horizontiem. Tur izskalotais IOC tiek absorbēts augsnes minerālajā daļā un pakļauts mikrobu iedarbībai. Šī shēma atbilst klasiskajai teorijai par augsnes veidošanos (Paxeus et al. 1985). C.S.Kronans un G.R.Aikens (Cronan & Aiken 1985) ir izpētījuši, ka augstākas IOC koncentrācijas atrodamas augsnes augšējo horizontu porūdeņos, bet izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācijas samazinās, pieaugot dziļumam. Tādēļ gruntsūdenī ir mazas IOC koncentrācijas.

³ Apzīmēta tā upes baseina paaugstinātā daļa, kas sākas no upes baseina ūdensšķirtnes līdz upei pieguļošajai pārmitrajai vietai, kur arī gruntsūdens līmenis ir nosacīti augstāks par upes līmeni

Lielos attālumos ar gruntsūdens plūsmu transportētās HV var sasniegt upi stipri pārveidotas. Tādēļ vienīgi no augsnes izskalotais IOC tuvu drenāžas vietai sasniedz upi maz atšķaidītā veidā (Hemond 1990). Gruntsūdens pārvietošanās ātrumu no "pauguraines" uz upi nosaka divi faktori:

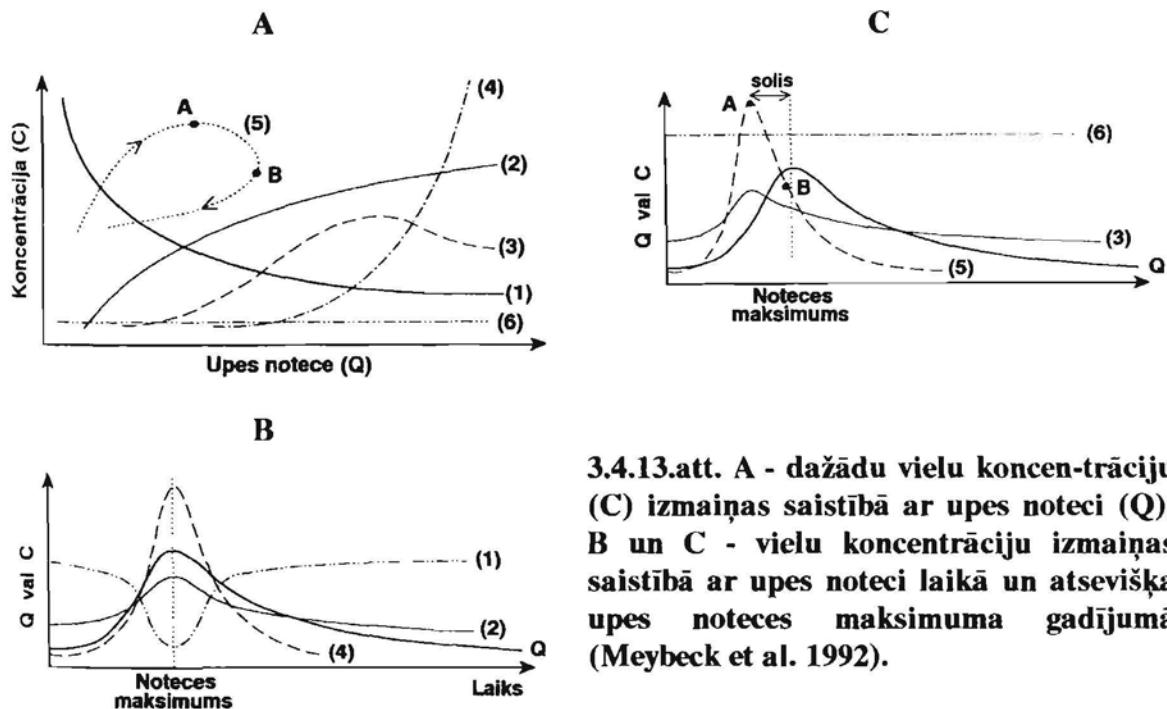
- ātrums, ar kādu ūdens var drenēties no nepiesātinātās zonas uz gruntsūdens zonu;
- ātrums, ar kādu piesātinātā plūsma var pārvietoties caur augsnes profilu uz drenāžas vietu.

Abus plūsmu ātrumus nosaka augsnes hidrauliskās īpašības (Corbett et al. 1975).

Kā jau iepriekš minēts, pastāv uzskats, ka upei (kā arī citām ūdenstilpnēm) pieguļošās pārmitrās vietas ir galvenais izšķīdušā organiskā oglekļa avots upes baseinā. Tās funkcionē kā bioķīmiskā barjera, akumulējot no "pauguraines" rajona transportētās organiskās vielas uz ūdens drenāžas vietu. Tādejādi pārmitrās vietas samazina galveno "pauguraines" humusa avotu "tiešu" pieplūdi ūdens humusvielu veidošanā (Weyman 1970, Hemond 1990). Tā kā parasti gruntsūdens līmenis pārmitrajās vietās ir augsts visu gadu, tad atsevišķos gadījumos humusvielu virszemes plūsma var būt maznozīmīga. Piemēram, pavasarī, kad ir augsts gruntsūdens un upes ūdens līmeņi, organiskās vielas no augšējā augsnes slāņa nevar izskaloties. Šajā periodā vislielākā nozīme ir HV plūsmai, kas saistīta ar gruntsūdeni un ir visvairāk piesātināta ar izšķīdušo organisko oglekli. Tomēr upē izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācijas nav augstākās gada laikā. Jāatzīmē, ka vienlaikus pārmitrās vietās (atkarībā no klimatiskajiem apstākļiem) var notikt intensīva organisko vielu sintēze, bet to sadalīšanās anaerobā vidē ir lēna. Proti, pārmitrajām vietām raksturīga augsta organisko vielu veidošanās procesa intensitāte.

Mūsu tālākajā pētījumā par ūdens organisko vielu saturu, kā arī citu ūdens kvalitātes sezonālajām un ilgtermiņa izmaiņām, un to savstarpējo atkarību ar upes noteci gan Latvijā, gan Zviedrijā, svarīgi bija izprast vielu koncentrāciju izmaiņas saistībā ar upes noteci. M.Meibeks un līdzautori (Meybeck et al. 1992) atzīmē, ka ūdens kvalitātes mainīgums ir atkarīgs no upes hidroloģiskā režīma, t.i., no ūdens noteces mainīguma, palu un plūdu skaita gada laikā un to nozīmīguma u.c. Palu laikā ūdens ķīmiskais sastāvs ir parasti ievērojami mainīgāks, ko rada dažādi ūdens pieplūdes avoti: *virszemes notece, augsnes notece* (t.i., ūdens cirkulācija augsnē) *un pazemes ūdeņu notece.*

Tādējādi pēc dažādu vielu koncentrāciju izmaiņām upē var spriest par dominējošo ūdens un “vielas” plūsmas veidu upes baseinā gada laikā. 3.4.13.attēlā ir parādīts dažādu vielu koncentrāciju izmaiņas saistībā ar upes noteci.



3.4.13.att. A - dažādu vielu koncentrāciju (C) izmaiņas saistībā ar upes noteci (Q); B un C - vielu koncentrāciju izmaiņas saistībā ar upes noteci laikā un atsevišķa upes noteces maksimuma gadījumā (Meybeck et al. 1992).

Šīs liknes raksturo vielu koncentrāciju izmaiņas atsevišķā gadījumā (lietus gāze) kā arī ļauj izsekot upes noteces izmaiņām vairāku gadu laikā. Kopumā OV koncentrāciju izmaiņas upē ir atšķirīgas no citiem ūdens kvalitātes parametriem un tās var raksturot šādi:

- Neizšķīdušajām jeb daļiņu OV koncentrāciju izmaiņām ir raksturīga likne (4), kad pieaugot upes notecei, vielu koncentrācijas pieaug eksponentāli (3.4.13.att. A), un augstākās vielas koncentrācijas vērojamas noteces maksimuma laikā (3.4.13.att. B). Šī likne ir arī raksturīga kopējo suspendēto daļiņu koncentrācijai un visām vielām, kas ir saistītas daļiņu veidā. Likne parāda cieto daļiņu koncentrāciju pieaugumu, kas rodas, piemēram, sniega kušanas ūdeņu, gultnes erozijas rezultātā u.c.

- Līkne (2) raksturo ierobežotu vielas koncentrācijas pieaugumu, kas rodas upē pēkšņas vielas pieplūdes laikā, noskalojoties un izskalojoties no augsnes. Šī līkne raksturīga izšķīdušajām OV (atsevišķi slāpekļa savienojumu veidi). Tātad, pieaugot upes notecei OV daudzums arī palielinās (3.4.13.att. A) un augstas koncentrācijas vērojamas noteces maksimumu laikā (3.4.13.att. B), bet izšķīdušo organisko vielu koncentrācijas ir zemākas kā neizšķīdušajām OV.

Laika gaitā esošās OV tiek pakļautas dažādiem noritošajiem fizikāli ķīmiskiem procesiem upē. Viens no galvenajiem procesiem, kas būtiski izmaina OV koncentrācijas, ir OV šķīdināšana ūdenī. Tādēļ OV koncentrāciju izmaiņu raksturu saistībā ar upes noteci papildus var aprakstīt arī šādi:

- Līkne (3) pamatā ir līdzīga līknei (2), bet organisko vielu koncentrācija krītas pie ļoti augstas upes noteces, ko rada atšķaidīto augsnes ūdeņu pieplūde. Šāda veida līkne ir ļoti raksturīga OV (3.4.13.att. A, C).
- Līkne (5) ir kā cilpa, kas veidojas laika gaitā, kad pirms novērojamā noteces maksimuma punktā B, vielas koncentrācijas maksimums atrodams punktā A (t.i., vielas koncentrācijas maksimums nesakrīt ar noteces maksimumu, bet novērojams brīdī, kad noteces maksimums krītas). Šāda veida līkne tipiska kopējo suspendēto daļiņu un dažreiz NO_3 koncentrāciju izmaiņām, bet ļoti raksturīga izšķīdušajām organiskajām vielām.

Savukārt līkne (1) parāda vielas koncentrācijas samazināšanos, pieaugot upes notecei, kas nosaka šķīstošās vielas pieaugumu līdz kādai konstantai pakāpei (piemēram, galvenie katjoni, iespējamie SiO_2 , īpaši, kad koncentrācija ir augsta. Līkne (6) parāda, ka koncentrācija ir konstanta vai tuvu konstantai upes notecei un, kas ir saistīta ar upes ūdensguves avotu (piemēram, lietus ūdeņu CI, pazemes ūdeņiem karsta rajonos).

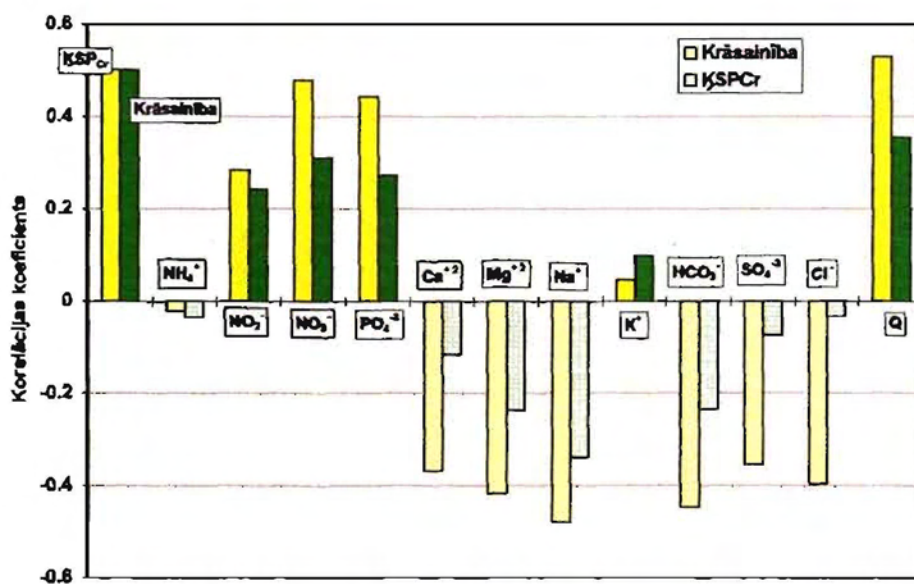
Secinājumi:

- No dažādu pētījumu rezultātu apkopojuma par iespējamām ūdens un humusvielu plūsmām upes sateces baseinā, ka humusvielas upēs tiek ienestas galvenokārt ar šādām plūsmām:
 - 1) *virszemes plūsma*, ar kuru tiek ienestas visvairāk neizšķīdušās humusvielas;
 - 2) *augšnes iekšējā plūsma*, ar kuru tiek ienests visvairāk izšķīdušās humusvielas;
 - 3) atsevišķos gadījumos arī *gruntsūdens plūsma*, ar kuru tiek ienests visvairāk izšķīdušo humusvielu no upei pieguļošajām pārmitrajām vietām.
- Organisko vielu koncentrācijas izmaiņas saistībā ar upes noteci nosaka dominējošo humusvielu plūsmu sezonālā dinamika upes sateces baseinā, kā arī upē noritošie fizikāli ķīmiskie procesi.

Šie secinājumi bija pamatā mūsu salīdzinošajai analīzei par Latvijas un Zviedrijas upju organisko vielu koncentrāciju korelāciju, sezonālo un ilgtermiņa izmaiņu raksturu.

3.4.4.1. ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJOŠO PARAMETRU KORELĀCIJAS ANALĪZE

Iepriekšējā nodaļā aprakstīti un raksturoti iespējamie ūdens un humusvielu plūsmu veidi upes baseinā un organisko vielu (OV) koncentrāciju izmaiņas saistībā ar upes noteci. Lai analizētu OV saturs koncentrāciju izmaiņu likumsakarības, mēs veicām Latvijas un Zviedrijas pēlāmo upju OV saturs raksturojošo parametru korelācijas analīzi, pielietojot statistiskās metodes. Kā redzams 3.4.14.attēlā un 3.4.11.tabulā, mēs konstatējām, ka pastāv noteikta savstarpējā atkarība jeb korelācija starp OV saturs raksturojošajiem parametriem (ķīmiskā skābekļa patēriņš (KSP) un ūdens krāsainību) un upes caurplūdumiem, kā arī citiem ūdens kvalitātes parametriem.



3.4.14.att. Aprēķinātais Pīrsona korelācijas koeficients ūdens krāsainībai un ķīmiskajam skābekļa patēriņam (KSP_{Cr}) Ventai (1983-1997)

Ūdens krāsainībai korelācija ir statistiski ticama pie būtiskuma līmeņa $p < 0,01$ ar šādiem ūdens kvalitātes parametriem: KSP_{Cr}, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, HCO₃⁻, SO₄⁻² un upes caurplūdumiem (Q), bet pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$ - Cl⁻.

KSP_{Cr} korelācija ir statistiski ticama pie būtiskuma līmeņa $p < 0,01$ ar ar šādiem ūdens kvalitātes parametriem: ūdens krāsainību, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³ un Na⁺, bet pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$ - Mg⁺², HCO₃⁻ un caurplūdumiem (Q)

Parametru savstarpējās atkarības ciešums var būt nedaudz atšķirīgs starp upju baseiniem, ko nosaka divu faktoru kopums:

3.4.11.tab. Aprēķinātais Pīrsona korelācijas koeficients ūdens kvalitātes parametriem un upes caurplūdumiem (1983 - 1997)

Upes nosauk.	Ūdens kvalit. parametri	Organisko vielu raksturojošie parametri		Biogēnie elementi				Galvenie joni							Caurplūdums
		Krāsainība	KSP _{Cr}	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	
Lielupe	Krāsainība	1,000	0,441**	-0,164*	-0,079	0,339**	-0,17	-0,523**	-0,490**	-0,210	-0,305**	-0,393**	-0,660**	-0,475**	0,423**
	KSP _{Cr}		1,000	-0,170*	0,071	0,052	-0,114	-0,281	-0,163	-0,060	-0,243*	-0,225*	-0,259*	-0,166	0,245**
	NH ₄ ⁺			1,000	-0,052	-0,159*	0,246**	0,197	-0,056	0,095	0,039	0,116	0,201	0,155	-0,022
	NO ₂ ⁻				1,000	-0,192*	0,199**	0,054	0,081	0,038	-0,048	0,039	0,085	0,142	-0,122
	NO ₃ ⁻					1,000	-0,219**	-0,346**	-0,223*	-0,249*	-0,125	-0,272*	-0,542**	-0,268**	0,366**
	PO ₄ ⁻³						1,000	0,248*	0,179	0,170	0,386**	0,207	0,296**	0,383**	-0,133
	Ca ⁺²							1,000	0,832**	0,460**	0,417**	0,926**	0,856**	0,857**	-0,665**
	Mg ⁺²								1,000	0,430**	0,324**	0,875**	0,731**	0,722**	-0,586**
	Na ⁺									1,000	0,274**	0,435**	0,472**	0,415**	-0,313**
	K ⁺										1,000	0,352**	0,465**	0,501**	-0,170
	HCO ₃ ⁻											1,000	0,664**	0,739**	-0,641**
	SO ₄ ⁻²												1,000	0,782**	-0,582**
	Cl ⁻													1,000	-0,572**
	Q														1,000
Daugava	Krāsainība	1,000	0,367**	-0,132	0,108	0,196*	0,021	-0,580**	-0,475	-0,594**	0,171	-0,623	-0,344	-0,381**	0,501**
	KSP _{Cr}		1,000	-0,079	0,008	-0,196*	0,090	-0,175	-0,155	-0,215	0,030	-0,206	-0,063	-0,037	0,096
	NH ₄ ⁺			1,000	0,047	0,276**	0,133	0,255*	0,217*	0,153	0,209	0,225*	0,083	0,296**	-0,061
	NO ₂ ⁻				1,000	0,286**	0,152	-0,260*	-0,257*	-0,153	0,266*	-0,276*	-0,193	-0,112	0,303**
	NO ₃ ⁻					1,000	0,176*	-0,063	-0,002	-0,078	0,264*	-0,136	-0,091	0,193	0,367**
	PO ₄ ⁻³						1,000	0,134	0,154	0,050	0,115	0,099	0,022	0,221*	-0,001
	Ca ⁺²							1,000	0,843*	0,791**	0,114	0,976**	0,773**	0,813**	-0,680**
	Mg ⁺²								1,000	0,642**	0,163	0,877**	0,693**	0,731**	-0,572**
	Na ⁺									1,000	0,105	0,820**	0,644**	0,734**	-0,593**
	K ⁺										1,000	0,108	0,115	0,324**	0,161
	HCO ₃ ⁻											1,000	0,723**	0,765**	-0,716**
	SO ₄ ⁻²												1,000	0,628**	-0,477**
	Cl ⁻													1,000	0,628**
	Q														1,000

Korelācija ir statistiski ticama: * - pie būtiskuma līmeņa p<0,05; ** - pie būtiskuma līmeņa p<0,01

- dabiskie - upes baseina fiziogēogrāfiskie apstākļi, ūdeņu hidroķīmiskais sastāvs u.c.;
- antropogēnie - īslaicīgas vai ilglaicīgas cilvēka darbības rezultātā radītās izmaiņas ūdens ķīmiskajā sastāvā (piemēram, ŪSP koncentrāciju pieaugums virszemes ūdeņos neattīrīto notekūdeņu ievadīšanas rezultātā).

Korelācija ar upes noteci (caurplūdumiem). Kā rāda korelācijas analīžu rezultāti, starp upes noteci (tās raksturošanai tiek izmantots upes caurplūdumi m^3/s) un ūdens kvalitātes parametriem pastāv noteikta savstarpējā atkarība, ko nosaka dažādi ūdens pieplūdes avoti. Starp OV satura raksturojošajiem parametriem (arī biogēnajiem elementiem) un upes noteci pastāv pozitīva korelācija. OV ūdens tecēs tiek ienestas virszemes un augsnes noteces rezultātā. Turklāt ar pazemes ūdeņiem upē tiek vairāk ienesti ķīmiskie elementi, kas atrodas pamatiežos, piemēram, Si, Ca, Mg u.c. (Meybeck et al. 1992). Tādēļ starp galvenajiem joniem un upes noteci pastāv negatīva korelācija, ko mēs arī konstatējam šajā pētījumā (3.4.11.tab.).

Mēs atradām, ka kopumā starp OV satura raksturojošajiem parametriem un upes caurplūdumiem pastāv cieša un pozitīva korelācija gan Latvijas (3.4.12.tab.), gan Zviedrijas (3.4.13.tab.) pētāmajām upēm.

3.12.tabula. Korelācija starp organisko vielu satura raksturojošajiem parametriem un upes caurplūdumiem Latvijas upēm (1983-1997).

Upes nosaukums	Pīrsona korelācijas koeficients	
	Krāsainība	ŪSP _{Cr}
Venta	0,528**	0,354*
Tebra	0,590**	0,232*
Lielupe	0,423**	0,245**
Iecava	0,446**	0,129
Misa	0,325**	0,153
Daugava	0,501**	0,096
Aiviekste	0,500**	0,040
Dubna	0,564**	0,227**
Gauja	0,750**	0,418**
Salaca	0,657**	0,273**

Korelācija ir statistiski ticama: * - pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$; ** - pie būtiskuma līmeņa $p < 0,01$

3.4.13.tab. Korelācija starp organisko vielu satura raksturojošajiem parametriem un upes caurplūdumiem Zviedrijas upēm (1971-1994).

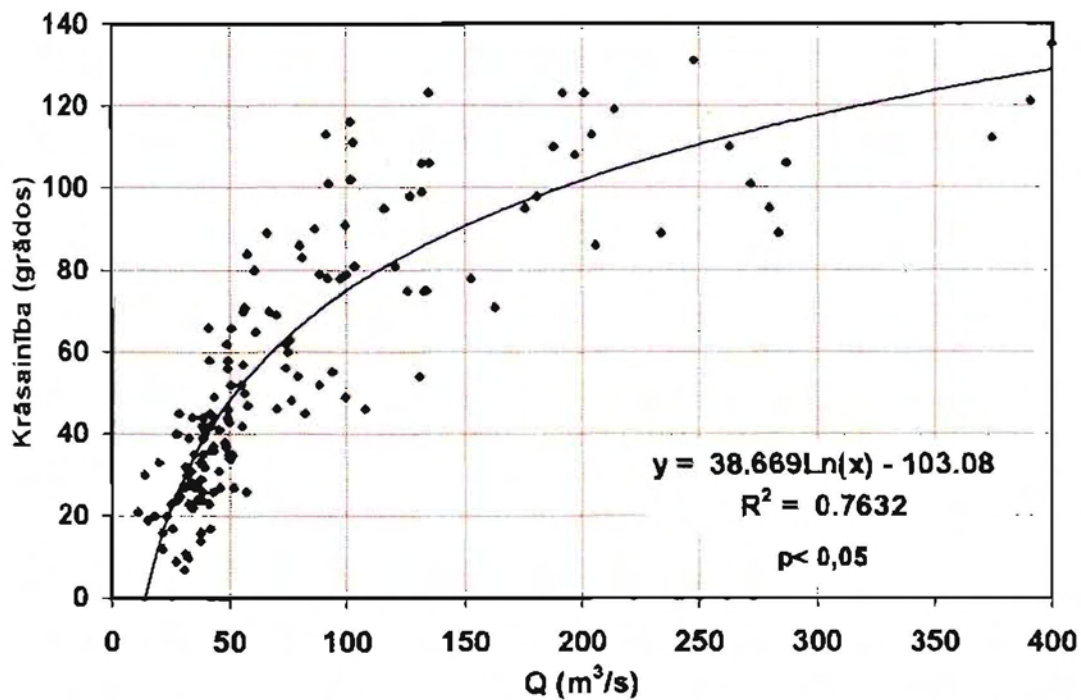
Upes nosaukums	Pirsona korelācijas koeficients	
	Sorb_F	ḲSP _{Mn}
Torne	0,549**	0,648**
Rone	0,398**	0,385**
Ljungana	0,611**	0,510**
Esterdāle	0,485**	0,542**
Vestedāle	0,431**	0,258**
Morrumsona	0,763**	0,634**
Lagana	0,308**	0,129*

Korelācija ir statistiski ticama: * - pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$; ** - pie būtiskuma līmeņa $p < 0,01$

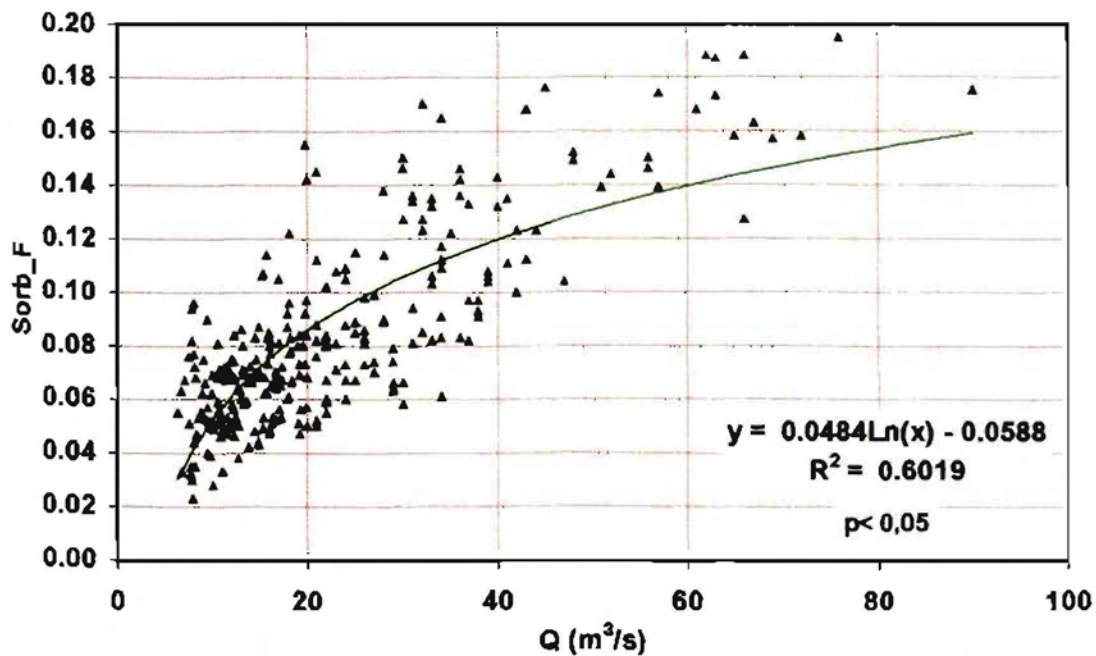
Tomēr augstāka korelācija vērojama ūdens krāsainībai un sorbcijai (sorb_F), kur visām Latvijas un Zviedrijas upēm Pirsona korelācijas koeficients ir statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa $p < 0,01$. Tas apstiprina faktu, ka OV satura raksturojošos parametrus nosaka ar dažādām analītiskām metodēm un iegūtais OV kvantitatīvais un kvalitatīvais saturs var būt atšķirīgs.

Kā redzams 3.4.15. un 3.4.16. attēlos, gan Latvijas, gan Zviedrijas pētāmajām upēm starp OV satura raksturojošajiem parametriem un upes caurplūdumiem nepastāv lineāra savstarpējā atkarība. Proti, pieaugot upes notecei, pieaug arī ūdens krāsainības vai sorbcijas vērtības, bet tās nav augstākās novērojumu periodos. Tas izskaidrojams ar to, ka organisko vielu koncentrāciju izmaiņas nosaka dažādu faktoru kopums. Kā jau iepriekšējā nodaļā tika atzīmēts, viens no šiem faktoriem upē noritošie fizikāli ķīmiskie procesi, kas nosaka OV šķīšanas īpašības un līdz ar to OV koncentrāciju izmaiņas saistībā ar upes noteci.

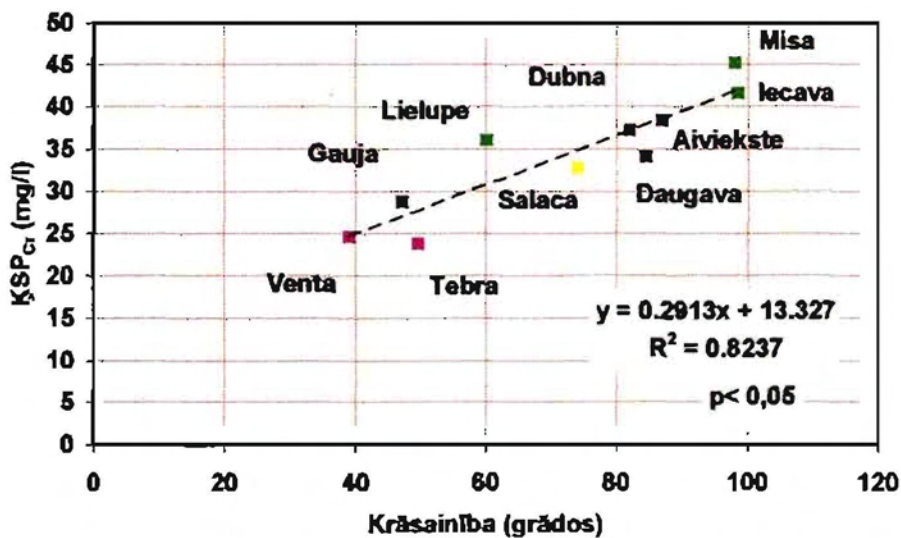
Organisko vielu satura raksturojošo parametru savstarpējā korelācija. Kā atzīmēja A.Vilanders un A.Grimvals (Wilander 1998, Grimvall 1998), ciešāka korelācija pastāv starp tiem ūdens kvalitātes parametriem, kas ir vienādas izcelsmes (organiskas vai neorganiskas). Tas uzskatāmi parādīts 3.4.17. un 3.4.18.attēlos, kur starp OV satura raksturojošajiem parametriem pastāv izteikta cieša un pozitīvā korelācija, jo tie ir organiskas izcelsmes.



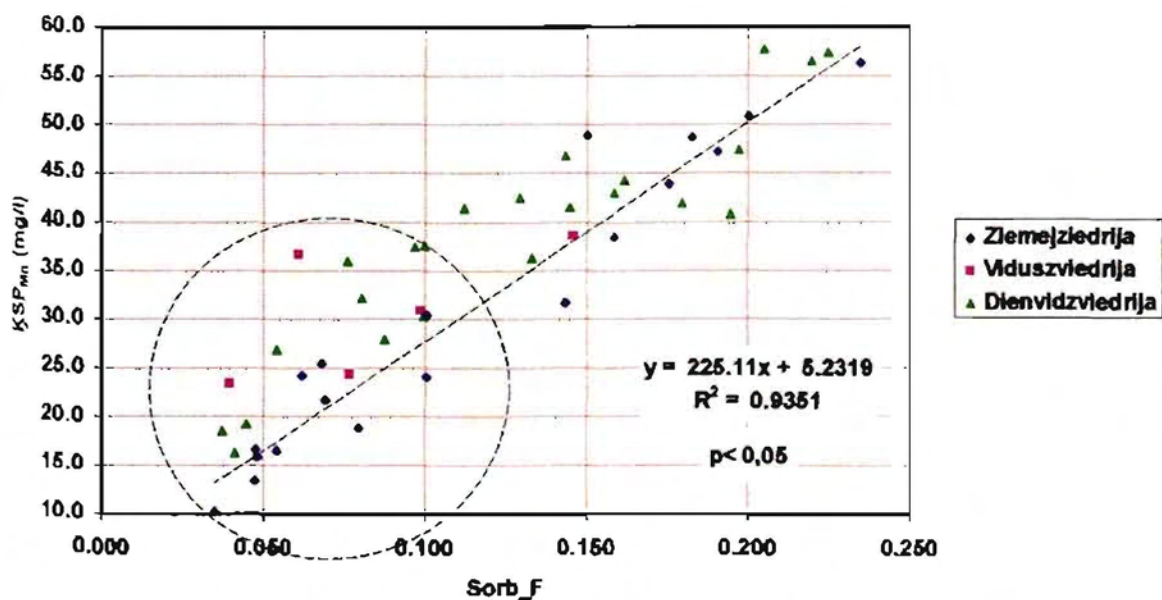
3.4.15.att. Savstarpējā atkarība starp ūdens krāsainību un upes caurplūdumiem Salacai (1983-1997)



3.4.16.att. Savstarpējā atkarība starp sorbciju (sorb_F) un upes caurplūdumiem Morrumsonai (1971-1994)



3.4.17.att. Savstarpējā atkarība starp ūdens krāsainības un ķīmiskā skābekļa patēriņa (KSP_{Cr}) vidējām vērtībām Latvijas upēm (1983-1997)



3.4.18.att. Savstarpējā atkarība starp sorbcijas (sorb_F) un ķīmiskā skābekļa patēriņa (KSP_{Mn}) vidējām vērtībām Zviedrijas upēm (1987-1994) (ar pārtrauktu apļa kontūru iezīmēti upju baseini, kur ezerainība ir 6-24%)

Savukārt OV satura raksturojošo parametru attiecību būtiski nosaka zemes lietojuma veidu struktūra upes baseinā. Augstākas šo parametru attiecības konstatētas upēm, kuru baseinos ir lielākas pārmitro vietu (purvu) platības (piem., Aiviekstes), lauksaimniecībā izmantojamās zemes, kā arī upē radītais piesārņojums neattīrīto notekūdeņu ieplūdes gadījumā, piemēram, Misa (3.4.17.att.). OV satura raksturojošo parametru attiecības samazinās gadījumā, ja upes baseinā pieaug ezeru īpatsvars (piem., Salacai). Uzskatāmi tas parādījās pētījumā par Zviedrijas upēm, kur attiecības starp sorbciju un KSP_{Mn} ir mazākas, ja ezeri aizņem 6-24% no upes baseina laukuma (skat. 3.4.18.att. un 2.pielikumu). Šajā gadījumā ezeri upes baseinā funkcionē kā OV "rezervuāri" un samazina OV koncentrācijas no ezera iztekošajām upēm.

Korelācija ar biogēnajiem elementiem. Starp OV satura raksturošajiem parametriem un biogēnajiem elementiem pastāv pozitīva korelācija, jo tie var būt līdzīgas izcelsmes (organiskas) un ūdens tecēs tiek ienesti galvenokārt ar virszemes un augsnes noteci (līdzīgi kā organiskās vielas). Tomēr pētījumā konstatējām, ka ciešāka korelācija pastāv starp ūdens krāsainību un atsevišķiem biogēnajiem elementiem, īpaši ar slāpekli un fosforu (3.4.14.att. un 3.4.11.tab.).

Korelācija ar galvenajiem joniem. Korelācijas analīze parādīja, ka starp OV satura raksturojošajiem parametriem un galvenajiem joniem pastāv negatīva savstarpējā atkarība (3.4.1.4.att. un 3.4.11.tab.), jo tie ir neorganiskas izcelsmes un upē tiek ienesti galvenokārt ar pazemes ūdeņiem vai aerosoliem, piemēram, Na, Cl, Mg. Tāpat biogēnajiem elementiem, ciešāka korelācija ir vērojama starp ūdens krāsainību un galvenajiem joniem.

Secinājumi:

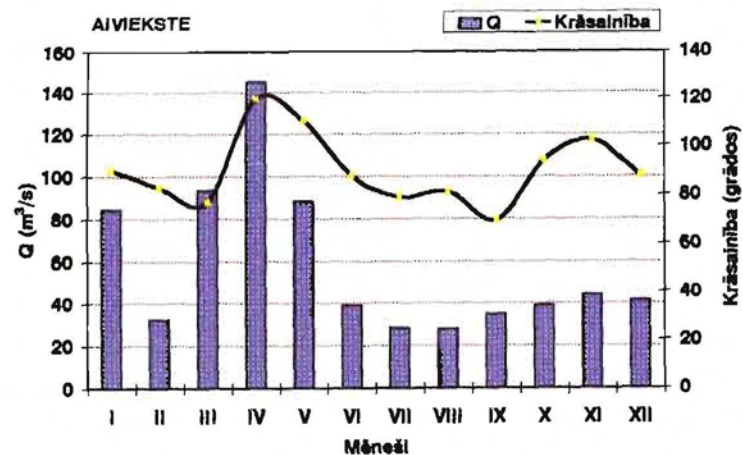
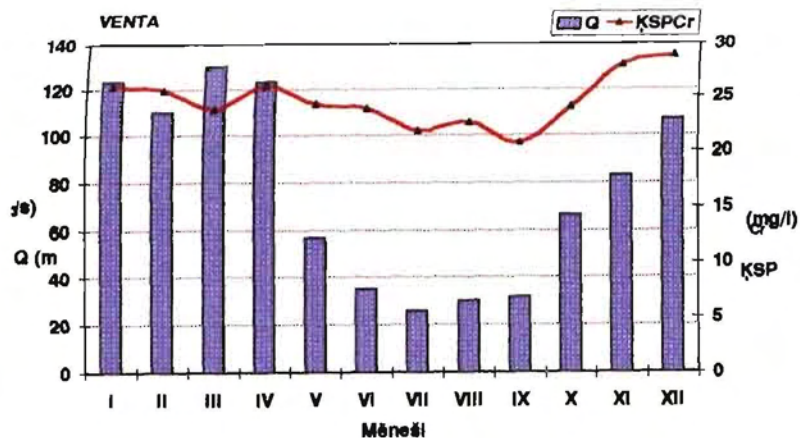
- Pielietojot korelācijas un regresijas metodes konstatējām, ka Latvijas un Zviedrijas upju organisko vielu koncentrācijas ir atkarīgas no biogēnajiem elementiem, galvenajiem joniem un upes caurplūdumiem.
- Korelācijas analīzes rezultāti parādīja, ka:
 - 1) starp pašiem organisko vielu satura raksturojošiem parametriem (ūdens krāsainība, sorbcija, ķīmiskā skābekļa patēriņš) pastāv cieša savstarpējā atkarība, to korelācija no upes noteces ir cieša un nelineāra;

- 2) starp organisko vielu satura raksturojošajiem parametriem un biogēnajiem elementiem pastāv pozitīva, bet ar galvenajiem joniem - negatīva savstarpējā atkarība.
- Šādas korelācijas nosaka dominējošo ūdens un humusvielu plūsmu veidu maiņa upes baseinā un vielu koncentrāciju izmaiņas, saistībā ar upes noteci.
 - Pētījumā tika konstatēts, ka ūdens krāsainībai un sorbcijai ir ciešāka korelācija no upes noteces un iepriekš minētajiem ūdens kvalitātes parametriem, nekā ķīmiskā skābekļa patēriņam.

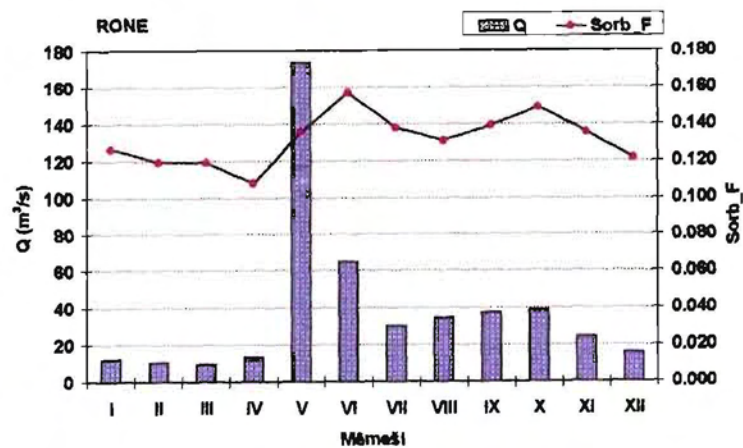
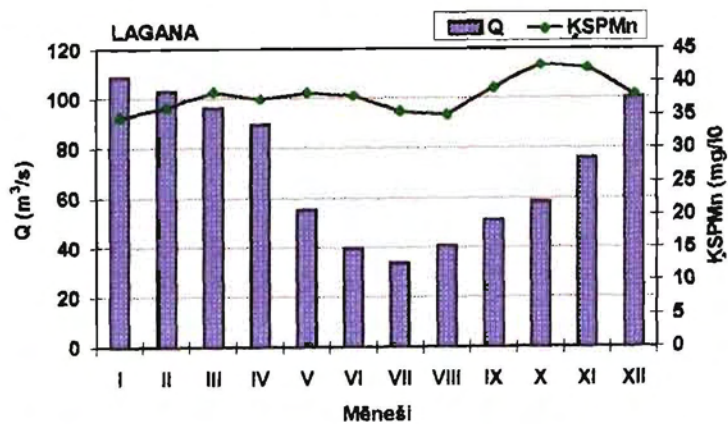
3.4.4.2. ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJOŠO PARAMETRU SEZONĀLO IZMAIŅU ANALĪZE

Organisko vielu (OV) sezonālās izmaiņas upē nosaka dažādu faktoru maiņa gada laikā. Galvenie faktori būtu šādi: nokrišņu daudzums un intensitāte, noskalotā un izskalatā OV daudzums no upes baseina, kā arī veģetācija. Izmainoties un kombinējoties dažādiem OV pieplūdes avotiem gada laikā, OV sezonālo izmaiņu raksturs var būt atšķirīgs starp reģioniem vai atsevišķām vietām.

Pēc hidroloģiskā režīma Latvijas upes var nosacīti iedalīt trīs rajonos (skat. 3.4.1.1.nod.). Izteiktākas šīs atšķirības vērojamas starp Latvijas austrumu un rietumu daļām. Austrumlatvijas upēm ir raksturīgs viens izteikts noteces maksimums pavasaru palu laikā un paaugstināta notece rudens periodā (Aiviekste), bet Rietumlatvijas upēm - divi noteces maksimumi: pavasaru palu un rudens uzplūdu laikā (Venta) (3.4.19.att.). Savukārt Zviedrijas upēm labi parādās reģionālās atšķirības starp ziemeļu un dienvidu daļām (3.4.20.att.). Ziemeļzviedrijas upēm ir vērojams viens liels noteces maksimums pavasara palu laikā (Rone) un tās kopumā ir līdzīgas Austrumlatvijas upēm. Savukārt Dienvidzviedrijas upes pēc hidroloģiskā režīma ir līdzīgākas Rietumlatvijas upēm, lai arī nav tik labi izteikts pavasara palu un rudens uzplūdu maksimumi. Piemēram, Laganai noteces maksimumi ir vairāk izlīdzināti. Tomēr kopīga iezīme gan Austrumlatvijas, gan Dienvidzviedrijas upēm ir tā, ka upes notece, klimatisko apstākļu dēļ, ir paaugstināta ziemā.



3.4.19.att. Ilggadīgo vidējo ikmēneša organisko vielu satura raksturojošo parametru (ķīmiskā skābekļa patēriņa un ūdens krāsainības) vērtības un upes caurplūdumi (Q) Ventai un Aiviekstei (1983-1997)



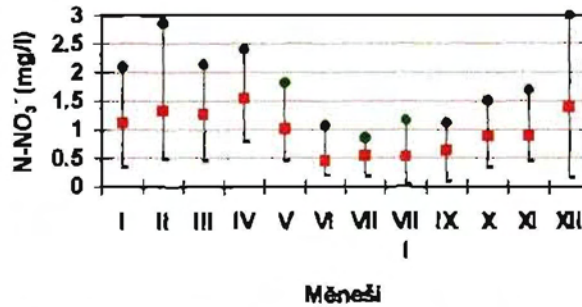
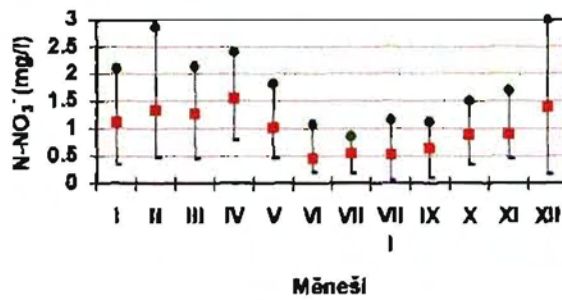
3.4.20.att. Ilggadīgo vidējo ikmēneša organisko vielu satura raksturojošo parametru (ķīmiskā skābekļa patēriņa un sorbcijas) vērtības un upes caurplūdumi (Q) Ronei un Laganai (1971-1994)

Analizējot OV satura raksturojošo parametru (ūdens krāsainība, sorbcija un ķīmiskais skābekļa patēriņš) sezonālās izmaiņas Latvijas un Zviedrijas upēm, mēs konstatējam, ka OV koncentrācijā ir vērojami divi maksimumi (3.4.19. un 3.4.20. att.). Viens maksimums ir labākie pavasarī, kad pēc OV vielu mineralizācijas ziemas periodā un laikā, kad tiek visvairāk ieskalotas upē ar sniega kušanas ūdeņiem no upes baseina. Otrs maksimums vērojams rudenī, kad beidzies aktīvais veģetācijas periods un intensīvu atmosfēras nokrišņu rezultātā OV tiek ieskalotas upē, kā arī ūdens ekosistēmā dzīvojošo organismu atmiršanas un sadalīšanās rezultātā. Organisko vielu koncentrāciju minimāli vērojami mazūdens periodos, kad upes galvenais barošanās avots ir pazemes ūdeņi, īpaši vasarā (Лазник 1986b, Tsirkunov et al. 1992).

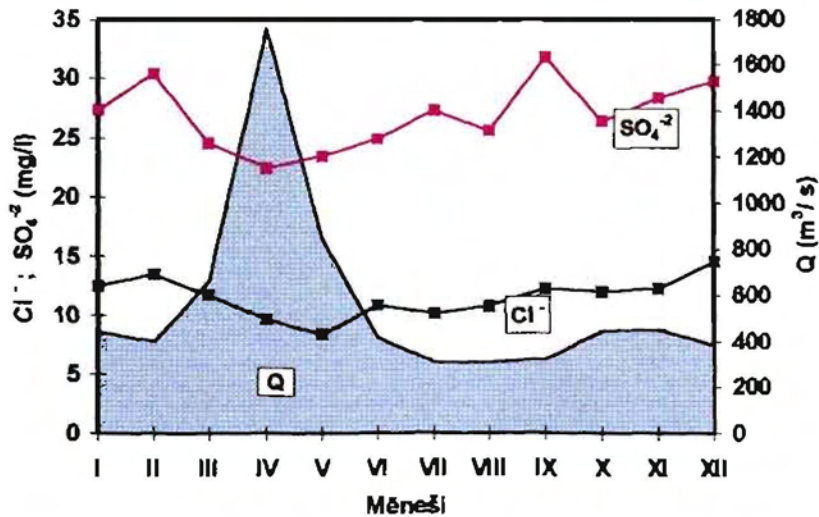
Tāds pats raksturs organisko vielu sezonālajām izmaiņām ir vērojamas Zviedrijas upēm. T. Andersons un līdzautori (Andersson et al. 1991), pielietoja korelācijas metodi, analizēja OV raksturojošo parametru sezonālās izmaiņas 18 Zviedrijas upēm. Autori secināja, ka, pirmkārt, starp upes noteci ar sorbciju (sorb_F) pastāv labāka korelācija nekā ar ūdens. Otrkārt, OV sezonālās izmaiņas katrai upei nosaka reģionālās klimata īpatnības. Jāatzīmē, ka tādas pašas tendences vērojams Latvijas upju OV sezonālo izmaiņu raksturā. Tāpat kā korelācijas analīzē, mēs arī konstatējam, ka labāk izteiktas sezonālās izmaiņas ir vērojamas ūdens krāsainībai un sorbcijai nekā ķīmiskā skābekļa patēriņam.

Sezonālo izmaiņu analīze parādīja, ka biogēno elementu (īpaši slāpeklim) koncentrācijām ir labi izteikta sezonālā dinamika. Tāpat kā organiskajām vielām, visaugstākās biogēno elementu koncentrācijas vērojamas pavasarī, bet paaugstinātas - rudenī (3.4.21.att.). Šo vielu minimālās koncentrācijas upēs ir vasaras mazūdens periodā, īpaši jūlijā un augustā, kad pieaug aļģu aktivitāte.

Tomēr, salīdzinot ar biogēnajiem elementiem, vasaras sezonā OV minimālās koncentrācijas nav tik labi izteiktas. To var izskaidrot ar to, ka organisko vielu koncentrāciju mainīgumu upē vairāk ietekmē tā saucamais "gadījuma faktors" - atmosfēras nokrišņi - t.i., katrreiz pēc nolijušā lietus upē tiek ienests noteikts daudzums organisko vielu (humusvielu) no upes baseina, galvenokārt ar virszemes un augsnes noteci. Līdz ar to OV koncentrācijām upē ir izteikts "impulsīvs" raksturs.



3.4.21.att. Biogēno elementu ilggadīgo vidējo koncentrāciju sezonālās izmaiņas Daugavai (1983-1997)



3.4.22.att. Galveno jonu ilggadīgo vidējo koncentrāciju sezonālās izmaiņas Daugavai (1983-1997)

Kā redzams 3.4.22.attēlā, galvenajiem joniem, salīdzinot ar organiskajām vielām un arī biogēnajiem elementiem, ir vērojama pretēja rakstura sezonālās izmaiņas. Mēs konstatējam,

ka minimālās jonu koncentrācijas upēs ir pavasara palu un rudens uzplūdu laikā, kad galvenie upes ūdensguves avoti ir sniega kušanas ūdeņi vai atmosfēras nokrišņi. Šajā laikā upē tiek ieskalotas galvenokārt tās izšķīdušās un neizšķīdušās vielas, kas no upes baseina tiek ienestas ar virszemes un augsnes noteci, bet jonu koncentrācijas upē tiek vairāk atšķaidītas. Maksimālās jonu koncentrācijas upē ir vērojamas upes mazūdens periodā jeb pamatnoteces laikā.

Pēc V.V.Cirkunova un līdzautoru (Tsirkunov et al. 1992) pētījumiem, labāk izteiktas sezonālo izmaiņu raksturs ir Ca^{+2} , Mg^{+2} , HCO_3^- joniem (korelācijas koeficients ar upes noteci ir $r=0,86-0,94$), bet vājāka - Na^+ , K^+ , SO_4^{-2} , Cl^- joniem ($r=0,26-0,45$). Tas izskaidrojams ar galveno jonu atšķirīgiem izcelsmes avotiem un to nokļūšanas ceļiem upē. Piemēram, hlorīda anjons var veidoties no jūras sāls aerosoliem.

Secinājumi:

- Pētījumā veiktā organisko vielu satura raksturojošo parametru (ūdens krāsainība, sorbcija, ķīmiskā skābekļa patēriņš) sezonālo izmaiņu analīze Latvijas un Zviedrijas upēm parādīja, ka kopumā augstākās organisko vielu koncentrācijas upēs ir pavasarī un rudenī, bet mazākas - vasaras vai ziemas mazūdens periodos.
- Salīdzinot ar organiskajām vielām, biogēnajiem elementiem ir līdzīgs sezonālo izmaiņu raksturs, turklāt nitrātu koncentrācijām vēl krasāk izdalās sezonālo izmaiņu dinamika.
- Galvenajiem joniem, salīdzinot ar organiskajām vielām un arī biogēnajiem elementiem, ir vērojama pretēja rakstura sezonālās izmaiņas: minimālās jonu koncentrācijas upēs ir vērojamas pavasara palu un rudens uzplūdu laikā, bet maksimālās - mazūdens periodos.
- Pētījumā tika konstatēts, ka organisko vielu koncentrāciju sezonālās izmaiņas upēs precīzāk atspoguļo ūdens krāsainības vai sorbcijas vērtības nekā noteiktais ķīmiskā skābekļa patēriņš.
- Tāpat kā korelācijas analīzē, šādu organisko vielu, biogēno elementu un galveno jonu sezonālo izmaiņu raksturu nosaka dominējošo ūdens un vielu plūsmu dinamika upes sateces baseinā un vielu koncentrāciju izmaiņas saistībā ar upes noteci.

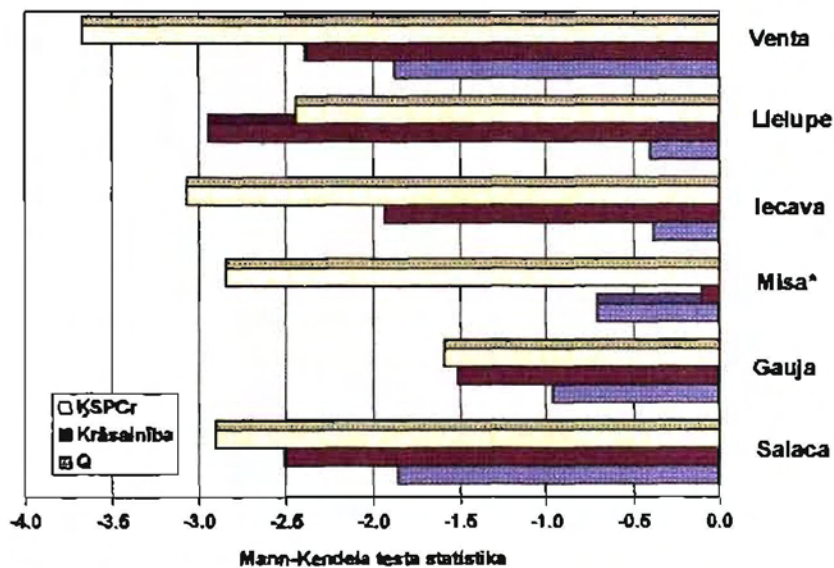
3.4.5. ORGANISKO VIELU SATURA RAKSTUROJOŠO PARAMETRU UN BIOĢĒNO ELEMENTU TRENDU ANALĪZE

Iepriekšējās nodaļās mēs analizējām organisko vielu (OV) satura raksturojošo parametru korelācijas un sezonālo izmaiņu raksturu Latvijas un Zviedrijas upēm. Šajā pētījumā mēs aprēķinājām OV satura raksturojošajiem parametriem (ūdens krāsainībai, sorbcijai un ķīmiskajam skābekļa patēriņam) trends pēc Mann-Kendala testa (skat. 2.4.nod.), lai analizētu OV satura ilgtermiņa izmaiņas Latvijas un Zviedrijas upēs.

Aprēķinātie trendu rezultāti parādīja, ka sešām Latvijas upēm no 1977. līdz 1997.gadam OV satura raksturojošiem parametriem ilgtermiņa izmaiņas iezīmējas ar lejupejošu raksturu (3.4.23.att.). No tām trim upēm - Ventai, Lielupei un Salacai - ūdens krāsainībai un ķīmiskajam skābekļa patēriņam (QSP_{Cr}) trendi ir statistiski ticami pie būtiskuma līmeņa 0,05, t.i., trends ir izskaidrojams par 95%. Savukārt Iecavai un Misai tikai QSP_{Cr} trends ir statistiski būtisks pie 0,05 līmeņa. Pētāmajam periodam (21 gads) aprēķināto trendu rezultātus nosaka triju faktoru kopums:

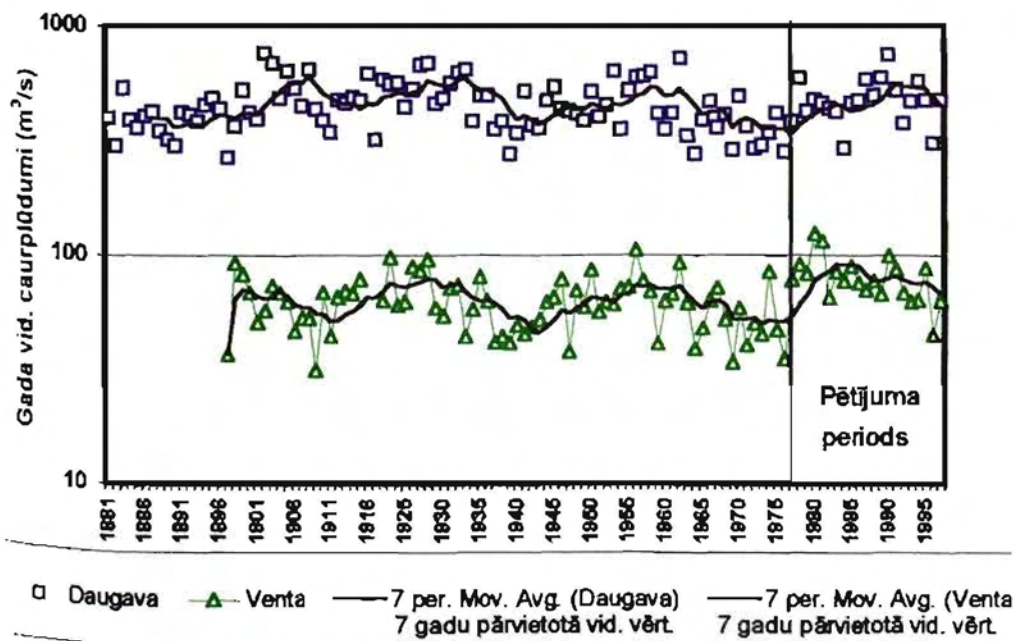
1. *Dabiskais*, kas saistīts ar upju hidroloģiskā režīma īpatnībām. Ja Latvijas upēm caurplūdumus aplūkojam ilgāk par 20 gadiem (3.4.24.attēls), tad upju notecē ir saskatāmi pseidocikliskās izmaiņas un trendi. Pētāmajā periodā Latvijas upēm (īpaši Rietumlatvijas upēm) augsti caurplūdumi tika vēroti 70-to gadu beigās un 80-to gadu sākumā, piemēram, Ventai. Austrumlatvijas upēm (īpaši Daugavai un pētījumā izvēlētajām pietekām - Aiviekstei un Dubnai) augsti caurplūdumi tika novēroti arī 80-to un 90-to gadu mijā. Tā kā starp OV satura raksturojošajiem parametriem un upes caurplūdumiem pastāv cieša pozitīva korelācija, tad upju hidroloģiskās īpatnības ir būtiski ietekmējušas QSP_{Cr} un ūdens krāsainības trendu raksturu periodā no 1977.gada līdz 1997.gadam, piemēram, Ventai (3.4.25.attēls). Iepriekš teiktais pierāda to, ka jebkuram ūdens kvalitātes parametram ilgtermiņa izmaiņu analīzē ir svarīgi noskaidrot upes hidroloģiskā režīma īpatnības.

Antropogēnais - organiskā piesārņojuma samazināšanās. Aprēķini liecina, ka 80-to gadu beigās, 90-to gadu sākumā no Latvijas teritorijas galvenais barības vielu piesārņojuma avots Baltijas jūrā ir komunālie un rūpniecības notekūdeņi. Kopš



3.4.23.att. Ikmēneša organisko vielu saturs raksturojošo parametru (ķīmiskā skābekļa patēriņš un ūdens krāsainība) un upes caurplūdumu Mann-Kendala testa statistikas rezultāti monotoniem trendiem Latvijas upēm (1977-1997). Trends ir statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa 0,05, ja testa statistika ir lielāka par 2 vai mazāka par -2.

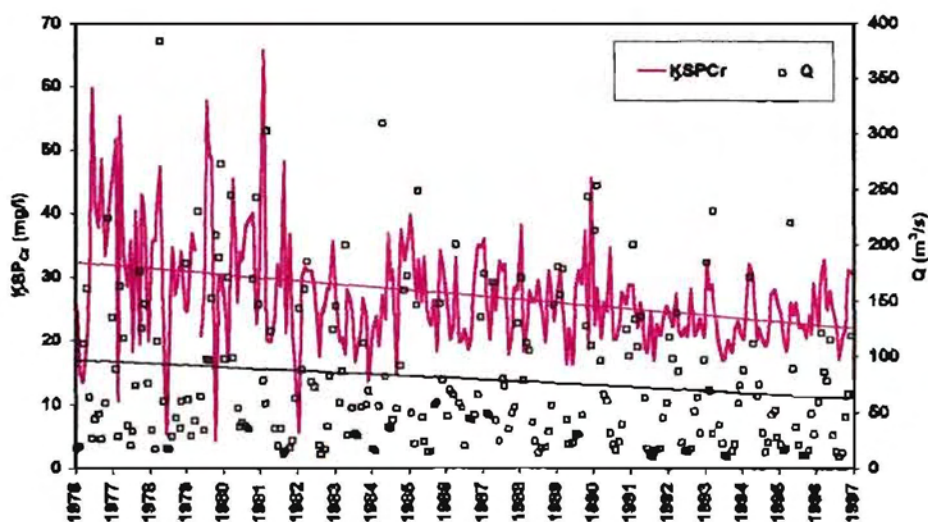
* - 1977-1994



3.4.24.att. Gada vidējo caurplūdumu izmaiņas Daugavai un Ventai.

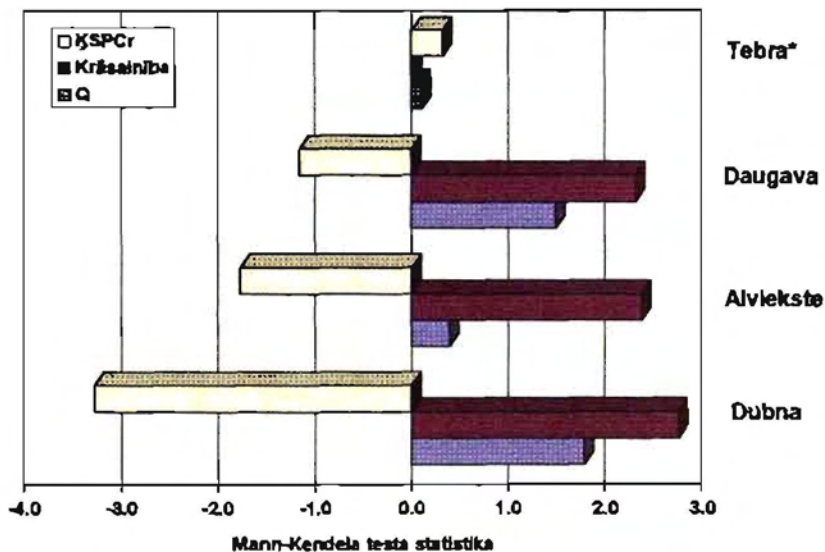
1991.gada samazinājusies organisko un barības vielu novadīšana: bioloģiski noārdītās vielas par 70%, slāpekļa savienojumi par 57% un fosfora savienojumi par 39% (Latvijas vides pārskats 1996). Tas, no vienas puses, saistīts ar pārmaiņām Latvijas ekonomiskā un politiskajā sistēmā, bet, no otras puses - tajā pat laikā lielāka vēriba tiek piegriezta vides aizsardzības jautājumiem, piemēram, jaunu un kvalitatīvu notekūdeņu attīrīšanas iekārtu celtniecībai un tehnoloģijas uzlabošanai.

3. *Analītiskās kļūdas.* Kā parādīja monitoringa datu analīze, pēc 1991.gada OV satura raksturošajiem parametriem ir uzlabojusies analītisko metožu kvalitāte, īpaši tas attiecas uz KSP_{Cr} noteikšanu. Mēs uzskatām, ka arī šis faktors ir daļēji ietekmējis ūdens krāsainības un KSP_{Cr} trendu analīžu rezultātus.



3.4.25.att. Ķīmiskā skābekļa patēriņa un upes caurplūdumu trendi Ventai (1977-1997)

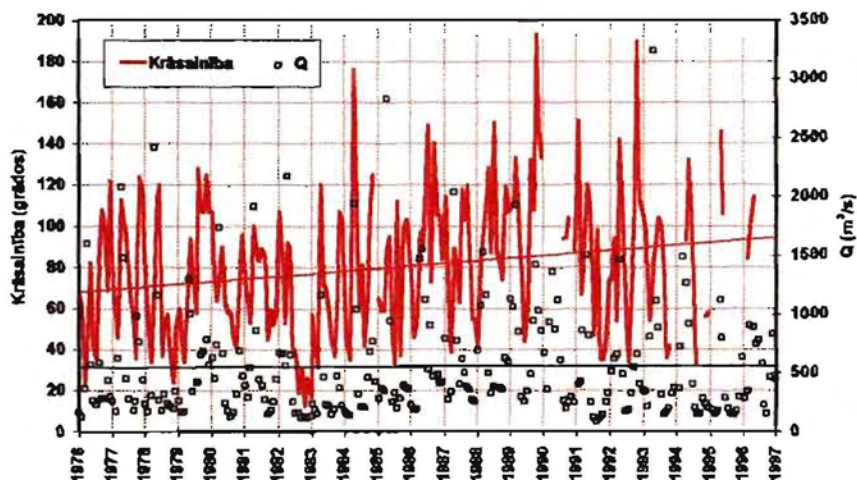
Mūsu pētījumā tika konstatēti atšķirīgi Mann-Kendala testa rezultāti Tebrai, Daugavai un tās pētāmajām pietekām - Aiviekstei un Dubnai, salīdzinot ar iepriekš raksturotajām upēm (3.4.26.att.). Tebrai to var pamatot, ka pētījuma periods bija īsāks (1977-1993), tādēļ tika iegūti atšķirīgi OV satura raksturojošo parametru trendu rezultāti. Taču Daugavai, Aiviekstei un Dubnai iegūti šādi Mann-Kendala testa rezultāti: KSP_{Cr} trends ir ar lejupejošu raksturu, un vienīgi Dubnai trends ir statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$; ūdens krāsainībai trends ir ar pieaugošu raksturu un visām upēm trends ir statistiski izskaidrojams par 95%.



3.4.26.att. Ikmēneša organisko vielu saturs raksturojošo parametru (ķīmiskā skābekļa patēriņš un ūdens krāsainība) un upes caurplūdumu Mann-Kendala testa statistikas rezultāti monotoniem trendiem Latvijas upēm (1977-1997). Trends ir statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa 0,05, ja testa statistika ir lielāka par 2 vai mazāka par -2.

* - 1977-1993

Latvijas upēm OV saturs ilgtermiņa izmaiņu tendences (trendus) ir noteikuši upju sateces baseinos noritošie dabiskie un antropogēnie procesi. Kā jau iepriekš tika minēts, mūsu pētījumā īpaši būtiskas atšķirības tendos parādījās Daugavas baseina upēm, kur OV raksturojošo parametru ilgtermiņu izmaiņas ir atšķirīgas no pārējām Latvijas upēm. Pirmkārt, tas attiecas uz šo upju hidroloģiskā režīma īpatnībām. Salīdzinot ar pārējām pētītajām upēm, no 1977. līdz 1997.gadam Daugavai un tās pietekām - Aiviekstei un Dubnai - augstāki caurplūdumi bija vērojami 80-to un 90-to gadu mijā, piemēram, Daugavai (3.4.24. un 3.4.27.att.). Tas liek domāt, ka upju caurplūdumu ilgtermiņa izmaiņu tendenci precīzāk raksturo nevis to lineārās izmaiņas laikā, bet gan tie drīzāk pakļauti pseidocikliskajiem procesiem un to radītās izmaiņas aprakstāmas kā sinuosiāla līkne. Tādēļ, lai precīzāk saskatītu gan upju caurplūdumu, gan ūdens kvalitātes parametru trendu raksturu, nepieciešamas ilgāks pētījuma periods, kur pseidocikliskās izmaiņas būtu vairāk izlīdzinātas. Var uzskatīt, ka periodisko upju caurplūdumu izmaiņu maksimumi Daugavas baseina un citām Latvijas upēm tiek sasniegti dažādos laikos, kas tad būtiski nosaka pētāmo parametru trenda vērtības.



3.4.27.att. Ūdens krāsainības un upes caurplūdumu trendi Daugavai (1977-1997)

Latvijas upēm, OV saturs ilgtermiņa izmaiņu rakstura atšķirības noteicis arī ūdens ķīmiskā sastāva veidošanās sateces baseinos. Daugavas baseina upēm no vienas puses, to ietekmēja dabiskie faktori kā baseina ģeoloģiskās uzbūves īpatnības, reljefs, veģetācija, augsnes, pārmitro vietu (purvu) platības u.c., bet, no otras puses, nosacīti augsta antropogēnā darbība sateces baseinos. M.Lazņiks (1998) uzskata, ka ūdens krāsainība labāk raksturo dabiskas izcelsmes organiskas vielas, bet KSP_{Cr} ir labs ūdens kvalitātes indikators piesārņotiem ūdeņiem. Lai gan parasti KSP_{Cr} koncentrāciju samazināšanos izskaidro ar komunālo un rūpniecības notekūdeņu noplūdes samazināšanos, tomēr Daugavai, Aiviestei un Dubnai KSP_{Cr} aprēķinātos trendu rezultātus nevar pilnīgi izskaidrot ar krasas antropogēnās slodzes samazināšanos pēdējos gados. Viens no iemesliem ir arī iespējamās analītiskās kļūdas (īpaši KSP_{Cr} noteikšanā), kuras nosaka ievērojami lielāku rezultātu izkliedi pirms 1991.gada. Kā rāda apsekojumi, arī dzelzs koloidā formā var paaugstināt ūdens krāsainības vērtības uz kopējā fona līmeņa, bet maz var ietekmēt tādus rādītājus kā ķīmisko skābekļa patēriņu. Šajā gadījumā mēs uzskatām, ka ūdens krāsainība un ķīmiskā skābekļa patēriņš ir integrāli ūdens kvalitātes parametri, kur to noteiktās vērtības, no vienas puses, raksturo ūdens organisko vielu izcelsmes avotus, bet no otras puses - šo rādītāju izmantojamība OV raksturošanai ir ierobežota. Tādēļ, Latvijas virszemes monitoringa sistēmas pilnveidošanai mēs

rekomendējam ieviest precīzāku organisko vielu satura rādītāju - kopējais organiskais ogleklis.

Šajā pētījumā mēs analizējam biogēno elementu (NO_3^- , PO_4^{3-}) ilgtermiņa izmaiņas jau minētajām 10 Latvijas upēm. Jāatzīmē, ka līdz šim Latvijā par biogēnajiem elementiem ir veikti salīdzinoši plašāki pētījumi nekā par organiskajām vielām. Viens no galvenajiem iemesliem ir biogēno elementu limitējošā loma ūdenstilpju eutrofikācijas procesos gan Latvijā, Zviedrijā, gan visā pasaulē. V.Cirkunovs un līdzautori (Tsirkunov et al. 1992) veica izpēti par 20 Latvijas upēm. Pētījumā autori atrada ievērojamu biogēno elementu (NO_3^- , PO_4^{3-}) koncentrāciju pieaugumu 60-jos un nedaudz mazāku koncentrāciju pieaugumu 70-jos un 80-to gadu sākumā. Arī mūsu pētījumā tika konstatētas šādas NO_3^- , PO_4^{3-} koncentrāciju izmaiņas Latvijas upēs. Kopumā, salīdzinoši augstas biogēno elementu koncentrācijas pastāv vēl līdz 90-to gadu sākumam, kas nosaka ilgtermiņa trendu rezultātus pēdējos 15-20 gados (Apsīte et al. 1997).

Visbiežāk biogēno elementu koncentrāciju pieaugumu ūdenstilpēs pamato ar difūzā piesārņojuma sekām, kas rodas intensīvas lauksaimniecības attīstības rezultātā un tiek uzskatīts par galveno cēloni ūdens kvalitātes izmaiņām pasaulē un arī Latvijā (Tsirkunov et al. 1992), kā piemēram Lielupes baseinā (Apsīte et al. 1997). Biogēno elementu koncentrāciju pieaugumu (īpaši slāpekļa) ūdenstilpēs un tecēs parasti tiek izskaidrots ar intensīvu minerālmēsļu lietošanu lauksaimniecībā (Prochazkova 1977, Rekolainen 1989). Latvijā no 60-to gadu sākuma līdz 80-to gadu vidum minerālmēsļu lietošana palielinājās apmēram trīs reizes (Tsirkunov et al. 1992). 90-to gadu sākumā minerālmēsļu lietošana strauji samazinājās ekonomiskās krīzes rezultātā. Ja 1990.gadā uz aramzemēm tika lietots 242 kg/ha NPK minerālmēsļu un 1010 kg/ha organiskais mēslojums, tad 1994.gadā attiecīgi - 61 kg/ha un 589 kg/ha (Statistical Yearbook of Latvia 1992, 1997).

P.Stolnake un līdzautori (Stālnake et al. 1996a) veica aprēķinus par biogēno elementu noteci 12 Latvijas upēm laikā no 1987. Līdz 1995.gadam. Pētnieki neatrada likumsakarību, ka strauja minerālmēsļu lietošanas samazināšanās lauksaimniecībā rada arī būtisku biogēno elementu koncentrāciju samazināšanos Latvijas upēs. Slāpekļa noteces lēno samazināšanos viņi pamatoja ar šo elementu nosacīti lēno migrāciju sateces baseinā un slāpekļa zudumiem mineralizēšanās procesā un tam uzkrājoties augsnē.

Mūsu pētījumā aprēķinātie biogēno elementu trendi pēc Mann-Kendela testa no 1977. līdz 1997.gadam parādīja (3.4.15.tab.), ka kopumā visām pētāmajām Latvijas upēm NO_3^- ilgtermiņa izmaiņām ir ar augšupejošs raksturs. Divām upēm (Daugavai un Dubnai) trendi ir statistiski ticami pie būtiskuma līmeņa 0,05. Savukārt PO_4^{-3} trendos ir saskatāms lejupejošs raksturs, kur Gaujai trends ir statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa 0,05.

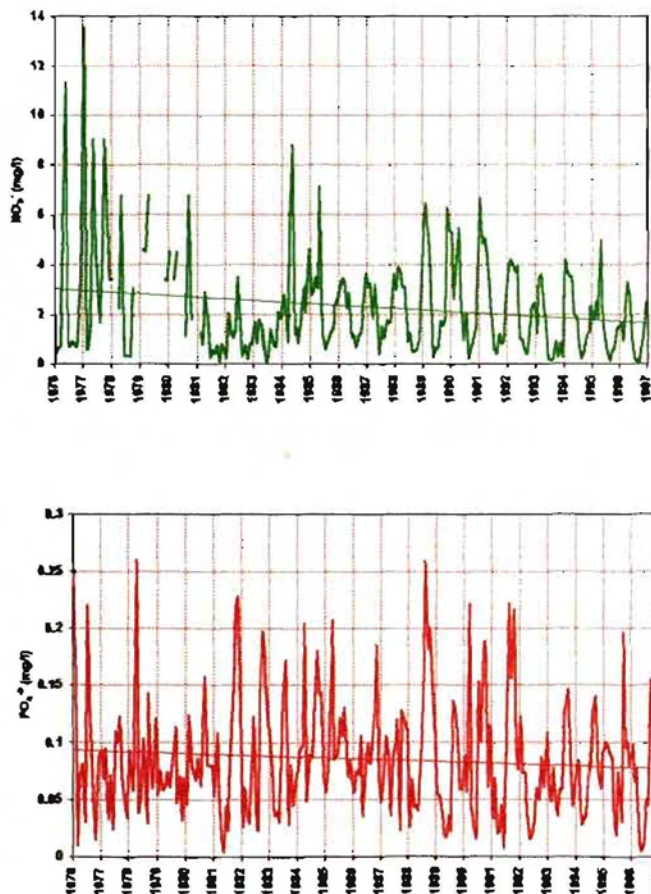
3.4.15.tab. Biogēno elementu Mann-Kendela testa rezultāti monotoniem trendiem Latvijas upēm (1977-1997). Trends ir statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$, ja testa statistika ir lielāka par 2 vai mazāka par -2.

Upe	NO_3^-		PO_4^{-3}	
	Novērojumu skaits	Mann-Kendala testa statistika	Novērojumu skaits	Mann-Kendala testa statistika
Venta	215	0,2453	222	0,8051
Tebra *	169	1,6684	163	2,1776
Lielupe	220	-1,7661	220	-1,5051
Iecava	204	0,5899	214	-2,4267
Misa **	174	0,2761	182	-1,1491
Daugava	201	3,1591	203	2,5171
Aiviekste	208	1,5117	226	1,6730
Dubna	206	2,6968	204	-0,2851
Gauja	219	-0,9234	240	-3,4140
Salaca	212	-0,9014	218	0,8050

* - 1977-1993; ** - 1977-1994

Jāatzīmē, ka fosfora ilgtermiņa izmaiņu raksturu būtiski nosaka komunālo un rūpniecības notekūdeņu radītā piesārņojuma izmaiņas, bet mazāk - ar lauksaimniecības difūzo piesārņojumu. Tomēr PO_4^{-3} koncentrāciju samazināšanos vēl nevar uzskatīt par tendenci (Stālnake et al. 1996a, Latvijas vides pārskats 1996). Daugavai biogēno elementu trendi iezīmējas ar augšupejošu raksturu un statistiski ticami pie būtiskuma līmeņa 0,05. Šo trendu raksturu ir arī noteikuši upes augstie caurplūdumi 80-to gadu beigās un 90-to gadu sākumā (Latvijas vides pārskats 1996). Domājams, ka tas attiecas arī uz Aivieksti un Dubnu. Savukārt Lielupei NO_3^- un PO_4^{-3} ilgtermiņa izmaiņas iezīmējas ar lejupejošu raksturu (3.4.28.att.). Uzskatām, ka šādus trendus, no vienas puses, noteikuši dabisko un antropogēno faktoru kopums upju sateces baseinos. No otras puses - analītiskās problēmas, kas būtiski noteikušas trendu raksturu, īpaši NO_3^- .

Jāatzīmē, ka biogēno elementu aprēķinātie trendi ir atšķirīgi no OV satura raksturojošo parametru aprēķinātajiem trendu rezultātiem. Tas liecina par to, ka ūdens krāsainības un KSP_{Cr} koncentrāciju izmaiņas un trendu raksturs, salīdzinot ar biogēnajiem elementiem, vairāk pakļauti upju hidroloģiskā režīma ietekmei un antropogēno slodžu izmaiņām.

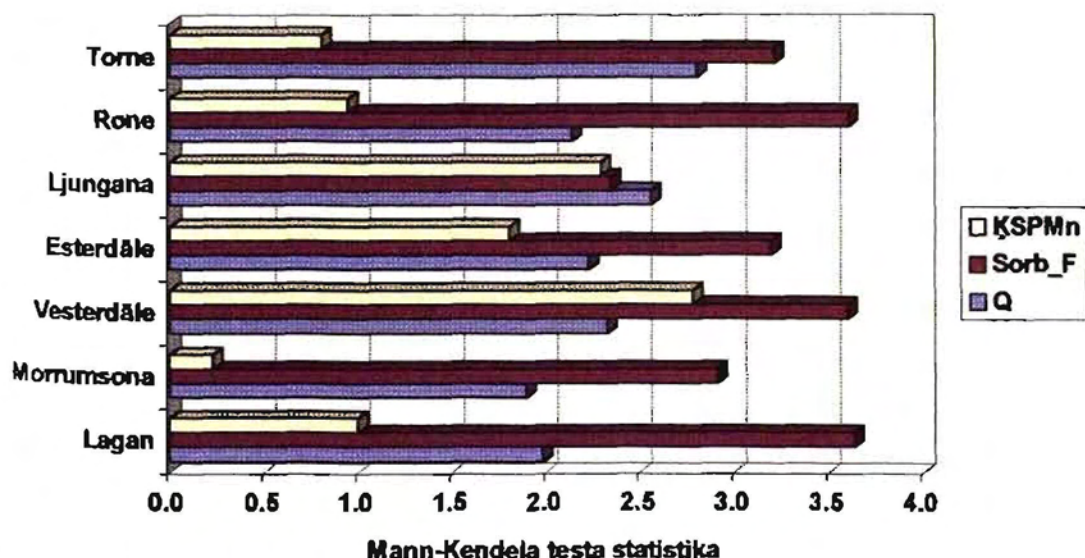


3.4.28.att. Biogēno elementu trendi Lielupei (1977-1997)

Zviedrijas upēm OV satura ilgtermiņa izmaiņas mēs analizējām no 1971. līdz 1994. gadam. Salīdzinājumā ar Latviju, kur pētāmie upju baseini raksturojas ar dažādu antropogēno noslodzi, Zviedrijas trīs upes: Torne, Rone un Vesterdāle, tiek uzskatītas par cilvēka darbības neskartajiem upju baseiniem. Tas ir ļoti būtiski, lai varētu konstatēt esošos OV satura ilgtermiņa izmaiņas dabiskos apstākļos un salīdzinātu ar citām pētāmajām Zviedrijas upēm, kur ir jūtama arī antropogēnā ietekme. Mēs konstatējām, visām pētāmajām Zviedrijas upēm OV satura raksturojošiem parametriem ilgtermiņa izmaiņas ir ar pieaugošu raksturu no 1971.

līdz 1994. gadam (3.4.29.att.). Mann-Kendela testa aprēķinātie trendi ir savstarpēji atšķirīgi pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$. Visām pētāmajām upēm sorbcijai trends ir statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa $p < 0,05$, bet ķīmiskajam skābekļa patēriņam (QSP_{Mn}) trends ir statistiski izskaidrojams par 95% divām upēm - Vesterdālei un Ljunganai.

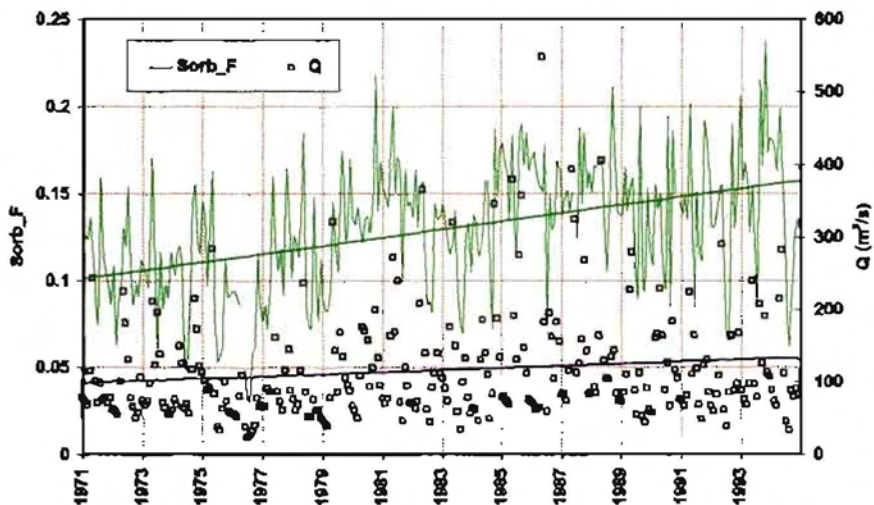
Visos trijos dabas nesartos upju baseinos (Torne, Rone un Vesterdāle) sorbcijas trends ir ar pieaugošu raksturu. Šādus trenda rezultātus noteikuši dabiskie procesi upju sateces baseinos, kas ietekmējuši paaugstinātu upju noteci pētāmajā laika periodā no 1971. līdz 1994. gadam. Pārējām upēm - Ljunganai, Esterdālei un, īpaši, Morrumsonai un Laganai, OV satūra raksturojošo parametru ilgtermiņa izmaiņas, domājams, ir noteikusi arī antropogēnā darbība.



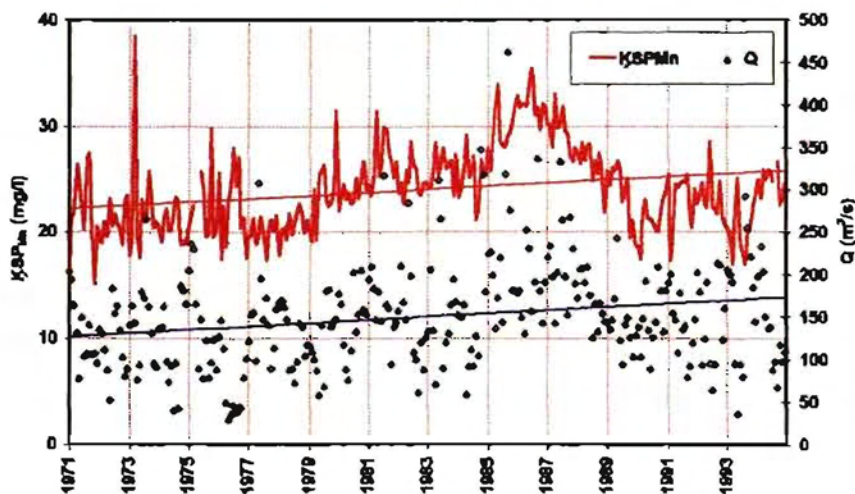
3.4.29.att. Ikmēneša organisko vielu satūra rādītāju (sorbcijas un ķīmiskā skābekļa patēriņa) un upes noteces Mann-Kendela testa statistikas rezultāti monotoniem trendiem Zviedrijas upēm (1971-1994). Trends ir statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa 0,05, ja testa statistika ir lielāka par 2 vai mazāka par -2.

Šajā pētījumā interesantas OV satūra ilgtermiņa izmaiņas parādās Esterdāles upei (3.4.31.att.). Piemēram, QSP_{Mn} vērtību būtisks pieaugums ir novērojams periodā no 1985.gada līdz 1989.gadam. 1989.gada Starptautiskajā Humusvielu konferencē tika ziņots par OV satūra izmaiņām Zviedrijas (Anderson et al. 1991). Esterdāles upei (Viduszviedrija) konstatēja interesantu ķīmiskā skābekļa patēriņa trendu ar stipri izteiktu augšupejošu raksturu. QSP_{Mn} vērtības strauji sāka pieaugt no 1985.gada un tika prognozēts, ka vērtības turpinās

pieaugt arī nākamajos gados. Tomēr pēc diviem gadiem $\overline{KSP_{Mn}}$ vērtības sāka samazināties (3.4.31.att.). Šīs upes organisko vielu saturs ilgtermiņa izmaiņas var izskaidrot ar upes un, īpaši, Siljana ezera hidroloģiskā režīma īpatnībām, kā arī ezera bioķīmisko procesu izmaiņām. Ezers upes baseinā darbojas kā organisko vielu rezervuārs, tādējādi iespaidojot to koncentrāciju izmaiņas no ezera iztekošajā upē.



3.4.30.att. Sorbcijas un upes caurplūdumu trendi Vesterdālei (1974-1994)



3.4.31.att. Ķīmiskā skābekļa patēriņa un upes caurplūdumu trendi Esterdālei (1974-1994)

Laī aprēķinātu reālus trendus KSP_{Mn} un sorbcijai būtu jāpielieto tā saucamais “noteces normalizēšanas” modelis, ar kura palīdzību pētāmajiem ūdens kvalitātes parametram ir iespējams noņemt upes noteces radītās sezonālās un ikgadējās svārstības. Diemžēl šāds modelis nav vēl pilnīgi izstrādāts OV satura raksturošajiem parametriem.

Secinājumi:

Organisko vielu satura ilgtermiņa izmaiņu (trendu) analīzei Latvijas un Zviedrijas upēs izmantojām neparametrisko Mann-Kendela testu. Konstatējām, ka:

- kopumā Latvijas upēm no 1977. līdz 1997. gadam organisko vielu satura raksturojošajiem parametriem (ūdens krāsainībai un ķīmiskā skābekļa patēriņam) trendi ir ar lejupejošu raksturu;
- trim Latvijas upēm (Daugavai, Aiviekstei un Dubnai) no 1977. līdz 1997. gadam konstatējām ievērojamas atšķirības organisko vielu satura raksturojošo parametru ilgtermiņa izmaiņās: ķīmiskā skābekļa patēriņam trends ir ar lejupejošu raksturu, bet ūdens krāsainībai - ar augšupejošu raksturu;
- visām Zviedrijas pētāmajām septiņām upēm no 1971. līdz 1994. gadam ieguvām līdzīgus organisko vielu satura raksturojošo parametru (ķīmiskā skābekļa patēriņam un sorbcijai) trendu rezultātus, kas ir ar augšupejošu raksturu;
- aprēķinot biogēnajiem elementiem (NO_3^- un PO_4^{-3}) trendus arī pēc neparametriskā Mann-Kendela testa Latvijas upēm (1977-1997), konstatējām atšķirīgus ilgtermiņa izmaiņu rezultātus salīdzinot ar organisko vielu satura raksturojošo parametriem. Kopumā NO_3^- trends vēl joprojām saglabājas ar augšupejošu raksturu, bet PO_4^{-3} trends iezīmējas ar lejupejošu raksturu, kas tomēr nav uzskatāma par tendenci. Analīze parādīja, ka biogēno elementu ilgtermiņa izmaiņas mazāk pakļautas antropogēno slodžu izmaiņām nekā organisko vielu satura raksturojošie parametri.
- šādus trendu rezultātus Latvijas upēm ir noteikuši dabisko un antropogēno, bet Zviedrijas upēm galvenokārt dabisko procesu norise sateces baseinos.

3.4.6. ATMOSFĒRAS SLĀPEKĻA NOSĒDUMU UN ZEMES LIETOJUMA IETEKME UZ SLĀPEKĻA UN OGLEKĻA ATTIECĪBAS REĢIONĀLAJĀM IZMAIŅĀM ZVIEDRIJAS UPĒS

Slāpekļa ģeoķīmiskajā aprītē liela loma ir dzīvajiem organismiem. Proti, slāpekļa savienojumus galvenokārt veido olbaltumvielas, bet to sadalīšanās process ir līdzīgs organisko vielu (OV) sadalīšanās un pārveidošanās procesiem. Tāpēc pētot gan augsnes, gan ūdens OV (kā arī humusvielas), N un C attiecība ir viens no galvenajiem rādītājiem, kas raksturo OV izcelsmes avotus un vides apstākļus, kādos notiek šo vielu transformācija.

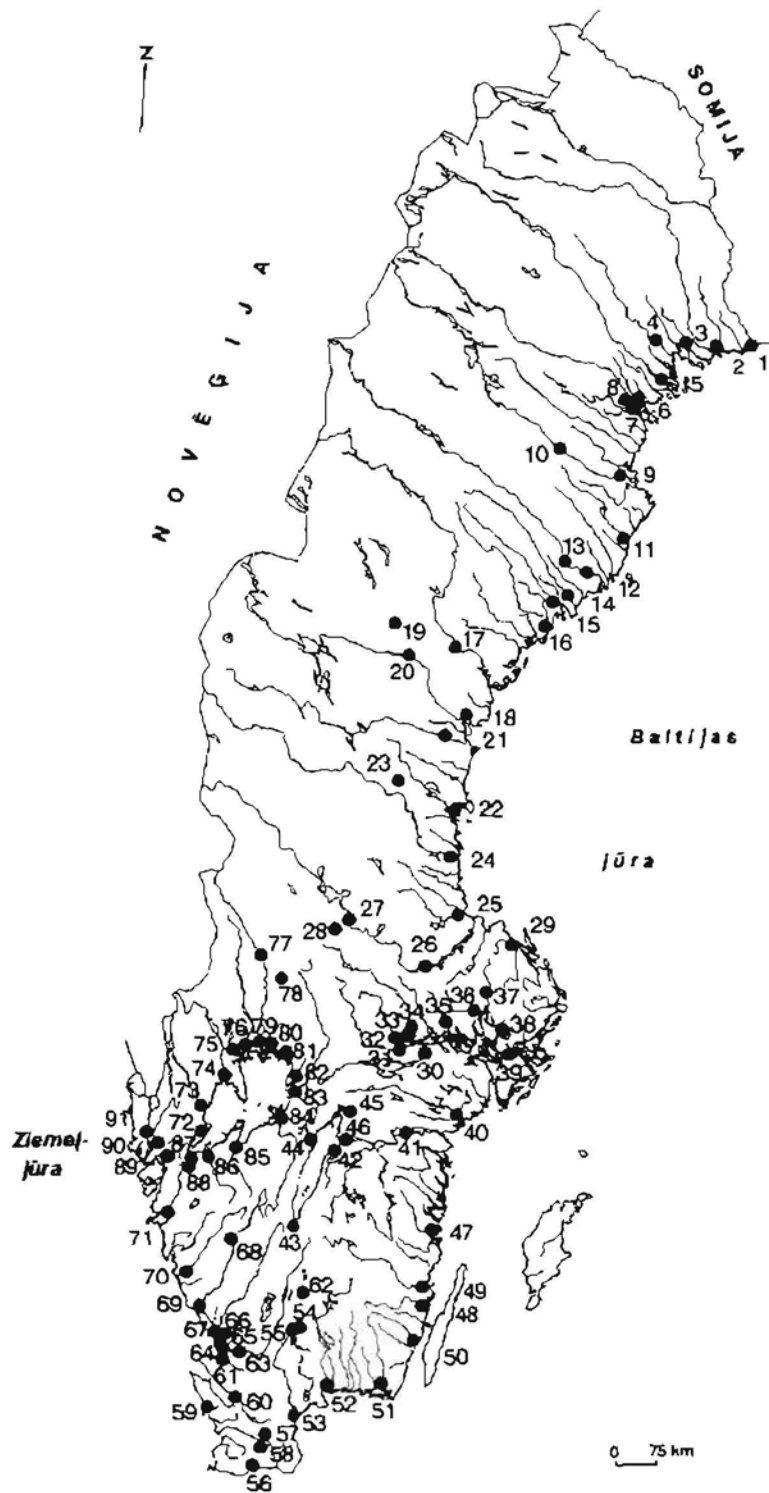
Eiropā slāpekļa mitro nosēdumu¹ daudzums ir strauji pieaudzis pēdējās dekādēs (Grennfeld & Hultbag 1986). S.Lofgrens (Löfgren 1991) ir aprēķinājis, ka Skandināvijā slāpekļa mitrie nosēdumi fona līmenī svārstās no 2-19 kg N/ha gadā. Zviedrijā slāpekļa nosēdumi strauji pieauga līdz 70-tiem gadiem un turpināja pakāpeniski pieaugt līdz 90-to gadu sākumam (Granat 1991, Monitor 12 1991). Tikai pēdējos gados vērojama neliela slāpekļa nosēdumu samazināšanās. Šie fakti dabas pētnieku vidū ir izraisījuši virkni diskusiju par slāpekļa nosēdumu negatīvo ietekmi un izraisītajām sekām sauszemes un ūdens ekosistēmās. Pašlaik galvenā uzmanība tiek vērsta uz mežu ekosistēmu izpēti, kur konstatēti lieli slāpekļa nosēdumi. Ja atrod, ka no meža augsnēm izskalojas vairāk slāpekļa kā tam jābūt, tad tas ir "signāls", ka ir izjaukts dabiskais līdzsvars slāpekļa un oglekļa aprites ciklos. Ievērojami slāpekļa zudumi no mežu teritorijām ir jau atrasti Centrāleiropā un tika prognozēts, ka tas notiks arī Dienvidzviedrijā (Monitor 12 1991). Patreiz pētnieku vidū jau valda uzskats, ka prognoze ir piepildījies.(Persson & Broberg 1985, Andersen 1986, Gundersen 1995). Tomēr jāatzīmē, ka slāpekļa loma un negatīvās sekas vidē, kas varētu būt saistīts ar dabisku vai antropogēno faktoru ietekmi, vēl nav pilnīgi izpētītas. Ir zināms, ka Ziemeļeiropā ir konstatēts ievērojama slāpekļa akumulācija meža augsnēs, bet mēs pilnīgi nezinām, cik daudz slāpekļa tiek transportēts no šīm augsnēm uz ūdens ekosistēmām.

¹ Slāpekļa mitrie nosēdumi - nitrātu un amonija summa, kas izteikta N g/m² vai N kg/ha

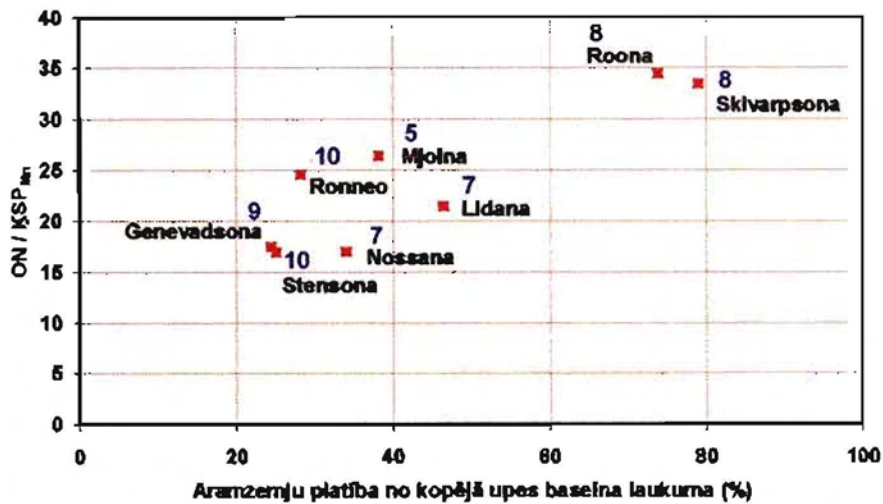
Mūsu pētījumā, pielietojot statistiskās metodes, ir analizēta organiskā slāpekļa (ON) un oglekļa attiecības reģionālās izmaiņas 91 Zviedrijas upes baseinā (3.4.32.att.). Mēs pielietojām daudzfaktoru regresijas metodi, lai analizētu un atrastu galveno faktoru, kas izskaidrotu ON un oglekļa attiecības pieaugumu upju ūdeņos. Pētījumā organiskā slāpekļa raksturošanai izmantojām tā vidējās vērtības, bet oglekļa raksturošanai - ķīmiskā skābekļa patēriņa (KSP_{Mn}) vidējās vērtības no 1987. līdz 1996.gadam. Iegūto datu interpretācijai upju baseinus sadalījām pa reģioniem: Ziemeļzviedrija, Viduszviedrija un Dienvidzviedrija (skat. 3.pielikumu).

Slāpekļa krājumu apjomu augsnē ietekmē klimatiskie apstākļi un bioloģiskie procesi, kas nosaka organisko vielu produktivitāti un sadalīšanos. Citi faktori, kas nosaka slāpekļa krājumu mainīgumu, ir nokrišņu daudzums, slāpekļa uzkrāšanās un tā zudumi augsnē, noskalošanās un izskalošanās rezultātā (Post & Pastor 1985). Slāpekļa daudzums ir cieši saistīts ar organisko vielu daudzumu augsnē (Rowell 1994).

Pētījumā konstatējām, ka starp ON un KSP_{Mn} (jeb oglekli) pastāv cieša savstarpējā atkarība (3.4.33.att.). Pirmkārt, šajā diagrammā ir redzamas ON un KSP_{Mn} sadalījuma reģionālās īpatnības, kur vislabāk izdalās Ziemeļzviedrijas pētāmās upes. Zviedrijas ziemeļos organisko vielu sadalīšanās pakāpe augsnē ir zemāka, bet produktivitāte augstāka, ko nosaka zemās temperatūras, slikta atmirušo dzīvo organismu atlieku kvalitāte un augsnes daļējs piesātinājums ar ūdeni. Tādēļ augsnē ir lielāki slāpekļa un oglekļa krājumi un ilgāks to uzturēšanās laiks (Miller 1984). Savos pētījumos P.Stolnake un līdzautori (Stålnake et al 1996b) atzīmē, ka Ziemeļzviedrijas upēs lielākā daļa slāpekļa atrodas organiskā formā, bet tam ir būtiskāka loma Dienvidzviedrijas upēs. Dienvidzviedrijas upju baseinu augsnēs organisko vielu sadalīšanās apjoms pie neizpostītas veģetācijas ir līdzsvarā ar to produktivitāti humusa horizontā. Lauksaimniecībā izmantojamajās zemēs apmēram 90% slāpekļa ir organiskā formā un augsnes organiskajās vielās C/N attiecība ir 10-12 (Stevenson 1982). Tomēr Dienvidzviedrijā slāpekļa uzturēšanās laiks augsnēs ir īsāks, salīdzinot ar Ziemeļzviedriju (daļēji arī ar Viduszviedriju). Kā redzams 3.4.33.attēlā Zviedrijas upēs ON un KSP_{Mn} vērtību dispersija pieaug virzienā no ziemeļiem uz dienvidiem. To varētu



3.4.32.att. Zviedrijas pētāmās upes un ūdens kvalitātes paraugu ņemšanas vietas, kas tika izvēlētas šim pētījumam no Zviedrijas nacionālās monitoringu programmas. Upju nosaukumi un paraugu ņemšanas vietas skatīt 3.pielikumā.



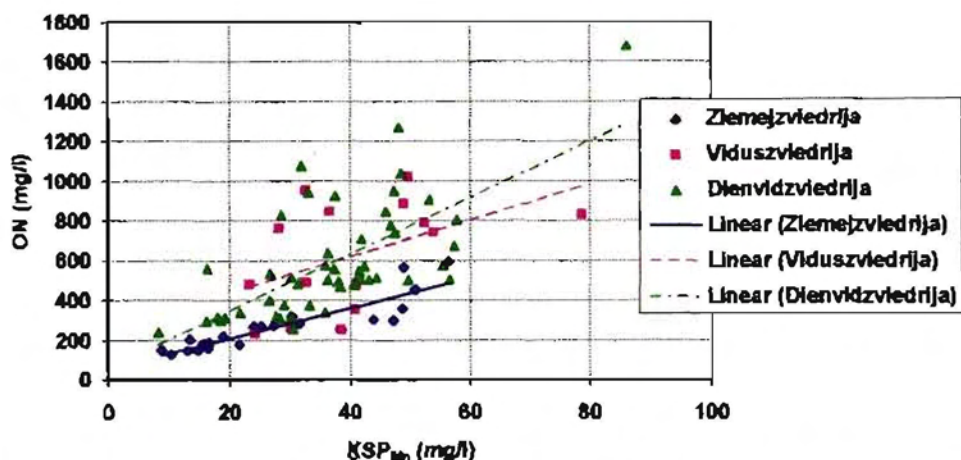
3.4.38.att. Astoņu Dienvidzvidrijas upju baseini, kuros ir aprēķināti vislielākie atmosfēras slāpekļa mitro nosēdumu vidējais daudzums un liels procents aramzemju.

Diagrammā attēlotie skaitļi ir upes baseina slāpekļa mitro nosēdumu vidējais daudzums N kg/ha gadā. Korelācija starp ON/KSP_{Mn} attiecību un aramzemju platībām - Pīrsona korelācijas koeficients ir 0,89 un statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa 0,01; korelācija starp ON/KSP_{Mn} attiecību un slāpekļa mitrajiem nosēdumiem - Pīrsona korelācijas koeficients ir -0,02 un nav statistiski ticams pie būtiskuma līmeņiem pie 0,01 un 0,5.

Secinājumi:

Pielietojot korelācijas un regresijas metodes, analizējām organiskā slāpekļa un oglekļa attiecības reģionālās izmaiņas 91 Zviedrijas upes baseinā saistībā ar atmosfēras slāpekļa nosēdumu un zemes lietojuma veidu sadalījumu. Konstatējām, ka

- no datu kopām visciešākā savstarpējā atkarība pastāv starp organiskā slāpekļa un oglekļa attiecību (ON/KSP_{Mn}) un aramzemju platībām no kopējā upes baseina laukuma;
- cieša korelācijas pastāv arī starp organiskā slāpekļa un oglekļa attiecību (ON/KSP_{Mn}) un ezerainību. Tas norāda, ka ezeriem ir būtiska loma organiskā slāpekļa un organisko vielu apritē upju sateces baseinos;
- neatradām būtisku savstarpējo atkarību starp organiskā slāpekļa un oglekļa attiecību (ON/KSP_{Mn}) un mitrajiem slāpekļa nosēdumiem, arī upju baseiniem Dienvidzvidrijā, kur konstatēti vislielākie nosēdumi.



3.4.33.att.

Korelācija starp organisko slāpekli (ON) un ķīmiskā skābekļa patēriņa (KSP_{Mn}) vidējām vērtībām (1987-1996)

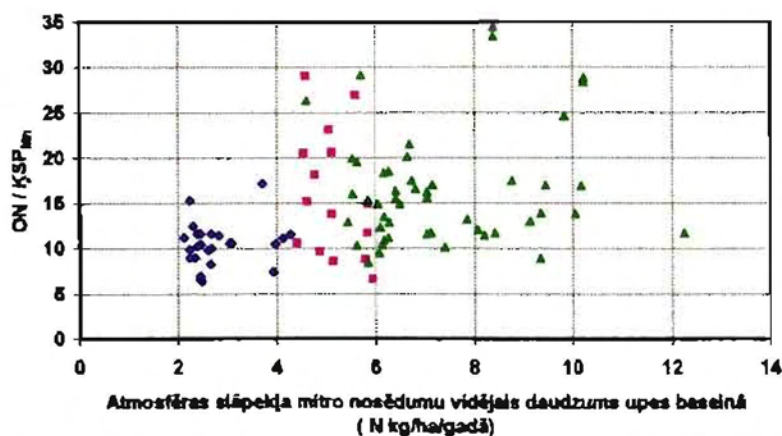
Pirsona korelācijas koeficients ir 0,69 un statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa 0.01

izskaidrot, ka šādā virzienā pieaug lauksaimniecībā izmantojamo zemju īpatsvars upju baseinos, īpaši, kad aramzemju platības ir vairāk kā 15% no upes baseina laukuma.

Zviedrijā ir veikti pētījumi par slāpekļa mitro nosēdumu ietekmi uz mežu ekosistēmu. Ir konstatēts, ka meža augsnes ir piesātinātas ar slāpekli. Tajā pat laikā ir konstatēti būtiski slāpekļa zudumi no meža augsnēm, kas nonāk upēs un ezeros (Andersen 1986, Persson & Broberg 1985, Gundersen 1995). Savukārt S.Fleišers un citi pētnieki (Fleisher and Stibe 1989, Stålnake et al 1996b) uzskata, ka Dienvidzviedrijas pētītajos upju baseinos ON koncentrāciju pieaugums ūdenstīlpēs nav saistīts ar intensīvu lauksaimniecības darbību. A.Lepisto un līdzautori (Lepistö et al. 1995) ir pētījuši slāpekļa dažādu formu vidējos zudumus 20 maziem un mežainiem Zviedrijas un Somijas sateces baseiniem, pielietojot daudzfaktoru regresijas metodi, un, lai noskaidrotu hidroloģiskā, meteoroloģiskā, fiziogeogrāfiskā un arī slāpekļa nosēdumu faktoru komplekso ietekmi. Viņi atrada, ka ON zudumu ir saistīti ar teritoriju nosusināšanu un mežu izciršanu upju baseinos, pamatojot citu pētnieku iegūtos rezultātus (Hornung et al. 1988, Wiklander 1989). Taču ON koncentrācijas samazināšanās un zudumi no augsnēm ir vērojami tikai 4-6 gadus pēc meža izciršanas, bet pēc tam mežu ekosistēma sāk atjaunoties, ja nenotiek tālāka tās pārveidošana (Bormann & Likens 1979, Wiklander

1983). Jautājums par purvu nosusināšanas ietekmi uz ON zudumiem nav vēl pilnīgi izpētīts, bet tomēr ir izteikta hipotēze, ka tas var būtiski ietekmēt ON koncentrāciju pieaugumu ūdenstipēs (Brink et al. 1988).

Pētījumā mēs neatradām būtisku savstarpējo atkarību starp ON/KSP_{Mn} attiecību un atmosfēras slāpekļa mitro nosēdumu vidējo daudzumu uz upes laukumu. Kā redzams 3.4.34.attēlā, šajā diagrammā ir labi saskatāmas reģionālās atšķirības, kur slāpekļa mitrie nosēdumi svārstās vidēji 2-4 N kg/ha gadā Ziemeļzvidrijā, 4-6 N kg/ha gadā Viduszvidrijā un 6-12 N kg/ha gadā Dienvidzvidrijā. Tas mūsaprāt parāda, ka ON un oglekļa attiecības pieaugumu Zviedrijas upēs nosaka citi faktori kā, piemēram, zemes lietojuma veidu sadalījums upes baseinā.

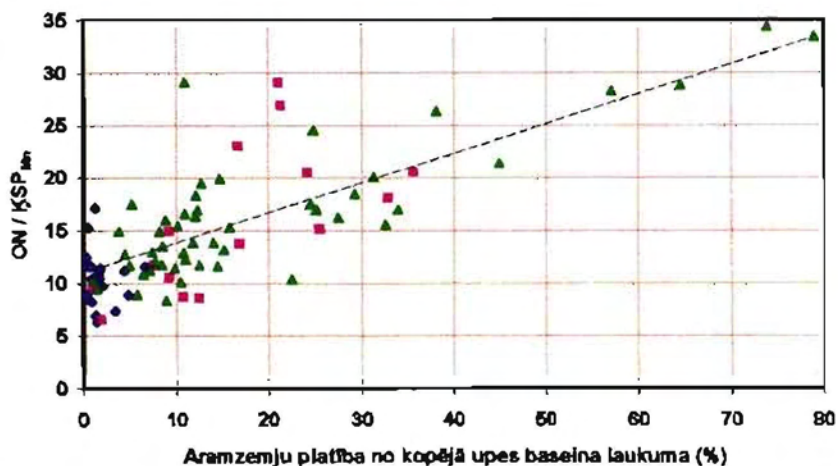


3.4.33.att. Korelācija starp ON/KSP_{Mn} attiecību un atmosfēras slāpekļa mitro nosēdumu vidējo daudzumu uz kopējo upes baseina laukumu.

Vispārpieņemtie simboli atbilst 3.4.33.attēla legendai. Pīrsona korelācijas koeficients ir 0,31 un nav statistiski ticams pie būtiskuma līmeņiem 0,01 un 0,05.

No datu kopām visciešāko korelāciju mēs atradām starp ON/KSP_{Mn} attiecību un aramzemes platību upes baseinā (3.4.35.attēls). Piemēram, Dienvidzvidrijā visvairāk attīstīta lauksaimniecība ir Skivarpsonas, Roonas, Tolanganas, Kēvligenas upju baseinos, kur aramzemju platības aizņem 55-78% no kopējā upes baseina laukuma. Diagrammas augšējā kreisajā stūrī ir vērojama cita veida datu izkliede jeb nosacīta korelācija. Šeit Zviedrijas upēs ON/KSP_{Mn} attiecības pieaugums ir saistīts ezeraīnības

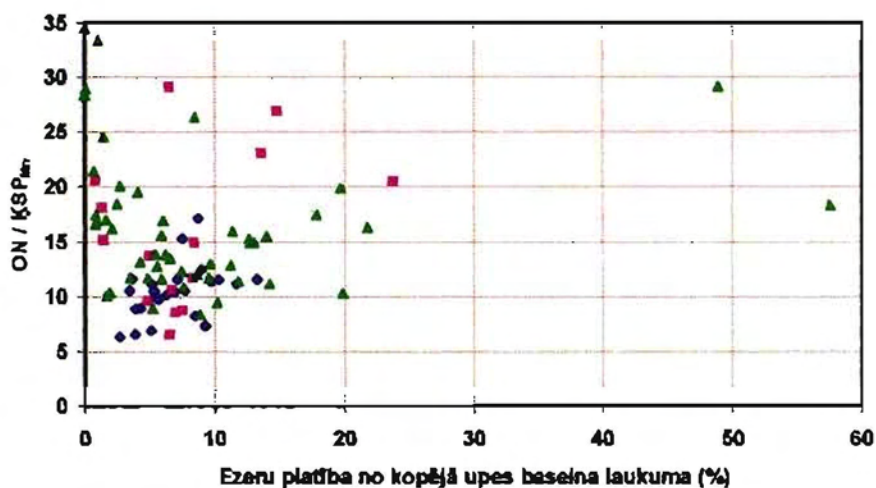
pieaugumu (ja tas ir lielāks par 10%). Līdzīga korelācija tika iegūta starp ON/\overline{KSP}_{Mn} attiecību un ganību platību procentālo lielumu upes baseinos.



3.4.35.att. Korelācija starp ON/\overline{KSP}_{Mn} attiecību un aramzemju platībām upju baseinos.

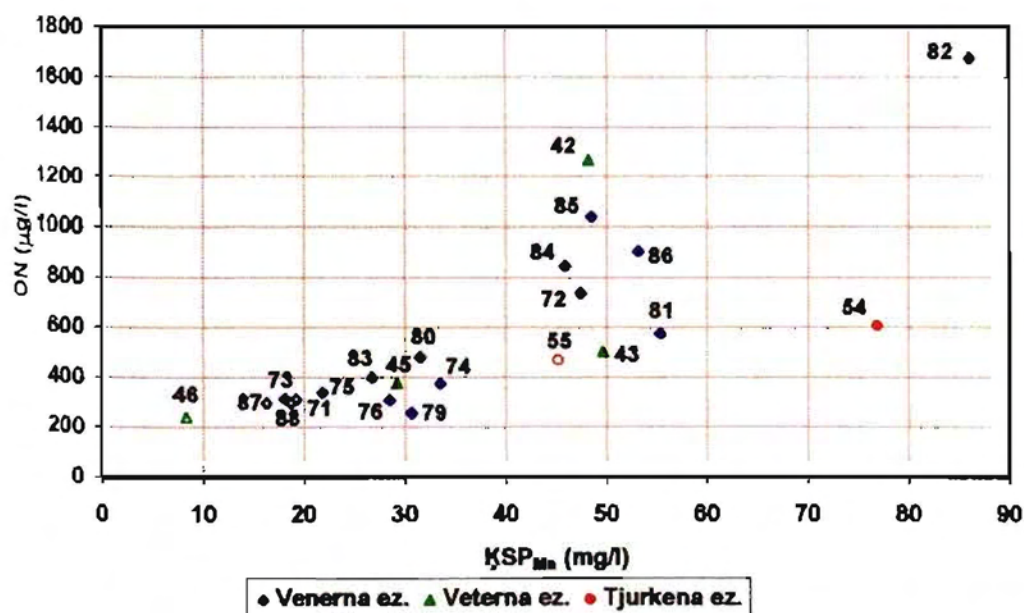
Vispārņemtie simboli atbilst 3.4.33.attēla legendai. Pīrsona korelācijas koeficients ir 0,80 un statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa 0,01.

Korelācijas analīze parādīja, ka arī ezeriem ir būtiska loma organiskā slāpekļa un organisko vielu apritē upju sateces baseinos (3.4.36.att.). Arī šīs diagrammas augšējā kreisajā stūrī vērojama līdzīga veida raksturlielumu savstarpējā atkarība līdzīgi kā 3.4.35.attēlā. Šajā gadījumā ON/\overline{KSP}_{Mn} attiecība pieaug, ja ezeri aizņem 5-9% no kopēja upes baseina laukuma un, ja aramzemju platības ir lielākas par 20%. Kā atzīmē daudzi pētījumu autori (Vieira & Klavness 1986, Wehr et al. 1987, Molot & Dillon 1993), upju baseinos ezeriem ir būtiska loma gan organiskā slāpekļa, gan organisko vielu apritē. Ezeri upju baseinos funkcionē kā biogēno elementu un organisko vielu rezervuāri. Mūsu pētījumā konstatējām, ka ON un \overline{KSP}_{Mn} vērtības ir augstākas ezerā ietekošajām upēm, bet zemākas no ezera iztekošajām upēm (3.4.37.att.).



3.4.36.att. Korelācija starp ON/KSP_{Mn} attiecību un ezeru platībām upju baseinos.

Vispārpieņemtie simboli atbilst 3.4.33.attēla legendai. Pīrsona korelācijas koeficients ir 0,48 un statistiski ticams pie būtiskuma līmeņa 0,05.



3.4.37.att. Ezeros ietekošo un no ezeriem iztekošo upju novērotās ON un KSP_{Mn} vidējās vērtības (1987-1996).

Diagrammā attēlotie cipari atbilsts 3.4.32.attēla un 3.pielikuma upju un ūdens kvalitātes paraugu ņemšanas vietu kodiem. (◆ ▲ ● - ezeros ietekošās upes, ◇ △ ○ - no ezeriem iztekošās upes)

Pielietojot daudzfaktoru regresijas analīzi, mēs arī konstatējām, ka upju sateces baseinu zemes lietojuma veidu sadalījumam ir būtiska nozīme ON/\overline{KSP}_{Mn} attiecības pieaugumam Zviedrijas upēs, īpaši aramzemju platībām (3.4.16.tab.). Savukārt atmosfēras slāpekļa mitriem nosēdumiem šeit ir pakārtota loma, pat ja aramzemju platības aizņem mazāk par 10-15% no upes baseina laukuma. Kā nākamie svarīgākie faktori minami ezeru vai ganību platības upes baseinā.

3.4.16.tabula. Organiskā slāpekļa un oglekļa attiecības mainīguma izskaidrojošo faktorlielumu kombinācijas

	Daudzfaktoru regresijas modelis	Par cik procentiem tiek izskaidrots faktoru mainīgums
Visi pētāmie upju baseini (91 baseins)	Aramzemes + ezeri + ganības + N-nosēdumi	72.90 %
Upju baseini, kuros aramzemes <10% (49 baseini)	Ezeri + ganības + N-nosēdumi + aramzemes	36.00 %
Upju baseini, kuros aramzemes <15% (65 baseini)	Ganības + ezeri + N-nosēdumi + aramzemes	61.70 %
Visi pētāmie upju baseini Dienvidzviedrijā (51 baseins)	Aramzemes + ezeri + ganības + N-nosēdumi	73.80 %
Upju baseini, kuros novēroti visaugstākie slāpekļa mitrie nosēdumi (8-12 kg/ha/gadā) Dienvidzviedrijā (15 baseini)	Aramzemes + meži	94.20 %

3.4.35. un 3.4.36. attēlos un 3.4.16.tabulā iegūtie korelācijas un regresijas analīžu rezultāti parāda, ka būtiska nozīme ON/\overline{KSP}_{Mn} attiecības pieaugumam Zviedrijas upēs ir lauksaimniecībā izmantojamo zemju platībām un ezerainības procentam upju baseinos. Lai uzskatāmi to parādītu, mēs izvēlējāmies astoņus upju baseinus Dienvidzviedrijā, kuros novēroti vislielākie atmosfēras slāpekļa mitro nosēdumu vidējie daudzumi un liels procents aramzemju. 3.4.38.attēla diagrammā ir redzams, ka cieša korelācija pastāv starp ON/\overline{KSP}_{Mn} un aramzemju procentuālo lielumu, bet nevis ar atmosfēras slāpekļa mitrajiem nosēdumiem.

SECINĀJUMI

1. Latvijas un Zviedrijas virszemes ūdeņu organisko vielu satura rādītāju (ķīmiskais skābekļa patēriņš, ūdens krāsainība un sorbcija) analīžu rezultāti parādīja, ka jānodrošina augsta kvalitāte ūdens paraugu ņemšanas un analīžu veikšanas metodēs, lai monitoringa dati būtu izmantojami vidē noritošo dabisko un antropogēno procesu izpētei. Latvijas upju organisko vielu satura raksturojošo parametru izvērtējums parādīja nepieciešamību pilnveidot virszemes ūdeņu monitoringa sistēmu (ūdens paraugu ņemšanas un analītiskās metodes, upju novērošanas posteņu un optimālāku organisko vielu satura raksturojoša parametru izvēle).
2. Pētījumā veiktā organisko vielu satura raksturojošo parametru (ķīmiskais skābekļa patēriņš, ūdens krāsainība un sorbcija) analīze parādīja, ka gan Latvijas, gan Zviedrijas upēm ir līdzīgas organisko vielu korelācijas un sezonālo izmaiņu raksturs. Korelācijas analīze parādīja, ka starp organisko vielu saturu un upes noteci pastāv cieša pozitīva un nelineāra savstarpējā atkarība. Augstākas organisko vielu koncentrācijas upēs ir pavasarī un rudenī, bet zemākas - vasaras vai ziemas mazūdens periodos. To nosaka dominējošo ūdens un humusvielu plūsmu veidu dinamika upes sateces baseinā un organisko vielu koncentrācijas izmaiņas, saistībā ar upes noteci.
3. Organisko vielu satura rādītāju (ķīmiskais skābekļa patēriņš, ūdens krāsainība un sorbcija) ilgtermiņa izmaiņu analīze parādīja ievērojamas atšķirības apsekoto upju ūdeņos. Konstatējām, ka kopumā Latvijas pētāmajām upēm (1977-1997) organisko vielu satura trends ir ar lejupejošu raksturu, bet Zviedrijas upēm (1971-1994) - pieaugošu raksturu. Šādus trendus ir noteikuši noritošie dabiskie un antropogēnie procesi upju sateces baseinos pētāmajā periodā.
4. Organiskā slāpekļa un oglekļa attiecību pieaugumu Zviedrijas upēs galvenokārt nosaka zemes lietojuma veidu sadalījums upes baseinā, īpaši aramzemju platības un ezerainība. Atmosfēras organiskā slāpekļa mitrajiem nosēdumiem ir pakārtota loma slāpekļa koncentrācijas pieaugumam upēs.

5. Pētījumā par humifikācijas procesu dažāda zemes lietojuma augsnēs Vidzemes augstienē konstatējām, ka lauksaimniecībā izmantojamajām augsnēm ir augstāka humifikācijas pakāpe salīdzinot ar meža augsnēm. To nosaka organisko vielu izejmateriāla kvalitāte un abiotisko, biotisko un arī antropogēno faktoru kopums.
6. Lai konstatētu humusvielu veidošanās apstākļus un īpašības Latvijas virszemes ūdeņos un to nogulumos, noteicām to elementu un funkcionālo grupu sastāvu, molekulmasas sadalījumu, skābes bāzes īpašības un veicām spektrālo analīzi. Pētījums parādīja, ka no oligotrofo un distrofo ezeru ūdeņiem izolētās humusvielas ir savstarpēji līdzīgas pēc uzbūves un īpašībām, un atspoguļo ezeru bioloģiskās transformācijas lomu humusvielas struktūras veidošanā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Achard, F. (1786) Chemische Untersuchung des Torfs, Grell's. *Chem. Ann.*, **2**, 391. Skat. aģī (1940) Сборник *История агрокультуры*. Изд-во АН СССР.
2. Ackrediterade analysmetoder (1996) Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för miljöanalys, Uppsala.
3. Aiken, G.R. (1985) Isolation and concentration techniques for aquatic humic substances. In: *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. Geochemistry, Isolation, and Characterisation*. Aiken, G.R. et al. (eds). Wiley, New York, pp. 209-230.
4. Aiken, G.R., Thurman, E.M., Malcolm, R.L., Walton, H.F. (1979) Comparison of XAD macroporous resins for the concentration of fulvic acid from aqueous solution. *Anal. Chem.*, **51**, 1799-1803.
5. Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L., MacCarthy, P. (1985) An introduction to humic substances in soil, sediment, and water. In: *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. Geochemistry, Isolation, and Characterisation*. Aiken, G.R. et al. (eds). Wiley, New York, pp. 1-9.
6. Andersen, B. (1986) Impact of nitrogen deposition. In: *Critical Loads for Nitrogen and Sulphur*. Nilsson, J. (ed). *Nordisk ministerråd Miljörapport*, **11**, 159-197.
7. Anderson, D.W., Paul, E.A., St.Arnaud, R.J. (1974) Extraction and characterization of humus with reference to clay-associated humus. *Can. J. Soil Sci.*, **54**, 317-323.
8. Anderson, D.W., Schoenau, J.J. (1993) Soil humus fractions. In: *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Carter, M.R. (ed). Canadian Society of Soil Sciences, Lewis Publishers, pp. 391-395.
9. Anderson, T., Nilsson, Å., Jansson, M. (1991) Coloured substances in Swedish Lakes and rivers - temporal variation and regulating factors. In: *Humic Substances in the Aquatic and Terrestrial Environment*. Allard, B., Boren, H., Grimval, A. (eds) Berlin, Springer-Verlag, pp. 243-253.
10. Andrušaitis, G., Andrušaitis, A., Bitenicks, J. (1992) *Balance of organic carbon of the Gulf of Riga*. Proceedings of 17th conference of Baltic Oceanographers, Norrköping, SMHI, pp. 12.
11. APHA (American Public Health Association)(1988) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, D.C.
12. APHA (American Public Health Association)(1992) *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy Inc. Publisher, Madison, Wisc.
13. Apsīte, E., Kļaviņš, M. (1997) Sources, flows and sinks of organic matter in aquatic environments. *Proc. of Latv. Acad. Sci.*, **B 3/4:51**, 133-142.
14. Apsīte, E., Kļaviņš, M., Kokorīte, I. (1997) *Analysis of water quality changes in the rivers of Latvia during the last twenty years*. International conference of Ph.D. students. Section proceeding of natural sciences. University of Miskolc, Hungary, pp. 1-8.

15. Aschan, O. (1907) Die Bedeutung der Wasserlöslichen Humusstoffe für die Bildung der See- und Sumpfsee. *Z. Prakt. Geol.*, **15**, 56-68.
16. Aschan, O. (1908) Die Wasserlösliche Humusstoffe der Nordischen Süßgewässer. *Z. Prakt. Chem.*, **77**, 172-188.
17. Āva, R. (1975) Augšnes. *Latvijas PSR ģeogrāfija*. Zinātne, Rīga, 93.-100.lpp.
18. Avotiņa, R. (1995) Gauja. *Latvijas Daba. Enciklopēdija Latvija un Latvieši* Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 1. sēj., 96.-98.lpp.
19. Bambergs, K. (1935) Augšnes reakcija un kaļķošana. Rīga, *Mēnešraksts*, **1-2**, 4-5.
20. Bambergs, K. (1969) *Augšnes kaļķošana*. Liesma, Rīga, 184 lpp.
21. Barth, E.F., Acheson, N.H. (1962) High-molecular weight material in tap water. *J. Am. Water Works Assoc.* **54**, 959-964.
22. Beikerts, G. (1994) Dubna. *Latvijas Daba. Enciklopēdija Latvija un Latvieši* Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 1. sēj., 11.lpp.
23. Beikerts, G. (1995a) Iecava. *Latvijas Daba. Enciklopēdija Latvija un Latvieši*. 3. sēj. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 161.-162.lpp.
24. Beikerts, G. (1995b) Lielupe. *Latvijas Daba. Enciklopēdija Latvija un Latvieši*. 3.sēj. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 206. lpp.
25. Belle, G., Hughes, J.P. (1984) Nonparametric tests for trend in water quality. *Water Resour. Res.*, **20(1)**, 127-136.
26. Berzelius, J. (1839) Lehrbuch der Chemie. 3rd ed. (trans. Wöhler). Dresden und Leipzig.
27. Bidēns, S., Larsons, A.M., Ulsons, M. (1997) *Ūdens kvalitātes noteikšana*. (Latvijas apstākļiem adaptējuši Benders J., Urtāns A.) Gēteborgas Universitāte, LU Vides zinātnes un pārvaldes studiju centrs, Gēteborga-Rīga, 86 lpp.
28. Black, A.P., Christman, R.F. (1963) Characteristics of coloured surface waters. *J. Am. Water Works Assoc.*, **55**, 753-770.
29. Bormann, F.H. and Likens, G.E. 1979. Pattern and Process in a Forested Ecosystem. Springer-Verlag Berlin New York.
30. Bremner, J.M., Lees, H. (1949) *J.Agr.Sci.*, **39**.
31. Bremner, J.M., Ho, C.L. (1961) Agron. Abstr., *Amer. Soc. Agron.*, **15**.
32. Brink, P., Nilsson, L.M. and Svedin, U. (1988) Ecosystem redevelopment. *Ambio*, **17**, 84-89.
33. Brīvkalns, K. (1954) *Augšnes auglības celšana Latvijas PSR apstākļos*. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga.
34. Brīvkalns, K., Boruks, A., Stalbovs, R. (1967) *Zeme un ražība*. Liesma, Rīga, 200 lpp.
35. Brīvkalns, K. (1978) *Iepazīsim mūsu augšnes*. Zinātne, Rīga, 64 lpp.
36. Brīvkalns, K., Gemste, I. (1982) *Latvijas augšņu ķīmiskās īpašības*. Zinātne, Rīga, 84 lpp.

37. Buffle, J. (1977) *Les substances humiques et leurs interactions avec les ions minéraux*. Conference Proceedings de la Commission d'Hydrologie Appliquée de l'A.G.H.T.M. L'Université d'Orsay, pp. 3-10.
38. Chapman, D., Kimstach, V. (1992) The selection of water quality variables. In: *Water Quality Assessment. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. Chapman, D. (ed), Chapman & Hall, London, pp. 238-316.
39. Chen, Y., Senesi, N., Schnitzer, M. (1977) Information provided on humic substances by E_4/E_6 ratios. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, **41/2**, 352-358.
40. Chin, Y-P., Aiken, G., O'Loughlin, E. (1994) Molecular weight, polydispersity, and spectroscopic of aquatic humic substances. *Environ., Sci. technol.*, **28/11**, 1853-1858.
41. Choudri, M.B., Stevenson, F.J. (1957) Chemical and physicochemical properties of soil humic colloids. III. Extraction of organic matter from soils. *Soil Sci. Am.*, **21**, 508-513.
42. Corbett, E.S., Sopper, W.E., Lynch, J.A. (1975) Watershed response to partial area application of simulated rainfall. *Ass. Int. Sci. Hydrol.*, **117**, 63-73.
43. Cronan, C.S., Aiken, G.R. (1985) Chemistry and transport of soluble humic substances in forested watersheds at the Adirondack Park, New York. *Geochim. Cosmo. Acta*, **49**, 1697-1705.
44. Dambergs, R. (1997) Misa. *Latvijas Daba. Enciklopēdija Latvija un Latvieši*. 4. sēj. Apgāds Preses Nams, Rīga, 8.lpp.
45. Darwin, C. (1882) The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits. London, John Murray.
46. Degens, E.T. (1982) *Transport of carbon and minerals in major world rivers*. Part 1. Proceedings of a workshop arranged by the Scientific Committee on Problems of the Environment and United National Environmental Program. Hamburg University, Hamburg.
47. Dehérain, P., Demoussy, E. (1896) Sur l'oxidation de la matière organique du sol. *Ann. Agron. Paris*, **22**, 305.
48. Demayo, A., Steel, A. (1992) Data handling and presentation. In: *Water Quality Assessment. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Chapman, D. (ed). Chapman & Hall, London, pp. 466-564.
49. Dix H.M. (1981) Biological effects of water pollution. In: *Environmental Pollution*. John Wiley & Sons, pp. 161-167.
50. Druvietis, I. (1997) *Alģes kā ekoloģiskā stāvokļa rādītājas Latvijas ūdenstilpēs*. Kopsavilkums par publicēto zinātnisko rakstu sēriju. Rīga, 102 lpp.
51. Dunne, T. (1988) Description of runoff processes. In: *Perspectives on Water Uses and Abuses*. Speidel, D.H. et al. (eds). Oxford University Press, Oxford, pp. 66-72.
52. Eberle, S.H. (1978) Extraction von Humnsäuren aus Wasser mit Triocetylamin. Rep. KFK 1731 UF, Karlsruhe.

53. Eipurs, I. (1998) Salaca. *Latvijas Daba. Enciklopēdija Latvija un Latvieši*, Apgāds Preses Nams, Rīga, 5. sēj., 30.-31.lpp.
54. Ertel, J.R., Behmel, P., Christman, R.F., Flaig, W.J.A., Haider, K.M., Harvey, G.R., Hatcher, P.G., Hedges, J.I., Martin, J.P., Pfaender, F.K., Schulten, H.R. (1988) Genesis. In: *Humic Substances and Their Role in the Environment*. Frimmel, F.H., Christman, R.F. (eds). Wiley, Chichester, pp. 105-112.
55. Flaig, W. (1960) *Sci Proc Royal Dublin Soc*, **4**, 49-62.
56. Fleischer, S., Stibe, L. (1989) Agriculture kills marine fish in the 1980's. Who is responsible for fish kills in the year 2000? *Ambio*, **18**, 347-350.
57. Gilbert, R.O. (1987) *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*. Van Nostrand Reinhold company, New York, 320 pp.
58. Gjessing, E.T. (1965) Use of Sephadex gels for the estimation of molecular weight of humic substances in natural waters. *Nature*, **208**, 1091-1092.
59. Gjessing, E.T. (1971) Effect of pH on the filtration of aquatic humus using gels and membranes. *Schw. Z. Hydrol.*, **33**, 592-600.
60. Gjessing, E.T., Lee, G.F. (1976) Fractionation of organic matter in natural waters on Sephadex columns. *Environ. Sci. Technol.*, **1**, 631-638.
61. Glazačeva, L. (1975) Iekšējie ūdeņi. *Latvijas PSR ģeogrāfija*. Zinātne, Rīga, 74.-90.lpp.
62. Gosh, K., Scitzer, M. (1980) Fluorescence excitation spectra of humic substances. *Can. J. Soil Sci.*, **60**, 373-379.
63. Granat, L. (1991) *Luft- och nederbördskemiska stationsnätet inom PMK. Rapport från verksamheten 1990*. Swedish Environmental Protection Agency, Solna, Sweden.
64. Grennfelt, P., Hultberg, H. (1986) *Water, Air, and Soil Pollut.*, **30**, 945.
65. Greyson, J. (1990) Carbon, nitrogen, and sulfur in water pollution. In: *Carbon, Nitrogen, and Sulfur Pollutants and Their Determination in Air and Water*. Maral Dekker, New York and Basel, pp. 80-101.
66. Grimvall, A. (1998) personal communication.
67. Grimvall, A. (1998) MULTIMK - a Visual Basic program for multivariate Mann-Kendall tests of monotone trends in time series of data grouped by sites, plots and seasons. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
68. Grinbergs, E. (1975) Latvijas ģeoloģiskā uzbūve un attīstības vēsture. *Latvijas PSR ģeogrāfija*. Zinātne, Rīga, 20.-26.lpp.
69. Gundersen, P. (1995) Nitrogen deposition and leaching in European forests – preliminary results from a data compilation. *Water, Air and Soil Pollution* **85**: 1179-1184.
70. Hargitai, L. (1955) Comparative organic matter investigations in various soil types with optical methods. *Agrartud. Egy. Agron. Kar. Kiadv.*, **2**, 1-27.
71. Hargitai, L. (1996) Applications of humification indexes, reactive nitrogen forms, and chemical topology for considerations of sorption of xenobiotic compounds by soil organic

- matter. In: *Humic Substances and Organic Matter in Soil and Water Environments: Characterization, Transformations and Interactions*. Chapp, C.E. et al. (eds). University of Minnesota, 327-337 pp.
72. Hatcher, P.G., Spiker, E.C. (1988) Selective degradation of plant biomolecules. In: *Humic Substances and Their Role in the Environment*. Frimmel, F.H., Christman, R.F. (eds). Wiley, Chichester, pp. 59-74.
 73. Hayes, M.H.B., MacCarthy, P., Malcolm, R.L., Swift, R.S. (1989) The search for structure: Setting the scene. In: *Humic Substances II*. Hayes, M.H.B. et al. (eds). Chichester, Wiley, 3-31 pp.
 74. Hayes, M.H.B. (1991) *Advances in Soil Organic Matter Research: the Impact on Agriculture and the Environment*. Wilson, W.S. (ed), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 3-22 pp.
 75. Hedges, J.I. (1988) Polymerization of humic substances in natural environments. In: *Humic Substances and Their Role in the Environment*. Frimmel, F.H., Christman, R.F. (eds). Wiley, Chichester, pp. 45-58.
 76. Hejzlar, J., Szpakowska, B., Wershaw, R.L. (1994) Comparison of humic substances isolated from peatbog water by sorption on DEAE-cellulose and Amberlite XAD-2. *Water Research*, **28**, 1961-1970.
 77. Helsel, D.R., Hirsch, R.M. (1992) *Statistical Methods in Water Resources*. Elsevier, New York-Tokyo, 282 pp.
 78. Hemond, H.F. (1990) Wetlands as the source of dissolved organic carbon to surface waters. In: *Organic Acids in Aquatic Ecosystems*. Perdue, E.M., Gjessing, E.T. (eds). Wiley, New York, pp. 501-515.
 79. Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith, R.A. (1982) Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resour. Res.*, **18(1)**, 107-121.
 80. Hirsch, R.M., Slack, J.R. (1984) A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resour. Res.*, **20(6)**, 727-732.
 81. Hope, D., Billet, M.F., Cresser, M.S. (1994) A review of the export of carbon in water: fluxes and processes. *Environ. Pollution.*, **84**, 301-324
 82. Hoppe-Seyler, F. (1889) Über Huminsubstanzen, ihre Entstehung und ihre Eigenschaften. *Z. physiol. Chem.*, **13**, 66.
 83. Hornung, M, Adamson, J.K., Reynolds, B., Stevens, P.A. (1988) Impacts of forest management practices in plantation forests. In: *Effects of land use in catchments on the acidity and ecology of natural surface waters*. Barth, H. (ed). Commission of the European Communities. Air Pollution Research Report 13, 91 pp.
 84. Horton, R.E. (1933) The role of infiltration in the hydrologic cycle. *EOS: Transactions of the American Geophysical Union*, **14**, 446-460.
 85. Ishiwatari, R. (1971) Molecular weight distribution of humic acids from lake and marine sediments. *Geochem. J.*, **5**, 121-132.
 86. Ishiwatari, R. (1975) Transformation of sedimentary humic acid: facts and speculation. In: *Humic Substances, Their Structure and Function in the Biosphere*. Povoledo, D.,

- Golterman, H.L. (eds) Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen, 109-121 pp.
87. Ishiwatari, R. (1985) Geochemistry of humic substances in lake sediments. In: *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. Geochemistry, Isolation, and Characterization*. Aiken, G.R. et al. (eds). Wiley, New York, pp. 147-180.
 88. Jacks, G., Joelsson, A., Fleischer, S. (1994) Nitrogen retention in forest wetlands. *Ambio*, 23:6, 358-362
 89. Jönsson, E. (1966) The determination of Kjeldahl nitrogen in natural water. *Vattenhygien*, 22, 10-14.
 90. Kārklīņš, A., Skujāns R., Gemste, I., Mežals, G., Nikodemus, O. (1995) Latvijas augšņu klasifikācija. Ģenētisko horizontu apzīmējumi. *Latvijas Lauksaimnieks*, 4., 5-7.
 91. Kendall, M.G. (1938) A new measure of rank correlation. *Biometrika*, 30, 81-93.
 92. Kendall, M.G. (1975) *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London.
 93. Kļaviņš, M., Cinis, U. (1992) Trace metal complexing capacities in Latvia's inland waters. *Proc. Latv. Acad. Sci.*, 5, 57-60.
 94. Kļaviņš, M. (1993) Humic substances in surface waters: Their isolation and structure. *Latv. Chem. J.*, 1, 83-95.
 95. Kļaviņš, M., Purīte, M. (1993) Acid-base properties of fulvic acids from surface waters of Latvia. *Latv. Chem. J.*, 6, 745-751.
 96. Kļaviņš, M. (1995a) *Vides ķīmija*. Latvijas Universitāte, Rīga, 208 lpp.
 97. Kļaviņš, M. (1995b) Ecological roles of aquatic humic substances. *Proc. Latv. Acad. Sci.*, 1/2, 107-115.
 98. Kļaviņš, M. (1997) *Aquatic Humic Substances: Characterisation, Structure and Genesis*. Rīga, 234 pp.
 99. Kļaviņš, M., Apsīte, E. (1997) Sedimentary humic substances from lakes in Latvia. *Environment International*, 23, 783-790.
 100. Kļaviņš, M., Apsīte, E., Cimdiņš, P. (1997a) Aquatic humic substances from Latvia. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26, 339-342.
 101. Kļaviņš, M., Apsīte, E., Parale, E. (1997b) Humic substances in surface waters of Latvia. *Proc. of Latv. Acad. Sci.*, B 3/4:51, 143-152.
 102. Kļaviņš, M., Zicmanis, A. (1998) *Ūdens ķīmija*. Latvijas Universitāte, Rīga, 192 lpp.
 103. Kononova, M.M. (1966) *Soil organic matter*. 2nd ed. Pergamon Press, London. 544 pp.
 104. Krūmiņš, K. (1929) Reakcijas noteikšanas metodes un Latvijas augšņu reakcija. Rīga, *Latvijas daba un zinātne*, 1.
 105. Kulitāns, P. (1931) *Kaļķojuma ietekme uz ražu smilšainā kūdrainā augsnā Rāmavā 1926-1930*. Rīga.

106. Kulitāns, P., Krūmiņš K., Bamberg, K. (1930) *Lauksaimniecības analīze*. Liepājas Burtnieks, Rīga.
107. Laatsch, W. (1957) *Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden*. Verlag Steinkopff, Dresden.
108. Lassen, P. (1995) *On the possible role of humic substances in the environmental fate of pollutants*. PhD thesis. Ministry of Environmental and Energy, National Environmental Research Institute, 15.-28.lpp.
109. *Latvijas iekšzemes ūdeņu hidroloģiskā gadagrāmata 1996.gads.* (1997) Hidrometcentrs, Rīga.
110. *Latvijas standarts.* (1998) Latvijas Nacionālais standartizācijas un metroloģijas centrs, Rīgā.
111. *Digitālie ģeogrāfiskie dati: Latvijas teritorijas apvidus raksturs* (1997). Latvijas Universitāte Ģeodēzijas un ģeoinformātikas institūts, Rīga.
112. *Latvijas vides stāvokļa pārskats* (1996) LR VARAM Vides konsultāciju un monitoringa centrs, Rīga, 14.-23. lpp.
113. Lazņiks, M. (1998) personīgie komentāri.
114. Leenheer, J.A., Malcolm, R.L. (1973) *Fractionation and characterisation of natural organic matter from certain rivers and soils by free-flow electrophoresis*. U.S. geol. Surv. Water-Supply paper, 1817 E, D.C., U.S. Government Printing office, Washington.
115. Lepisto, A, Andersson, L, Arheimer, B. and Sundblad, K. (1995) Influence of catchment characteristics, forestry activities and deposition on nitrogen export from small forested catchments. *Water, Air and Soil Pollution*, **84**, 81-102.
116. Levesque, M, Schnitzer, M. (1966) *Can.J.Soil Sci.*, **46**, 7.
117. Liepa, I. (1974) *Biometrija. Zvaigzne*, Rīga, 336 lpp.
118. Löfgren, S. (1991) *Influence of Atmospheric Nitrogen Deposition on Nitrogen Leakage to Surface Water in Forest Ecosystems*. Nord 1991:32, Nordic Council of Ministers, Copenhagen. 52 pp.
119. Loftis, I.C., Taylor, C.H., Chapman, P.L. (1991) Multivariate tests for trend in water quality. *Wat. Resour. Res.*, **27**, 1419-1429.
120. LPE (1987) *Latvijas Padomju Enciklopēdija*, 10₁ sēj. Galvenā enciklopēdijas redakcija, Rīga, 688.-690. lpp.
121. Malcolm, R.L. (1985) Geochemistry of Stream Fulvic and Humic Substances. In: *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. Geochemistry, Isolation, and Characterization*. Aiken, G.R. et al. (eds). Wiley, New York, pp. 181-208.
122. Mann, H.B. (1945) Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, **13**, 245-259.
123. Mantoura, R.F.C., Woodward, E.M.S. (1983) Conservative behaviour of riverine dissolved organic carbon in the Severn Estuary: Chemical and geochemical implications. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **47**, 1293-1309.

124. McCarthy, J.F. (1992) Sub-surface transport of natural organic matter: implications for conatminant mobility. In: *Organic Substances in Soil and Water: Natural Constituents and their Influences on Contaminant Behaviour*. Beck, A.J. et al. (eds). Thomas Graham Hose, Cambrige, pp. 153-170.
125. McDowell, W.H., Fisher, S.G. (1976) Autumnal processing of dissolved organic matter in a small woodland stream ecosystem. *Ecology*, **57**, 661-669.
126. McDowell, W.H., Likens, G.E. (1988) Origin, composition, and flux of dissolved organic carbon in the Hubbard Brook Valley. *Ecol. Monogr.*, **58**, 177-195.
127. Mead, R., Curnow, R.N. and Hasted, A.M. (1993) Studying linear relationships. In: *Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology*. Second edition, Chapman&Hall, pp. 161-181.
128. Meybeck, M., Friedrich, G., Thomas, R., Chapman, D. (1992) River. In: *Water Quality Assessment. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. Chapman, D. (ed), Chapman & Hall, London, 238-316.
129. Mežals, G., Skujāns, R., Freivalds, V., Bambergs, K. (1970) *Augsnes zinātne un Latvijas PSR augsnes*. Zvaigzne, Rīga, 524 lpp.
130. Mežals, G. (1980) *Meža augsnes zinātne*. Zinātne, Rīga, 175 lpp.
131. Miller, P.C. et al. 1978. *Ecology*, **59**, 465-472.
132. Molot, L.A., Dillon, P.J. (1993) Nitrogen mass balances and denitrification rates in central Ontario Lakes. *Biogeochemistry*, **20**, 195-212.
133. Monitor 12 (1991) *Acidification and liming of Swedish freshwaters*. Printed by Schmidts Boktryckeri AB, Helsingborg, 43 pp.
134. Moore, T.R. (1989) Dynamics of dissolved organic carbon in forested and disturbed catchments, Westland, New Zealand. Larry River. *Water Resourc Res.*, **25**, 1331-1440.
135. Mulder, G.J. (1840) Untersuchungen über Humussubstanzen. *J. prakt. Chem.*, **32**, 321.
136. Mulder, G.J. (1861-62) *Die Chemie der Ackerkrume*. Berlin.
137. Naudiņš, I., Buļbins, P. (1976) *Augsnes zinātne un vispārīgā zemkopība*. Zvaigzne, Rīga, 446 lpp.
138. Nikodemus, O. (1996) Augšņu karte. *Pasaules ģeogrāfijas atlants*. Apgāds "Jāņa sēta", Rīga.
139. Nikodemus, O., Mūrnieks, I. (1997) *Augsnes īpašību izmaiņas trīsdesmit gadu ilgā periodā ekstenšīvi izmantotā paugurainē*. Zinātniski praktiskā konference *Lauku vide '97* referātu materiāli, 2.daļa Ainavu plānošana un arhitektūra un zemes ierīkošana, Jelgava, 32.-39. lpp.
140. Oades, J.M. (1988) The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry*, **5**, 35-70.
141. Odén, S. (1912) Zur Kenntnis der Huminsäure des Sphagnum-Torfes. *Ber. dtsh. chem. Ges.*, **35**, 651.
142. Odén, S. (1914) Zur Kolloidchemie der Humusstoffe. *Kolloid Z.*, **14**, 123.

143. Odén, S. (1919) Die Huminssäuren. *Kolloidchem. Beih.*, **11**, 75.
144. Orlov, D.S. (1985) Humus Acids of Soils. Russian Translations series. A.A.Balkema, Rotterdam, 224 pp.
145. Parsons, J.W., Tinsley, J. (1960) *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **24**, 198.
146. Pastors, A. (1994) Daugava. *Latvijas Daba. Enciklopēdija Latvija un Latvieši* 1. sēj. Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 214.-217.lpp.
147. Paul, E.A., Clark, F.E. (1989) Carbon cycling and soil organic matter. In: *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press. Inc., pp. 93-116.
148. Paxeus, N., Allard, B., Olofsson, U., Bengtsson, M. (1985) Humic substances in ground waters. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, **50**, 525-532.
149. Persson, G., Broberg, O. (1985) Nutrient concentrations in the acidified Lake Gårdsjön: The role of transport and retention of phosphorus, nitrogen and DOC in watershed and lake. *Ecol. Bull.*, **37**, 158-174.
150. Pierzynski, G.M., Sims J.T., Vance G.F. (1993) Soil nitrogen and environmental quality. In: *Soils and Environmental Quality*. CRC Press, Inc, pp. 55-102.
151. Porter, L.K. (1967) *J.Agr. Food Chem.*, **15**, 807.
152. Post, H. von (1862) Studien über die koprogenen Erdbildungen unser Tage. Citēts pēc Ramann (1888) *Landw. Jb.*, **17**, 405.
153. Post, W.M., Pastor, J. (1985) Global patterns of soil nitrogen storage. *Nature*, **317**, 613-616.
154. Prochazkova, A. (1977) Long term studies on nitrogen in two reservoirs related to field fertilization. *Prog. Wat.*, **8**, 101-109.
155. Ramann, E. (1888) Die Arbeiten von Post über Schlamm, Moor, Torf und Humus, *Landw. JB.*, **17**, 405.
156. Rekolainen, S. (1989) Phosphorus and nitrogen load from forest and agricultural areas in Finland. *Aqua Fennica*, **19**, 95-107.
157. Rieksts, I. (1994) Aiviekste. *Latvijas Daba. Enciklopēdija Latvija un Latvieši* Latvijas Enciklopēdija, Rīga, 1. sēj., 29.-28.lpp.
158. Riley, J.P., Taylor, D. (1969) The analytical concentration of traces of dissolved organic materials from seawater with Amberlite XAD-1 resin. *Anal. Chim. Acta.*, **46**, 307-309.
159. Rochus, W. (1969) Die Gewinnung der fulvosäuren aus ihren verdünnten lösungen. *Soil Biol.*, **10**, 26-27.
160. Rook, J.J. (1974) Formation of haloforms during chlorination of natural waters. *Water Treatment Exam.*, **23**, 234-243.
161. Rosell, R.A., Ortiz, M.I. (1969) *Rev. Inesting. Agropecuar.*, **6**, 41.
162. Rowell, D.L. (1994) Organic materials – alive and dead. In: *Methods and Applications*. Longman Group UK Limited, pp. 38-59.

163. Saussure, Th.de (1804) *Recherches chimiques sur la vegetation*. Paris, Ann. 12, 162. Skat. arī (1940) *Сборник История агрикультуры*. Изд-во АН СССР.
164. Schnitzer, M., Khan, S.U. (1972) *Humic Substances in the Environment*. Marcel Dekker. Inc., New York, 328 pp.
165. Schnitzer, M. (1978) Humic substances: chemistry and reactions. In: *Soil Organic Matter*. Schnitzer, M., Khan, S.U. (eds), Elsevier, Amsterdam, pp. 1-64.
166. Schnitzer, M. and Schuppli, P. (1989) The extraction of organic matter from selected soils and particle size fractions with 0.5 M NaOH and 0.1 M Na₄P₂O₇ solutions. *Can. J. Soil Sci.*, **69**, 253-262.
167. Senesi, N. (1993) Nature of interactions between organic chemicals and dissolved humic substances and the influence of environmental factors. In: *Organic Substances in Soil and Water: Natural Constituents and Their Influences on Contaminant Behaviour*. Beck, A.J. et al.(eds). The Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 1-101.
168. Shapiro, J. (1967) Concentration of volatile substances in aqueous solution and production of water-free organic by freezing out. *Anal. Chem.*, **39**, 280.
169. Simeonidis, A. (1991) Sampling techniques - implications in estimating substance transports from small watersheds. *Vatten*, **1**, 8-12.
170. Sipos, S. (1978) Biopolymer- metal complex system. *Acta Agron. Acad. Sci. Hung.*, **27**, 31-96.
171. Skujāns, R., Mežals, G. (1960) *Augšņu pētīšana dabā un laboratorijā*. Latvijas Valsts izdevn., Rīga, 350 lpp.
172. Skujāns, R., Mežals, G. (1964) *Augšņu pētīšana*. Latvijas Valsts izdevn., Rīga, 350 lpp.
173. Smith, B., Moody, P. (1994) *The use of DEAE cellulose to extract anionic organic material from ground water*. Comm. Eur. Communities EUR 1994 EUR 14968.
174. Sprengel, C. (1826) Über Pflanzenhumus, Humussäure und Humussaure Salze. *Kastners Arch. Ges. Naturlehre*, **8**, 145. Skat. arī (1940) *Сборник История агрикультуры*. Изд-во АН СССР.
175. Springer, U. (1938) Ist der Begriff "Hminsäure" heute noch berechtigt? *Z.PftErnähr. Düng., A*, **35**, 334; (1935) *ibid.*, **37**, 202.
176. Stålnake, P., Grimvall, A., Laznik, M. (1996a) *Water quality response to the dramatic reduction in the use of fertilisers in Latvia*. Ph.D. Thesis Nutrient Loads to the Baltic Sea, Linköping University.
177. Stålnake, P., Grimvall, A., Sundblad, K., Wilander, A. (1996b) *Trends in nitrogen transport in Swedish rivers*. Ph.D. Thesis Nutrients Loads to the Baltic Sea. - Linköping University.
178. Statistical Yearbook of Latvia 1991 (1992) LR Valsts statistikas komiteja, Rīga.
179. Statistical Yearbook of Latvia 1996 (1997) LR Valsts statistikas komiteja, Rīga.
180. *Statistiska meddelanden* (1995) Statistics Sweden, Na 11 SM 9501.

181. Stevenson, F.J. (1982) *Humus chemistry. Genesis, Composition, Reactions*. Wiley, New York, 443 pp.
182. Stevenson, J.F. (1985) Geochemistry of soil humic substances. In: *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. Geochemistry, Isolation, and Characterization*. Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L. (eds). Wiley, New York.
183. Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M. (1979) *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Blackwell, Oxford, 258 lpp.
184. Tate, R.L. (1988) Humification and organic matter stability. In: *Soil Organic Matter. Biological and Ecological Effects*. Wiby, pp. 115-127.
185. Temņikova, N. (1975) Klimats. *Latvijas PSR ģeogrāfija*. Zinātne, Rīga, 45.-54.lpp.
186. Thomson, T. (1807) *A System of Chemistry*. Edinburgh. Skat. arī (1940) Сборник *История агрокультуры*. Изд-во АН СССР.
187. Thurman, E.M., Malcolm, R.L. (1981) Preparative isolation of aquatic humic substances. *Environ. Sci. Technol.*, **15**, 463-466.
188. Thurman, E.M. (1985) *Organic Geochemistry of Natural Waters*. Martinus Nijhoff/ Dr.W. Junk Publishers, Wageningen, 234 pp.
189. Tinsley, J. (1956) 6th Intern. Congr. Soil Sci. Trans. Paris, 2, 541.
190. Town, R.M., Powell, H.K.J. (1992) Elimination of adsorption effects in gel permeation chromatography of humic substances. *Anal. Chem. Acta*, **256**, 81-86.
191. Tsirkunov, V.V., Nikanorov, A.M., Laznik, M.M., Dongwe, Z. (1992) Analysis of long-term and seasonal river water quality changes in Latvia. *Wat.Res.*, **26**, 1203-1216.
192. Urtāne, L., Kļaviņš, M. (1995) Zooplanton communities of a group of lakes with different content of humic substances in Latvia. *Proc. Latvian. Sci., Sect.B*, No. 1/2, 134-140.
193. Varanini, Z., Pinto, R., (1995) Humic substances and plant nutrition. *Progress in Botany*, **56**, 97-117.
194. Vauquelin, C. (1797-98) Sur une maladie des arbres que attaque spécialement l'orme et que est analogue à un ulcère. *Ann. Chim.*, **21**, 39. Skat. arī (1940) Сборник *История агрокультуры*. Изд-во АН СССР.
195. Vieira, A.A.H., Klavness, D. (1986) The utilization of organic nitrogen compounds as sole nitrogen source by some freshwater phytoplankters. *Nord. J. Bot.* **6**, 93-97.
196. Villars, M. (1988) *Modeling flowpaths and streamflow generation at the Bicford Watershed: applications to acid deposition modeling*. M.S. Thesis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
197. Virszemes ūdeņu hidroķīmisko mērījumu rezultāti no 1974.gada līdz 1997.gadam (1976-1998) LR VARAM Valsts Hidrometeoroloģijas pārvalde, Rīga.
198. Vītiņš, J. (1924a) Latvijas smiltis un smilts zemes. Zemkopības m-jas Mežu departaments, Rīga, 159 lpp.
199. Vītiņš, J. (1924b) Zemes bagātība un auglība. Rīga, Latvijas Agronomu b-ba, 84 lpp.

200. Vītiņš, J. (1926) Zemju īpašības, izveidošanās faktori un klasifikācijas. Rīga, "Leta", 239 lpp.
201. Vītiņš, J. (1927) A Brief Survey of Soil Investigation in Latvia. Rīga Bureau of Land Valuation, depart. Of Agriculture, 38 lpp.
202. Vītiņš, J. (1934) Mālaino augšņu veidošanās reljefa zemākās vietās. Rīga, Latvijas Agronomu biedrība, 14 lpp.
203. Waksman, S.A. (1936) Humus, Origin, Chemical Composition, and Importance in Nature. London: Bailliere, Tindall and Cox.
204. Waksman, S.A., Heukelekian, O. (1926) Cellulose decomposition by various groups of soil micro-organisms. *Acta IV Conf. Int. pedol. Rome (1924)*, **3**, 216.
205. Waksman, S.A., Tenney, F. (1927) Composition of natural organic materials and their decomposition in the soil. *Soil Sci.*, **24**, 275, 317; (1929) *ibid.*, **28**, 55; (1930) *ibid.*, **30**, 143.
206. Waksman, S.A., (1931) Decomposition of the various chemical constituents of complex plant materials by pure cultures of fungi and bacteria. *Arch. Microbiol.*, **2**, 136.
207. Waksman, S.A., Iyer, K. (1932) Contribution to our knowledge of the chemical nature and origin of humus. *Soil Sci.*, **34**, 43; (1933) *ibid.*, **36**, 69.
208. Waksman, S.A. (1938) Humus: Origin, Chemical Composition and Importance in Nature. Balliere, London.
209. Wallerius, J. (1761) *Agriculturae Fundamenta Chemica*. Upsala. Skat. arī (1940) Сборник *История агрикультуры*. Изд-во АН СССР.
210. *Water Analysis. A Practical Guide to Physico-chemical, Chemical and Microbiological water Examination and Quality Assurance* (1988) Fresenius, W., Quentin, K.E. (eds), Springer-Virlog, 806 pp.
211. *Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. (1992) Chapman, D. (ed), Chapman&Hall, London, 572 pp.
212. Wehr, J.D., Brown, L.M. and O'Grady, K. (1987) Highly specialized nitrogen metabolism in a freshwater phytoplankter, *Chrysochromulia breviurata*. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, **44**, 736-742.
213. Wershaw, R.L., Aiken, G.R. (1985) Molekular size and weight mesurement of humic substances. In: *Humic substances in Soil, Sediment, and Water. Geochemistry, Isolation, and Characterization*. Aiken G.R. et al. (eds). Wiley, New York, pp. 86-99.
214. Wetzel, R.G. (1983) *Limnology*. Sanders College Publishing, Philadelphia, 760 pp.
215. Weyman, D.R. (1970) Troughflow on hillslopes and its relation to the stream hydrograph. *Int. Ass. Sci. Hydrol. Bull.*, **15**, 25-33.
216. Wiklander, G. (1983) Nitrogen leacheng from fertile forest land in sothern Sweden. *J. Roy. For. Agric. Acad.*, **Stockholm 1122**, 311-317
217. Wiklander, G. (1989) *Nitrogen Load and Leching*. *Royal Forest and Agricult. Acad.*, Report 35, 77-83.

218. Wilander, A. (1998) personal communication.
219. Woodwell, G.M., Whitney, D.E., Hall, C.A.S., Houghton, R.A. (1978) The Flax pond ecosystem study: exchanges of carbon in water between a salt marsh and Long Island Sound. *Limnology and Oceanography*, **22**, 833-838.
220. Zech, W., Kogel-Könabner, I. (1994) Pattern and regulation of organic matter transformation in soils: litter decomposition and humification. In: *Flux Control in Biological Systems*. Academic Press, pp. 303-336.
221. Ziechmann, W. (1994) *Humic Substances*. Zurich: BI-Wiss-Verl, Mannheim, 226 pp.
222. Zīverts, A. (1998) Tebra. *Latvijas Daba. Enciklopēdija Latvija un Latvieši*, 5. sēj. Apgāds "Preses Nams", Rīga, 206.lpp.
223. Zīverts, A. (1997) *Ievads hidroloģijā*. LLU, Jelgava, 112 lpp.
224. Глазовская, М.А. (1988) Ландшафтно-геохимические процессы. В кн.: *Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР*. Высшая школа, Москва, с. 15-37.
225. Глебова, Г.И. (1980) *Гиматомелавые кислоты почв и их место в системе гумусовых веществ*. Автореф. Канд. Дис., Москва.
226. Глебова, Г.И. (1985) *Гиматомелавые кислоты*. Москва.
227. Грандо, Л. (1872-73) Новая минерально-гумусовая теория питания растений и основанный на ней новый метод оценки плодородия почвы. *Сельское хоз. и лесоводство*.
228. Дроздова, Т.В. (1959) Спектрофотометрический метод определения количества гуминовых кислот в торфах и торфяно-болотных почвах. *Почвоведение*, **7**.
229. Докучаев, В.В. (1883) *Русский чернозем*. То же. (1949) Соч., т. 1. Изд-во АН СССР.
230. Докучаев, В.В. (1889) *К учению о зонах природы*. То же. (1951) Соч., т. VI. Изд-во АН СССР.
231. Клявиньш, М.К. (1992) *Гумусовые вещества природных вод*. Рига, Латвийский университет, 138 с.
232. Костичев, П.А. (1886) *Почвы черноземной области России*, ч. 1. Образование чернозема. То же, (1949) Сельхозгиз.
233. Костичев, П.А. (1889) Образование и свойства перегноя. Труды Сб. Об-ва естествоиспыт., т. 20, отд. ботаники.
234. Костичев, П.А. (1890) О некоторых свойствах и составе перегноя. *Сельское хоз. И лесоводство*, **10**.
235. Кононова, М.М., Бельчикова, Н.П. (1961) Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв. *Почвоведение*, **10**.
236. Кононова, М.М. (1963) *Органическое вещество почвы*. Москва, Изд-во АН СССР, 314 с.
237. Кравков, С.П. (1906) О растворимых в воде продуктах разложения органических веществ. *Материалы по изучению русских почв*, **17**.
238. Кравков, С.П. (1911) Исследования в области изучения роли мертвого растительного покрова в почвообразовании. СПб.

239. Лазник, М.М. (1983) *Органические вещества в поверхностных водах Латвии*. Сборник реф. НИР и ОКР: Охрана окружающей среды, ВНТИ центр, сер. 21. N 5/6, с. 105-114.
240. Лазник, М.М. (1986а) *Вынось органических веществ в Рижский залив*. Сборник работ РГМО, вып. 20., с. 54-56.
241. Лазник, М.М. (1986b) *Органические вещества в поверхностных водах Латвийской ССР*. Автореферат дисертации на соискание ученой степени кандидата географических наук, Ротона-Дону, 24 с.
242. Лазник, М.М. (1987а) *Взвешенные органические вещества в поверхностных водах Латвии*. Сборник работ ГМЦ ЛатвУГКС. - Вып. 1 (21). - с. 166-169.
243. Лазник, М.М. (1987b) *Гуминовые и фульвокислоты в поверхностных водах Латвии*. Гидрохимические материалы, т. 98., с. 12-19.
244. Лазник, М.М., Захарченко, Е.Н., Люлько, И.Л. (1988) Вынось минеральных и органических веществ реками - режимобразующий фактор гидрохимического режима Рижского залива. В кн.: *Режимобразующий факторы, гидрометеорологические и гидрохимические процессы в морях СССР*. Гидрометеоздат, Ленинград, с. 94-103.
245. Орлов, Д.С. (1975) *Методы извлечения минералогического состава и органического вещества почв*. Ашхабад, 285 с.
246. Орлов, Д.С. (1990) *Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации*. Из-во Московского университета, Москва, 324 с.
247. Орлов, Д.С. (1993) Свойства и функции гуминовых веществ. В кн.: *Гуминовые вещества в биосфере*. Наука, Москва, 16-27 с.
248. Пономарева, В.В., Плотникова, Т.А. (1980) *Гумус и почвообразование*. Ленинград.
249. *Ресурсы поверхностных вод СССР* (1969) Том 4, Прибалтийский район, выпуск 2, Латвия.
250. Трусков, А.Г. (1914-16) Гумификация соединений, входящих в состав растительных организмов. *Сельское хоз. и лесоводство*, 1914, октябрь, ноябрь; 1915, апрель, июль, ноябрь; 1916, март, сентябрь, ноябрь.
251. Тюрин, И.В. (1937) Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе. *Сельхозгиз*.
252. Тюрин, И.В. (1940) Из результатов работ по изучению состава гумуса в почвах СССР. *Пробл. сов. Почвовед.*, сб. 11.
253. Тюрин, И.В. (1949) *Географические закономерности гумусообразования*. Труды Юбил. сессии, посвящ столетию со дня рождения В.В.Докучаева. Изд-во АН СССР.
254. Тюрин, И.В. (1951) *К методике анализа для сравнительного изучения состава почвенного перегноя или гумуса*. Труды Почв. ин-та им. В.В.Докучаева. Изд-во АН СССР, т. XXXVIII.
255. Шмук, А.А. (1914) Несколько данных к вопросу о формах азота в почвах. *Журнал опытной агрономии*, 15, 139.
256. Шмук, А.А. (1924) К химии органического вещества почвы. *Труды Кубанск*, 1/2.
257. Шмук, А.А. (1930) К вопросу о химической природе органического вещества почвы. *Бюлл. Почвовед.*, 5-7.

PATEICĪBA

Vispirms es sirsnīgi pateicos manam zinātniskajam darba vadītājam profesoram Mārim Kļaviņam, kurš mani iedrošināja turpināt studijas doktorantūrā un ievadīja vides ģeogrāfijas zinātnes pasaulē. Paldies, profesors, par zinātniskajām atziņām un atbalstu manas disertācijas izstrādē, kā arī izpratni un sapratni visās dzīves situācijās. Liels paldies manam zinātniskajam vadītājam profesoram Guntim Eberhardam par sniegtajiem vērtīgajiem padomiem un atbalstu.

Es vēlētos pateikties arī:

Profesoram Anderam Grīmvalam netikai par zināšanām vides datu statistikā, bet arī to kompleksu izpratni saistībā ar vidē noritošajiem dabiskajiem un antropogēnajiem procesiem;

Asoc. profesoram Oļģertam Nikodemusam par zinātnisko sadarbību un vērtīgajiem padomiem;

Latvijas Valsts hidrometeoroloģijas pārvaldes direktoram Dr. Andrim Leitasam un Vides kvalitātes testēšanas laboratorijas vadītājam Dr. Mendelim Lazņikam, kā arī Zviedrijas Lauksaimniecības zinātņu universitātes Vides novērošanas departamenta Ģeoķīmijas nodaļas vadītājam Dr. Anderam Vilanderam par sniegto iespēju izmantot virszemes ūdeņu nacionālā monitoringa datus manas disertācijas izstrādē un interesantajām un vērtīgajām intervijām;

Latvijas Universitātes Vides monitoringa kvalitātes laboratorijas kolēģiem: Mildai Purītei, Mārai Dzenei, Ilgai Kokorītei, kā arī Kristīnei un Judītei par palīdzību analīžu veikšanā un morālo atbalstu;

Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta Hidrobioloģijas laboratorijas darba grupai par palīdzību paraugu ievākšanā, kā arī Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultātei un Latvijas Organiskās sintēzes institūtam par veiktajām analīzēm manā darba izstrādē;

Dr. Gunāram Daijam par kritiskajām piezīmēm un vērtīgajiem ieteikumiem, Dr. Agritai Briedei par sniegto atbalstu un komentāriem.

Profesorei Sandrai un Dr. Valērijam Rodinovam par palīdzību, sagatavojot disertācijas kopsavilkumu angļu un krievu valodā.

Es vēlētos pieminēt arī visus tos cilvēkus, ar kuriem es sadarbojos savā pētnieciskajā darbā, un pateikties par viņu atbalstu un veiksmīgu sadarbību:

Dr. Borgem Klemensenam, Dr. Andrim Baulam, prof. Gunāram Jakam, Dr. Guntim Brūmelim, prof. Ansim Zivertam, asoc. prof. Mārim Laiviņam, Dr. Pēram Stolnakam, Jenam Folsteram, Leonam Jurkevicam, Ingum Liepiņam, Dacei Kiršteinai, Inetai Grīnai, Polam Krāgam, Osai Forstmanei, Unai Fogelei, Lītai Līzumai, Gatim Burlakovam, Sandrai Subotai.

Miļš paldies maniem mīļajiem tuviniekiem un draugiem, kas mani vienmēr ir apratuši un atbalstījuši šajos studiju un darba gados.

PIELIKUMS

SATURS

1. PIELIKUMS. Augšņu rakumu apraksti	1
2. PIELIKUMS. Organisko vielu satura raksturojošo parametru (sorbeijas un ķīmiskā skābekļa patēriņa) vidējās koncentrācijas (1987-1994), baseinu laukums un zemes lietojuma veiddalījums Zviedrijas upju baseinos	40
3. PIELIKUMS. Zviedrijas pētāmo upju baseinu saraksts: upju novērošanas posteņu ģeogrāfiskās koordinātes, upju un to novērošanas posteņu nosaukumi	42

Augšņu rakumu apraksti

Rakuma numurs: 1

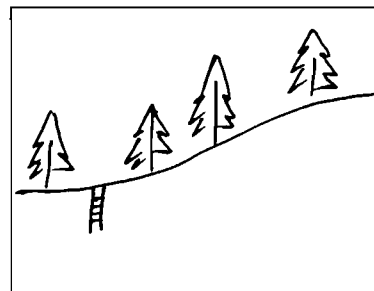
Augsnes apakštīps: Velēnu podzolaugsne

Granulometriskais sastāvs: saistīga smilts/ smilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 27.jūnijā



Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenies

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* 57° 09' 08" Z *Garums:* 25° 39' 00" A

Reljefs

Forma: Kēma terase

Elements: Nogāze

Slīpums: 2°

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Mežs

Gruntsūdens līmenis: -

Augsnes apraksts

- O 0 līdz 1 cm; izteikta, gluda robeža; tumši pelēkmelna krāsa; stipri sadalījušās nobiras
- AhE 1 līdz 13 cm; skaidra, pārtraukta robeža; pelēkmelna krāsa; fluvioglaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 5; daudz humusa, valgs; vāji izteikta, vidēji liela, graudaina struktūra; pablīva sakārta
- BAh 13 līdz 24 cm; izteikta, viļņota robeža; brūnganpelēcīga krāsa; fluvioglaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 5.3; maz humusa; valgs; vāji izteikta, vidēji liela, graudaina struktūra; pablīva sakārta
- B1 24 līdz 40 cm; pakāpeniska, tumši oranžbrūna krāsa; neregulāra robeža; fluvioglaciālas ģenēzes irstoša smilts; pH_{KCl} 5.5; bezstruktūras; irdena sakārta
- B2 40 līdz 93 cm; difūza, neregulāra robeža; gaiši oranžbrūna krāsa; fluvioglaciālas ģenēzes irstoša smilts; pH_{KCl} 5.5; bezstruktūras; irdena sakārta
- BC 93 līdz 122 cm; horizonts turpinās; dzeltenbrūna krāsa; fluvioglaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5.5; bezstruktūras; irdena sakārta

Rakuma numurs: 2
Augsnes apakštīps: Velēnu podzolaugsne

Granulometriskais sastāvs: saistīga smilts/ smilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 27.jūnijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57°09' 10" Z

Garums: 25° 39' 01" A

Reljefs

Forma: Kēmu terase

Elements: Nogāze

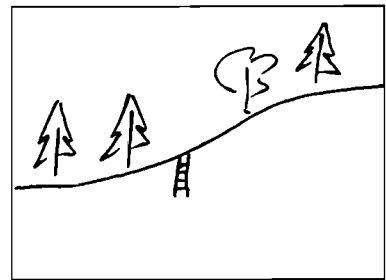
Slīpums: 5°

Novietojums: Nogāzes vidū

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Mežs

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

- O 0 līdz 0,5 cm; krasa, gluda robeža; tumši pelēkmelnas krāsa; vidēji sadalījušās nobiras
- AhE 0.5 līdz 16 cm; pakāpeniska, viļņota robeža; pelēcīgi brūna krāsa; fluvioglaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 5.3; maz humusa; valgs; vāji izteikta, vidēji liela, graudaina struktūra; irdena sakārta
- EB 16 līdz 23 cm; skaidra, neregulāra robeža; pelēkbrūna krāsa; fluvioglaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 5; valgs; vāji izteikta, sīka, graudaina struktūra; pablīva sakārta
- B 23 līdz 87 cm; skaidra, viļņota robeža; oranžīgi brūna krāsa; fluvioglaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 5; valgs; bezstruktūras; irdena sakārta
- BC 87 līdz 135 cm; horizonts turpinās; gaiši dzeltenbrūna krāsa; fluvioglaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 5.3; valgs; bezstruktūras; irdena sakārta

Rakuma numurs: 3

Augsnes apakštips: Deluviālā augsne

Granulometriskais sastāvs: saistīga smilts/

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 30. jūnijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57° 08' 45" Z

Garums: 25° 39' 58" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāzes vidusdaļa

Slīpums: 7

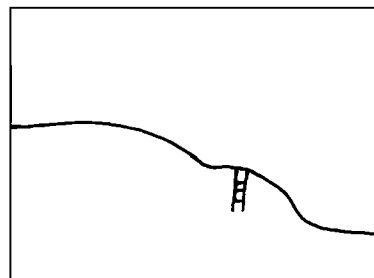
Papildraksturojums

Ļemes lietojuma veids: Aramzeme

Gruntsūdens līmenis: -

Augsnes apraksts

- Ap1 0 līdz 50 cm; pakāpeniska robeža; brūnganpelēka krāsa; glaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 6.1; maz humusa; valgs; vidēji izteikta, rupja, graudaina struktūra; irdena sakārta
- Ap2 50 līdz 62 cm; difūza robeža; tumši brūna krāsa; glaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 6.5; vidēji daudz humusa; valgs; vidēji izteikta, rupja, graudaina struktūra; irdena sakārta
- LBg 62 līdz 72 cm; pakāpeniska robeža; gaiši dzeltenā krāsā; glaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 6.3; valgs; vāji izteigta, vidēji liela, graudaina struktūra; glejošanās pazīmes; pablīva sakārta
- Bg 72 līdz 120 cm; horizonts turpunās; tumši dzeltenī brūnā krāsā; glaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 5.7; mitrs; vāji izteigta, vidēji liela, graudaina struktūra; glejošanās pazīmes; pablīva sakārta



Rakuma numurs: 4

Augsnes apakštips: Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne

Granulometriskais sastāvs: mālsmilsts/

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 27.jūnijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57°08' 02" Z

Garums: 25° 09' 58" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

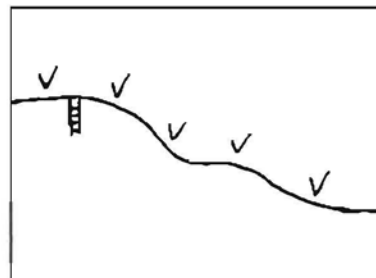
Elements: Virsotne

Sīpums: 2°

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Pļava

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

- Ap 0 līdz 20 cm; krasa, gluda robeža; pelēcīgi brūnā krāsā; glaciālas ģenēzes mālsmilsts; pH_{KCl} 5.5; maz humusa; valgs; vidēji izteikta, vidēji liela, kubiska struktūra; irdena sakārta
- LBg 20 līdz 38 cm; skaidra, neregulāra robeža; sarkanbrūna krāsa; glaciālas ģenēzes mālsmilsts; pH_{KCl} 5; valgs; vidēji izteikta, rupja, kubiska struktūra; pablīva sakārta
- Bg 38 līdz 110 cm; horizonts turpinās; sarkanbrūna krāsa; glaciālas ģenēzes smilšmāls; pH_{KCl} 5.5.; mitrs; labi izteikta, rupja, kubiska struktūra; glejošanās pazīmes; blīva sakārta

Rakuma numurs: 5

Augsnes apakštīps: Deluviālā augsne

Granulometriskais sastāvs: saistīga smilts/

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 27.jūnijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57° 07' 43" Z

Garums: 25° 09' 22" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

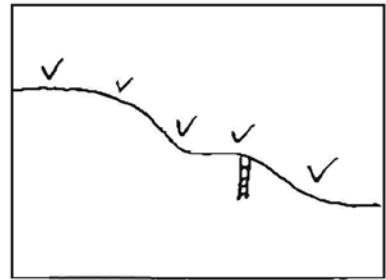
Elements: Nogāze

Sīpums: 15°

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Pļava

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

- Ap1 0 līdz 50 cm; pakāpeniska, viļņota robeža; pelēkbrūna; deluviālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 5.5; vidēji daudz humusa; valgs; vāji izteikta, vidēja, graudaina - kubiska struktūra; irdena sakārta
- Ap2 50 līdz 80 cm; pakāpeniska, viļņota robeža; pelēkbrūna krāsa; deluviālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 5.5; maz humusa; valgs; vāji izteikta, vidēja, graudaina - kubiska struktūra; irdena sakārta
- ApE 80 līdz 102 cm; pakāpeniska, viļņota robeža; dzeltenpelēcīgi brūna krāsa; glaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 6; ļoti maz humusa; valgs; vāji izteikta, vidēja, graudaina struktūra; irdena sakārta
- EB 102 līdz 126 cm; horizonts turpinās; dzeltenīgi brūna krāsa; glaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 6; valgs; irdena sakārta

Rakuma numurs: 6

Augsnes apakštīps: Kūdrainā aluviālā augsne

Granulometriskais sastāvs: vid. sadal. kūdra/saistīga smilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 30.jūnijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57° 08' 60" Z

Garums: 25° 40' 05" A

Reljefs

Forma: Ezera paliene

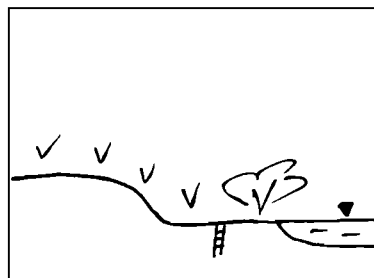
Elements: Paliene

Slīpums: -

Papildraksturojums

Lemes lietojuma veids: Krūmājs

Gruntsūdens līmenis: 60 cm



Augsnes apraksts

O 0 līdz 1 cm; skaidra, viļņota robeža; nesadalījušās augu atliekas

H(Ah) 1 līdz 10 cm; skaidra, viļņota robeža; brūnganmelna krāsa; vidēji sadalījusies kūdra; pH_{KCl} 6; daudz humusa; valgs; vidēji izteikta, rupja, kubiska struktūra; blīva sakārta; smilts piemaisījums

H1 10 līdz 31 cm; krasa robeža; melna krāsa; slikti sadalījusies kūdra ar augu atliekām; pH_{KCl} 6; valgs

H2 31 līdz 52 cm; krasa, gluda robeža; melna krāsa; labi sadalījusies kūdra ar zilīdzeltenu rupju grants slānīti; pH_{KCl} 6,2; mitrs; labi izteikta, rupja, kubiska struktūra; ļoti blīva sakārta

G 52 līdz 60 cm; skaidra, gluda robeža; pelēkzila krāsa; aluviālas ģenezes saistīga smilts; pH_{KCl} 6,5; blīva sakārta

Cg 60 līdz 65 cm; skaidra, gluda robeža; rūsganzila krāsa; aluviālas ģenezes saistīga smilts ar grants piejaukumu; pH_{KCl} 6,3

Rakuma numurs: 7

Augsnes apakštīps: Zemā purva trūdaini kūdrainā augsne

Granulometriskais sastāvs: labi sadal. kūdra/

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 30.jūnijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57° 08' 51" Z

Garums: 25° 40' 09" A

Reljefs

Forma: Stappauguru ieplaka

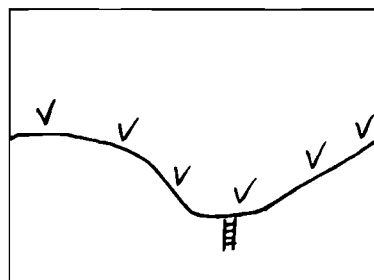
Elements: Ieplaka

Slīpums:

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Pļava

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

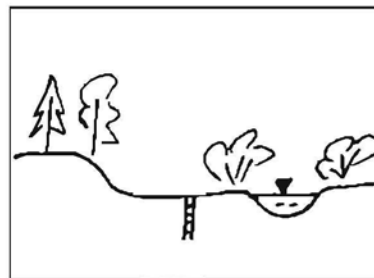
H(Ap) 1 līdz 12 cm; skaidra, viļņota robeža; brūngani melna krāsa; labi sadalījusies kūdra; pH_{KCl} 6,4; vidēji daudz humusa; valgs; labi izteikta, sīka, kubiska struktūra; irdena sakārta; smilts piemaisījums

H1 12 līdz 30 cm; skaidra, viļņota robeža; brūnganmelna krāsa; slikti sadalījusies kūdra; pH_{KCl} 6,4; vidēji daudz humusa; valgs; vāji izteikta, vidēja liela, kubiska struktūra; irdena sakārta

H2 30 līdz 55 cm; skaidra, viļņota robeža; tumši brūna krāsa; labi sadalījusies kūdra; pH_{KCl} 6,4; vidēji daudz humusa; vidēji izteikta, rupja, kubiska struktūra; blīva sakārta

H3 55 līdz 65 cm; horizonts turpinās; tumši brūnganmelna krāsa; labi sadalījusies kūdra; pH_{KCl} 6,1; daudz humusa; vidēji izteikta, rupja, kubiska struktūra; blīva sakārta

Rakuma numurs: 8
Augsnes apakštips: Velēngleja aluviālā augsne



Granulometriskais sastāvs: saistīga smilts/

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 30.jūnijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57° 08' 02" Z

Garums: 25° 39' 40" A

Reljefs

Forma: Upes paliene

Elements: Paliene

Slūpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Krūmājs

Gruntsūdens lūmenis: 30 cm

Augsnes apraksts

- O 0 līdz 0.5 cm; skaidra, gluda robeža; nesadalījušās augu atliekas
- Ah 0.5 līdz 15 cm; skaidra, viļņota robeža; tumši brūna krāsa; aluviālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 5,3; vidēji daudz humusa; mitrs; vidēji izteikta, rupja, graudaina struktūra; blīva sakārta
- AhBg 15 līdz 29 cm; skaidra viļņota robeža; melnganzila krāsa ar brūniem traipiem; aluviālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 5,5; maz humusa; mitrs; vidēji izteikta, rupja, graudaina struktūra; blīva sakārta
- Bg 29 līdz 40 cm; horizonts turpinās; dzeltenīgi brūna krāsa ar ziliem traipiem; aluviālas ģenēzes grants un smilts; pH_{KCl} 5,9; ūdens piesātināts slānis

Rakuma numurs: 9

Augsnes apakštips: Trūdainā glejaugsne

Granulometriskais sastāvs: saistīga smilts/mālsmilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 30.jūnijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57° 08' 44" Z

Garums: 25° 39' 59" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

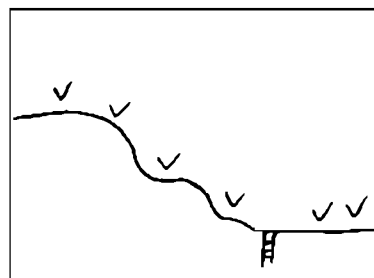
Elements: Nogāze piekāje

Slīpums: 2°

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Ganība

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

Ap 0 līdz 23 cm; krasa, neregulāra; melna krāsa; glaciālas ģenēzes saistīga smilts; pH_{KCl} 6,3; daudz humusa; valgs; labi izteikta, ļoti sīka, graudaina struktūra; irdena sakārta

Bg 23 līdz 73 cm; difūza, pārtraukta robeža; brūni pelēka krāsa; saistīga smilts; pH_{KCl} 6,2; valgs; vidēji izteikta, rupja, graudaina struktūra; pablīva sakārta

Gi 73 līdz 90 cm; horizonts turpinās; zilganpelēka krāsa; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 6,2; mitrs; bezstruktūras; ļoti blīva sakārta

Rakuma numurs: 10

Augsnes apakštips: Trūdainā glejgausne

Granulometriskais sastāvs: trūds/

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 27.jūnijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57°08' 19" Z

Garums: 25° 39' 49" A

Reljefs

Forma: Starppauguru ieplaka

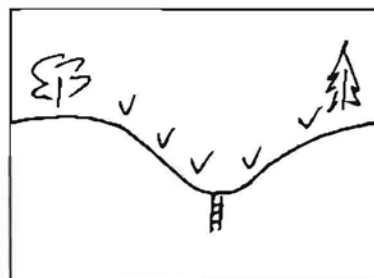
Elements: Ieplaka

Slīpums: -°

Papildraksturojums

Ļemes lietojuma veids: Pļava

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

Λpg 0 līdz 30 cm; skaidra, neregulāra robeža; tumši brūna krāsa; pH_{KCl} 6; daudz humusa; valgs; vidēji izteikta, vidēji liela, kubiska struktūra; īrdena sakārta

G 30 līdz 48 cm; skaidra, neregulāra robeža; pelēcīgi brūna krāsa; glaciālas ģenēzes saistīga smiltis; pH_{KCl} 6.5; valgs; bezstruktūras, blīva sakārta

Bg 48 līdz 114 cm; horizonts turpinās; pelēcīgi dzeltenīgi brūna krāsa; glaciālas ģenēzes mālsmiltis; pH_{KCl} 6.5; valgs; vāji izteikta, rupja, kubiska struktūra; pablīva sakārta

Rakuma numurs: 11
Augsnes apakštips: Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne

Granulometriskais sastāvs: mālsmilts/smilšmāls

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 1.jūlijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* 57° 07' 39" Z

Garums: 25° 39' 41" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāze

Slīpums: 3°

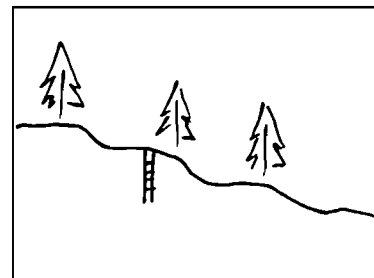
Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Egļu vēris 50-70 gadu vecs, pirms tam pļava

Gruntsūdens līmenis: -

Augsnes apraksts

- O 0 līdz 0,5 cm; krasa robeža; tumši pelēkmelna krāsa; vāji sadalījušās augu atliekas
- Ah 0,5 līdz 11 cm; skaidra, neregulāra robeža; tumši brūna krāsas putekļaina mālsmilts; pH_{KCl} 6,2; daudz humusa, valgs; labi izteikta, vidēji liela, graudaina struktūra; irstoša konsistence
- Aht 11 līdz 17 cm; skaidra, neregulāra robeža; tumši brūna krāsas putekļaina mālsmilts; pH_{KCl} 6,2; vidēji daudz humusa; valgs; vāji izteikta, vidēji liela, graudaina struktūra; irstoša konsistence
- AhBt 17 līdz 26 cm; skaidra, gluda robeža; brūnas krāsas putekļaina mālsmilts; pH_{KCl} 6,3; labi izteikta, sīka, kubiska struktūra; lipīga konsistence
- Bt 26 līdz 56 cm; difūza, pārtraukta robeža; sarkanbūnas krāsas putekļains smilšmāls; pH_{KCl} 6,5; labi izteikta, sīka, kubiska struktūra; lipīga konsistence
- Btg 56 līdz 86 cm; horizonts turpinās; sarkanbūnas krāsas putekļains smilšmāls ar putekļu starpkārtām; mitrs; pH_{KCl} 6,7; vāji izteikta, vidēji kubiska struktūra, plastiska konsistence



Rakuma numurs: 12
Augsnes apakštips: Velēnpodzolētā virsēji glejotā
augsne

Granulometriskais sastāvs: smilšmāls/smilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 2.jūlijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* 57° 07' 39" Z

Garums: 25° 39' 45" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

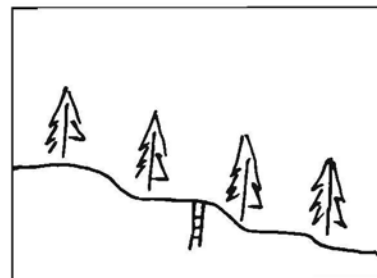
Elements: Nogāze

Slīpums: 10°

Papildraksturojums

Lemes lietojuma veids: Egļu vēris 50-70 gadu vecs, pirms tam pļava

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

- O 0 līdz 1 cm; krasa robeža; tumši pelēkmelna krāsa; slikti sadalījušās augu atielas
- Ah 1 līdz 18 cm; pakāpeniska, neregulāra robeža; tumši brūnas krāsas smilšmāls; daudz humusa, valgs; vāji izteikta, vidēji kubiska struktūra; irstoša konsistence
- B 18 līdz 32 cm; skaidra, viļņota robeža; sarkanbrūnas krāsas smilšmāls; valgs; vāji izteikta, sīka, graudaina struktūra; irstoša konsistence
- BE 32 līdz 47 cm; skaidra, pārtraukta robeža; dzeltenbrūnas krāsas mālsmilts; vidēji izteikta, vidēja, kubiska struktūra; irstoša konsistence
- Bt 47 līdz 89 cm; skaidra, viļņota robeža; sarkanbrūnas krāsas putekļains smilšmāls; daudz māla uzklājumu; labi izteikta, vidēja, plāksmaina un kubiska struktūra; ļoti lipīga konsistence
- Btg 89 līdz 101 cm; horizonts turpinās; sarkanbrūnas krāsas putekļi starpkārtām; mitrs; labi izteikta, rupja plāksnaina struktūra; ļoti lipīga konsistence

Rakuma numurs: 13
Augsnes apakštips: Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne

Granulometriskais sastāvs: smilšmāls/ smilšmāls

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 2.jūlijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* 57° 07' 38" Z

Garums: 25° 39' 49" A

Reljefs

Forma: Plakanvirsas paugurs

Elements: Nogāze

Slīpums: 15°

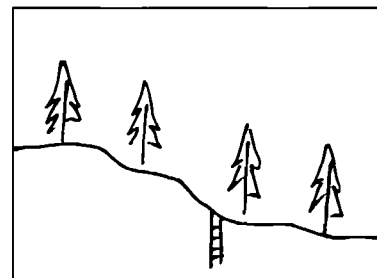
Papildraksturojums

Lemes lietojuma veids: Egļu vēris 50-70 gadu vecs, pirms tam pļava

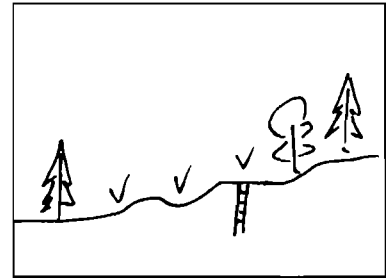
Karbonāti: 176 cm dziļumā

Augsnes apraksts

- O 0 līdz 2 cm; krasa robeža; tumši pelēkmelna krāsa; vāji sadalījušās augu atliekas
- Ah 2 līdz 30 cm; difūza, pakāpeniska, viļņota robeža; tumši brūnas krāsas smilšmāls; daudz humusa, valgs; vidēji izteikta, vidēji liela, kubiska struktūra; irstoša konsistence
- B 30 līdz 50 cm; difūza, neregulāra robeža; sarkanbrūnas krāsas smilšmāls; valgs; vāji izteikta, sīka, graudaina struktūra; irstoša konsistence
- tg 50 līdz 66 cm; difūza, neregulāra robeža; dzeltenbrūnas krāsas smilšmāls; vāji izteikta, sīka, kubiska struktūra; ļoti irstoša konsistence
- BtE 66 līdz 135 cm; pakāpeniska, viļņota robeža; sarkanbrūnas krāsas mālsmilts; ļoti maz māla uzklājumu; vidēji izteikta, vidēji, kubiska struktūra; cieta konsistence
- Bt 135 līdz 145 cm; horizonts turpinās; sarkanbrūnas krāsas smilšmāls; mitrs; vidēji daudz māla uzklājumu; vāji izteikta, vidēji kubiska struktūra; lipīgi, mitra konsistence



Rakuma numurs: 14
Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne



Granulometriskais sastāvs: smilts/smilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 2.jūlijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* 57° 07' 39" Z

Garums: 25° 39' 40" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Virsotne

Slīpums: 3°

Papildraksturojums

Ļemes lietojuma veids: Pamests tīrums

Karbonāti: 179 cm dziļumā

Augsnes apraksts

- Ap 0 līdz 18 cm; krasa, gluda, gandrīz līdzena robeža; tumši brūna krāsas smalka smilts; valgs; vāji izteikta, vidēji graudaina struktūra; mīksta konsistence
- B 18 līdz 26 cm; difūza, neregulāra robeža; tumši brūna krāsas smilts; valgs; vāji izteikta, sīka un ļoti sīka kubiska struktūra; mīksta konsistence
- EBs 26 līdz 53 cm; difūza, pārtraukta robeža; tumši brūns mālsmilts; valgs; vidēji izteikta, sīka, kubiska struktūra; viegli cieta konsistence
- Bt1 53 līdz 95 cm; difūza, pārtraukta robeža; sarkanbūna mālsmilts; valgs; vidēji izteikta, sīka, kubiska struktūra; ļoti cieta konsistence
- Bt2 95 līdz 108 cm; horizonts turpinās; sarkanbūnas krāsas mālsmilts; mitrs; labi izteikta, vidēji kubiska struktūra, ļoti cieta konsistence

Rakuma numurs: 15
Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/mālsmilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 2.jūlijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57° 07' 29" Z

Garums: 25° 39' 55" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāze

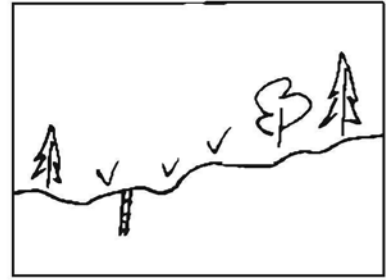
Slīpums: 10°

Papildraksturojums

Ļemes lietojuma veids: Pamests tīrums

Gruntsūdens līmenis: 92 cm

Karbonāti: 102 cm



Augsnes apraksts

- Ap 0 līdz 40 cm; difūza, neregulāra robeža; tumši brūnas krāsas smalkgraudaina smilts; vidēji daudz humusa; valgs; vāji izteikta, vidēja, kubiska struktūra; cieta konsistence
- EBAp 40 līdz 47 cm; pakāpeniska, viļņota robeža; dzeltenbrūnas krāsas rupja mālsmilts; vidēji daudz humusa; valgs; vāji izteikta, vidēji kubiska struktūra; irstoša konsistence
- Bgt 47 līdz 79 cm; horizonts turpinās; sarkanbrūnas krāsas smags mālsmilts; daudz māla uzklājumu; vāji izteikta, vidēji kubiska struktūra; lipīga, cieta konsistence

Rakuma numurs: 16
Augsnes apakštips: Deluviālā augsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/smilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 2.jūlijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* 57° 07' 30" Z

Garums: 25° 40' 01" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

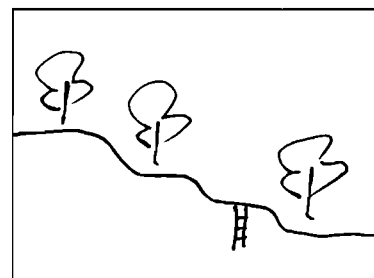
Elements: Nogāze

Slīpums: 7°

Papildraksturojums

Lemes lietojuma veids: Baltalkšņu vēris, mežaudzei ~30 gadu

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

- O 0 līdz 1 cm; vidēji izteikta robeža; tumši pelēkmelnas krāsa; vāji sadalījušās augu atliekas
- Ah 1 līdz 30 cm; skaidra, viļņota robeža; tumši brūnas krāsas smalka smilts; vāji izteikta, rupja un sīka graudaina struktūra; nelipīga, irstoša konsistence
- B 30 līdz 43 cm; skaidra, viļņota robeža; tumši brūnas sarkanīgaskrāsas smalkas smilts; valgs; vidēji izteikta, rupja kubiska struktūra; nelipīga, irstoša konsistence
- LB 43 līdz 51 cm; skaidra, neregulāra robeža; dzeltenbrūnas krāsas smalka un vidēji rupja smilts; vāji izteikta, rupja un sīka graudaina struktūra; viegli lipīga, cieta konsistence
- Bt 51 līdz 86 cm; horizonts turpinās; sarkanbrūnas krāsas smaga mālsmilts; daudz māla uzklājumu; vidēji izteikta, rupja, kubiska struktūra; lipīga, cieta konsistence

Rakuma numurs: 17
Augsnes apakštips: Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/smilšmāls

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 2.jūlijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* 57° 07' 26" Z

Garums: 25° 39' 53" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāze

Slīpums: 8°

Papildraksturojums

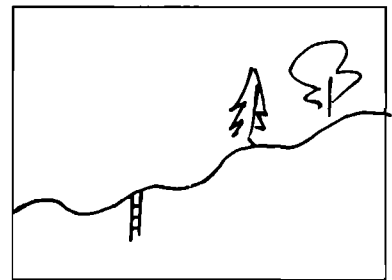
Zemes lietojuma veids: Tīrums nesēn apstrādāts (10 gadu atpakaļ)

Gruntsūdens līmenis: -

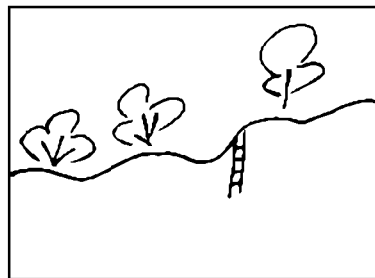
Karbonāti: 141 cm

Augsnes apraksts

- Ap 0 līdz 18 cm; pakāpeniska, pārtraukta robeža; brūnas krāsas smalka smilts; valgs; vidēji izteikta, rupja, kubiska struktūra; viegli lipīga; cieta konsistence
- ApE 18 līdz 36 cm; pakāpeniska, viļņota robeža; brūngandzeltenas krāsas smalka smilts; valgs; vidēji izteikta, rupja, kubiska struktūra; viegli lipīga, cieta konsistence
- EgBs 36 līdz 44 cm; difūza, pārtraukta robeža; dzeltenbrūnas krāsa smalka smilts; vāji izteikta, rupja, kubiska struktūra; nelipīga
- BtEg 44 līdz 68 cm; difūza, pārtraukta robeža; sarkanbrūnas krāsas mālsmilts; daudz māla uzklājumu; vidēji izteikta, vidēji kubiska struktūra; viegli lipīga
- Bt 68 līdz 93 cm; horizonts turpinās; sarkanbrūnas krāsas smilšmāls; mitrs; labi izteikta, rupja, kubiska struktūra; lipīga, cieta konsistence



Rakuma numurs: 18
Augsnes apakštips: Deluviālā augsne



Granulometriskais sastāvs: smilts/mālsmilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 2.jūlijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57° 07' 27" Z

Garums: 25° 39' 50" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāze

Slīpums: 13°

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Baltalkšņu vēris, mežaudze 20-40 gadi

Gruntšūdens līmenis: -

Karbonāti: dziļāk par 160 cm

Augsnes apraksts

- Ah 0 līdz 40 cm; krasa, viļņota robeža; tumši brūna krāsas smalka smilts; vidēji daudz humusa, valgs; vidēji izteikta, rupja un vidēji liela kubiska struktūra
- EB 40 līdz 52 cm; pakāpeniska, neregulāra robeža; brūngandzeltenas krāsas mālsmilts; valgs; vidēji izteikta, rupja un vidēji liela kubiska struktūra
- B1 52 līdz 75 cm; difūza, pārtraukta robeža; sarkanbrūnas krāsas mālsmilts; vidēji izteikta, vidēji liela kubiska struktūra; lipīga, cieta konsistence; vidēji daudz māla uzklājumu
- B12 75 līdz 100 cm horizonts turpinās; sarkanbūnas krāsas mālsmilts; vidēji liela kubiska struktūra; lipīga, cieta konsistence; daudz māla uzklājumu

Rakuma numurs: 19

Augsnes apakštips: **Velēnpodzolētā virsēji glejotā augsne**

Granulometriskais sastāvs: mālsmilts/smilšmāls

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 3.jūlijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Dzērbenes

Ģeogrāfiskās koordinātes: **Platums:** 57° 13' 46" Z

Garums: 25° 39' 12" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: virsotne

Slīpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Egļu vēris, mežaudze ~280 un vairāk veca

Gruntsūdens līmenis: -

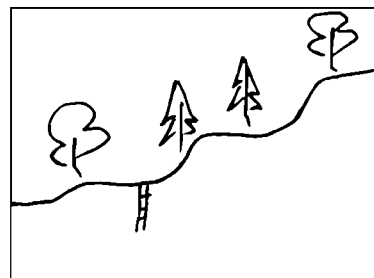
Karbonāti: 117 cm

Augsnes apraksts

- O 0 līdz 1 cm; krasa robeža; tumši pelēkmelna krāsa; vāji sadalījušās augu atliekas
- Ah 1 līdz 16 cm; pakāpeniska, viļņota robeža; melganbrūnas krāsas putekļains smilšmāls; daudz humusa, valgs; vidēji izteikta, vidēji rupja, kubiska struktūra; ļoti cieta konsistence; ļoti lipīga
- AhBEg 16 līdz 25 cm; skaidra, gluda robeža; brūngandzeltenas krāsas putekļaina mālsmilts; valgs; labi izteikta, rupja, kubiska struktūra; ļoti cieta konsistence; ļoti lipīga
- Btg1 25 līdz 75 cm; skaidra, gluda robeža; brūngansarkanīgas krāsa putekļainas smilšmāls; daudz māla uzklājumu; labi izteikta, rupja, kubiska struktūra; irstoša konsistence; viegli lipīga
- B 75 līdz 83 cm; skaidra, gluda robeža; sarkanbrūnas krāsas mālsmilts; vāja izteikta, sīka, kubiska struktūra; ļoti cieta konsistence; viegli lipīga
- Btg2 83 līdz 150 cm; horizonts turpinās; sarkanbrūnas krāsas putekļains smilšmāls; mitrs; daudz māla uzklājumu; labi izteikta, rupja kubiska struktūra; ļoti cieta konsistence; ļoti lipīga



Rakuma numurs: 20
Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne



Granulometriskais sastāvs: smilts/smilšmāls

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 3.jūlijā

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Dzērbenes

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* 57° 13' 48" Z

Garums: 25° 39' 11" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: nogāze

Slīpums: 12°

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Egļu vēris, mežaudze ~280 un vairāk veca

Gruntsūdens līmenis: -

Karbonāti: -

Augsnes apraksts

O 0 līdz 1 cm; krasa robeža; tumši pelēkmelna krāsa; labi sadalījušās augu atliekas

Ah 1 līdz 18 cm; skaidra, gluda robeža; brūnganmelns krāsas smilts; daudz humusa, valgs; vidēji izteikta, vidēja un rupja, kubiska struktūra; cieta konsistence;

EB 18 līdz 25 cm; skaidra, viļņota robeža; brūnganas krāsas putekļaina smilts; valgs; vidēji izteikta, sīka un vidēja kubiska struktūra; irstoša konsistence; viegli lipīga

Bt1 25 līdz 53 cm; difūza, pārtraukta robeža; brūngansarkanas krāsas smags smilšmāls; daudz māla uzklājumu; labi izteikta, ļoti rupja, kubiska struktūra; ļoti cieta konsistence; lipīga

Bt2 53 līdz 83 cm; horizonts turpinās; sarkanbrūnas krāsas smags smilšmāls; daudz māla uzklājumu; labi izteikta, ļoti rupja, kubiska struktūra; ļoti cieta konsistence; lipīga

Rakuma numurs: 21

Augsnes apakštips: Nepiesātinātā brūnaugsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/grants

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 14.septembrī

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57° 10' 00" Z

Garums: 25° 41' 49" A

Reljefs

-

Forma:

Kēmu terase

Elements:

Nogāze

Slīpums:

Papildraksturojums

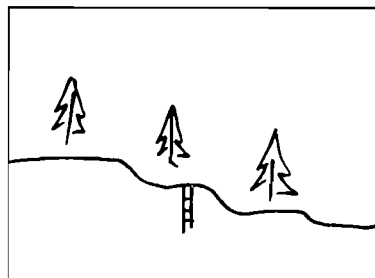
Zemes lietojuma veids: Eglu vēris, mežaudze ~280 un vairāk veca

Gruntsūdens līmenis:

-

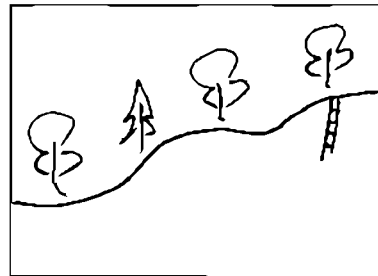
Augsnes apraksts

- Ah 0 līdz 12 cm; skaidra, gluda robeža; brūnas krāsas rupja smilts; vidēji daudz humusa, valgs; vidēji izteikta, vidēji rupja, graudaina struktūra; viegli cieta konsistence; viegli lipīga
- Bs 12 līdz 32 cm; pakāpeniska, pārtraukta robeža; dzeltenbrūnas krāsas rupja smilts; valgs; dzelzs un alumīnija uzklājumi; vāji izteikta, vidēja un sīka, graudaina struktūra; viegli cieta konsistence; viegli lipīga
- Bs(t) 32 līdz 75 cm; skaidra, gluda robeža; sarkanbrūnas krāsa rupja smilts; māla un dzelzs uzklājumu; vāji izteikta, vidēji graudaina struktūra; cieta konsistence; lipīga
- C(B) 75 līdz 100 cm; horizonts turpinās; sarkanbrūnas krāsas rupja smilts; vidēji graudaina struktūra; cieta konsistence; lipīga



Rakuma numurs: 22

Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne



Granulometriskais sastāvs: saistīga smilts/

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 14.septembrī

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57°08' 01" Z

Garums: 25° 38' 50" A

Reljefs

Forma: Kēmu terase

Elements: Nogāzes augšdaļa

Slīpums: 10°

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Bērzu vēris, mežaudze ~60 gadu veca

Gruntsūdens līmenis: -

Augsnes apraksts

- O 0 līdz 1 cm; krasa robeža; tumši pelēkmelna krāsa; vāji sadalījušās augu atliekas
- AhE 1 līdz 7 cm; pakāpeniska, viļņota robeža; melnganpelēkas krāsas saistīga smilts; vidēji daudz humusa, valgs, vāji izteikta, vidēji liela graudaina struktūra
- AhB 7 līdz 16 cm; skaidra, gluda robeža; brūnganmelns krāsas mālsmilts; valgs; vāji izteikta graudaina struktūra
- B 16 līdz 48 cm; difūza, neregulāra robeža; sarkanbrūnas krāsas smilts; bezstruktūras; irdena sakārta
- C 48 līdz 83 cm; horizonts turpinās; dzeltenbrūnas krāsas smilts; bezstruktūras; irdena sakārta

Rakuma numurs: 23

Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/smilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 28.septembrī

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57°08' 06'' Z

Garums: 25° 39' 12'' A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāzes lejasdaļa

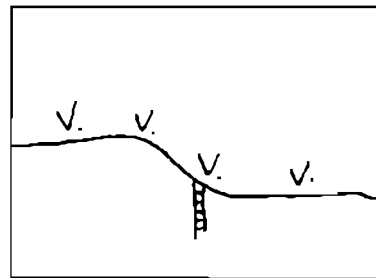
Slīpums: 5°

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Atmata

Gruntsūdens līmenis: -

Karbonāti: 117 cm

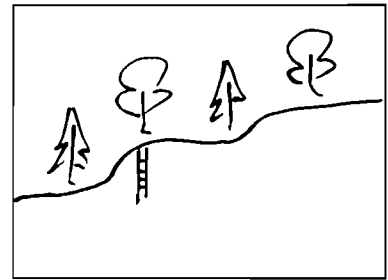


Augsnes apraksts

- Ap 0 līdz 30 cm; krasa, skaidra robeža; melganbrūnas krāsas smalka smilts; daudz humusa, valgs; vāji izteikta, vidēja graudaina struktūra
- B 30 līdz 50 cm; pakāpeniska, pārtraukta robeža; brūngandzeltenas krāsas smilts; valgs; vāji izteikta, vidēji graudaina struktūra; irdena sakārta
- BC 50 līdz 80 cm; pakāpeniska; neregulāra robeža; dzeltenbrūnas krāsas mālsmilts; vāji izteikta, vidēji graudaina struktūra; valgs
- C 80 līdz 95 cm horizonts turpinās; brūngansarkanas krāsas mālsmilts; valgs

Rakuma numurs: 24

Augsnes apakštips: Velēnpodzolētā glejotā augsne



Granulometriskais sastāvs: smilts/smilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 28.septembrī

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: 57° 08' 07" Z

Garums: 25° 39' 11" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāze

Slīpums: 7°

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Egļu-bērzu vēris, mežaudzei ~30 gadu

Gruntsūdens līmenis: 80 cm

Augsnes apraksts

- Ah 0 līdz 25 cm; skaidra, gluda robeža; melganbrūnas krāsas saistīga smilts; vidēji daudz humusa, valgs; vidēji izteikta, vidēji graudaina struktūra
- AhB 25 līdz 30 cm; pakāpeniska, pārtraukta robeža; brūngandzeltenas krāsas saistīga smilts; vidēji izteikta, vidēji graudaina struktūra; valgs
- EB 25 līdz 58 cm; pakāpeniska, pārtraukta robeža; dzeltenbrūnas krāsa saistīga smilts; vāji izteikta graudaina struktūra; valgs
- B 58 līdz 70 cm; krasa, skaidra robeža; dzeltenbrūnas krāsas saistīga smilts; vāji izteikta graudaina struktūra; valgas
- Cg 70 līdz 80 cm; horizonts turpinās; dzeltenbrūnas krāsas saistīga smilts; valgs

Rakuma numurs: 25

Augsnes apakštips: Velēnu glejaugsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 28.septembrī

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* 57°08' 10" Z

Garums: 25° 39' 12" A

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāze

Slīpums: 3°

Papildraksturojums

Ļemes lietojuma veids: Egļu vēris, mežaudze ~70 gadu

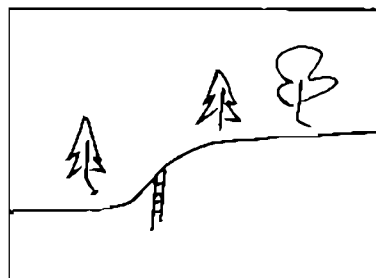
Gruntsūdens līmenis: -

Augsnes apraksts

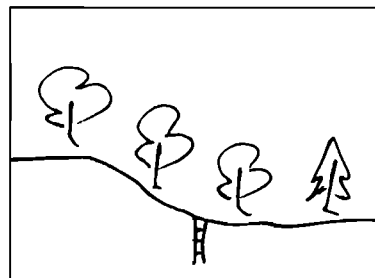
Ah 0 līdz 35 cm; skaidra, viļņota robeža; brūnganmelns krāsas saistīga smilts; vidēji izteikta, rupja kubiska struktūra; valgs

Bg 35 līdz 60 cm; pakāpeniska, neregulāra robeža; dzeltenbrūnas krāsas mālsmilts; vāji izteikta, vidēji kubiska un graudaina struktūra; valgs

Gi(B) 60 līdz 71 cm; horizonts turpinās; pelēkdzeltenas krāsas mālsmilts; mitrs



Rakuma numurs: 26
Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne



Granulometriskais sastāvs: smilts/smilts

Šifrs

Gads: 1997

Datums: 14.septembrī

Atrašanās vieta

Rajons: Cēsu

Pagasts: Taurenas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* 57° 08' 05" Z

Garums: 25° 39' 05" A

Reljefs

Forma: Kēmu terase

Elements: Nogāze

Slīpums: 8°

Novietojums

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Bērzu vēris, mežaudzei ~30-40 gadu

Gruntsūdens līmenis: -

Augsnes apraksts

- O 0 līdz 4 cm; krasa robeža; tumši pelēkmelna krāsa; vāji sadalījušās augu atliekas
- Ah(1) 4 līdz 10 cm; pakāpeniska, pārtraukta robeža; pelēkbrūnas krāsas saistīga smilts; vidēji daudz humusa; valgs; vāji izteikta, vidēji graudaina struktūra
- Ah(2) 10 līdz 22 cm; skaidra, viļņota robeža; brūnganas krāsa saistīga smilts; valgs; vāji izteikta, vidēji graudaina struktūra
- B 22 līdz 30 cm; skaidra, viļņota robeža; sarkanbrūnas krāsas saistīga smilts; valgs, vāji graudaina struktūra; irdena sakārta
- BC 30 līdz 60 cm; difūza, viļņota robeža; brūngandzeltenas krāsas saistīga smilts; bezstruktūras;; irdena sakārta

Rakuma numurs: 27

Augsnes apakštīps: Zemā purva trūdaini kūdrainā augsne

Granulometriskais sastāvs: mālsmilts/kūdra

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: -

Garums: -

Reljefs

Forma: Starpnogāžu ieplaka

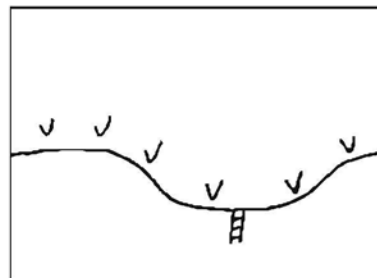
Elements: Ieplaka

Slīpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Ganības

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

- Ap 0-16 cm; deluviālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 6,0; valga
- H1 16-41 cm; labi sadalījusies kūdra; pH_{KCl} 5,9; valga
- II2 41-66 cm; labi sadalījusies kūdra; pH_{KCl} 5,9; mitra
- H3 66-91 cm; labi sadalījusies kūdra; pH_{KCl} 5,9; slapja
- II4 91-116 cm; vidēji sadalījusies kūdra; H 6,0; slapja
- H5 116-151 cm; vāji sadalījusies kūdra; pH_{KCl} 5,9; slapja

Rakuma numurs: 28

Augsnes apakštips: Deluviālā augsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/kūdra

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pugasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

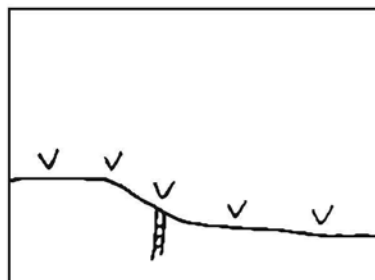
Elements: Nogāzes piekāje

Slīpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Ganības

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

- Ap1 0-4 cm; deluviālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 6,0; valgs
- Ap2 4-24 cm; deluviālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 6,0; valgs
- Ap3 24-46 cm; deluviālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,9; valgs
- Ap4 46-68 cm; deluviālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 6,3; valgs
- Ap5 68-93 cm; deluviālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 6,3; valgs
- H1 93-118 cm; labi sadalījusies kūdra; pH_{KCl} 6,2; valgs
- H2 118-143cm; labi sadalījusies kūdra; pH_{KCl} 6,0; mitrs

Rakuma numurs: 29

Augsnes apakštīps: Tipiskā velēnu karbonātaugsne

Granulometriskais sastāvs: mālsmilts/mālsmilts

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāze

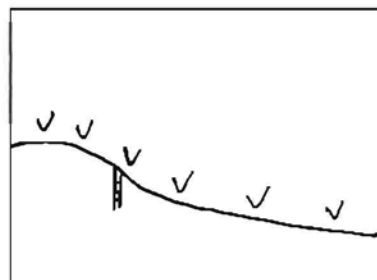
Slīpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Ganības

Gruntsūdens līmenis: -

Karbonāti: Augsnes virskārtā



Augsnes apraksts

Ap 0-7 cm; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 6,4; valgs; karbonāti

B 7-23 cm; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 6,7; valgs

BC 26-56 cm; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 6,3; valgs

B 56-100 cm; horizonts turpinās; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 6,0; valgs

Rakuma numurs: 30

Augsnes apakštips: Deluviālā augsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/mālsmilts

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāzes vidusdaļa

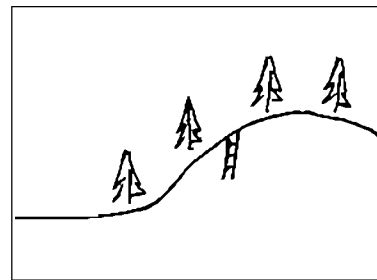
Slīpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Stādīts egļu mežs

Gruntsūdens līmenis: -

Karbonāti: 0-25 cm



Augsnes apraksts

Ah1 0-25 cm; deluviālas ģenēzes putekļaina smilts; pH_{KCl} 5,8; valgs; karbonāti

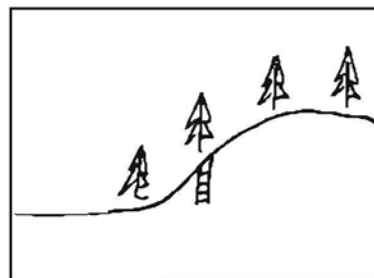
Ah2 25-55 cm; deluviālas ģenēzes putekļaina smilts ar oļiem; pH_{KCl} 6,0; valgs

Ah3 55-75 cm; deluviālas ģenēzes smilts ar oļiem; pH_{KCl} 5,8; valgs

B 75-95 cm; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 5,9; sauss

BC 95-110 cm; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 6,0; valgs

Rakuma numurs: 31
Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne



Granulometriskais sastāvs: smilts/smilšmāls

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāze

Slīpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Stādīts egļu mežs

Gruntsūdens līmenis: -

Karbonāti: 45 cm

Augsnes apraksts

- Ah 0-23 cm; glaciālas ģenēzes ģenēzes smilts; pH_{KCl} 6,8; valgs
- BC 23-40 cm; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 5,3; valgs
- C1 40-55 cm; glaciālas ģenēzes smilšmāls; pH_{KCl} 6,9; valgs, karbonāti
- C2 55-75 cm; glaciālas ģenēzes smilšmāls; pH_{KCl} 7,2; valgs

Rakuma numurs: 32
Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/mālsmilts

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

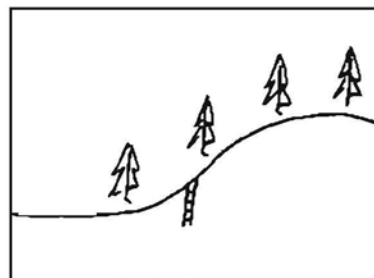
Elements: Nogāze

Slīpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Stādīts egļu mežs

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

Ah 0-22 cm; glaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,3; valgs

B 22-34 cm; glaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,5; valgs

BC 34-58 cm; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 5,8; valgs

Rakuma numurs: 33
Augsnes apakštips: Deluviālā augsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/māls

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

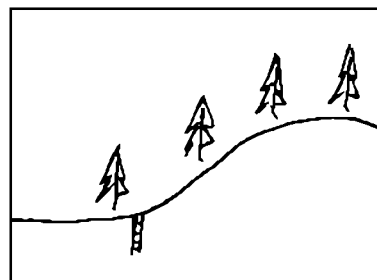
Elements: Nogāze

Slīpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Stādīts egļu mežs

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

Ah(1) 0-23 cm; deluviālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 6,9; valgs

Ah(2) 23-53 cm; deluviālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 7,0; valgs

C 53-73 cm; glaciālas ģenēzes smilšmāls; pH_{KCl} 6,2; valgs

Rakuma numurs: 34

Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/smilts

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāze

Slīpums: -

Papildraksturojums

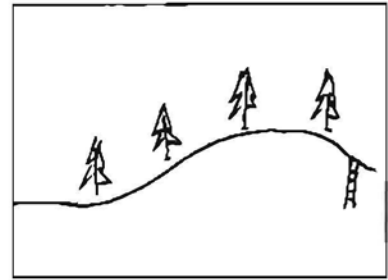
Zemes lietojuma veids: Stādīts egļu mežs

Gruntsūdens līmenis: -

Augsnes apraksts

AhB 0-23 cm; fluvioglaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 6,8; valgs

C 23-53 cm; fluvioglaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 7,0; valgs



Rakuma numurs: 35

Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne

Granulometriskais sastāvs: smilšmāls/smilšmāls

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

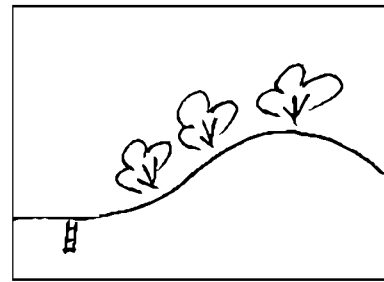
Elements: Nogāzes piekāje

Slīpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Alkšņu krūmājs

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

Ah 0-16 cm; glaciālas ģenēzes smilšmāls; pH_{KCl} 6,0; valgs

BC 16-33 cm; glaciālas ģenēzes smilšmāls; pH_{KCl} 6,2; valgs

C 33-63 cm; glaciālas ģenēzes smilšmāls; pH_{KCl} 6,4; valgs

Rakuma numurs: 36

Augsnes apakštips: Deluviālā augsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāze

Slīpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Alkšņu krūmājs

Gruntsūdens līmenis: -

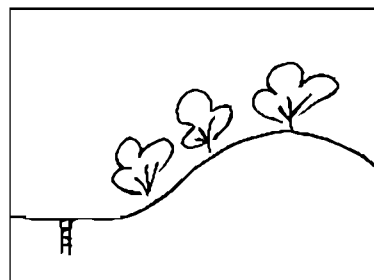
Augsnes apraksts

Ah(1) 0-36 cm; deluviālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,2; valgs

Ah(2) 36-52 cm; deluviālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,5; valgs

Ah(3) 52-78 cm; deluviālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 6,2; valgs

B 78-93 cm; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 6,0; valgs



Rakuma numurs: 37

Augsnes apakštīps: Velēnu podzolaugsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/smilts

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Nogāze

Slīpums: -

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Alkšņu krūmājs

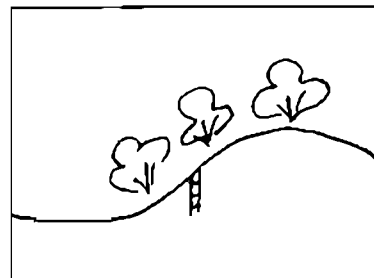
Gruntsūdens līmenis: -

Augsnes apraksts

Ah 0-19 cm; fluvioglaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,0; valgs

B 19-49 cm; fluvioglaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,5; valgs

BC 49-84 cm; fluvioglaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,8; valgs



Rakuma numurs: 38

Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/mālsmilts

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: Platums: -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

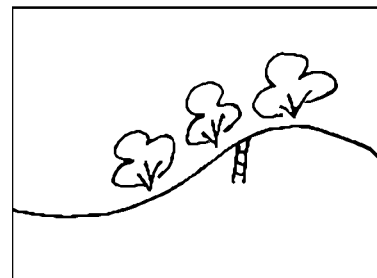
Elements: Nogāze

Slīpums: -

Papildraksturojums

Ķēmes lietojuma veids: Alkšņu krūmājs

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

Ah 0-16 cm; glaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,0; valgs

B 16-46 cm; glaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,7; valgs

BC 46-64 cm; glaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,8; valgs

C1 64-79 cm; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 5,4; valgs

C2 79-89 cm; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 5,6; valgs

Rakuma numurs: 39

Augsnes apakštips: Velēnu podzolaugsne

Granulometriskais sastāvs: smilts/mālsmilts

Šifrs

Gads: 1991

Datums: 8.oktobrī

Atrašanās vieta

Rajons: Madonas

Pagasts: Vestienas

Ģeogrāfiskās koordinātes: *Platums:* -

Garums: -

Reljefs

Forma: Morēnas paugurs

Elements: Virsotne

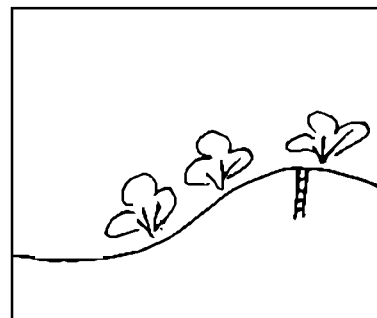
Slīpums: -

Novietojums Virsotne

Papildraksturojums

Zemes lietojuma veids: Alkšņu krūmājs

Gruntsūdens līmenis: -



Augsnes apraksts

Ah 0-17 cm; glaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,4; valgs

B 17-47 cm; glaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 5,5; valgs

BC 47-69 cm; glaciālas ģenēzes smilts; pH_{KCl} 6,0; valgs

C 69-84 cm; glaciālas ģenēzes mālsmilts; pH_{KCl} 5,9; valgs

Organisko vielu satūra raksturojošo parametru (sorbcijas un ķīmiskā skābekļa patēriņa) vidējās koncentrācijas (1987-1994), baseinu laukums un zemes lietojuma veidu sadalījums Zviedrijas upju baseinos

Upes nosaukums, novērošanas postenis	Vid. sorbcija	Vid. KSP _{Mn} , mg/l	Baseina laukums, km ²	Ezeri, %	Azam- zemes, %	Ganī- bas, %	Meži, %	Urb. terit., %	Pārē- jās, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ziemeļzviedrija									
Torne älv Mattila	0,100	24,1	25678	5,1	0,3	0,1	24,2	0,2	70
Kalix älv Karlsborg	0,080	18,9	18115	3,6	0,3	0,1	37,6	0,3	58
Töre älv Bölträsket	0,235	56,3	447	3,4	1,1	0,2	67,4	0,2	28
Råne älv Niemisel	0,144	31,7	3915	4,2	0,2	0,1	40,5	0	55
Lule älv Luleå	0,035	10,2	24768	9	0,3	0,1	27,9	0,1	63
Alterälven Norrfjärden	0,200	50,9	456	3,9	4,8	0,7	72,2	0,2	18
Pite älv Bölebyn	0,047	13,4	11280	7,5	0,4	0,1	37,2	0,1	55
Kvistforsen	0,048	15,9	11721	13	0,7	0,1	37,3	0,3	48
Rickleån Utl	0,183	48,7	1645	9,2	3,4	0,3	65,4	0,1	22
Ume älv Stornorrfors	0,054	16,5	26811	6,9	0,8	0,1	42,8	0,3	49
Öre älv Torrböle	0,191	47,2	3027	2,7	1,4	0,2	69,9	0,1	26
Lögde älv Lögdeå	0,158	38,5	1607	3,9	1,5	0,2	68,8	0,1	26
Gide älv Gideåbacka	0,176	43,9	3441	5,1	1,3	0,3	70,6	0,1	23
Ängermanälven Sollefteå	0,069	21,7	30340	8,4	0,8	0,3	53,2	0,1	37
Indalsälven Bergeforsen	0,048	16,7	24772	9,7	1,8	0,4	46,4	0,3	41
Ljungan Skallböleforsen	0,068	25,4	12852	7,6	1,7	0,4	66	0,3	24
Delångersån Iggesund	0,062	24,2	1997	12	4,3	0,5	73,8	0,6	9
Ljusne Strömmar	0,101	30,5	19834	5,3	1,6	0,3	61,5	0,4	31
Gavleån Gävle	0,150	48,9	1569	10	6,5	0,8	68	3,6	11
Viduszviedrija									
V. Dalälven Mockfjärd	0,146	38,6	3307	4,8	1	0,5	71,7	0,7	21
Ö. Dalälven Gråda	0,077	24,3	2250	6,5	1,9	0,5	71,4	0,9	19
Dalälven Älvkarleby	0,099	30,9	3125	6,9	12	1,1	61,2	2,8	16
Norrström Stockholm	0,040	23,4	5298	24	24	2,8	31,9	5,8	12
Nyköpingsån Spånga	0,061	36,7	3630	14	17	2,9	54,6	1,4	11
Dienvidzviedrija									
Motala Ström Norrköping	0,054	26,9	15489	20	15	3,8	49	2,2	10
Botorpsström Brunnsö	0,076	35,9	997	11	8,8	3,1	67,5	0,5	9

2.pielikuma tabulas turpinājums

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Emån Emsfors	0,129	42,4	4475	6,5	8,4	3,6	69,6	1,6	10
Alsterån Getebro	0,112	41,3	1525	5,5	4,4	2,3	76,6	0,8	10
Ljungbyån Ljungbyholm	0,143	46,8	759	0,8	11	3,4	70,2	2,4	12
Lyckebyån Lyckeby	0,225	57,4	811	4,8	4,9	4,1	73	2,1	11
Mörrumsån Mörrum	0,097	37,4	3360	13	8,2	3,3	62,5	1,9	11
Helgeån Hammarsjön	0,205	57,8	4134	5,4	14	5,3	57,7	2,9	15
Skivarpsån Skivarp	0,081	32,2	122	1,0	79	4,3	6,93	4,9	4
Råån Helsingborg	0,041	16,3	194	0	74	2,4	6,55	8,7	8
Rönneån Klippan	0,100	37,6	623	1,4	25	7,0	54,7	1,8	10
Stensån Malen	0,180	41,9	286	1,0	25	5,1	46,1	2,1	21
Lagan Laholm	0,158	42,9	6177	9,6	8,4	3,4	56,2	1,6	21
Smedjeån V. Mellby	0,197	47,3	223	0,8	25	2,8	48,3	2,2	21
Fyllebro	0,195	40,7	395	3,5	12	2,8	53,1	1	27
Nissan Halmstad	0,219	56,5	2690	5,2	5,7	2,8	60,5	2,2	24
Ätran Falkenberg	0,133	36,3	3337	6,2	12	3,7	58,6	1,9	18
Viskan Åsbro	0,100	30,3	2205	6,0	12	4,1	58,2	3,5	16
Alelyckan	0,045	19,2	42662	22	12	1,7	50,8	1,7	12
Göta Älv Trollhättan	0,038	18,5	190	2,1	27	1,9	35,5	13	20
Bäveån Uddevalla	0,162	44,2	300	5,8	14	2,2	46,4	3,7	27
Örekilsälven Munkedal	0,145	41,4	1337	4,2	15	2,5	49,1	0,9	28
Enningdalsälv N.Bullaren	0,088	27,9	556	12	9,8	1,5	49,4	0,2	27

3. PIELIKUMS

Zviedrijas pētāmo upju baseinu saraksts: upju novērošanas posteņu ģeogrāfiskās koordinātes, upju un to novērošanas posteņu nosaukumi. Pirmās kolonas numerācija atbilst 3.4.6.nodaļas 3.4.32.attēla ūdens kvalitātes paraugu ņemšanas vietu kodiem.

Nr. p.k.	Ģeogrāfiskās koordinātes		Upes nosaukums	Novērošanas postenis
	Platums	Garums		
1	2	3	4	5
Ziemeļzviedrija				
1.	73°33'51"	18°79'00"	Torne	Mattila
2.	73°24'07"	18°36'04"	Kalix	Karlsborg
3.	73°32'22"	18°10'59"	Töre	Bölträsket
4.	73°38'33"	17°79'25"	Råne	Niemisel
5.	72°91'86"	17°85'75"	Lule	Luleå
6.	72°69'42"	17°63'51"	Alterälven	Norr fjärden
7.	72°64'10"	17°55'25"	Pite	Bölebyn
8.	72°81'07"	17°49'74"	Pite	Sikfors
9.	71°90'95"	17°36'22"	Skellefte	Kvistforsen
10.	72°08'71"	17°01'76"	Skellefte	Renströmsbron
11.	71°19'00"	17°50'34"	Rickleån	mouth
12.	70°89'79"	17°08'65"	Ume	Stornorrfor
13.	71°68'05"	16°67'00"	Ume	Vindelälven
14.	70°71'60"	16°87'39"	Öre	Torrböle
15.	70°54'38"	16°79'38"	Lögde	Lögdeå
16.	70°30'55"	16°65'72"	Gide	Gideåbacka
17.	70°07'73"	15°73'50"	Ångermanälven	Sollefteå
18.	69°35'87"	15°82'05"	Indalsälven	Bergeforsen
19.	70°34'11"	14°88'05"	Indalsälven	Skyttmon
20.	70°00'57"	15°27'78"	Indalsälven	Hammarstrand
21.	69°17'43"	15°59'84"	Ljungan	Skallböleforsen
22.	68°36'61"	15°67'93"	Delångersån	Iggesund
23.	67°89'24"	15°68'62"	Ljusnan	Ljusneströmmar
24.	69°42'31"	13°33'50"	Ljusnan	Leån
25.	67°29'15"	15°72'10"	Gavleån	Gävle
Viduszviedrija				
26.	66°73'32"	15°37'39"	Dalälven	Näsbruk
27.	67°21'17"	14°57'79"	Ö.Dalälven	Gråda
28.	67°07'57"	14°50'07"	V.Dalälven	Mockfjärd
29.	66°95'00"	16°32'46"	Forsmarksån	Johannisfors
30.	65°90'08"	15°38'67"	Eskilstunaån	Torshälla
31.	65°89'70"	15°16'60"	Arbogaån	Kungsör
32.	65°95'17"	15°10'47"	Hedströmmen	Grönö
33.	65°99'31"	15°10'69"	Köpingsån	Köping II
34.	65°98'57"	15°25'86"	Kolbäcksån	Freden

3.pielikuma tabulas turpinājums

1	2	3	4	5
35.	66°09'39"	15°61'30"	Sagån	Målhammar
36.	66°25'06"	15°84'65"	Örsundaån	Örsundsbro
37.	65°60'30"	15°07'63"	Fyrisån	Klastorp
38.	66°06'57"	16°15'72"	Oxundaån	Rosendal
39.	65°80'78"	16°28'73"	Norrström	Stockholm
40.	65°23'70"	15°64'42"	Nyköpingsån	Spånga
Dienvidziedrija				
41.	64°90'32"	14°55'63"	Vättern-Motalaström	Norrköping
42.	64°79'09"	14°44'80"	Mjölnaån	Mjölnaån (Tåkerns)
43.	64°05'96"	14°01'67"	Tabergsån	Munksjön
44.	64°95'56"	14°20'25"	Forsviksån	Forsvik
45.	65°27'36"	14°53'52"	Skyllbergsån	Åmmelången
46.	64°96'73"	15°18'38"	Motalaström	Motala
47.	63°93'39"	15°41'22"	Botorpsström	Brunnsjö
48.	63°35'20"	15°39'20"	Emån	Emsfors
49.	63°20'33"	15°21'67"	Alsterån	Getebro
50.	62°78'31"	15°22'55"	Ljungbyån	Ljungbyholm
51.	62°30'06"	14°91'19"	Lyckebyån	Lyckeby
52.	62°29'50"	14°34'50"	Mörrumsån	Mörrum
53.	62°02'77"	14°00'91"	Helgeån	Hammarsjön
54.	63°02'16"	14°08'01"	Målenån	Inlet Tjurken
55.	63°01'97"	14°05'71"	Målenån	Outlet Tjurken
56.	61°48'86"	13°60'02"	Skivarpsån	Skivarp
57.	61°70'27"	13°74'77"	Tolångaån	Tolånga
58.	61°72'63"	13°56'08"	Kävlingeån	Vombsjön
59.	62°12'05"	13°11'22"	Råån	Helsingborg
60.	62°24'67"	13°34'58"	Rönneå	Klippan
61.	62°59'89"	13°19'13"	Stensån	Malen
62.	62°74'13"	13°72'91"	Lagan	Traryd
63.	62°68'27"	13°25'77"	Lagan	Smedjeån
64.	62°68'75"	13°30'51"	Lagan	Laholm
65.	62°75'14"	13°26'25"	Genevadsån	Tönnersa
66.	62°84'30"	13°22'35"	Fylleån	Fyllebro
67.	62°88'77"	13°20'40"	Nissan	Halmstad
68.	63°13'38"	12°98'33"	Ätran	Falkenberg
69.	63°43'95"	13°28'49"	Ätran	Skåpanäs
70.	63°51'36"	12°88'95"	Viskan	Åsbro
71.	64°10'71"	12°73'72"	Vänern- Göta älv	Alelyckan
72.	65°01'64"	13°13'27"	Dalbersån	mouth
73.	65°22'05"	13°09'17"	Upperydsälven	Köpmannebro
74.	65°57'47"	13°34'07"	Byälven	Krokstad
75.	65°85'21"	13°37'74"	Borgviksån	Borgvik

3.pielikuma tabulas turpinājums

1	2	3	4	5
76.	65°89'81"	13°53'83"	Norsälven	Norsbron
77.	66°62'94"	13°73'09"	Klarälven	Edsforsen
78.	66°55'50"	13°76'56"	Klarälven	Norra Råda
79.	65°94'39"	13°66'26"	Klarälven	Almar
80.	65°88'73"	13°75'12"	Alsterälven	Alster
81.	65°88'34"	13°95'24"	Ölman	Hult
82.	65°53'87"	14°06'05"	Visman	Nybble
83.	65°41'51"	14°02'75"	Gullspångsälven	Gullspång
84.	65°09'60"	13°85'26"	Tidan	Mariestad
85.	64°88'92"	13°45'30"	Lidan	Lidköping
86.	64°75'68"	13°14'69"	Nossan	Sal
87.	64°75'77"	12°99'29"	GötaÄlv	Vargön
88.	64°67'71"	12°93'30"	GötaÄlv	Trollhättan
89.	64°75'82"	12°73'69"	Bäveån	Uddevalla
90.	64°89'30"	12°59'64"	Örekilsälven	Munkedal
91.	65°36'21"	12°53'94"	Enningdalsälven	Norra Bullaren