

NOSLĒGUMA PĀRSKATS par Valsts pētījumu programmas „KLIMATA MAINĀS IETEKME UZ LATVIJAS ŪDEŅU VIDĪ” I daļa



KALME

KLIMATS, ADAPTĀCIJA, LĪDZSVARS, MAINĪBA, EKOSISTĒMAS



KALME

VALSTS PĒTĪJUMU PROGRAMMA
KLIMATA MAINAS IETEKME UZ LATVIJAS ŪDEŅU VIDĪ

NOSLĒGUMA PĀRSKATS

par Valsts pētījumu programmas „KLIMATA MAINAS IETEKME UZ LATVIJAS ŪDEŅU VIDĪ”

I DAĻA

Izpildītāji:

Latvijas Universitāte

LU Bioloģijas institūts

Latvijas Lauksaimniecības Universitāte

Latvijas Hidroekoloģijas institūts

Latvijas Zivju resursu aģentūra

Daugavpils Universitāte Ekoloģijas institūts

Latvijas Zinātņu akadēmija

Programmas vadītāji

Andris Andrušaitis, *Dr. biol.*, asociētais profesors, Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes Hidrobioloģijas katedras vadītājs

Māris Kļaviņš, *Dr. habil. ķīm.*, profesors, LZA akadēmiķis, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Vides zinātnes nodaļas vadītājs

2010

SATURS

SATURS.....	3
Kopsavilkums.	4
Programmas mērķis un pamatnostādnes	14
Darba pakete Nr 1: KLIMATA MAINĪBAS IETEKME UZ NOTECI, BIOĢĒNO ELEMENTU PLŪSMĀM UN BALTIJAS JŪRAS REŽĪMU	16
Darba pakete Nr. 2: KLIMATA MAINĪBAS IETEKME UZ AUGU BARĪBAS ELEMENTU APRITI SATECES BASEINĀ	42
Darba pakete Nr 3: KLIMATA MAINĀS IETEKME UZ IEKŠĒJO ŪDEŅU EKOSISTĒMĀM UN BIOĢOĢISKO DAUDZVEIDĪBU	58
Darba pakete Nr.4: KRASTA PROCESI	98
Darba pakete Nr 5: BIOĢEOĶĪMISKIE PROCESI UN PIRMPRODUKCIJA BALTIJAS JŪRĀ.....	112

Kopsavilkums.

Latvijas Valsts pētījumu programmas „Klimata maiņas ietekme uz Latvijas ūdeņu vidi” (KALME) mērķis ir novērtēt klimata īstermiņa, vidēja termiņa un ilglaicīgās mainības ietekmes uz Latvijas iekšējo ūdeņu un Baltijas jūras vides kvalitāti un ekosistēmām, un . Radīt zinātnisku pamatu Latvijas vides politikas un sektoru politiku adaptācijai klimata maiņai. Programma tika īstenota no 2006.g. novembra līdz 2009.g. decembrim. Tās izpildē piedalījās pētnieki no 7 Latvijas pētnieciskajām institūcijām: Latvijas Universitātes (Bioloģijas, Ģeogrāfijas un zemes zinātņu, Fizikas un matemātikas fakultātes), Daugavpils Universitātes, Latvijas Zivju resursu aģentūras, Latvijas Zinātņu akadēmijas. Programmas darbs organizēts astoņās pētnieciskajās darba paketēs: „Klimata mainības ietekme uz noteci, biogēno elementu plūsmām un Baltijas jūras režīmu” (DP1), „Klimata mainības ietekme uz augu barības elementu apriti sateces baseinā” (DP2), „Klimata maiņas ietekme uz iekšējo ūdeņu ekosistēmām un bioloģisko daudzveidību” (DP3), „Krusta procesi” (DP4), „Bioģeoķīmiskie procesi un pirmprodukcija Baltijas jūrā” (DP5), „Klimata maiņas ietekme uz Baltijas jūras ekosistēmām un bioloģisko daudzveidību” (DP6), „Klimata mainības izraisīto noteces ekstrēmu ietekme uz plūdu riskam pakļautām teritorijām” (DP9), „Vides un sektoru politikas adaptācija klimata mainībai” (DP7). Programmas vadību un koordināciju nodrošināja darba pakete „Programmas vadība un sabiedrības informēšana (DP8), bet darba pakete “Latvijas zinātnieku līdzdalības nodrošināšana ES FP 7 ERA-NET PLUS Programmā BONUS+”, tika izveidota īpaši, lai līdzfinansētu līdzdalību starptautiskajā Baltijas jūras pētījumu programmā BONUS+.

Pētījumu rezultātā tika integrēti klimatiskie, hidroķīmiskie un bioloģiskie dati, radot izpratni par iekšzemes ūdens vidē notiekošajiem procesiem un veicinot sadarbību starp dažādās nozarēs strādājošiem zinātniekiem un vides zinātnes un bioloģijas nozaru attīstību. Programmas izstrādes gaitā iegūtās jaunās zināšanas un atziņas izmantotas valsts un pašvaldību līmeņa lēmumu pieņemšanas procesā un rekomendāciju izstrādē. Kopumā Programmas dalībnieki 81 reizi nākuši klajā ar rekomendācijām vides likumdošanas izstrādei, vai ņēmuši dalību lēmumu pieņemšanas procesā un to sagatavošanā. Publicētas 3 zinātniskas monogrāfijas un 2 mācību grāmatas. Pētījumu rezultāti atspoguļoti 101 zinātniskā rakstā starptautiskos un Latvijas izdevumos, to skaitā 51 starptautiski referētā rakstā.

Valsts pētījumu programma KALME devusi nozīmīgu ieguldījumu vides zinātņu pētnieciskās kapacitātes veidošanā Latvijā. Izmantojot veikto pētījumu rezultātus jau aizstāvētas 9 doktora disertācijas. Programmas izpildē iesaistīti 61 jaunais zinātnieks. Rezultāti iekļauti vairākos Latvijas Universitātes, Latvijas Lauksaimniecības Universitātes un Daugavpils Universitātes lekcijuursos, bet pētījumu tēmas ļāvušas izstrādāt daudzus bakalaura un maģistra darbus. Izmantojot Programmas resursus noorganizēti starptautiski doktorantu kursi „Vizualizācijas un modelēšanas programmatūra ūdeņu vides pētījumos”.

Programma būtiski stimulējusi zinātniskos kontaktus un sadarbību pētnieku starpā Latvijā un starptautiskā mērogā. Noorganizētas divas plašāka mēroga starptautiskas konferences. Ikgadējā nacionāla mēroga konference „Klimata maiņa un ūdeņi” kopš 2007. gada organizēta Programmas KALME paspārnē un pateicoties Programmas darbībai kļuvusi par nozīmīgāko Latvijas ūdeņu pētnieku un, ar šiem pētījumiem saistīto, sociālo partneru forumu. Konferencē ik gadus piedalās vairāk kā 80 dalībnieki no Latvijas augstskolām, zinātniskās pētniecības institūtiem, valsts un

pašvaldības institūcijām. Kopumā, Programmas rezultāti izmantoti vairāk nekā 280 ziņojumos dažāda mēroga zinātniskajās konferencēs.

Lai nodrošinātu starptautiska līmeņa izpildes kvalitāti un redzamību, Programmas izpildei sekojusi starptautiska padomdevēju padome, kurā iekļauti vadošie nozares pētnieki no Baltijas jūras reģiona un citām Eiropas valstīm. Notikušas 3 starptautiskās padomdevēju padomes sesijas, kurās formulētas nozīmīgas rekomendācijas pētnieciskā darba un sociālo partneru iesaistes uzlabošanai. Programmas rezultāti ziņoti īpašā starptautiskās programmas BALTEX zinātniskās vadības grupas sanāksmē. BALTEX ir Pasaules Klimata Pētījumu Programmas (WCRP) sastāvdaļa.

Lai varētu prognozēt sagaidāmās izmaiņas Latvijas ūdeņu ekosistēmās, Valsts pētījumu programmas izpildes gaitā tika izstrādātas metodikas reģionālo klimata modeļu veikspējas novērtēšanai, to salīdzināšanai un sistemātisko kļūdu korekcijai. Pielietojot izveidotās metodikas, tika sagatavotas sintētiskas klimata datu rindas Latvijas teritorijai, kas atbilst mūsdienu klimatam un klimata mainības scenārijiem B2 un A2. Datu rindu garums 30 gadi, laika izšķirtspēja 1 diena, telpiskā izšķirtspēja pēc vajadzības.

Tika izstrādāta dubultansambļu pieeja klimata mainības ietekmes uz upju noteci novērtēšanai, kā arī izveidots un kalibrēts hidroloģisko modeļu ansamblis Latvijas sateces baseinu apgabalos (SBA). Pielietojot izveidotos modeļus un metodiku tika aprēķinātas klimatiskas upju noteces datu rindas Latvijas SBA, kas atbilst mūsdienu klimatam un klimata mainības scenārijiem B2 un A2. Datu rindu garums 30 gadi, laika izšķirtspēja 1 diena, telpiskā izšķirtspēja ūdensobjektu līmenī.

Tika izveidots un kalibrēts augu barības vielu noteces modelis Lielupes SBA, kā arī aprēķinātas klimatiskas biogēnu noteces datu rindas Rīgas jūras līča sateces baseinam, kas atbilst mūsdienu klimatam un klimata mainības scenārijiem B2 un A2. Arī šis datu rindas garums ir 30 gadi, laika izšķirtspēja 1 diena.

Tika izveidots trīsdimensionāls Latvijas jurisdikcijas ūdeņu okenaogrāfiskais modelis, un viendimensionāls Rīgas jūras līča vertikālās stratifikācijas modelis. Pielietojot izveidotos Rīgas jūras līča modeli tika aprēķinātas klimatiskas jūras stāvokļa datu rindas, kas atbilst mūsdienu klimatam un klimata mainības scenārijam A2. Datu rindu garums 30 gadi, laika izšķirtspēja 1 diena.

Veiktie darbi ļauj izdarīt sekojošus secinājumus par klimata mainības raksturlielumiem:

- Sagaidāms, ka gada vidējā temperatūra Latvijā pieaugs par 2,6 līdz 4,0 grādiem, bet gada kopējais nokrišņu daudzums pieaugs par 8 līdz 12 procentiem.
- Sagaidāms, ka nākotnes klimata projekcijām atbilstošus laika apstākļus raksturos (1) būtiski īsākas (pat par 3 mēnešiem) ziemas, kas reducēsies uz februāra mēnesi, (2) pavasara iestāšanās par pusmēnesi agrāk, (3) par diviem mēnešiem garāka vasara (maijs-septembris), (4) patīkamas, relatīvi sausas un siltas atvasaras (oktobris, novembra sākums), (5) lietaināks, garāks „rudens” (ieskaitot janvāri).
- Upju noteces mainība Latvijas teritorijā būs nebūtiska; sagaidāms upju noteces integrālā apjoma samazinājums par 0-20%. Upju noteces sezonālās un reģionālās izmaiņas būs nozīmīgākas par gada vidējo vērtību izmaiņām, un

ietvers (1) nozīmīgu pavasara palu samazināšanos un iestāšanos vismaz vienu mēnesi agrāk; (2) ievērojamu ziemas caurplūduma pieaugumu; (3) būtisku vasaras mazūdens perioda pagarinājumu un noteces samazināšanos tā laikā.

- Reģionālo atšķirības, jo īpaši starp Latvijas rietumu un ziemeļu hidroloģiskajiem rajoniem un centrālo un austrumu hidroloģiskajiem rajoniem.
- Klimata mainības izraisītas temperatūras izmaiņas (pieaugums) uz Rīgas jūras līča virsmas sasniegs 3, bet piegrunts slānī – 1,5 grādus.
- Rīgas līča temperatūras raksturojums ietversekojošus aspektus: (1) nākotnē vairs nav gaidāma Rīgas jūras līča aizsalšana ziemās; (2) vasaras temperatūras maksimums pieaugs par 2°C, peldsezonai piemēroti apstākļi saglabāsies līdz septembra beigām; (3) ūdens masu vertikālā stratifikācija iestāsies par mēnesi agrāk – tādējādi pieaugs arī periods, kurā piegrunts ūdenī netiek atjaunots skābeklis; (4) piegrunts temperatūra vasarā būs augstāka kā mūsdienās, kas varētu ietekmēt ķīmisko reakciju norisi.

Ilggadīgie dati ļauj analizēt slāpekļa un fosfora savienojumu noplūdes/emisijas režīmus mēnešu un sezonālā griezumā. Lauksaimniecības noteču nozīmīgākā daļa veidojas neveģetācijas un ziemas periodos. Tikai 27% no slāpekļa noplūdes (lauka līmenis) nonāk ūdeņos veģetācijas periodā. Atlikušie 73% noplūst periodā no novembra līdz martam. Īpaša nozīme ir ziemas mēnešiem: decembrim, janvārim un februārim, kad atbilstoši vidējiem ilggadīgajiem datiem, N savienojumu noplūde sastāda 43% no gada kopējās. Intensīvas lauksaimniecības apstākļos aptuveni 75% no augsnē iestrādātā slāpekļa mēslojuma kultūraugi izmanto ražas veidošanai, 15 % veido noplūdes drenu lauka līmenī, bet ap 10% nonāk upē.

Hidroloģiskā modeļa jaunākā versija METQ2007BDOPT ar pusautomātiskās kalibrācijas iespēju (izstrādāta LLU profesora A.Zīverta vadībā) nokalibrēta periodam 1961.-1990.g. un validēta 1991.- 2000. gadu periodam pieciem Latvijas upju baseiniem (Bērzi, Salacai, Vienziemītei, Iecavai un Imulai, kā arī četriem Salacas daļbaseiniem) kopumā 10 upju vērums. Hidroloģiskās modelēšanas rezultātā iegūtas ikdienas caurplūduma datu rindas 10 upju hidroloģiskajās novērošanas stacijās un 15 Bērzes upes daļbaseinos. Rezultāti prognozē vidējās gaisa temperatūras pieaugumu par 2.5-4.1 °C atkarībā no klimata mainības scenārija un kultūraugu veģetācijas perioda pagarināšanos par 30-40 dienām. Atmosfēras nokrišņi pieaugs vidēji par 6-12%, lielākais nokrišņu pieaugums sagaidāms ziemā, kā arī pieaugs dienu skaits ar intensīviem nokrišņiem. Upju notece kopumā, kā arī rudenī un pavasarī, varētu nedaudz samazināties, taču ziemā prognozējams tās pieaugums.

Sadarbībā ar FYRIS modeļa izstrādātājiem no Zviedrijas Lauksaimniecības zinātņu universitātes izpildīta ūdens kvalitātes modeļa kalibrācija un veikta slāpekļa un fosfora noplūdes modelēšana Bērzes upes daļbaseinos. Ar modelēšanas palīdzību veikta arī upes piesārņojuma slodzes analīze pa piesārņojuma veidiem un cēloņiem.

Klimata mainības rezultātā prognozējams augu barības elementu gada kopējās noplūdes pieaugums par aptuveni 6-20% atkarībā no klimata mainības scenārija. Klimata mainības ietekmju modelēšana pagaidām pietiekamā līmenī nespēj ievērtēt dažus lauksaimniecības noteci veicinošus faktorus un to nelabvēlīgu kombināciju ietekmi. Īpaša nozīme ir ekstrēmam sausumam veģetācijas periodā un tam sekojošai siltai, ar nokrišņiem un atkušņiem bagātai ziemai. Piemēram, 2006. - 2007.g. ziemas periodā konstatētās ļoti augstās lauksaimniecības difūzā piesārņojuma noplūdes

izsauca augsnē pieejamie minerālā slāpekļa krājumi, kuri netika izmantoti ražas veidošanai 2006. g. sausajā vasarā. Tas pierāda, ka pie nebūtiskā upju caurplūduma izmaiņām vai pat pie samazinājuma, nākotnē lauksaimniecības piesārņojums var ievērojami pieaugt.

Pētījums pirmo reizi Latvijā ietver klimata maiņas ietekmes novērtējumu uz virszemes saldūdeņu dzīvās un nedzīvās dabas komponentiem.

Būtiska ietekme uz virszemes ūdeņiem sagaidāma sakarā ar organisko vielu saturu raksturojošo parametru - ūdens krāsainības un ķīmiskā skābekļa patēriņa vērtību pieauguma tendenci. Rezultāti liecina, ka organisko vielu plūsmu maiņa līdz ar citām vides izmaiņām (temperatūra, pH, biogēnie elementi) ir būtiski saistīta ar pirmproducentu attīstību. Ziemām kļūstot siltākām un palielinoties maksimālo atmosfēras nokrišņu summām, pieaug virszemes notece, izraisot izmaiņas virszemes ūdeņu ķīmiskajā sastāvā un attiecīgi izmainot hidrookeositēmu funkcionēšanu. Latvijas ūdensobjektu kvalitātes nodrošināšanai kļūst būtiski jautājumi par ķīmisko elementu izskalošanās samazināšanu tieši ziemas periodā.

Prognozējams, ka Salacā konstatētā ilgtermiņa skābekļa samazināšanās upēs, kas ir būtiska vasaras mazūdens periodā, nākotnē var ietekmēt upju pašattīrīšanās procesus un samazināt virszemes ūdeņu kvalitāti kopumā.

Rezultāti liecina, ka virszemes saldūdeņos notiek sugu sastāva un cenožu struktūras izmaiņas, kas tieši vai pastarpināti liecina par klimata izmaiņu ietekmi. Tautsaimnieciski īpaši nozīmīgas ir tādas parādības kā pastiprināta ūdeņu aizaugšana un aļģu, t.sk. toksisko cianobaktēriju, biomasas pieaugums, palielinoties temperatūrai, samazinoties ledstāves laikam un pagarinoties veģetācijas perioda ilgumam. Tas no ietekmēs ūdeņu rekreatīvo vērtību – peldēšanās, ūdenstūrisma un makšķerēšanas iespējas var samazināties. No tā izriet secinājums, ka turpmāk pastiprināta vērība jāpievērš aizsargjoslu un buferzonu izveidei un apsaimniekošanai, lai iespēju robežās samazinātu slodzes uz ūdensobjektiem.

Īpaši svarīgas būs sagaidāmās ihtiofaunas strukturālās un funkcionālās izmaiņas, kas būtiski skars Latvijas zivju resursus. Veiktie pētījumi par izmaiņām iekšējo ūdeņu ihtiocenozēs, zivju izplatībā un sastopamībā, migrācijās un augšanā ļauj prognozēt klimata maiņas ietekmi uz zivju resursiem kopumā un ar to izmantošanu saistītajām nozarēm - zveju, makšķerēšanu un akvakultūru. Sagaidāms, ka tuvāko 50 – 70 gadu laikā būtiski mainīsies ihtiocenožu sastāvs, samazinoties aukstūdens zivju daudzumam un pieaugot siltūdens zivju skaitam. Līdz ar temperatūras un caurplūduma izmaiņām var tikt ietekmēta lašveidīgo zivju barības bāze. Primāra nozīme lašveidīgo zivju nārsta vietu saglabāšanā būs upju atjaunošanas pasākumiem, kas jāņem vērā nacionālajā vides politikā.

Tā kā Latvijā akvakultūras zivju audzēšanas temperatūras režīms ir vislielākajā mērā atkarīgs no dabiskās vides faktoru sezonālās un daudzgadīgās dinamikas, prognozējams, ka ūdeņu vidējās temperatūras paaugstināšanās palielinās galveno akvakultūras objektu kultivēšanas ihtopatoloģisko risku.

Ilgtermiņa klimatisko, hidroķīmisko un hidrobioloģisko pētījumu rezultātā definēti klimata maiņas strukturālie un funkcionālie indikatori, kā arī pašreizējo iespēju robežās novērtēta klimata maiņas ietekmi uz virszemes ūdeņu bioloģisko daudzveidību, kas ir būtiski ūdens kvalitātes ilgtspējīguma nodrošināšanā. Ilgtermiņa pētījumi Salacā liecina, ka, salīdzinot ar planktiskajām cenožēm, stabilākas pret

klimata izmaiņām ir bentiskās cenozes. Šīs īpatnības jāņem vērā, izstrādājot ūdeņu monitoringa programmu.

Pētot klimata mainības izraisīto noteces ekstrēmu ietekmi uz plūdu riskam pakļautām teritorijām, noskaidrots, ka laika gaitā ir būtiski mainījies mazūdens periodu statistiskā sadalījuma raksturs Daugavā pie Daugavpils. Šīs izmaiņas, no vienas puses, ir izskaidrojamas ar būtisku ziemas ilguma samazināšanos un gaisa temperatūras pieaugumu Latvijā pēdējos gadu desmitos. No otras puses, izmaiņas vasaras mazūdens periodu noteces sadalījumā, iespējams, ir saistītas ar Daugavas sateces baseina zemes lietojuma izmaiņām, meliorācijas sistēmu stāvokli u.t.t. Turpinoties līdzšinējām klimata izmaiņu tendencēm, ir sagaidāma arī turpmāka ziemas mazūdens periodu noteces deficīta un ilguma samazināšanās.

Noskaidrota plūdu un sausuma ietekme uz vielu plūsmām palieņu sistēmās un baseinā izmantojot USLE modeli. Modelēšanas gaitā iegūtās potenciālo augsnes zudumu vērtības tika salīdzinātas ar dabā noteiktajiem reālajiem neorganisko barības vielu un suspendētā materiāla apjomiem, kuri tiek pārnesti no hidrogrāfiskā tīkla augšējiem posmiem. Veikta palieņu ezeru ekosistēmas ietekmējošo Daugavas mazūdens periodu (hidroloģiskā sausuma) statistiskā nodrošinājuma ilgtermiņa izmaiņu analīze, kurā izmantoti ikdienas caurplūduma novērojumu dati Daugavai pie Daugavpils kopš 1936. gada.

Balstoties uz sezonālajiem novērojumiem pēdējos 5 gados, izvērtēta nākotnes klimatam raksturīgu ziemas hidrometeoroloģisko apstākļu iespējamā ietekme uz Daugavas palieņu ezeru fitoplanktona sabiedrībām. Tika veikta arī zooplanktona organismu analīze, apkopojot datus par 2005. – 2008. gadu Skuķu un Dvietes ezeros, kā arī Daugavā augšpus un leļpus palieņu ezeriem. Tika izstrādātas rekomendācijas erozijas riska samazināšanai potenciāli apdraudētajās teritorijās.

Apkopojot iepriekš iegūtus datus, agrāku pētījumu rezultātus, kā arī veicot plašus lauka un kamerālus pētījumus Valsts pētījumu programmas ietvaros, izstrādāta pirmā visu Latvijas piekrasti aptveroša tās ģeoloģiskās uzbūves, reljefa formu, morfometrisko parametru un mūsdienu procesu dinamikas klasifikācija, kas izmantojama kā „atskaites punkts” turpmāku pētījumu realizācijā un pateicoties piemērotai detalizācijas pakāpei ļauj piemērot un pielietot Latvijas vajadzībām Eiropas Savienības EUROSION projekta ietveros izstrādāto krasta erozijas riska klasifikācijas metodiku.

Valsts pētījumu programmas izpildes gaitā tika izstrādātas jūras krasta atkāpšanās prognozes turpmākajiem 15 un 50 gadiem valstī kopumā un katrai piekrastes pašvaldības teritorijai, aprēķinātas iespējamo noskalojamās platības, sastādītas digitālās kartes. Sagatavots un publicēts karšu atlants „Baltijas jūras Latvijas krasta procesi” latviešu un angļu valodās ar 25 kartēm, kas raksturo Latvijas jūras krasta izmaiņas un eroziju pagājušā gadsimta laikā, pēdējos 15 gados un atsevišķās pēdējo gadu spēcīgajās vētrās.

Piekrastes attīstības telpiskās plānošanas vajadzībām atbilstošā mērogā un detalizācijas pakāpē sagatavots digitāls kartogrāfisko datu slānis par krasta erozijas riska joslu 2023. un 2058. gadam. Izstrādāts krasta erozijas un vētru vējuzplūdu apdraudējuma novērtējums visu piekrastes pašvaldību teritorijām. Identificēti tautsaimnieciski un sociāli nozīmīgākie riska joslā esošie objekti. Sagatavots skaidrojošais kartogrāfiskais materiāls.

Tiek prognozēts, ka līdz 2023.gadam vidējais un maksimālais krasta erozijas ātrums saglabāsies tuvs līdzšinējā perioda maksimumam atbilstošā krasta iecirknī (0,5-3,0 m/gadā); krasta erozija galvenokārt sagaidāma vietās, kur tā novērojama pēdējās desmitgades laikā ar nelielu erozijas apdraudēto krasta posmu kopgaruma pieaugumu; Krasta erozijas apdraudēto posmu kopgarums galvenokārt pieaugs uz iepriekš dinamiski neitrālu krasta iecirkņu rēķina, it īpaši krasta līnijas izciļņu iecirkņos.

Līdz 2058. gadam paredzams, ka vidējais un maksimālais krasta erozijas ātrums pārsniegs līdzšinējo par 30-100% (1,0-6,0 m/gadā), bet erozijas apdraudēto krasta posmu kopgarums pieaugs par 10- 20%.

Izstrādāta Latvijas lokālajiem apstākļiem pielāgota indikatoru metodika jūras krasta erozijas un plūdu riska pakāpes novērtēšanai un veikta krasta joslas rajonēšana pēc riska pakāpes. Sastādīta karte.

Sagatavotas rekomendācijas piekrastes nacionālā plānojuma (2007.-2013. g.) starpministriju darba grupai un ekspertu grupai darbam pie “Par piemērošanos (adaptāciju) klimata maiņai”, lai izvērtētu adaptācijas jautājumu iekļaušanu politikas plānošanas dokumentos un normatīvajos aktos ar krasta eroziju un aplūšanu saistīto risku mazināšanai, iespējamo piemērošanās pasākumu realizācijai un preterozijas pasākumu metožu izvēlei.

Globālā klimata mainība reģionāli un lokāli izpaužas ne tikai kā klimata pasiltināšanās, bet arī kā klimatisko parādību, tādu kā valdošo vēju virzienu un stipruma izmaiņas, izmaiņas nokrišņu režīmā, u.c.. Vidējās gaisa temperatūras pieaugums Baltijas jūrā un Rīgas līcī, pagaidām nav ietekmējis vidējo ūdens temperatūru. Tomēr vairākas būtiskas jūras vides stāvokļa izmaiņas jau ir konstatētas vai sagaidāmas pieaugot vidējai gaisa temperatūrai.

Viens no klimata izmaiņu aspektiem kas ir novērojams Baltijas jūrā ir dominējošo vēju virziena izmaiņas. Savukārt mainoties dominējošo vēju virzieniem, sākot jau ar septiņdesmitajiem gadiem ir novērojamas izmaiņas Baltijas jūras hidroloģiskajā režīmā, t.i. salsūdens ieplūdes biežuma un intensitātes samazināšanās, kā rezultātā pēdējo 30 gadu laikā ir novērojams Baltijas jūras sāļuma samazināšanās trends, kas uzskatāmi ir novērojams arī Rīgas līcī. Izmaiņas Baltijas jūras hidroloģiskajā režīmā nosaka arī Baltijas jūras centrālās daļas piegrunts ūdens slānī novērojamo ilgstošo skābekļa deficītu un „mirušo” zonu izveidošanos. Savukārt Rīgas līcī, kur piegrunts ūdens slāņa skābekļa krājumi tiek periodiski atjaunoti izmainītā hidroloģiskā režīma ietekme uz skābekļa gada dinamiku nav šobrīd konstatējama un arī netiek prognozēta.

Rīgas līcī ir novērojama sezonāla ūdens slāņa vertikālā stratifikācija, ko nosaka temperatūras atšķirības starp virsējo un piegrunts ūdens slāni. Prognozētais gaisa temperatūras pieaugums ietekmēs arī ūdens virsējā slāņa temperatūru, kas noteiks Rīgas līča ūdens sezonālās stratifikācijas pastiprināšanos, kas savukārt atstās negatīvu iespaidu uz Rīgas līča piegrunts ūdens slāņu skābekļa režīmu.

Piegrunts skābekļa deficīts savukārt negatīvi ietekmē denitrifikācijas ātrumu, kā rezultātā lielāki slāpekļa apjomi, kas tiek ienesti gan no dabīgiem, gan antropogēniem avotiem paliek aprītē un tālāk pastiprina eitrofikāciju.

Prognozētais temperatūras pieaugums nosaka augu barībasvielu reģenerācijas ātruma pieaugumu, kā rezultātā tiek prognozētas augstākas biogēno vielu koncentrācijas

ziemas periodā. Kopā ar ātrāku ūdens sasilšanu un stratifikāciju, barības vielu akumulācija noved pie pastiprinātas, agrākas un intensīvākas fitoplanktona ziedēšanas pavasarī. Savukārt, lielākas kā šobrīd, pavasara fitoplanktona biomasas sedimentācija pastiprina skābekļa patēriņu piegrunts ūdens slānī stratifikācijas periodā, tā vēl vairāk pastiprinot skābekļa deficītu piegrunts ūdens slānī.

Prognozētās ūdens temperatūras izmaiņas nosaka labvēlīgākus zilaļģu attīstības apstākļus kā šobrīd, kā rezultātā ir prognozējamas fitoplanktona sugu sastāva izmaiņas. Savukārt prognozētās izmaiņas fitoplanktona sastāvā, ar palielinātu slāpekli fiksējošo zilaļģu īpatsvaru var padarīt Rīgas līča ekosistēmu jutīgāku fosfora slodžu izmaiņām.

Programmas ietvaros veiktie īstermiņa eksperimentālie darbi kombinācijā ar lauka mērījumiem un daudzgadīgo novērojumu datu analīzi Latvijas Baltijas jūras ūdeņos devuši iespēju formulēt konceptuālu iespējamo jūras ekosistēmas un bioloģiskās daudzveidības izmaiņu prognozi.

Klimata izmaiņu attīstības scenāriji norāda, ka ūdens temperatūrai Latvijas jūras ūdeņos būs tendence pieaugt. Rīgas līcī vismaz par mēnesi pagarināsies periods, kad eksistē sezonālais termoklīns un ūdens slāņi nesajaucas – visur, kur dziļums pārsniedz 20 metrus. Tādējādi sagaidāma kompleksa vides apstākļu ietekme uz ekosistēmas procesiem pelaģiskajos un bentiskajos biotopos. Visspilgtāk izmaiņas izpaudīsies veģetācijas perioda laikā no marta beigām līdz oktobra otrajai pusei. Sagaidāmā ledus segas izžušana veicinās agrāku procesu uzsākšanos ziemā un pavasarī: fito- un zooplanktona attīstību, kā arī bentosa sugu vairošanās perioda pārbīdi laikā. Eksperimentālie rezultāti liecina, ka pieaugot nokrišņu daudzumam, izzūdot ledus kārtai un paaugstinoties temperatūrai, gaidāma Rīgas līča fitoplanktona dominējošo arktiskā kompleksa sugu īpatsvara samazināšanās un boreālā kompleksa sugu īpatsvara pieaugums, kā arī planktona kopējās biomasas palielināšanās. Latvijas ūdeņos Baltijas jūras atklātajā daļā ātrāka ūdens termiskās stratifikācijas iestāšanās noteiks pavasara ziedēšanas samazināšanos, sarūkot kramaļģu daudzumam, jo asimilācijai pieejamo augu barības vielu apjoms tiks ātrāk ierobežots. Pieaugs flagelātu īpatsvars cenozes pavasara sukcesijā, veicinot arī zooplanktonā mazāko formu attīstību.

Izmaiņas Baltijas jūras piekrastes ekosistēmā daudz lielākā mērā būs atkarīgas no pārrobežu procesiem - atkarībā no Nemūnas noteces dinamikas un valdošo vēju virziena, biogēnu koncentrācijas Latvijas jūras teritorijā, sākot no Nidas, var būtiski paaugstināties. Vasarā planktona cenožu attīstībā nozīme būs ne tikai temperatūras pieaugumam un ūdens stratifikācijai, bet arī vēju darbības intensitātei. Līča piekrastē būs biežāk novērojami apvelingi (dziļo slāņu ūdens uznešana virspusē), kas paaugstinās barības vielu koncentrācijas un veicinās kramaļģu, zaļaļģu, flagelātu, kriptofītaļģu attīstību. Zilaļģu attīstība būs vairāk iespējama līča atklātajā daļā vasaras beigās, rudens sākumā, ja relatīvi augstas temperatūras periods būs garāks, vēju darbība nebūs intensīva un pieaugs fosfātu koncentrācijas. Šādos apstākļos kopējā fitoplanktona biomasā ievērojami pieaugs tieši uz potenciāli toksisko zilaļģu (ciānobaktēriju) rēķina.

Zooplanktona cenzē var pieaugt saldūdens termofilo grupu īpatsvars, jo, samazinoties sālūmam Baltijas jūrā, nepieaugs arī līča sālūms. Izmaiņas barības ķēdē būs pārsvarā zemākajos līmeņos, jo kopējais zooplanktona daudzums varētu nemainīties un saldūdens sugas itin organiski iekļaujas zivju barības sastāvā. Zilaļģu attīstību arī Baltijas jūras atklātajā daļā noteiks vēju darbības intensitāte un saulaino

dienu daudzums, kas ietekmē aļģu augšanu būtiskāk kā temperatūra. Zooplanktona vasaras cenožē lielāko īpatsvaru veidos sugas, kurām sāļuma optimums ir zemāks nekā tipiskākām jūras sugām, jūras atklātās daļas zooplanktona sugu sastāvs pakāpeniski varētu kļūt līdzīgs līča sugu struktūrai.

Pirmprodukcijas apjoma palielināšanās kopā ar ilgstoši pazeminātu skābekļa koncentrāciju negatīvi ietekmēs makrozoobentosa cenozes līča apgabalos, kur dziļums pārsniedz 30 m. Ja izmaiņas notiek prognozētajā virzienā, paredzama makrozoobentosa daudzuma būtiska samazināšanās līča dziļajā daļā, kā tas jau novērots 20.gs. 90. gados. Rezultātā mainīsies līča pašattīrīšanās spēja un samazināsies bentisko zivju barības bāze. Arī jūras atklātajā daļā stratifikācijas pastiprināšanās turpinās pasliktināt bentisko cenožu stāvokli. Vienlaikus pieaugs piekrastes rajonu nozīme jūras ekosistēmas funkcionēšanā, jo šeit nav sagaidāmi ilgstoši nelabvēlīgi vides apstākļi. Fitobentosa cenožu attīstība būs atkarīga no biogēnu koncentrācijām piekrastē. Tām paaugstinoties, intensīvāk attīstīsies viengadīgās aļģes. Pastiprināta vējainība varētu ierobežot veiksmīgu daudzgadīgo aļģu augšanu pazeminātas ūdens caurspīdības dēļ. Rudens sezona planktona cenožēs būs neizteikta, ilgāk būs novērojamas vasarai raksturīgās sugas. Iespējams, ka fitoplanktona rudens ziedēšana vairs nebūs koncentrēta īsā laika posmā, jo biogēnu, temperatūras un gaismas intensitātes kombinācija, kas nepieciešama veiksmīgai rudens kramaļģu attīstībai, būs nobīdīta laikā. Zooplanktona attīstībai apstākļi varētu būt ilgstošāk labvēlīgi, kas papildus palielina arī iespēju veiksmīgi attīstīties invazīvām sugām.

Daudzgadīgo zinātnisko zvejas uzskaišu materiālu analīzes rezultātā izveidoti prognostiski modeļi komerciāli nozīmīgāko zivju sugu krājumiem.

Rīgas līča reņģes ražība pārsvarā pieaugs, palielinoties vidējai ūdens temperatūrai maijā. Taču nozvejas līmeņa palielināšanai ievērojami jāsamazina neregistrēto nozveju apjoms. Arī mencas krājumu dinamika būs vairāk atkarīga no zvejas mirstības. Vides apstākļu izmaiņu ietekmes uz mencas krājumu dinamiku, salīdzinot ar zvejas intensitātes izmaiņām, ir mazāk nozīmīgas. Krājums saglabāsies zemā līmenī pat pie nārstam labvēlīgiem vides apstākļiem, ja tie uzlabosies īslaicīgi un ja nenotiks izmaiņas zvejas regulēšanā. Brētliņas krājumi periodiski variēs 7-11 gadu ciklā, relatīvi neatkarīgi no klimata. Tomēr, lai brētliņu daudzums strauji nesamazinātos un saglabātos atražošanās potenciāls, būs jāsamazina zvejas izraisītā mirstība un attiecīgi pieļaujamās nozvejas līmenis jāmaina atbilstoši faktiskajai paaudžu ražībai.

Tādējādi veiksmīgai zivsaimniecībai, gandrīz neatkarīgi no klimata apstākļiem, ir svarīgi samazināt zvejas izraisīto mirstību. Klimata izmaiņas var uzlabot vai pasliktināt paaudžu ražību, taču intensīvas zvejas apstākļos pilnībā neizšķirs krājumu apjomu.

Kopumā Programmas darba rezultāti norāda, ka veiksmīgai resursu apsaimniekošanai klimata izmaiņu apstākļos vissvarīgāk ir maksimāli ierobežot cilvēka darbības sekas uz jūras ekosistēmām. Pēc iespējas samazinātas biogēnu slodzes, arī pārrobežu aspektā, saudzīgas zvejas politikas izmantošana un aizsargājamo teritoriju statusa ievērošana ir galvenie priekšnoteikumi jūras ekosistēmu sekmīgai turpmākai funkcionēšanai.

Gan praktiķu, gan pētnieku novērotās un pēdējo modelētās klimata pārmaiņas Latvijā norāda uz adaptācijas politikas nepieciešamību valstī tās ilgtspējīgas attīstības nodrošināšanai. Klimata pārmaiņu aspektam jābūt integrētam tālākās attīstības plānošanā Baltijas jūras piekrastes teritorijā Latvijā – gan attīstības ietekmes uz vidi novērtējumos, gan teritoriju plānojumos, gan upju baseinu apsaimniekošanas plānos, gan attīstības stratēģiju un sektoru plānu izstrādē.

Respondentu dažādie viedokļi par konkrētiem adaptācijas pasākumiem liecina par argumentētas diskusijas nepieciešamību starp praktiķiem, ekspertiem un lēmumu pieņēmējiem attiecībā uz dažādiem pielāgošanās pasākumiem, meklējot risinājumus aizsardzībai pret plūdiem un sausumu, kā arī piekrastes aizsardzībai konkrētās teritorijās.

Projekta ietvaros tika ierosināti klimata pārmaiņas adaptācijas pasākumi, kas Latvijas tautsaimniecībai ir stratēģiski nozīmīgi, jo:

- a) pirmo reizi Latvijā ir minēts konkrēts nepieciešamo adaptācijas pasākumu komplekss, kas ir konkrētāks par ES Baltajā grāmatā „Adaptācija klimata pārmaiņām – iedibinot Eiropas rīcības pamatprincipus” (01.04.2009.) minēto pasākumu klāstu un pēc būtības ir piemērots klimata pārmaiņu ietekmēm Latvijā;
- b) pasākumu klāsts ļauj valsts un sektoru attīstības plānošanā, realizācijā un pārskatīšanā konkrēti ņemt vērā ieteiktos pasākumus, kas samazinātu klimata pārmaiņu negatīvo ietekmi uz tautsaimniecību un ļautu efektīvi izmantot pozitīvās sekas;
- c) tie var kalpot par saturisko pamatu Latvijas Nacionālās adaptācijas stratēģijas izstrādei attiecībā uz ūdens vidi un, ņemto vērā šajā programmā pielietoto metodi, par paraugu adaptācijas pasākumu noteikšanai ne tikai attiecībā uz ūdens vidi;
- d) to izsvērtā realizācija mazinātu Baltijas reģiona līmeņa ekoloģiskā līdzsvara ietekmēšanu – plašāku Baltijas jūras piesārņošanu ar biogēniem elementiem un ietekmi uz tās ekosistēmu, kā sekas nav prognozējamās sistēmas sarežģītības dēļ.

Populārzinātniskās rokasgrāmatas par klimata maiņas seku iespējamo novēršanu nodrošina atbildīgos pašvaldību darbiniekus, ūdens vides apsaimniekošanas speciālistus un teritoriju plānotājus ar vienuviet apkopotu, viegli uztveramu VPP iegūto un apkopoto informāciju par notiekošajām un prognozētajām klimata pārmaiņām Latvijā, kā arī praktiskiem ieteikumiem adaptācijai klimata pārmaiņām ūdens vidē lauksaimniecībā, mežsaimniecībā, zivsaimniecībā, enerģētikā, izglītībā un zinātnē, komunālā saimniecībā, kā arī tādās jomās kā teritoriju plānošana un upju sateces baseinu apsaimniekošana. Lai sekmīgi veiktu darba paketes „Vides un sektoru politikas adaptācija klimata mainībai” darba uzdevumus, bija nepieciešama visu Programmā pārstāvēto pētnieku iesaistīšanās, tādējādi tika būtiski veicināta starpdisciplinārā sadarbības prakse, kuras līdz šim Latvijā ir pietrūcis. Tādējādi, Programma devusi ieguldījumu Latvijas zinātnes politikas nostiprināšanā – veidojot kompleksa, starpdisciplināra, problēmorientēta pētījuma modeli vides zinātnēs.

Par svarīgu iestrādi turpmākajam darbam var uzskatīt to problēmu identificēšanu, zinātniskā izpēte Latvijas mērogam nav veikta, bet ir aktuāla, lai izstrādātu Latvijas apstākļiem atbilstošus adaptācijas pasākumus. Šajā sarakstā iekļautās tēmas ir izvirzāmas par prioritāti lietišķajos pētījumos par efektīvākajiem pasākumiem Latvijā adaptācijai klimata pārmaiņām attiecībā uz ūdens vidi.

Programmas mērķis un pamatnostādnes

Programmas virsmērķis:

Novērtēt klimata īstermiņa, vidēja termiņa un ilglaicīgās mainības ietekmes uz Latvijas iekšējo ūdeņu un Baltijas jūras vides kvalitāti un ekosistēmām. Radīt zinātnisku pamatu Latvijas vides politikas un sektoru politiku adaptācijai klimata maiņai.

Specifiskie mērķi:

a) Izmantojot un pilnveidojot esošos klimata maiņas scenārijus Baltijas jūras reģionam, izveidot vairākus nepretrunīgus ūdens vides režimveidojošo parametru maiņas scenārijus datu rindu veidā.

b) Novērtēt klimata mainības iespējamās ietekmes uz Latvijas iekšējo ūdeņu kvalitāti un izmantošanas iespējām, lai sekmētu sateces baseinu pārvaldības sistēmas izveidi un nodrošinātu ūdeņu resursu aizsardzību un ilgtspējīgu izmantošanu.

c) Prognozēt klimata mainības iespējamās ietekmes uz fizikāli-okeanogrāfisko režīmu, krasta procesu dinamiku, biogeoķīmiskajiem procesiem un ekosistēmām Baltijas jūras Latvijas teritoriālajos ūdeņos un ekonomiskajā zonā, lai sekmētu jūras vides kvalitātes un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu un jūras resursu un pakalpojumu ilgtspējīgu izmantošanu.

Valsts pētījumu programmas KALME "Klimata maiņas ietekme uz Latvijas ūdeņu vidi" izpilde uzsākta 2006.g. oktobrī.

Lai gan klimata pārmaiņu adaptācijas problemātika ir daudzšķautņaina, ņemot vērā Programmas virsmērķa definēto nepieciešamību radīt koherentu zinātnisku pamatojumu Klimata pārmaiņu adaptācijas politikai, kā arī rēķinoties ar Latvijā praktizēto Valsts pētījumu programmu administrēšanas principu, Programmas darba struktūru neveido neatkarīgi projekti, bet gan desmit savstarpēji saistītas tematiskas darba paketes:

DP 1 Klimata mainības ietekme uz noteci, biogēno elementu plūsmām un Baltijas jūras režīmu

DP 2 Klimata mainības ietekme uz augu barības elementu apriti sateces baseinā

DP 3 Klimata maiņas ietekme uz iekšējo ūdeņu ekosistēmām un bioloģisko daudzveidību

DP4 Krasta procesi

DP 5 Biogeoķīmiskie procesi un pirmprodukcija Baltijas jūrā

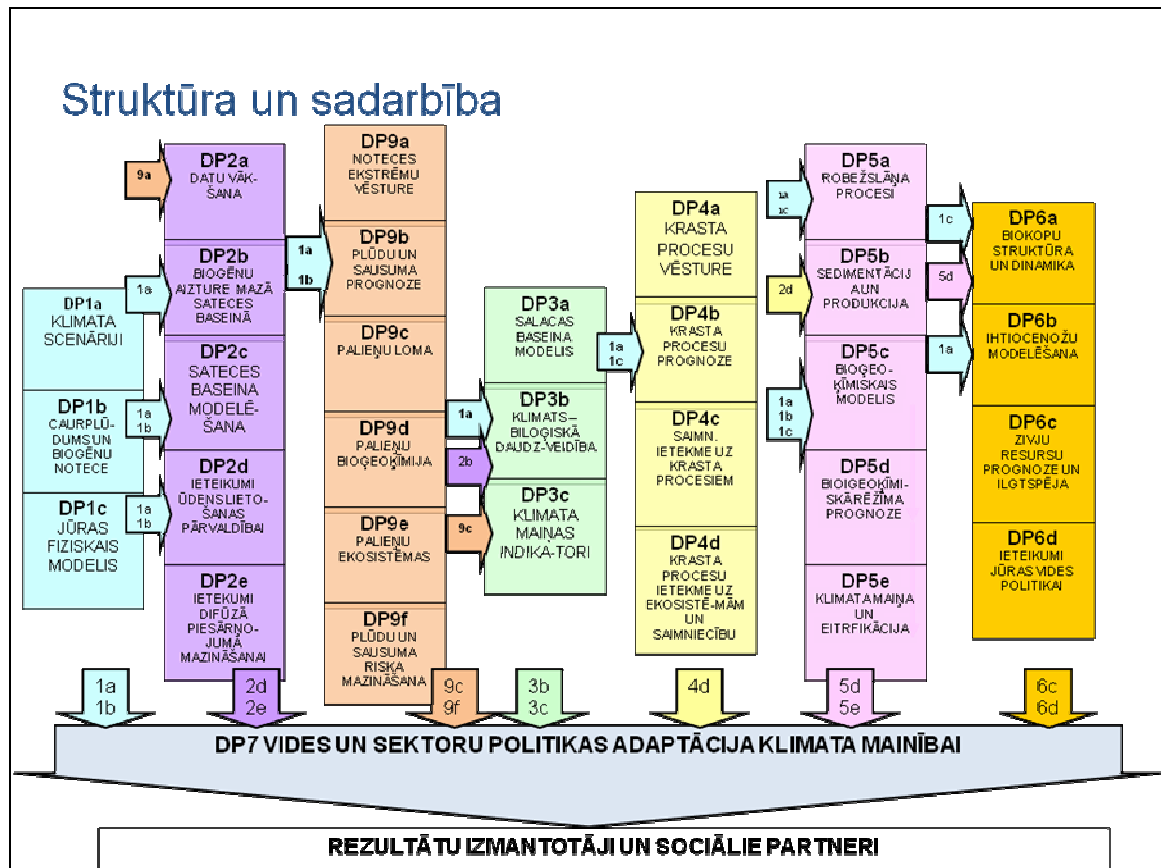
DP 6 Klimata maiņas ietekme uz Baltijas jūras ekosistēmām un bioloģisko daudzveidību

DP7 Vides un sektoru politikas adaptācija klimata mainībai

DP 8 Programmas vadība un sabiedrības informēšana

DP 9 Klimata mainības izraisīto noteces ekstrēmu ietekme uz plūdu riskam pakļautām teritorijām

Ikvienas darba paketes uzdevumu sekmīgai izpildei nepieciešami noteikti citu darba pakešu rezultāti (att. 0.1). Šāda Programmas organizācija garantē mērķtiecību un darbu saskaņotību, taču tās īstenošanai nepieciešama centralizēta pārraudzība, darbu koordinācija un precīza uzdevumu izpildes laika grafika izpilde. Par Programmas pārvaldību atbildīga īpaša darba pakete (DP 8).



0.1. attēls. VPP KALME darba pakešu sadarbības shēma. Darba uzdevumu pilnus aprakstus skat. Programmas pieteikumā, kas publicēts www.kalme.daba.lv.

Septiņu dabaszinātnisko darba pakešu pamatzdevums ir iegūt jaunu zinātnisku informāciju un atziņas, bet DP 7 uzdevums ir uzturēt Programmas dialogu ar tās rezultātu potenciālajiem izmantotājiem un sociālajiem partneriem, un sekmēt zinātnes atziņu izmantošanu veidojot Latvijas klimata pārmaiņu adaptācijas politiku, kā arī papildinot dažādu sektoru politikas un plānošanas dokumentus un normatīvos aktus. Programmas pārvaldības darba paketes uzdevums ir arī informēt sabiedrību par Programmas darbu un tā rezultātiem, nodrošināt Programmas redzamību, un īstenot izglītības pasākumus.

Darba pakete Nr 1: KLIMATA MAINĪBAS IETEKME UZ NOTECI, BIOĢĒNO ELEMENTU PLŪSMĀM UN BALTIJAS JŪRAS REŽĪMU

1.1. Darba paketes pētījumu mērķis un uzdevumi

Darba paketes sākotnējie mērķi bija

1. Sagatavot klimata mainību raksturojošas hidrometeoroloģisko datu rindas (scenārijus)
2. Izveidot Latvijas virszemes ūdeņu un biogēnu noteces matemātisko modeli un veikt aprēķinus ar to, sagatavojot klimata mainību raksturojošas noteces datu rindas
3. Izveidot trīsdimensionālu okeanogrāfisku modeli Rīgas jūras līcim un veikt aprēķinus ar to, sagatavojot jūras stāvokļa datu rindas, kas atbilst klimata mainības scenārijiem
4. Sniegt modelēšanas un datu analīzes atbalstu citām darba paketēm

Darbu izpildes laikā mērķi tika nebūtiski modificēti, atbilstoši to sasniegšanas progresam un veiktajam izpētes darbam. Darba paketes uzdevumi, kas izpildīti mērķu sasniegšanai bija sekojoši:

1. Apzināt esošos reģionālos klimata mainības modeļus un pētījumus, kas ar tiem veikti (uzdevums 1. mērķa sasniegšanai).
2. Noteikt prasības scenāriju laika un telpas izšķirtspējai, ilgumam un tajos ietvertu datu nomenklatūrai (uzdevums 1. mērķa sasniegšanai).
3. Noteikt piekļuves noteikumus un iegūt reģionālo klimata modeļu datu rindas no vairākiem (vismaz 2) avotiem (uzdevums 1. mērķa sasniegšanai).
4. Definēt vairākus alternatīvus klimata mainības scenārijus (uzdevums 1. mērķa sasniegšanai).
5. Izveidot sateces baseina un hidroloģiskās modeļsistēmas ieejas datu specifiskācijas (uzdevums 2. mērķa sasniegšanai).
6. Virszemes ūdeņu noteces modelēšanai nepieciešamā modeļa un atbilstošās programmatūras izveide (uzdevums 2. mērķa sasniegšanai).
7. Izvēlētā pilotbaseinā hidroloģiskā režīma modelēšana ar konceptuālu un fizikālu modeli (uzdevums 2. mērķa sasniegšanai).
8. Modeļsistēmas kalibrācija un verifikācija (uzdevums 2. mērķa sasniegšanai).
9. Veikt ūdens noteces no Latvijas teritorijas skaitlisko modelēšanu ar sagatavoto modeli, izveidotajiem klimata maiņas scenārijiem, sagatavojot projekta nodevumu – upju noteces datu rindas mūsdienu klimatam un diviem klimata maiņas scenārijiem (uzdevums 2. mērķa sasniegšanai).
10. Modeļsistēmas papildināšana ar biogēnu noteces modelēšanas funkcionalitāti (uzdevums 2. mērķa sasniegšanai).
11. Kalibrēt biogēno vielu (slāpekļa un fosfora) noteces modeli (uzdevums 2. mērķa sasniegšanai).

12. Veikt biogēno vielu noteces no Latvijas teritorijas skaitlisko modelēšanu klimata maiņas scenārijiem, sagatavojot projekta nodevumu – biogēno vielu virszemes noteces datu rindas mūsdienu klimatam un diviem klimata maiņas scenārijiem (uzdevums 2. mērķa sasniegšanai).
13. Formulēt trīsdimensionālās jūras stāvokļa modeļsistēmas specifikācijas (uzdevums 3. mērķa sasniegšanai).
14. Izveidot klimata mainības scenārijiem atbilstošas modeļaprēķinu datu rindas Latvijai pieguļošās Baltijas jūras daļas fizikālajiem laukiem.
15. Identificēt pieejamos datus sateces baseina un jūras stāvokļa modeļsistēmu kalibrācijai un verifikācijai (uzdevums 2. un 3. mērķu sasniegšanai).
16. Baltijas jūras modelēšanas apgabala izvēle, aprēķinu režģa un dziļumu sadalījuma izveide modeļapgabalam (uzdevums 3. mērķa sasniegšanai).
17. Izstrādāt koncepciju izveidotā Baltijas jūras apakšapgabala trīsdimensionālā okeanogrāfiskā modeļa pielietošanai ilgtermiņa aprēķiniem (uzdevums 3. mērķa sasniegšanai).
18. Veikt jūras stāvokļa nestacionārus, trīsdimensionālus aprēķinus klimata maiņas un upju noteces scenārijiem, sagatavojot projekta nodevumu – jūras stāvokļa datu rindas mūsdienu klimatam un diviem klimata maiņas scenārijiem (uzdevums 3. mērķa sasniegšanai).
19. Izstrādāt viendimensionālu Rīgas jūras līča vertikālās stratifikācijas modeli un veikt jūras stāvokļa nestacionārus aprēķinus Rīgas jūras līcim mūsdienu klimatam un diviem klimata maiņas scenārijiem (uzdevums 3. mērķa sasniegšanai).
20. Detalizēt un saskaņot ar citām DP informācijas un nodevumu apmaiņas termiņus un saturu visam projekta periodam (uzdevums 4. mērķa sasniegšanai).
21. Latvijas klimata parametru mainības rakstura analīze un mainības tendenču analīze (uzdevums 4. mērķa sasniegšanai).
22. Ūdens noteces no Latvijas teritorijas skaitliskās modelēšanas rezultātu analīze mūsdienu klimatam un klimata mainības projekcijām (uzdevums 4. mērķa sasniegšanai).
23. Biogēno vielu (slāpekļa un fosfora savienojumu) noteces modelēšana Rīgas jūras līča sateces baseinam (uzdevums 4. mērķa sasniegšanai).
24. Atbalsts Rīgas jūras līča ekosistēmas modeļa pielietojumā kopā ar mūsdienu klimata un klimata maiņas scenārijiem atbilstošajiem biogēnu noteces un jūras stāvokļa modeļaprēķiniem (uzdevums 4. mērķa sasniegšanai).

1.2. Pētījumā iesaistītais personāls

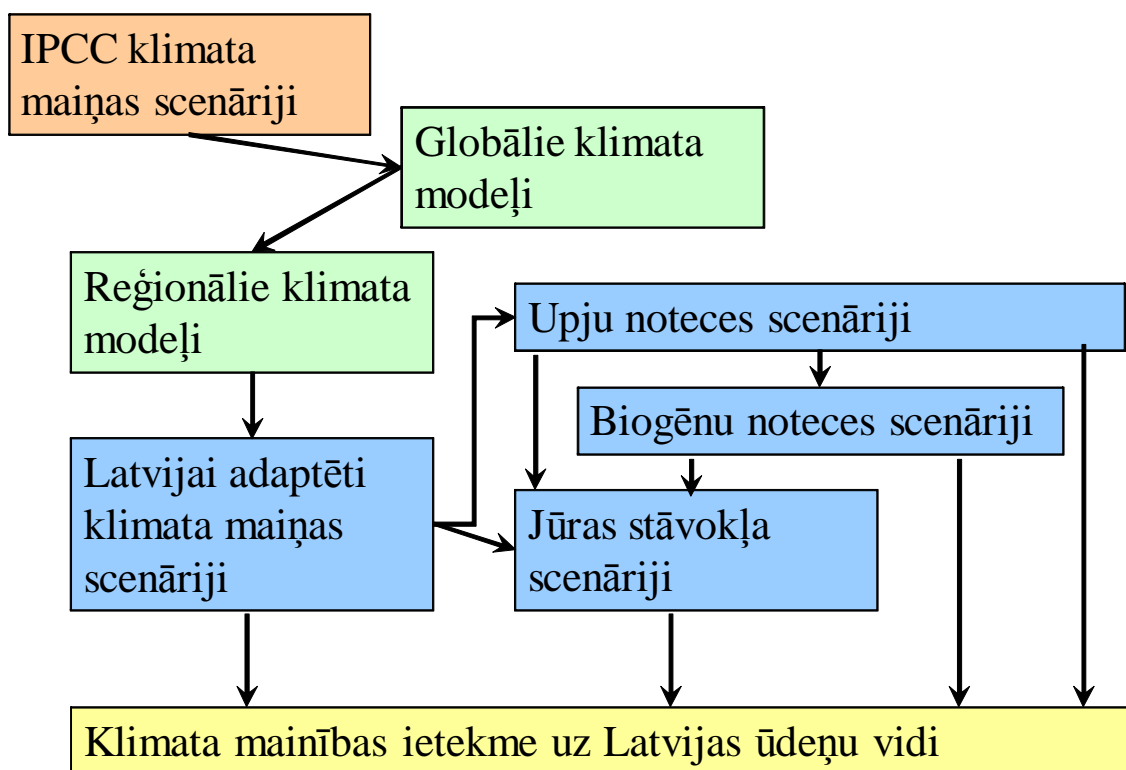
Darba paketes izpilde tika iesaistīts sekojošs Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes Vides un tehnoloģisko procesu matemātiskās modelēšanas laboratorijas personāls:

Uldis Bethers, Dr. fiz., vadošais pētnieks
Maksims Igoņins, Dr. fiz., pētnieks
Juris Senņīkovs, MSc.fiz., pētnieks
Andrejs Timuhins, MSc. fiz., pētnieks
Aigars Valainis, BSc. fiz., asistents
Inese Podjavo, BSc. vad.zin., asistente
Tija Sīle, BSc. fiz., asistente
Pēteris Bethers, asistents
Jūlija Gaideliene, asistente
Andris Ivbulis, inženieris
Laureta Buševica, projekta vadītāja asistente
Dzintra Holsta, metodiķe
Silvija Čerāne, lietvede

1.3. Pētījuma zinātniskie rezultāti

Pētījumu formāla shēma

Lai realizētu pirmās darba paketes uzdevumus, tika izstrādāta sekojoša informācijas plūsmu shēma (att.1.1, veicamie darbu bloki zilā krāsā). Klimata mainības scenārijus, kā siltumnīcas efektu izraisošo gāzu koncentrācijas projekcijas nākotnei izstrādā IPCC (sk. piemēram IPCC(2007)). Šos scenārijus tālāk lieto globālās atmosfēras cirkulācijas modelēšanai planetārā mērogā klimatiskiem laika mērogiem. Globālās cirkulācijas modeļu aprēķinu rezultātus tālāk „dinamiski mērogo” (dynamical downscaling) ar lokāliem atmosfēras modeļiem (jeb reģionālajiem klimata modeļiem). Līdz ar to izejas punkts klimata mainības projekciju pētījumiem Latvijas teritorijai ir reģionālo klimata modeļu (RKM) aprēķini. Konkrēta klimata mainības projekcija ietver (1) IPCC scenāriju, (2) izmantotos robežnosacījumus – globālo cirkulācijas modeli, (3) scenārijam un GCM atbilstošo RKM. Šādu projekciju kopums veido klimata mainības projekciju ansambli.



Att. 1.1. Informācijas plūsmas pētījumu programmas pirmajā darba paketē.

Lai sasniegtu pirmās darbu paketes nospraustos mērķus, tika izvēlēta sekojoša formālā shēma:

1. Klimata projekciju – RKM aprēķinu rezultātu – izvērtēšana un adaptācija Latvijas teritorijai.
2. Sagatavoto klimata mainības scenāriju pielietošana upju noteces aprēķinam ar hidroloģiskajiem modeļiem.
3. Klimata mainības scenāriju un tiem atbilstošo upju noteces scenāriju izmantošana biogēnu noteces modelēšanai no Latvijas teritorijas.
4. Klimata mainības scenāriju, tiem atbilstošo upju ūdens un biogēnu noteces scenāriju izmantošana jūras stāvokļa modelēšanai.

1.4. Klimata scenāriju sagatavošana

Ievads

Globālās cirkulācijas modeļaprēķinu rezultāti ir klimata parametru laika rindas modeļaprēķinu režģa punktos. GCM tiešu izmantošanu reģionālu klimata mainības ietekmju analizē limitē divi apsvērumi: (1) GCM rezultātos ir sistemātiskas kļūdas, salīdzinājuma ar mūsdienu klimata novērojumiem un (2) to telpiska izšķirtspēja (ap 300 km) parasti ir nepietiekama. Dinamiskā mērogošana ar reģionālajiem klimata modeļiem izmanto GCM aprēķinu rezultātus ka robeznosacījumus. RKM aprēķinu rezultāti sniedz klimatisko parametru laika rindas ar labāku telpisko izšķirtspēju (12-50 km), bet to rezultāti mūsdienu klimatam atšķiras no novērojumiem līdzīgi kā GCM rezultāti. Lai analizētu klimata izmaiņu ietekmes bieži izmanto tā saukt delta metodi, aplūkojot nevis nākotnes klimata parametrus, bet gan starpību starp RKM sniegtajām nākotnes klimata projekcijām un mūsdienu klimata aprēķiniem ar RKM. Tomēr, ja

paredzēts lietot RKM laika sērijas ka ieejas datus nelineāru turpmāko modeļu izmantošanai, tad delta metode nav izmantojama, Graham et al. (2007).

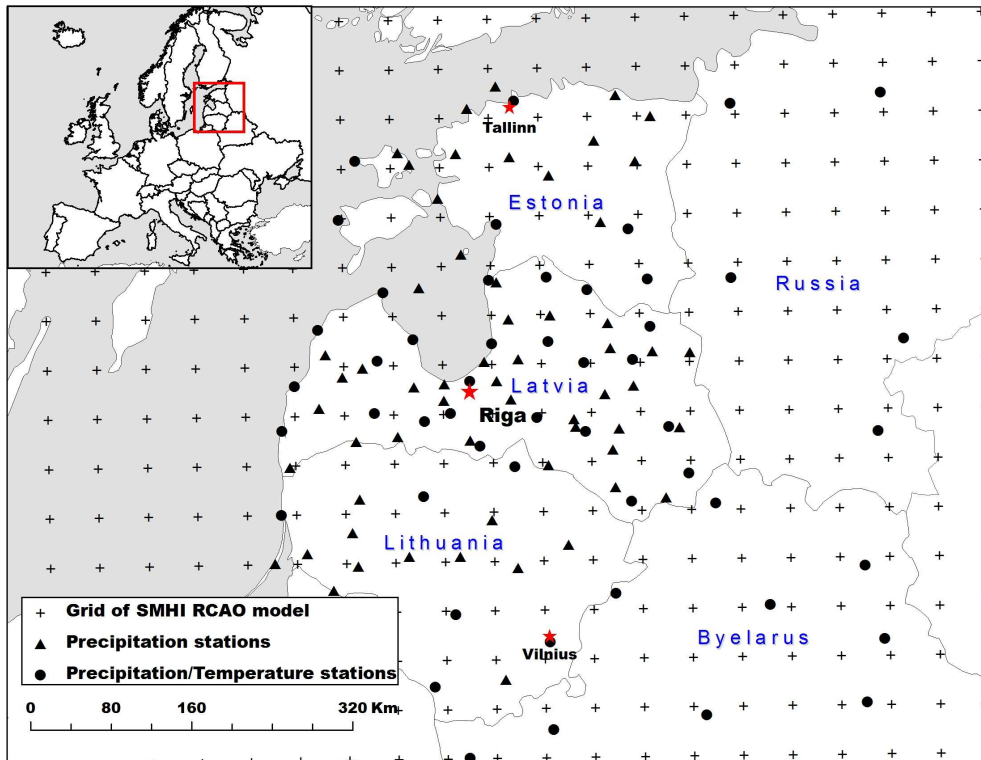
Mūsu nolūks bija RKM klimatisko datu rindas tālāk izmantot kā hidroloģisko modeļu ieejas datus. Atbilstoši Feddersen and Andersen (2005), nav ieteicams tieši izmantot klimata modeļu (GCM vai RKM) aprēķinus hidroloģiskajos modeļos bez to sistemātisko noviržu korekcijas. Šādas korekcijas metodes (jeb statistiskā mērogošana – statistical downscaling) ir, piemēram, kvantīļu metode mēnešu nokrišņu summas korekcijai Wood et al (2004). Diennakts nokrišņu summas korekcija GCM aprēķiniem, koriģējot mēnešu nokrišņu kumulatīvās sadalījuma funkcijas (KSF), ir veikta Ines and Hansen (2006). Mēs izveidojām metodi KSF korekcijai meteoroloģisko staciju novietojuma punktos, izveidojot KSF katrai gada dienai slīdošā laika intervālā. Aplūkotie meteoroloģiskie parametri bija diennakts vidējā temperatūra, diennakts nokrišņu summa un gaisa mitrums. KSF konstruēšanai mēs interpolējām RKM aprēķinus uz novērojumu stacijām.

Pētījumu izpildes laikā visplašākais RKM modeļaprēķinu apkopojums Eiropai bija pieejams PRUDENCE projekta ietvaros, Christensen et al., 2007. Šo modeļu telpiskā izšķirtspēja ir ap 50 km.

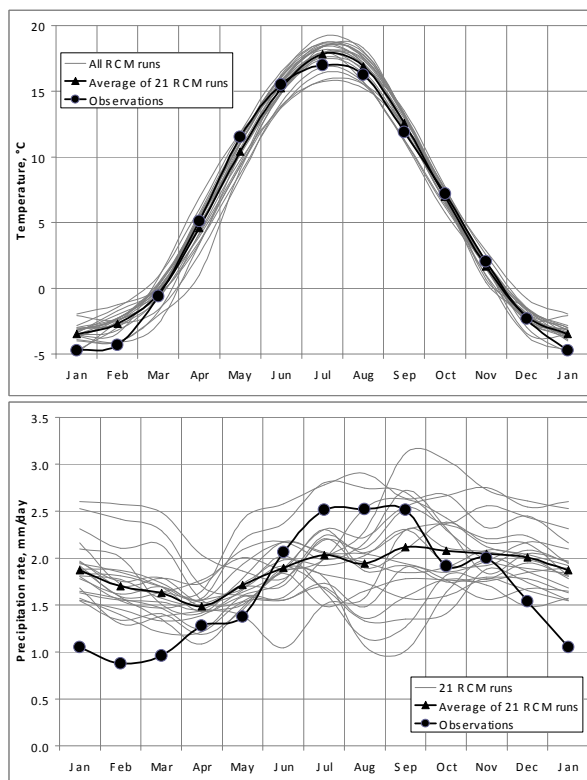
RKM salīdzinājums

PRUDENCE projekta ietvaros virkne RKM (kas parasti identificē arī konkrētu institūtu) un GCM kombināciju tika pielietoti 3 klimata apstākļu aprēķiniem: B2, A2 klimata mainības scenārijiem un mūsdienu klimatam, jeb kontroles periodam (1961-1990). Mēs lietosim aprēķinu nosaukumus, atbilstoši PRUDENCE nomenklatūrai (<http://prudence.dmi.dk>) formā organizācija/modelis/scenārijs. Aplūkoti 10 RKM: HIRHAM, HadCM3, CHRM, CLM, REMO, RCAO, RegCM, RACMO un Arpège. Šie modeļi lieto 5 GCM aprēķinu noteiktos robežnosacījumus: HadAM3H, ECHAM4/OPYC, ECHAM5, HadAM3P, and HadCM3. Modeļu veikspēja mūsdienu klimata atainojuma aprakstīta Jacob et al. (2007), bet klimata izmaiņu projekcijas analizētas Christensen and Christensen (2007).

Lai izvērtētu RKM veikspēju mēs izmantojām diennakts temperatūras un nokrišņu novērojumus 118 meteoroloģiskajās stacijās laika periodam 1961-1990. Datu avoti pamatā bija LVĢMA datu bāzes un European Climate Assessment & Dataset. Novērojumu staciju novietojumu sk. att. 1.2, aplūkotais apgabals ietver Latviju, Igauniju, Lietuvu, ka arī daļu no Baltkrievijas un Krievijas.



1.2.attēls. Novērojumu staciju izvietojums un SMHI/RCAO RKM aprēķinu režģis.



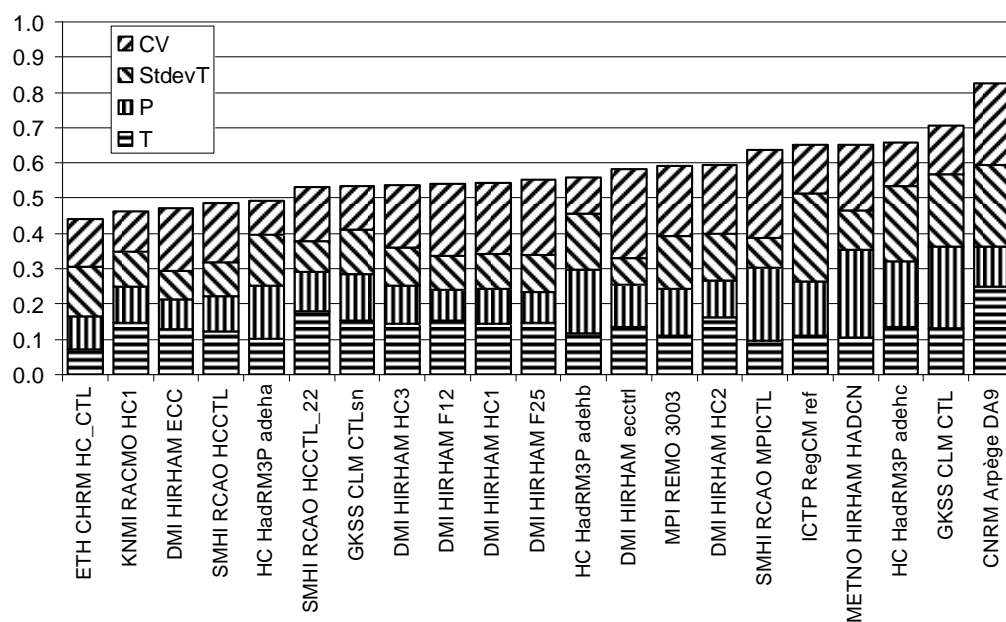
1.3. attēls. Mēnešu vidējā temperatūra (pa kreisi) un nokrišņu intensitāte (pa labi) Rīgā. Novērojumi, RKM aprēķini un to vidējās vērtības.

Mēnešu vidējās novērojumu un RKM aprēķinu vērtības temperatūrai un nokrišņiem laika periodam 1961-1990 Rīgā ir attēlotas att. 1.3. Visi modeļi labi apraksta temperatūras sezonālo ciklu, mēnešu vidējās vērtības modeļu ansablī no novērotajām atšķiras par -0.2 līdz 2.8°C janvārī un par -1.2 līdz 2.2°C jūlijā. Vidējā kvadrātiskā novirze (RMSE) mēnešu vidējām temperatūrām dažādiem modeļiem svārstās starp 0.9 un 1.6°C, bet maksimālās mēnešu vidējo temperatūru novirzes ir starp 1.8 un 4.1°C. Mēnešu vidējo nokrišņu summas RMSE Rīgā ir starp 0.45 un 0.95 mm/day, kas sastāda 26% - 45% no gada nokrišņu summas. Dažādu modeļu maksimālās novirzes atsevišķiem mēnešiem variē no 64% līdz 160%. Visi modeļi pārspīlē ziemas (Dec-Mar) nokrišņu daudzumu (līdz 2 reizēm). Lielākā daļa no modeļiem uzrāda samazinātu (par aptuveni 30%) vasaras (Jūl-Sep) nokrišņu daudzumu.

Lai aprakstītu modeļu veikspēju (skill assessment) mēs lietojām kompleksu novirzes funkciju (penalty function), kas ietvēra RKM atbilstību pēc mēnešu vidējās temperatūras, nokrišņu summas, to starpgadu un teritoriālās mainības. Šāda pieeja ļauj kvantitatīvi izmērīt modeļu spēju atainot kontroles perioda klimatu. Apzīmējot ar indeksu i konkrētu modeļaprēķinu, tā novirzes funkcija K_i ir

$$K_i = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta T_i}{\max_i \Delta T_i} + \frac{\Delta p_i}{\max_i \Delta p_i} + \frac{\Delta D_{T_i}}{\max_i \Delta D_{T_i}} + \frac{\Delta CV_i}{\max_i \Delta CV_i} \right).$$

Novirzes funkcijas saskaitāmie raksturo konkrētā RKM aprēķina neatbilstību pēc (1) mēneša vidējās temperatūras (ΔT_i), (2) mēneša vidējā nokrišņu daudzuma (Δp_i), (3) diennakts temperatūru sadalījuma standartnovirzes (ΔD_{T_i}), (4) nokrišņu variācijas koeficienta (CV ir diennakts nokrišņu sadalījuma standartnovirzes dalījums ar vidējo nokrišņu daudzumu) (ΔCV_i). Katra no novirzes funkcijas daļām ir normalizēta pret to maksimālo vērtību starp RKM.



1.4. attēls. Novirzes funkcija un tās komponentes aplūkotajiem RKM.

Katra konkrēta parametra (piemēram, T) novirze tika aprēķināta, ievērojot visus gada mēnešus (indekss m), novērojumu stacijas (indekss s). Novirze tika konstruēta kā kvadrātiskā starpību summa starp novērotajām ($\bar{T}_{s,m}^*$) un modelētajām ($\bar{T}_{i,s,m}$) mēnešu vidējām parametru vērtībām:

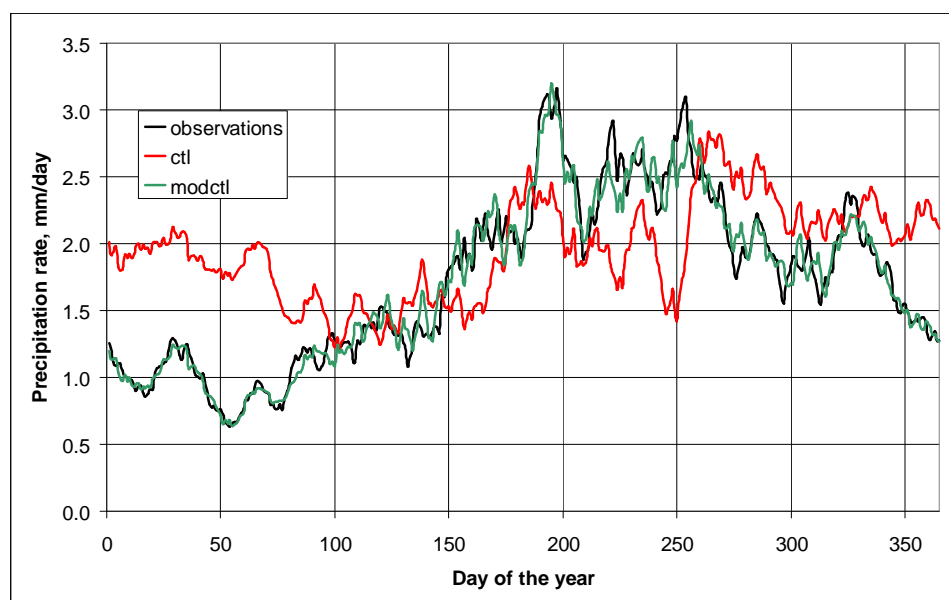
$$\Delta T_i = \frac{1}{N} \sum_{s,m} \frac{(\bar{T}_{i,s,m} - \bar{T}_{s,m}^*)^2}{T_{\max}}, \quad T_{\max} = \max_{i,s,m} \left((\bar{T}_{i,s,m} - \bar{T}_{s,m}^*)^2 \right), \quad N = \sum_{s,m} 1.$$

$\bar{T}_{i,s,m}$ vērtības tika iegūtas telpiski interpolējot RKM rezultātus uz novērojumu stacijām ar ģeotelpiskā kriginga metodi, un pēc tam aprēķinot mēnešu vidējās vērtības. Katra no 4 novirzes komponentēm tika normalizēta pret tās maksimālo vērtību, tādējādi bezdimensionālo parametru summēšana ļauj mērīt modeļu veikspēju K intervāla no 0 līdz 1.

Novirzes funkcijas vērtības visiem aplūkotajiem modeļiem apkopotas 1.4. attēlā. Korelācijas koeficienti starp novirzes funkciju un tās komponentēm – ΔT , ΔP , ΔD_T un ΔCV ir, attiecīgi 0.23, 0.63, 0.59 un 0.33. Tātad kopumā “prasmīgākie” modeļi labāk ataino arī atsevišķu klimata parametru sadalījumus.

RKM modifikācijas metode

RKM aprēķinu rezultātu modificēšanas mērķis ir to sistemātisko kļūdu korekcija, lai novērstu temperatūras un nokrišņu datu neatbilstību kontroles periodā mūs interesējošā reģionā.



1.5. attēls. 11-dienu slīdošā vidējā nokrišņu intensitāte. Novērojumi, nemodificētie RKM (SMHI RCAO HCTL) aprēķini (ctl) un modificētie RKM aprēķini (modctl).

Neatbilstības korekcijas pamatā ir modeļaprēķinu kumulatīvās sadalījuma funkcijas (KSF) maiņa. Mēs izstrādājām vienotu metodiku temperatūras un nokrišņu korekcijai. Apzīmējot aplūkojamo parametru (T vai p) ar x, bet tā KSF ar F(x), transformācija,

kas maina RKM modeļaprēķina diennakts vērtību kontroles periodā (x_{ctl}) uz tās koriģēto vērtību (x_{modctl}) konkrētā novērojumu stacijā ir

$$x_{modctl} = F_{obs}^{-1}(F_{ctl}(x_{ctl}))$$

Šeit F_{ctl} ir parametra x KSF, kas aprēķināta no RKM kontroles perioda (nemodificētajiem) rezultātiem, F_{obs}^{-1} ir novērotā parametra x KSF inversija. Katrā novērojumu stacijā mēs konstruējam parametra x novirzi ($\Delta x(F) = x_{modctl} - x_{ctl}$), kas ir kumulatīvās varbūtības F funkcija. Šo funkciju $\Delta x(F)$ pēc tam var telpiski interpolēt uz jebkuru aplūkojamā apgabala punktu. Līdz ar to, lai iegūtu modificēto RKM vērtību jebkurā punktā, jāveic sekojošas darbības: (1) RKM laika rindu interpolācija uz šo punktu un KSF konstrukcija, (2) novirzes funkcijas $\Delta x(F)$ interpolācija uz punktu, (3) parametra x_{ctl} vērtības transformācija pēc formulas

$$x_{modctl} = x_{ctl} + \Delta x(F_{ctl}(x_{ctl}))$$

KSF tika konstruētas katrai gada dienai slīdošā laika logā +/-5 dienas; tādējādi KSF tika konstruētas no 330 aplūkojamā parametra (T vai p) vērtībām. Mēs uzskatām, ka pārklājošos intervālu izmantošana KSF konstrukcijā dod būtiski gludākas transformācijas funkcijas, salīdzinājumā ar Ines and Hansen (2006).

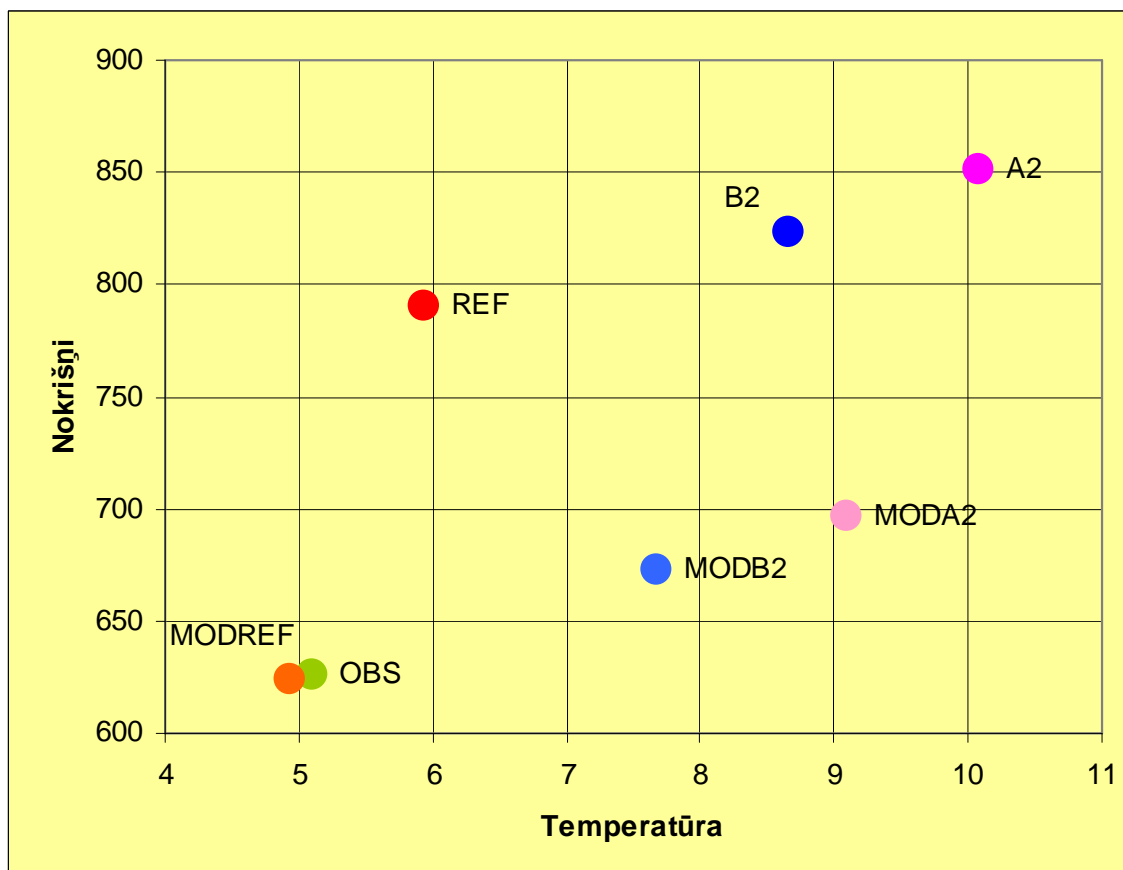
11-dienu slīdošās vidējās nokrišņu intensitātes grafiks parādīts att. 1.5. Nemodificētās nokrišņu intensitātes vērtības būtiski atšķiras no novērotajām. Modifikācijas metode koriģē RKM aprēķinu vērtību "līmeni", mazā laika mēroga saglabājot tā aprēķinu mainības raksturu.

Aprakstīto klimata datu transformācijas metodi mēs pielietojām arī nākotnes klimata projekcijām, izmantojot pamatpieņēmumu, ka novirzes funkcija (t.i. modeļa sistemātiskā kļūda) $\Delta x(F)$ katrai varbūtībai F ir tā pati gan kontroles periodā, gan arī klimata mainības scenārijos. Lai iegūtu modificēto parametra x vērtību nākotnes scenārijam ($x_{modscen}$) no nemodificētās RKM klimata projekcijas (x_{scen}) mēs lietojam formulu

$$x_{modscen} = x_{scen} + \Delta x(F_{scen}(x_{scen}))$$

Nākotnes klimata projekcijas Latvijai

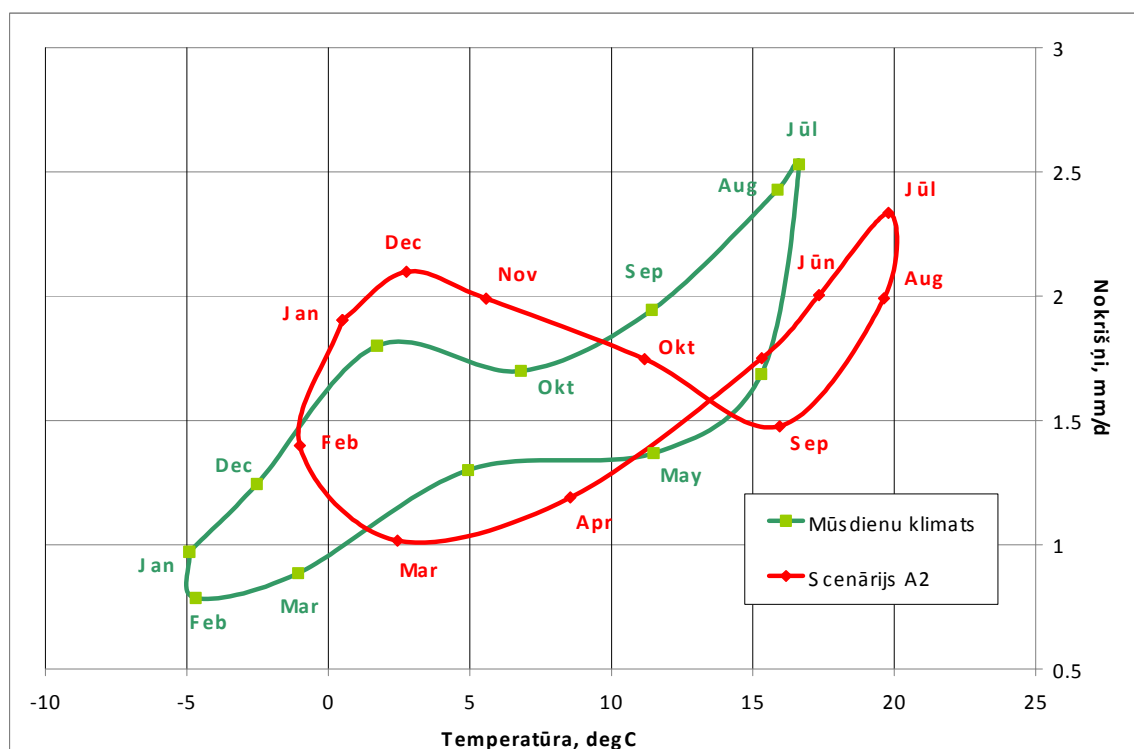
Atbilstoši sadaļu 3.2.2 – 3.2.3 pieejai, Latvijas teritorijai tika izgatavotas klimatiskas 30 gadus garas temperatūras, nokrišņu un relatīvā mitruma datu rindas ar laika izšķirtspēju 1 diennakts, kas atbilst mūsdienu klimatam, klimata mainības scenārijiem B2 un A2. Šādas datu rindas uzskatāmas par „virtuāliem novērojumiem”, kuru analizēšanā var izmantot tādas pašas metodes, kā novērojumu datu rindu analizē.



1.6. attēls. Gada vidējās temperatūras un nokrišņu daudzuma projekcijas.

Tipisks integrālais sagaidāmās klimata mainības raksturs parādīts att. 1.6. kā gada vidējās temperatūras un nokrišņu daudzuma vērtības. Sagaidāms, ka gada vidējā temperatūra pieaugs par 2,6 līdz 4,0 grādiem, bet nokrišņu daudzums pieaugs par 8 līdz 12 procentiem.

Temperatūras un nokrišņu sezonālā gaita kā raksturīgas mēnešu vidējās vērtības atspoguļotas att. 1.7. Sagaidāms, ka nākotnes klimata projekcijām atbilstošus laika apstākļus raksturo (1) būtiski īsākas (pat par 3 mēnešiem) ziemas, kas reducēsies uz februāra mēnesi, (2) pavasara iestāšanās par pusmēnesi agrāk, (3) par diviem mēnešiem garāka vasara (maijs-septembris), (4) patīkamas, relatīvi sausas un siltas atvasaras (oktobris, novembra sākums), (5) lietaināks, garāks „rudens” (ieskaitot janvāri).



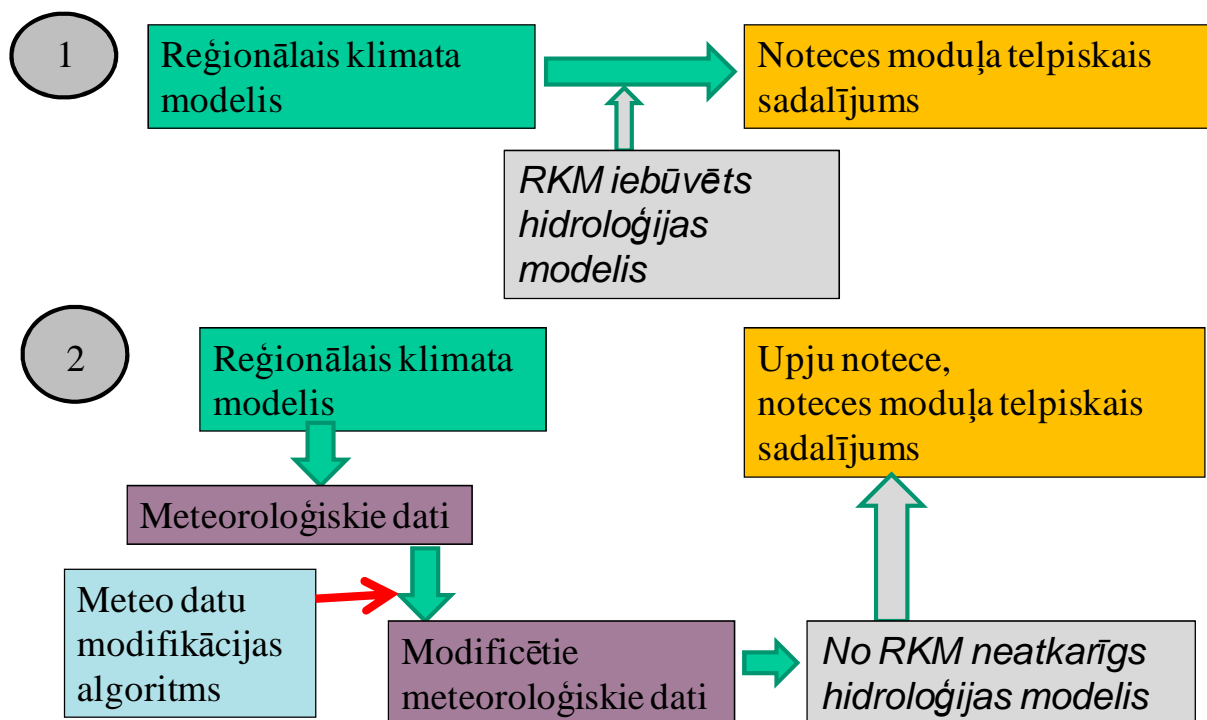
1.7. attēls. Mēnešu vidējās temperatūras un nokrišņu intensitātes vērtības Dobelē. Mūsdienu klimats un klimata maiņas projekcija A2.

Upju noteces mainības projekciju izpēte

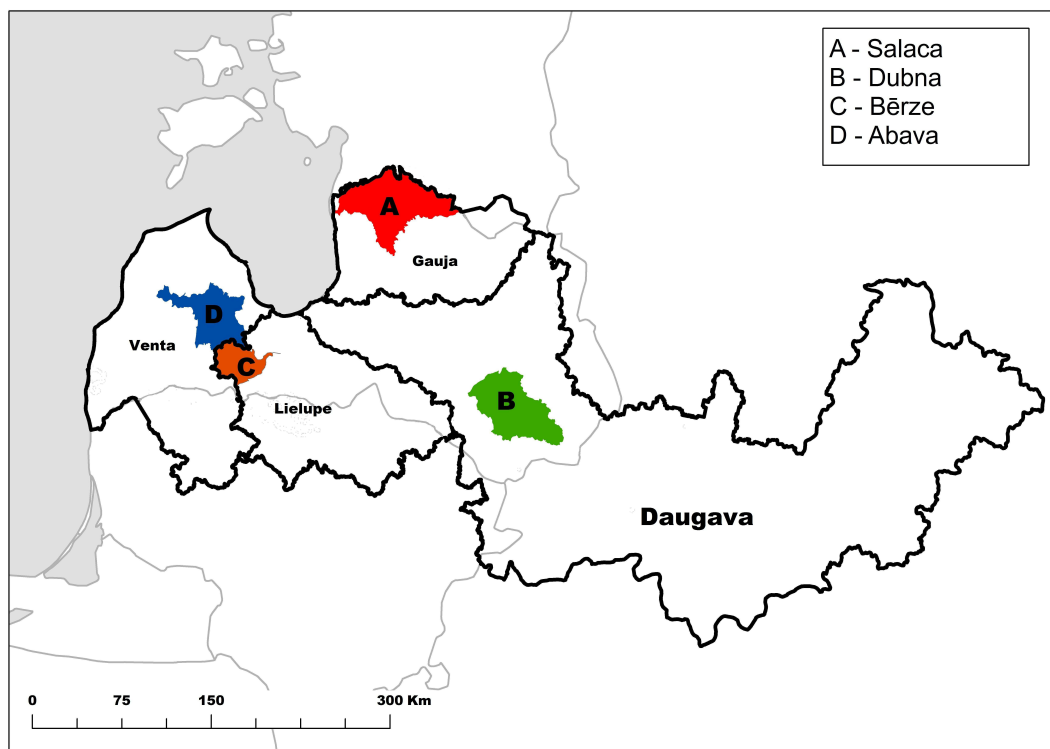
Lai noteiktu klimata mainības projekcijām atbilstošās upju noteces izmaiņu tika lietota modeļu dubultansambļu pieeja; tai atbilstošās informācijas plūsmas ilustrētas att. 1.8.

Katrā no RKM ir iebūvēta hidroloģiskās modelēšanas komponente. Tās aprēķinu rezultāti ir noteces moduļa telpiskais sadalījums uz RKM aprēķinu režģa. Sistemātisko RKM kļūdu dēļ šos noteces moduļa modeļaprēķinus nevar izmantot kā ikdienas noteces vērtības, bet ir iespējama delta metodes izmantošana, lai no RKM ansambļa izvērtētu integrālo noteces raksturlielumu izmaiņu.

Alternatīva pieeja ir lietot koriģētus RKM klimatiskos parametrus (atbilstoši sadaļas 3.2.3 metodikai) kā hidroloģisko modeļu ieejas datus. VPP ietvaros mēs lietojām 3 hidroloģiskos modeļus – DHI (2008) konceptuālo modeli MIKE BASIN un fizikālos procesus aprakstošo modeli MIKE SHE, kā arī oriģinālo programmatūru FiBASIN, Bethers & Senņikovs (2007). Šie hidroloģiskie modeļi veido otru modeļu ansambli.



1.8. attēls. Informācijas plūsmas upju noteces izmaiņu aprēķinam.

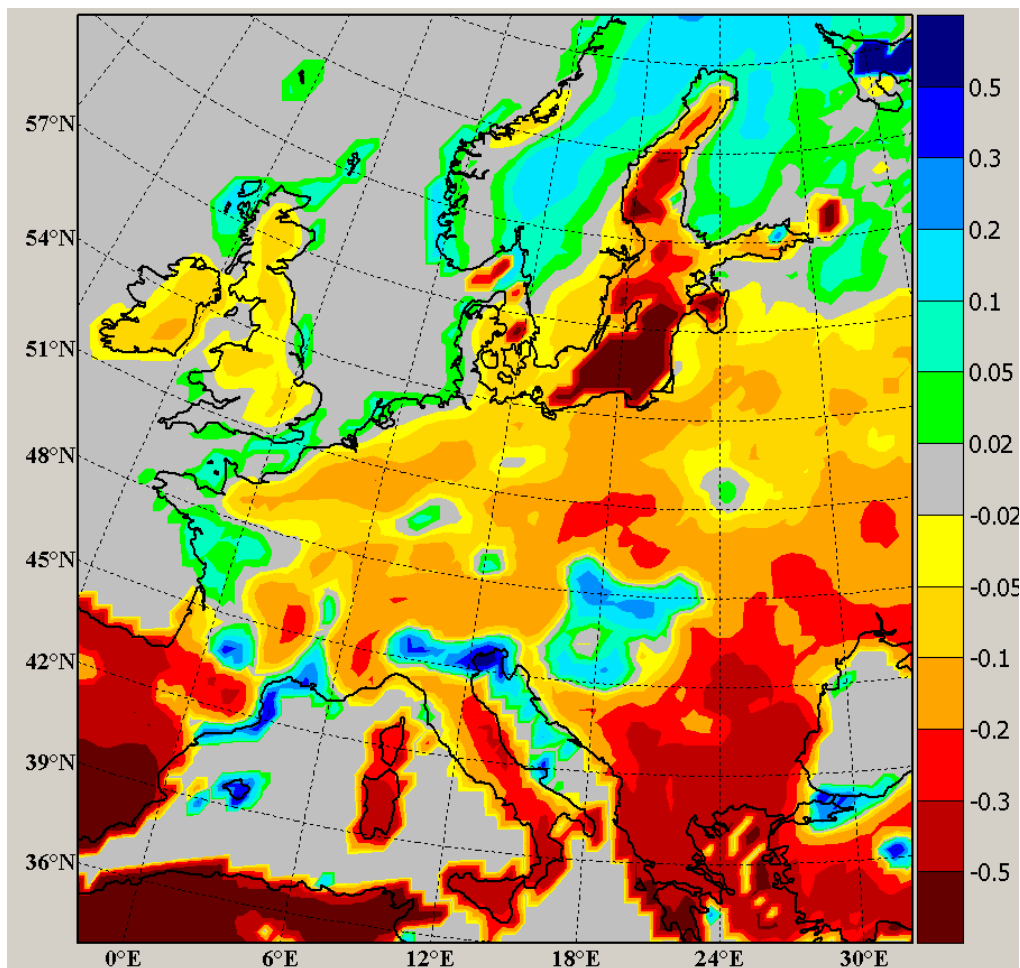


1.9. attēls. Aplūkotie Latvijas UBA un pilotbaseini.

MIKE BASIN modelis tika izveidots un kalibrēts visiem ūdensobjektiem Latvijas UBA, bet pārējie modeļi – izvēlētiem pilotbaseiniem, sk. att. 1.9. Visi modeļi tika kalibrēti mūsdienu klimata laika periodam (1961-1990), balstoties uz upju caurplūduma novērojumu apkopojumu Zīverts & Strūbergs (2000).

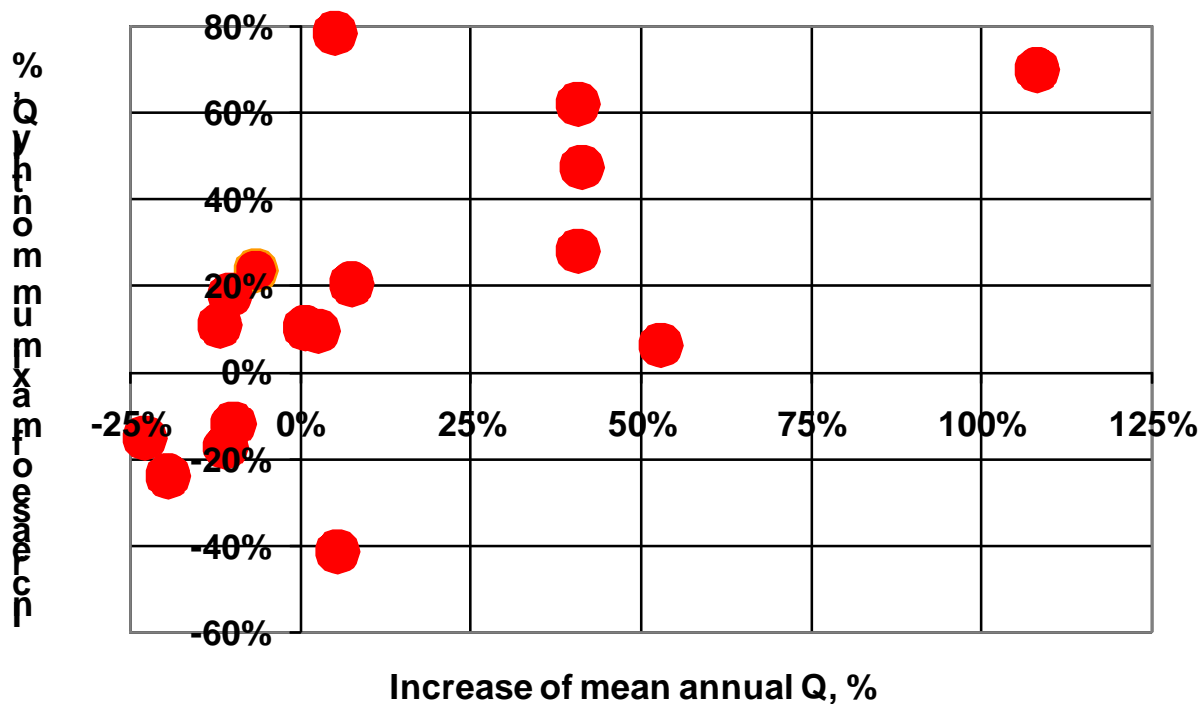
Upju noteces mainība atbilstoši RKM ansamblim

Atbilstoši RKM aprēķinu rezultātiem Latvija atrodas zonā, kurā klimata mainības izraisītās upju noteces izmaiņas ir nelielas, ar tendenci notecei samazināties. Ilustrācijai sk. att. 1.10, kurā parādīts viena RKM aprēķinātā gada vidējās noteces izmaiņa Eiropai klimata mainības scenārijam A2.



1.10. attēls. SMHI/RCAO modeļa projicētas gada vidējā noteces moduļa izmaiņas (klimata scenārija A2 salīdzinājums ar mūsdienu klimatu).

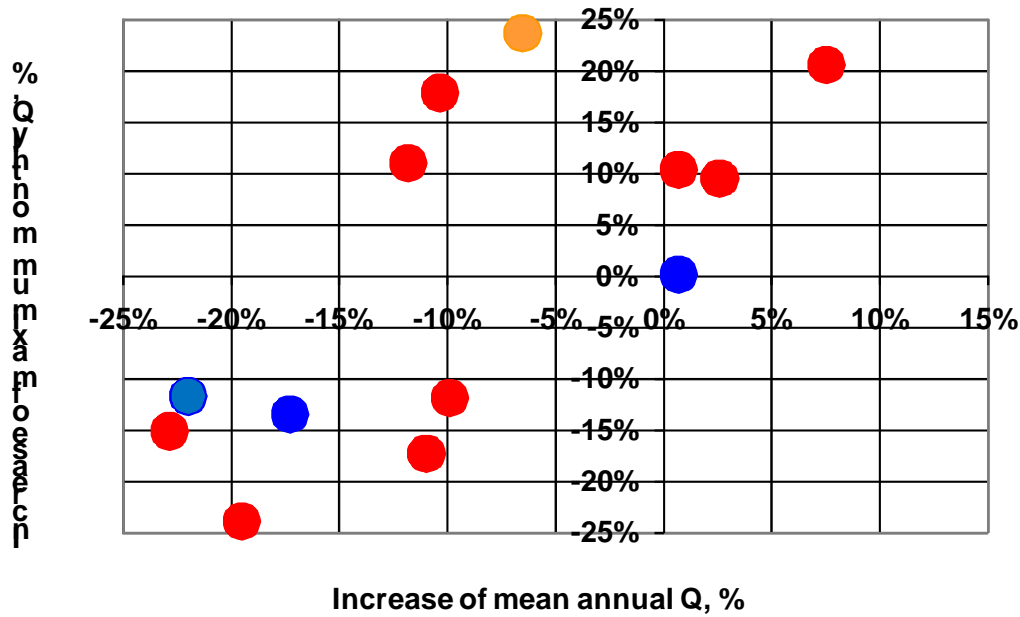
RKM ansambļa projicētās upju hidroloģisko raksturlielumu izmaiņas parādītas att. 1.11. (horizontālā ass atbilst gada vidējam caurplūduma izmaiņām, vertikālā ass maksimālo mēneša vidējo vērtību izmaiņām, punkti atbilst atsevišķiem RKM). Salīdzinājums veikts starp klimata maiņas scenāriju A2 un mūsdienu klimatu Bēzres upe baseinam. Redzams, ka RKM ansambļa rezultāti liecina par būtisku nenoteiktību gan gada vidējās vērtības, gan maksimālās mēneša vidējās vērtības projekcijās.



1.11. attēls. Gada vidējā caurplūduma un maksimālā mēneša vidējā caurplūduma izmaiņas starp mūsdienu klimatu un tā maiņas scenāriju A2. Bērzes baseins. RKM ansambļa rezultāti.

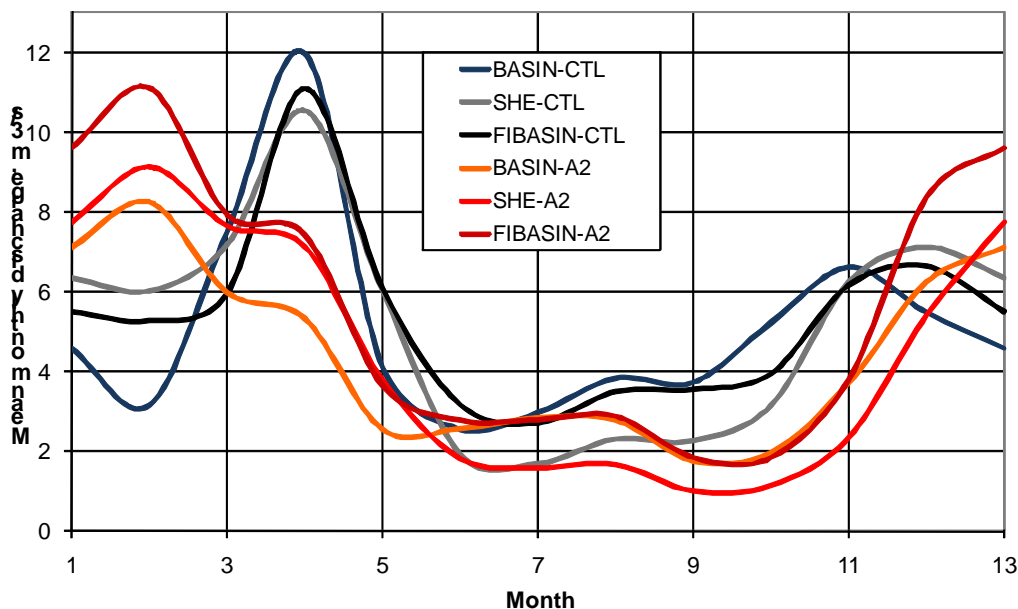
Upju noteces mainība atbilstoši hidroloģisko modeļu ansamblim

Veicot hidroloģisko modelēšanu ar hidroloģisko modeļu ansambli (informācijas plūsmas 1.2., att. 1.8.) nenoteiktība par caurplūduma maiņas raksturu samazinās, sk. att. 1.12. Šajā attēlā zilie punkti atbilst 3 izmantotajiem hidroloģiskajiem modeļiem.

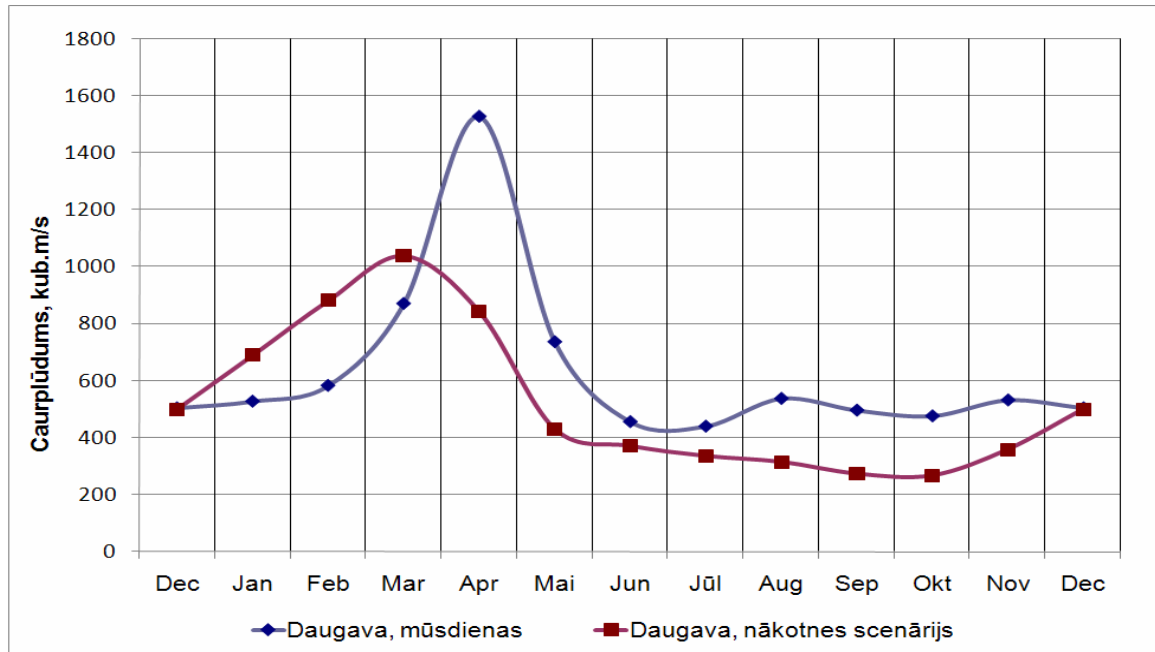


1.12. attēls. Gada vidējā caurplūduma un maksimālā mēneša vidējā caurplūduma izmaiņās starp mūsdienu klimatu un tā maiņas scenāriju A2. Bēzres baseins. RKM un hidroloģisko modeļu ansambļu rezultāti.

Hidroloģisko modeļu lietošana upju noteces aprēķinos ļāva iegūt ikdienas upju noteces datu rindas klimatiskiem laika periodiem, kas atbilst mūsdienu klimatam un klimata maiņas scenārijiem B2 un A2. Šādas datu rindas izmantojamas hidroloģiska režīma analīzei, līdzīgi kā upju caurplūduma datu rindas.



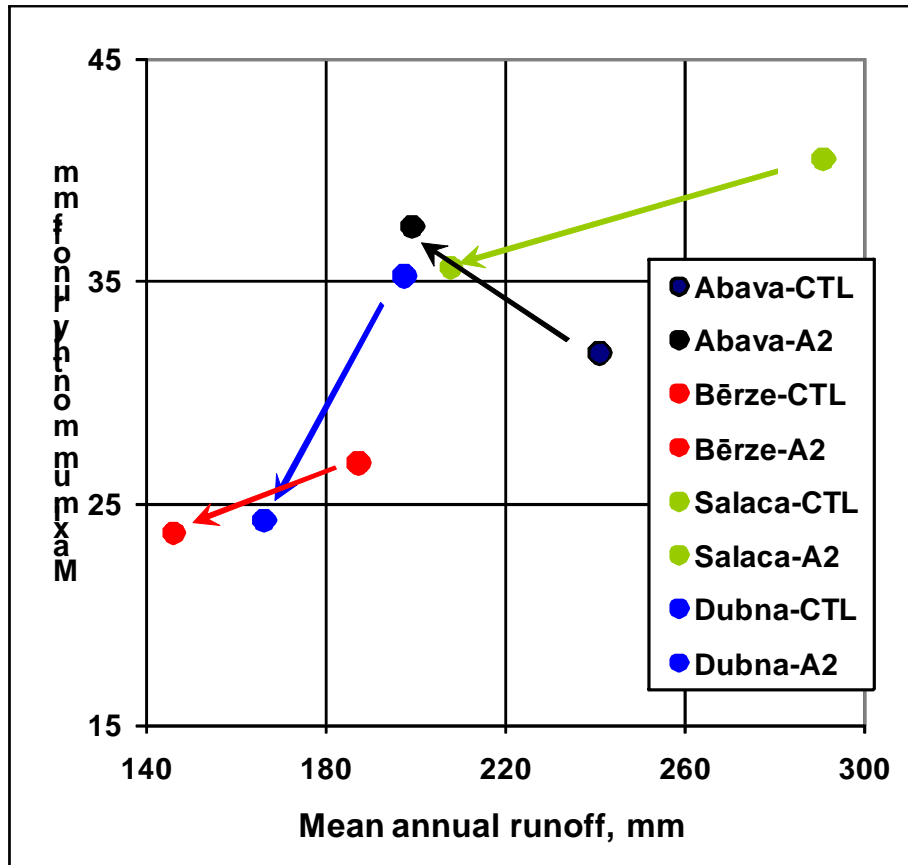
1.13. attēls. Mēneša vidējais Bēzres caurplūdums aprēķināts ar hidroloģisko modeļu ansambli. Mūsdienu klimats un klimata maiņas projekcija A2.



1.14. attēls. Mēneša vidējie caurplūdumi Daugavā (ietece jūrā). Mūsdienu klimats un klimata maiņas projekcija A2. Aprēķins ar MIKE BASIN.

Att. 1.13. raksturo modeļansambļa atšķirības sezonālā hidroloģiskā griezumā nelielai upei (Bērze), bet att. 1.14. parāda sezonālā cikla izmaiņas lielai upei (Daugava). Savukārt att. 1.15. attēlotas gada integrālo parametru izmaiņas pilotbaseiniem, kas raksturo sagaidāmo upju noteces režīma teritoriālo mainību. Kopumā sagaidāms, ka klimata mainības rezultātā (1) upju notece Latvijā samazināsies par 0-20%, (2) sezonālās un reģionālās izmaiņas būs nozīmīgākas par gada vidējo vērtību izmaiņām, un ietvers

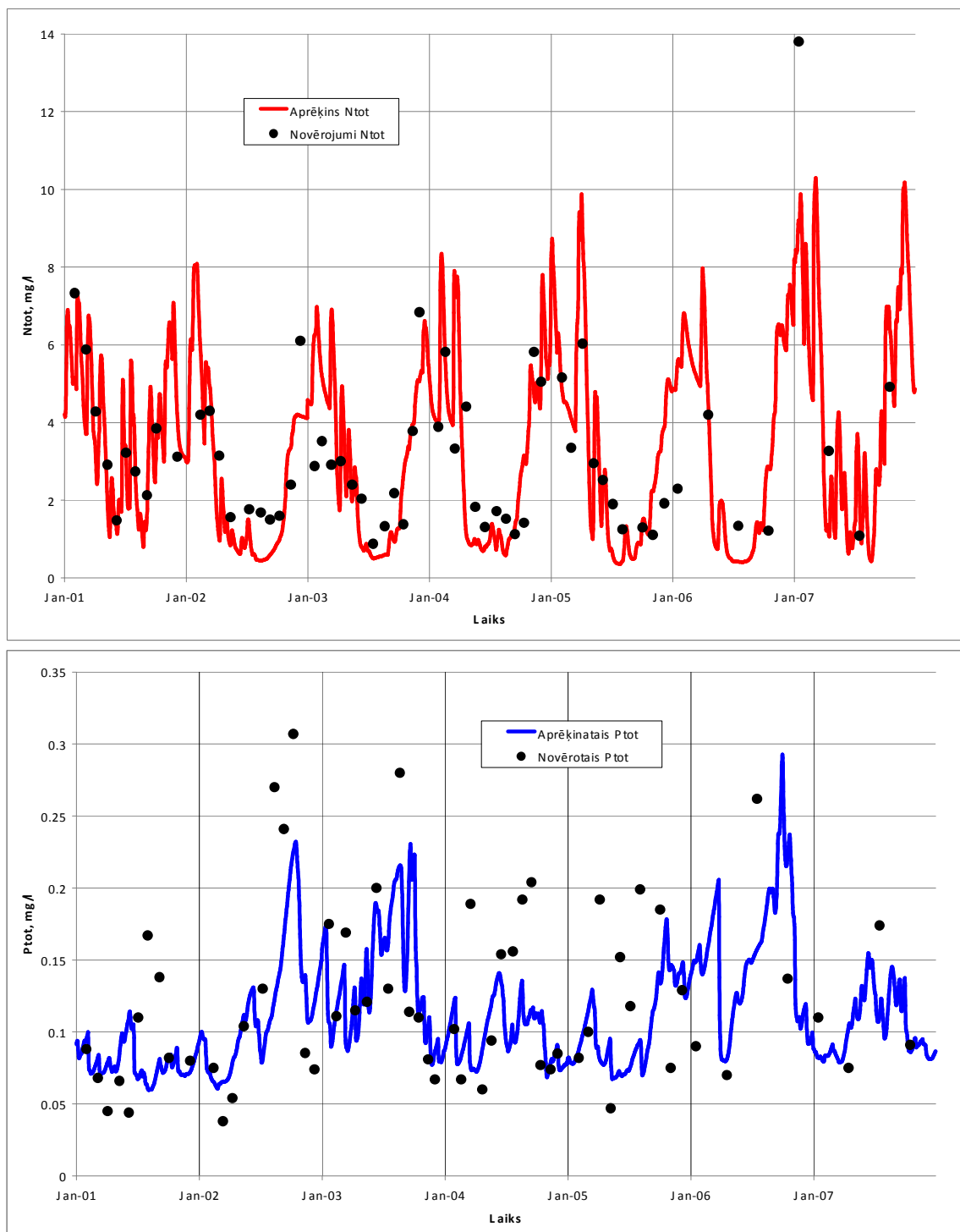
- Nozīmīgu pavasara palu samazināšanos un iestāšanos vismaz vienu mēnesi agrāk
- Ievērojamu ziemas caurplūduma pieaugumu
- Būtisku vasaras mazūdens perioda pagarinājumu un noteces samazināšanos tā laikā
- Reģionālo atšķirību samazināšanos Latvijā, jo īpaši starp rietumu un ziemeļu hidroloģiskajiem rajoniem un centrālo un austrumu hidroloģiskajiem rajoniem.



1.15. attēls. Gada vidējā caurplūduma un maksimālā mēneša vidējā caurplūduma izmaiņas starp mūsdienu klimatu un tā maiņas scenāriju A2. Pilotbaseini. Aprēķins ar MIKE BASIN.

1.4.1. Biogēnu noteces projekcijas

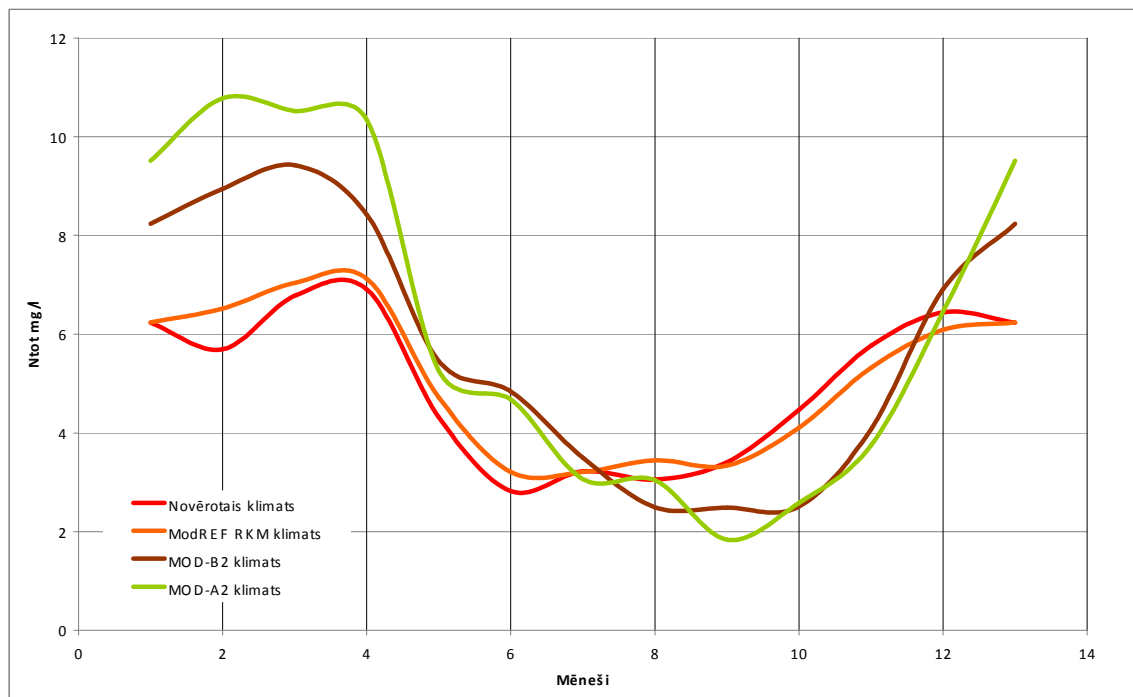
Biogēnu noteces modelēšanai projekta ietvaros tika izmantots MIKE BASIN un MIKE SHE modeļi. Modeļu sistēmas izveide ietvēra zemes lietojuma, apauguma, augšņu tipa ģeotelpiskā sadalījuma izveidi, datu apkopojuma par punktveida un difūzajiem piesārņojuma avotiem. Modeļsistēmas kalibrācija tika veikta diviem biogēno vielu kompleksiem (N-tot un P-tot) Lielupes UBA, laika periodam 2001-2007.gg. Kalibrācijas rezultāti atspoguļoti izvēlēta novērojumu punktā att. 1.16.



1.16. attēls. Aprēķinātās un novērotās biogēnu koncentrācijas (augšā – N_{tot}, apakšā P_{tot}) Lielupē, 2,5 km augšpus Jelgavas. MIKE BASIN modeļaprēķini.

Kaut arī modeļu kalibrācija un veikspēja bija apmierinoša, darbu gaita parādīja, ka nav reāli veikt modelēšanu kontroles periodam visai Latvijas teritorijai, jo laika periodam 1961-1990 nav pieejami ne ģeotelpiskie dati (zemes lietojums, piesārņojuma avoti), ne pietiekoši aptveroši biogēnu koncentrāciju novērojumi. Līdz ar to modelēšanai būtu jāizmanto pēdējo gadu (2001 un vēlāk) dati. Vēl būtiskāka ir nenoteiktība, kas saistās ar nākotnes scenāriju modelēšanu. Var sagaidīt, ka izmaiņas

zemes lietojumā, veģetācijas raksturā un lauksaimniecības praksē atstās daudz būtiskāku ietekmi uz biogēnu noteci nekā klimata izmaiņas. Tādēļ biogēnu noteces modeļaprēķini šī projekta ietvaros būtu jāuzlūko kā ilustratīvi. Att. 1.17 parādītas mēneša vidējās N_{tot} koncentrācijas Bēzres baseinā pieņemot, ka nākotnes scenārijiem saglabāsies patreizējais zemes lietojums, apaugums un piesārņojuma avoti.

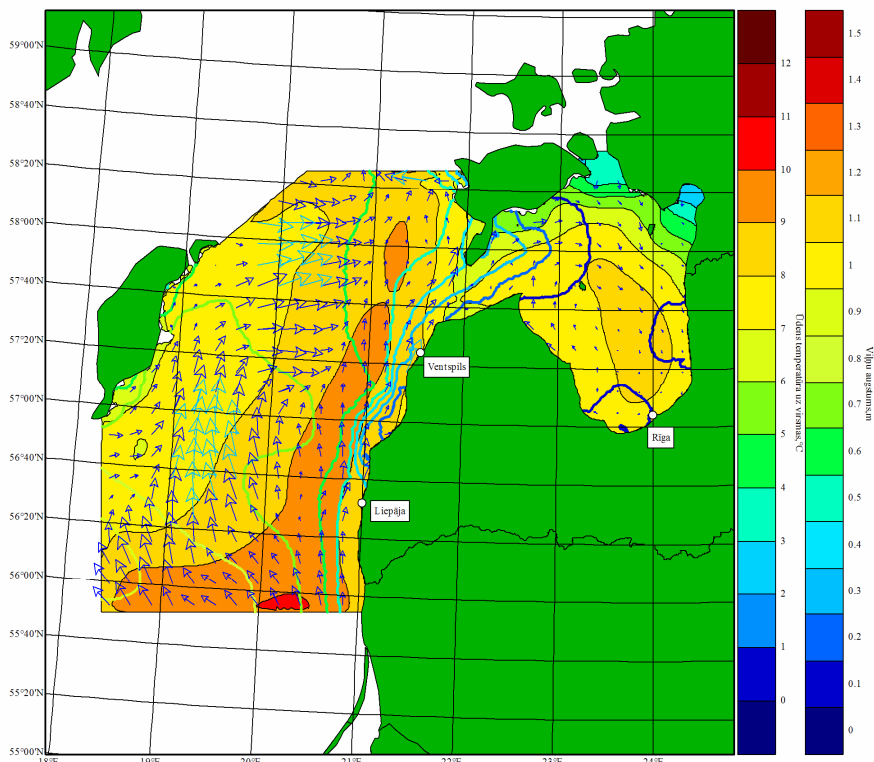


1.17. attēls. Aprēķinātās N_{tot} koncentrācijas notecei no Bēzres baseina. Novērotais klimats un RKM modeļaprēķinu klimats (modificēts – kontroles periods un klimata maiņas scenāriji B2, A2) MIKE BASIN modeļaprēķini.

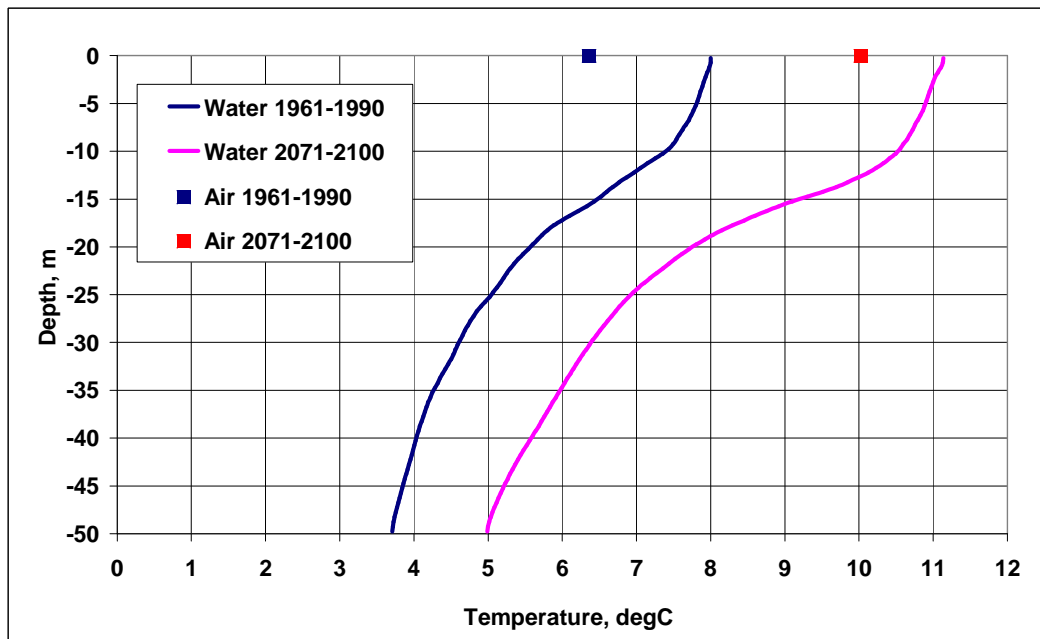
Modeļaprēķini parāda, ka saglabājoties patreizējai kopējai biogēnu notecei, sagaidāmas sekojošas izmaiņas: (1) kopējais biogēnu koncentrācijas pieaugums, kas saistīts ar noteces samazināšanos, (2) nozīmīgs biogēnu koncentrācijas pieaugums ziemas mēnešos, kas saistīts ar pastiprinātu izskalošanos no augsnes siltajās ziemās, (3) ilgstošāka zemu biogēnu koncentrāciju saglabāšanās rudenos, kas saistīts ar veģetācijas perioda pagarināšanos.

Jūras stāvokļa modelēšana

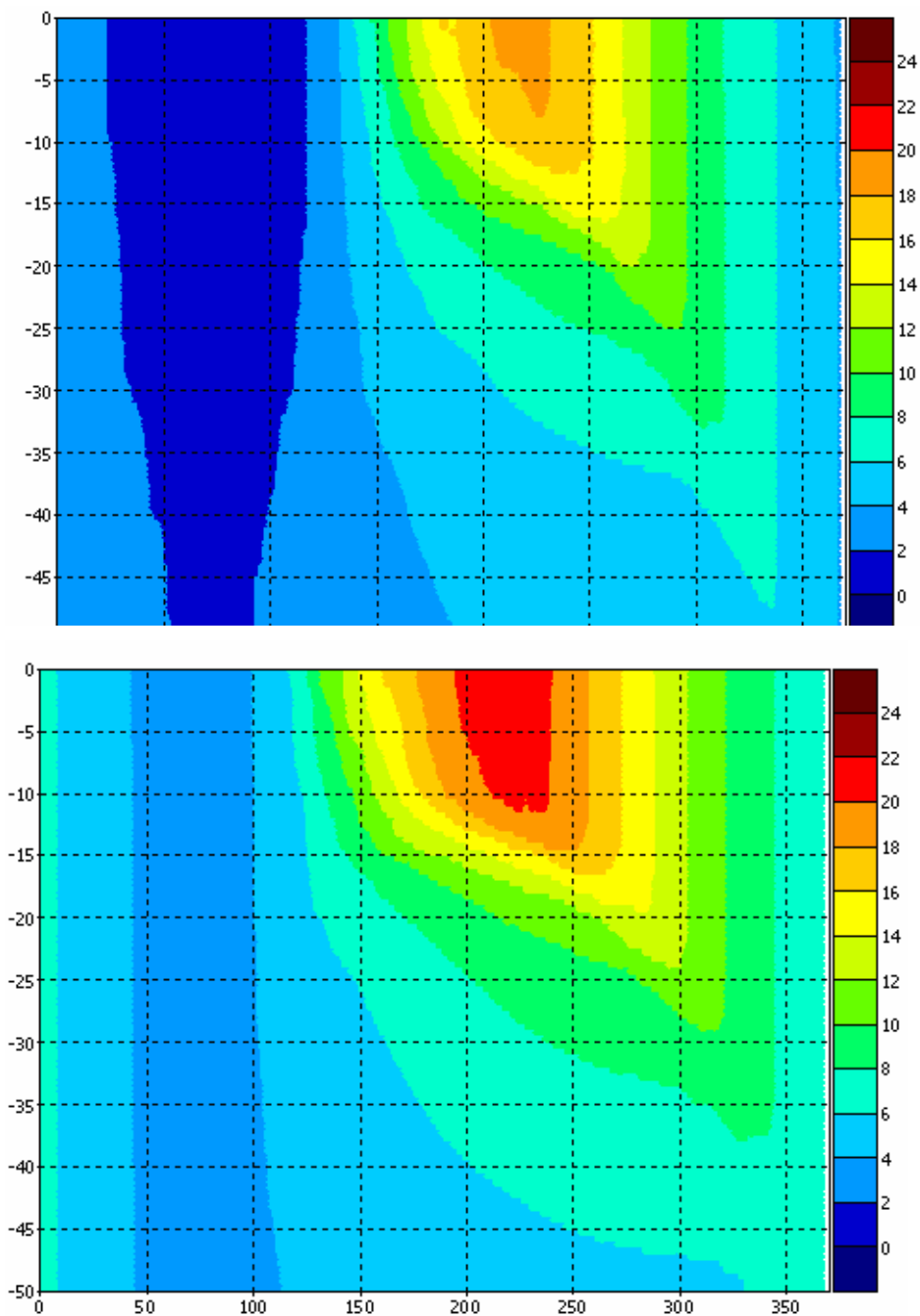
Klimatiskiem jūras stāvokļa modeļaprēķiniem VPP pirmajos 2,5 gados tika izveidots oriģināls uz galīgo elementu metodi balstīts trīsdimensionāls matemātiskais modelis (jūras līmeņa, 3D straumju, sāļuma, temperatūras sadalījumu aprēķinam). Izvēlētais modeļapgabals (att. 1.18.) ietvēra Baltijas jūras Latvijas jurisdikcijas ūdeņus. Uzsākot klimatiskos modeļaprēķinus tika konstatēts, ka neizdodas atrast skaitliskās metodes, kas vienlaikus ļautu (1) saglabāt ilgstošu – ilgāku par 3 mēnešiem – modeļa skaitlisko stabilitāti un (2) panākt reālu klimatiskā 30 gadu perioda aprēķinu veikšanas ilgumu (mazāku par vairākiem desmitiem dienu). Līdz ar to, trīsdimensionāla klimatiskā modeļaprēķina veikšanas mēģinājums ir jāuzskata par neveiksmīgu.



1.18. attēls. Izvēlētais modeļapgabals, aprēķinātais ūdens temperatūras, straumes ātruma un viļņu augstuma sadalījums.



1.19. attēls. Rīgas jūras līča ilggadīgais vidējais temperatūras sadalījums mūsdienu klimatam un klimata maiņas scenārijam A2.



1.20. attēls. Mūsdienu klimatam (augšā) un klimata maiņas scenārijam A2 atbilstošais sezonālais temperatūras sadalījums Rīgas jūras līcī.

Kā alternatīva trīsdimensionālam Baltijas jūras modeļaprēķinam tika izstrādāts Rīgas jūras līča viendimensionāls vertikālā temperatūras sadalījuma modelis. Šī modeļa ietvaros Rīgas jūras līcis tiek raksturots ar laika mainīgu vertikālo temperatūras sadalījumu. Modelis bāzēts uz GOTM (General Ocean Turbulence model) pieeju, lietojot 2-ās kārtas parametrizāciju, un dinamisku (k-ε tipa) turbulentās kinētiskās enerģijas aprakstu un dinamisku enerģijas disipācijas viendabojumu.

Izveidotais modelis tika pielietots 50 m dziļam baseinam ar Rīgas jūras līča hipsogrāfisko līkni, 30 gadu klimatiskiem laika periodiem, kas atbilst (a) kontroles

periodam 1961-1990 un (b) klimata mainības scenārijam A2 2071-2100. Modeļa ieejas dati bija programmas ietvaros sagatavotie modificētie RKM klimatiskie dati un aprēķinātā saldūdens notece Rīgas jūras līča sateces baseinā.

Laikā vidējie mūsdienu un nākotnes klimatam atbilstošie vertikālie temperatūras sadalījumi parādīti att. 1.19. Klimata mainības izraisītas temperatūras izmaiņas uz virsmas sasniedz 3, bet piegrunts slānī – 1,5 grādus.

Temperatūras sezonālā gaita mūsdienu un nākotnes klimatam parādīta att. 1.20. Galvenie secinājumi par sagaidāmajām klimata izmaiņu ietekmēm uz Rīgas jūras līča temperatūras režīmu ir sekojoši:

- nākotnē vairs nav gaidāma Rīgas jūras līča aizsalšana ziemās;
- vasaras temperatūras maksimums pieaugs par 2°C, peldsezonai piemēroti apstākļi saglabāsies līdz septembra beigām;
- ūdens masu vertikālā stratifikācija iestāsies par mēnesi agrāk – tādējādi pieaugs arī periods, kurā piegrunts ūdenī netiek atjaunots skābeklis;
- piegrunts temperatūra vasarā būs augstāka kā mūsdienās, kas varētu ietekmēt ķīmisko reakciju norisi.

1.5. Pētījumu zinātniskā nozīmība

Zinātniskā nozīmība (metodiskie rezultāti):

1. Reģionālo klimata modeļu veikspējas salīdzinājuma metode (skill assessment) bija novatoriska klimata pētījumos.
2. Reģionālo klimata modeļu sistemātisko kļūdu korekcija ar histogrammu pielīdzināšanas metodi (bias correction via histogram equalisation; double downscaling – statistical downscaling of dynamically downscaled RCM results) ir novatoriska klimata pētījumos.
3. Novatorisks šīs (kļūdu korekcijas) operācijas risinājums ietvēra slīdoša laika loga izmantošanu kumulatīvo sadalījuma funkciju konstruēšanai.
4. Izpētīta reģionālo klimata modeļaprēķinu pielietojamība hidroloģisko modeļu ieejas datu veidošanai (jaunums Latvijas pētījumos).
5. Pielietota modeļu dubultansambļu (reģionālie klimata modeļi / dažāda tipa hidroloģiskie modeļi) nākotnes upju noteces analīzei. Iespējams, arī šī pieeja ir novatoriska klimata pētījumos, kur par modeļu ansambļa pieeju izmanto tikai pēdējo 4-5 gadu laikā.
6. Izstrādāts Rīgas jūras līča vertikālās stratifikācijas modelis klimatisko aprēķinu veikšanai. Novitāte Latvijā ir šāda modeļa pielietojumam klimatiskam laika mērogam.

Zinātniskā nozīmība (secinājumi, modeļi, datu rindas)

- Atziņa par nozīmīgām sistemātiskām novirzām reģionālo klimata modeļu rezultātos un šīs novirzes kvantitatīvs novērtējums (un tā veikšanas metodika) bija jaunums Latvijā.
- Pirmo reizi Latvijai izveidotas klimata parametru (gaisa temperatūra, nokrišņu daudzums, relatīvais mitrums, vēja ātrums) datu rindas, kas

mūsdienu klimatam statistiskā nozīmē atbilst novērojumu datu rindām. Meteoroloģisko parametru datu rindas ar 1 dienas izšķirtspēju sagatavotas visai Latvijas teritorijai, mūsdienu klimatam un klimata maiņas scenārijiem B2 un A2.

- Izveidota pieeja upju ūdens noteces un biogēnu noteces aprēķiniem, kas ietver hidroloģisko modeļu izveidi.
- Aprēķinātas upju ūdens un biogēnu noteces datu rindas, kas mūsdienu klimatam statistiskā nozīmē atbilst novērojumu datu rindām. Hidroloģisko parametru datu rindas ar 1 dienas izšķirtspēju sagatavotas Latvijas teritorijai (ar izšķirtspēju līdz ūdensobjektam), mūsdienu klimatam un klimata maiņas scenārijiem B2 un A2. Biogēnu noteces datu rindas sagatavotas Rīgas jūras līča sateces baseinam.
- Veikti Rīgas jūras līča vertikālās stratifikācijas klimatiskie aprēķini mūsdienu klimatam un klimata maiņas scenārijam A2.
- Balstoties uz meteoroloģisko datu analīzi, izdarīti secinājumi par sagaidāmo klimata mainību Latvijā.
- Balstoties uz hidroloģisko modeļaprēķinu datu analīzi, izdarīti secinājumi par upju noteces rakstura sagaidāmo mainību Latvijā.

1.6. Tautsaimnieciskā nozīmība

Reģionālo klimata modeļu aprēķinu rezultāti - datu rindas ir pirmo reizi Latvijas teritorijai adaptēti reģionālo klimata modeļu rezultāti, kuri sniedz sintētisku mūsdienu klimata un tā sagaidāmās mainības atspoguļojumu datu rindu formā.

Atziņa par upju noteces samazināšanos visā Latvijas teritorijā klimata mainības rezultātā ir zinātnisks atzinums, kura tautsaimnieciskā nozīme ietverta nepieciešamībā veikt atbilstošas adaptācijas enerģētikas un lauksaimniecības politikai.

Rezultāts par biogēnu noteces nebūtiskām izmaiņām no Latvijas teritorijas patreizējā stadijā nav uzskatāms par pietiekami zinātniski pamatotu, jo neietver klimata izmaiņu izraisīto veģetācijas cikla un lauksaimnieciskās prakses izmaiņu atspoguļojumu. Šo rezultātu tomēr var izmantot, prognozējot, ka klimata izmaiņas var izraisīt biogēnu koncentrāciju pieaugumu upēs, bet biogēno vielu pieplūdums Baltijas jūrā no Latvijas teritorijas vai nu paliks nemainīgs, vai samazināsies līdz ar upju noteces samazināšanos.

Iegūtās upju noteces datu rindas ir pirmo reizi Latvijas teritorijai adaptētu reģionālo klimata modeļu rezultātu atspoguļojums hidroloģiskajos modeļos. Šo datu rindu (tāpat kā klimata datu rindu) analīze ļauj izdarīt praktiskus secinājumus, kas var būt noderīgi tautsaimniecības nozarēm, kuras ir atkarīgas no klimata, upju noteces un ūdens kvalitātes upēs.

Kopumā tautsaimnieciskā nozīme visiem 1. Darba paketes rezultātiem saistās ar iespēju tos tieši izmantot dažādās nozarēs, kuras ir atkarīgas no klimata parametru (meteoroloģisko vai hidroloģisko) rakstura un mijiedarbības. Šo nozaru saraksts ietver (bet neaprobežojas ar) enerģētiku (hidroenerģētika, vēja, saules enerģijas ražošana,

energoresursu patēriņš), lauksaimniecību (lauksaimniecības prakses adaptācija, kultūru pielāgošana klimata apstākļiem), mežsaimniecību, būvniecību, tūrismu, zivsaimniecību, transportu.

Papildus tiešajai izmantošanai iespējama rezultātu izmantošana lietišķos pētījumos, kas, tad savukārt varētu sniegt tautsaimniecisku efektu, pētot DP1 rezultātus, un veidojot to derivatīvus, piemēram klimata mainības projekcijām atbilstošu ietekmes indikatoru prognozes.

1.7. Darba paketes ieguldījums nozaru kapacitātes attīstībā (t.s. apmācībā), zinātniskās sadarbības attīstīšanā

Projekta rezultāti izmantoti apmācībā LU Fizikas un matemātikas fakultātē, kursu „Ievads specialitātē” sastāvā BSc.Fiz. un „Nozaru speciālie semināri” sastāvā MSc.Fiz. studiju programmas 2007. – 2009.gg. (U.Bethers, J.Seņņikovs).

Pētījuma rezultāti tiek izmantoti Aigara Valaiņa MSc. fiz. darba izstrādē (2010).

Zinātniskās sadarbības attīstība:

1. Balstoties uz projekta laikā izveidojušos LU Fizikas un matemātikas fakultātes sadarbību ar LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāti un LLU Lauku inženieru fakultāti, 2009. gada pavasarī izstrādāts pētījumu projekta „Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem” pieteikums Eiropas Sociālā fonda aktivitātē „Cilvēkresursu piesaiste zinātnei”. Līgums par projekta realizāciju noslēgts. Projekta izpildes laiks XII/2009 – XII/2012. Līguma Nr. 2009/0212/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/060.
2. Balstoties uz projekta laikā izveidojušos LU Fizikas un matemātikas fakultātes sadarbību ar LU Hidroekoloģijas institūtu 2009. gada rudenī tika izstrādāts un iesniegts pētījumu projekta „Elaboration of Decision and Assessment Supporting Tools for Sustainable Coastal Erosion Management” pieteikums „LIFE+ Environment Policy and Governance 2009” projektu konkursam.
3. Balstoties uz projekta laikā izveidojušos LU Fizikas un matemātikas fakultātes sadarbību ar LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāti un sadarbībā ar VMZI „Silava” izstrādāts pētījumu projekta „Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām” pieteikums VAS „Latvijas meži” izsludinātā projektu konkursā (paredzamais pētījumu izpildes laiks III/2009 – XII/2011).
4. Balstoties uz projekta laikā izveidojušos LU Fizikas un matemātikas fakultātes sadarbību ar LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāti 2009/10. gg ziemā izstrādāts pētījumu projekta „Klimata mainības projekciju izmantošana atjaunojamo energoresursu pieejamības novērtēšanai un enerģijas ieguves, ģeoakumulācijas un patēriņa efektivizācijas izpētei” pieteikums Eiropas Reģionālās attīstības fonda aktivitātē „Atbalsts zinātnei un pētniecībai”. Projekta pieteikuma iesniegšanas termiņš II/2010.

Nozaru kapacitātes attīstība. VPP rezultāti bija nozīmīgi, kā arī tika sekmēti no sekojošu praktisku projektu realizācijas:

1. Ūdens kvalitātes modelēšanas sistēmas izveide Lielupes upju baseina apgabalam. Vides Ministrija/LVGMA, VIII/07-X/08.
2. Datu vākšana ūdens kvalitātes modelēšanai. Vides Ministrija/LVGMA, IX/07-VIII/08
3. Rīgas pilsētas hidrodinamiskā modeļa izveide un plūdu scenāriju modelēšana. Rīgas Domes Pilsētas attīstības departaments. III-VI/2008.

Darba paketes vadītājs U.Bethers



Darba pakete Nr. 2: KLIMATA MAINĪBAS IETEKME UZ AUGU BARĪBAS ELEMENTU APRITI SATECES BASEINĀ

2.1. Darba paketes mērķis un uzdevumi.

Darbam bija sekojošs mērķis: **Noteikt klimata izmaiņu ietekmi uz Latvijas upju hidroloģisko un augu barības vielu aprites režīmu**

Darba paketei bija sekojoši uzdevumi:

- 1.1. Savākt un sistemātiski papildināt upju modelēšanai nepieciešamās hidroloģisko un hidroķīmisko datu rindas un upju baseinus raksturojošos parametrus. (Modelēšanas datu bāzes);
- 1.2. Izpētīt izkliedētā piesārņojuma aiztures (*retention*) procesus sistēmā augsnes profils – drenēts lauks - novadgrāvis – upe (Aiztures procesi)
- 1.3. Veikt Baltijas jūras baseinā lietoto, piemērotāko upju hidroloģisko un hidroķīmisko modeļu pielietošanas iespēju izvērtējumu Latvijas apstākļos. Pētāmo Latvijas upju baseinu matemātiskā noteces modeļa izveide, balstoties uz konceptuālo modeli METQ, tā kalibrēšana un pielietošana izmantojot globālo klimata modeļu datus 5-6 Latvijas upēm t.sk. Salacai. Ar modelēšanu prognozēt 5 – 6 dažāda lieluma lauksaimniecībā izmantojamos baseinos klimata mainības ietekmes uz noteci un caurplūduma sezonālās mainības raksturu. Izveidot upes (Salacas) baseina matemātisko noteces modeli un veikt hidroloģiskā režīma modelēšanu mainīga klimata apstākļos, izmantojot globālo klimata modeļu 3-5 klimata pārmaiņu scenārijus (Modeļu izpēte)
- 1.4. Izvērtēt klimata ietekmes uz ūdens resursu izmantošanu un ūdens kvalitāti. Veikt noteces mainības rakstura izvērtējumu, režīma un ilgtermiņa izmaiņu prognozes klimata pārmaiņu apstākļos līdz 2100. gadam. Prognozēt ekstremālo noteces režīmu (plūdu, ilgstošu sausuma periodu) iespējamību (Ietekmes uz ūdens resursiem);
- 1.5. Novērtēt lauksaimniecības izkliedētā piesārņojuma iespējamo izmaiņu raksturu un slodzi klimata mainības apstākļos (Piesārņojuma izmaiņas).

2.2. Pētījumā iesaistītais personāls

Pētījumu izpildē iesaistījās sekojoši Latvijas Lauksaimniecības universitātes (LLU), Latvijas Universitātes (LU) un Latvijas Hidroekoloģijas institūta zinātnieki (LHEI)

LLU: Viesturs Jansons, Dr.sc.ing, profesors; Ainis Lagzdiņš, MSc.ing, doktorants; Laima Bērziņa, MSc.env, doktorante; Ritvars Sudārs, Dr.sc.ing, profesors; Lāsma Zēna MSc.ing, maģistrante (2006), Kaspars Abramenko MSc.ing, doktorants; Uldis Kļaviņš, MSc.ing, zinātniskais asistents; Valdis Virčavs MSc geol. zinātniskais asistents; Artūrs Veinbergs, students, laborants.

LU: Elga Apsīte, Dr.ģeogr. docente; Anda Bakute, Msc., doktorante, zinātniskais asistents, Līga Kurpniece, MSc, zinātniskais asistents un Inese Pallo, Bsc, laborante.

LHEI: Nīna Sunelika BSc.chem, laborante; Alla Ivakina MSc.chem., zinātniskais asistents; Miķelis Mazmačs, MSc.chem. zinātniskais asistents.

2.3. Darba paketes izpildes rezultāti:

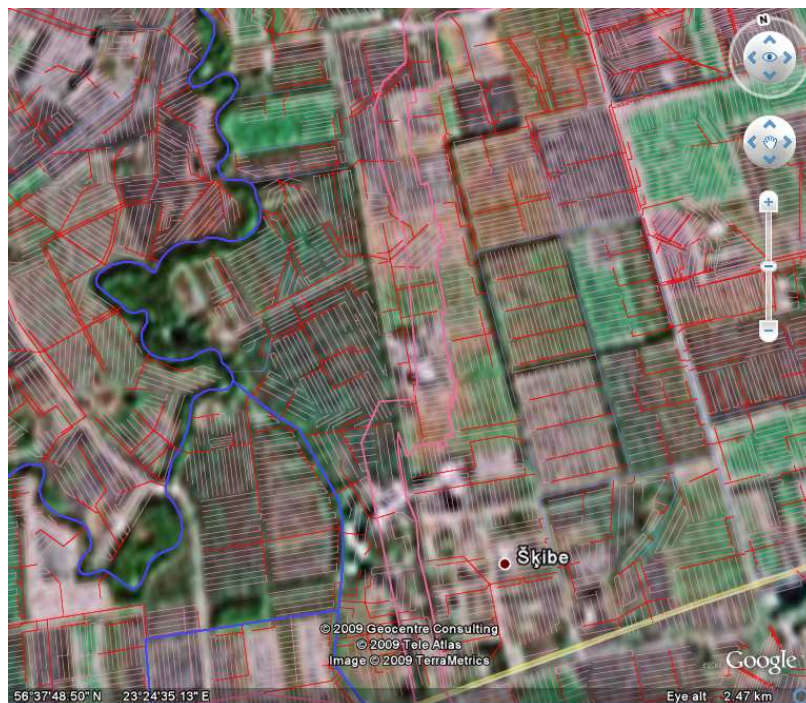
Uzdevums 3. 1. Modelēšanas datu bāzes

No LVĢMA, SIA Melioprojekts un LLU datu fondiem tika apkopotas meteoroloģisko un hidroloģisko ikdienas novērojumu datu rindas, kā arī izveidotas un sagatavotas datu bāzes hidroloģiskajai modelēšanai sekojošu upju baseiniem un apakšbaseiniem: Bērze – Baloži, Bērze – Biksti, Bērze – daļbaseini, Iecava – Dupši, Imula – Pilskalni, Vienziemīte – Vienziemīte, Salaca – Lagaste, Salaca – Mazsalaca, Briede – Dravnieki, Seda – Oleri un Rūja – Vilnīši.

Turpinātas ilggadīgo novērojumu (no 1994.g.) datu rindas par lauksaimniecības difūzo piesārņojumu (N, P savienojumu koncentrācijas) dažādos ģeogrāfiskos līmeņos, vienlaicīgi nosakot ūdens caurplūdumus. Minētie mērījumi ļāva noteikt modelēšanai vajadzīgos difūzā piesārņojuma emisijas koeficientus un pagarināt atbilstošās datu rindas līdz 31.I.2010. g. Mērījumi izpildīti reizi mēnesī 3 monitoringa stacijās un 3 posteņos.

Ūdens kvalitātes modelēšanai veikta Bērzes upes baseina (aptuveni 900 km²) izpēte un sadalīšana 15 modelēšanas daļbaseinos. Daļbaseini noteikti, sadalot upes baseinu homogēnos pēc piesārņojuma veida (difūzais, punktveida), platību lietošanas veida (LIZ, meži, purvi, ezeri, lopkopība), lopkopības / zemkopības intensitātes, iedzīvotāju blīvuma, u.c. ar noteces kvalitāti saistītiem parametriem, baseinos.

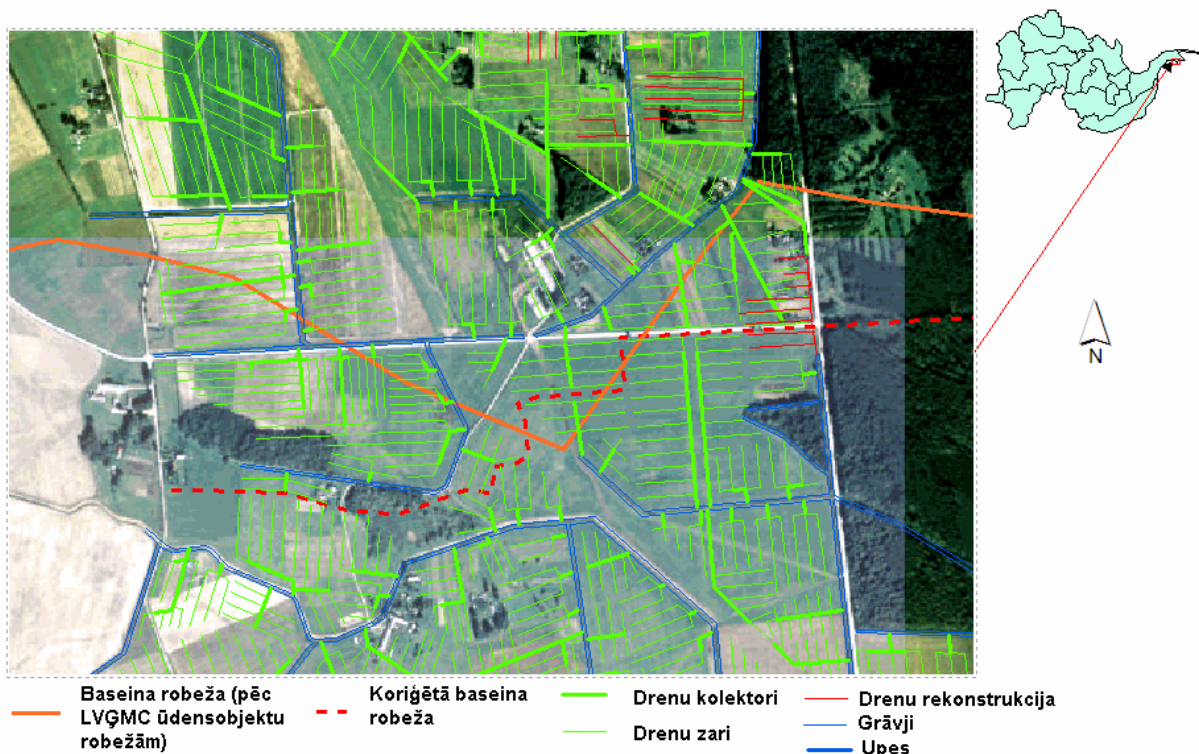
Baseinu laukumu analīze veikta izmantojot digitālās kartes. Minētās kartes sagatavošanā bija iesaistīti divi LLU maģistranti - Lauku atbalsta dienesta speciālisti. Izmantojot LAD datus, pēc skenētiem un koordinātēm piesaistītiem meliorācijas projektu plāniem ar mērogu 1:2000 ir sagatavota detalizēta (līdz drenu zaru līmenim) Bērzes upes hidrogrāfiskā tīkla karte vektoru datu formātā (2.1. attēls).



2.1. attēls. Bērzes upes hidrogrāfiskā tīkla fragments (karte iegūta izmantojot Google Earth pamatni).

Sagatavotas datu bāzes (no mājdzīvnieku 2007. g. reģistra) fermu un dzīvnieku blīvuma kartes visai LR teritorijai, t.sk. Bēzres upes modelēšanas daļbaseiniem. Sagatavotas intensīvā lauksaimnieciskā izmantošanā esošo (pēc 2007., 2008. g. subsīdiju datiem) platību karte Bēzres baseinam.

Upju baseinu hidroloģiskai un ūdens kvalitātes modelēšanai, atkarībā no izmantojamā modeļa prasībām, datu detalizācijas pakāpes un modelēšanas rezultāta nenoteiktības samazināšanai, vajadzīgi precīzi dati par baseinu un daļbaseinu lielumu un zemes izmantošanas veidu. Līdzšinējās ĢIS datu bāzes, kuras LVGMC lieto ūdens objektu baseinu noteikšanai, ir samērā neprecīzas (2.2. attēls un 2.1. tabula.), jo iegūtas, nosakot ūdensšķirtnes galvenokārt pēc reljefa augstuma atzīmēm, neņemot vērā faktiskos hidrogrāfiskā tīkla elementus (nosusināšanas sistēmas).



2.2. attēls. Ūdensobjektu baseinu robežas pēc LVGMC un precizētās pēc nosusināšanas sistēmu kadastra.

2.1. tabula. Precizētie Bēzres baseina modelēšanas dati.

Daļbaseini	Daļbaseinu platība, km ²		%	LIZ, km ²		%
	Pēc kartēm	Pēc hidrogrāfiskā tīkla		Pēc Corina LC2000	No lauku reģistra	
1	12,2	9,3	76	1,1	0,8	71
2	73,3	69,3	94	34,7	29,1	84
3	120,7	121,2	100	59,5	58,7	99
4	68,2	57,2	84	16,3	16,8	103
5	27,9	27,9	100	5,3	6,2	118
6	4,1	4,2	103	3,3	3,4	104
7	43,2	43,2	100	24,3	24,1	99
8	103,2	100,9	98	46,9	51,9	111
9	109,9	105,6	96	54,7	53,9	99
10	40,4	53,0	131	13,9	18,4	132
11	14,8	20,6	139	4,7	4,6	99
12	21,2	12,8	61	6,1	5,3	87
13	94,5	89,5	95	35,4	36,4	103
14	92,7	93,7	101	63,1	69,6	110
15	69,7	63,7	91	38,5	47,0	122
Kopējā	896	872	97	408	426	105

2.1. tabulas dati parāda, ka Bēzres upes faktiskais baseins ir par 3% mazāks, jo lielā baseinā kļūdas savstarpēji kompensējas. Tas nevar radīt būtiskas kļūdas izpildot modelēšanu. Taču nelieliem upes daļbaseiniem atšķirības ir būtiskas, līdz pat 30-40% baseina laukuma. Līdzīgas kļūdas novērojamas pielietojot Corine Land Cover 2000 datus, lauksaimniecībā izmantojamo zemju noteikšanai. Faktiskā lauksaimniecībā izmantojamo zemju platība, kura noteikta pēc ES lauku reģistra datiem var atšķirties par 20-30% no Corina LC2000 datiem.

Latvijā diemžēl neeksistē vienots digitāls vides datu reģistrs, kuru bez ierobežojumiem varētu izmantot klimatisko, hidroloģisko un hidroķīmisko pētījumu veikšanai. Tādēļ DP2 ietvaros LU un LLU savāktie un apkopotie dati uzskatāmi par nozīmīgu ieguldījumu dažādu vides zinātnes un hidroinženierzinātnes problēmu risināšanai nākotnē. Ūdens kvalitātes modelēšanai un difūzā piesārņojuma noteikšanai nepieciešamās hidroķīmiskās analīzes tika izpildītas LHEI jūras monitoringa nodaļas akreditētā laboratorijā. Katru gadu veiktas aptuveni 400 ūdens analīzes.

Latvijā vēl nav veikta upju noteces ūdens kvalitātes modeļu pielietošana atbilstoši ES zinātnieku sagatavotām metodikām un vadlīnijām¹. Tādēļ modelēšana, pielietojot upes baseina sadalīšanu homogēnos modelēšanas daļbaseinos ar sistemātisku

¹ Silgram, M., and Schoumans, O.F. (eds.), 2004. "Modelling approaches: Model parameterisation, calibration and performance assessment methods in the EUROHARP project". EUROHARP report 8-2004, NIVA report SNO 4740-2003, Oslo, 18 pp.

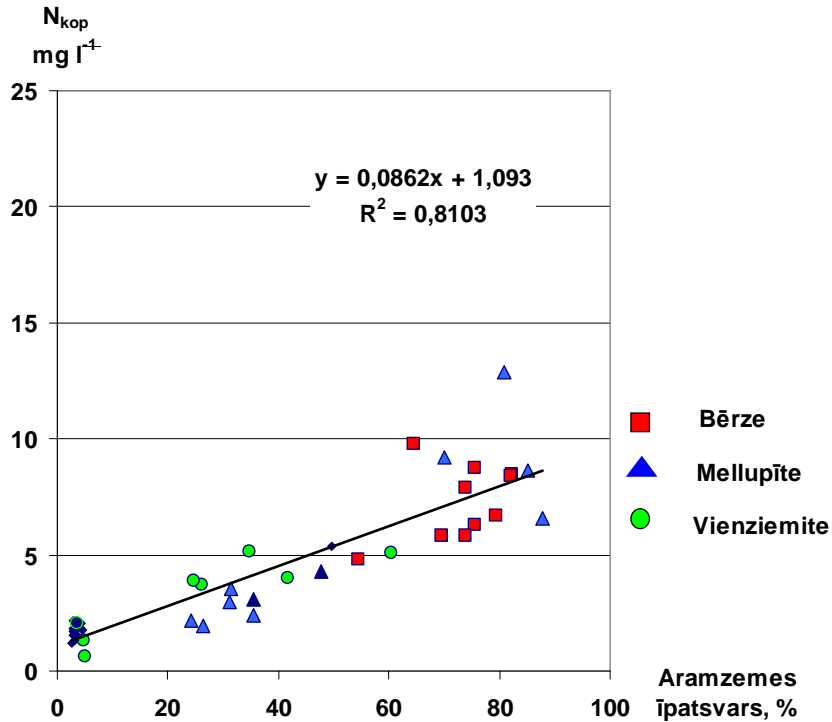
daļbaseinu ūdens kvalitātes noteikšanu, uzskatāma par ūdenssaimniecības nozares nozīmīgas problēmas risinājumu, jo ES Ūdeņu Struktūrdirektīvas prasību izpilde – ūdens objektu apsaimniekošana ar mērķi sasniegt labu ūdens kvalitāti 2015. gadā, prasīs šādu modeļu pielietošanu piesārņojuma avotu identificēšanai un to ietekmes uz ūdens kvalitāti prognozēšanai. KALMES ietvaros Bērzes baseina detalizēta izpēte un ĢIS formātā sagatavotām datu bāzēm ir liela nozīme arī citu ūdens kvalitātes modeļu precīzai kalibrēšanai nākotnē. Tas tiek uzsākts BONUS programmas ietvaros, izstrādājot kompleksu Baltijas jūras modeli. Minētās programmas ietvaros jūras baseina valstīs paredzēts izveidot paraugbaseinu tīklu, kur kalibrēt pasaulē visvairāk lietoto modeli – SWAT (ASV). KALMES rezultāti ļaus Latvijas zinātniekiem aktīvi iesaistīties Baltijas jūras piesārņojuma modelēšanā un ūdens saimniecisko pasākumu efektivitātes novērtēšanā. Bez šādas modelēšanas Latvijā nav iespējama arī ES ūdeņu Struktūrdirektīvas izpilde.

Uzdevums 3.2. Aiztures procesi

Slāpekļa un fosfora savienojumu aizture var izpausties kā fizikāli, bioloģiski un ķīmiski procesi, kuri norisinās sistēmā augsnes profils – drenēts lauks - novadgrāvis – upe – ezers (ūdenskrātuve) – jūra. Aiztures procesos biogēnie elementi tiek izņemti no aprites uz īsāku vai ilgāku laiku, tādējādi samazinot to transportu uz jūru. Aiztures procesu efektivitāte ir atkarīgi no piesārņojuma slodzes un cilvēka iejaukšanās biogēnu dabiskajā aprītē (nosusināšanas sistēmu izbūve, mitrzemju nosusināšana un renovācija, upju regulēšana un renaturalizācija, buferjoslu ierīkošana).

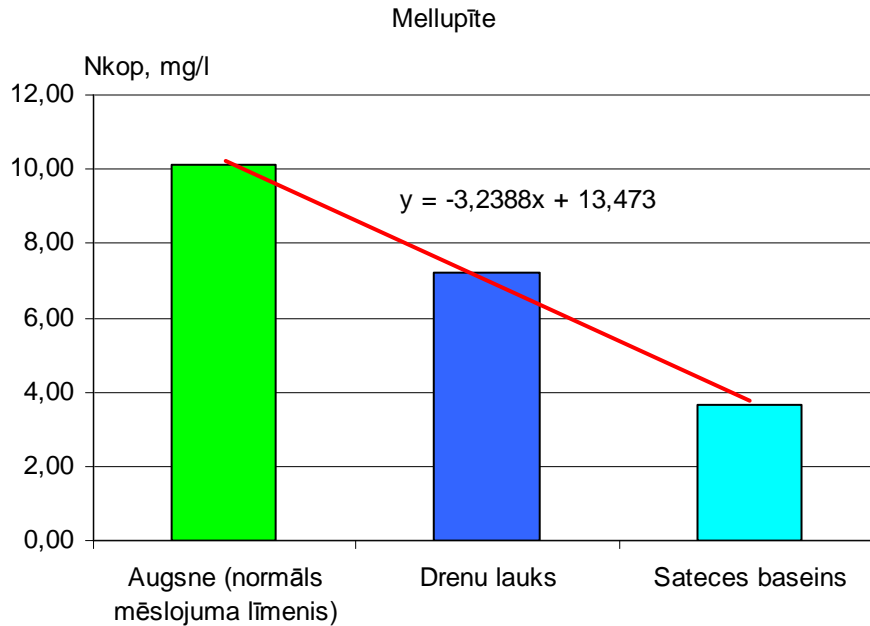
Visprecīzāk aiztures procesus konkrētos agroklimatiskos apstākļos var noteikt izmantojot lauksaimniecības noteču monitoringa datus, taču tam vajadzīgas ilggadīgas datu rindas. Lauksaimniecības piesārņojuma emisijas un aiztures procesu pētījumi dažādos ģeogrāfiskos līmeņos LLU tiek veikti no 1996. g. Procesus būtiski klimatiskie apstākļi (nokrišņi, t° , iztvaikošana), augsnes apstrāde, kultūraugu seka un to mēslošanas režīms. Līdzīgi, kā meteoroloģiskiem un hidroloģiskiem vides parametriem, šo lielumu mainība pa gadiem un gada griezumā ir ievērojama.

Augsnes slāpekļa savienojumu emisijas koeficientus, kuri nepieciešami ūdens kvalitātes modeļa aprēķiniem, var noteikt ar sarežģītiem augsnes fizikālos procesus aprakstošiem modeļiem, piemēram, SoilNDB, kuri Latvijā nav aprobēti, vai eksperimentāli tos nosakot ilggadīgos lauka izmēģinājumos. Mūsu pētījumos noteiktie biogēno elementu emisijas un aiztures (pašattīrīšanās procesi) koeficienti ir vienīgie Latvijas apstākļos iegūtie dati, ar kuriem iespējama ūdens kvalitātes modelēšana un lauksaimniecības slodžu noteikšana. Mazo sateces baseinu līmenī slāpekļa savienojumu emisijas gada vidējās koncentrācijas, kuras nepieciešamas ūdens kvalitātes modelēšanas aprēķinos, var nosacīt izmantojot korelācijas sakarību (2.3. attēls) starp slāpekļa koncentrāciju un aramzemes platību.

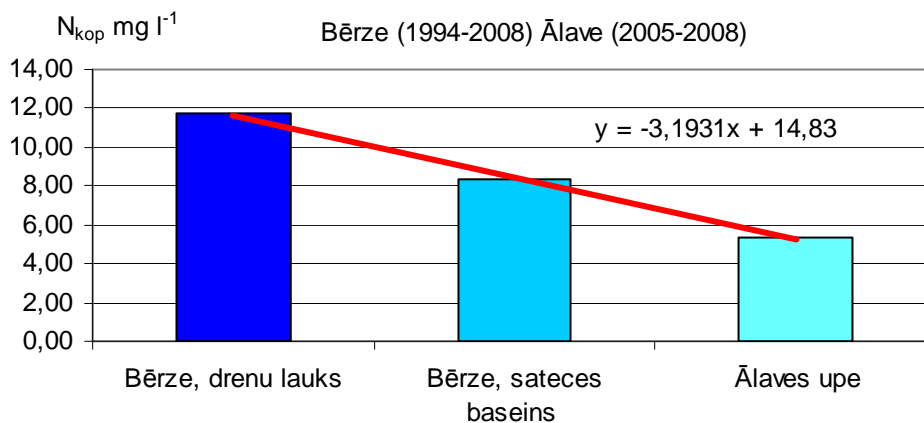


2.3. attēls. Aramzemes platības un gada vidējās slāpekļa koncentrācijas sakarība notecei no mazajiem sateces baseiniem.

Ilggadīgi difūzā piesārņojuma izpētes rezultāti Mellupītes monitoringa stacijā pierāda pakāpenisku slāpekļa koncentrāciju samazināšanos (aizturi), sākot ar izskalošanos no augsnes (izmēģinājumu lauciņi ar normālu mēslošanas režīmu) un tālāk drenu lauka un mazā sateces baseina līmenī (2.4. attēls). Bērzes monitoringa stacijā drenu lauka un sateces baseina līmenis salīdzināts ar Bērzes pietekas Ālaves (platības ar intensīvu lauksaimniecību) ūdens kvalitāti. Arī šeit izpaužas slāpekļa aiztures procesu ietekme uz slāpekļa savienojumu koncentrāciju (2.5. attēls). Teritorijā ar ekstensīvu lauksaimniecību (Vienziemīte) slāpekļa koncentrācijas (piesārņojuma emisija) drenu un baseina līmenī praktiski tuvas fona līmenim un aiztures procesi izpaužas maz.

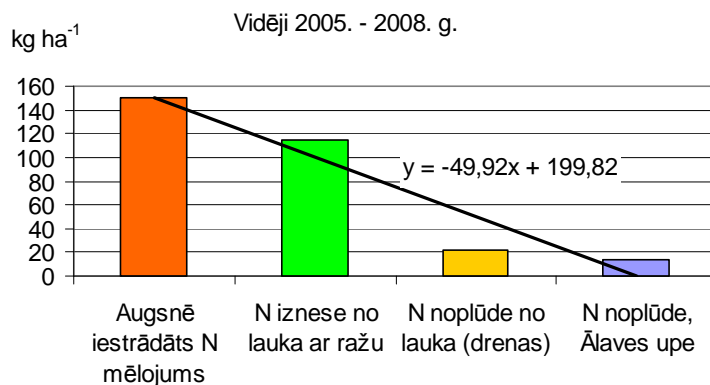


2.4. attēls. Slāpekļa aizture sistēmā augsne – drenu lauks - sateces baseins (Mellupītes monitoringa stacija - pēc ilggadīgām vid. koncentrācijām 1995.-2009.XI).



2.5. attēls. Slāpekļa aizture sistēmā drenu lauks - mazais sateces baseins – upe (Bērzes monitoringa stacija - pēc ilggadīgām vid. koncentrācijām 1995.-2008.VII; Ālavas upe - pēc vid. koncentrācijām 2005.-2008.VII).

Latvijā, tāpat kā citās ES valstīs, augu barības vielu noplūžu izsauktā eitrofikācija un citas lauksaimnieciskas darbības sekas, ir galvenais šķērslis laba ūdens stāvokļa sasniegšanai. Mūsu veiktie pētījumi (2.6. attēls) parāda, ka intensīvas lauksaimniecības apstākļos aptuveni 75% no augsnē iestrādātā slāpekļa mēslojuma tiek izmantoti ražas veidošanai, 15% veido drenu lauka līmeņa noplūdes, bet ap 10% nonāk upē.



2.6. attēls. Slāpekļa izmantošana / aiztures procesi Bēzres baseinā. teritorijā ar intensīvu lauksaimniecību.

Ņemot vērā difūzā piesārņojuma mainību pa gadiem un gada griezumā, ir ļoti svarīgi izveidot un papildināt ilggadīgas monitoringa rezultātu datu bāzes. Tādēļ nozīmīgi ir Valsts pētījumu programmas izpildes gaitā turpinātie slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanās procesu kompleksi pētījumi dažādos ģeogrāfiskos līmeņos (izmēģinājumu lauciņi, drenu lauks, mazais sateces baseins, upes baseins). Iegūtie pētījumu rezultāti ir svarīgi Latvijas tautsaimniecībai kopumā un sevišķi ūdenssaimniecības nozarei, lai varētu attīstīt ūdens kvalitātes modelēšanu, bez kuras nav iespējams izpildīt ES Ūdeņu struktūrdirektīvas prasības - sasniegt labu ūdens kvalitāti 2015. g.

Uzdevums 3.3. Modeļu izpēte

Iekšzemes ūdeņu hidroloģiskai un hidroķīmiskai modelēšanai vēlams izmantot starptautiskā praksē atzītus un ar atbilstošām zinātniskas kvalitātes publikācijām aprobētus modeļus, kuri pārbaudīti starptautiski ekspertu pārraudzītos projektos. Vienīgais Latvijā izstrādātais hidroloģiskais modelis, kas atbilst šīm prasībām, ir LLU prof. A.Zivertā METQ modelis un dažādas šī modeļa modifikācijas. Iekšzemes ūdeņu kvalitātes modelēšanai Latvijā izstrādātu modeļu nav

METQ jaunākās versijas modelis METQ2007BDOPT, ar pusautomātiskās kalibrācijas iespēju, nokalibrēts periodam 1961.-1990.g. un validēts 1991.- 2000. gadu periodam pieciem Latvijas upju baseiniem (Bērze, Salaca, Vienziemīte, Iecava un Imula) un četriem Salacas apakšbaseiniem,). t.i., kopumā 10 upju vērumos (2.2.tabula). Starp novērotajiem un modelētajiem ikdienas caurplūdumiem iegūta laba sakarība, ar korelācijas koeficientu $r = 0.75-0.93$ un statistisko kritēriju R^2 (Nash and Sutcliffe, 1970) – $0.52-0.86$, bet validācijas periodam $r = 0.70-0.95$ un $R^2=0.43-0.87$. Labākie kalibrācijas rezultāti iegūti Salaca-Lagaste (2.7. attēls) un Vienziemīte-Vienziemīte.

Hidroloģiskās modelēšanas rezultātā iegūtas šādas ikdienas caurplūduma datu rindas 10 upju hidroloģiskajās novērošanas stacijās un 15 Bēzres upes daļbaseinos. Veikta modelēšana, klimatisko un hidroloģisko datu rindu statistiskā datu apstrāde un ilgtermiņa, sezonālo un ekstremālo rādītāju salīdzinošā analīze (salīdzinot klimata scenāriju rezultātus ar kontroles perioda rezultātiem) mainīga klimata scenārijiem ar DP1 koriģētajiem datiem pēc reģionālā klimata modeļa RAO-HCCTL sekojošiem periodiem:

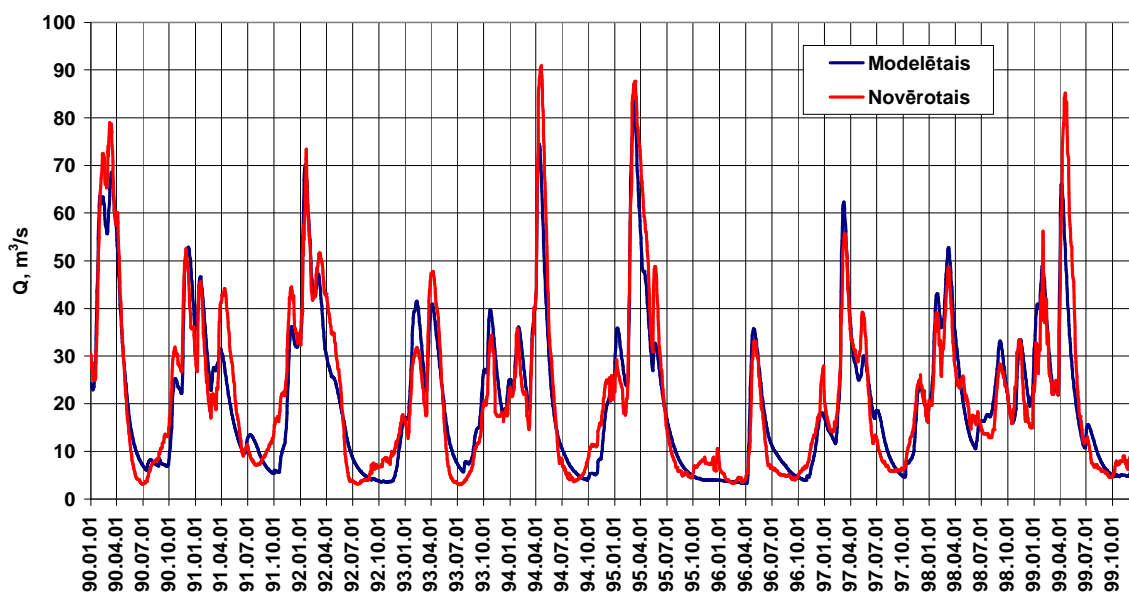
- kontroles periods HCCTL (1961.-1990.)

- klimata scenārijs HCA2 (2071.-2100.)
- klimata scenārijs HCB2 (2071.-2100.)

2.2. tabula. METQ2007BDOPT modeļa kalibrācijas un validācijas rezultāti.

Upes baseins un hidroloģiskā novērošanas stacija	Kalibrācijas periods (1961-1990)		Validācijas periods (1991-2000)	
	R ²	r	R ²	r
Imula – Pilskalni ⁴⁾	0.66	0.77	0.43	0.70
Bērze - Baloži	0.72	0.85	0.62	0.80
Bērze – Biksti ³⁾	0.67	0.83	0.43	0.76
Iecava – Dupši ⁴⁾	0.66	0.82	0.44	0.79
Vienziemīte – Vienziemīte	0.86	0.91	0.63	0.84
Salaca – Lagaste	0.80	0.93	0.87	0.95
Salaca - Mazsalaca	0.76	0.88	0.77	0.87
Briede - Dravnieki	0.69	0.85	0.72	0.87
Seda – Oleri ²⁾	0.60	0.81	0.62	0.87
Rūja – Vilniši ¹⁾	0.52	0.75	0.57	0.77

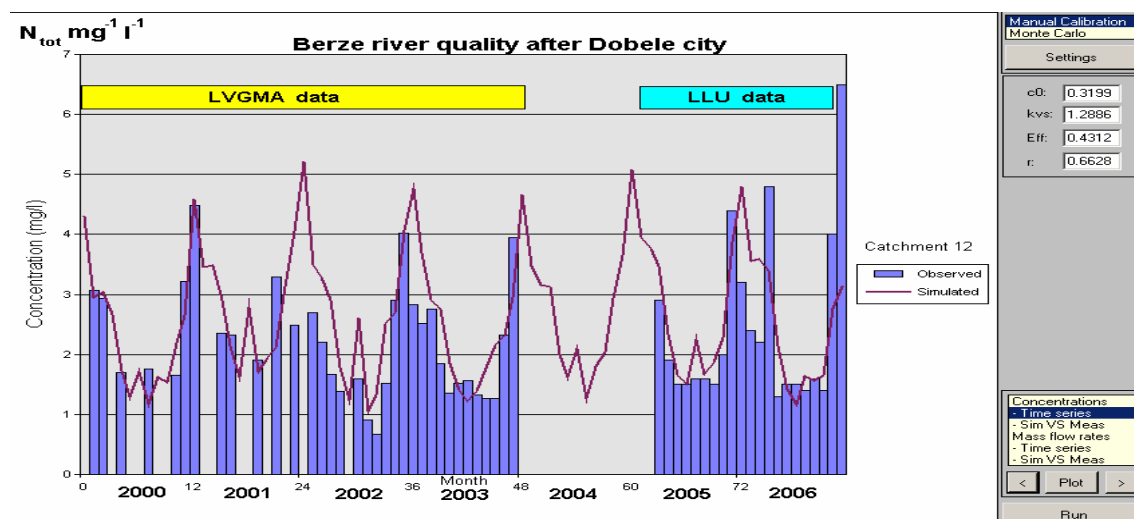
1) atvērta kopš 1978; ²⁾ atvērta kopš 1979; ³⁾ atvērta kopš 1980; ⁴⁾ – slēgta kopš 1995



2.7. attēls. Salacas upes ar METQ modelētie un novērotie caurplūdumi.

Ūdens kvalitātes modelēšana un modeļu izstrādāšana Latvijā līdz šim nav veikta. Tādēļ Bērzes upes modelēšanai tiek kalibrēts Zviedrijas Lauksaimniecības zinātņu universitātē (SLU) izstrādātais Fyris modelis. Viens no modeļa izvēles priekšnoteikumiem bija ilgstošā sadarbība dažādos starptautiskos projektos ar SLU Augsnes zinātņu katedras Ūdenssaimniecības divizionu un zviedru kolēģu interese kalibrēt (atļauja lietot) modeli arī Baltijas valstu upēm. Modeļa izmantošanu Latvijas apstākļos ieteica Pasaules Bankas (WB) un Globālā Vides Fonda (GEF) eksperti Baltic Sea Regional Project ietvaros. LLU pārstāvji vairakkārt apmeklējuši SLU apmācības kursus ūdens kvalitātes modelēšanā. 2005-2007. g. savāktie izejas dati ļāva

izpildīt modeļa sākotnējo kalibrāciju un modeļa piemērotību Bēzres upes un tās daļbaseinu ūdens kvalitātes modelēšanai (2.8. attēls).

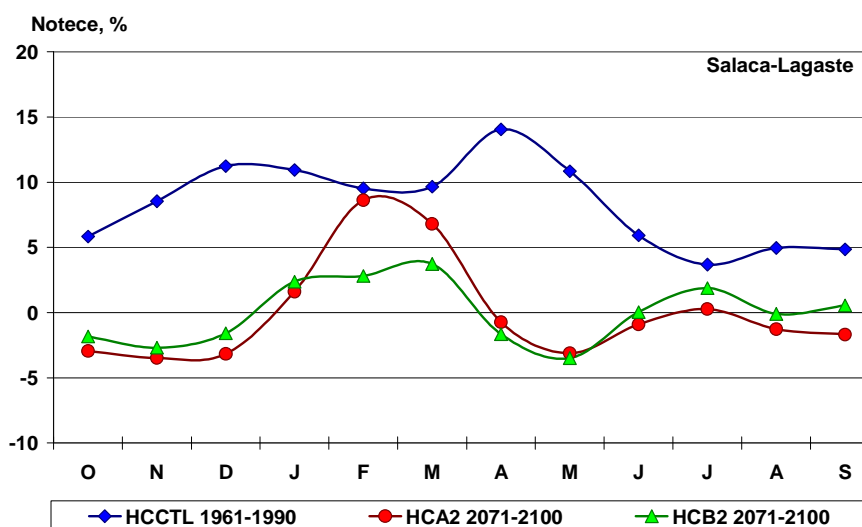
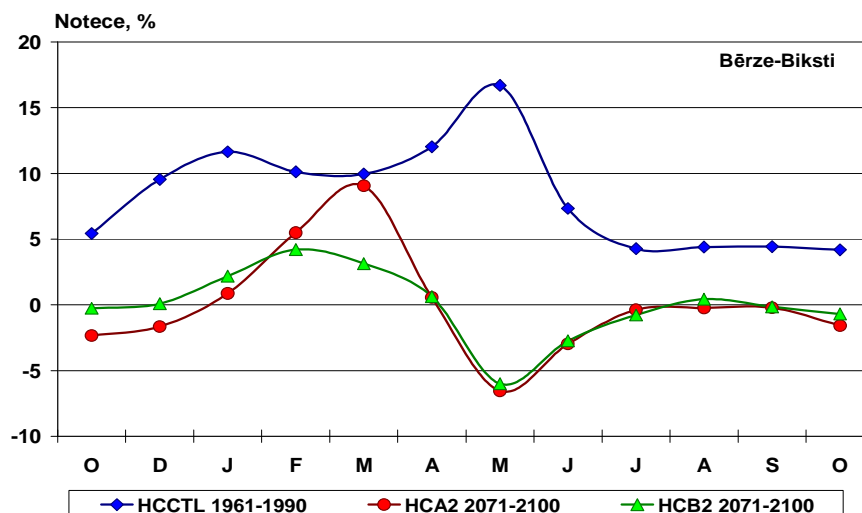


2.8. attēls. Modeļa kalibrēšanas rezultāti Berzes upes baseina daļai leļpus Dobeles pilsētas.

Uzdevums 3.4. Klimata mainības ietekmes uz ūdens resursiem

Izpildot upju noteces modelēšanu pēc hidroloģiskiem apstākļiem dažādos Latvijas reģionos par pētāmajiem upju baseiniem iegūti sekojoši secinājumi:

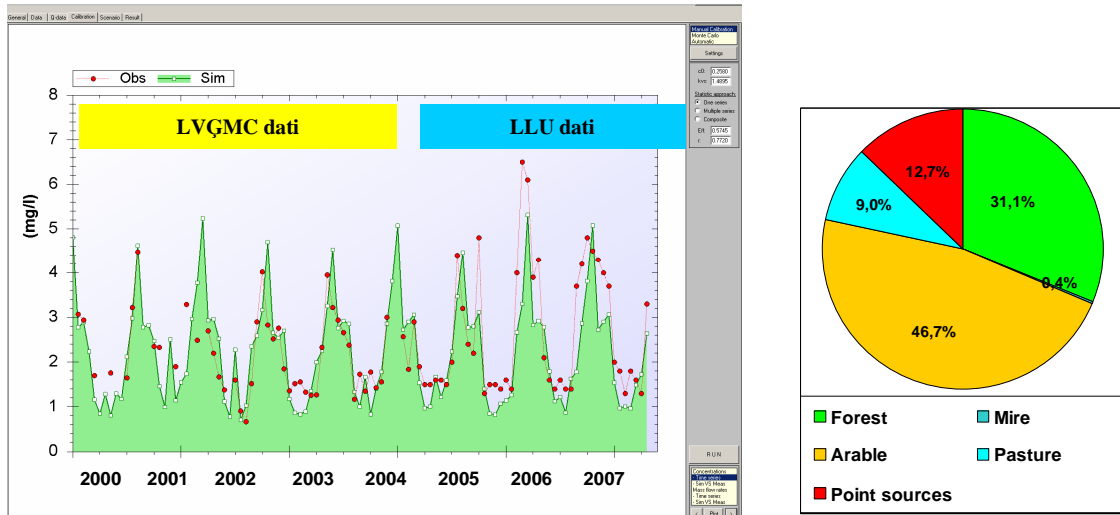
- ilggadīgi vidējā gaisa temperatūra pieaugs par 3.8-4.1 °C pēc HCA2 un par 2.5-2.7 °C pēc HCB2 scenārija; tā pieaugs visās gada sezonās, bet straujāk - ziemā un rudenī;
- veģetācijas periods pagarināsies par 35-40 dienām pēc HCA2 un par 31-35 dienām pēc HCB2 scenārija;
- atmosfēras nokrišņi pieaugs vidēji par 10-12% (HCA2) un 6-9% (HCB2), lielāks nokrišņu pieaugums sagaidāms ziemā, kā arī pieaugs intensīvu nokrišņu izkrišanas dienu skaits gadā;
- upju gada notece varētu samazināsies par 2-25% pēc HCA2 un 3-11% pēc HCB2 scenārija, izņemot Bēzres upi, kur notece neizmainītos vai varētu pat pieaugt par 6 % pēc HCB2 scenārija (2.9. attēls).
- ziemā upju notece pieaugs par 6-18% HCA2 un 4-12% HCB2 scenārija, samazināsies - rudenī un pavasarī, bet vasarā nebūs novērojamas būtiskas izmaiņas; tādejādi lielākā gada notece veidosies ziemā, tam sekos pavasaris, rudens un vasara.



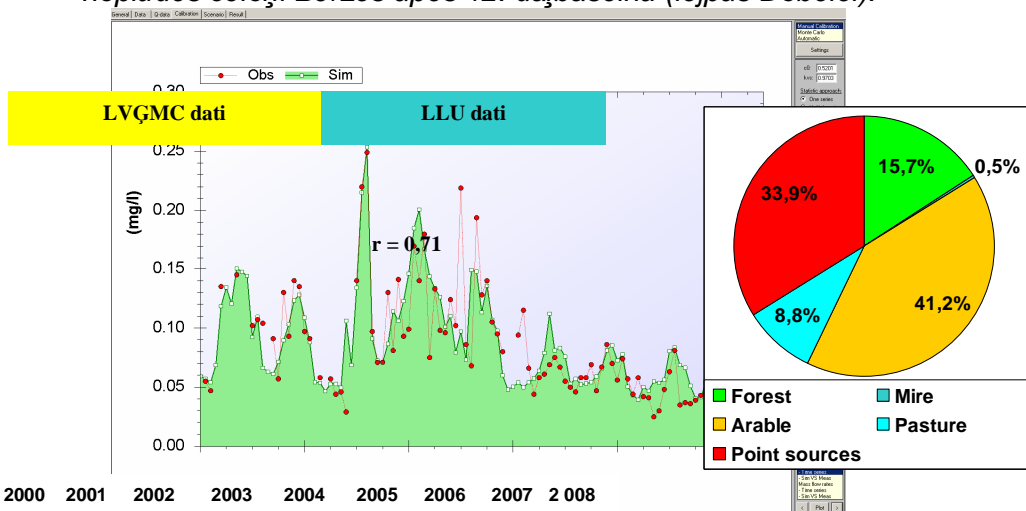
2.9. attēls. Bērzes un Salacas upju gada notece procentos hidroloģiskajam gadam HC CTL kontroles periodam (1961-1990); klimata scenāriju HCA2 un HCB2 (2071-2100) izmaiņas salīdzinot ar kontroles periodu.

Uzdevums 3.5. Klimata mainība un piesārņojuma izmaiņas

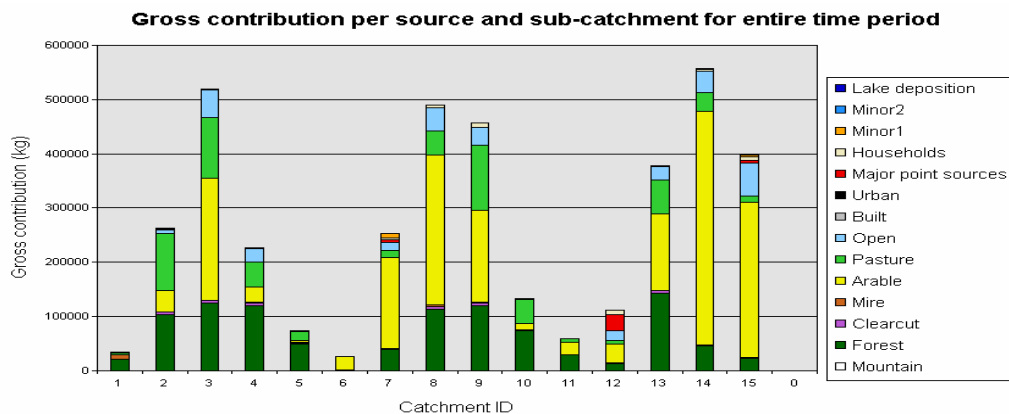
FYRIS modeļa jaunākās - 3. versijas atbilstības pārbaude klimata ietekmju modelēšanai sadarbībā ar FYRIS modeļa izstrādātājiem no SLU ļāva tālāk uzlabot Latvijas apstākļiem piemērotus Fyris modeļa algoritmus un kalibrācijas parametrus, kā arī sekmīgi izpildīt fosfora noplūdes modelēšanu. Būtiska ir iespēja ar Fyris modeli veikt ātru piesārņojuma slodzes analīzi pa piesārņojuma veidiem un cēloņiem (2.10 un 2.11. attēli). Minētā analīze parāda piesārņojuma avotu nozīmi: aptuveni 47% Bērzes upes slāpekļa un 41% fosfora piesārņojuma baseinam leņķus Dobeles nāk no lauksaimniecībā izmantotās aramzemes. Fyris modelis dod iespēju analizēt piesārņojuma izcelsmi un apjomu katrā no upes daļbaseiniem (2.12. attēls), kas ļauj izstrādāt zinātniski pamatotus upes baseina apsaimniekošanas plānus.



2.10. attēls. Modelētās un novērotās slāpekļa koncentrācijas un piesārņojuma noplūdes cēloņi Bēzres upes 12. daļbaseinā (leļpus Dobeļei).



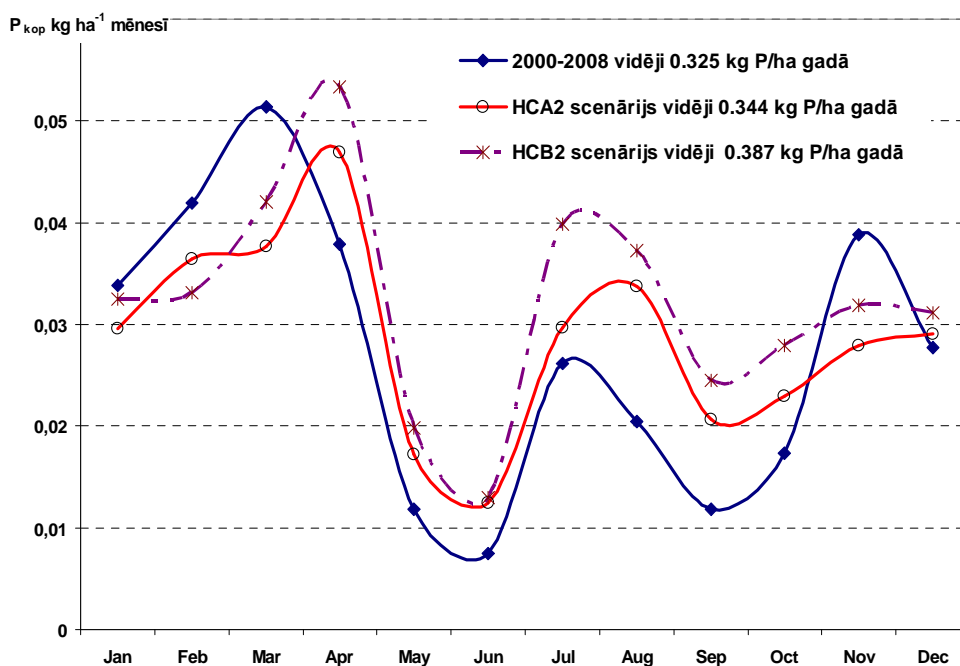
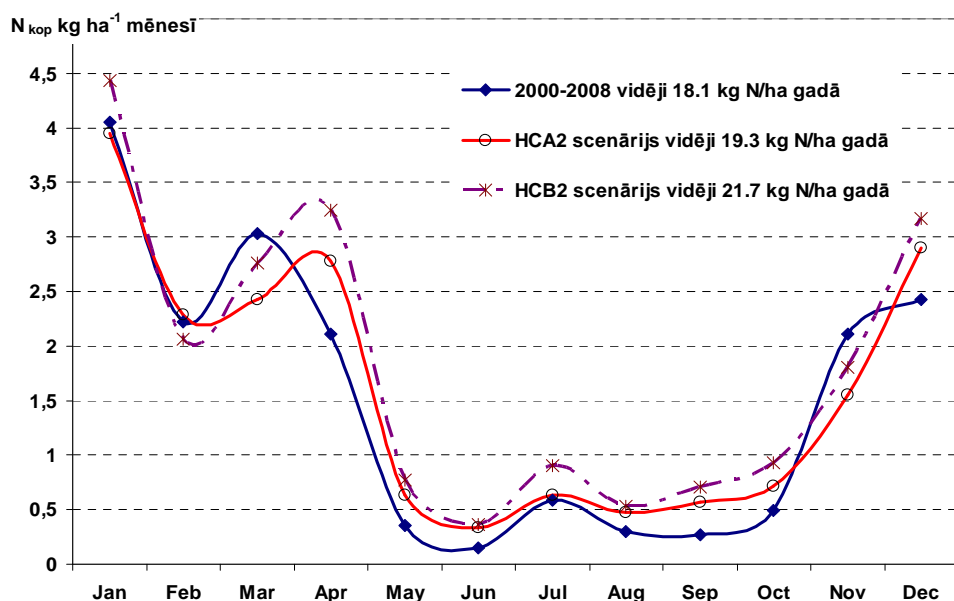
2.11. attēls. Modelētās un novērotās fosfora koncentrācijas un piesārņojuma noplūdes cēloņi Bēzres upes 12. daļbaseinā (leļpus Dobeļes).



2.12. attēls. Slāpekļa piesārņojuma avoti un apjoms Bēzres upes daļbaseinos.

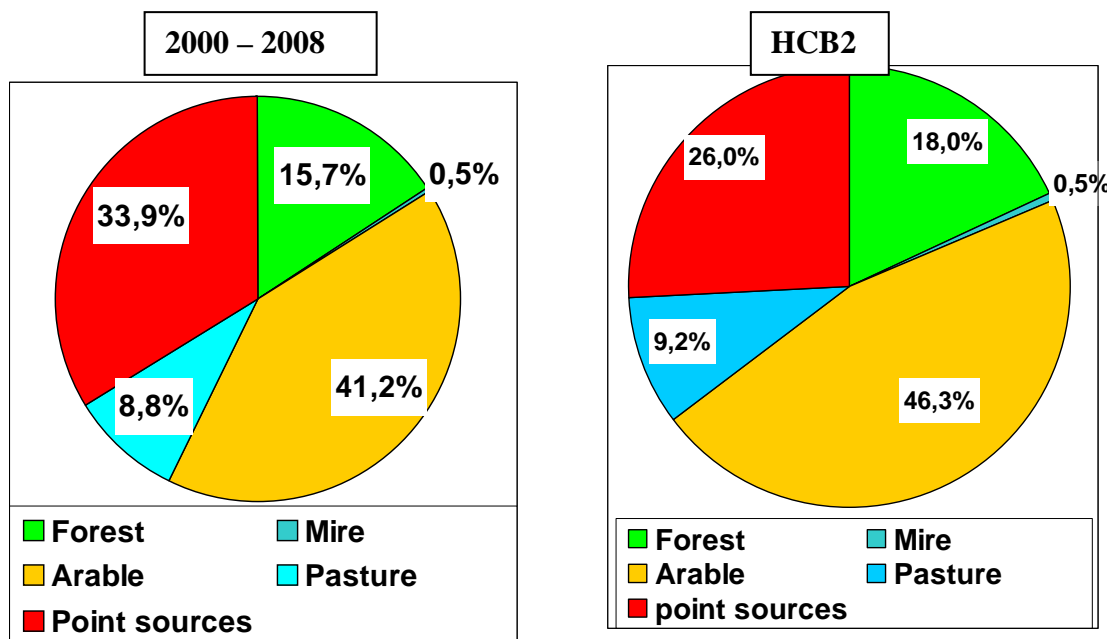
2.13. attēlā parādītas modelētās P un N savienojumu noplūdes pa mēnešiem. Slāpekļa noplūdes pēc LLU monitoringa datiem pašreiz (2000-2008) sastāda ap 18 kg ha⁻¹ gadā. Klimata mainības rezultātā prognozējams biogēnu gada noplūdes

apjoma pieaugums par aptuveni 6-7% pie HCA2 scenārija un par 19-20% pie HCB2 scenārija.



2.13. attēls. Novērotās un prognozētās Bērzes upes N un P noplūdes pa mēnešiem

Modelēšanas rezultāti ļauj prognozēt klimata mainības izsuktās dažādu piesārņojuma avotu ietekmes izmaiņas uz ūdeņu kvalitāti. 2.14. attēlā redzams klimata mainības rezultātā prognozējamais lauksaimniecības (aramzeme) ietekmes pieaugums kopējā P noplūdes apjomā par 5% pie HCB2 scenārija, to salīdzinot ar 2000. - 2008. g. datiem. Prognozējama punktveida piesārņojuma avotu (notekūdeņi) ietekmes samazināšanās par aptuveni 8%. Protams, modelēšana izpildīta, nemainot lauksaimniecības zemju platības un to izmantošanas veidu, kā arī notekūdeņu apjomus un sastāvu.

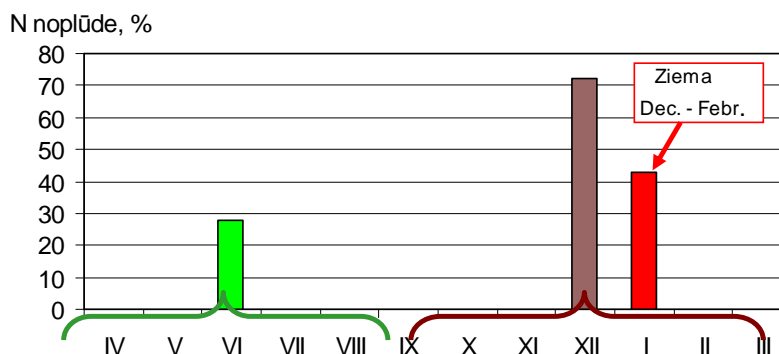


2.14. attēls. Klimata mainības izsauktās P piesārņojuma noplūdes avotu nozīmes izmaiņas Bērzēs upei.

Diemžēl klimata mainības modelēšanas rezultāti pagaidām nepietiekamā līmenī spēj ievērtēt visus lauksaimniecības noteci veicinošus faktoru un to kombināciju pēc ietekmes. Piemēram, modelēšanas rezultāti neievērtē biežo augsnes sasalšanas un atkuššanas ciklu ietekmi uz izskalošanās procesu intensitāti. Īpaša nozīme ir ekstrēmi sausam veģetācijas periodam un tiem sekojošai siltai, ar nokrišņiem un atkušņiem bagātai ziemai. Piemēram, 2006. - 2007.g. ziemas periodā ļoti augstās lauksaimniecības difūzā piesārņojuma noplūdes izsauca augsnē pieejamie lieli minerālā slāpekļa krājumi, kurus kultūraugi nespēja izmantot ražas veidošanai 2006. g. sausajā vasarā. LLU monitoringa dati lauka līmenī parāda, ka šādos apstākļos ap 56% no gada kopējās N noplūdes izveidojās decembra-janvāra-februāra mēnešos.

LLU ilggadīgās datu rindas ļauj analizēt slāpekļa un fosfora savienojumu noplūdes režīmu mēnešu un sezonālā griezumā. 2.15. attēlā redzams, ka lauksaimniecības noteces nozīmīgākā daļa veidojas neveģetācijas un ziemas periodos. Tikai 27% no slāpekļa noplūdes (lauka līmenis) nonāk udeņos veģetācijas (vasaras periodā). Pārējie 73% noplūst periodā vēls rudens – ziema, pavasaris. Īpaša nozīme ir ziemas mēnešiem decembris, janvāris un februāris, jo vidējie ilggadīgie dati parāda, ka šajā periodā N savienojumu noplūde sastāda 43% no kopējās gada noplūdes. Tādēļ klimata mainības izsauktā noteces režīma izmaiņas šajā periodā var kvalitatīvi izmainīt ar biogēnu noplūdi saistītos procesus.

Bērze drenēts lauks



2.15. attēls. Lauksaimniecības noteces sezonālais sadalījums (vidējie dati. X.1993. – XII.2008.)

Klimata mainības modelēšanas rezultāti pagaidām nepietiekamā līmenī spēj ievērtēt dažus lauksaimniecības noteci veicinošus faktoros un to savstarpēju kombināciju ietekmi. Tas pierāda, ka pie nebūtiska upju caurplūduma palielinājuma vai pat pie samazinājuma, lauksaimniecības difūzais piesārņojums var ievērojami pieaugt.

2. 4. Rezultātu zinātniskā un tautsaimnieciskā nozīme.

Valsts pētījuma programmas „Klimata maiņas ietekme uz Latvijas ūdeņu vidi” otrās darba paketes „Klimata mainības ietekme uz augu barības elementu apriti sateces baseinā” izpildes rezultātā Latvijā sākts izmantot ūdens kvalitātes modeļus, kuru korekta pielietošana izdarīta atbilstoši EUROHARP metodikai un ieteikumiem (upes baseina dalījums homogēnos daļbaseinos, hidroķīmisko datu rindu garums vismaz 5 gadi), kas līdz šim Latvijā upēm praktiski nebija izpildāms. Kalibrētā Fyris modeļa izmantošana Bērzes upei ar klimata datiem, kuri noteikti ar reģionāliem klimata modeļiem pirmās darba paketes ietvaros, ļauj izpildīt klimata ietekmes uz iekšējo ūdeņu kvalitāti modelēšanu. Ar minēto modeli veikta dažādu piesārņojuma avotu un to ietekmju nodalīšana. Pētījumu ietvaros apgūtā hidroloģiskā un hidroķīmiskā modelēšana ir viens no priekšnoteikumiem, lai Latvija varētu izpildīt ES Ūdens Struktūrdirektīvas prasības par virsūdeņu apsaimniekošanu un to kvalitātes nodrošināšanu, un noteikt Latvijas lomu un iespējas Baltijas jūras piesārņojuma samazināšanā.

Nākotnes klimatiskie apstākļi noteiks būtiskas Latvijas upju noteces režīma izmaiņas, kurā varēs izdalīt izteiktu daudzūdens periodu no novembra līdz aprīlim un mazūdens periodu no maija līdz oktobrim. Šādas upju hidrogrāfa izmaiņas var ietekmēt pieejamo ūdens resursu izmantošanas iespējas nākotnē pa sezonām, kas savukārt ietekmēs atsevišķu saimniecības nozaru attīstību (enerģētika, ūdens apgāde, lauksaimniecība) un arī sekmēs lauksaimniecības difūzā piesārņojuma palielināšanos. Hidroloģiskās modelēšanas rezultāti prognozē, ka klimata mainības ietekmē varētu samazināties upju gada vidējā notece. Klimata mainība izsauks augu barības vielu noplūdes pieaugumu vismaz par 6-20% atkarībā no scenārija, kuru pieņem prognozes noteikšanai.

2.5. DP2 ieguldījums ūdenssaimniecības nozares kapacitātes attīstībā

LLU un LU zinātnieki ir turpinājuši ilggadīgu ūdens kvalitātes datu bāzu veidošanu, lauksaimniecības difūza piesārņojuma noteikšanu dažādos ģeogrāfiskos līmeņos, Bēzres upes paraug baseina izpēti un attīstījuši Latvijā ūdens kvalitātes modelēšanas kapacitātes tādā līmenī, lai varētu veikt līdzvērtīgu darbu kopā ar Zviedrijas, Dānijas, Norvēģijas un Somijas partneriem, izstrādājot Baltijas jūras baseina ekosistēmas apstākļiem atbilstošu, harmonizētu ūdeņu apsaimniekošanas modeli (BONUS programmas RECOCA projekts). Tas, nenoliedzami, veicinās zinātniski pamatotu ūdeņu apsaimniekošanas sistēmas izveidošanu Latvijā, kuru pieprasa ES Ūdeņu Struktūrdirektīva.

DP-2 izpildē iesaistītie maģistranti un doktoranti piedalījušies vairākos starptautiskos doktorantuursos ārpus Latvijas, apgūstot ūdens kvalitātes modelēšanu:

1. L. Bērziņa. NATO Science for Peace programma. Uncertainties in environmental modelling and consequences for decision making. Vrsar, Horvātija. 30.10. - 11.11. 2007.
2. K. Abramenko un A. Lagzdiņš, V. Vircavs. BSRP/HarmoBalt projekta starptautiskie ūdeņu kvalitātes modelēšanas kursi par „Fyris”, „SoilNDB”, „ICECREAM” hidroķīmisko modeļu pielietošanu. Zviedrijas Lauksaimniecības zinātņu universitāte. Uppsala. 16.- 20. 04. 2007.
3. A.Lagzdiņš un A.Bakute (2008) Starptautiskā vasaras skola jauniem zinātniekiem un doktorantiem „Coping with climate change in integrated Watershed Management” 30.06.-09.07.2008. Vāgeningenas universitāte, Nīderlande.
4. K.Abramenko. Starptautiskie ūdeņu kvalitātes modelēšanas kursi „Hydroinformatics for River Basin Management” Spain, Universida de Castilla La Mancha (UCLM) 24.- 28.05.2009.
5. K.Abramenko un L.Grīnberga. Starptautiskie ūdeņu kvalitātes modelēšanas kursi. Fyris model applications. 1.-3.02.2009. SLU, Sweden,
6. V.Vircavs. SOVZOND un Shlumberger Water Services kursi „IACM – Integrated Aquifer Characterization & Groundwater Modeling”. 26.-30.10.2009. Krievija, Maskava.

Projekta vadītājs V.Jansons



Darba pakete Nr 3: KLIMATA MAINĀS IETEKME UZ IEKŠĒJO ŪDEŅU EKOSISTĒMĀM UN BIOĻĢISKO DAUDZVEIDĪBU

3.1. Darba paketes mērķis un uzdevumi:

DP3 mērķis:

Izvērtēt iespējamās klimata mainības ietekmes uz Latvijas iekšējo virszemes ūdeņu režīmu, ekosistēmām un to bioloģisko daudzveidību.

DP3 uzdevumi:

- DP3a Sugu bioloģiskās daudzveidības izmaiņu novērtējums saistībā ar klimata mainību. Klimata pārmaiņu indikatoru noteikšana.
- DP3b Klimata pārmaiņas raksturojošie lielumi un to ietekmes uz iekšējo ūdeņu hidrobiocenozēm. Priekšlikumi klimata mainības adaptācijai aizsargājamās teritorijās.
- DP3c Klimata pārmaiņu ietekmes uz Salacas ihtiocenozēm (dabīgā laša u.c. ceļotājzivju populācijām) novērtējums, klimata izraisīto pārmaiņu ietekme uz zveju.

2.2. Pētījumā iesaistītais personāls

Darba paketes (DP3) vadītāja: Gunta Sprinģe, Dr.biol., vadošā pētniece, LU aģentūra LU Bioloģijas institūts (LU BI), LU ĢZZF asociētā profesore

Darba paketes (DP3) izpildītāji:

Agrita Briede - Dr.geogr., LU BI vadošā pētniece, ĢZZF profesore, Ģeogrāfijas nodaļas vadītāja.

Valērijs Rodinovs – M.Sc., LU Bioloģijas institūta pētnieks.

Ilga Kokorīte – Dr.geogr., LU Bioloģijas institūta pētniece.

Linda Eglīte – Dr.chem., LU Bioloģijas institūta pētniece.

Ivars Druvietis - Dr.biol., LU Bioloģijas institūta vadošais pētnieks, LU Bioloģijas fakultātes docents.

Inga Konošonoka – LU Bioloģijas fakultātes maģistratūras studente, LU Bioloģijas institūta laborante.

Elga Parele - Dr.biol., LU Bioloģijas institūta vadošā pētniece.

Agnija Skuja – M.Sc., LU doktorantūras studente, LU Bioloģijas institūta pētniece.

Dāvis Ozoliņš – M.Sc., LU doktorants. LU Bioloģijas institūta asistents.

Laura Grīnberga - M.Sc., LU doktorante, LU Bioloģijas institūta asistente.

Jānis Šīre – M.Sc., LU doktorants, LU Bioloģijas institūta asistents.

Ilva Vasmane – LU bakalaura programmas studente.

Oskars Purmalis – M.Sc., LU doktorants, LU Bioloģijas institūta vec.laborants.

Vjačeslavs Kuļikovs – inženieris.

Māra Dzene - inženiere.

Jānis Birzaks - LZRA Iekšējo ūdeņu laboratorijas vadītājs.

Andis Mitāns - Dr.biol., LZRA Akvakultūras laboratorijas vadītājs.

Inese Briede - LZRA Akvakultūras laboratorijas pētniece.

Ēriks Aleksējevs - LZRA Iekšējo ūdeņu laboratorijas vadošais pētnieks.

2.3. Rezultāti

DP3a Sugu bioloģiskās daudzveidības izmaiņu novērtējums saistībā ar klimata mainību. Klimata pārmaiņu indikatoru noteikšana.

Lai novērtētu klimata maiņas apstākļos notiekošās izmaiņas, hidrobiontu sugu daudzveidības pētījumiem tika izvēlēti modeļobjekti, balstoties uz ilglaicīgo datu rindu analīzi tipoloģiski dažādos ūdens objektos. Kā modeļobjekts lotiskām sistēmām tika izvēlēta Salaca - Latvijas galvenā lašupe, tipiska no ezera iztekoša upe gan ar ritrāla, gan potamāla posmiem. Salacas baseins atrodas Ziemeļvidzemes biosfēras rezervātā, kas nosaka iespēju salīdzinoši zemas antropogēnās slodzes apstākļos uz kopējā ietekmes faktoru fona novērtēt tieši klimata pārmaiņu raksturojošo parametru ietekmi. No lentiskām sistēmām pētījumi veikti Engures ezerā, kas pieder lagūnas ezeriem, kas Eiropas Komisijas Kopējo pētījumu centra (ECJRC) ziņojumā par klimata maiņu un Eiropas ūdens dimensiju² atzīti par visjutīgākajām saldūdens sistēmām.

Plaša ihtioloģisko datu analīze veikta, izmantojot Salacas apsekošanas datus no 1992.-2009.g., kas ir garākā Latvijā pieejamā datu rinda par sugu sastopamību un to īpatņu skaita izmaiņām upēs. Kopumā Salacas baseinā šajā periodā apsektas 12 upes pavisam kopā 107 parauglaukumos. Tomēr Salacas ihtiofaunā tāds absolūts rādītājs kā sugu skaits 19 pētījumu gadu laikā konkrēti vēl neparāda iespējamo globālo klimata izmaiņu ietekmi uz upes zivju sugām, kaut gan, salīdzinot ar 20.gs. 50-ajiem gadiem, izmaiņas varētu būt notikušas – tā laika pētījumos nav minētas tādas sugas kā sudrabkarūsa *Carassius gibelio*, kaze *Pelecus cultratus*, spidiļķis *Rhodeus amarus* un platgalve *Cottus gobio*, lai gan būtiski rezultātu izvērtēšanā ņemt vērā ihtioloģisko pētījumu kvalitāti un metodiskās atšķirības.

Tai pat laikā Salacas zoobentosa Šenona indeksa vērtību salīdzinājums liecina, ka bioloģiskās daudzveidības izmaiņas nav vērtējamā viennozīmīgi. Salacā pie iztekas no Burtnieku ezera Šenona indekss nav būtiski mainījies piekrastē, bet parāda palielināšanās tendenci upes vidū (3.1.att.).

Kopumā būtiskas izmaiņas Salacas makrozoobentosa sugu sabiedrībās no 1982. - 2008. gadam netika konstatētas, taču tās potenciāli sagaidāmas, klimata maiņas ietekmē pieaugot ūdens temperatūrai, izmainoties hidroloģiskajam režīmam un ūdens fizikāli – ķīmiskajam sastāvam, kas ietekmēs arī grunts substrātu struktūru.

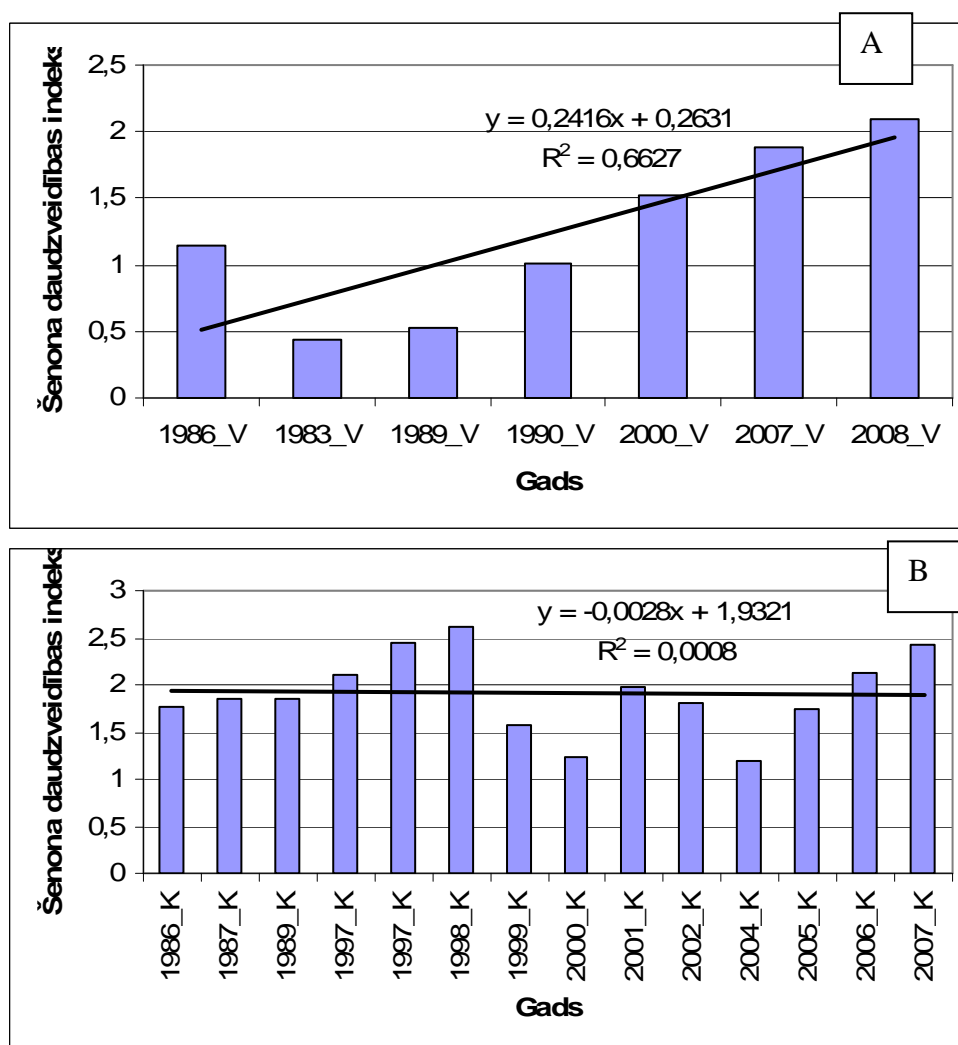
Pētījuma programmas ietvaros veikta 2007.- 2009.g. zivju monitoringa ihtioloģiskā materiāla (3.1.tab.) analīze.

2

http://ies.jrc.cec.eu.int/fileadmin/Documentation/Reports/Inland_and_Marine_Waters/Pubs/Climate_Change_and_the_European_Water_Dimension_2005.pdf

Pavisam konstatētas 34 zivju, 2 nēģu un 4 vēžu sugas, 9 no tām Latvijas un ES normatīvajos aktos piešķirts īpašs aizsargājamo sugu statuss. Konstatētas 4 introducētas sugas: rotans *Percotus glenii*, sudrabkarūsa *Carassius gibelio*, signālvēzis *Pacifastacus leniusculus* un dzeloņvaigu vēzis *Orconectes limosus*. Zivju audzētavu darbības rezultātā Latvijas upju baseinos nonākušas zivju sugas, kas agrāk tur nebija sastopamas. Tā Lielupes upju baseina apgabalā konstatēti Baltijas laša *Salmo salar* un alatas *Thymallus thymallus* mazuļi, Gaujas upju baseina apgabalā - varavīksnes foreles *Oncorhynchus mykiss* mazuļi.

Iegūto datu apstrāde un interpretācija būtiski papildina esošās datu bāzes, lai novērtētu zivju izplatības, migrāciju uzvedības un augšanas izmaiņas saistībā ar klimata izmaiņām. Piemēram, lai analizētu klimata izmaiņu iespējamo ietekmi uz Salacas laša populāciju, veikta to smoltu migrācijas uzskaišu datu apkopošana un analīze par laika periodu no 1964.- 2009.g., kas ļauj izdarīt secinājumus par novirzēm migrācijas procesā.



3.1. attēls. Makrozoobentosa Šenona indeksa vērtības Salacas iztekā (A - vidus, B – kreisā piekraste).

3.1.tabula. Zivju monitoringa piepūle upēs un ievāktais bioloģiskais materiāls

Gads	Upju skaits	Pauglaukumu skaits	Apzvejotā platība (ha)	Laiks zvejā (h)	Analizēto zivju skaits	Sugu skaits
2007	48	118	2,4	75,4	19470	33
2008	52	128	3,0	136,0	27048	37
2009	49	119	2,7	107,3	22209	36

Projekta gaitā izkristalizējušies klimata maiņas indikatori Latvijas virszemes saldūdeņos. Pie tiem pieskaitāmi tādi klasiski klimatiskie rādītāji kā gada vidējās temperatūras pieaugums, temperatūras sezonālās izmaiņas, nokrišņu pieaugums, ledstāves ilguma samazināšanās, caurplūduma palielināšanās upēs ziemas periodā, mitro dienu skaita palielināšanās ziemas periodā, stipri mitro dienu skaita palielināšanās, dienu skaita ar intensīviem nokrišņiem palielināšanās. Tas izraisa izmaiņas ūdens ķīmiskajā sastāvā, piem., palielinās ūdens krāsainība un ķīmiskais skābekļa patēriņš KSP . Klimata maiņas ietekmē izmaiņas notikušas arī ūdeņu biocenožu struktūrā un funkcijās.

Ilgtermiņa pētījumi liecina, ka Salacā palielinās cianobaktēriju daudzums kopējā fitoplanktona biomasā, kā arī zaļāļģu daudzums perifitonā. Par vienu no klimata maiņas indikatoriem atzīstama makrofītu aizauguma pakāpes palielināšanās ūdenstilpēs, ko veicina veģetācijas perioda pagarināšanās, kā arī pavasara palu, kas līdz ar ledus iešanu veica upes mehānisku tīrīšanu, pārbīde uz ziemas pusi. Kaut arī klimata izmaiņu ietekmi grūti pilnībā nodalīt no pārējo makrofītu cenozes ietekmējošo faktoru (grunts raksturs, hidroloģiskais režīms) ietekmes, tomēr jāņem vērā fakts, ka augu attīstību veicinošo biogēno elementu pieaugums (N-NO_3^- ; P-PO_4^{3-}) pētījuma periodā netiek konstatēts.

Literatūras dati liecina, ka bezmugurkaulnieku driftā klimata maiņas ietekmē mainās viendienīšu un maksteņu attīstības stadiju proporcijas sezonālajos drifta paraugos, pēc kā iespējams noteikt, vai ir notikušas sugu fenoloģiskās izmaiņas.

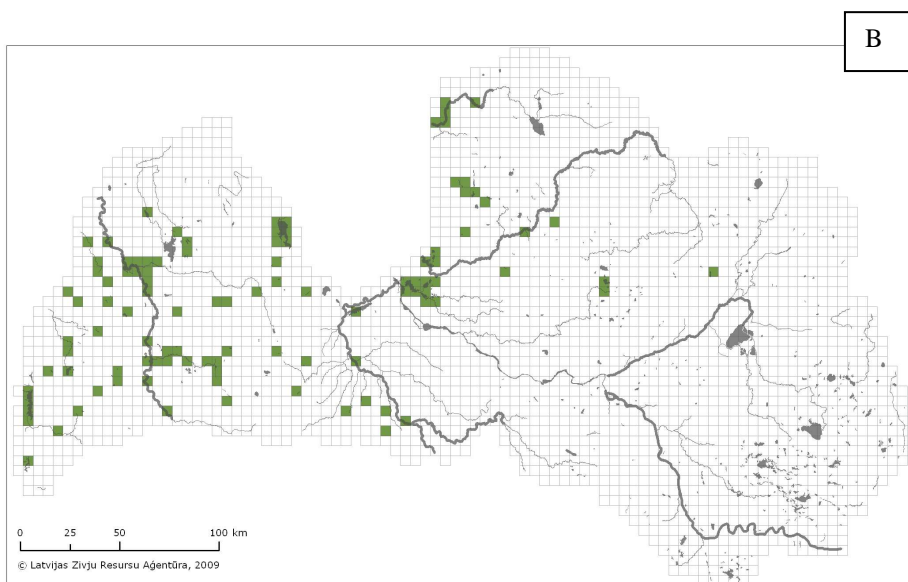
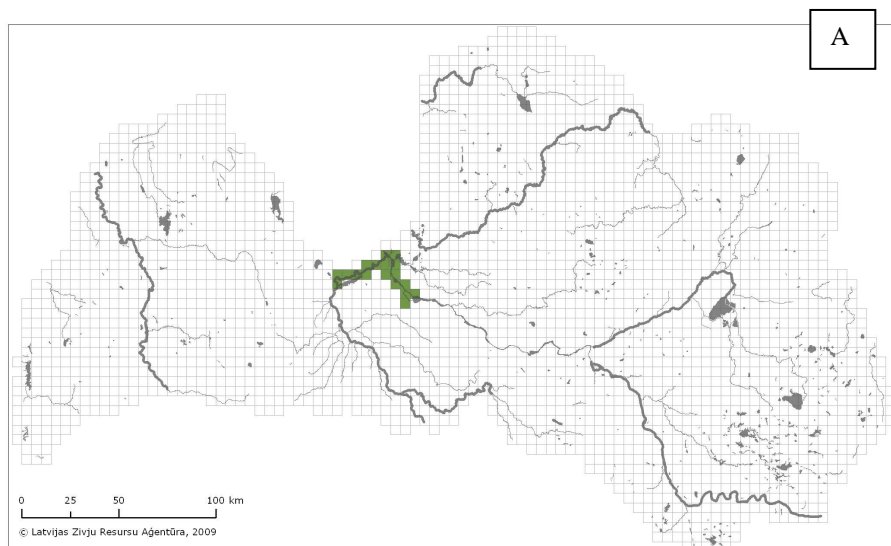
Attiecībā uz zivīm, jāatzīmē, ka lielākā daļa no Latvijā un arī Salacā sastopamajām zivju sugām ir eiritermas. Pie aukstūdens sugām, kas sastopamas Salacā, pieder lašveidīgās zivis, tādas kā lasis, taimiņš *Salmo trutta*, strauta forele *Salmo trutta fario* un sīga *Coregonus lavaretus*, kā arī vēdzele *Lota lota* un platgalve, un lielākā daļa no tām ir ekoloģiski jutīgas. No ekoloģiski jutīgām zivju sugām, kas dod priekšroku uzturēties siltākos ūdeņos, Salacā plaši izplatīta pavīķe *Alburnoides bipunctatus* un spidiļķis *Rhodeus amarus*. Ekoloģiski jutīgo zivju sugu izmaiņas arī ir izmantojamas par vides stāvokļa indikatoriem saistībā ar klimata maiņas ietekmi.

Spidiļķa izplatības kartes skaidri parāda sugas izplatības areāla palielināšanos laikā no 20.gs. pirmā ceturkšņa līdz mūsdienām (3.2.att.).

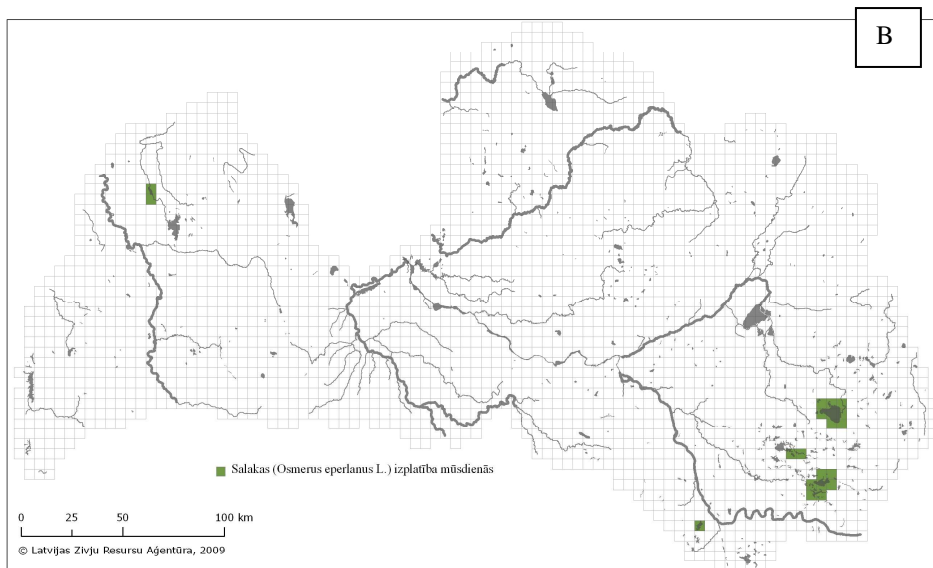
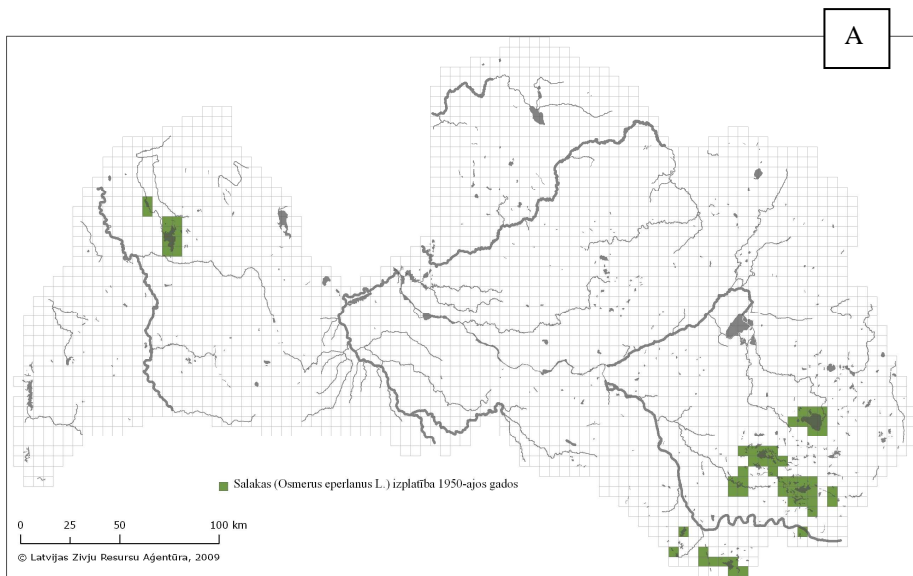
No 2007. gada līdz 2009. gadam 43 Latvijas ezeros, to skaitā 4 ezeros ar varbūtēju repšu sastopamību un 2 ezeros ar iespējamu ezera salaku sastopamību, veikti ihtioloģiskie pētījumi un veiktas bioloģiskās analīzes 33 sugu zivīm, kopā analizējot 16700 eksemplārus. Apkopoti 2007. un 2008. gada rūpnieciskās zvejas dati par zivju sugām 243 Latvijas ezeros. Ezeru izpēte galvenokārt veikta, lai novērtētu to saimnieciski izmantojamās zivju krājumus, bet papildus uzmanība tika pievērsta arī

zivsaimniecībā neizmantotajām zivju sugām, kas varētu būt klimata maiņas indikatori. Līdz ar to apkopoti dati par potenciālo indikatorsugu - repša, sīgas, ezera salakas, spidiļķa un zandarta - izplatību 229 Latvijas ezeros.

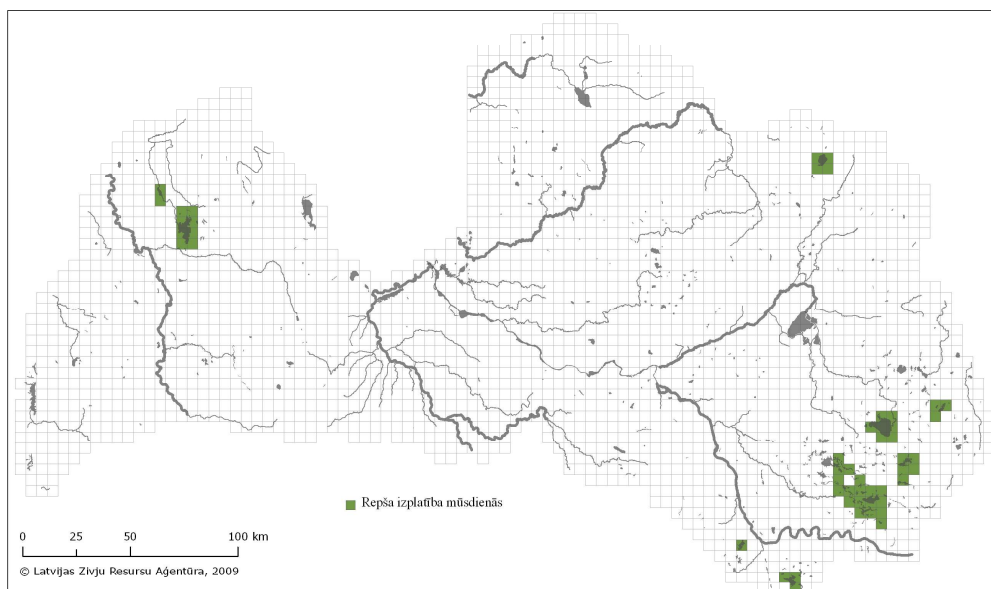
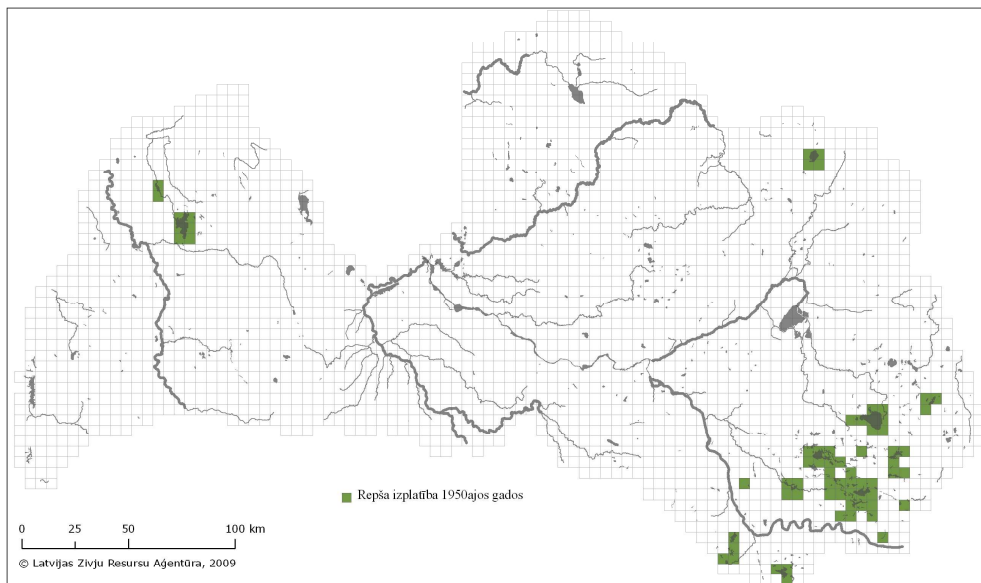
Sugu, kuras dod priekšroku vēsākiem ūdeņiem - salakas *Osmerus eperlanus* (3.3.att.) un repša *Coregonus albula* (3.4.att.), izplatības kartes 20.gs. vidū un mūsdienās liecina par šo sugu izplatības samazināšanos Latvijā.



3.2. attēls. Spidiļķa *Rhodeus amarus* izplatības areāla maiņa Latvijā 1925.g. (A) un mūsdienās (B).

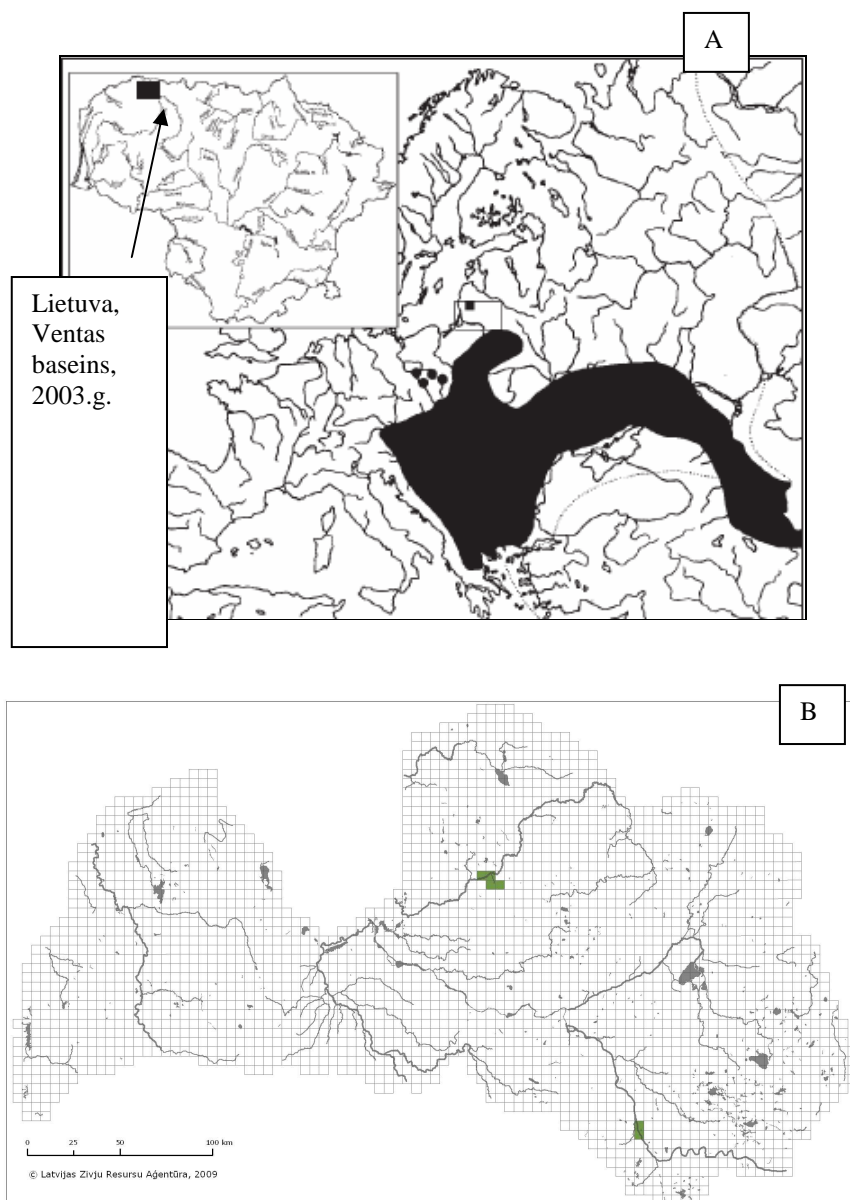


3.3. attēls. Salakas *Osmerus eperlanus* L. izplatība Latvijā 1950-o gados (A) un mūsdienās (B).



3.4. attēls. Repša *Coregonus albula* izplatība Latvijā 1950-o gados (A) un mūsdienās(B).

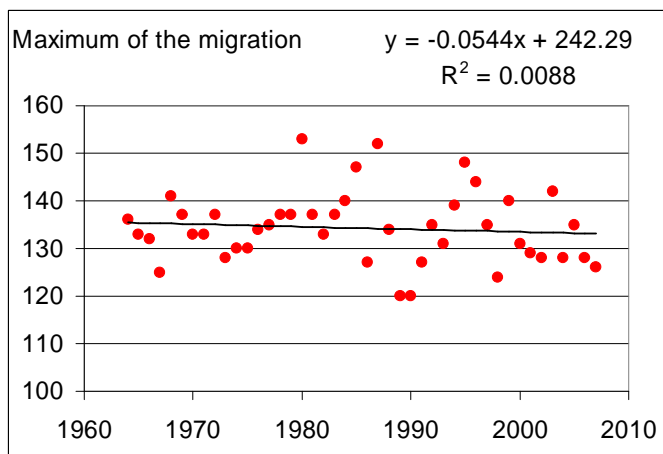
Klimata maiņas indikatori ir ne tikai sugas, kam notiek izplatības areāla maiņa Latvijas teritorijā, bet arī jaunas sugas, kas, klimatam pasiltinoties, ienāk Latvijā. Tā zeltainais akmeņgrauzis *Sabanejewia aurata*, kas ir Kaspijas jūras reģionam raksturīga suga, izplatās cauri Eiropai un 2008.g. pirmo reizi Latvijā konstatēta Gaujas baseinā, bet 2009.g. arī Daugavas baseinā (3.5. att.).



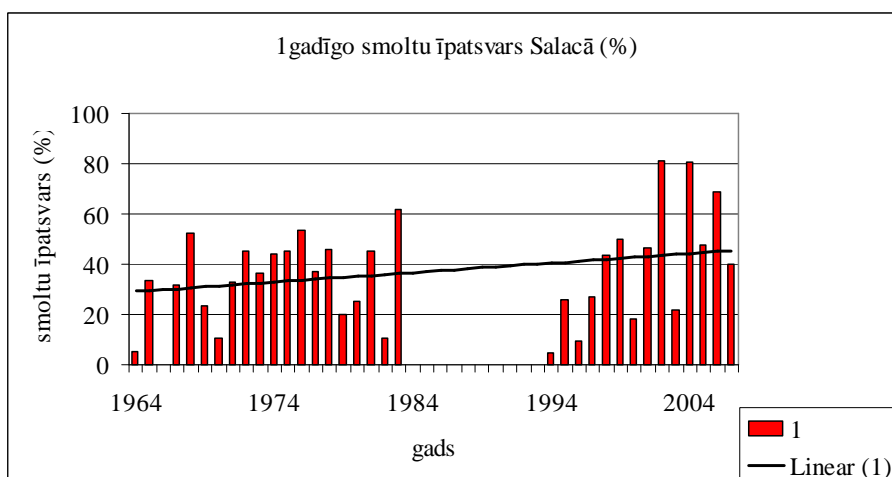
3.5. attēls. Zeltainā akmeņgrauža *Sabanejewia aurata* izplatība Eiropā atbilstoši Bânârescu (1991), Lelek (1987), Witkowski (1994) and Steponenas (2003) (no: Steponenas, 2003³) (A) un akmeņgrauža atradnes Latvijā, Gaujas baseinā 2008.g. (B)

³ Steponenas, A. (2003) Golden loach (*Sabanejewia aurata*) (De Filipi, 1865)) – a new freshwater fish species in Lithuania. Acta Zoologica Lituanica, 2003, 13, 3: 279 - 282

Mainoties klimatam, ir konstatētas ne tikai strukturālas izmaiņas sugu sabiedrību sastāvā, bet arī izmaiņas zivju fizioloģiskajos procesos un uzvedībā, piemēram, izmainot migrāciju termiņus (3.6.att.), nārsta laiku, uzturēšanās vietas. Te pieskaitāma arī tāda parādība, kā viengadīgo smoltu īpatsvara palielināšanās kopējā uz jūru migrējošo smoltu skaitā (3.7.att.).

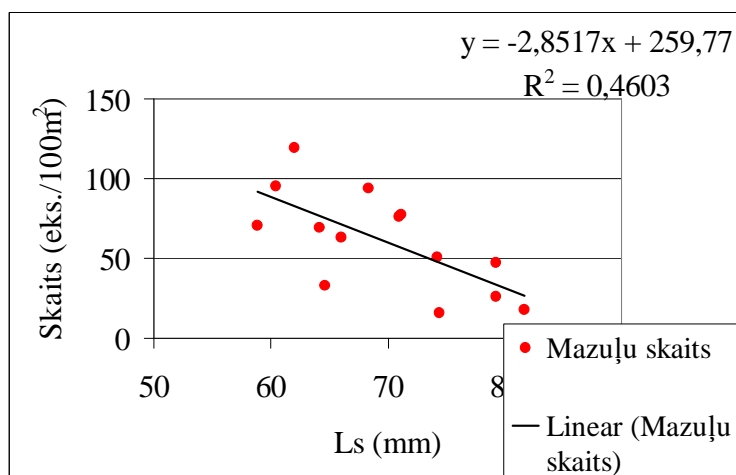


3.6. attēls. Laša smoltu migrācijas laika izmaiņas Salacā.



3.7. attēls. Laša viengadīgo smoltu īpatsvara izmaiņas Salacā.

Lai noteiktu, vai līdz ar klimata maiņu novērojamas zivju augšanas tempa izmaiņas, analizētas laša 0+ mazuļu augšanas tempa atšķirības pa gadiem piecās Salacas laša monitoringa stacijās. Konstatēts, ka Manna - Kendala tests neparāda būtiskas augšanas rādītāju atšķirības pa gadiem, bet būtiska sakarība pastāv starp laša 0+ mazuļu garumu un populācijas blīvumu (īpatņu skaits uz 100m²) (3.8.att.). Novērots arī, ka gados ar lielāku laša mazuļu produkciju tie konstatēti gan Salacas pietekās, gan tiem netipiskās vietās potamāla biotopos. Tas nozīmē, ka zivju augšanu vairāk ietekmē konkurence par dzīvotni un barības objektiem, nevis klimata izmaiņas.

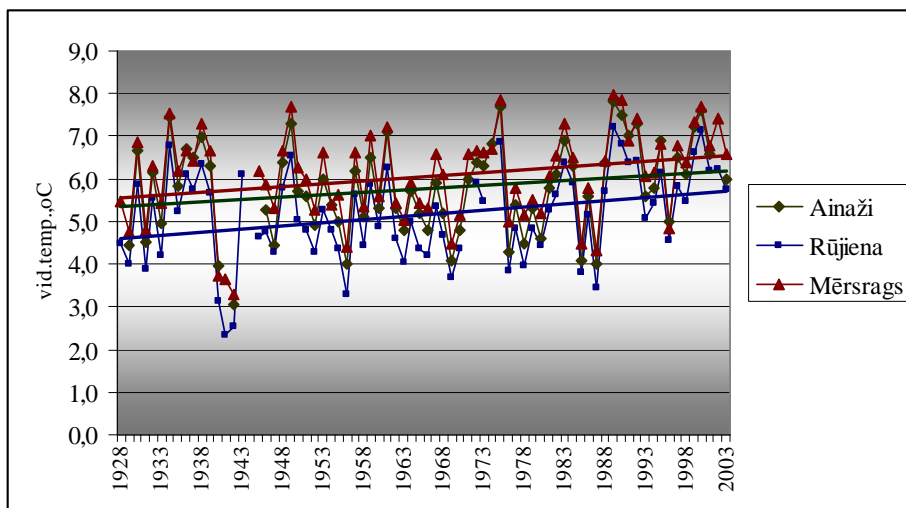


3.8. attēls. Sakarība starp laša 0+ mazuļu blīvumu (skaits eks./100 m²) un garumu (Ls, mm) Salacā.

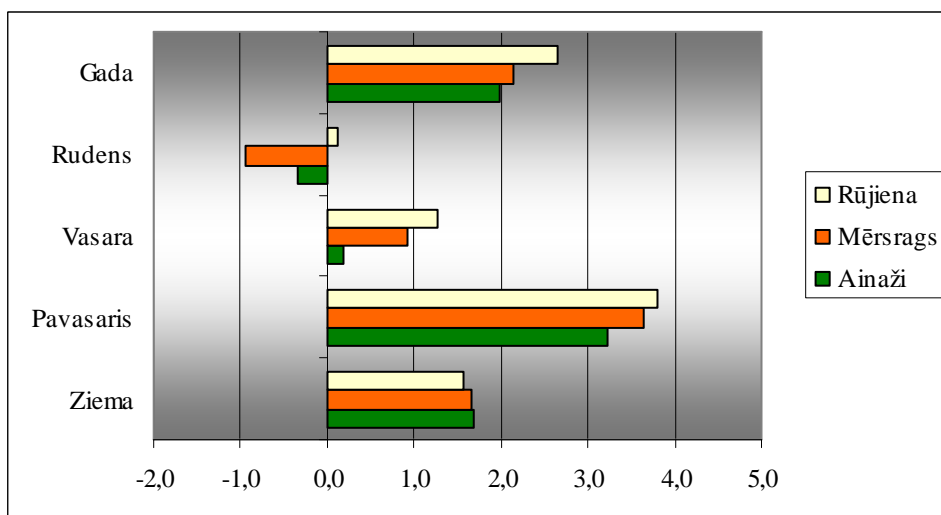
Kopumā pētījumu rezultāti liecina, ka Latvijas virszemes saldūdeņos novērojamas izmaiņas sugu sastāvā un to izplatībā, un šīs izmaiņas ietekmē arī bioloģisko daudzveidību. Tomēr pašlaik nav iespējams prognozēt, vai bioloģiskā daudzveidība kopumā palielināsies uz dienvidu sugu izplatības palielināšanās rēķina, vai samazināsies, samazinoties un izzūdot aukstummīlošajām sugām, tādām kā lašveidīgās zivis.

DP3 b Klimata pārmaiņas raksturojošie lielumi un to ietekmes uz iekšējo ūdeņu hidrobiocenozēm. Priekšlikumi klimata mainības adaptācijai aizsargājamās teritorijās.

Klimata pārmaiņas raksturo klimatiskie parametri, no kuriem primāri nozīmīgākais ir gaisa temperatūra. Šim lielumam pat salīdzinoši nelielajā Latvijas teritorijā var būt atšķirīgs mainības raksturs, ko nosaka ne tikai atmosfēras cirkulācija, radiācijas režīms, bet arī ģeogrāfiskā novietojuma īpatnības. Temperatūras ilgtermiņa raksturs analizēts, izmantojot trīs meteoroloģisko staciju (Rūjiena un Ainaži- Salacas baseinā; Mērsrags- Engures ezera baseinā), kurās atrodas izvēlētie ūdens modeļobjekti (3.9. att.). Temperatūras pieaugums šajās meteoroloģiskajās stacijās 75 gadu garumā ir intervālā no 0,85 °C līdz 1,13 °C. Analizējot sezonālo temperatūru mainību tika konstatēts, ka visbūtiskākās temperatūras izmaiņas ir novērotas tieši pavasara (marts-aprīlis) sezonai. Savukārt, rudens un vasaras sezonās nav redzamas būtiskas izmaiņas temperatūrām ilgtermiņa griezumā, ko apstiprināja Manna-Kendala tests (3.10.attēls).

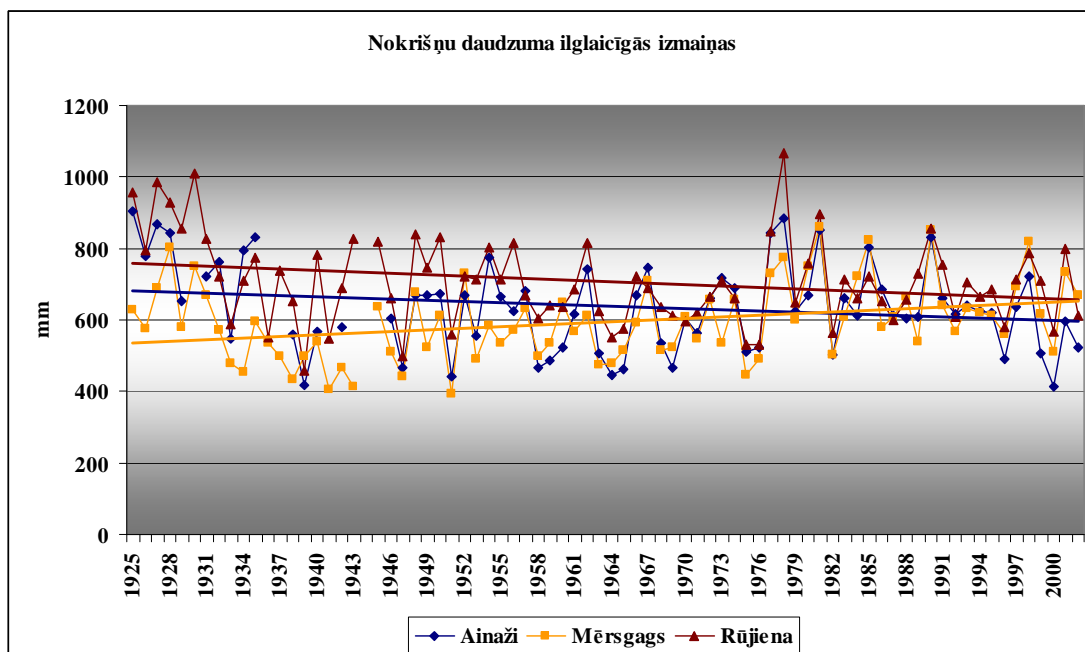


3.9. attēls. Gada vidējās gaisa temperatūra mainības raksturs (1928. – 2003.) ilglaicīgās izmaiņas Rūjienas, Ainažu (Salacas baseins) un Mērsraga (Engures ezera baseins) meteoroloģiskajās stacijās.

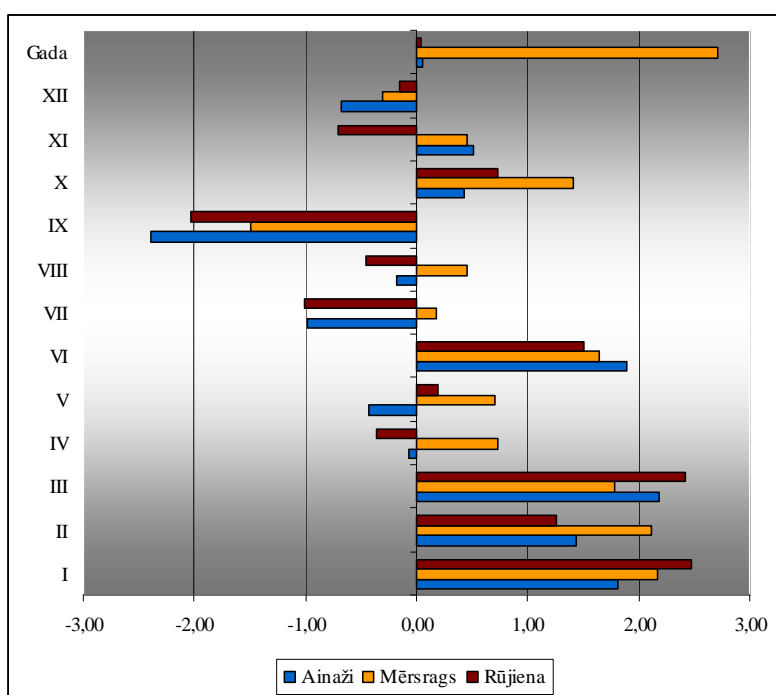


3.10.attēls. Manna-Kendala testa statistika sezonālajām temperatūrām par periodu 1928.g.-2003.g.

Būtiska ietekme uz virszemes saldūdeņiem ir nokrišņiem, kas ietekmē vielu noteces, upju caurplūdumu un ezeru līmeņa svārstības. Ilglaicīgo novērojumu (1950.-2003.) datu analīze liecina, ka gada nokrišņu summas pieaugums ir raksturīgs tikai Engures baseina teritorijā esošajai Mērsraga meteoroloģiskajai stacijai (3.11.att.). Nevienu no trim stacijām netika konstatētas statistiski būtiskas nokrišņu daudzuma izmaiņu siltajā gada laikā. Statistiski būtisks nokrišņu samazinājums ir konstatēts septembra nokrišņu summām Ainažu un Rūjienas ilglaicīgajām novērojumu rindām, bet izteikta nokrišņu samazināšanās tendence- Mērsraga stacijai (3.12.att.).



3.11. attēls. Nokrišņu daudzuma ilglaicīgās izmaiņas (1925.-2003.) Rūjienas, Ainažu (Salacas baseins) un Mērsraga (Engures ezera baseins) meteoroloģiskajās stacijās.



3.12.attēls. Nokrišņu summas ilglaicīgās izmaiņas (1950-2003).

Liels nokrišņu daudzums, kas izkrīt īsā laika periodā var nodarīt lielus zaudējumus lauksaimniecībai un citām tautsaimniecības nozarēm, kā arī izraisīt plūdus. Tādēļ analizēti dati, lai noteiktu, vai ilggadīgā laika periodā mainījies intensīvi īslaicīgo atmosfēras nokrišņu raksturs. Tika analizētas 1 diennakts maksimālo atmosfēras nokrišņu summu un 5 dienu maksimālo atmosfēras nokrišņu summu izmaiņas, izmantojot LU-Rīga ilglaicīgo datu rindas. Rezultāti parādīja, ka zemāki ikdienas

nokrišņu maksimumi ir fiksēti agrākos novērojumu periodos. 5 diennakšu maksimālais nokrišņu daudzums parāda ievērojamu pieaugumu (18 mm) gada aukstajā sezonā kopš 1851.gada (Manna-Kendala testa vērtība 5,73), turpretim siltajā periodā izmaiņas nav būtiskas.

Kopumā var secināt, ka būtiski pieaugušas 1 diennakts un 5 diennakšu maksimālo atmosfēras nokrišņu summas tikai ziemas sezonā (1925.-2006.) (Tab.3.2.).

Dienu skaits ar intensīviem nokrišņiem, kurā diennakts nokrišņu summa ir lielāka vai vienāda par 10 mm, parāda pozitīvu pieauguma trendu, kā arī izteiktu dekadālu variabilitāti. Tajā pat laikā ļoti intensīvo diennakšu nokrišņu summas (20 mm) izmaiņām nav izteiktas ilgtermiņa rakstura izmaiņas, bet augsta ir ikgadējā un dekadālā mainība.

3.2. tabula. Manna-Kendala testa vērtības 1 diennakts (RX1) un 5 diennakšu (RX5) nokrišņu summām (1925.-2006.).*

Stacija	Ziema		Pavasaris		Vasara		Rudens		Gada	
	RX1	RX5	RX1	RX5	RX1	RX5	RX1	RX5	RX1	RX5
Ainaži	2.67	3.94	-1.02	-1.30	-0.58	1.35	-1.02	0.72	-1.32	0.98
Rīga	4.85	4.70	0.49	0.82	1.27	1.15	1.74	2.45	1.83	1.28
Daugavpils	1.90	3.67	0.55	1.39	-2.17	-0.86	-0.54	1.01	-1.66	-0.33
Gulbene	5.12	6.57	0.65	0.71	-0.30	0.01	-0.33	1.73	-0.45	0.14
Jelgava	2.36	3.82	0.65	1.28	0.76	0.43	1.30	1.36	0.86	0.89
Kolka	1.21	2.85	0.07	-0.10	-1.12	0.18	1.87	1.15	-0.70	0.61
Liepāja	1.54	1.99	-0.71	0.72	0.66	0.39	0.99	-0.53	0.89	-0.48
Mērsrags	4.38	5.16	1.64	1.97	0.42	0.28	1.25	1.65	1.37	0.75
Priekulji	4.13	3.93	1.20	0.85	0.03	0.43	1.36	-0.35	1.53	0.28
Stende	4.11	4.74	-0.46	1.24	-1.14	-1.24	0.77	0.57	-1.49	-1.84
Ventspils	2.71	2.77	-0.57	0.55	0.07	1.29	0.54	0.55	0.89	0.30

*Statistiski nozīmīgas vērtības ($p \leq 0.01$) atzīmētas treknrakstā. Apzīmējumi: RX1- Lielākais vienas dienas nokrišņu daudzums; RX5- Lielākais piecu dienas nokrišņu daudzums

Jāatzīmē, ka ekstremālajām klimatiskajām parādībām ir nozīmīga loma ūdeņu hidroloģiskajā ciklā un tām ir būtiska ietekme uz bioloģiskajiem komponentiem hidroekosistēmas. Tai pat laikā Latvijā šādi ekstremālie klimatisko un hidroloģiskie rādītāji līdz šim nav tikuši pētīti.

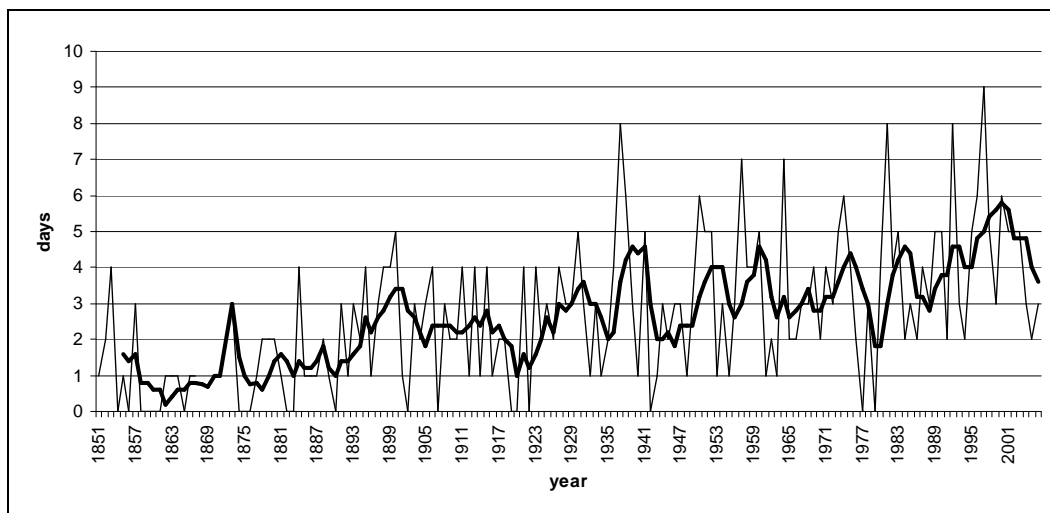
Pētījuma laikā ir analizētas 12 meteoroloģisko staciju novērojumu rindas, kas reprezentē etalonteritorijas, kā arī atšķirīgus fiziogēogrāfiskus rajonus. Aprēķināti vairāki nokrišņu intensitātes indeksi, kas ir izmantojami ekstremālo vērtību izmaiņu tendenču raksturošanai saistībā ar klimata pārmaiņām. Rezultāti liecina, ka kopumā mitro dienu skaits laika periodā no 1925.-2006.gadam ir pieaudzis tieši ziemas sezonā, ko apliecina statistiski nozīmīgās Mann-Kendalla testa vērtības. Tajā pat laikā divās (Rūjiena, Ventspils) no divpadsmit stacijām nav novērotas šo dienu skaita izmaiņas pēdējo 80 gadu laikā (3.3.tab.).

3.3.tabula. Mann-Kendall testa vērtības mitro dienu skaitam periodā, kurā diennakts nokrišņu summa ir lielāka vai vienāda par 1 mm (1925.-2006.).*

Stacija	ziema	pavasaris	vasara	rudens	gadā
Ainaži	1.83	0.44	0.20	-0.54	0.97
Daugavpils	4.70	1.58	-0.49	1.48	3.74
Gulbene	5.41	2.11	-0.90	2.18	4.52
Jelgava	2.66	1.51	-0.96	0.39	2.18
Kolka	4.24	1.45	1.93	1.01	3.86
Liepāja	2.78	1.03	1.21	1.11	2.57
Mērsrags	5.34	1.37	-0.15	0.13	3.66
Priekuļi	4.11	0.18	-0.78	0.20	2.85
Rīga	2.74	-0.09	-0.39	0.63	1.92
Rūjiena	-0.02	-0.38	-1.40	-0.60	-0.06
Stende	4.34	2.38	0.28	0.78	3.72
Ventspils	0.90	0.63	0.08	-0.42	0.96

*Statistiski nozīmīgas vērtības ($p \leq 0.01$) ir atzīmētas trekņrakstā

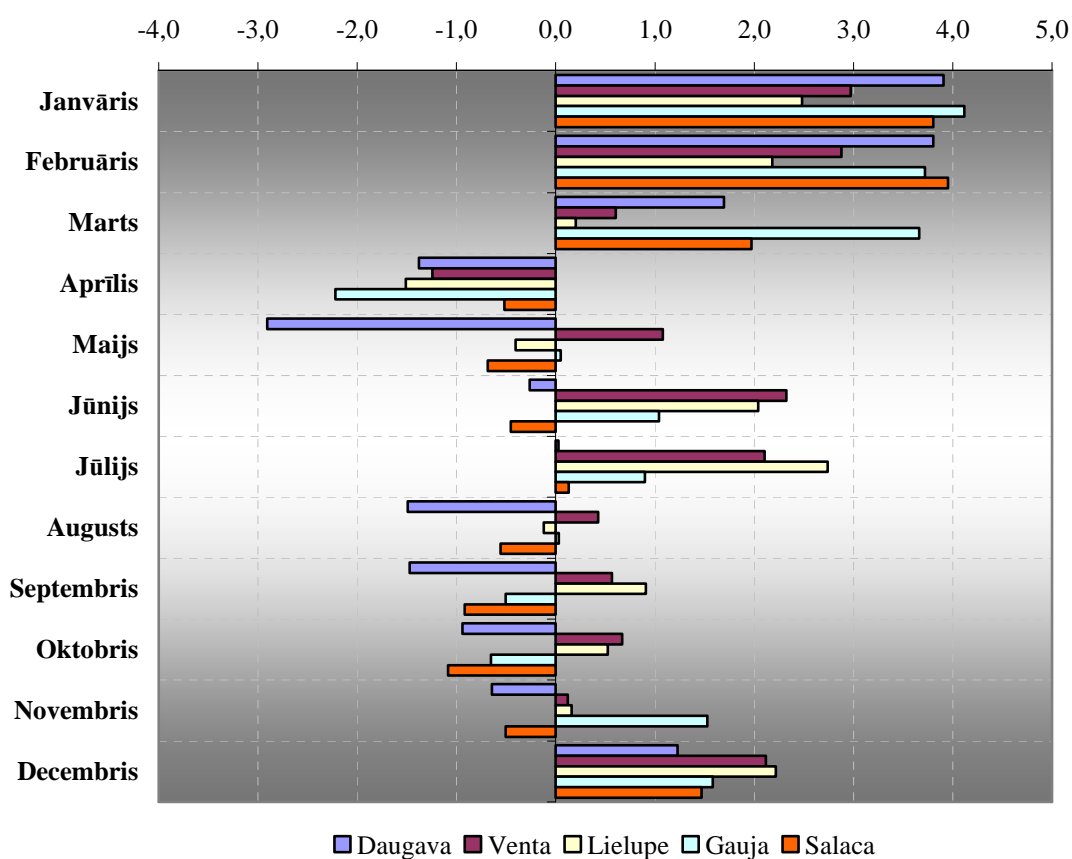
Analīzes parādīja, ka dienas ar nokrišņu daudzumu ≥ 99 -to percentili tiek novērotas 1-2 reizes gadā gan aukstajā, gan siltajā sezonā, atsevišķos gados 3-4 reizes. Ilglaicīgo rindu analīze liecina, ka 20 gs. intensīvie nokrišņi ir biežāk novēroti nekā 19.gs. Statistiski nozīmīgs pozitīvs trends pēdējo 150 gadu novērojuma periodā tika iegūts stipri mitrajām dienām gan siltajā (Mann-Kendala testa vērtība 1,69), gan aukstajā sezonā (Mann-Kendala testa vērtība 6,65) (3.13. att.).



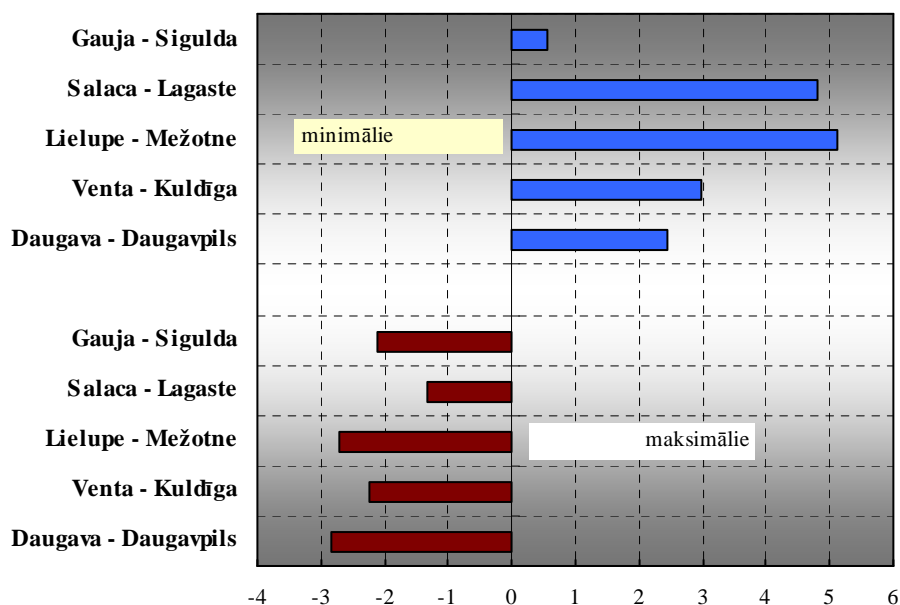
3.13.attēls. Ilglaicīgās izmaiņas stipri mitrajām dienām aukstajā sezonā pēc LU-Rīga meteostacijas datiem (diennakts nokrišņu daudzums ir > 95-to procentili no diennakts nokrišņu summas dienās, kad nokrišņu daudzums ir \geq par 1 mm).

Viens no būtiskākajiem hidroloģiskajiem rādītājiem, kas ietekmē lotisku sistēmu funkcionēšanu, ir upju hidroloģiskais režīms. Tāpat kā citu meteoroloģisko parametru gadījumā, arī upju hidroloģisko režīmu būtiski ietekmē sezonāli noritošie procesi. Caurplūdumu mainība ir būtiski atkarīga no gada sezonas: caurplūdumu pieaugums ir būtisks un statistiski ticams Ventai, Salacai, Lielupei un Gaujai janvārī un februārī, kā

arī Gaujai un Salacai martā, bet Ventai un Lielupei decembrī (3.14.att.). Šāds upju noteces mainības raksturs labi saskan ar temperatūras, atmosfēras nokrišņu un ledus segas mainības sezonālo raksturu; proti, rudens-ziemas-pavasara sezonās palielinās gaisa temperatūra, pieaug nokrišņu daudzums, īpaši Latvijas rietumu daļā esošajām upēm vēlāk notiek ledus segas veidošanās un ātrāk uzsākas ledusiešana. No otras puses, pavasara-vasaras sezonās caurplūdumi palielinās Ventā un Lielupē, bet pārējos reģionos upju noteces procesi būtiski nemainās. Ziemas caurplūdumi īpaši būtiski ir palielinājušies pēdējo gadu desmitu laikā, tādējādi, iespējams, ietekmējot arī augstūdens/mazūdens periodu cikliskumu. Raksturīgi, ka Manna-Kendala testa vērtības liecina, ka no 1904.g. līdz 2004.g. Latvijas upju ikmēneša minimālajiem caurplūdiem ir tendence palielināties, bet maksimālajiem - samazināties (3.15.att.).

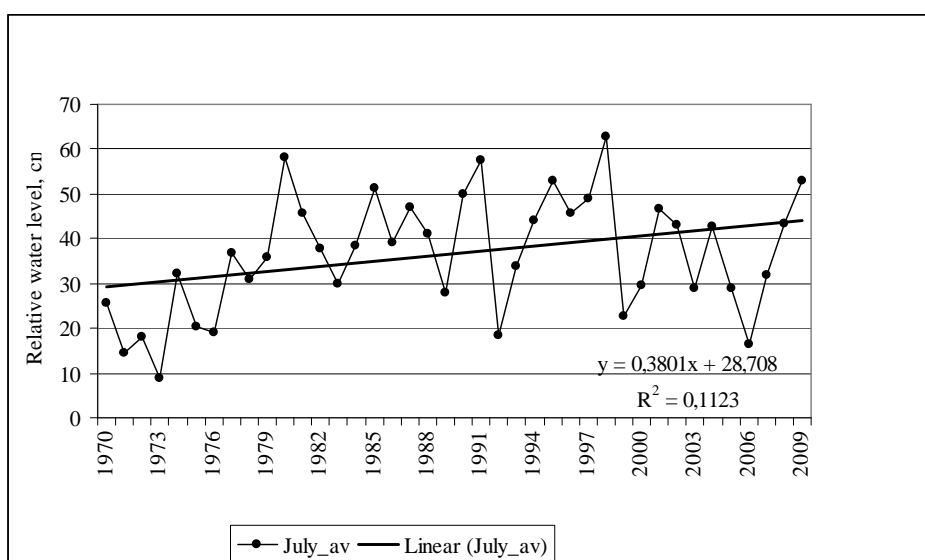


3.14.attēls. Latvijas upju (Venta, Salaca, Lielupe, Gauja) caurplūdumu (1905-2004) mainības tendences rādītāji (pēc Manna – Kendala testa kritērijiem).



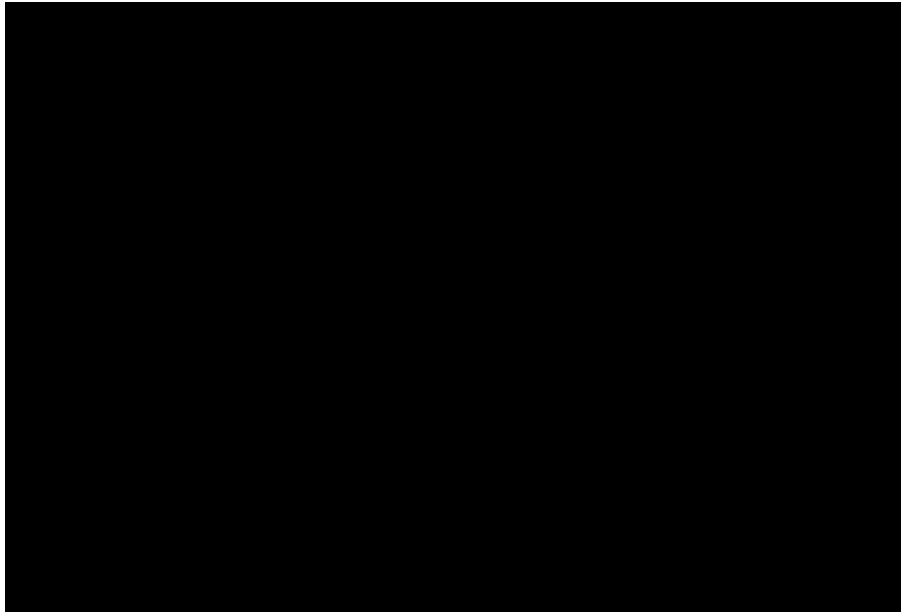
3.15.attēls. Ikmēneša caurplūdumu mainības tendences Manna-Kendala testa vērtības Latvijas upēm (1904.-2004.)

Engures ezerā ūdens līmeņa mērījumus laikā no aprīļa līdz oktobrim kopš 1970.g. veic LU Bioloģijas institūta Ornitoloģijas laboratorijas pētnieki A. Mednis un J. Kazubiernis. Viņu datu analīze parāda, ka statistiski nozīmīgs ezera līmeņa pieaugums konstatējams vienīgi jūlijā (Manna-Kendalla testa vērtība 2.37, p 0.01) (3.16.att.), bet kopumā siltajā periodā izmaiņas nav būtiskas.



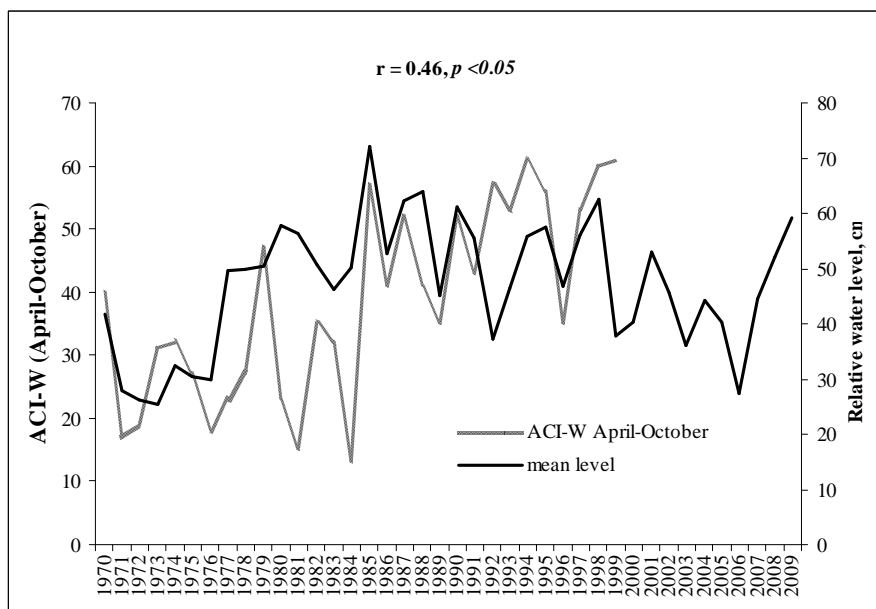
3.16.attēls. Engures ezera līmeņa ilgtermiņa izmaiņas jūlijā (1970.-2009.).

Engures ezeram tika analizētas arī liela mēroga atmosfēras cirkulācijas ietekmes saistība ar ūdens līmeņa svārstībām, izmantojot NAO ikmēneša un sezonālos indeksus. Kopumā sakarība starp šiem rādītājiem ir vāja, nozīmīga korelācija ($r_{n36} = 0.33$, $p < 0.05$) konstatēta vienīgi starp aprīļa ūdens līmeni un iepriekšējā mēneša NAO indeksiem (3.17.att.).



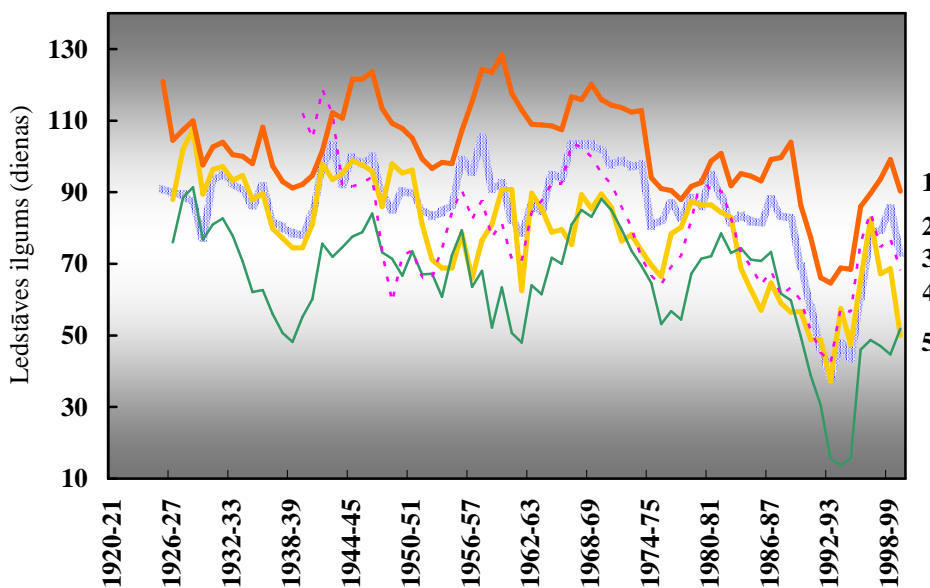
3.17.attēls. Sakarības starp marta NAO indeksu un aprīļa ūdens līmeni Engures ezerā (1970.-2009.).

Ņemot vērā, ka Ziemeļu puslodē ir trīs atmosfēras cirkulācijas tipi - zonālie Rietumu un Austrumu, un meridionālais, Engures ezerā laba sakarība tika atrasta starp ūdens līmeni un Rietumu tipa Atmosfēras cirkulācijas indeksu ACI (3.18.att.).



3.18.attēls. Sakarības starp ACI indeksu un ūdens līmeni Engures ezerā (1970.-2009.).

Ļoti būtiski iekšzemes ūdeņus ietekmē ledstāves ilgums. Ledus iešanas uzsākšanās datumiem upēs ir tendence kļūt agrākiem, tāpēc ātrāk notiek arī palu sākšanās, kas izskaidro ziemas sezonas ūdens noteces palielināšanos Latvijas upēs (3.19.att.).



3.19.attēls. Ledstāves ilguma izmaiņas 1- Daugava; 2-Lielupe; 3- Gauja; 4- Salaca; 5- Venta (atliktas 6-gadu vidējā slīdošā vērtības).

Klimata maiņas ietekme līdz ar citiem ūdeņu ķīmisko sastāvu ietekmējošajiem faktoriem nosaka ūdeņu ķīmiskā sastāva ilgtermiņa mainību. Tās analīze ļauj spriest par ūdeņu kvalitātes izmaiņām saistībā ar vides faktoriem, kā arī sniedz iespēju izvērtēt esošo monitoringa sistēmu un dažādu ūdeņu apsaimniekošanas pasākumu efektivitāti.

Analīzēm izmantoti Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras dati. Datu rindām veikta normālsadalījuma atbilstības un homogenitātes pārbaude. Datu rindu statistiskā pārbaude rāda, ka organisko vielu saturu raksturojošo parametru, biogēno elementu un galveno neorganisko jonu koncentrāciju ilgtermiņa datu rindas ir izmantojamas ūdeņu ķīmiskā sastāva mainības analīzei Latvijā. Izņēmums ir kopējā organiskā oglekļa (TOC) koncentrācijas datu rindas, kas ir neviendabīgas un turpmāka šo datu analīze ir apgrūtināta. Šo trendu potenciālā saistība ar klimata maiņu raksturojošajiem parametriem vēl pētāma. Vairāki pētnieki uzskata, ka pieaugot temperatūrai, pieaug arī mikrobiālā aktivitāte un tas izraisa intensīvāku organisko vielu noārdīšanos. Eksperimentālu pētījumu rezultāti ļauj apstiprināt hipotēzi, ka atmosfēras CO₂ pieauguma dēļ pirmprodukcijas apjomi pieaug un, noārdoties organiskām vielām, pieaug TOC iznese no sateces baseina.

Biogēno elementu datu analīze liecina, ka no analizētajiem 23 monitoringa posteņiem tikai nedaudzos nitrātjonu slāpekļa un fosfātjonu koncentrācijai konstatēts statistiski būtisks pozitīvs trends, turklāt visi pozitīvie trendi atzīmēti periodā no 1980. līdz 1990. gadam. Savukārt visi statistiski būtiskie negatīvie biogēno elementu koncentrācijas trendi konstatēti periodā no 1991. līdz 2001. gadam (3.4.tab.). Organisko vielu saturu raksturojošo parametru - ūdens krāsainības un ķīmiskā skābekļa patēriņa ĶSP – vērtībām ir ciklisks mainības raksturs, kas norāda uz dabisko

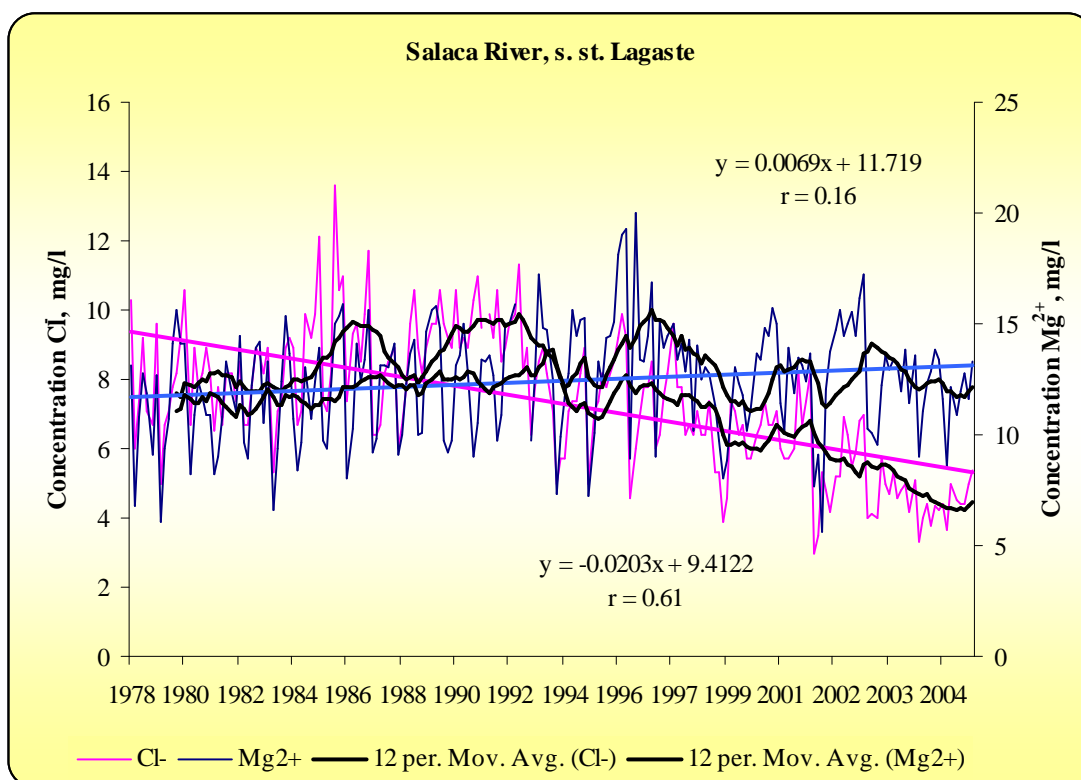
procesu lomu organisko vielu satura izmaiņās virszemes ūdeņos; kopš 1991. gada kopumā vērojama pieauguma tendence (3.5.tab.).

3.4. tabula. Biogēno elementu un organisko vielu satura rādītāju ilgtermiņa mainība Latvijas upēs pēc Manna–Kendala testa.*

Monitoringa postenis	Periods	Krāsainība	ĶSP	pH	N-NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
<i>Venta augšpus</i>	1980–1990	-0,897	-1,557	2,116	1,693	2,562
<i>Kuldīgas</i>	1991–2001	2,603	2,114	1,033	-2,392	0,592
<i>Abava augšpus</i>	1980–1990	-0,705	-1,189	1,676	1,433	1,296
<i>Kandavas</i>	1991–2001	2,654	2,226	-0,049	-2,683	0,501
<i>Abava leļpus</i>	1980–1990	-0,859	-1,004	1,979	2,398	2,862
<i>Kandavas</i>	1991–2001	2,656	1,764	-0,041	-2,647	-1,177
<i>Saka – grīva</i>	1980–1990	-0,244	-0,532	1,898	1,658	1,918
	1991–2001	2,028	1,751	2,631	-2,739	-1,027
<i>Bārta – Dūkupji</i>	1980–1990	-0,327	1,411	0,890	0,829	0,688
	1991–2001	2,222	2,608	2,088	-2,393	0,683
<i>Daugava augšpus</i>	1980–1990	1,814	2,092	0,061	0,460	1,400
<i>Jēkabpils</i>	1991–2001	1,701	1,449	0,263	-1,473	-1,230
<i>Dubna augšpus</i>	1980–1990	1,718	-0,969	1,715	2,055	-1,203
<i>Līvāniem</i>	1991–2001	1,715	2,104	-1,299	-0,667	-2,337
<i>Dubna leļpus</i>	1980–1990	1,927	0,271	2,379	2,459	0,518
<i>Līvāniem</i>	1991–2001	0,784	1,859	-1,496	-0,940	-2,394
<i>Aiviekste – grīva</i>	1980–1990	0,744	0,569	1,129	0,400	1,061
	1991–2001	2,429	1,300	0,254	-1,608	-2,542
<i>Rēzekne augšpus</i>	1980–1990	2,496	0,169	2,485	2,088	2,269
<i>Rēzeknes</i>	1991–2001	-0,495	0,939	-0,984	-0,560	-2,154
<i>Rēzekne leļpus</i>	1980–1990	2,618	-2,171	2,014	2,458	1,800
<i>Rēzeknes</i>	1991–2001	-1,010	1,144	-1,495	-1,462	-1,089
<i>Lielā Jugla – Zaķi</i>	1980–1990	0,706	-0,876	1,413	-0,296	0,808
	1991–2001	2,427	2,712	-0,548	-2,343	-0,498
<i>Salaca augšpus</i>	1980–1990	0,053	-1,115	2,408	-0,395	0,931
<i>Mazsalacas</i>	1991–2001	2,129	1,484	-0,511	-0,371	0,400
<i>Salaca augšpus</i>	1980–1990	0,106	-2,460	2,334	-0,958	-0,830
<i>Salacgrīvas</i>	1991–2001	2,457	1,167	-2,212	-0,508	0,642
<i>Gauja augšpus</i>	1980–1990	0,857	-2,362	1,987	-0,783	0,373
<i>Valmieras</i>	1991–2001	1,899	0,600	-2,221	-1,643	1,592
<i>Gauja leļpus</i>	1980–1990	0,880	-1,303	1,148	-0,057	0,099
<i>Valmieras</i>	1991–2001	1,701	-0,621	-2,313	-1,952	-0,415
<i>Gauja leļpus</i>	1980–1990	-0,569	-1,452	1,971	-0,370	-1,157
<i>Carnikavas</i>	1991–2001	2,627	2,511	-0,532	-2,490	0,471
<i>Tulija – Zosēni</i>	1980–1990	-0,554	-0,462	2,217	-0,586	0,576
	1991–2001	2,375	2,614	-1,300	-1,376	1,138
<i>Abuls augšpus</i>	1980–1990	-1,672	-0,395	2,055	-0,352	0,197
<i>Smiltenes</i>	1991–2001	2,450	-0,370	-0,049	-1,404	-0,872
<i>Lielupe augšpus</i>	1980–1990	-1,882	0,317	0,770	-0,110	0,000
<i>Kalnciema</i>	1991–2001	2,879	2,001	0,799	-1,638	-1,757
<i>Mēmele leļpus</i>	1980–1990	0,591	0,366	-0,892	0,019	0,608
<i>Skaistkalnes</i>	1991–2001	2,305	2,287	0,000	-1,111	-1,271
<i>Mūsa – Lietuvas robeža</i>	1980–1990	0,732	0,724	-1,180	0,409	1,527
	1991–2001	1,632	2,384	0,285	0,187	-1,022
<i>Iecava – grīva</i>	1980–1990	-1,105	0,350	1,367	0,103	0,281
	1991–2001	1,815	1,553	-1,908	-2,202	0,693

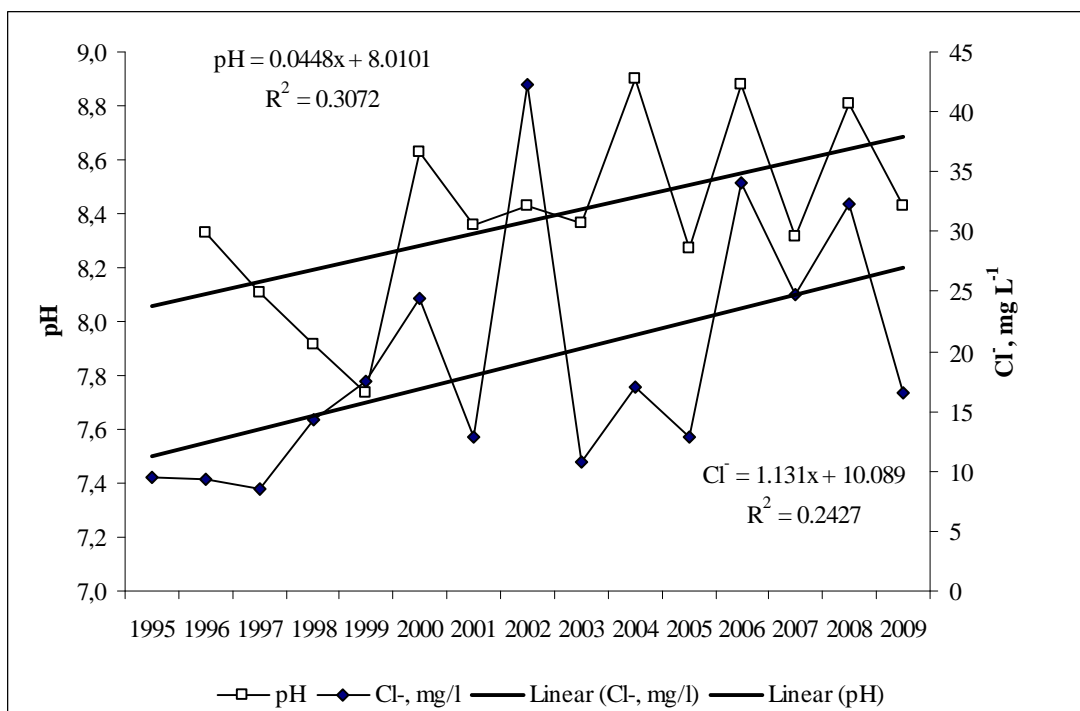
*izceltajām vērtībām p≤0,05

Konstatēts, ka galveno neorganisko jonu koncentrācijas ilgtermiņa mainības raksturs var būt atšķirīgs, piemēram, Cl⁻ koncentrācija laika posmā no 1977.-2005.gadam samazinās, bet Mg²⁺ - palielinās (3.20.att.). Pagaidām saistīt šos trendus ar klimatu raksturojošo parametru (gaisa temperatūra, NAO indekss u.c.) mainību nav izdevies. Iespējams, ka, piemēram, Cl⁻ mainību ietekmē saimnieciskā darbība sateces baseinā, bet Mg²⁺ koncentrācija ūdeņos ir atkarīga no augšņu īpašībām un izskalošanās procesiem. Kopumā galveno neorganisko jonu koncentrācijas mainība liecina par dabisko un antropogēno faktoru līdzsvara izmaiņām sateces baseinos.

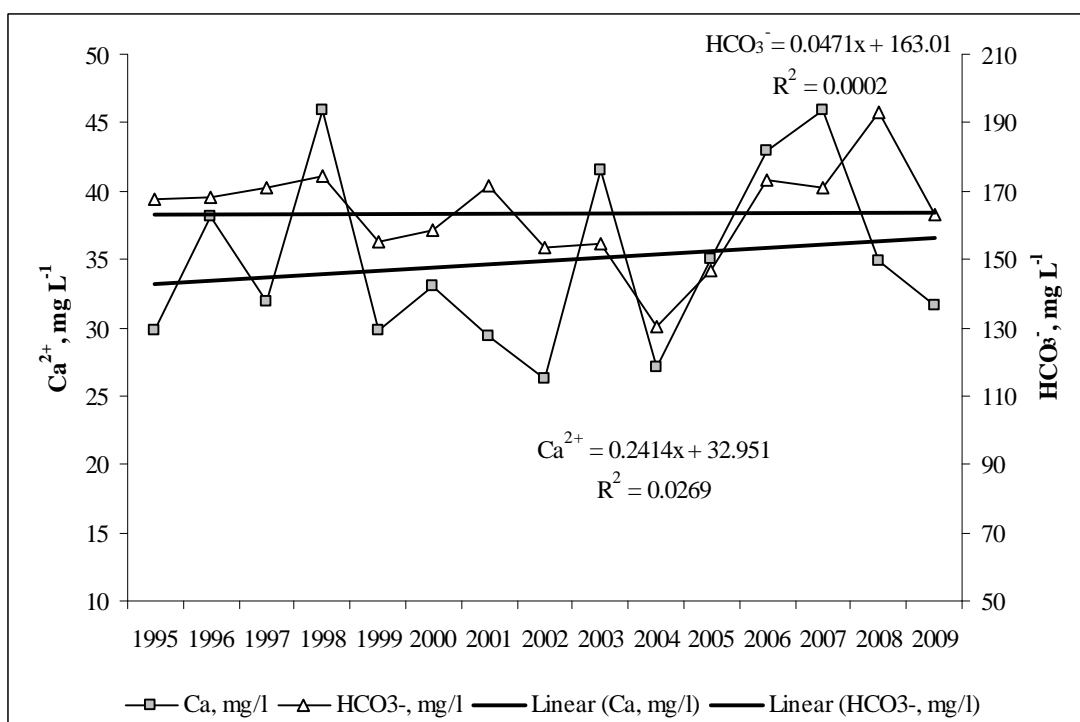


3.20.attēls. Magnija un hlorīdjonu koncentrācijas ilgtermiņa mainība Salacā (1978-2004).

Tai pat laikā cita tendence konstatēta Engures ezerā, kur kopš 1995.gada Mg²⁺ un SO₄²⁻ koncentrācijas neregulāri fluktuē, palielinās Cl⁻ koncentrācija, pieaug ūdens bāziskums (3.21.att.), bet ezera funkcionēšanā nozīmīgo Ca²⁺ jonu, kā arī hidroģēnkarbonātionu koncentrācijas būtiski nemainās (3.22.att.), kas acīmredzot saistīts ar Engures ezera ģeomorfoloģiskajām īpatnībām un saistību ar jūru.



3.21.attēls. pH and Cl⁻ jonu koncentrācijas mainība Engures ezera ūdenī (1995-2009).



3.22.attēls. Dominējošo hidrogēnkarbonātu HCO₃⁻ un kalcija Ca²⁺ jonu koncentrācijas Engures ezera ūdenī (1995-2009).

Engures ezerā lokālo faktoru loma šobrīd ir vairāk izteikta nekā klimata izmaiņu ietekme uz ezeru.

Attiecībā uz ūdens organisko vielu saturu raksturojošiem parametriem, ilgtermiņa mainības analīze upēs tika veikta ne tikai laika periodiem 1980.g.–1990.g. un 1991.g.–2001.g. (3.4.tab.), bet arī laika posmam no 1996.g. līdz 2005.gadam (ĶSP 1995-2003.), lai izslēgtu analītisko metožu maiņas ietekmi uz rezultātiem. Šajā periodā ir vērojams statistiski būtisks ($p < 0,05$) pieaugošs ūdens krāsainības trends 8 no 11 analizētajām upēm. ĶSP datu analīze arī atklāj pozitīvus trendus: 3 statistiski būtiski trendi pie $p < 0,05$ un 2 pie $p < 0,10$ (3.5.tab.).

3. 5. tabula. Ūdeņu ķīmiskā sastāva ilgtermiņa (1996.-2005.g.) mainības analīze, izmantojot Manna-Kendalla testu.*

Monitoringa stacijas	Krāsainība	ĶSP** (TOC)	pH	N-NO ₃ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Na ⁺
Salaca	2.90 N = 109	2.56 N = 81	-1.94 N = 109	-0.83 N = 109	-0.51 N = 107	-0.54 N = 83	-2.61 N = 83	-1.36 N = 83	-0.38 N = 85
Gauja	1.97 N = 111	-0.06 N = 82	-1.09 N = 111	-1.20 N = 111	-0.30 N = 111	-0.39 N = 92	-3.02 N = 92	-2.19 N = 92	0.67 N = 92
Daugava	2.41 N = 74	0.87 N = 50	-0.58 N = 74	0.11 N = 74	0.26 N = 74	2.06 N = 63	-1.99 N = 63	0.54 N = 63	1.50 N = 63
Aiviekste	2.42 N = 71	1.88 N = 47	-0.80 N = 71	0.55 N = 71	-1.63 N = 71	1.14 N = 45	-1.42 N = 45	-1.09 N = 45	-1.28 N = 45
Dubna	1.53 N = 71	2.28 N = 47	-1.94 N = 71	-1.29 N = 71	-0.23 N = 71	1.27 N = 45	-1.72 N = 45	-1.71 N = 45	-0.90 N = 45
Lielā Jugla	2.69 N = 94	1.28 N = 94	-2.36 N = 94	-1.33 N = 94	-1.34 N = 94	0.07 N = 94	-2.76 N = 94	-2.00 N = 94	-1.50 N = 94
Lielupe	2.65 N = 111	1.51 N = 81	-0.73 N = 111	-0.39 N = 110	-1.48 N = 111	-0.13 N = 87	-1.83 N = 86	-2.20 N = 87	-1.59 N = 87
Iecava	1.61 N = 77	2.19 N = 49	-1.51 N = 77	-0.04 N = 77	1.17 N = 76	-1.24 N = 26	-1.61 N = 18	-1.64 N = 26	-0.47 N = 26
Venta	2.29 N = 85	1.51 N = 56	-1.42 N = 84	-2.01 N = 85	-1.26 N = 85	1.41 N = 78	-2.98 N = 78	-0.37 N = 78	1.14 N = 78
Irbe	2.56 N = 93	1.93 N = 64	-1.74 N = 92	-2.07 N = 93	-0.46 N = 93	1.26 N = 84	-3.12 N = 84	0.03 N = 84	0.40 N = 84
Tebra	-0.12 N = 72	1.34 N = 45	-2.44 N = 67	-0.93 N = 70	-1.64 N = 72	-1.73 N = 18	0.26 N = 18	-1.85 N = 18	-0.52 N = 18

*N – novērojumu skaits, $p < 0,05$ treknrakstā; $p < 0,10$ slīprakstā.

**ĶSP analizēts 1996-2003, TOC-kopējais organiskais ogleklis (total organic carbon)

Organisko vielu pieaugums ūdeņos pēdējo gadu desmitu laikā ir konstatēts arī citviet Eiropā un Ziemeļamerikā, ko saista gan ar hidroloģiskā režīma un klimata mainību, gan ar skābo nokrišņu samazināšanos un jonu spēka izmaiņām/samazināšanos augsnē.

Konstatēts, ka pastāv korelācijas starp organisko vielu satura rādītājiem un fizikāli-ķīmiskajiem parametriem Daugavā, Ventā, Gaujā un Salacā (1996-2006) (3.6.tab.).

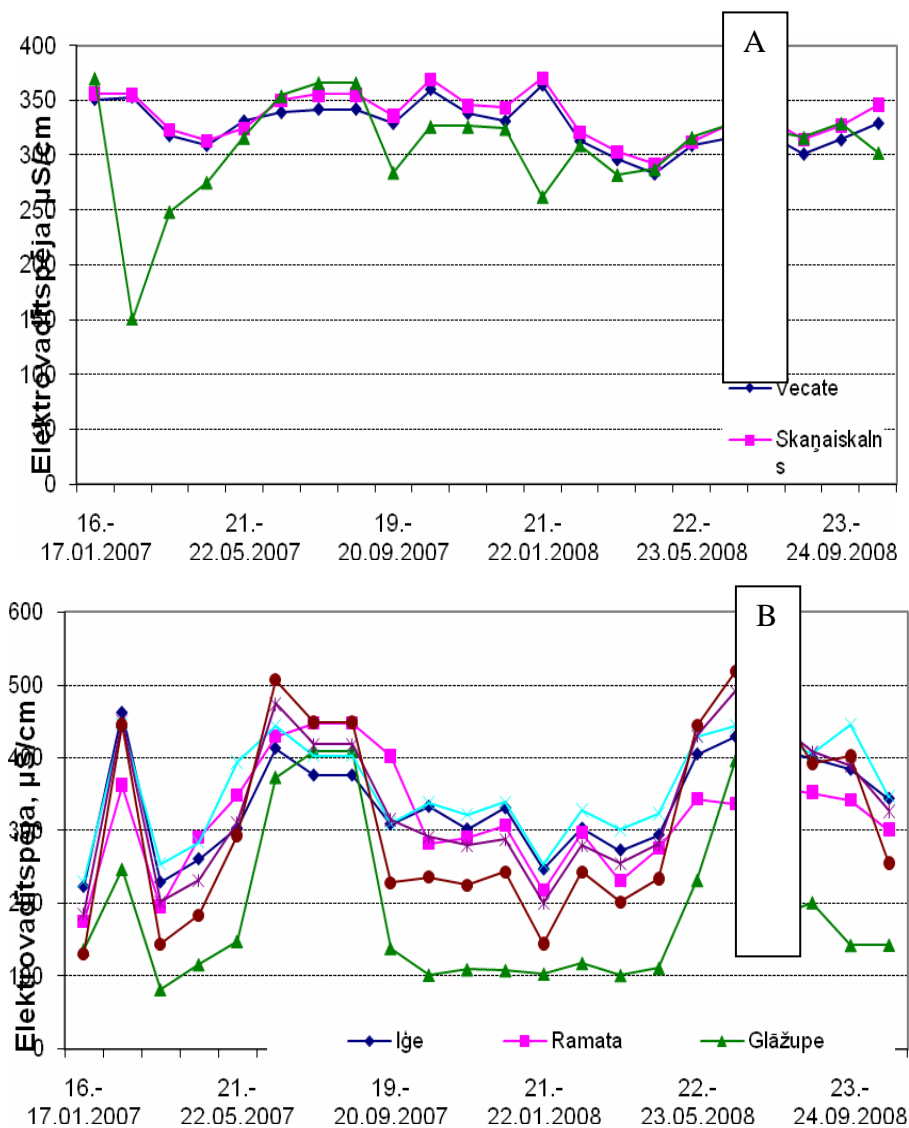
Starp organisko vielu satura rādītājiem un ūdens caurplūdumu pastāv cieša pozitīva korelācija ($p < 0,01$). Korelācija starp ūdens temperatūru un kopējo organisko oglekli un ūdens krāsainību ir vājāka. Statistiski būtiska ($p < 0,01$) korelācija starp kopējo organisko C un temperatūru ir konstatēta Gaujā ($r = -0,375$), būtiska ($p < 0,05$) negatīva korelācija atklāta arī Salacā un Ventā (3.6.tab.)

3.6.tabula. Korelācija starp organisko vielu satura rādītājiem un fizikāli-ķīmiskajiem parametriem dažās Latvijas upēs (1996-2006).

River	Parameter	COD	Q	Temp	pH	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	N-NO ₃ ⁻	P-PO ₄ ³⁻
Daugava	Color	0,706**	0,540**	0,125	-0,389**	-0,715**	-0,591**	-0,558**	-0,620**	0,080	0,195
	TOC		0,642**	-0,073	-0,277*	-0,648**	-0,633**	-0,636**	-0,580**	0,125	0,166
Salaca	Color	0,671**	0,611**	-0,122	-0,449**	-0,595**	-0,445**	-0,533**	-0,474**	0,278**	0,111
	TOC		0,522**	-0,277*	-0,357**	-0,373**	-0,248	-0,208	-0,292*	0,235*	0,153
Venta	Color	0,771**	0,630**	-0,340*	-0,101	-0,517**	-0,381**	-0,600**	-0,227*	0,494**	0,305**
	TOC		0,641**	-0,338*	0,042	-0,362**	-0,246	-0,437**	-0,172	0,404**	0,306*
Gauja	Color	0,760**	0,660**	-0,128	-0,412**	-0,767**	-0,787**	-0,671**	-0,775**	0,383**	0,404**
	TOC		0,803**	-0,375**	-0,543**	-0,569**	-0,745**	-0,685**	-0,655	0,618**	0,486**

Sīkāka ūdens fizikāli-ķīmisko rādītāju analīze pētījumu periodā veikta modeļupē Salacā un tās baseina upēs.

Rezultāti liecina, ka tāds rādītājs kā ūdens elektrovadītspēja, kas raksturo kopējo izšķīdušo vielu koncentrāciju ūdenī, vidēji ir robežās no 300 līdz 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lielākas elektrovadītspējas sezonālās svārstības ir vērojamas mazajās upēs, savukārt Salacā un Burtņiekā šīs atšķirības nav izteiktas. Augstākās elektrovadītspējas un izšķīdušo vielu koncentrācijas ir konstatētas vasaras mazūdens periodā, bet zemākās – rudens, ziemas un pavasara periodos (3.23. att.).

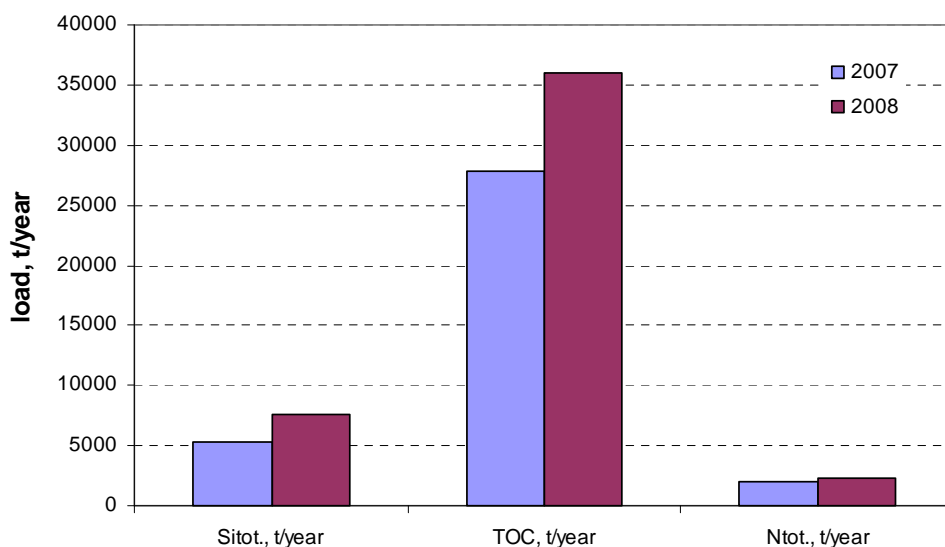


3.23. attēls. Elektrovadītspējas ($\mu\text{S}/\text{cm}$) izmaiņas Salacā (A) un tās pietekās (B) 2007.-2008.g..

Lai arī biogēno elementu sezonālās mainības kopējās tendences gan 2007., gan 2008.gadā ir līdzīgas (augstākās koncentrācijas – rudenī-pavasārī, bet zemākās – vasarā), tomēr koncentrāciju mainības amplitūda nedaudz atšķiras. Ūdeņu ķīmiskā

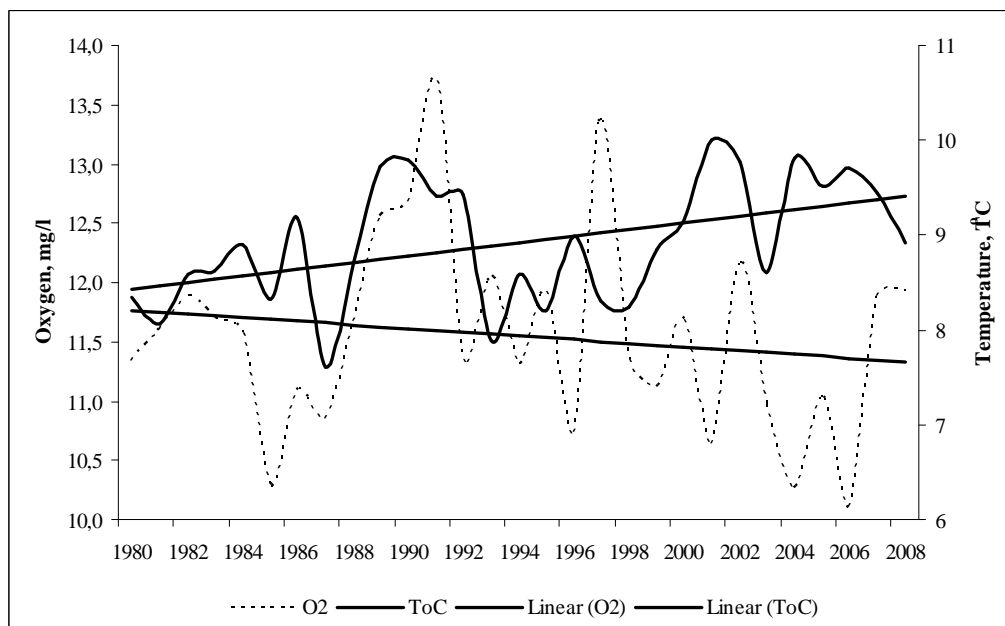
sastāva sezonālās mainības atšķirības jāņem vērā, veicot izšķīdušo vielu bilances aprēķinus un novērtējot plūsmas.

2007.gadā ūdens noteces apjoms Salacā hidroloģiskajā postenī bija 1,05 km³ gadā, bet 2008.gadā – 1,52 km³. 2008.gadā gan biogēno elementu, gan arī galveno neorganisko un organisko vielu slodzes bija lielākas, salīdzinot ar iepriekšējo gadu (3.24.att.)

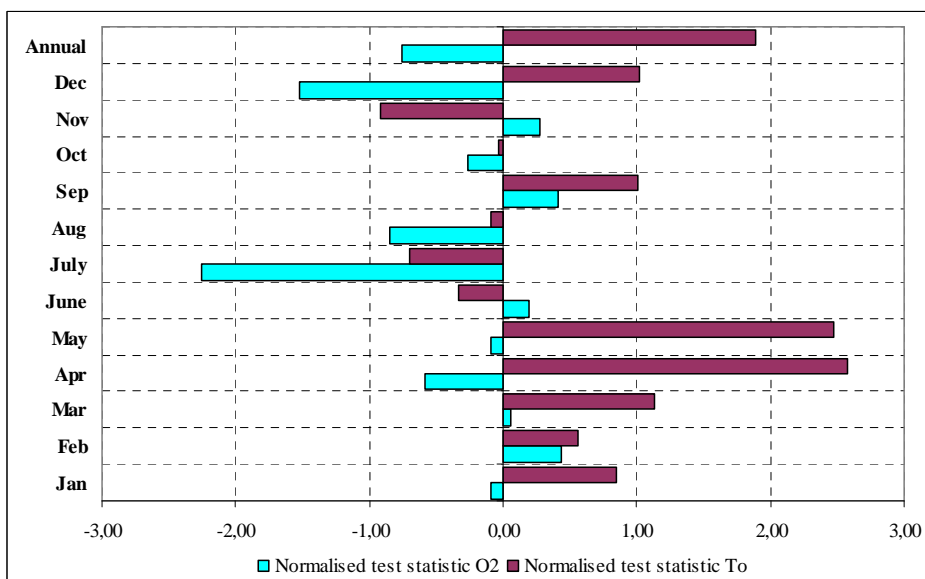


3.24. attēls. Kopējā silīcija, kopējā organiskā oglekļa un kopējā slāpekļa slodzes Salacā augšpus Salacgrīvas.

Kaut arī Salacas ūdenī ir pietiekami augsts skābekļa saturs, ilgtermiņa dati liecina, ka, līdz ar temperatūras pieaugumu, novērojama izšķīdušā skābekļa koncentrācijas samazināšanās (3.25. att.), kas ir statistiski būtiska jūlijā (3.26.att.).

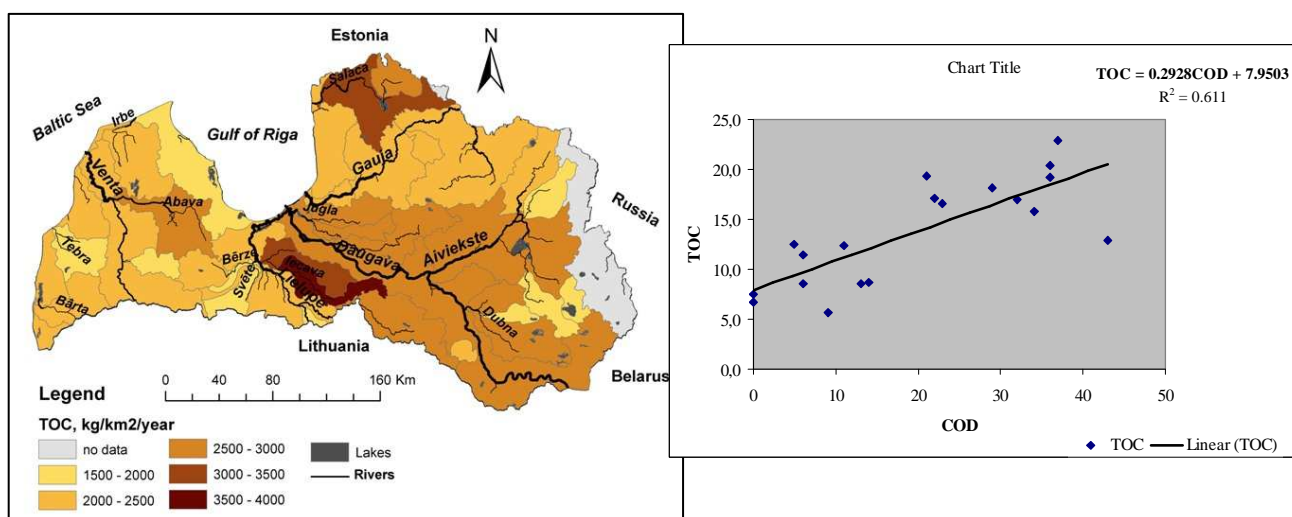


3.25. attēls. Izšķīdušā skābekļa un temperatūras ilglaicīgās izmaiņas Salacā

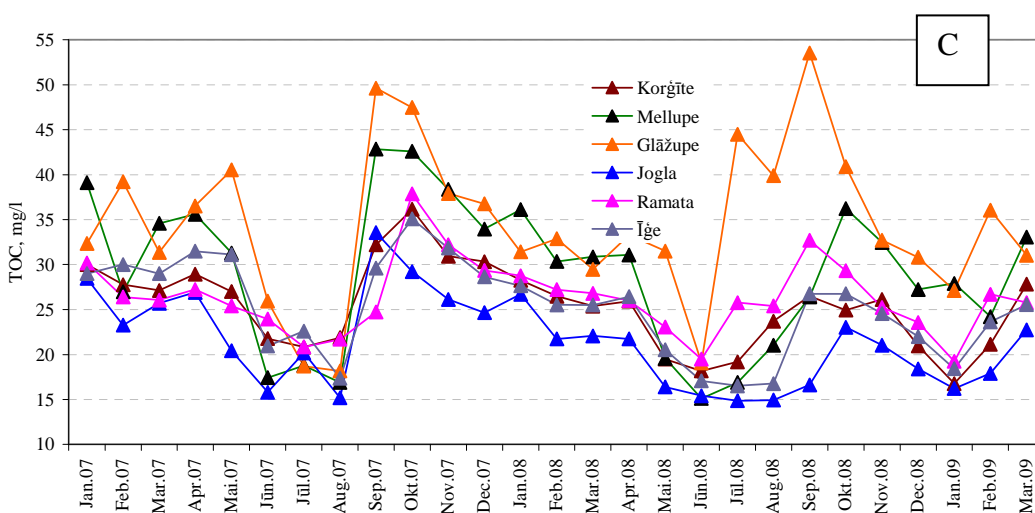
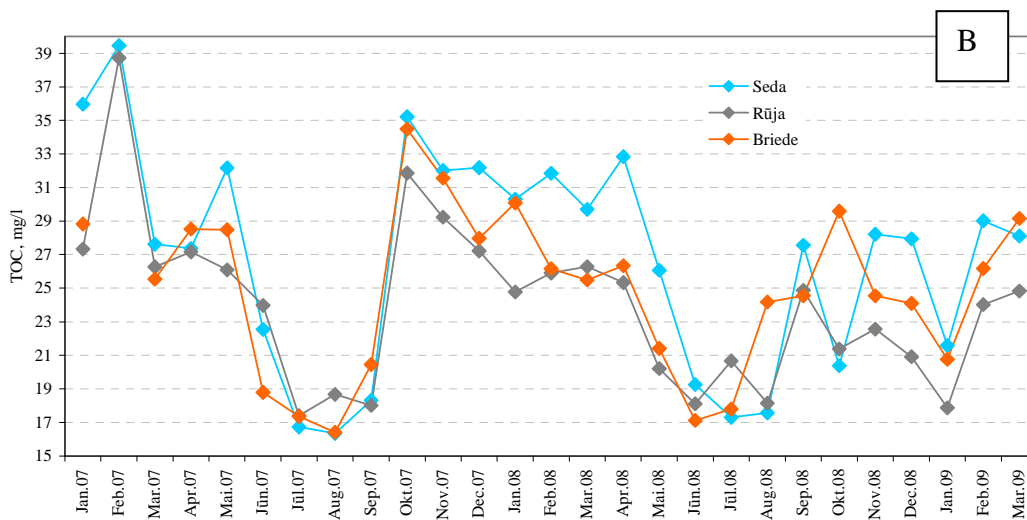
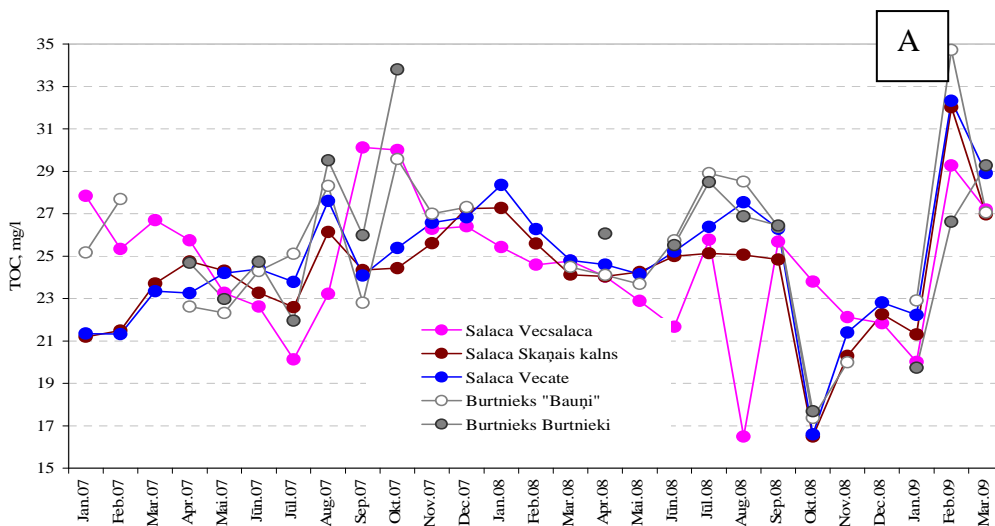


3.26. attēls. Izšķīdušā skābekļa un temperatūras ikmēneša ilglaicīgo izmaiņu Salacā Manna –Kendala testa vērtības.

Paralēli ilgtermiņa ķīmisko datu analīzei pētījuma ietvaros īpašs pētījumu virziens tika veltīts organiskajam ogleklim, jo, kaut arī ir zināms, ka organiskais ogleklis ietekmē minerālu dēdēšanu, barības vielu apriti, metālu izskalošanos un piesārņojošo vielu iedarbību un toksicitāti, klimata izmaiņu ietekme uz organiskā oglekļa plūsmām dabā ir maz pētīta. 2007. un 2008.g. katru mēnesi tika ievākti 15 ūdens paraugi Salacas upes baseinā, un kopumā veiktas 388 ūdens paraugu ķīmisko rādītāju analīzes. Rezultāti liecina, ka pastāv cieša sakarība starp kopējā organiskā oglekļa (total organic carbon, TOC) un ķīmisko skābekļa patēriņu (chemical oxygen demand, COD) (3.27. B att.), un TOC ((kg/km²/gadā) sadalījums Latvijas upju baseinos ievērojami atšķiras (3.27. A att.).



3.27. attēls. Kopējā organiskā oglekļa (TOC) ((kg/km²/gadā) sadalījums Latvijas upju baseinos (A) un sakarība starp kopējo organisko oglekli (TOC) un ķīmisko skābekļa patēriņu (COD) (B).



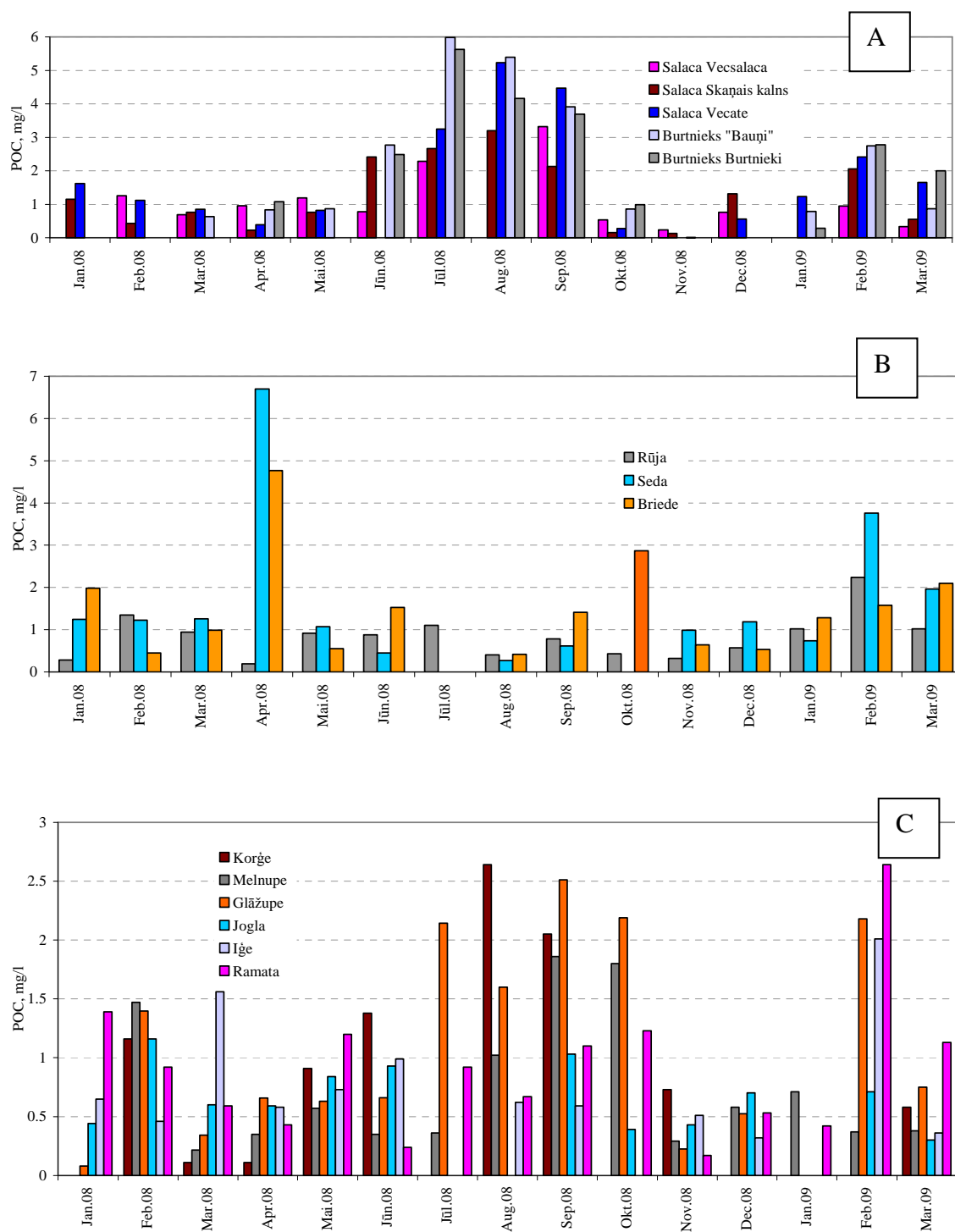
3.28..attēls. Kopējā organiskā oglekļa (TOC) koncentrācijas Salacā un Burtnieka ezerā (A) Burtnieka ezerā ietekošajās upēs (B) un Salacas upes pietekās (C).

Arī pētītajos Salacas baseina ūdensobjektos TOC koncentrāciju raksturs atšķiras. Kā redzams attēlā (3.28. att. A, B, C), izteiktas TOC koncentrāciju sezonālās izmaiņas ir Salacas pietekām un upēm, kas ietek Burtnieku ezerā, savukārt mazāk izteiktas Salacā un Burtnieku ezerā. Tas acīmredzot ir saistīts galvenokārt ar ūdeņu caurplūduma izmaiņām. Koncentrācijas pieaugumu pavasarī nosaka pastiprināta organisko vielu pieplūde upē ar pavasara palu ūdeņiem. Mazūdens periodā vasarā organiskā oglekļa ieskalošanās ūdenī ir samazināta, tādēļ TOC saturs ūdenī ir samazināts, ko ietekmē arī esošo organisko vielu mineralizācija. Rudens periodā TOC koncentrācijas straujais pieaugums ir ļoti izteikts mazajām upēm, šī atšķirība pierāda, ka organiskā oglekļa saturu galvenokārt nosaka rudens lietavu laikā ienestās organiskās vielas, nevis ūdens veģetācijas sadalīšanās procesos atbrīvojušās organiskās vielas.

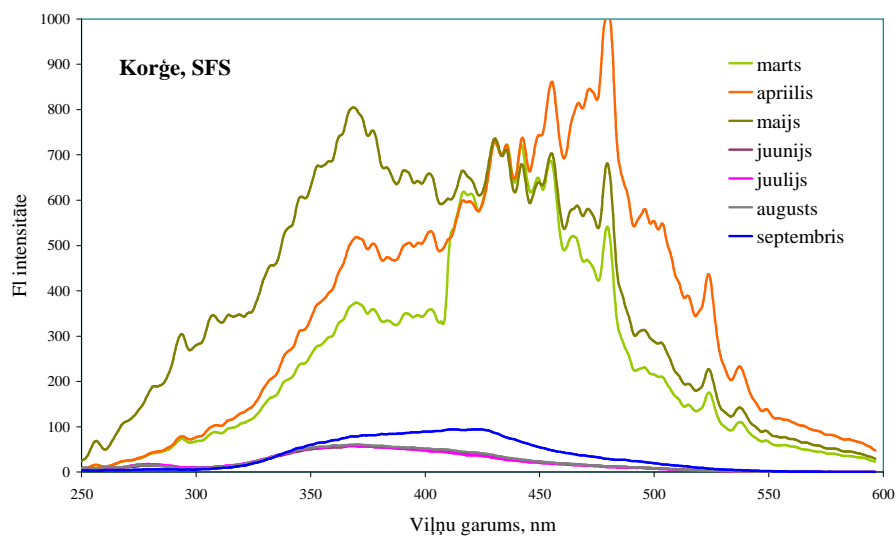
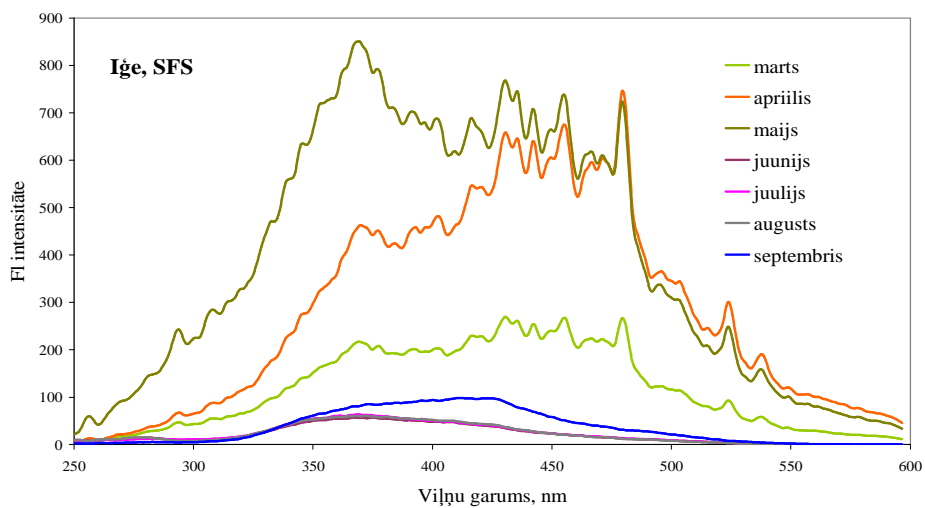
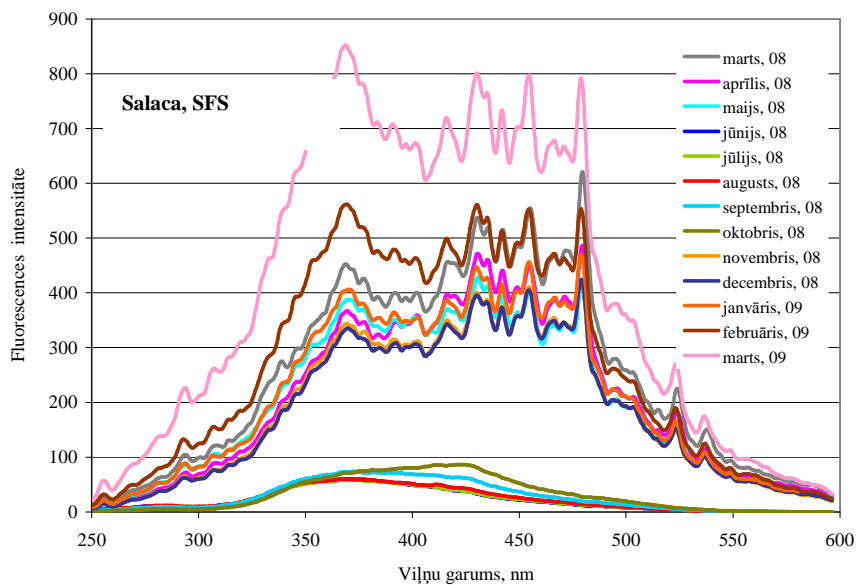
2008.g. pirmo reizi veiktas arī izšķīdušā organiskā oglekļa (dissolved organic carbon, DOC) analīzes. Lielākās atšķirības starp TOC un DOC koncentrācijām Burtnieku ezerā ietekošajās upēs ir vērojamas pavasarī – aprīlī, kad notiek organisko vielu ieskalošanās un novērojams upēs vislielākais caurplūdums. Savukārt Burtnieku ezerā un Salacas augštecē šī atšķirība ir lielāka jūlijā un augustā, kad vērojama intensīva aļģu ziedēšana.

Zinot TOC un DOC lielumus, aprēķināts suspendētā organiskā oglekļa saturs (POC, particulate organic carbon). Lielākās POC koncentrācijas Burtnieku ezerā un Salacā ir jūlijā, augustā un septembrī, kad vērojama intensīva aļģu ziedēšana (3.29.att. A). POC koncentrācijas pieaugums Burtnieku ezerā ietekošajās upēs ir vērojamas pavasarī – aprīlī, kad notiek organisko vielu ieskalošanās un novērojams upēs vislielākais caurplūdums (3.29.att. B). Savukārt Salacas pieteku POC koncentrāciju izmaiņu raksturs nav viendabīgs un ir maz izteikts (3.29. att. C).

Lai gūtu priekšstatu par izšķīdušā organiskā oglekļa iespējamo izcelsmi un atrašanās formām, kopš 2008. gada marta veikta izšķīdušo organisko vielu analīze, izmantojot fluorescences spektrometriju. Kā redzams 3.30. attēlā, tad spektros vērojamas izteiktas atšķirības starp vasarā un rudenī ievāktajiem paraugiem (jūnijs–oktobris) salīdzinot ar paraugiem, kas ievākti laikā no novembra līdz maijam, kas norāda uz organisko vielu sastāva un izcelsmes sezonālo mainību. Vasaras un rudens paraugiem spektra intensitāte nepārsniedz 100 vienības un nav vērojami atsevišķi intensitātes maksimumi, kas norāda uz to, ka izšķīdušo organisko vielu sastāvā nav fluorescēt spējīgas funkcionālās grupas. Lai varētu identificēt fluorescences spektra maksimumus būtu nepieciešami ilglaicīgāki pētījumi, kas ietvertu arī ūdens humusvielu izdalīšanu.



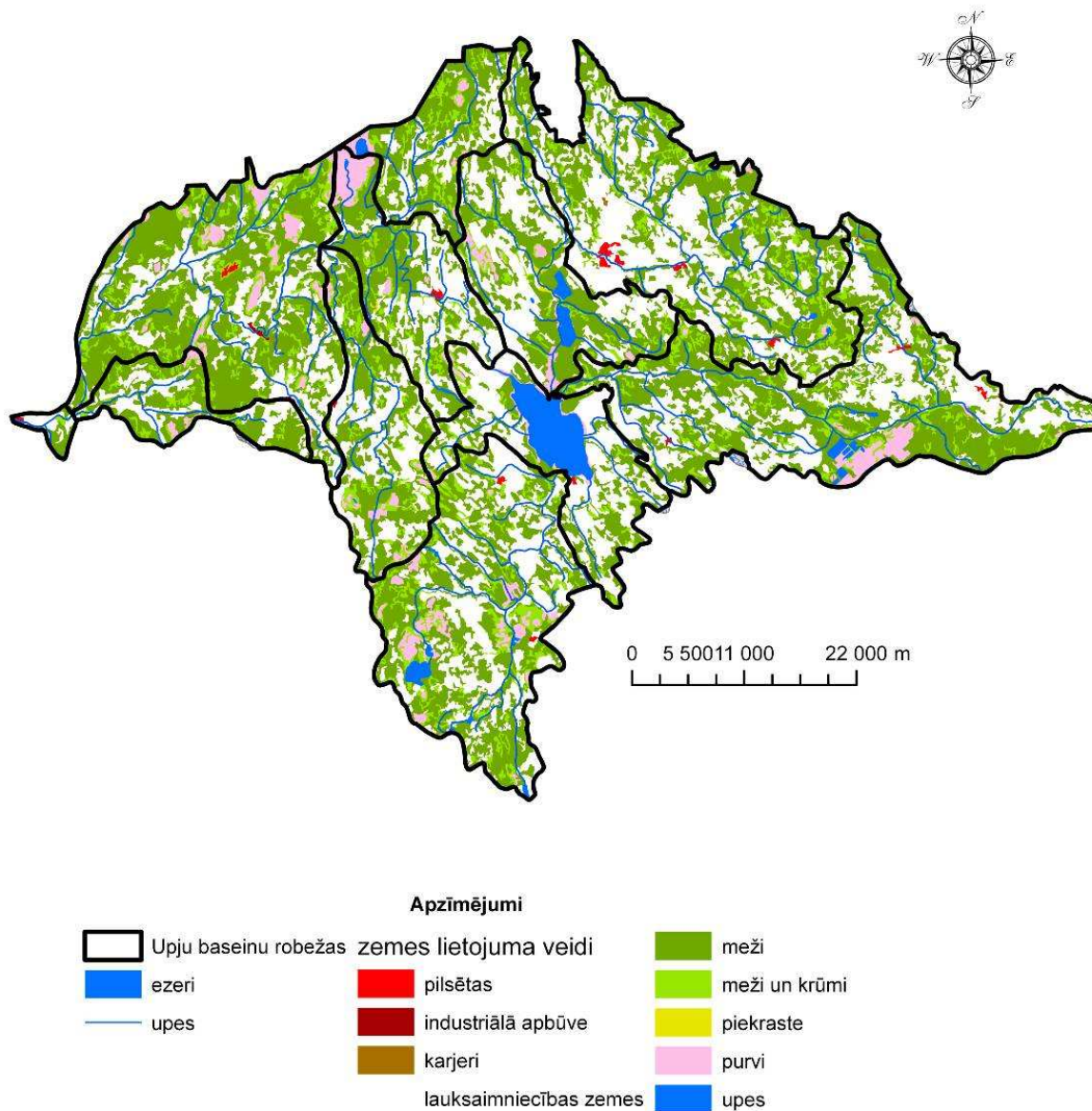
3.29. attēls. Suspendētā organiskā oglekļa (POC) koncentrācijas Burtnieku ezerā un Salacā (A) Burtnieka ezerā ietekošajās upēs (B) un Salacas upes pietekās (C).



3.30.attēls. Sinhronās skenēšanas fluorescences spektrs ūdens paraugiem no Salacas Vecsalacā (A), Iģes (B) un Korģes (C).

Tā kā ūdens ķīmisko sastāvu būtiski ietekmē virszemes ūdeņu sateces baseina īpatnības, apkopota informācija par zemes apauguma veidiem un analizētas vielu noteces Salacas baseinā.

Kopumā Salacas baseinā dominē dabiskās teritorijas: meži (56,17 % no kopējā sateces baseina), purvi (3,77 %) un ūdenstilpes (1,88 %). Lauksaimniecības zemes aizņem 37,5 %, bet urbānās platības 1,88 % no visa sateces baseina (3.31. att.). Zemes apauguma veidu sadalījums Salacas baseina apakšbaseinos redzams 7.tabulā.

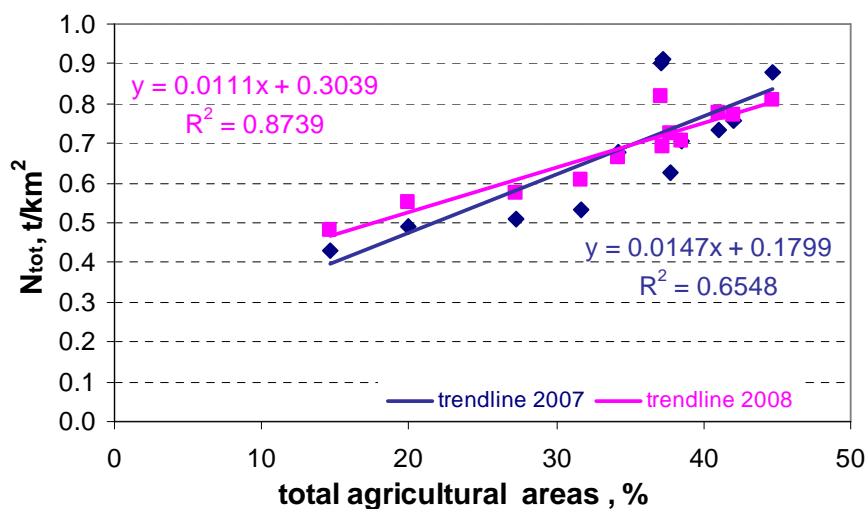


3.31. attēls. Zemes apauguma veidi Salacas baseinā pēc Corina land Cover 2000.

3.7. tabula. Zemes apaugums Salacas baseina apakšbaseinos.

Baseins	Ūdeņi km ²	Purvi, km ²	Dabis kas teritori jas, km ²	Meži, km ²	Aramz emes, km ²	Citas l/s teritorij as, km ²	Apbū vētas terito rijas, km ²	KOPĀ, km ²	Ūdeņi %	Purvi %	Dabis kas teritori jas %	Meži %	Aramz emes %	Citas l/s teritorij as, %	Apbū vētas teritor ijas %
Melnupe	0.00	0.97	1.30	13.29	2.81	1.06	0.00	19.42	0.00	5.00	6.68	68.41	14.46	5.45	0.00
Glāžupe	0.00	10.43	16.17	39.13	6.75	4.50	0.18	77.16	0.00	13.52	20.95	50.71	8.75	5.84	0.23
Piģele	0.27	13.67	0.58	1.86	0.01	0.07	0.00	16.46	1.63	83.01	3.53	11.32	0.06	0.45	0.00
Korģe	0.25	3.60	10.95	56.82	21.67	11.57	0.00	104.87	0.24	3.43	10.44	54.18	20.67	11.03	0.00
Iģe	0.00	9.22	23.15	97.13	32.06	48.99	0.21	210.76	0.00	4.37	10.99	46.09	15.21	23.24	0.10
Ramata	2.14	6.61	16.87	83.74	21.52	19.53	0.00	150.42	1.42	4.40	11.22	55.67	14.31	12.99	0.00
Jogla	0.29	1.16	6.03	43.72	9.67	17.23	0.36	78.46	0.37	1.48	7.69	55.72	12.32	21.96	0.46
Briede	6.58	24.04	53.27	189.34	74.71	88.30	0.81	437.04	1.51	5.50	12.19	43.32	17.09	20.20	0.19
Seda	4.98	20.36	41.66	269.82	90.87	109.00	2.35	539.03	0.92	3.78	7.73	50.06	16.86	20.22	0.44
Rūja	5.82	14.02	61.44	354.49	238.29	116.43	4.20	794.69	0.73	1.76	7.73	44.61	29.99	14.65	0.53
Salaca - Vecate	56.05	65.37	163.86	877.71	461.87	352.39	7.66	1984.90	2.82	3.29	8.26	44.22	23.27	17.75	0.39
Salaca - Skaņaiskalns	56.55	67.44	170.49	905.99	507.03	369.72	8.98	2086.19	2.71	3.23	8.17	43.43	24.30	17.72	0.43
Salaca –Salacgrīva (total)	59.80	126.6 8	290.81	1476.81	663.07	530.86	12.15	3160.17	1.89	4.01	9.20	46.73	20.98	16.80	0.38

Starp kopējā slāpekļa īpatnējo noteci un lauksaimniecības zemju īpatsvaru gan 2007.g., gan 2008.g. konstatēta cieša pozitīva korelācija (3.32.att.).



3.32.attēls. Sakarība starp kopējā slāpekļa īpatnējo noteci (t/km²) un lauksaimniecības zemju procentuālo īpatsvaru (aramzemes + citas l/s zemes).

Atšķirībā no citu pētījumu rezultātiem, Salacas baseinā netika konstatēta būtiska korelācija starp fosfātjonu īpatnējo noteci un lauksaimniecības zemju vai aramzemju procentuālo īpatsvaru.

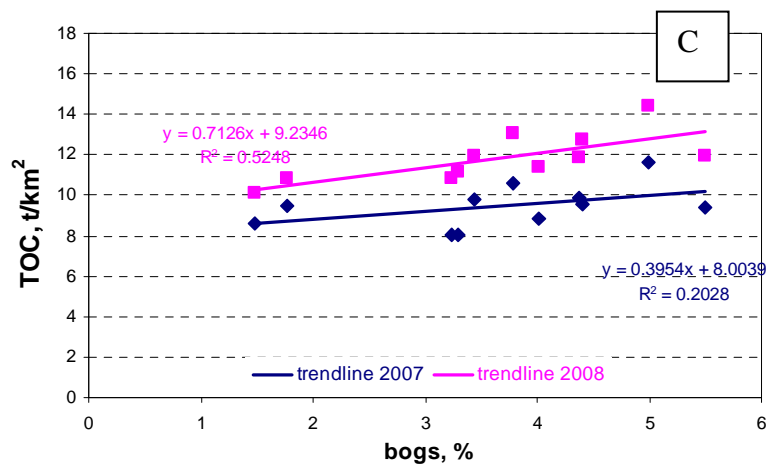
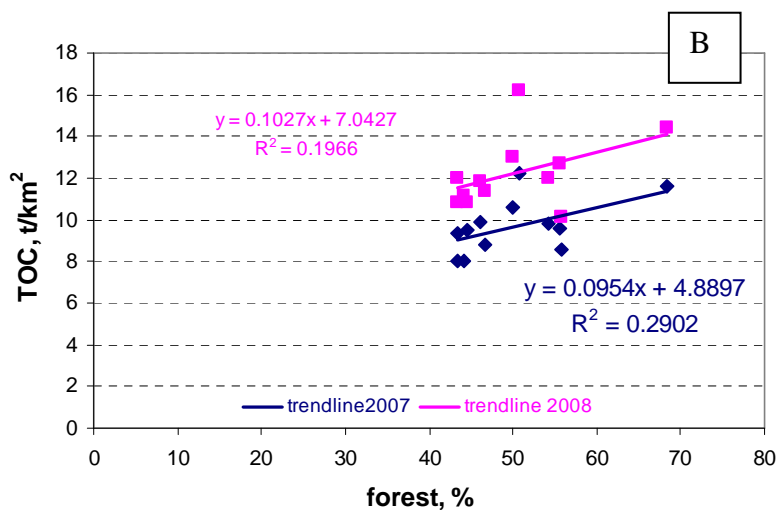
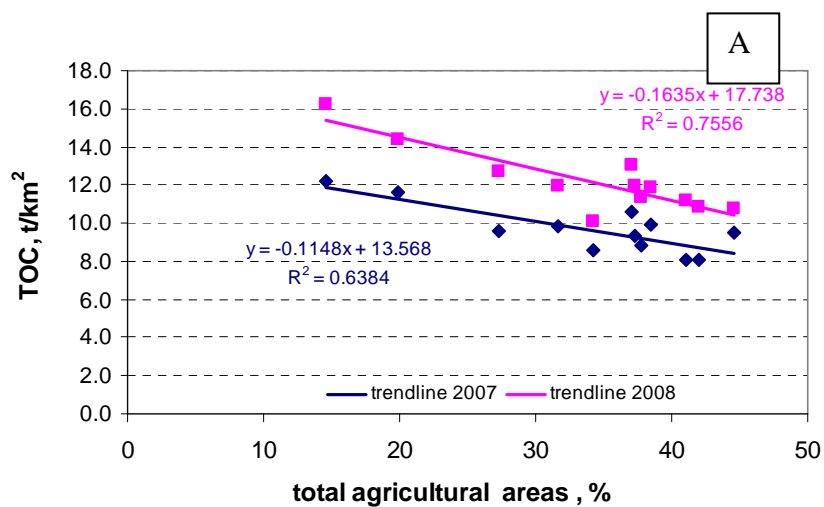
Savukārt kopējā organiskā oglekļa (TOC) notece (t/km²) samazinās, palielinoties lauksaimniecības zemju platībām (3.33. A att.), bet tai ir tendence pieaugt, palielinoties mežu un purvu platībām (3.33. B, C att.).

Klimata maiņas apstākļos izmaiņas notiek ne tikai ūdens ķīmiskajā sastāvā, bet arī biotā.

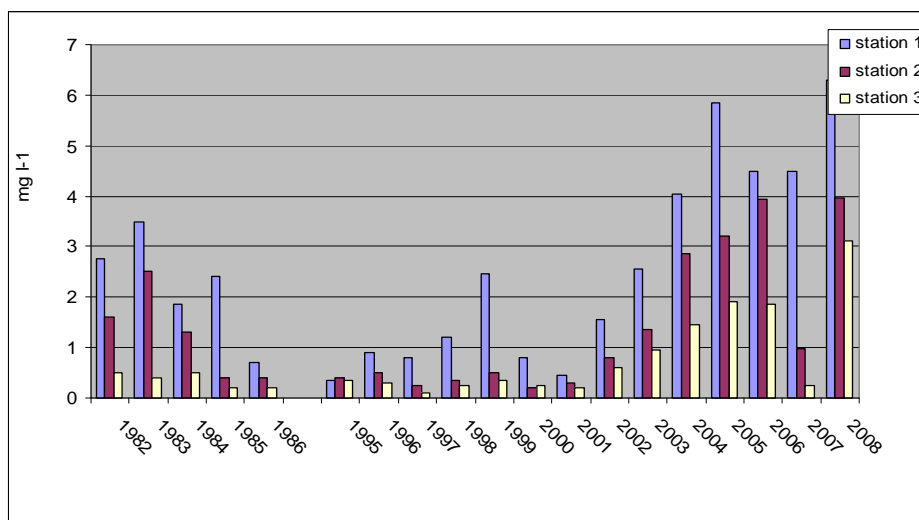
Ilglaicīgie dati par pirmproducentu – fitoplanktona aļģu attīstību Salacā liecina, ka tā biomasa (mg l⁻¹), salīdzinot ar 1980-o gadu sākumu, līdz 2001.gadam samazinājusies, bet pēc tam novērojams fitoplanktona biomasas pieaugums (3.34. att.).

Rezultāti liecina, ka redzama sakarība starp fitoplanktona kopējo un cianobaktēriju biomasu un kopējo (TOC) un suspendēto (POC) organisko oglekli (3.35.att.). Domājams, ka aļģes vasarā varētu būt galvenais POC avots Burtnieku ezerā. Sakarības starp fitoplanktona kopējo biomasu un biogēno elementu koncentrāciju Salacā pie Vecates redzamas 3.36.attēlā. Zemākās koncentrācijas konstatētas vasaras beigās-rudens sākumā, kad šos elementus maksimāli patērē pirmproducenti.

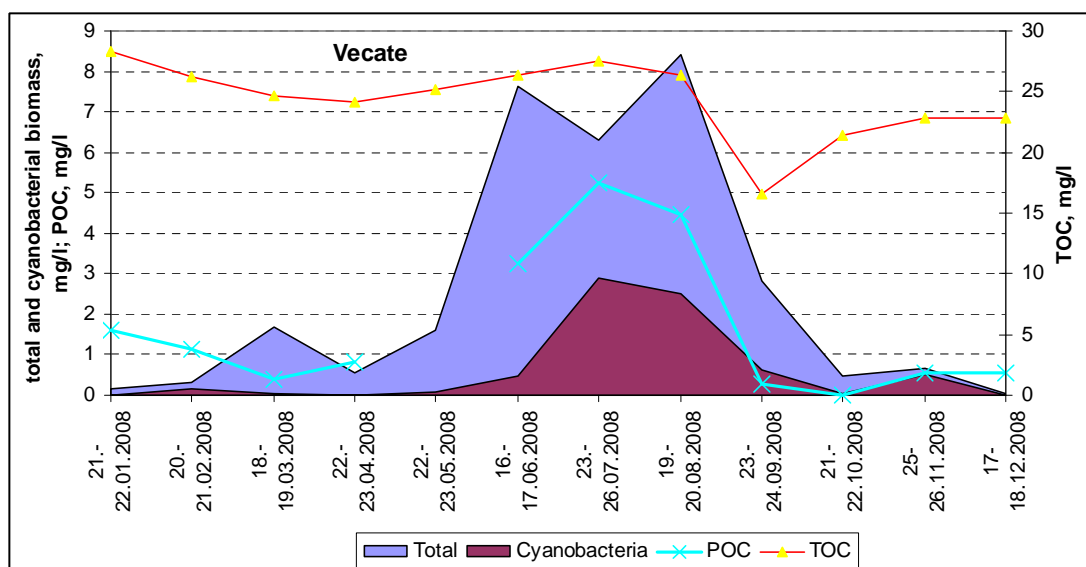
Kopumā konstatēts, ka fitoplanktona kopējā biomasa, kramaļģu un cianobaktēriju biomasa ar vairākiem vides faktoriem - pH, temperatūru, biogēnajiem elementiem un organisko oglekli. Korelācijas starp šiem rādītājiem sezonālā aspektā redzamas 3.7.tabulā.



3.33.attēls. Sakarības starp kopējā organiskā oglekļa īpatnējo noteci (t/km²) un lauksaimniecības zemju (A), meža platību (B) un purvu platību (korelācijas analīzē nav iekļauta Glāzupe, kuras baseinā ir lielāks purvu īpatsvars - 13,5 %) procentuālo īpatsvaru.



3.34. attēls. Fitoplanktona biomasas (mg l^{-1}) ilglaicīgas izmaiņas Salacā (1 – izteka pie Vecates, 2 – lejpus Mazsalacas, 3 – lejtece pie Vecsalacas).

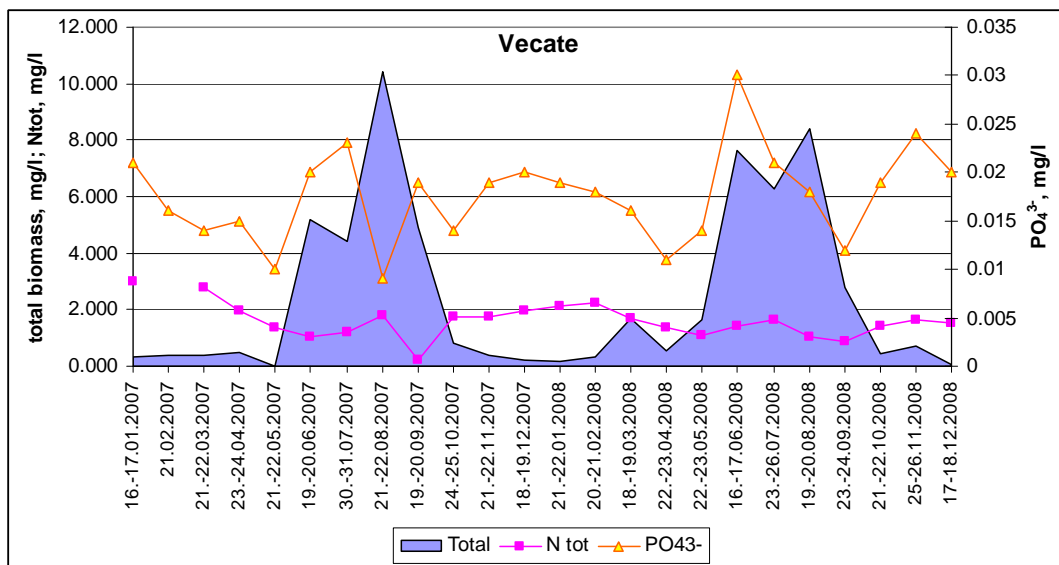


3.35. attēls. Fitoplanktona kopējās un cianobaktēriju biomasas (mg l^{-1}) un kopējā (TOC) un suspendētā (POC) (mg/l) organiskā oglekļa izmaiņas izmaiņas Salacā pie Vecates 2008.g.

3.7. tabula. Korelācijas starp fitoplanktona kopējo biomasu, kramaļģu un cianobaktēriju biomasām un ūdens fizikāli-ķīmiskajiem rādītājiem Burtnieku ezerā.

Rādītājs	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Si _{kop.}	pH	Temp.	TOC	N _{kop.}	DOC	POC
<i>Ziema</i>									
Kopējā biomasu	0,289 n=9	0,460 n=9	0,567 n=9	0,267 n=9	0,303 n=9	-0,200 n=9	0,750 n=7	n=9	n=9
Kramaļģu biomasu	-0,366 n=9	-0,119 n=9	-0,433 n=9	0,683* n=9	0,235 n=9	0,250 n=9	0,036 n=7	n=9	n=9
Cianobaktēriju biomasu									
<i>Pavasaris</i>									
Kopējā biomasu	0,167 n=13	-0,165 n=13	-0,330 n=13	0,626* n=13	0,352 n=13	-0,038 n=13	-0,593* n=13	n=13	n=13
Kramaļģu biomasu	-0,057 n=13	-0,336 n=13	-0,347 n=13	0,861** n=13	0,613* n=13	-0,278 n=13	-0,558* n=13	n=13	n=13
Cianobaktēriju biomasu	0,239 n=7	0,524 n=7	0,000 n=7	0,179 n=7	0,071 n=7	-0,286 n=7	0,000 n=7	n=7	n=7
<i>Vasara</i>									
Kopējā biomasu	0,117 n=16	-0,030 n=16	0,682** n=16	-0,124 n=16	0,762** n=16	0,747** n=16	0,705** n=16	-0,183 n=9	0,817** n=9
Kramaļģu biomasu	0,140 n=16	-0,482 n=16	0,162 n=16	0,083 n=16	0,004 n=16	-0,241 n=16	-0,518* n=16	0,075 n=9	-0,050 n=9
Cianobaktēriju biomasu	-0,865** n=9	-0,025 n=9	0,500 n=9	0,126 n=9	0,950** n=9	0,917** n=9	0,700* n=9	-0,267 n=9	0,933** n=9
<i>Rudens</i>									
Kopējā biomasu	0,037 n=16	-0,396 n=16	0,147 n=16	0,082 n=16	0,433 n=16	0,209 n=16	-0,185 n=16	0,690 n=8	0,786* n=8
Kramaļģu biomasu	-0,427 n=16	-0,105 n=16	-0,329 n=16	0,729** n=16	0,674** n=16	0,206 n=16	-0,044 n=16	0,667 n=8	0,810* n=8
Cianobaktēriju biomasu	-0,025 n=8	0,095 n=8	-0,095 n=8	0,381 n=8	0,310 n=8	0,857 n=8	0,571 n=8	0,857** n=8	0,429 n=8

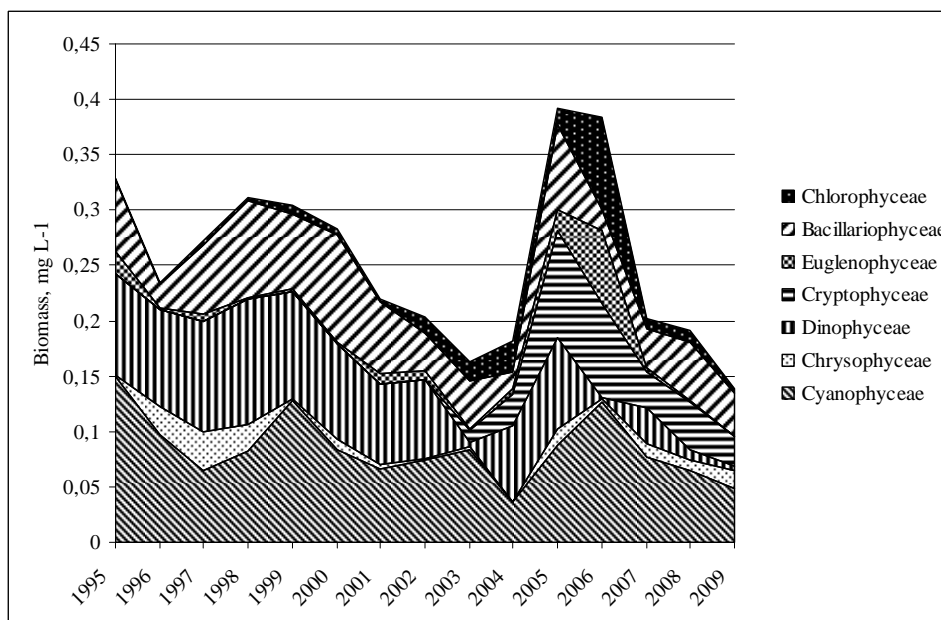
n=paraugu skaits, * - p<0,05; ** - p<0,01



3.36. attēls. Fitoplanktona kopējās biomasas (mg l^{-1}) un kopējā slāpekļa (N_{tot}) un reaktīvā fosfora ($P\text{-PO}_4^{3-}$) (mg/l) izmaiņas Salacā pie Vecates 2007.-2008.g.

Esošās sakarības liecina, ka fitoplanktona biomasu ir būtiski saistīta ar vairākiem fizikāliskajiem parametriem, un, mainoties klimatam, sagaidāmas izmaiņas saldūdeņu hidroekosistēmās.

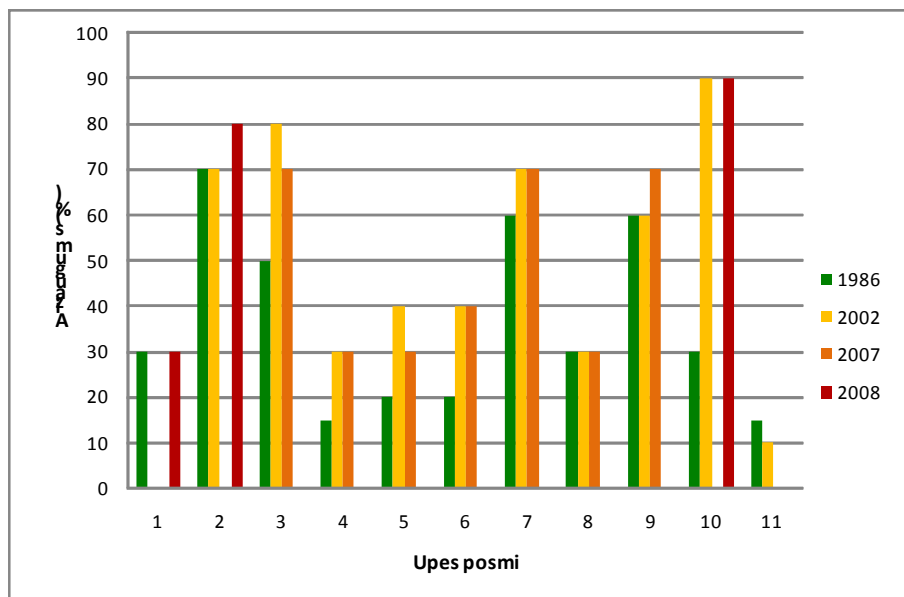
Tomēr jāatzīst, ka specifiskos apstākļos, tādos kā Engures ezerā, kas ir tipisks cietūdens makrofītu ezers ar izteiktu mieturaļģu lomu, šādas izmaiņas nav novērotas, un laikā no 1995.g. līdz 2009.gadam fitoplanktona biomasu ir zema – tikai 0.13-0.39 mg/l (3.37.att.).



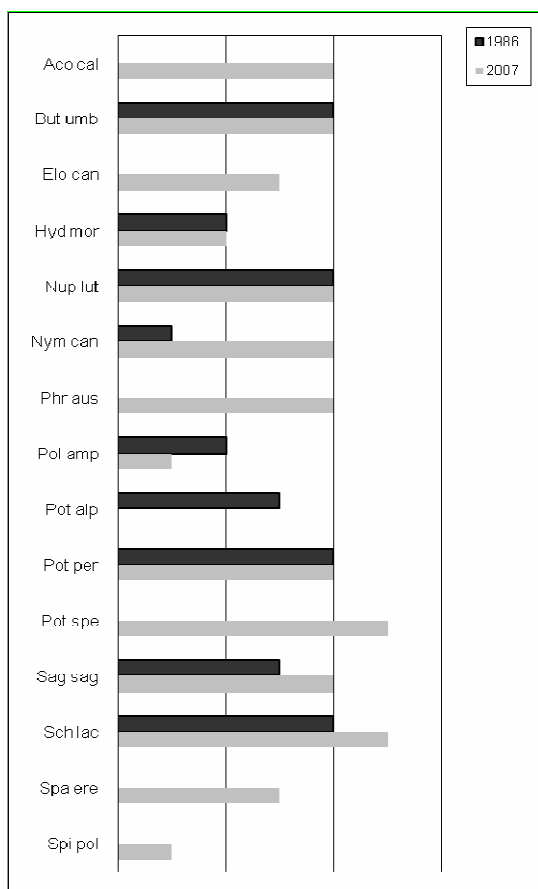
3.37.attēls. Fitoplanktona biomasu Engures ezerā (1995-2009 jūnijs-jūlijs).

Par pirmprodukcijas pieaugumu liecina arī dati par augstākajiem ūdensaugiem jeb makrofītiem.

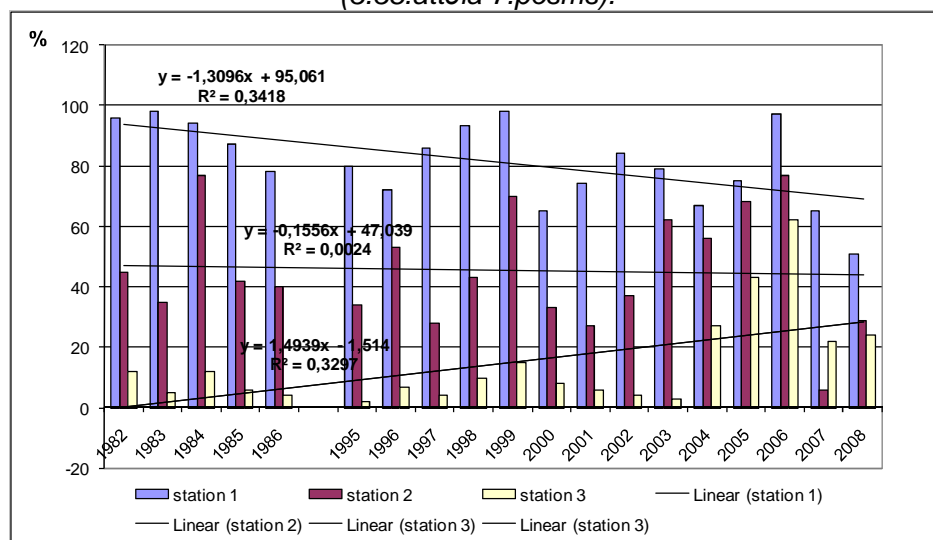
Salīdzinot ar 1986. gadu, Salacā ir izmainījusies upes aizauguma pakāpe ar makrofītiem, atsevišķos upes posmos sasniedzot 80 – 90 % (3.38.att.). Pētījumi liecina, ka klimata maiņas apstākļos īpaši jutīgi reaģē upju straujteču posmi. Šajos posmos kopš 1986.g. palielinājies ne tikai aizaugums ar augstākajiem augiem, gan zilaļģu procentuālais daudzums kopējā biomasā (3.40.att. – 3.stacija, upes lejtece.). Bez tam, Salacā makrofītu sugu sastāvā pieaudzis virsūdens augu sugu īpatsvars (3.39.att.), vizuāli konstatēta strauja invazīvās sugas Kanādas elodejas *Elodea canadensis* izplatība visā upē.



3.38.attēls. Izmaiņas Salacas aizauguma pakāpē (%) kopš 1986.g. līdz 2008.g.



3.39.attēls. Izmaiņas makrofītu sugu sastāvā Salacas posmā Pužupes ieteka – Sarkanās klintis (3.38.attēla 7.posms).



3.40.attēls. Cianobaktēriju procentuālais daudzums no kopējās fitoplanktona biomasas Salacā 1982.-2008.g.

Vizuāli novērojumi liecina, ka pēdējos 10 gados upes „aizaugšana” ar makroskopiskajām pavedienveidīgajām zaļajām, jo pat ļoti nedaudz pasiltinoties ūdens temperatūrai, vēsus ūdeņus mīlošās perifītiskās kramaļģes tiek nomainītas ar siltummīlošajām pavedienveidīgajām zaļajām.

Lai izpētītu, kā klimata maiņas apstākļos attīstās un mainās perifītiskās sabiedrības, veikti pētījumi Salacā un tās pietekās Korgē un Jaunupē.

No literatūras datiem ir zināms, ka saldūdeņu apaugumus – perifitonu veido aļģu, cianobaktēriju, heterotrofo mikroorganismu un detrita kompleksa „matrica”, kas ūdeņu ekosistēmās piestiprinājusies iegremdētām virsmām un ir svarīgs barības avots ūdens iemītniekiem – zooperifitonam – dzīvnieku valsts organismiem, kas dzīvo gan piestiprinājusies pie ūdenī iegremdētiem priekšmetiem, gan arī izmanto par dzīves un barošanās vietu makroskopiskās aļģes, avotsūnas, iegremdētos augus u.c. substrātu. Perifitona pirmprodukcijas veidošanā vissvarīgākie faktori ir gaisma un barības vielas. Pastiprinoties ūdens turbulencei, ūdens tiek sajaukts ar dūņām, un tādēļ var pavājināties saules radiācijas ietekme, kā rezultātā tiek traucēta perifitona attīstība. Vēl lielāka ietekme uz perifitona mikrobiocenozes veidošanos nekā gaismas intensitātei vai pat barības vielām var būt substrāta tipam. Visaugstākā perifitona produktivitāte ir uz akmeņainām, klinšainām virsmām, bet kaļķakmens un smilšu virsmas ir neproduktīvas. Ūdens kustība ietekmē skābekļa, ogļskābās gāzes un citu vielu šķīdību, bez tam, tās rezultātā izmainās temperatūra un ūdens dzidrība, kas savukārt ietekmē perifītisko organismu spēju piestiprināties. Ārēju fizikālu apstākļu un darbību rezultātā vērojams „nokasīšanās vai noskrāpēšanās efekts”. Ļoti jutīgi pret ūdens plūsmas maiņām ir mazie akmeņi, kuri tiek velti pa ūdens gultni un tādejādi zaudē perifitona audzes.

Perifitona pētījumi tika veikti 2008. un 2009. gada vasaras mazūdens periodā Salacas upes lejtecē, Korgē un Jaunupē izvēlētos raksturīgos biotopos, ko veido laukakmeņi, akmeņi, oļi, grants, ūdenī iegrimuši koki un siekstas, dažādi cilvēka darbības rezultātā ūdenī nokļuvuši priekšmeti, kā arī smilts un makrofīti. Maijā un jūnijā gan Salacā, gan arī Korgē cieta substrāta virsmu masveidā apdzīvo uz tīru vidi norādošās maroskopiskās saldūdens sārtaļģes (Rhodophyceae) *Lemanea fluviatilis*, taču krevveidīgie asinssarkanie sārtaļģu *Hildenbrandia rivularis* laponi dominē uz noēnota cieta substrāta straujtecēs ar skābekli bagātu ūdeni. Saulei eksponētās akmeņu daļas kalpo par substrātu pavedienveidīgajām cianobaktērijām (Cyanophyceae) *Oscillatoria* spp., *Lyngbia* sp. Galvenokārt uz siekstām, nelieliem akmeņiem kā arī uz niedrēm nelielā daudzumā konstatētas saldūdens sārtaļģes *Batrachospermum* spp., kas tāpat kā iepriekš minētās sārtaļģes ir tīras, skābekli bagātas vides indikatori. Vasaras vidū niedres, un meldri apaug ar pavedienveidīgajām zaļajām (Chlorophyta) *Rhizoclonium hierogluphicum*, *Cladophora glomerata*. Salacas lejtecē vasaras beigās un rudens periodā sārtaļģes *Chantransia* sp. masveidā tika konstatētas uz niedrēm. Kā īpaši labvēlīgs substrāts perifītiskiem organismiem ir avotsūnas – *Fontinalis antipyretica*, kur sastopamas vienšūnu un pavedienveidīgās kramaļģes, zaļajās un cianobaktērijas, vienšūņi, bezmugurkaulnieki. Kramaļģes (Bacillariophyceae) praktiski ir sastopamas uz visa veida apsekotajiem substrātiem. Pētījumā konstatēts, ka čemuru puķumeldrs - *Butomus umbellatus* un ezera lielmeldrs - *Schoenoplectus lacustris* kalpo par substrātu vairāk kā 20 kramaļģu sugām, kur dominē *Gomphonema parvulum* (75% no kopējā vāciņu skaita). 25 kramaļģu sugas tika konstatētas uz pavedienveidīgo aļģu substrāta, kur viennozīmīgi dominē *Cocconeis pediculus*, *Acanthidium minutissima* un *Rhoicosphaenia abbreviata*. 39 kramaļģu sugas tika konstatētas uz *Potamogeton* sp. substrāta, kur dominē *Cocconeis placentula* veidojot 56% no kopējā kramaļģu vāciņu skaita, tāpat laiviņveidīgo *Navicula* spp. ģints pārstāvji ar mazu šūnu tilpumu tika konstatēta lielā daudzumā. Uz akmeņu substrāta konstatēta vislielākā kramaļģu daudzveidība (49 sugas), kur dominē *Cocconeis placentula*, *Melosira varians* un *Cyclotella radiosia*.

2008. gadā no jūlija līdz oktobrim Salacas lejtecē tika veikts eksperiments ar mākslīgo substrātu, kura rezultātā tika konstatēta substrāta apaugšanas sukcesija: vispirms substrāts apauga ar mikroskopiskajām viensūnu kramaļģēm (galvenokārt - *Cocconeis* spp.), ko turpmāk nomaina makroskopiskās apaugumus veidojošās zaļāļģes.

Salacas lejtecē, kur galvenokārt raksturīgs litoreofīlais bezmugurkaulnieku sugu komplekss, tika konstatētas arī psammopelofīlās un fitofīlās sugas. Te zooperifitona pamatmasu veido oksifīlie kukaiņu kāpuri, kuri atsevišķos gadījumos veido pat 80-87% no kopējā organismu skaita. Tas daļēji izskaidrojams ar ļoti lielo knišķu kāpuru - Simuliidae īpatsvaru, kas veido pat līdz 30% no kopējā organismu skaita. Liela nozīme ir arī makstenēm - Trichoptera (*Hydropsyche* sp., *Brachycentrus subnubilus*, *Mystacides* sp.) kā arī trīsuļodu kāpuriem - Chironomidae, gliemjiem - Mollusca - (*Physa fontinalis*, *Theodoxus fluviatilis*, *Ancylus fluviatilis*, *Valvata piscinalis*), mazsaru tārpiem- Oligochaeta (*Stylaria lacustris*, *Spirosperma ferox*, *Tubifex ignotus*, *Nais behningi*, *Nais barbata*, *Stylodrilus heringianus*), vēžveidīgiem -- Malacostraca (*Asellus aquaticus*, *Gammarus pulex*), ūdens blaktīm - Heteroptera (*Aphelocheirus aestivialis*), viendienītēm Ephemeroptera (*Baetis vernus*, *Heptagenia* sp., *Paraleptophlebia* sp., *Serratella ignita*, *Caenis* spp.) un ūdensērce - Hydrachnidia. Psammopelofilo sugu kompleksu veido atsevišķas Chironomidae, Oligochaeta un Hirudinea sugas. No mazsaru tārpiem te dominē Naididae un Tubificidae dzimtas.

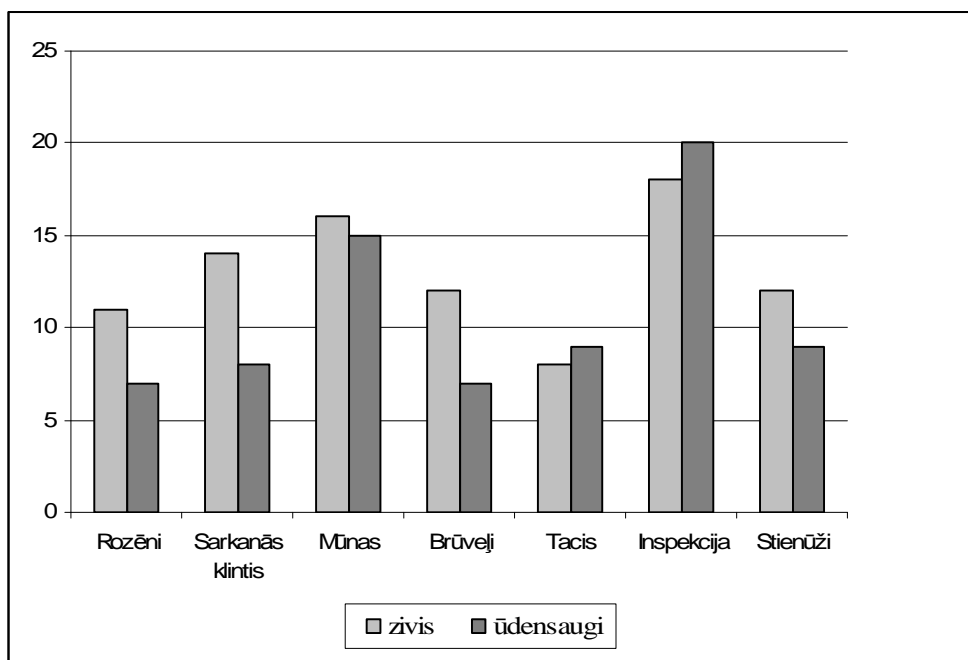
Korģē uz akmeņiem ar mikroskopisko aļģu apaugumu raksturīgākās maksteņu sugas ir *Goera pilosa* un *Agapetus ochripes*. Akmeņus ar avotsūnu *Fontinalis* sp. apaugumu apdzīvo *Hydropsyche pellucidula*, *Hydropsyche instabilis*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Rhyacophila nubila*, *Micrasema setiferum* un *Brachycentrus subnubilus*. Nelielā skaitā sastopamas arī depozicionālos mikrobiotopus apdzīvojošās sugas, piemēram, *Limnephilus* sp., *Lepidostomatidae* un *Athripsodes* sp. Avotsūnu substrātu apdzīvo strautnagaiņi - Elmidae (*Elmis aenea*, *Oulimnius* sp. un *Limnius* sp.) un *Hydraena* sp. Raksturīgās viendienīšu sugas – *Habrophlebia fusca* un *Beatis rhodani*; raksturīgās strauteņu sugas – *Nemoura* sp., *Brachyptera* sp. un Perlodidae; gliemeži – *Ancylus fluviatilis* un *Radix ovata*. Lielāka sugu daudzveidība un īpatņu blīvums konstatēts uz akmens substrāta ar avotsūnu apaugumu.

Tika novērots perifitona „nokasīšanās vai noskrāpēšanās” efekts, kad Korģes upes drifta paraugos masveidā tika konstatētas perifitonam un fitobentosam raksturīgās kramaļģes *Melosira varians*, kas liecina par fizikālu apstākļu – straumes, u.c. ārējas darbības izsauktu kramaļģu aizskalošanos ūdens masā no nestabila, smilšaina substrāta virsmas. Tas liecina, ka perifitons, kas apdzīvo smilšainas virsmas ir jutīgāks pret traumi, kas, savukārt, maz ietekmē perifitonu uz akmeņainas virsmas, kur konstatēta lielākā kramaļģu sugu daudzveidība.

Citu zinātnieku pētījumi liecina, ka perifītisko cenožu struktūras izmaiņas ir saistītas arī ar klimata pasiltināšanās problēmu, kur paaugstinoties vides temperatūrai notiek straujas perifitonu veidojošo makroskopisko un mikroskopisko hidrobiontu grupu strukturālās izmaiņas, kas atspoguļojās kā attiecīgo substrātu apdzīvojošo perifītisko sugu nomaiņa uz siltummīlošākām vai arī uz tolerantākām, kas savukārt uzrāda virszemes ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes izmaiņas un upes aizauguma palielināšanos ar makroskopiskajām aļģēm.

Savukārt upes aizauguma pakāpe ar augstākajiem ūdens augiem un ūdensaugu sugu sastāvs ietekmē arī zivju sugu daudzveidību un sastopamību.

Pētot sakarības starp dažādiem biotas komponentiem, konstatēts, ka vietās, kur ir lielāks augstāko augu sugu skaits, sastopams arī lielāks zivju sugu skaits (3.41.att.).



3.41. attēls. Augstāko augu un zivju sugu skaits Salacas zivju monitoringa punktos 2009.g.

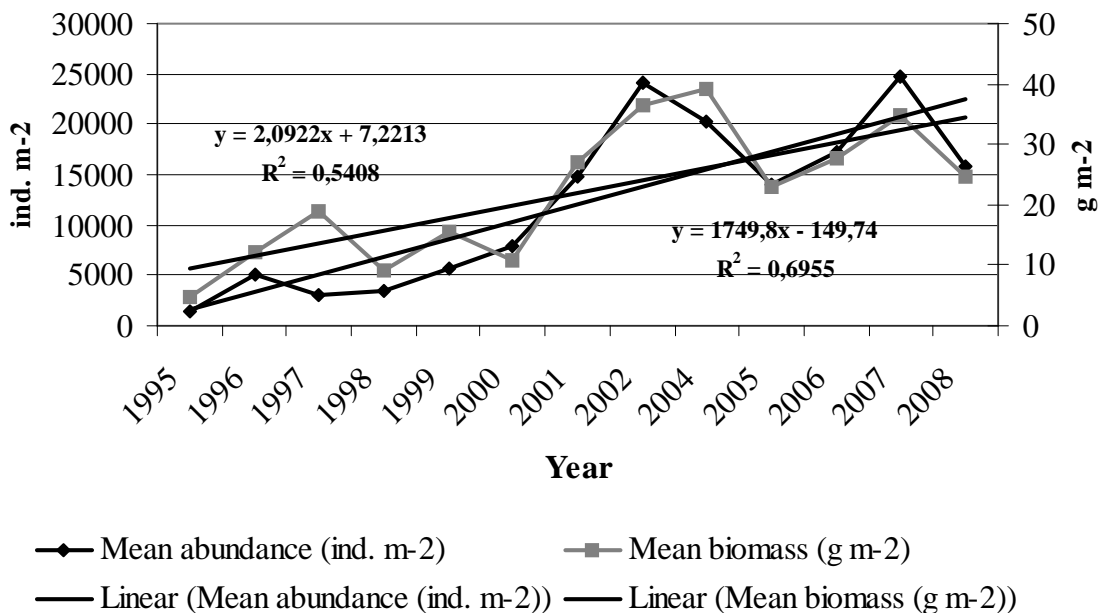
Būtiska ir straumes loma augu un zivju sabiedrību attīstībā. Salacā produktīvākie laša biotopi ir upes straujteču posmi ar straumes ātrumu 30 - 60 cm/s un vidējo dziļumu līdz 30 cm. Upes gultnē dominējošais substrāts šajos biotopos ir akmeņi un oļi. Akmeņainajās un seklajās straujtecēs dominē reofilās zivju sugas - lasis *Salmo salar*, bārdainais akmeņgrauzis *Normacheilus barbatulus* un platgalve *Cottus gobio*. Straujteču posmiem raksturīgas blīvas iegrīmušo augu audzes, ko veido ezera lielmeldra *Schoenoplectus lacustris* zemūdens lapas, avotsūnas *Fontinalis antipyretica*, kā arī dažādu glīveņu *Potamogeton sp.* sugas.

Savukārt upes litorāles daļā gar virsūdens augu joslu, kur upe ir dziļāka un ar mazāku straumes ātrumu, zivju sastopamība ir neliela, sugu sastāvā dominē rauda *Rutilus rutilus*, sapals *Leuciscus cephalus* un asaris *Perca fluviatilis*. Pieaugot dziļumam un samazinoties straumes ātrumam, veģetācijas īpatsvarā pieaug peldlapu augu sugu - dzeltenās lēpes *Nuphar lutea* un peldošās glīvenes *Potamogeton natans* īpatsvars.

Atšķirībā no pirmproducentiem, bentiskās cenozes ir mazāk mainīgas, upes vērtējums pēc zoobentosa organismu struktūras ilgtermiņā kopumā raksturo upi kā vāji piesārņotu jeb β -mezosaprobū, nedaudz augstāka saprobitāte ir upes iztekā no Burtnieku ezera.

Tai pat laikā Šenona indeksa vērtību salīdzinājums liecina, ka bioloģiskās daudzveidības izmaiņas nav vērtējamas viennozīmīgi (3.41. att.).

Salīdzinot ar Salacu, cita situācija ir Engures ezerā, kur bentisko bezmugurkaulnieku indivīdu skaits un biomasas redzami palielinājušies (3.42.att.)



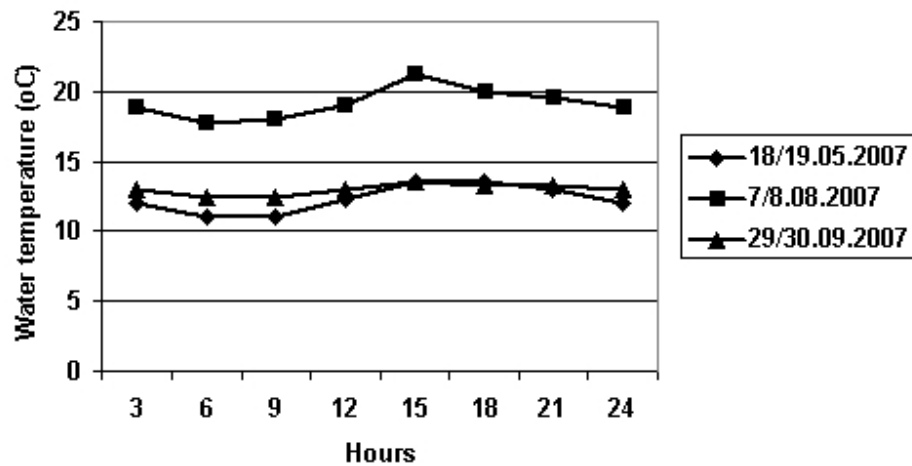
3.42

3.42.attēls. Zoobentosa indivīdu skaita un biomasas izmaiņas Engures ezerā (1995-2009).

Taču, analizējot zoobentosa datus saistībā ar temperatūrām ezera baseinā, jākonstatatē, ka starp šiem lielumiem sakarība nav konstatējama, bet izmaiņas izraisījuši citi faktori.

Programmas ietvaros veikti aļģu un bezmugurkaulnieku drifta - ar straumi nestu suspendētu dzīvu un nedzīvu daļiņu kopuma – pētījumi, kas ir svarīgi saistībā ar zivju barošanos: zināms, ka lašveidīgo zivju biomasu un produkciju spēcīgi korelē ar driftējošo bezmugurkaulnieku blīvumu, savukārt drifta blīvums pozitīvi korelē ar bentisko produktivitāti. 2007.gadā Ventas, Salacas, Daugavas un Gaujas baseinos četrās Latvijai raksturīgās vidēja lieluma zemieņu upēs pavasarī, vasarā un rudenī ritrāla (straumes ātrums >2.0 m/s) posmos leļpus dažāda tipa biotopiem (sedimenti: smilts-grants; oļi-akmeņi, smilts-detrīts, smilts-makrofīti) tika veikti makrozoobentosa organismu grupu un aļģu eksperimentāli drifta diennakts (astoņos diennakts laikos) un sezonālās dinamikas pētījumi saistībā ar vides faktoriem, kurus ietekmē klimata mainība (temperatūra, caurplūdums). 2008.g. tika turpināti bezmugurkaulnieku drifta pētījumi Korģes upē.

Klimata maiņas ietekmē iespējamās makrozoobentosa organismu drifta sugu sastāva un blīvuma izmaiņas. Abiotiskajiem faktoriem raksturīgās diennakts (3.43. attēls) un sezonālās izmaiņas (3.8. tabula).

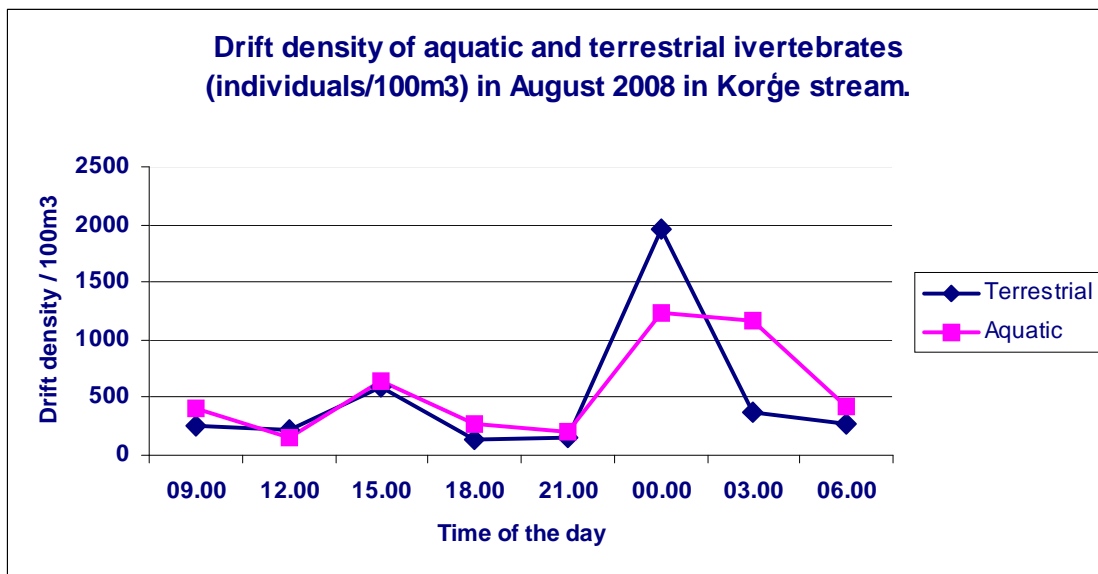


3.43. attēls. Temperatūras (°C) izmaiņas Korģē 18.-19.05.2007., 7.-8.08.2007. un 29.-30.09.2007. makrozoobentosa drifta paraugu ievākšanas periodos.

3.8. tabula. Vidējais straumes ātrums, fotoperiods un vidējā ūdens temperatūra 24.-25.05.2007., 21.-22.08.2007. un 30.-31.10.2007. drifta paraugu ievākšanas periodos Tumšupē.

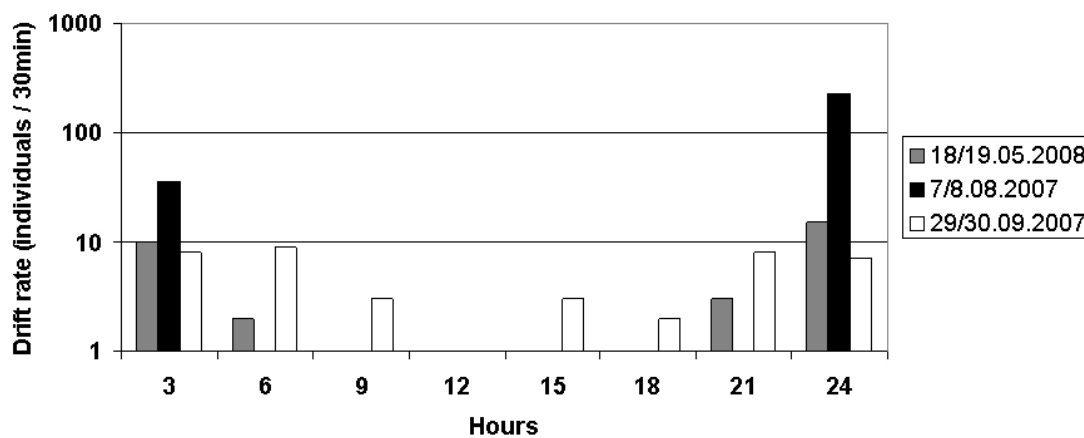
Datums	24.-25.05.2007.		21.-22.08.2007.		30.-31.10.2007.	
Upes posms	Augšpus straujteses	Lejpus straujteses	Augšpus straujteses	Lejpus straujteses	Augšpus straujteses	Lejpus straujteses
Vidējais straumes ātrums (m/s)	0.3	0.6	0.2	0.7	0.5	1
Fotoperiods (h)	16		14.5		9	
Vidējā ūdens temperatūra (°C)	15.3		17.5		8	

Arī makrozoobentosa driftam pētītajās upēs bija izteikta diennakts un sezonālā dinamika (3.44. un 3.45. attēls). Drifta paraugos tika konstatēti ūdens bezmugurkaulnieku kāpuri, pieaugušie ūdens un sauszemes kukaiņi.



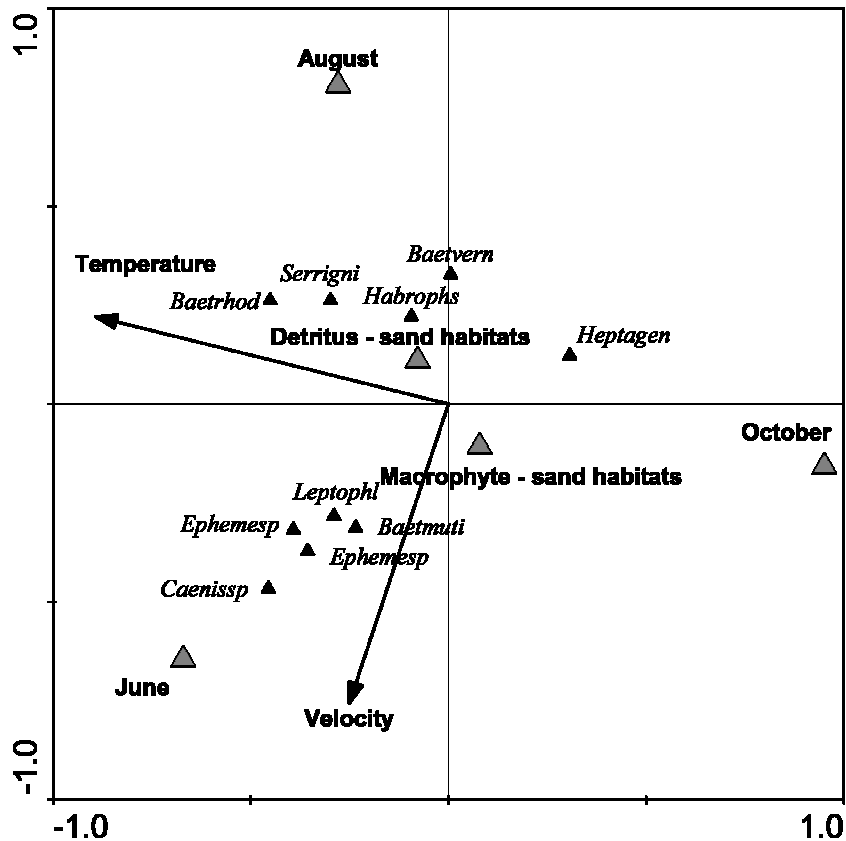
3.44.attēls. Ūdens un sauszemes bezmugurkaulnieku drifts (indivīdi / m³) Korgė lejpus straujtecēs (2008. gada 4.-5. augusts).

Korgės viendienīšu Ephemeroptera driftu vairāk ietekmēja tieši sugu attīstības ciklu īpatnības – aktīvais augšanas periods, nevis primārie hidrauliskie faktori (3.45. attēls).



3.45. attēls. Viendienīšu Ephemeroptera drifts (indivīdi / 30 min) Korgė lejpus straujtecēs (18.-18.05.2008., 7.-8.08.2007. un 29.-30.09.2007.)

Visbiežāk lielākā makrozoobentosa sugu daudzveidība un drifta blīvums bija raksturīgs pavasara sezonā, kad dominē pēdējo attīstības stadiju kāpuri un notiek ūdens kukaiņu izlidošana (3.46. attēls).

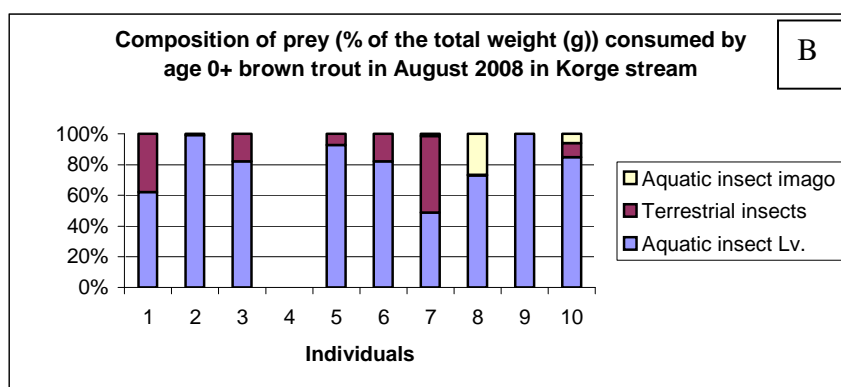
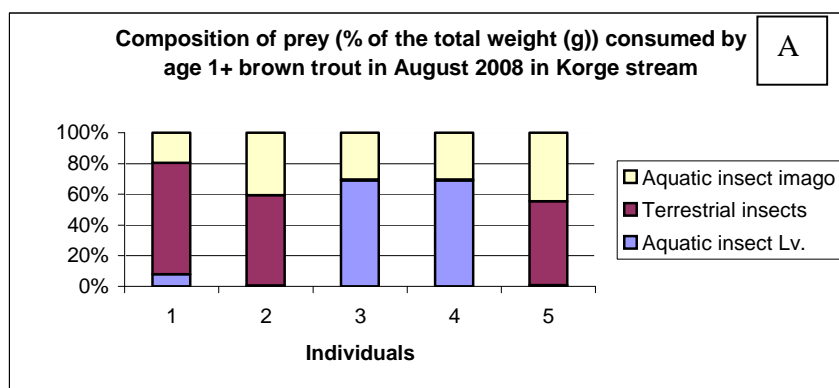


3. 46. attēls. Drifta paraugos konstatēto viendienišu Ephemeroptera sugu sastāva RDA ordinācijas analīze Strīķupē leļpus smilšu-makrofītu un leļpus smilšu-detrīta biotopiem, 2007. gada jūnijā, augustā un oktobrī. 1. ass izskaidro 11,5%, 2. ass – 9,4% no kopējās datu izkliedes.

Sagaidāms, ka klimata maiņas apstākļos līdz ar temperatūras pieaugumu un upju caurplūduma izmaiņām, var notikt izmaiņas visā barības ķēdē, tomēr ir pārāk maz pētījumu, kas ļautu prognozēt nākotnes scenārijus.

Tika analizētas arī bezmugurkaulnieku drifta un lašveidīgo zivju barošanās īpatnības. Ir zināms, ka lašveidīgo zivju mazuļi galvenokārt barojas ar sauszemes bezmugurkaulniekiem no ūdens virsējiem slāņiem vai arī ar aktīvi driftējošiem zoobentosa organismiem. Pēc literatūras datiem, taimiņu mazuļi ir eirifāgi, bet lašu mazuļi - stenofāgi, tāpēc sagaidāms, ka kvalitatīvas un kvantitatīvas zoobentosa sugu sabiedrību izmaiņas lašu mazuļu barošanas ietekmētu būtiskāk nekā taimiņu mazuļu barošanas.

Konstatēts, ka Korģes upē 1. gada taimiņu mazuļi galvenokārt barojas ar ūdens bezmugurkaulnieku kāpuriem, kas ir sastopami arī drifta paraugos (3.47. A attēls), taču 2. gada mazuļi galvenokārt barojas ar sauszemes divspārņiem un pieaugušajiem ūdens kukaiņiem, savukārt kukaiņu kāpuri ir mazāk nozīmīgs barības objekts (3.47. B attēls).



B

3.47. attēls. 1. un 2. gada taimiņu mazuļu barības objektu svara (g) procentuālais sadalījums 2009. gada augustā Korgē.

Līdz šim Latvijā nav tikuši veikti aļģu drifta pētījumi. Literatūras dati liecina, ka lotisku sistēmu drifts, tai skaitā arī aļģu drifts tiek uzskatīts par tekošu ūdeņu ekosistēmu hronobioloģisku parādību. Kā būtiskākie aļģu drifta (galvenokārt tās ir ūdens masu pasīvi nestas perifītiskās aļģes) ietekmētāji upēs tiek uzskatīti substrāta tips – perifītisko aļģu dzīves vieta, gaismas apstākļi, kā arī bezmugurkaulnieku ietekme. Bez tam citu zinātnieku pētījumos ļoti liela ietekme uz šo parādību ir tādiem vides parametriem kā temperatūrai, hidroloģiskiem apstākļiem un attiecīgo substrātu - driftējošo perifītisko aļģu donoru īpatnībām, kā arī substrātu aptverošajai biotai. Driftējošie perifītiskie organismi, kas tiek atrauti no substrāta un tiek aiztransportēti ar kustīgo ūdens masu kā aļģu drifts, veido pašu būtiskāko upju planktona daļu. Drifta telpiskais un temporālais sadalījums ir atkarīgs arī no pētāmās upes atrašanās augstuma zonas, kas būtiski ietekmē aļģu drifta sugu sastāvu, klimatiskās zonas, kur upe atrodas un bentisko aļģu populāciju diennakts īpatnību regulējošiem mehānismiem. Bez tam, driftā iespējams konstatēt aļģes – vides stāvokļa indikatororganismus, kas iekļuvuši ūdens masā no augstāk atrodošiem biotopiem, un līdz ar to liecina par to bioloģisko kvalitāti.

Projekta ietvaros aļģu drifts tika pētīts 2007. gada jūnijā, augustā un oktobrī trīs vidējā izmēra upēs – Strīķupē (lejpus detrita un augu-smilts biotopiem), Tumšupē un Korgē (augšpus un lejpus ritrāla posma). Paraugi tika ņemti no „drifta lamatām” visā diennakts laikā ar 3 stundu intervālu. Iegūtajos paraugos tika noteikts aļģu sugu sastāvs un to sastopamības biežums (h). Aļģu driftā tika konstatētas 38 sugas (33 sugas mikroskopiskas un 3 makroskopiskas aļģes), no kurām 4 cianobaktērijas (Cyanophyceae), 26 kramaļģes (Bacillariophyceae), 7 zaļāļģes (Chlorophyta) un 1 sārtaļģe (Rhodophyceae). Driftā dominē bentiskās un perifītiskās kramaļģes (96% gadījumos),

tikai ļoti reti – pavedienveidīgās perifītiskās zilaļģes *Oscillatoria* spp. Taču jāatzīmē, ka katrā no upēm driftā ir iesaistīts dažāds aļģu sugu daudzums: Strīķupē – 36 sugas, Tumšupē – 22 sugas, Korgē – tikai 12 sugas. Lielākoties gadījumos (86%) driftā dominēja *Melosira varians*, *Cocconeis* spp., *Navicula* spp., *Synedra* spp. Tika atrastas arī makroskopiskās perifītiskās aļģes: zaļaļģes *Mougeotia* sp. un *Rhizoclonium* sp., sārtaļģe *Chantransia* sp.

Visās pētītajās upēs maksimālais aļģu drifts konstatēts nakts laikā (00.00 līdz 04.00), kad driftā piedalās pavedienveidīgās un laiviņveidīgās kramaļģes, kuras atrodas uz upes gultnes nepiestiprinājušās un ārējo faktora ietekmē (zivis, dzīvnieki u.c.) nokļūst straumē. Nakts laikā konstatētas arī pavedienveidīgās cianobaktērijas *Oscillatoria* spp., kuras ir piestiprinājušās pie grunts virsējā slānīša, un kustīgajā ūdens masā var nokļūt ārējas fiziskas iedarbības rezultātā, kas šajā gadījumā varētu būt bebrī, lielākas zivis.

Veģētācijas sezonā driftā satopamas kramaļģes *Cocconeis* spp., kuras ir perifītiskas un galvenokārt epifītiskas dabas, kas liecina, ka tās ārējas darbības rezultātā ūdens masā ir nokļuvušas, notraucot tās no makrofītiem.

Konstatētas aļģu drifta atšķirības (augšpus ritrāla un lejpus ritrāla posmos): gan Tumšupē, gan arī Korgē lejpus ritrāla posmā masveidā atrastas pavedienveidīgās kramaļģes *Melosira varians*, kas liecina par straumes noskalošanās efekta nozīmi upju krācēs. Strīķupē novērotas atšķirības aļģu driftā „lejpus augu/smilts” biotopa un „lejpus detrīta” biotopa. Pirmajā gadījumā drifts ir ļoti nabadzīgs, savukārt otrajā gadījumā „lejpus detrīta” driftā dominē laiviņveidīgās kramaļģes *Navicula* spp., *Cocconeis* spp. un pavedienveidīgās zilaļģes *Oscillatoria tenuis*.

No pētījuma izriet, ka Latvijas apstākļos vidēja izmēra upēs driftā dominē bentiskās un perifītiskās kramaļģes, maksimālais aļģu drifts notiek naktī, upēs augstāk atrodošos biotopu raksturs ietekmē driftā nokļuvušo aļģu floras sastāvu.

Kopumā pētījumi liecina, ka dažādās ūdens vidēs ekosistēmas biotiskie komponenti dažādi reaģē uz klimata izmaiņām, kas jāņem vērā, izstrādājot optimālu monitoringa programmu, kas ir viens no svarīgākajiem vides kontroles instrumentiem LR.

Papildus dabisko ūdens ekosistēmu izpētei apkopotu un analizēti daudzgadīgi materiāli par Latvijas akvakultūras saimniecību ūdensapgādes tipiem, kultivējamo sugu ekoloģiskajām īpatnībām un ihtiopatoloģisko risku atkarībā no ūdens temperatūras svārstībām.

Latvijas akvakultūrā maksimāli pavairojamo un kultivējamo sugu saraksts ir visai plašs un ietver vairāk par 20 dažādām zivju un vēžu sugām, taču kopumā dominē ekoloģiski ar siltiem ūdeņiem saistītās sugas.

Apkopojot informāciju par Latvijas akvakultūras saimniecību atkarību no dabiskā hidroloģiskā režīma, iegūta sekojoša aina:

- 75 % ir dīķsaimniecības ar ūdens apgādi no dabiskiem virszemes ūdeņiem (upes, straute, ūdenskrātuves, ezera, karjera, atmosfēras nokrišņiem). Dažkārt zemienēs ierīkotie dīķi papildinās arī no gruntsūdens avotiem, taču tomēr paliek atkarīgi no ārējās temperatūras režīma. Dažās dīķsaimniecībās atsevišķi iecirkņi, piem., ikru inkubācijai un kāpuru paaudzēšanai, var būt arī baseinu tipa.
- 16 % ir baseinu saimniecības ar ūdens apgādi no dabiskajiem virszemes ūdeņiem;
- 9 % ir baseinu saimniecības, kas pilnīgi vai daļēji (atsevišķos iecirkņos) izmanto ūdens recirkulācijas sistēmas, tāpēc praktiski nav atkarīgas no mainīgajiem ārējās vides faktoriem.

Šādos apstākļos zivju audzēšanas temperatūras režīms ir pilnīgi atkarīgs no dabiskās vides faktoru sezonālās un daudzgadīgās dinamikas. Ūdens mākslīgo sildīšanu un termoregulāciju izmanto atsevišķās, vēl reti sastopamās ūdens recirkulācijas sistēmās, kurās ūdens tiek mehāniski un bioloģiski attīrīts, dezinficēts, apskābekļots un izmantots daudzkārtējā aprītē.

Latvijas akvakultūras saimniecības tieša atkarība no dabiskiem hidroloģiskajiem apstākļiem nosaka arī ihtiopatoloģisko situāciju. Apzināta zivju slimību kā dabisko populāciju skaita regulatora loma, kas nosaka saimnieciski izmantojamus resursus, kā arī ihtiofaunas bioloģisko daudzveidību. Akvakultūrā slimības ir vienas no galvenajām šīs nozares attīstību limitējošiem faktoriem. Ūdens temperatūras izmaiņu ietekmē mainās zivju fizioloģija, patogēno organismu virulence, to izplatība, dažādība, kā arī parazitā daudzums, izplatība un sugu dažādība. Datu apkopojums liecina, ka vairums zivju slimību ir cieši saistītas ar sezonālo ūdens temperatūru.

Latvijas akvakultūrā patogēno vīrusu, baktēriju un parazitā ierosināto praktiski sastopamo slimību skaits ir ap 20, no tām vairums (70%) uzliesmo samērā augstā ūdens temperatūrā (18-25 °C). Bīstamākās ir aeromonoze, kuru ierosina *Aeromonas* ģints baktērijas un miksobakterioze, kuru ierosina baktērija *Flexibacter columnaris*, kā arī vairākas invāziju (parazitā ierosinātās) slimības. Aeronomoze un miksobakterioze ir sevišķi bīstamas lašu zivīm un, plaši uzliesmojot zivju audzētavās, var kritiski skart arī dabiskās populācijas, kur parasti tās ir sastopamas maz aktīvā jeb fona līmenī. Paredzamās klimata izmaiņas, kas saistītas ar dabisko virszemes ūdeņu vidējās temperatūras paaugstināšanos, palielinās galveno akvakultūras objektu kultivēšanas ihtiopatoloģisko risku.

Pētījumi divās dažādās teritorijās un dažādos ūdensobjektos – Salacā Ziemeļvidzemes biosfēras rezervātā un Engures ezerā Engures dabas parkā, liecina, ka klimata izmaiņas ir reāli notiekošas, bet to ietekme uz ekosistēmu ir atšķirīga. Atkarībā no ekosistēmu īpatnībām tās atšķirīgi reaģē uz klimata izmaiņām, tāpēc, lai veiktu adaptācijas pasākumus, jāievēro, kas ir katras sistēmas jutīgie komponenti.

Jebkurā gadījumā jāseko vides stāvokļa izmaiņām, ņemot vērā, ka dažādi hidroekosistēmas komponenti ir dažādi pakļauti klimata izmaiņu ietekmei. Salacas gadījumā novērojamas izmaiņas pirmproducentu un ihtiofaunas līmenī, bet zoobentosa cenožu izmaiņas šobrīd nav būtiskas.

Salacas gadījumā jāņem vērā, ka samazinās skābekļa koncentrācija upē un palielinās upes aizaugums ar makrofītiem, īpaši straujtecēs, kur dominējoši attīstās virsūdens veģētācija. Tā kā notiek arī ūdeņu krāsainības palielināšanās, nākotnē iespējama iegremdēto ūdens augu samazināta attīstība. Tā kā ilgtermiņa pētījumi liecina, ka biogēno elementu koncentrācijas samazinās, aizaugšanas palielināšanās lielā mērā skaidrojama ar upes temperatūras un hidroloģiskā režīma izmaiņām. No tā izriet secinājums, ka, lai saglabātu lašveidīgo zivju nārsta vietas, ZVBR veiktās darbības upju atjaunošanai būs veicamas arī turpmāk. Otrs virziens ir saistīts ar ziemas noteces palielināšanos, tādēļ uzmanība pievēršama lauksaimniecības zemju apstrādei.

Attiecībā uz tūrismu un rekreāciju, tāpat arī zivsaimniecību un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu galvenās darbības saistāms ar dabiskā hidroloģiskā cikla uzturēšanu (mitrāju uzturēšana; infiltrācijas procesu nodrošināšana, pastāvīga veģētācija sateces baseinā, t.sk. kailciršu nepieļaušana utml.), eitrofikāciju ierobežojošiem pasākumiem - zemes lietojuma veida plānošana, aizsargjoslu uzturēšana, punktveida piesārņojuma samazināšana un kontrole.

Engures ezerā šobrīd klimata izmaiņu ietekme uz hidrobiontiem nav pilnībā apzināta, bet pētītie komponenti (fitoplanktons, zoobentoss) šobrīd neparāda ar klimata izmaiņām saistītas reakcijas. Līdz ar to turpināmas līdzšinējās darbības ezera apsaimniekošanā, ko veic Engures dabas parka

darbinieki, bet kopumā hidroekositēmas apsaimniekošanā vispārējie pamatprincipi, kas minēti Salacas gadījumā.

DP3c Klimata pārmaiņu ietekmes uz Salacas ihtiocenozēm (dabīgā laša u.c. ceļotājzivju populācijām) novērtējums, klimata izraisīto pārmaiņu ietekme uz zveju.

Attiecībā uz klimata maiņas ietekmi uz saldūdeņu ihtiofaunu, apkopoti dati un veidotas datu bāzes: Salacas laša un taimiņa smoltu (lašu mazuļu attīstības stadija, kad tie no upes dodas uz jūru) migrācija pa dienām laika periodā kopš 1964.g.; Salacas laša un taimiņa smoltu bioloģiskās analīzes. Datu bāzes, kas satur informāciju par laša un taimiņa resursu izmantošanu zvejā un maksšķerēšanā, un par šo resursu atražošanu, t.i., upju dabisko produkciju un audzētavās izaudzētajiem un dabīgos ūdeņos ielaistiem laša un taimiņa mazuļiem, tiek izmantotas Latvijas nacionālajam ziņojumam ICES WGBAST.

Apkopoti un analizēti dažādu iestāžu ihtioģisko pētījumu dati Burtnieku ezerā no 1947. gada līdz 2006. gadam un rūpnieciskās zvejas statistika no 1929. gada līdz 2008. gadam. Novērtētas ihtiocenozes struktūras izmaiņas no akmens laikmeta (arheoloģisko izrakumu dati) līdz mūsdienām. Analizēta dažādu zivju sugu augšanas no pagājušā gadsimta piecdesmitajiem gadiem līdz mūsdienām.

Ilglaicīgo Burtnieku ezera zvejas datu analīze liecina, ka ezera ihtiofaunas izmaiņas acīmredzot saistītas ar atbilstošām klimata izmaiņām. Domājams, ka akmens laikmetā, kad Burtnieku ezerā dzīvojis sams un salate, klimats bijis siltāks, jo abas šīs zivju sugas var uzskatīt par relatīvi siltummīlošām.

20. un 21. gs daļēju priekšstatu par Burtnieku ezera ihtiocenozi sniedz nozvejas statistikas dati un maksšķerēšanu lomā uzskaites rezultāti. Literatūrā atrodama informācija par zivju nozveju jau no 1929. gada. Ezerā ievākts salīdzinoši daudz ihtioģiskā materiāla, bet pētījumos piedalījušās vairākas savstarpēji nesaistītas iestādes, tieši salīdzināma informācija par Burtnieku ezera ihtiocenozes struktūru pieejama tikai no 1994. gada.

No 1994. gada līdz 2006. gadam mūsu veikto kontrolzveju rezultātā kopā konstatētas 17 zivju sugas: līdaka *Esox lucius*, plaudis *Abramis brama*, plicis *Blicca bjoerkna*, rauda *Rutilus rutilus*, rudulis *Scardinius erythrophthalmus*, līnis *Tinca tinca*, karūsa *Carassius carassius*, sudrabkarūsa, ālants *Leuciscus idus*, sapals *Leuciscus cephalus*, vīķe *Alburnus alburnus*, ausleja *Leucaspius delineatus*, zandarts *Lucioperca sandra*, asaris *Perca fluviatilis*, ķīsis *Gymnocephalus cernuus*, vēdzele *Lota lota* un akmeņgrauzis *Cobitis taenia*, kas pamatā veido Burtnieku ezera mūsdienu ihtiofaunu.

Te vēl var pieskaitīt karpu un zuti, kas sastopami zvejnieku un maksšķerēšanu lomā.

Spriežot pēc arheoloģisko izrakumu datiem akmens laikmetā (apmēram 8. – 6. gadu tūkstoši pirms mūsu ēras) Burtnieku ezera ihtiofauna ievērojami atšķīrusies no mūsdienām. Ezerā bijuši sastopami sami un salates, kas mūsdienās Salacas baseina ūdeņos vairs nav zināmi. Burtnieku ezerā veiksmīgi notikusi sīgu pavairošana, kuru nozveja gadā sasniegusi līdz 4.2 t. Tomēr kopumā ezers nav bijis piemērots sīgām, jo to dabiski atražojoša populācija nav izveidojusies un pēckara gados sīga vairs netiek konstatēta.

Zivju mākslīgā pavairošana Burtnieku ezerā nav paliekoši izmainījusi tā ihtiofaunas sastāvu. Zivju mākslīgas pavairošanas rezultātā Burtnieku ezerā parādījušās sudrabkarūsas un karpas, taču to dabiski atražojošu populāciju izveidošanās ezerā nav zināma. Zušu populācijas pastāvēšana

galvenokārt atkarīga no mākslīgas pavairošanas. Tā kā pēdējā zušu ielaišana notikusi 1988. gadā, tad nelieli zušu krājumi varētu vēl pastāvēt apmēram divus gadu desmitus.

Kopumā Burtnieku ezerā pat salīdzinoši īsā laikā no 1996. gada līdz 2006. gadam notikušas būtiskas ihtiocenozes izmaiņas

Burtnieku ezerā dažādos gados veiktajās kontrolzvejās tīklos ar linuma acu izmēru 8 – 12 mm zivju īpatsvars pēc skaita ir atšķirīgs (3.9.tab.), ko zināmā mērā nosaka kontrolzveju veikšanas termiņi.

3.9.tabula. Zivju īpatsvars pēc skaita (%) 8 – 18 mm tīklos Burtnieku ezerā dažādu gadu kontrolzvejās.*

Zivju suga	1994.	1996.	2001.	2006.
Līdaka	-	-	-	1
Plaudis	-	-	-	5
Plicis	16	7	4	43
Rauda	34	44	42	29
Rudulis	8	1	-	4
Līnis	-	-	-	1
Vīķe	19	2	1	12
Asaris	21	8	28	4
Ķīsis	2	38	25	-
Akmeņgrauzis	-	-	-	1

* – 1994. un 1996. gadā 8 mm tīkls netika izmantots

Pliču, raudu, ruduļu un asaru īpatsvaru vislabāk raksturo tīkli ar linuma acu izmēru 20 – 35 mm. Līdzīgi kā iepriekšējā tīklu grupā dominējošā suga ir plicis, kas dod 68% no zivju kopskaita (3.10.tabula).

3.10.tabula. Zivju īpatsvars pēc skaita (%) 20 – 35 mm tīklos dažādu gadu kontrolzvejās.

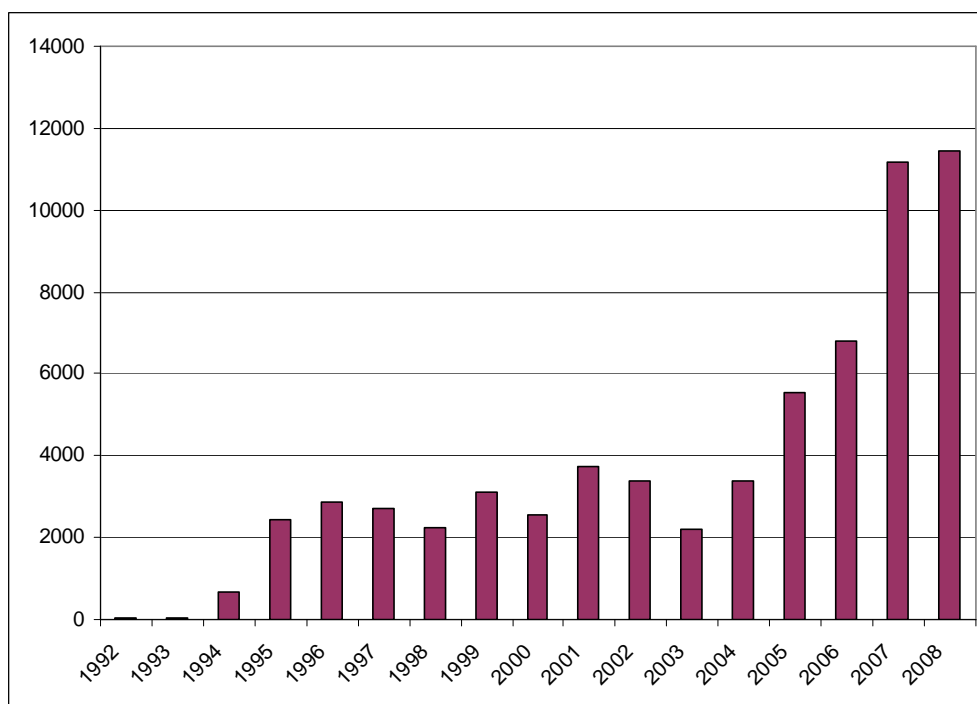
Zivju suga	1994.	1996.	2001.	2006.
Līdaka	-	<1	-	-
Plaudis	5	7	20	10
Plicis	20	6	24	68
Rauda	68	85	51	13
Rudulis	1	<1	-	4
Līnis	-	-	-	<1
Zandarts	-	<1	-	<1
Asaris	6	1	5	5
Ķīsis	-	1	-	-
Vēdzele	-	<1	-	-

Līdakas tīklos labāk ķeras sākot ar izmēru, kas atbilst tīklu grupai ar linuma acu izmēru 40 – 70 mm, ko daļēji arī parāda 3.11.tabula.

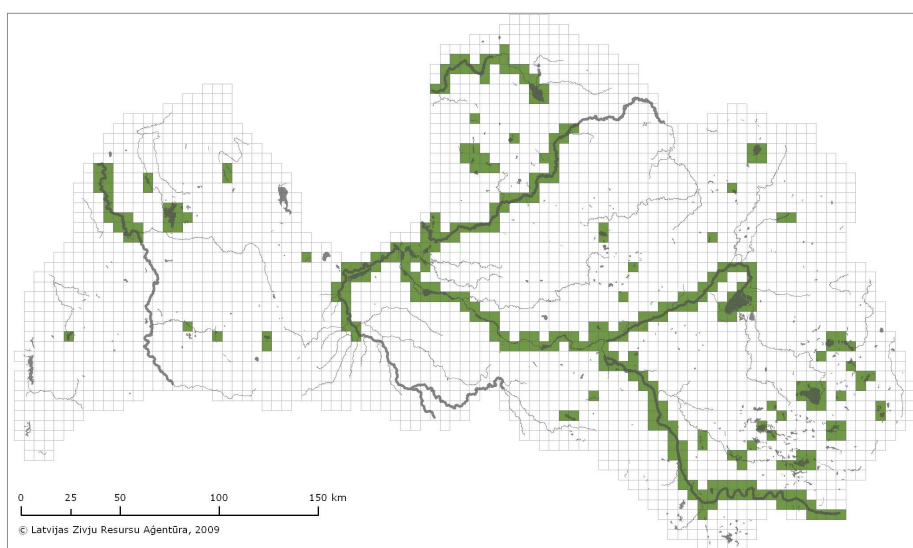
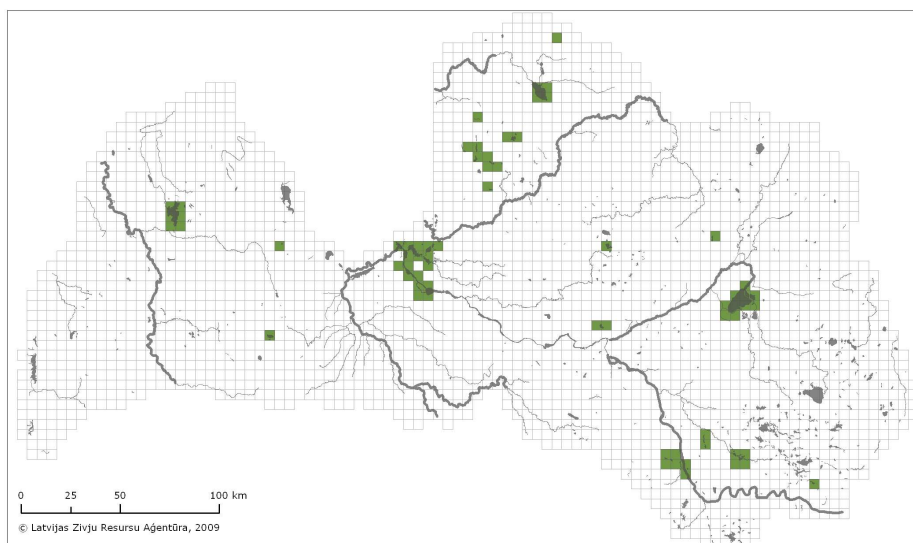
Kopumā mūsdienās, salīdzinot ar pagājušā gadsimta pirmo pusi, ievērojami pieaudzis plīču, līņu un zandartu daudzums. Vairāk arī plaužu un ruduļu, bet ievērojami mazāks kļuvis asaru īpatsvars. Zandarta populācija, kas piecdesmitajos gados bija samērā neliela, spriežot pēc nozvejas statistikas datiem, strauji pieaugusi 2007., 2008. gadā (3.48.attēls). Pēdējos gados Burtnieku ezerā acīmredzot raksturīgi ļoti efektīvi zandarta nārsti. Salacas lašu mazuļu (smoltu) uzskaites murdā 2007g. un 2008.g. maijā un jūnijā lielos apjomos noķerti no Burtnieku ezera lejupmigrējošo zandarta mazuļi, kas iepriekš novēroti nelielā daudzumā. Šajos gados tie konstatēti arī Salacas upē augustā, kas iepriekš netika novērots. Acīmredzot, pēdējos gados ir īpaši labvēlīgi apstākļi zandarta mazuļu izdzīvotībai, kas saistīts ar klimatiskajām izmaiņām. Zandarta izplatība, salīdzinot ar 20.gs. 50-jiem gadiem ievērojami pieaugusi visā Latvijas teritorijā (3.49. att.).

3.11.tabula. Zivju īpatsvars pēc skaita (%) 40 – 70 mm tīklos dažādu gadu kontrolzvejās

Zivju suga	1996.	2001.	2006.
Līdaka	4	10	1
Plaudis	34	21	66
Plicis	1	4	8
Rauda	45	55	1
Rudulis	8	-	2
Līnis	3	-	12
Karūsa	1	-	<1
Sudrabkarūsa	-	1	1
Ālants	1	-	-
Zandarts	1	-	7
Asaris	2	9	2



3.48.attēls. Zandarta nozveja (kg) Burtnieku ezerā no 1992. gada līdz 2008. gadam.



3.49. attēls. Zandarta izplatība Latvijā 20.gs 50-ajos gados (A) un mūsdienās (B)

Runājot par iekšzemes ūdeņu zivīm kopumā, tiek prognozēts: tuvāko 50 – 70 gadu laikā sagaidāms, ka būtiski mainīsies ihtiocenožu sastāvs, samazinoties aukstūdens zivju daudzumam un pieaugot siltūdens zivju skaitam. Latvijā atsevišķi novērojumi liecina, ka būtiskas izmaiņas zivju krājumu struktūrā jau notiek: novērojama tādu siltūdens zivju sugu izplatības un īpatņu skaita pieaugums kā karūsa, sudrabkarūsa, zandarts un ausleja. Samazinās aukstummīlošo sugu repša un

sīgas populācijas. Vasarām kļūstot siltākām, novērojama to masveida bojāeja arī ezeros, kuros nav vērojams skābekļa deficīts. Novērojams agrāks zivju nārsts, mainās zivju migrāciju laiks un intensitāte: Salacā konstatēts, ka laša un taimiņa smoltu migrācija no upes uz jūru sākot ar 90iem norisinās vidēji 5 - 7 dienas agrāk, kā laika periodā no 1964.- 1990.g.. Mainījusies arī pieaugušo lašu nārsta migrācija, lielākā daļa lašu uz nārstu upē ienāk tikai oktobrī, bet vēl 20.gs. 60- 80 os gados laša migrācija uz nārstu noritēja divos posmos: jūnijā- jūlijā un septembrī - oktobrī. Lielākās izmaiņas skar Salacas baseina vismazākās upes, kas atsevišķās vasarās pilnībā izžūst vai sadalās atsevišķās lāmās, tādējādi samazinot strauta foreles, taimiņa un nēģa izplatību un produkciju. Novērojama Salacas straujteču posmu pastiprināta aizaugšana, līdz ar to dati liecina, ka upē kopumā pieaug fitofilo sugu skats, bet samazinās litofilā aukstūdens sugas platgalves *Cottus gobio* izplatība.

3.4. Pētījumu zinātniskā novitāte

Valsts pētījuma programmas “Klimata maiņas ietekme uz Latvijas ūdeņu vidi” projekta “Klimata maiņas ietekme uz iekšējo ūdeņu ekosistēmām un bioloģisko daudzveidību” ietvaros Latvijā pirmo reizi:

- sagatavotas klimatisko, hidroķīmisko un hidrobioloģisko, t.sk. ihtioloģisko datu rindas, kas parāda ilgtermiņa attīstības tendences Latvijas iekšzemes ūdeņu vidē;
- noteikti klimata pārmaiņu indikatori Latvijas virszemes saldūdeņiem, kas ietver klimatiskos, hidroķīmiskos un bioloģiskos – strukturālos un funkcionālos rādītājus un sugu bioģeogrāfiskās izmaiņas;
- veikti iekšzemes ūdeņu organiskā oglekļa plūsmas pētījumi, kam ir būtiska loma ūdens vidē notiekošajos procesos;
- veikti aļģu un bezmugurkaulnieku drifta pētījumi, kas ir svarīgi saistībā ar zivju barošanas un iespējamām izmaiņām barības ķēdē.
- veikta Salacas baseina un Burtnieku ezera ihtiocenožu sastāva un struktūras izmaiņu analīze saistībā ar klimata maiņas apstākļos.

3.5. Pētījumu nozīme tautsaimniecībā

Šobrīd Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2000/60/EK, LR Ūdens apsaimniekošanas likums un no tā izrietošie MK noteikumi) akcentē nepieciešamību visā Eiropā līdz 2015.g. panākt labu ūdeņu kvalitāti, kuras novērtējums balstās uz ūdeņu bioloģiskās kvalitātes elementiem, bet šajos dokumentos nav ņemta vērā viena no prioritārajām mūsdienu vides problēmām – klimata maiņa. Mūsu pētījums pirmo reizi Latvijā ietver klimata maiņas ietekmes novērtējumu uz virszemes saldūdeņu dzīvās un nedzīvās dabas komponentiem.

Veikta ūdeņu ķīmiskā sastāva ilgtermiņa mainības analīze, kas ļauj spriest par ūdeņu kvalitātes izmaiņām saistībā ar vidē notiekošajiem procesiem. Būtiska ietekme uz virszemes ūdeņiem sagaidāma sakarā ar organisko vielu saturu raksturojošo parametru - ūdens krāsainības un ķīmiskā skābekļa patēriņa vērtību pieauguma tendenci. Rezultāti liecina, ka organisko vielu plūsmu maiņa līdz ar citām vides izmaiņām (temperatūra, pH, biogēnie elementi) ir būtiski saistīta ar pirmproducentu attīstību. Ziemām kļūstot siltākām un palielinoties maksimālo atmosfēras nokrišņu summām, pieaug virszemes notece, izraisot izmaiņas virszemes ūdeņu ķīmiskajā sastāvā

un attiecīgi izmainot hidroekosistēmu funkcionēšanu. Latvijas ūdensobjektu kvalitātes nodrošināšanai kļūst būtiski jautājumi par ķīmisko elementu izskalošanās samazināšanu tieši ziemas periodā.

Prognozējams, ka Salacā konstatētā ilgtermiņa skābekļa samazināšanās upēs, kas ir būtiska vasaras mazūdens periodā, nākotnē var ietekmēt upju pašattīrīšanās procesus un samazināt virszemes ūdeņu kvalitāti kopumā.

Rezultāti liecina, ka virszemes saldūdeņos notiek sugu sastāva un cenožu struktūras izmaiņas, kas tieši vai pastarpināti liecina par klimata izmaiņu ietekmi. Tautsaimnieciski īpaši nozīmīgas ir tādas parādības kā pastiprināta ūdeņu aizaugšana un aļģu, t.sk. toksisko cianobaktēriju, biomasas pieaugums, palielinoties temperatūrai, samazinoties ledstāves laikam un pagarinoties veģetācijas perioda ilgumam. Tas no ietekmēs ūdeņu rekreatīvo vērtību – peldēšanās, ūdenstūrisma un makšķerēšanas iespējas var samazināties. No tā izriet secinājums, ka turpmāk pastiprināta vērība jāpievērš aizsargjoslu un buferzonu izveidei un apsaimniekošanai, lai iespēju robežās samazinātu slodzes uz ūdensobjektiem.

Īpaši svarīgas būs sagaidāmās ihtiofaunas strukturālās un funkcionālās izmaiņas, kas būtiski skars Latvijas zivju resursus. Veiktie pētījumi par izmaiņām iekšējo ūdeņu ihtiocenozēs, zivju izplatībā un sastopamībā, migrācijās un augšanā ļauj prognozēt klimata maiņas ietekmi uz zivju resursiem kopumā un ar to izmantošanu saistītajām nozarēm - zveju, makšķerēšanu un akvakultūru. Sagaidāms, ka tuvāko 50 – 70 gadu laikā būtiski mainīsies ihtiocenožu sastāvs, samazinoties aukstūdens zivju daudzumam un pieaugot siltūdens zivju skaitam. Līdz ar temperatūras un caurplūduma izmaiņām var tikt ietekmēta lašveidīgo zivju barības bāze. Primāra nozīme lašveidīgo zivju nārsta vietu saglabāšanā būs upju atjaunošanas pasākumiem, kas jāņem vērā nacionālajā vides politikā.

Tā kā Latvijā akvakultūras zivju audzēšanas temperatūras režīms ir vislielākajā mērā atkarīgs no dabiskās vides faktoru sezonālās un daudzgadīgās dinamikas, prognozējams, ka ūdeņu vidējās temperatūras paaugstināšanās palielinās galveno akvakultūras objektu kultivēšanas ihtopatoloģisko risku.

Ilgtermiņa klimatisko, hidroķīmisko un hidrobioloģisko pētījumu rezultātā definēti klimata maiņas strukturālie un funkcionālie indikatori, kā arī pašreizējo iespēju robežās novērtēta klimata maiņas ietekmi uz virszemes ūdeņu bioloģisko daudzveidību, kas ir būtiski ūdens kvalitātes ilgtspējīguma nodrošināšanā. Ilgtermiņa pētījumi Salacā liecina, ka, salīdzinot ar planktiskajām cenzēm, stabilākas pret klimata izmaiņām ir bentiskās cenozes. Šīs īpatnības jāņem vērā, izstrādājot ūdeņu monitoringa programmu, kas ir viens no svarīgākajiem vides kontroles instrumentiem LR.

3.6. DP3 ieguldījums nozaru kapacitātes attīstībā

Pētījumu rezultātā tika integrēti klimatiskie, hidroķīmiskie un bioloģiskie dati, radot izpratni par iekšzemes ūdens vidē notiekošajiem procesiem un veicinot sadarbību starp dažādās nozarēs strādājošiem zinātniekiem un vides zinātnes un bioloģijas nozaru attīstību. Projekta laikā iegūtas jaunas zināšanas, saistībā ar pētījuma tēmu izstrādātas un aizstāvētas divas disertācijas:

Kokorīte I. (2007) Latvijas virszemes ūdeņu ķīmiskais sastāvs un to ietekmējošie faktori. Promocijas darbs. Rīga:LU

Eglīte L. (2007) Humusvielas, to mijiedarbība ar augsni veidojošiem komponentiem un humusvielu imobilizācija. Rīga: LU

Projekta rezultāti tiek izmantoti M.sc. A. Skujas (Maksteņu Trichoptera sugu sabiedrību ekoloģija Latvijas mazajās upēs), L. Grīnbergas (Makrofitu izplatība un to ietekmējošie vides faktori vidēji lielās upēs Latvijā), un D. Ozoliņa (Viendienīšu ekoloģiskās funkcijas antropogēni mazietekmētās vidēja lieluma upēs) doktora darbu izstrādē.

Projekta rezultāti izmantoti, iekļaujot pētījumu rezultātus vairākos Latvijas Universitātes lekciju kursu (Meteoroloģija un klimatoloģija, Klimata un ūdeņu ģeogrāfija, Ūdens resursi un to ietekmējošie faktori, Ūdenstilpju ekoloģija, Ūdensapgāde un notekūdeņu attīrīšana, Hidrobioloģija, Limnoloģija) izstrādē LU Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultātē (A. Briede, G. Sprinģe) un Bioloģijas fakultātē (I. Druvietis), kā arī vadot atsevišķas praktiskās un teorētiskās nodarbības par hidrobioloģijas tēmām (E. Parele, A. Skuja, L.Grīnberga, D. Ozoliņš) LU Bioloģijas un Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāšu studentiem dažādu kursu ietvaros.

Vadītas daudzu kursa, bakalaura un maģistra darbu izstrādes (A. Briede, I. Druvietis, E. Parele, G. Sprinģe, L. Grīnberga, I. Kokorīte, L. Eglīte, J. Šīre).

Projekta rezultāti atspoguļoti publikācijās, par tiem ziņots masu mēdijos, dažāda līmeņa konferencēs, tai skaitā arī saistītās ar vides izglītību (G. Sprinģe, D. Ozoliņš, A. Skuja, L.Grīnberga: Environmental science and education in Latvia and Europe: Education and science for climate change mitigation, October 23 2009, Riga).

Projekta dalībnieki piedalījušies rekomendāciju izstrādē vides likumdošanā, dalība lēmumu pieņemšanas procesā un tā izstrādē saistībā ar pētījuma tēmu (J. Birzaks, Ē. Aleksejevs, A. Mitāns).

3.7. DP ieguldījums VPP rezultātu popularizēšanā.

Par DP3 pētījumu gaitu un rezultātiem sniegta intervija presē, radio un televīzijā (A. Briede, J. Birzaks, I.Druvietis, G. Sprinģe) – kopā 23 ziņu materiālos, DP3 dalībnieki (A. Briede) piedalījušies mācību grāmatas „Klimata mainība un globālā sasilšana” veidošanā, brošūras „Klimata mainība Latvijā: aktualitātes un piemērošanās pasākumi (2010, atb.red. K. Āboliņa), VPP norises laikā dalībnieki DP3dalībnieki piedalījušies ar vides likumdošanu saistītu jautājumu risināšanā un lēmumu pieņemšanas procesā.

Rezultāti iekļauti mācību materiālos vairākosursos Latvijas Universitātē (G. Sprinģe, A. Briede, I. Druvietis, J.Šīre).

Projekta vadītāja: G.Sprinģe



Darba pakete Nr.4: KRASTA PROCESI

4.1. Darba paketes mērķis un uzdevumi.

Mērķis

Pētīt krasta izmaiņu raksturu un prognozēt klimata mainības iespējamās ietekmes uz jūras krasta procesu dinamiku un ekosistēmām Baltijas jūras teritoriālajos ūdeņos, lai sekmētu jūras vides kvalitātes un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu, jūras un piekrastes resursu un pakalpojumu ilgtspējīgu izmantošanu.

Uzdevumi:

1. Sistematizēt publikācijas, fondu vēsturiskos datus, vēsturisko kartogrāfisko un batimetrisko materiālu par jūras krasta joslas un ģeoloģisko procesu izmaiņām (krasta procesu vēsture, ostu ietekme).
2. Krasta joslas apsekošana:
 - a. Erozijas iecirkņu kartēšana (tajā skaitā ārpus krasta procesu pētīšanas stacionāriem);
 - b. Mākslīgi nostiprināto krasta iecirkņu kartēšana un krasta nostiprinājumu stāvokļa, atbilstības un funkcionalitātes (darbības efektivitātes) novērtēšana;
 - c. Krasta atkāpšanās riska zonā esošo apdraudēto ēku, infrastruktūras objektu, kultūrvēsturisko objektu un ĪADT uzskaitē un kartēšana;
 - d. Pludmales un priekšskāpu izplatības kartēšana, nosakot to tipu un novērtējot stāvokli.
3. Atkārtoti (reizi gadā) veikt mērījumus krasta procesu pētīšanas stacionāros, nosakot krasta nogāzes subaerālajā daļā notikušās sanešu apjoma izmaiņas, pamatkrasta atkāpšanos un eolā reljefa attīstību.
4. Izstrādāt Latvijas apstākļiem pielāgotu vērtēšanas skalu pēc ES „EROSION” projekta rekomendācijām ieteiktās indikatoru metodikas un pielietot Latvijas piekrastes pagastu krasta joslas riska kartēšanā.
5. ĢIS vidē izstrādāt jūras krasta procesu pārskata kartes (datu slāņus):
 - a. Dominējošie krasta procesi pēclitorīnā;
 - b. Erozijas un akumulācijas zonu izplatība un to izmaiņas 20. gs.;
 - c. Krasta līnijas pārvietošanās (erozija un akumulācija) 20. gs. un 21. gs. sākumā;
 - d. Krasta nogāzes subaerālās daļas ģeoloģiskā uzbūve;
 - e. Ekstremālu vētru ietekme;

- f. Vējuzplūdu līmeņi;
 - g. Pludmaļu tipu izplatība;
 - h. Priekškāpu tipu izplatība un stāvoklis;
 - i. Krasta aizsargbūves (preterozijas pasākumi);
 - j. Jūras krasta erozijas risku noteicošie lokālie apstākļi;
 - k. Krasta atkāpšanās prognoze 2023. un 2058. gadam.
6. Krasta atkāpšanās riska joslas ĢIS datu slāņa sagatavošana teritoriju plānošanas vajadzībām atbilstošā mērogā un detalizācijā.
 7. Krasta erozijas apdraudējuma novērtējums piekrastes pašvaldībām un rekomendācijas teritorijas apsaimniekošanai un aizsardzībai turpmākajiem 15 un 50 gadiem.
 8. Rekomendāciju sagatavošana piekrastes nacionālā plānojuma (2007.-2013. g.) starpministriju darba grupai un ekspertu grupai darbam pie "Par piemērošanos (adaptāciju) klimata maiņai", lai izvērtētu adaptācijas jautājumu iekļaušanu politikas plānošanas dokumentos un normatīvajos aktos.

4.2. Pētījumā iesaistītais personāls

- 1) G., Eberhards., dr. hab. geogr., darba paketes vadītājs (2006-2009) LU ĢZFF;
- 2) L., Kalniņa., dr. geogr, darba paketes vadītājs (2009) LU ĢZFF;
- 3) J., Lapinskis., mag. Env.sc., pētnieks (2006-2009) LU ĢZFF;
- 4) I., Purgalis., mag. Env.sc., pētnieks (2006-2009) LU ĢZFF;
- 5) B., Saltupe., mag. geogr., pētnieks (2006-2007) LU ĢZFF;
- 6) I., Grīne., dr. geogr., pētnieks (2006-2007) LU ĢZFF.

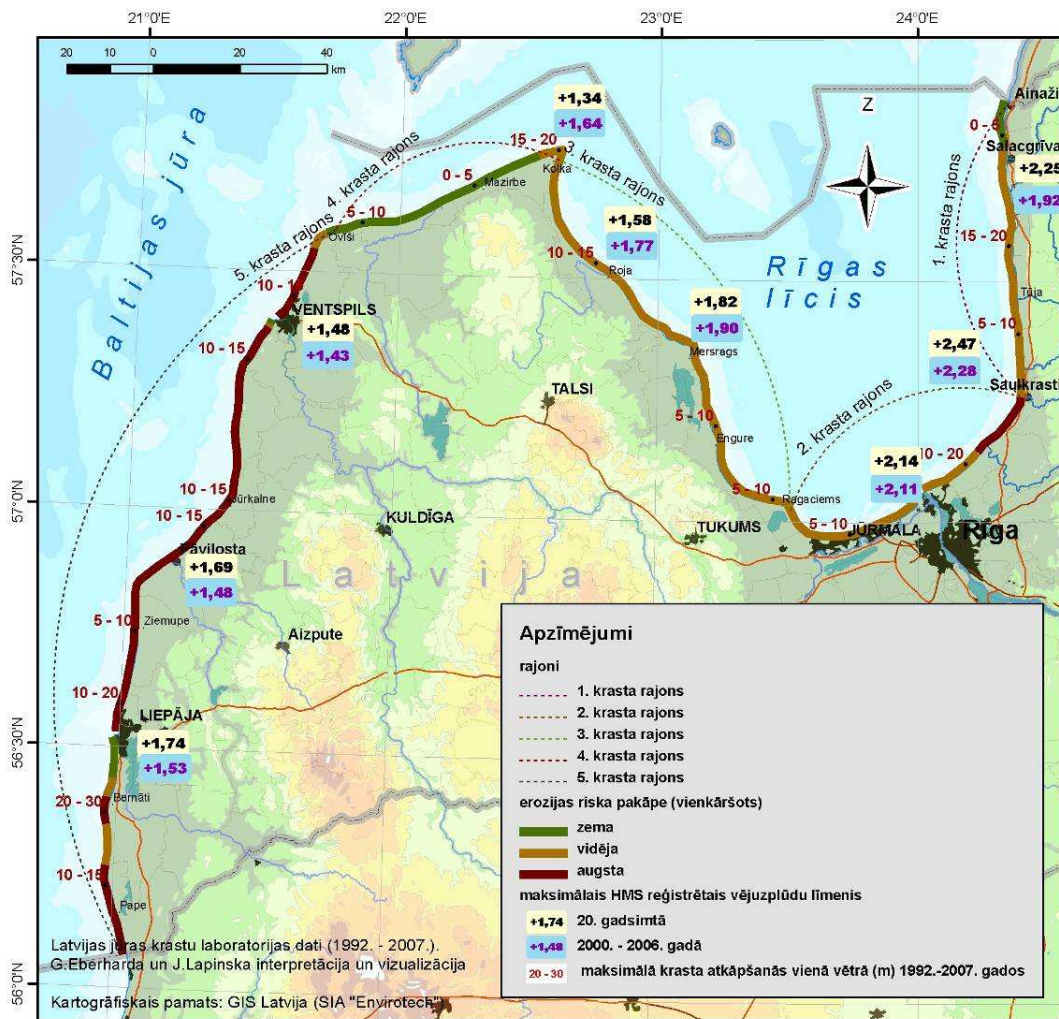
4.3. Pētījumu zinātniskie rezultāti un novitāte

Balstoties uz zinātnisko publikāciju, fondu materiālu, vēsturiskā kartogrāfiskā un aerofoto materiāla, kā arī Latvijas jūras krastu ģeoloģisko procesu monitoringa datiem (kopumā 350 stacionārie nivelēšanas profili un aptuveni 2000 krants atkāpšanās mērījumu līnijas), noteiktas galvenās mūsdienu Baltijas jūras un Rīgas līča krastu attīstības tendences (4.1. att.).



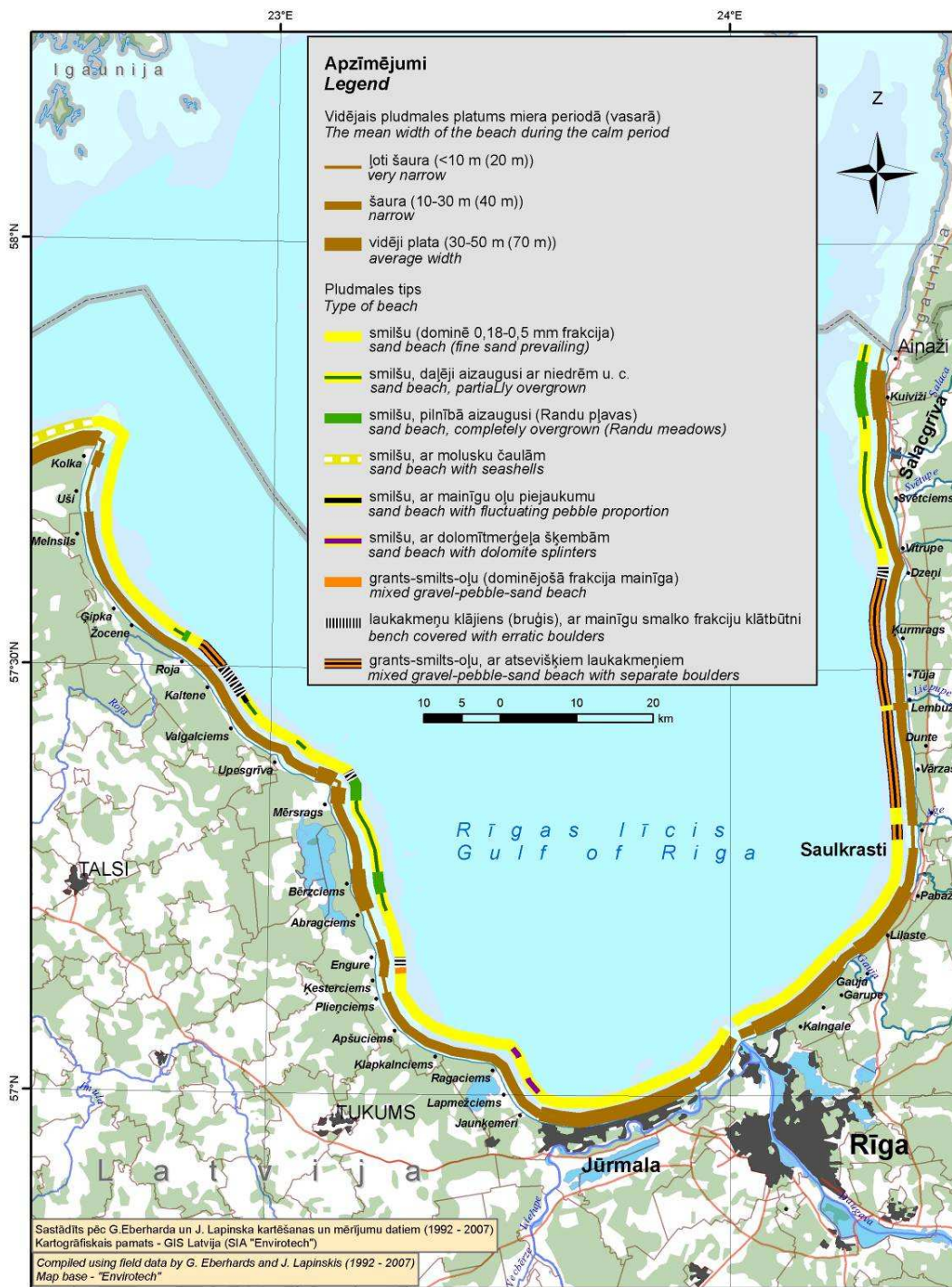
4.1.attēls. Rīgas līča krasta izmaiņas (1935-1990) (kartes fragments).

Izstrādāta un Latvijas jūras krasta zonas erozijas un plūdu riska novērtēšanai pielietota Latvijas apstākļiem pielāgota vērtēšanas skala pēc ES „EUROSION” projekta rekomendācijās ieteiktās indikatoru metodikas. Rezultātā, ņemot vērā krasta līnijas ekspozīciju pret raksturīgākajiem vēja virzieniem vētru laikā, krastā pienākošo viļņu parametrus, kā arī krasta ģeoloģisko uzbūvi un krasta nogāzi veidojošo reljefa formu morfometriju, Latvijas krasta josla sadalīta piecos rajonos ar atšķirīgu erozijas riska līmeni (4.2. att.) Noteikti eroziju ierobežojošie un veicinošie faktori.



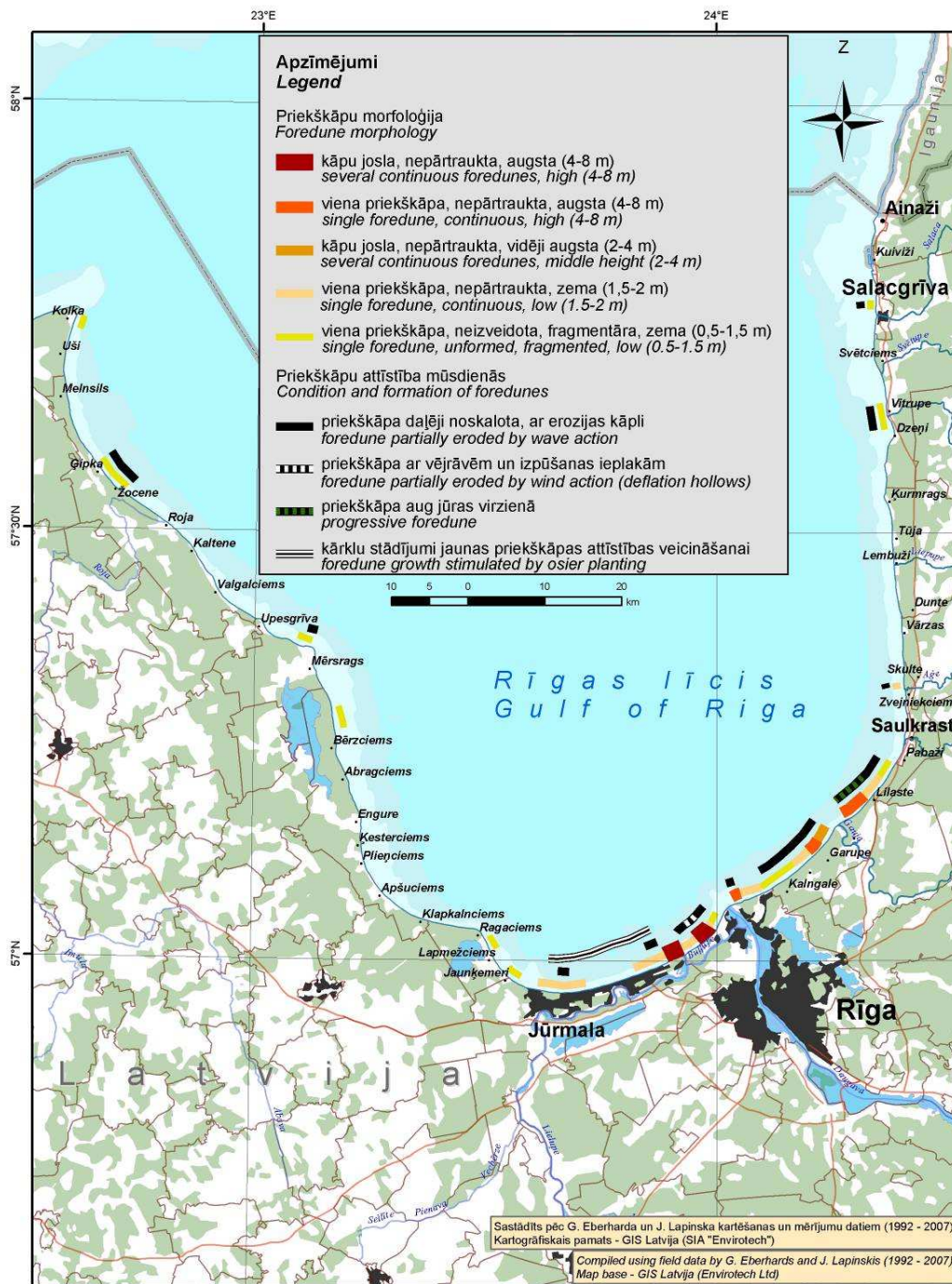
4.2.attēls Latvijas jūras krasta erozijas risku noteicošie lokālie apstākļi.

Sastādītas atklātās Baltijas jūras un Rīgas līča krasta pludmaļu tipu izplatības pārskata kartes, kas sniedz papildus informāciju par krasta procesiem un krasta stāvokli kopumā, kā arī par to piemērotību izmantošanai rekreācijā (4.3. att.).



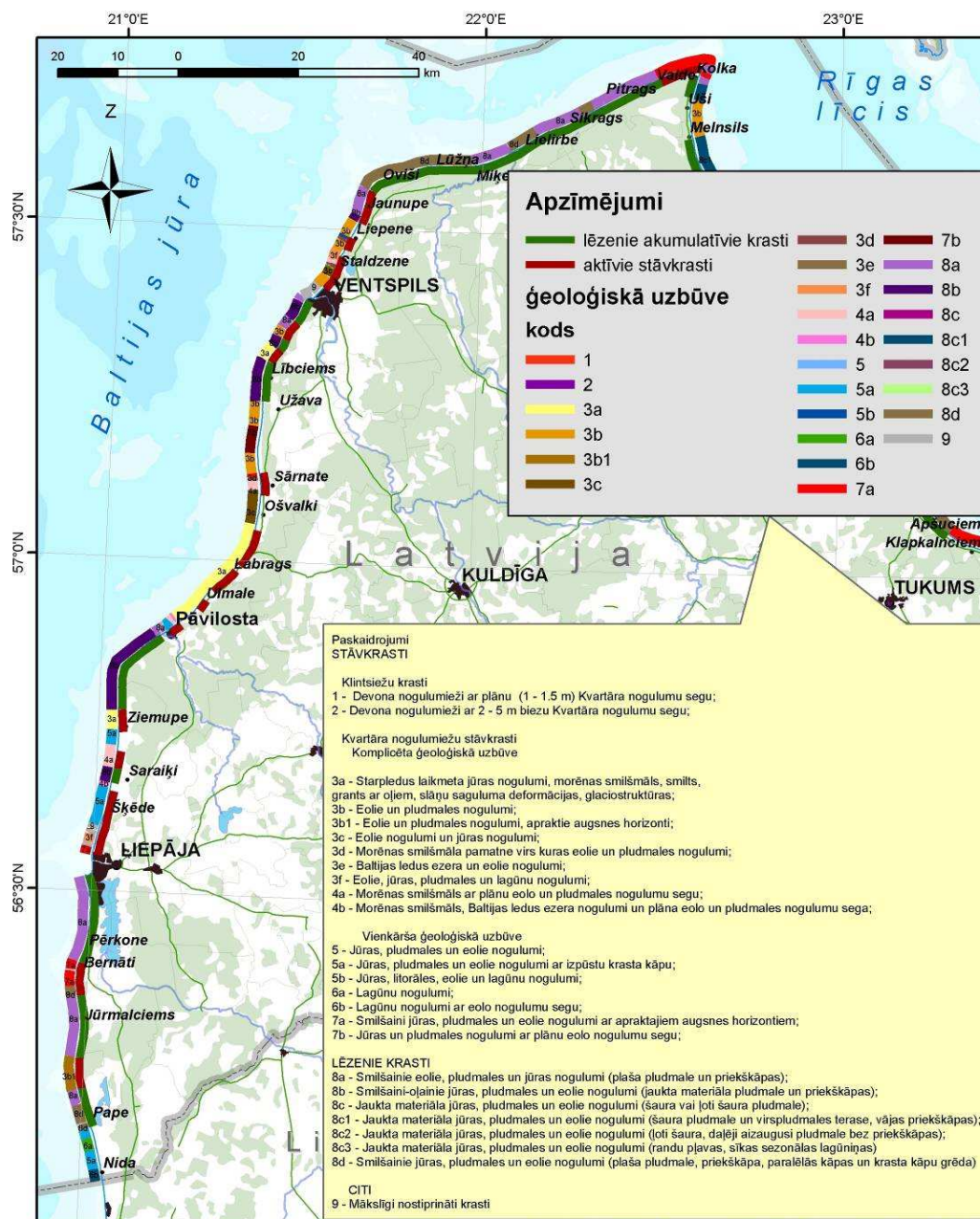
4.3. attēls Rīgas līča piekrastes pludmales (kartes fragments).

Izmantojot pēdējo piecu gadu Latvijas jūras krasta joslas regulāras apsekošanas, kartēšanas un ilggadējo (10-15 gadi) instrumentālo mērījumu datus Jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa stacijās, veikta priekškāpu tipu, to mainības un izplatības kartēšana (4.4. att.).



4.4.attēls. Priekškāpu izplatība un morfoloģija Rīgas līča piekrastē (kartes fragments).

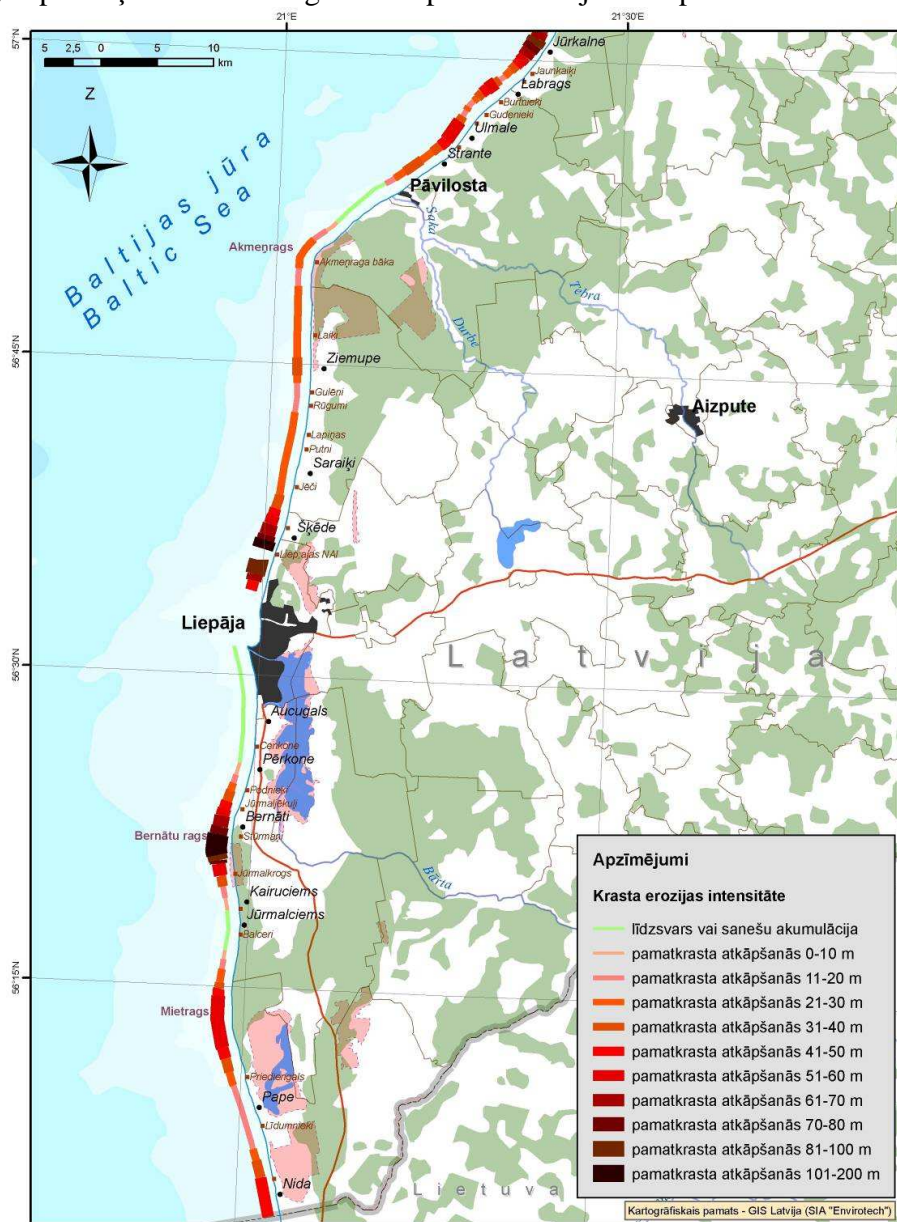
Pamatojoties uz vairākkārtējas krasta joslas apsekošanas, krasta atsegumu izpēti, ģeoloģiskās urbšanas un kartēšanas materiāliem, Baltijas jūras un Rīgas līča krasti iedalīti pēc to ģeoloģiskās uzbūves (4.5. att.).



4.5.attēls. Baltijas jūras Kurzemes krasta ģeoloģiskā uzbūve (krasta tipi).

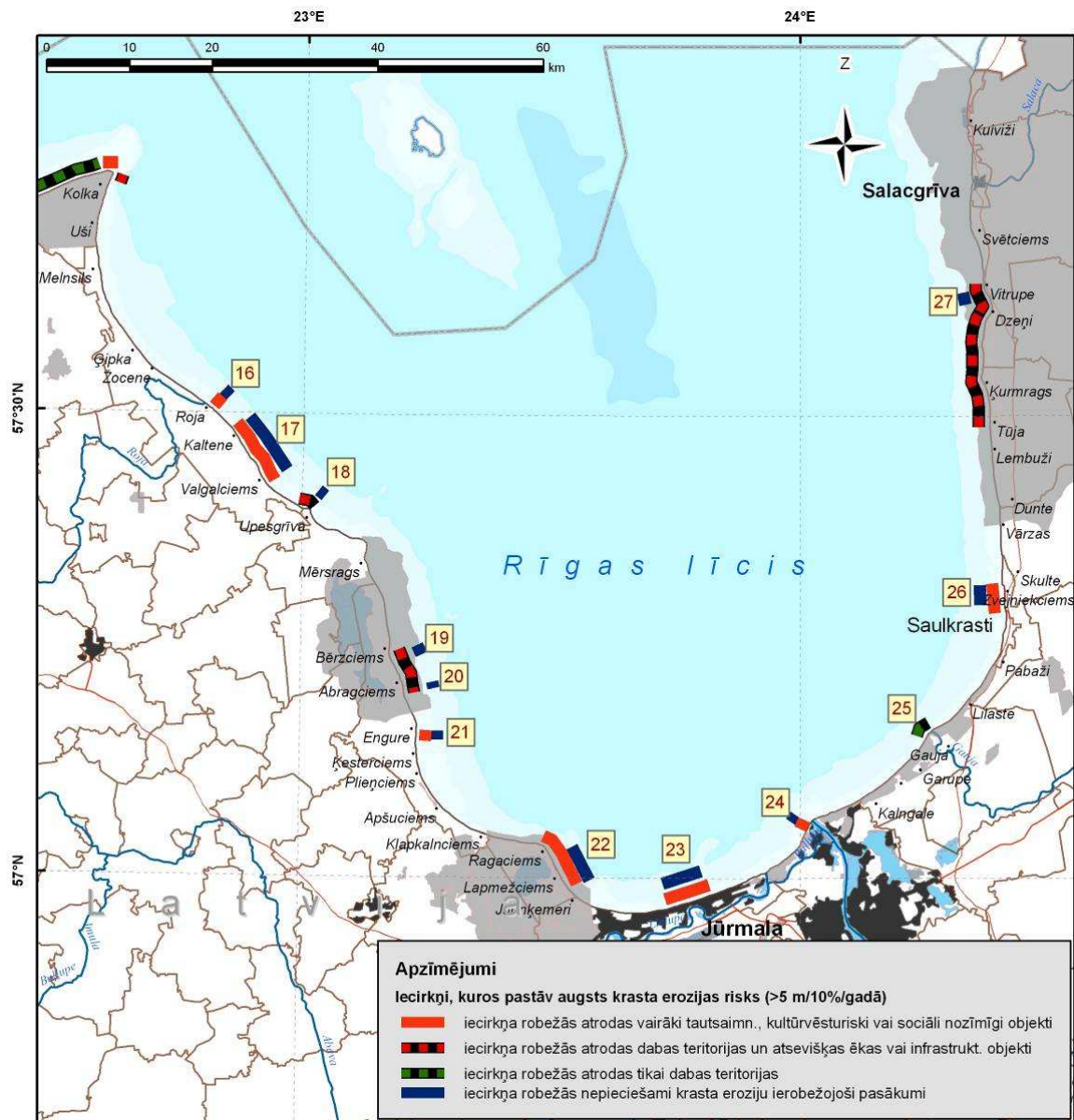
Izmantojot datus par Latvijas jūras krasta eroziju pagājušā gadsimtā un pēdējo 15 gadu laikā, ņemot vērā šo procesu attīstības tendences un intensitāti telpā un laikā, krasta ekspozīciju, tā mainīgo ģeoloģisko uzbūvi un jutīgumu pret eroziju vētrās pie atšķirīga vēju režīma un vējuzplūdu ūdenslīmeņiem u.c. faktoros, ņemot vērā lokālo faktoru nozīmi 5 atšķirīgos krasta rajonos, kā arī ņemot vērā pētījumu rezultātus par sagaidāmajām izmaiņām jūras krasta procesus ietekmējošajos hidrometeoroloģiskajos vides parametros (vidējais jūras ūdenslīmenis, gaisa temperatūra ziemas mēnešos un vēja režīms), izstrādātas Latvijas jūras krasta erozijas (noskalošanas) prognozes turpmākajiem 15 un 50 gadiem (4.6. att.). Prognozes izstrādātas balstoties uz nosacījumu, ka prognozētajā laika posmā netiks izbūvēti nepieciešamie krasta nostiprinājumi pret noskalošanu

vētrās un turpināsies ostu darbības nodrošināšanai no kuģu ceļu kanāliem un ostu akvatorijas izsmelto tīro, nepiesārņoto smilšaino grunšu deponēšana tāljūras deponēšanas vietās.



4.6. attēls. Jūras krasta atkāpšanās prognoze 50 gadiem (līdz 2058-60.gadam) (kartes fragments).

Izdalītas īpaši augstam krasta erozijas riskam pakļautās teritorijas un atbilstoši katra konkrētā objekta specifikai izvērtēti iespējamie risinājumi. Izstrādātas rekomendācijas iespējamajiem preterozijas pasākumiem, ņemot vērā to iespējamās negatīvās ietekmes un lietderību (4.7. att., tabula)



4.7. attēls. Krasta iecirkņi Rīgas līča piekrastē ar augstu krasta erozijas risku ar tajos veicamo preterozijas un pretplūdu pasākumu veida un nepieciešamības izvērtējumu (skat. tab.).

Tabula. Jūras krasta iecirkņi ar augstu erozijas risku (>5m/15%/gadā Baltijas jūras piekrastē un >5m/10%/gadā Rīgas līča piekrastē)

Nr.	Iecirkņa nosaukums	Aptuvenais iecirkņa garums (m)	Erozijas risks (gadā)	Krasta erozijas riskam līdz 2058. gadam pakļautie nozīmīgākie objekti	Ieteicamais rīcības modelis (kods)
1.	Nida	5500	5m/20%	6 dzīvojamās un vasaras viengimeņu mājas	A
2.	Mietrags	5500	5m/25%	Dabas teritorijas	A
3.	Bernāti	3000	15m/25%	ĪADT, viensēta	A
4.	Liepājas ziemeļi-Šķēde	7000	10m/25% > 5m/15% (risks iecirknī samazinās virzienā uz ziemeļiem)	Liepājas NAI, II Pasaules kara upuru kapi un memoriāls, VES parks, Liepājas Forti, uc.	C (>2000 m)
5.	Ziemupe	800	5m/15%	Ziemupes vecie kapi	AB
6.	Akmeņrags	800	5m/15%	Akmeņraga bākas kompleksa ēkas, mobilo sakaru tornis	C1B (300 m)
7.	Pāvilostas ziemeļi	500	5m/20%	Pilsētas dzīvojamā apbūve (7 viengimeņu mājas)	CB (500 m); D
8.	Labraga ielīcis	19000	10m/30% > 5m/15% (risks mazāks iecirkņa dienvidu daļā)	Kultūrvēsturiski objekti, vietējas nozīmes ceļi, komunālā infrastruktūra, 2 viensētas, >5 vasaras mājas	A
9.	Sārnate	1000	5m/15%	Dabas teritorijas, 5 viensētas	A
10.	Užava	4000	5m/15%	ĪADT	A
11.	Melnrags (Lībciems-Grigaļciems)	7000	10m/30% > 5m/15% (risks mazāks iecirkņa vidusdaļā)	Dabas teritorijas	A
12.	Ventspils ziemeļi-Liepene	11000	10m/25% > 5m/15% (iecirķņa robežās risks ļoti mainīgs)	Elektropārvades līnija, komunālie objekti, 2 viensētas, dabas teritorijas (Ventspils Naftas Termināls, Staldzenes centrālā daļa, kā arī vairāki desmiti viensētu un nedzīvojamo ēku riska joslā nonāks pēc 50-60 gadiem)	D; un/vai C (3000 m)
13.	Ovīšu rags	1000	5m/20%	ĪADT	A
14.	Vaide-Kolka	5000	5m/15%	ĪADT, Latvijas Armijas infrastruktūras objekti	AB
15.	Kolkas raga virsotne	1000	5m/25%	Kultūrvēsturiski objekti, dabas teritorijas (2-5 viensētas erozijas riska joslā nonākas pēc 50-60	A

				gadiem)	
16.	Rojas dienvidi	1000	5m/15%	7 dzīvojamās un nedzīvojamās apbūves objekti, komunālie objekti (pēc 50-70 gadiem riska joslā nonāks >20 ēkas)	D; un/vai C1 (600 m)
17.	Kaltene-Valgalciems	7000	maksimums 5m/10% (iecirķņa robežās risks ļoti mainīgs)	>26 dzīvojamās un nedzīvojamās apbūves objekti, komunālie objekti, dabas teritorijas	C1 (īsi iecirkņi ar kopējo garumu ~3000 m)
18.	Upesgrīva	1000	5m/10%	8 dzīvojamās un nedzīvojamās apbūves objekti	C1
19.	Bērziems	1000	5m/10%	10 dzīvojamās un nedzīvojamās apbūves objekti, vietējas nozīmes ceļš	C1 (800 m)
20.	Abragciems	1000	5m/15%	8 dzīvojamās un nedzīvojamās apbūves objekti, vietējas nozīmes ceļš	C1 (~300 m) un AB
21.	Engures dienvidi	1000	5m/10%	Engures vecie kapi, 10-12 dzīvojamās un nedzīvojamās apbūves objekti (pēc 50-70 gadiem riska joslā nonāks >20 ēkas)	D; un/vai C1 (700 m)
22.	Bigauņciems-Lapmežciems	7000 (1200)	5m/20% > 5m/10% (risks mazāks pretī Ragaciemam)	15-20 dzīvojamās un nedzīvojamās apbūves objekti	C1 un AB (7000 m)
23.	Jūrmalas centrālā daļa	10000 (3000)	5m/15% > 5m/10% (iecirķņa robežās risks ļoti mainīgs)	5-10 dzīvojamās un nedzīvojamās apbūves objekti	B (10000 m); C (~1000 m)
24.	Daugavgrīva	1000	5m/15%	Rūpniecības objekti (palīgēkas, uc.)	CB (~1000 m)
25.	Gaujas grīva	2000	10m/15%	Dabas teritorijas	A
26.	Zvejniekiems -Saulkrasti	3000	5m/15% > 5m/10% (risks mazāks iecirķņa dienvidu daļā)	15-20 dzīvojamās un nedzīvojamās apbūves objekti, 3 autostāvvietas, komunālie un infrastruktūras objekti	C1B
27.	Vidzemes krasts (Vitrupe)	30000 (1200)	5m/10% (iecirķņa robežās risks ļoti mainīgs un grūti izvērtējams)	10-20 dzīvojamās un nedzīvojamās apbūves objekti, autoceļš	A un C1 (īsi iecirkņi ar kopējo garumu ~2000 m)

Ieteicamie rīcības modeļi (skaidrojumi tabulai):

- A – preterozijas pasākumi nav nepieciešami un vairumā gadījumu pat ir nepieļaujami;

- AB – preterozijas pasākumi nav nepieciešami, iespējams un vēlams iecirkņa piemērotākajās vietās pielietot budžetam, citiem resursiem un dabai draudzīgos „zaļos risinājumus”;
- B – visā iecirknī vēlams pielietot „zaļos risinājumus” kombinējot vairākus;
- C – nepieciešams izveidot masīvas preterozijas konstrukcijas;
- C1 – nepieciešams izveidot preterozijas konstrukcijas priekšroku dodot „viegliem” un vienkāršotiem risinājumiem;
- CB – vēlams preterozijas konstrukcijas kombinēt ar „zaļajiem risinājumiem”;
- D – nepieciešams nodrošināt sanešu materiāla pārvietošanu garām šķērslim tā novēršot mākslīgi radušos deficītu.

Kopējais krasta posmu garums, kuros C, C1 un CB veida rīcība būtu:

- nepieciešama šobrīd ir 5000 – 7000 m (ja netiek pielietots D modelis);
- vēlama tuvāko 10 – 20 gadu laikā ir 10000 – 15000 m (ja netiek pielietots D modelis).

4.4. Pētījuma nozīmība tautsaimniecībā, valsts, vides un nozaru politikā

Pētījuma gaitā tika izstrādāts krasta erozijas un vētru vējuzplūdu apdraudējuma novērtējums visu piekrastes pašvaldību teritorijām, identificējot tautsaimnieciski un sociāli nozīmīgākos riska joslā esošos objektus. No kā secīgi izriet pētījuma galveno rezultātu tautsaimnieciskā nozīmība un priekšlikumi piemērošanās pasākumiem sagaidāmajām izmaiņām jūras krasta dinamikā:

- Nepieļaut jaunu privātu, pašvaldības vai valsts būvobjektu un infrastruktūras attīstību krasta erozijas riska joslā un plūdu riska teritorijās jo pasākumu, kuri būs nepieciešami erozijas apdraudēto objektu pārvietošanai, vai nodrošināšanai pret eroziju, izmaksas var daudzkārt pārsniegt jebkādos iespējamos īslaicīgos ieguvumus.
- Informācija par Latvijas piekrastē izplatīto pludmaļu tipu, priekšskāpu tipu un sastopamību, kā arī stāvkrastu tipu un atkāpšanās ātrumu, ir izmantojama plānojot tūrisma infrastruktūras attīstību.
- Izvērtēt iespējamus piemērošanās pasākumus teritorijās ar esošu apbūvi, infrastruktūru vai citiem nozīmīgiem objektiem, kuri atrodas krasta erozijas riska joslā (savlaicīga un „organizēta” atkāpšanās vai preterozijas pasākumu realizācija). Jāņem vērā, ka preterozijas pasākumu realizācija, kas ietver masīvu aizsargbūvju celtniecību, ietekmēs jūras krasta procesus blakus esošajās teritorijās, kas galvenokārt izpaudīsies kā erozijas pastiprināšanās, mazinās teritoriju rekreatīvo un ainavisko vērtību un turpinoties paredzamajām ar klimata mainību saistītajām konsekvencēm prasīs arvien pieaugošas ekspluatācijas izmaksas. Jāņem vērā, ka jūras krasta posmi ar ainaviski vērtīgiem stāvkrastiem līdz ar plašām smilšainām vai akmeņainām pludmalēm gan atklātas Baltijas jūras piekrastē, gan Rīgas līča piekrastē, ir tūrisma nozarei nozīmīgi objekti, un mākslīgi ierobežojot tur noritošos dabas procesus šo objektu vērtība var samazināties vai izzust. Jāņem vērā, ka vairāku īpaši aizsargājamo dabas teritoriju un objektu atrašanās tiešā jūras krasta tuvumā ir cieši saistīta ar tur noritošajiem ģeoloģiskajiem procesiem, tāpēc to mākslīga ierobežošana vai pārveidošana var radīt grūti paredzamas negatīvas sekas.

- Izvērtēt iespējas nodrošināt tā nepiesārņotā sanešu materiāla pārvietošanu uz „deficīta zonām” (teritorijām, kurās krasta erozija ir aktivizējusies galvenokārt pateicoties ostu ārējo hidrotehnisko būvju radītajiem traucējumiem dabiskā sanešu materiāla apmaiņā), kas izbagarēts kuģu ceļos un ostu akvatorijās. Turpinoties līdzšinējai praksei ir paredzama ar ostām saistīto krasta erozijas iecirkņu pagarināšanās un erozijas intensitātes pieaugums.
- Nepieciešams nodrošināt jūras krastu ģeoloģisko procesu monitoringu. Mērījumi krasta monitoringa stacijās veicami ik gadu. Krasta posmos, kur izvietotas aizsargbūves vai veikti citi preterozijas pasākumi, ierīkojamas monitoringa stacijas ar paaugstinātu mērījumu tīkla blīvumu un augstāku (2-4 reizes gadā) mērījumu atkārtotības biežumu. Nodrošināt iepriekšējo 20 gadu laikā realizētā jūras krastu monitoringa sistēmā iegūto datu un rezultātu saglabāšanu, izmantošanu un iekļaušanu saistīto zinātnisko pētījumu programmu ietvaros. Pamatojums:
 - līdz šim novērotais un nākotnē prognozētais jūras krasta erozijas ātruma un tās izplatības posmu kopgaruma pieaugums;
 - apbūves un infrastruktūras tiešs apdraudējums;
 - situācijas kontroles nodrošināšana;
 - krasta procesu tālākas attīstības tendenču un intensitātes noteikšana;
 - krastu preterozijas un pretplūdu pasākumu izvēles un realizācijas pamatošana.

DP ieguldījums VPP rezultātu popularizēšanā

- Klimata pārmaiņu projekta prognozes par jūras krasta noskalošanu. Konference Rojas pagasta Zocenē 2008.gada 14.novembrī „Problēmējautājumi, risinājumi un izaicinājumi Latvijas piekrastes teritoriju attīstībai”.
- Dalība un ziņojums RAPLM rīkotā piekrastes telpiskās attīstības stratēģijas darba grupas sanāksmē. 2009. gada 25. septembris.
- Dalība VIDM rīkotā Vides konsultatīvās padomes sanāksmē par jūras krasta preterozijas pasākumu realizācijas jautājumiem. 2009. gada 3. jūnijs.
- Eksperta slēdzieni, atzinumi un konsultācijas par jūras krasta erozijas prognozēm, riska faktoriem, krasta aizsardzības nepieciešamību un piemērotākajiem risinājumiem.
- Dalība LNT raidījumā Top 10. 2009. gada novembris.
- Dalība Latvijas Avīzes raksta par klimata maiņas sekām sagatavošanā. 2009. gada oktobris.

Darba paketes vadītājs: L. Kalniņa

Darba pakete Nr 5: BIOĢEOĶĪMISKIE PROCESI UN PIRMPRODUKCIJA BALTIJAS JŪRĀ

5.1. Darba paketes mērķis un uzdevumi:

5.1.1. Darba paketes Nr. 5 mērķis:

Prognozēt klimata maiņas ietekmi uz bioģeoķīmiskiem cikliem un Baltijas jūras ekosistēmu.

5.1.2. Darba paketes Nr. 5 uzdevumi :

- Veikt eksperimentālu pētījumu, lai noskaidrotu kritisko parametru robežvērtības pie kurām notiek krasas izmaiņas bioģeoķīmiskajos procesos grunts-ūdens robežslānī.
- Veikt sezonālu sedimentācijas pētījumu lauka apstākļos, lai noskaidrotu sakarību starp producentu dinamiku, sedimentāciju kontrolējošiem abiotiskiem faktoriem un vielas vertikālo plūsmu.
- Balstoties uz prognozēm, kuras nodrošinās DP1 un DP2, un izmantojot šai DP eksperimentāli noskaidrotos kritiskos lielumus procesu parametrizācijai, izstrādāt un kalibrēt Rīgas līča bioģeoķīmisku modeli.
- Izmantojot modelēšanas rezultātus, prognozēt izmaiņas Baltijas jūras vides kvalitātē līdz 2100.g.
- Izstrādāt adaptācijas un seku mazināšanas rekomendācijas atbilstoši prognozējamajām Baltijas jūras vides kvalitātes un produktivitātes izmaiņām.

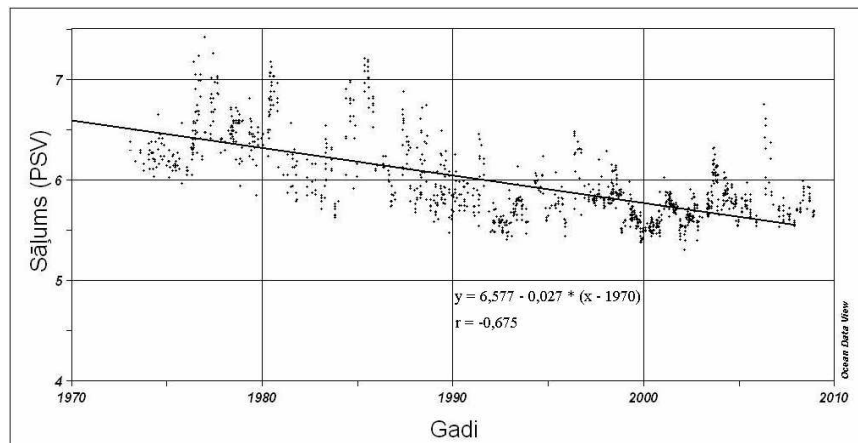
5.2. Pētījumā iesaistītie galvenie izpildītāji:

Vārds Uzvārds	Zinātniskais grāds	Amats	Institūcija
Juris Aigars	PhD bioģeoķ. (Dr. Ģeogr.)	Vadošais pētnieks	LHEI
Andris Andrušaitis	Dr.biol.	Vadošais pētnieks	LHEI
Rita Poikāne	Dr.ķīm.	Pētniece	LHEI
Baerbel Müller-Karulis	M.Sc	Pētniece	LHEI
Mintauts Jansons	M.Sc	Pētnieks	LHEI
Ņina Sunelika	M.Sc ekvivalents	Asistente	LHEI
Alla Ivakina	M.Sc ekvivalents	Asistente	LHEI
Miķelis Mazmačs	M.sc	Asistents	LHEI

5.3. Pētījuma zinātniskie rezultāti:

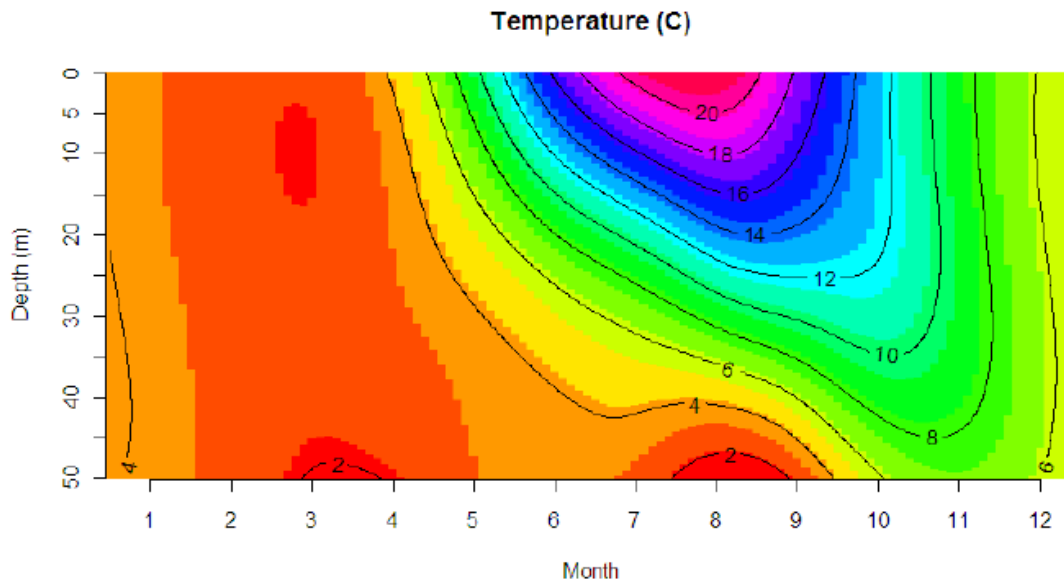
5.3.1. Rīgas līča vides kvalitāti un produktivitāti ietekmējošie faktori

Viens no būtiskākajiem Baltijas jūras fizikālajiem parametriem, sāļums, ir attiecīgā perioda saldūdens noteču un sālsūdens ieplūdes no Ziemeļu jūras mijiedarbības rezultāts. Neliela apjoma sālsūdens ieplūde Baltijas jūrā no Ziemeļjūras notiek samērā regulāri (HELCOM 2003), bet lielākās sālsūdens masas tomēr ieplūst Baltijas jūrā vētru laikā, „pulsu” veidā. Mainoties dominējošo vēju virzieniem, sākot jau ar septiņdesmitajiem gadiem ir novērojama sālsūdens ieplūdes biežuma un intensitātes samazināšanās (Schinke and Mathäus 1998), kā rezultātā pēdējo 30 gadu laikā ir novērojams Baltijas jūras sāļuma samazināšanās trends, kas uzskatāmi ir novērojams arī Rīgas līcī (5.1.attēls). Pēc 1986.gada ir reģistrēti tikai divas nozīmīgi sālsūdens ieplūdes no Ziemeļjūras - 1993.gada janvārī un 2003. gada janvārī – kā arī vairākas vasaras ieplūdes 2002., 2003., 2006. un 2007. gadā (Feistel et al. 2008). Novērotās izmaiņas Baltijas jūras hidroloģiskajā režīmā pamatā nosaka Baltijas jūras centrālās daļas piegrunts ūdens slānī novērojamo ilgstošo skābekļa deficītu. Savukārt Rīgas līcī, kur piegrunts ūdens slāņa skābekļa krājumi tiek periodiski atjaunoti izmainītā hidroloģiskā režīma ietekme uz skābekļa gada dinamiku nav šobrīd konstatējama un, ņemot vērā to, ka Baltijas jūrā netiek prognozētas hidroloģiskā režīma izmaiņas, arī netiek prognozēta.



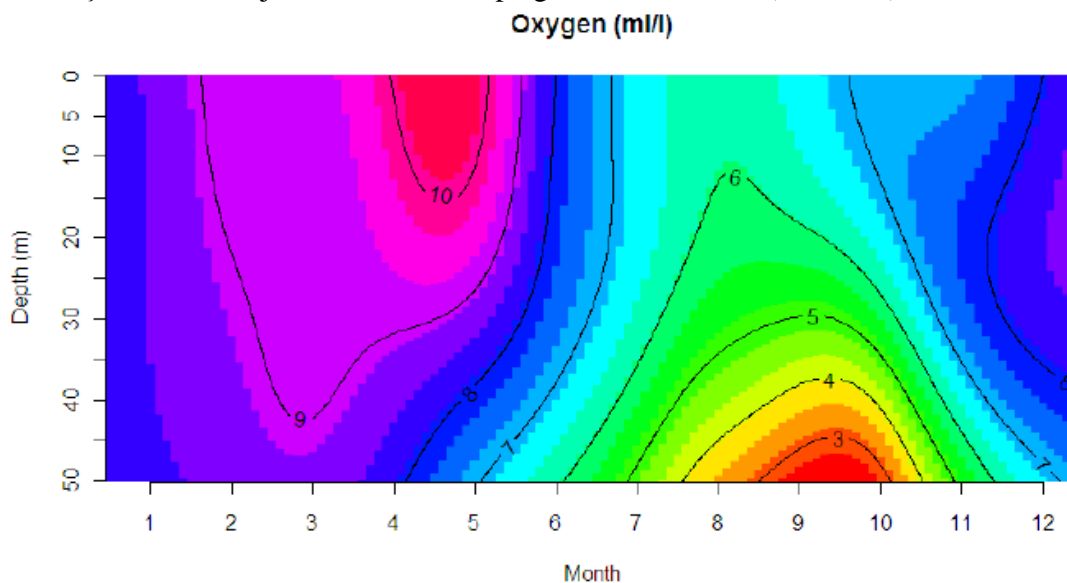
5.1. Attēls Sāļuma izmaiņu dinamika no 1973. – 2008. gadam Rīgas līča centrālajās stacijās (119., 120., 135., 121., 121A un 137A) piegrunts (apmēram 40 metri) slānī (Skudra 2009.).

Rīgas līcī piegrunts skābekļa gada dinamiku pamatā nosaka meteoroloģisko apstākļu un gada bioloģiskā cikla mijiedarbība. Tā pavasarī, pieaugot gaisa temperatūrai, sasilst ūdens virsējais slānis, kas nosaka izteikta termoklīna izveidošanos, kur ūdens temperatūra vidēji no 14 °C 15 m dziļumā samazinās līdz 4-6 °C 30 m dziļumā (5.2.attēls).



5.2. Attēls. Vidējā temperatūras gada dinamika Rīgas līcī, periods 1973. – 2008.gadi

Termoklīns būtiski ierobežo virsējo un dziļāko ūdens slāņu apmaiņu un līdz ar to arī skābekļa transportu uz dziļākiem ūdens slāņiem. Savukārt sedimentētā pavasara un vasaras bioloģiskās izcelsmes materiāla mineralizēšanās nosaka intensīvu skābekļa patēriņu, kā rezultātā ir novērojama skābekļa koncentrācijas samazināšanās piegrunts ūdens slānī (5.3.attēls).

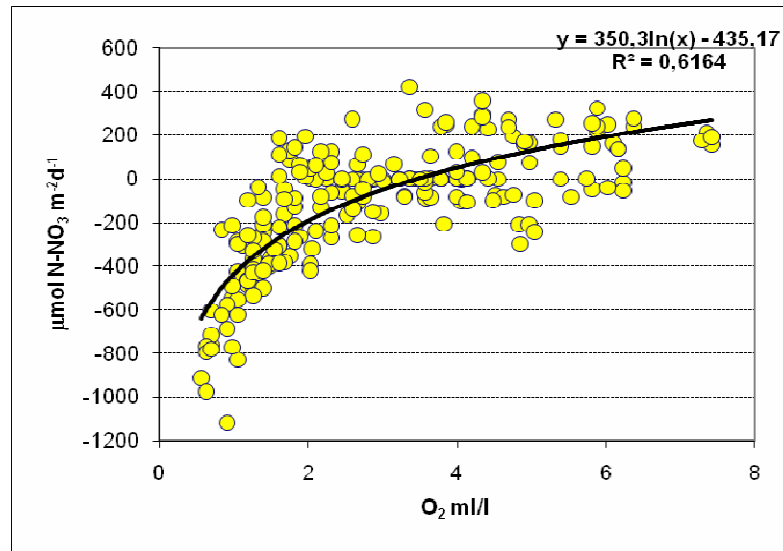


5.3. Attēls. Vidējā skābekļa koncentrācijas gada dinamika Rīgas līcī, periods 1973. – 2008. gadi

Skābekļa patēriņa intensitāti nosaka sedimentētā bioloģiskās izcelsmes materiāla apjoms, ko savukārt nosaka ūdenī esošie biogēnu krājumi.

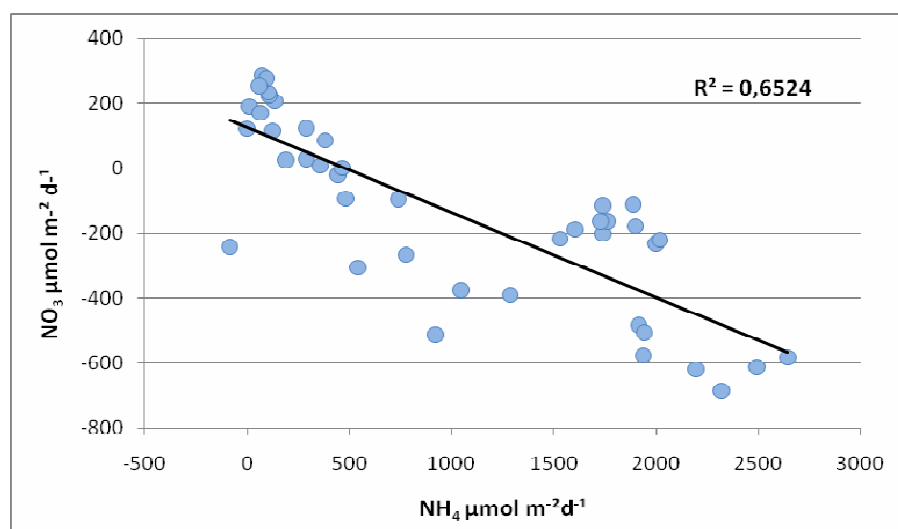
Skābekļa un temperatūras dinamika piegrunts ūdens slānī tiešā veidā kontrolē sedimentu virsējā slānī notiekošo bioģeoķīmisko procesu raksturu un intensitāti. Saskaņā ar iepriekš veikto pētījumu rezultātiem, bioloģiskā materiāla mineralizācijas procesā slāpekļis izdalās amonija formā un ar skābekli bagātā ūdens vai sedimentu vidē oksidējas par nitrātiem, kuri daļēji atgriežas apirtē un daļēji denitrificējas, tā izejot no aprites. Tāpat, saskaņā ar iepriekš veikto pētījumu rezultātiem,

būtu sagaidāms, ka pie augstas piegrunts ūdens skābekļa koncentrācijas slāpekļis no sedimentiem primāri izdalīsies nitrātu formā, kas šī projekta laikā arī daļēji apstiprinājās (5.4.attēls), bet skābekļa deficīta apstākļos amonija formā.



5.4. Attēls. Korelācija starp piegrunts ūdens skābekļa koncentrāciju un nitrātu plūsmām uz grunts-ūdens robežvirsmas.

Eksperimentu laikā tika identificēts, ka jau pie piegrunts ūdens skābekļa koncentrācijas starp 2 un 3 ml/l notiek būtiskas izmaiņas sedimentu virsējā slāņa biogeoķīmiskajos procesos. Tai pašā laikā, novērotā sakarība starp nitrātu slāpekļa un amonija slāpekļa izdalīšanos no sedimentiem (5.5.attēls), gan novērotā nitrātu slāpekļa izdalīšanās/akumulācija (4.attēls) netieši norāda uz to, ka novērotās izmaiņas ir primāri saistītas ar denitrifikācijas procesa ātruma izmaiņām. Iepriekšējos pētījumos identificētā piegrunts ūdens skābekļa robežvērtība pie kuras krītas denitrifikācijas ātrums ir būtiski zemāka no šai pētījumā iegūtās. Tas savukārt ir būtisks aspekts aprēķinot ekosistēmas spēju pārstrādāt un izņemt no aprites antropogēno slodžu veidā saņemto slāpekli.

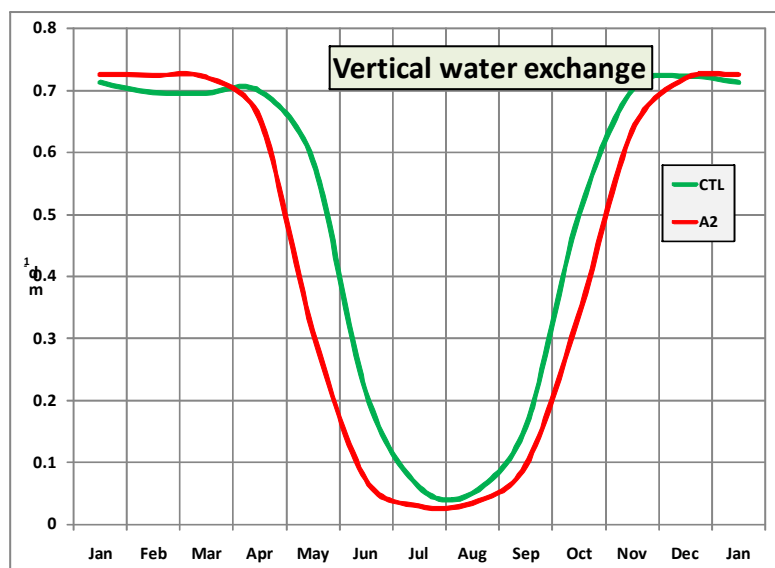


5.5. Attēls. Korelācija starp piegrunts ūdens nitrātu slāpekļa un amonija slāpekļa plūsmām mainīgos piegrunts ūdens skābekļa apstākļos uz grunts-ūdens robežvirsmas.

5.3.2. Baltijas jūras un Rīgas līča vides kvalitātes un produktivitātes modelētās prognozes

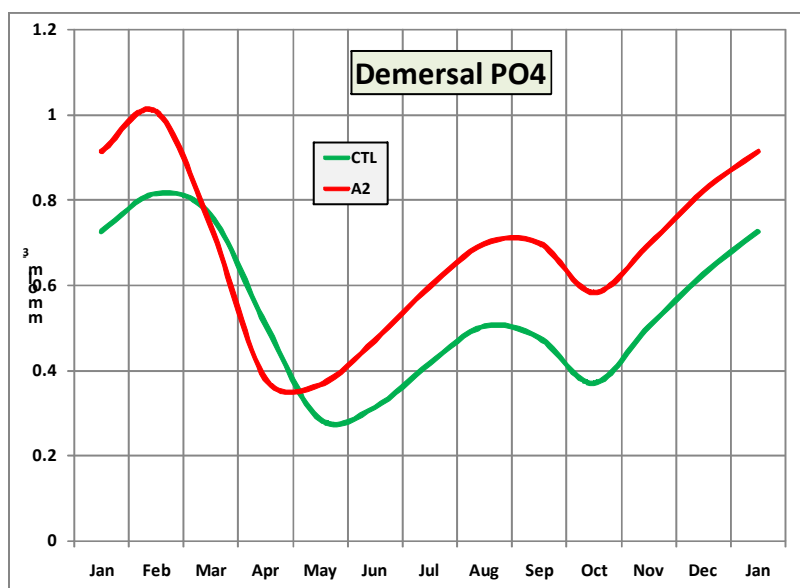
Projekta ietvaros nebija iespējams uzsākt Baltija jūras vides kvalitātes modelēšanu, līdz ar to darbi koncentrējās uz Rīgas līča ekosistēmu. Izmaiņas Rīgas līča ekosistēmā modelējām ar otrajā darba posmā pilnveidotu un kalibrētu bioģeoķīmisku modeli. Izejas dati, kas raksturo Rīgas līča fizikālo struktūrā mūsdienu klimatā (references scenārijs) un nākotnes klimatā atbilstoši ICCP A2 emisijas prognozēm, tika iegūti no DP 1. Izmantot viendimensionālu fizikālo modeli Rīgas līcim, DP 1 sagatavoja ūdens temperatūru profilus laika periodam 1961 – 1990 (kontroles) un 2071 – 2100 (A2). Modelēto temperatūras sadalījumu tālāk izmantojām, lai aprēķinātu ūdens apmaiņu starp eifotisku un dziļo slāni bioģeoķīmiskā modelī un lai pielāgotu dažādu procesu ātrumu izmaiņām temperatūras režīmam. Papildus ūdens temperatūrai modelī ir arī izmantota DP 1 prognozētā noteču un līdz ar to biogēnu vielu sezonālitate, nemainot kopēju biogēnu vielu slodzi.

Prognozētās izmaiņas Rīgas līča fizikālajā struktūrā ir ātrāka ūdens masas sasilšana un pastiprināta un paildzināta stratifikācija. Līdz ar to pazeminājās ūdens apmaiņa starp virsējo un piegrunts slāni (5.6.attēls).



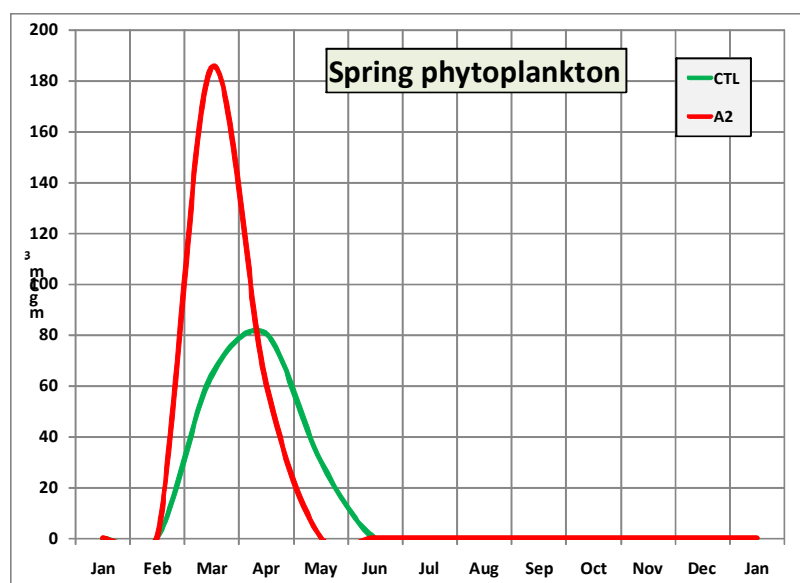
5.6. Attēls: Ūdens apmaiņa starp virsējo un piegrunts slāni, mēneša vidējās vērtības 30 gadu simulācijas periodā (CTL: kontrole 1961 – 1990, A2: A2 scenārijs 2071 – 2100)

Vidēji temperatūra virsējā slānī paaugstinājās par 3 °C, piegrunts slāni par 1.5 °C salīdzinot kontroles un A2 scenāriju. Temperatūras paaugstināšana paātrina galvenokārt heterotrofās plūsmas bioģeoķīmiskā modelī. Līdz ar to būtiski paātrinājās biogēno vielu reģenerācija. Salīdzinot ar kontroles – mūsdienu – klimatu, biogēno vielu akumulācija piegrunts slānī palielinājās (5.7. Attēls).

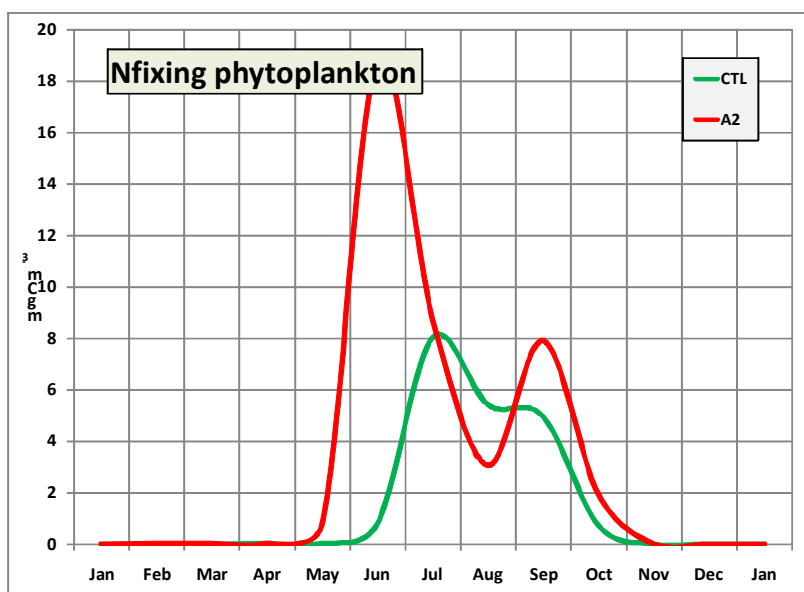


5.7. Attēls: Fosfātu koncentrācijas piegrunts slānī, mēneša vidējās vērtības 30 gadu simulācijas periodā (CTL: kontrole 1961 – 1990, A2: A2 scenārijs 2071 – 2100)

Līdz ar to pastiprināta stratifikācija A2 klimata scenārijā tikai nedaudz samazina biogēno vielu iemaisīšanu virsējā slānī vasaras periodā. Paātrināta biogēno vielu reģenerācija arī noved pie augstākām biogēno vielu koncentrācijām ziemas periodā. Kopā ar ātrāku ūdens sasilšana un stratifikāciju šī akumulācija noved pie pastiprinātas, agrākas fitoplanktona ziedēšanas pavasarī (8.attēls). Arī vasaras periodā A2 scenārijs prognozē palielinātu fitoplanktona biomasu, kas ir galvenokārt saistīts ar paātrinātu biogēno vielu reģenerāciju eifotiskā slānī. Modelis prognozē, ka būtiski paaugstināsies zilaļģu ziedēšanas gadījumi vasarā (9.attēls). Arī kopumā A2 klimata scenārijs atspoguļo, ka produktīvāk nekā mūsdienās, paaugstināsies primārā un sekundārā produkcija. Simulēta pirmprodukcija pieaug no 212 g C m⁻² gads⁻¹ līdz 298 g C m⁻² gads⁻¹, bet gada vidējā zooplanktona biomasu pieaug no 17.1 g C m⁻² līdz 24.3 g C m⁻².

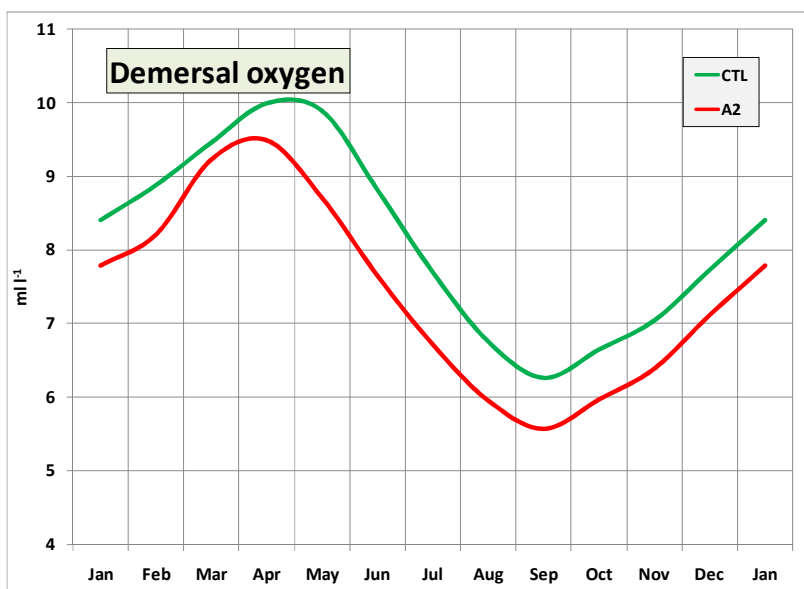


5.8. Attēls: Fitoplanktona biomasu pavasarī ziedošām sugām, mēneša vidējās vērtības 30 gadu simulācijas periodā (CTL: kontrole 1961 – 1990, A2: A2 scenārijs 2071 – 2100)

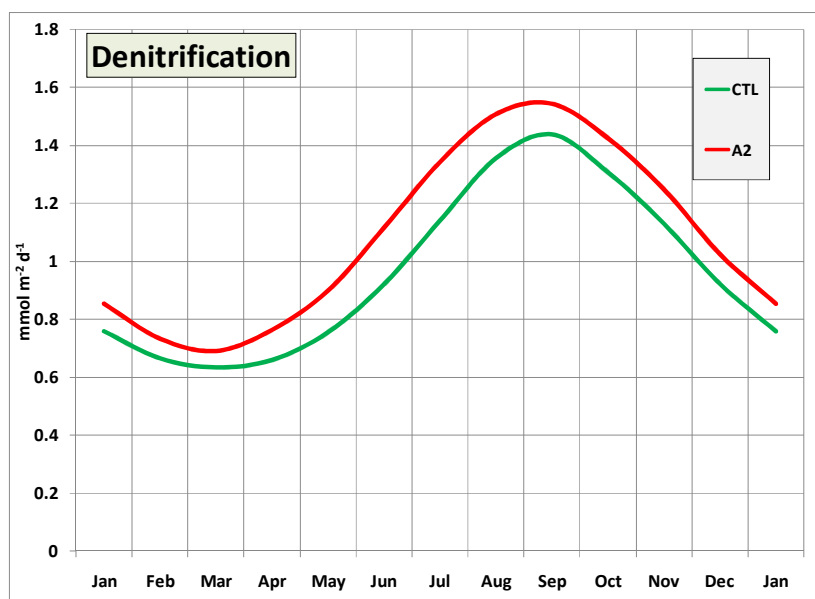


5.9. Attēls: Zilaļģu biomasa, mēneša vidējās vērtības 30 gadu simulācijas periodā (CTL: kontrole 1961 – 1990, A2: A2 scenārijs 2071 – 2100)

Negatīvas ietekmes uz ekosistēmu galvenokārt sagaidāms no prognozētām pazeminātām skābekļa koncentrācijām piegrunts slānī (5.10.attēls). Skābekļa koncentrācijas samazināšanu izraisa trīs procesu kombinācija: Samazināta skābekļa šķīdība siltākā virsējā slānī, palēnināts skābekļa transports stiprākas un paildzinātas stratifikācijas dēļ, un lielāks skābekļa patēriņš heterotrofu procesu rezultātā. Modelētās skābekļa koncentrācijas nesasniedz tādu līmeni, ka tās spētu apturēt denitrifikāciju. Gluži pretēji, A2 scenārijā palielinājās simulētā denitrifikācijas plūsma (5.11.attēls).

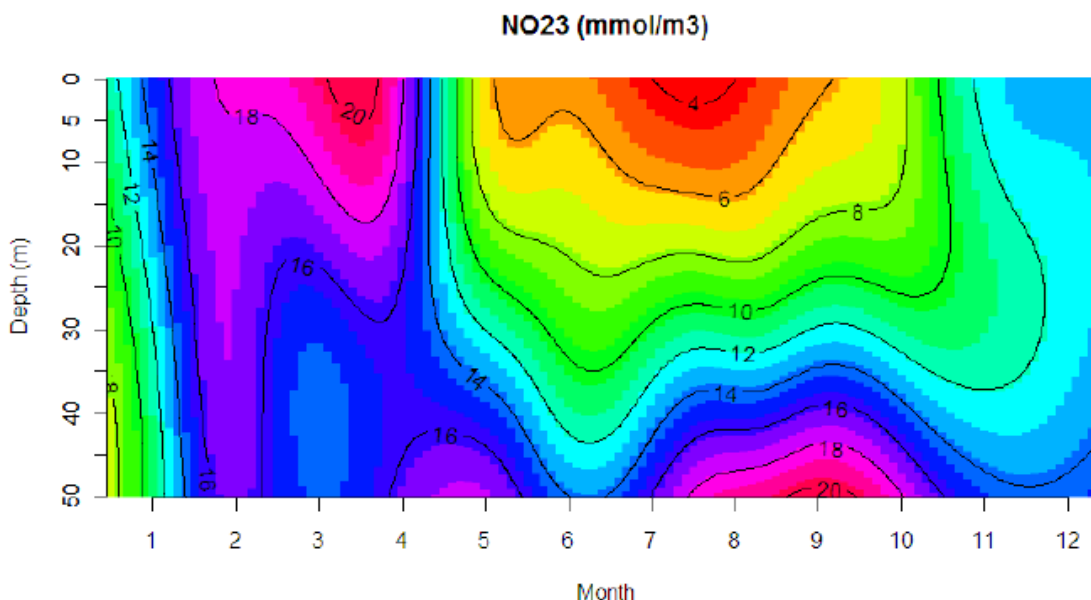


5.10. Attēls: Vidējā skābekļa koncentrācija ūdens slānī 10 – 50 m. Mēneša vidējās vērtības 30 gadu simulācijas periodā (CTL: kontrole 1961 – 1990, A2: A2 scenārijs 2071 – 2100)



5.11. Attēls: Denitrifikācijas ātrums. Mēneša vidējas vērtības 30 gadu simulācijas periodā (CTL: kontrole 1961 – 1990, A2: A2 scenārijs 2071 – 2100)

Tomēr jāatzīmē, ka denitrifikācijas izmaiņu modelēšanas rezultāti ir pretrunā ar empīriski iegūtajiem rezultātiem, kas netieši norāda uz denitrifikācijas intensitātes izmaiņām ierobežotas skābekļa pieejamības apstākļos, lai gan kritiskā skābekļa koncentrācija, pie kuras denitrifikācija vairs nenotiek, nav sasniegta. Tā Rīgas līča dziļajā slānī novērojamā nitrātu akumulācija (5.12.attēls) norāda uz to, ka denitrifikācijas intensitāte būtiski palēninās augustā – septembrī, kad novērojamas arī viszemākās skābekļa koncentrācijas.



5.12. Attēls. Nitrātu + nitrītu gada dinamika Rīgas līča centrālajā daļā (periods 1991. - 2004.gads par 119., 120., 121., 135., 102A un 137A staciju).

Novērotā pretruna uzskatāmi parāda nepieciešamību iegūt papildus empīrisku informāciju par denitrifikācijas intensitāti dažādās Rīgas līča dziļuma zonās, jo skābekļa koncentrācijas dinamika

atšķirīga dažādos dziļumos. Bez tam sedimentu tips arī būtiski atšķiras atkarībā no dziļuma zonas. Un iepriekš iegūtā robežvērtība dod iespēju novērtēt tikai apstākļus pie kuriem denitrifikācija nenotiek, bet nedod iespēju izvērtēt apstākļus pie kuriem denitrifikācijas ātrums palēninās. Pēc papildus informācijas iegūšanas būs iespējams labāk kalibrēt modeli un iegūt precīzāku denitrifikācijas izmaiņu prognozi, kas ir ļoti būtiska tālāko uz eitrofikācijas mazināšanu vērsto pasākumu plānošanu, jo denitrifikācija ir viens no procesiem, kas bioloģiski pieejamo slāpekli izņem no aprites.

5.4. Pētījumu zinātniskā novitāte

Eksperimentu rezultātā iegūtie rezultāti un modelētie procesi ir būtiski papildinājuši zināšanu bāzi par Rīgas līča vidi un to ietekmējošiem faktoriem, tai skaitā:

- Pētījumā tika identificēta piegrunts ūdens slāņa skābekļa koncentrācija pie kuras notiek būtiskas izmaiņas sedimentu virsējā slāņa bioģeoķīmiskajos procesos, tai skaitā palēninās denitrifikācijas ātrums,
- Pētījumā veiktā modelēšana identificēja izmaiņas Rīgas līča fizikālajos un ķīmiskajos parametros prognozētās klimata mainības apstākļos,
- Pētījumā veiktā bioloģisko procesu modelēšana prognozēja, ka pieaugot atmosfēras temperatūrai pieaugs slāpekli fiksējošu fitoplanktona sugu biomasa, kā rezultātā ir sagaidāma biežāka fitoplanktona „vasaras ziedēšana”, kā arī lielāka atmosfēras slāpekļa akumulācija biomasā.

5.5. Rezultātu zinātniskā un tautsaimnieciskā nozīme.

Īpaši nozīmīgi iegūtie rezultāti ir saistībā ar uz Baltijas Jūras Rīcības Plāna izpildi vērstajām aktivitātēm, kā arī attiecībā uz Latvijas saistībām Ūdens ietvardirektīvas un Jūras ietvardirektīvas kontekstā. Rezultāti dos iespēju precīzāk novērtēt uz vides aizsardzību vērsto pasākumu efektivitāti, kas savukārt ierobežoto finansu apstākļos ir būtiski izvērtējot vides investīciju projektus, tai skaitā:

- Prognozētās klimata izmaiņas samazina piegrunts skābekļa koncentrācijas Rīgas līcī. Līdz ar to klimata izmaiņas padara līča ekosistēmu jutīgāku pret biogēno vielu slodžu palielināšanu un, lai sasniegtu to pašu efektu kā mūsdienās nākotnē slodzes vajadzētu samazināt attiecīgi vairāk.
- Klimatu izmaiņas izraisa pastiprinātu zilaļģu ziedēšanu un padara Rīgas līci īpaši jutīgu pret fosfora slodzes paaugstināšanu. Līdz ar to fosfora slodzes samazinājumam ir liela nozīme Rīgas līča ekosistēmas pārvaldīšanā.

5.6. Darba paketes Nr. 5 ieguldījums nozares kapacitātes attīstībā.

Darba paketes Nr. 5 īstenošanā iegūtais materiāls tika izmantots:

- R. Poikānes 2008.gadā aizstāvētās doktora disertācijas „Suspendēto daļiņu un nogulumu loma metālisko elementu apritē Rīgas līcī” sagatavošanā,
- B. Müller-Karulis doktora disertācijas (paredzēts aizstāvēt 2010.gadā) „Oglekļa un biogēno vielu aprites modelēšana Baltijas jūras apakšsistēmās” sagatavošanā,

- M. Skudras 2009.gadā izstrādātā bakalaura darba „Sāļuma un izšķīdušā skābekļa koncentrācijas izmaiņas Rīgas līča ūdenī klimata mainības iespaidā.

Darba paketes vadītājs: J.Aigars

